

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОУ ВПО «СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»

ГЕО-СИБИРЬ-2007

Т. 1

**ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА, КАРТОГРАФИЯ,
МАРКШЕЙДЕРИЯ**

Ч. 1

Сборник материалов
III Международного научного конгресса

Новосибирск
СГГА
2007

УДК 528:528.9:622.1
С 26

Ответственные за выпуск:
координаторы направления
«Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»
Доктор технических наук, профессор, ректор СГГА
А.П. Карпик
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой КиГ СГГА
Д.В. Лисицкий
Кандидат технических наук, директор ФГУП центр «Сибгеоинформ»
В.Ф. Рожков

С 26 ГЕО-Сибирь-2007. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 1: сб. матер. III Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2007», 25–27 апреля 2007 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2007. – 312 с.

ISBN 978-5-87693-229-7
ISBN 978-5-87693-230-3 (т. 1, ч. 1)

В сборнике опубликованы материалы III Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2007» направления «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия».

Печатается по решению Редакционно-издательского совета СГГА

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 528:528.9:622.1

ISBN 978-5-87693-229-7
ISBN 978-5-87693-230-3 (т. 1, ч. 1)

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия», 2007

**ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ В СИБИРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ
АКАДЕМИИ ДЛЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО И ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СФО В
СФЕРЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ**

Экономико-политическая ситуация и перспективы развития России требуют принципиально нового подхода к подготовке специалистов для работы в области геодезии, аэрокосмического мониторинга и геоинформационных технологий, связанных с освоением природных богатств и рациональным использованием природных ресурсов, геодезическим обеспечением нефтегазодобывающей отрасли, автомобильных и железных дорог, инженерных объектов и т. д., обеспечивающих инфраструктуру регионов. Сибирская государственная геодезическая академия – один из двух специализированных вузов России – является ведущим центром образования и научных исследований в области геодезии, картографии, фотограмметрии и дистанционного зондирования, а также оплотехники, геоинформационных технологий и геомониторинга, подобные Вузы есть только во Франции и Нидерландах.

Именно в СГГА созданы и работают сложившиеся школы научных работников и преподавателей, имеющие возможности глубоко специализироваться в области конкретных дисциплин геодезического, земельно-кадастрового и оптико-электронного профиля, по этим направлениям действуют сложившиеся профильные кафедры, каких нет практически ни в одном зарубежном вузе.

Большая часть преподавателей имеет богатый практический опыт работы, полученный на производстве, в процессе внедренческих и договорных работ. Поэтому образование в СГГА основано не только на глубокой теоретической подготовке, но и на обучении передовым приёмам и технологиям выполнения работ на современных предприятиях Роскартографии, Федерального агентства кадастра объектов недвижимости, крупнейших приборостроительных и оборонных предприятиях.

Комплексная подготовка специалистов мирового уровня для реального сектора экономики как прикладного, так и научного направления и развития фундаментальных и прикладных научных исследований. Поэтому Академия сегодня представляет собой многопрофильный холдинг, включающий 5 институтов, центр тестирования и профориентации, международный центр образования, филиалы в городах Новосибирской области (Болотнинский, Линецкий, Тогучинский), в городе Екатеринбурге, представительства в городах Кемерово, Бердск, Карасук, Пыть-Ях, рабочих посёлках Ордынское, Колывань и отделения в районах города Новосибирска.

В составе вуза 27 кафедр, из которых 16 являются выпускающими. Все они имеют свои филиалы на базовых предприятиях города Новосибирска. В 2007 г. запланировано включение в состав СГГА в качестве структурного подразделения Новосибирского техникума геодезии и картографии. Академия ведет обучение по 23 основным профессиональным образовательным программам, в том числе по 4 направлениям бакалавриата, 3 направлениям магистратуры, а также по 11 программам послевузовского образования и разнообразным программам дополнительного профессионального образования.

На базе СГГА действует Новосибирское отделение Российской экологической академии, работает Координационный совет по государственному и земельному кадастру Межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение». С целью интеграции науки и высшего образования СГГА входит в состав Горного научно-образовательного центра.

СГГА занимает ключевое место в активизации инновационной деятельности в регионе, развитии региональной инновационной инфраструктуры Новосибирской области и других регионов России как один из основных источников высококлассных специалистов и перспективных научно-технических разработок.

В академии сформирована действующая система инновационной инфраструктуры: работают учебно-производственные и научно-образовательные центры инновационной направленности, в том числе Сибирское межрегиональное кадастровое бюро; научно-производственный центр метрологии, стандартизации, сертификации и сервисному обслуживанию средств измерений (ЦМСС); региональный центр лазерного сканирования; межкафедральная научно-производственная лаборатория по применению спутниковых геодезических систем в прикладных целях; студенческий научно-исследовательский бизнес-инкубатор; студенческий научно-инновационный центр в области лазерных технологий.

Разработанные в межкафедральной научно-производственной лаборатории технологии использовались при создании городских геодезических сетей в городах Тюмень, Сургут, Нефтеюганск, Ноябрьск, Салехард; при работах по геодезическому обеспечению строительства ТЭЦ-6 города Новосибирска, выполняются наблюдения за деформацией плотины Новосибирской ГЭС; при инвентаризации земель городов Новосибирск, Прокопьевск, Киселевск, Мыски, Ноябрьск, поселках Кемеровской, Новосибирской и Тюменской областей; при инвентаризации территориальных и федеральных автомобильных дорог Новосибирской, Кемеровской и Омской областей, Алтайского края.

Молодежный центр СГГА ежегодно проводит конкурс научно-технических разработок и инновационных проектов молодых ученых. Всего на конец 2006 г. в СГГА действовало свыше 30 научно-исследовательских, инновационных и внедренческих структур. В системе довузовской подготовки с 1990 г. работают технический лицей, профильные классы, подготовительные курсы. В СГГА имеется уникальный в регионе планетарий, который является единственным в Новосибирске и близлежащих областях.

Специалистами академии разработан Стратегический план развития, учитывающий уникальность специфики вуза и задачи развития как регионов, так и страны.

Специалисты предприятий и учреждений имеют возможность получить второе высшее образование и пройти профессиональную переподготовку и повышение квалификации по профилям институтов. Кроме этого, дополнительное образование включает подготовку кадров высшей квалификации через аспирантуру и докторантуру.

Ведется активная работа по созданию единого информационного образовательного пространства, позволяющего эффективно внедрять ИТ-технологии в учебный процесс, в том числе и дистанционное обучение. В последние годы СГГА активно реализует новые формы организации учебного процесса, обеспечивающие повышение качества подготовки специалистов.

С рядом крупных предприятий и организаций заключены договоры о творческом содружестве, на базе СО РАН, СО РАСХН, ФКЦ «Земля» и др. созданы филиалы кафедр и проводятся лабораторные и практические занятия по специальным дисциплинам, учебные и производственные практики с привлечением ведущих специалистов и ученых.

Особое внимание уделяется инновационным технологиям, ориентированным на формирование у студентов профессиональных и общекультурных компетенций, используя тренинги, обучение действием, метод проектов, ролевые и деловые игры. Начинают использоваться Интернет и мультимедиа-технологии. Академия участвует в деятельности Ассоциации вузов «Открытый университет Западной Сибири».

От других вузов страны мы отличаемся тем, что наряду с глубокой теоретической подготовкой, обеспечиваем усиленную практическую подготовку, основанную на учебных и производственных практиках. Действует система распределения выпускников профильных специальностей, создан центр содействия занятости учащейся молодежи и трудоустройству выпускников СГГА, база данных предприятий и организаций, включающая более 250 предприятий, которые приглашают выпускников академии на работу. Более 70 предприятий и организаций имеют с академией долговременные договоры на подготовку специалистов.

Высшее учебное заведение располагает достаточным количеством высококвалифицированных специалистов и обеспечено кадрами профессорско-преподавательского состава по всем дисциплинам образовательных программ. К ведению образовательного процесса привлечено 410 преподавателей, в том числе 53 доктора наук, профессора, 199 кандидатов наук, доцентов.

В составе штатных преподавателей в академии работают 16 академиков и членов-корреспондентов различных отечественных и зарубежных академий, 3 заслуженных работника геодезии и картографии Российской Федерации, 17 почетных работников высшей школы Российской Федерации и др.

Базой для подготовки преподавателей высшей квалификации являются аспирантура и докторантура. В академии действуют два специализированных совета по защите докторских, один совет по защите кандидатских диссертаций и региональный диссертационный совет. За последние пять лет в академии защищены 41 кандидатская и 10 докторских диссертаций.

Являясь уникальным высшим учебным заведением, СГГА обладает признанными научными школами мирового уровня в следующих областях:

- Геодинамика и космическая геодезия;
- Аэрокосмический мониторинг;
- Фотограмметрия и дистанционное зондирование;
- Геодезический мониторинг инженерных сооружений;
- Цифровое картографирование;
- Оптическое приборостроение и оптические технологии;
- Метрология и метрологическое обеспечение;
- Геоинформационные технологии;
- Лазерные технологии;
- 3D моделирование.

В настоящее время при поддержке администрации Новосибирской области и лично губернатора В.А. Толоконского формируется программа развития региональной навигационной инфраструктуры на базе системы ГЛОНАСС/GPS измерений. Реализация этой программы позволит сделать прорыв в Новосибирской области по обеспечению органов управления точными геопространственными данными в режиме реального времени.

© А.П. Карпик, А.П. Гук, В.Б. Жарников, И.В. Лесных, 2007

УДК 528.91(571.14)

А.П. Карпик

СГГА, Новосибирск

Г.А. Сапожников

Администрация Новосибирской области, Новосибирск

В.А. Середович

СГГА, Новосибирск

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ТЕРРИТОРИИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Современная геодезия охватывает в широком смысле междисциплинарный научный и производственный комплекс, предназначенный для определения формы, размеров и гравитационных полей Земли, топографических съемок и картографического изображения ее поверхности, для обеспечения решений оборонных, экологических, управленческих и разнообразных инженерных задач, что составляет содержание геодезического обеспечения территорий.

До сравнительно недавнего времени геодезическое обеспечение территорий характеризовалось отраслевой и картографической специализацией.

Геодезическая отрасль на основе заявок других отраслей создавала геодезические сети и топографические карты и формировала геодезическо-картографические территориальные фонды, которые использовались геодезическими службами других отраслей для создания специализированных геодезических сетей и тематических графических карт. Последние использовались для планирования, проектирования, управления, отраслевого изучения территории и создания геодезическо-картографических отраслевых фондов. При этом комплексное использование отраслевых материалов, особенно графических карт разных отраслей, являлось чрезвычайно сложной и трудоёмкой задачей.

Развитие экономики и общества в современных условиях неразрывно связано с многогранной актуальнейшей проблемой человечества – обеспечением устойчивости его развития. Проявление этой проблемы выражается чаще всего в необходимости взаимной увязки всех решений сферы управления и обеспечения жизнедеятельности общества локального, регионального и глобального уровней иерархии территорий. Соответственно возрастает необходимость междисциплинарных исследований и комплексного межотраслевого подхода к выработке решений. А это в свою очередь требует организации совместного комплексного использования информационных ресурсов различных отраслей.

Таким образом, в соответствии с новыми потребностями экономики и общества, усложнением окружающей среды за счёт техногенной составляющей, рамки геодезического обеспечения существенно расширяются, а его содержание изменяется.

Сущность геодезического обеспечения территорий составляет комплекс процессов создания, представления, актуализации и использования пространственной информации на основе геодезического метода определения пространственного положения и формы предметов (включая процессы, явления и события) окружающего мира в геодезических системах координат.

На современном этапе развития экономики и общества перед геодезическим обеспечением встали новые цели и задачи, вытекающие из концепции устойчивого развития территорий, и новые возможности, обусловленные новыми техническими и технологическими достижениями.

В качестве новой цели геодезического обеспечения устойчивого развития территорий выступает потребность в интегрировании на единой пространственной основе информации различных отраслей экономики и жизни общества в общее информационное пространство, построенное на единой идеологии, единых принципах и удовлетворяющее единым требованиям. Следовательно, современное геодезическое обеспечение должно удовлетворять этим новым целям, условиям, требованиям: во-первых, быть основой для взаимной увязки и совместного использования множества, природных и экологических характеристик и, во-вторых, позволять сохранять и сопоставлять модели состояний территории современных и прошлых периодов. Кроме того, обязательным является требование предоставлять результаты в цифровой

форме, обеспечивающей компьютерный анализ и геоинформационную обработку данных.

Новые технические и технологические возможности базируются на новых методах и средствах сбора и компьютерной обработки пространственных данных. Методы определения положения точек местности вышли в последние годы на новый качественный уровень в связи с применением спутниковых технологий, электронных тахеометров, лазерного сканирования и дистанционного зондирования с использованием цифровых методов. Моделирование окружающего пространства стало осуществляться в цифровой форме с соблюдением требований компьютерного восприятия, пространственно-временной четырехмерности, совместимости и согласованности моделей разного масштаба и тематического назначения. Появились новые компьютерные технологии накопления, обновления и использования геопространственных данных в геодезических территориальных банках данных. Все более широкое применение находят геоинформационные системы (ГИС).

В силу приведенных причин, требований и условий в геодезии в настоящее время активно формируется и развивается новое комплексное направление, связанное с применением современных геоинформационных методов для получения и использования пространственной информации о территориях всех иерархических уровней. При становлении и формировании указанного направления обозначилась проблема разобщенности, с одной стороны, прикладного применения геодезических методов в отраслях экономики и, с другой стороны, трех фундаментальных областей развития геодезии: определение положения дискретных точек местности по результатам измерений, построение геоинформационных моделей территорий, обновление и использование фондов координат и построенных моделей местности.

Технические достижения в области геодезических методов и технологий, их доступность и простота в использовании обусловили существенное расширение областей их применения непосредственно в технологических процессах отраслей экономики. Поэтому геодезическая пространственная информационная система базируется на включении методов геодезии непосредственно в технологические информационные отраслевые процессы, что обеспечивает получение тематической пространственно-привязанной информации сразу как часть геоинформационного пространства и пригодной для междисциплинарного использования. Кроме того, при решении любой пространственной задачи для территории **предметом обработки является только пространственная (координатная) информация**, получаемая только геодезическими методами, независимо от отрасли.

Это создает предпосылки для интегрирования отраслевых информационных фондов на единой пространственной основе.

Таким образом, геодезическое обеспечение территорий в современных условиях приобретает форму системного интегрирующего компонента, предназначенного для формирования общего многоаспектного

геоинформационного пространства, отображающего всю совокупность пространственных характеристик территорий. Следовательно, научная проблема разработки такой геодезической пространственной информационной системы является актуальной, а её решение имеет важное народно-хозяйственное значение.

Новосибирская область обладает значительным научно-образовательным и экономическим потенциалом. В настоящее время прорабатываются различные инновационные проекты, реализация которых позволит поднять ее рейтинг среди других городов РФ. Немаловажной является проблема формирования рынка недвижимости, включая и земельные вопросы. Реализация этой программы позволит увеличить приток инвестиций. Важной задачей при этом является задача создания на территории Новосибирской области единого геоинформационного пространства, которая может быть реализована в три этапа.

На первом этапе предлагаем создать единую пространственную геодезическую основу на территории Новосибирской области в виде навигационной инфраструктуры с помощью систем глобального позиционирования ГЛОНАСС/GPS вместо классической сети. Данный проект предполагает поэтапное создание на территории НСО сети активных базовых станций. Сама система включает в себя активные базовые станции, которые располагаются на высотных зданиях, что определяет их защищенность. Кроме этого создается вычислительный центр для приема информации, обеспечения функционирования АБС и для обработки данных измерений с помощью специализированного программного обеспечения. На первом этапе предполагается создание АБС, обеспечивающих современной активной пространственной основой город и прилегающие территории, это Коченево, Бердск, Колывань, Мошково и центральный пункт – СГГА (функционирует). Второй этап предполагает создание сети АБС вдоль дорожных магистралей, это Чулым, Каргат, Убинское, Куйбышев (или Барабинск), Чаны, Татарск, Черепаново, Ордынское, Красноозерское, Карасук и Тогучин. Третий этап предполагает создание заполняющих базовых станций по мере необходимости. Преимущества проекта перед классической схемой:

1. Сеть АБС позволяет создать на территории НСО активное, точное координатное пространство.
2. Появляется возможность для мониторинга любых объектов в режиме реального времени.
3. Сокращаются трудозатраты пользователей системы, достаточно одного приемника для выполнения измерений.
4. Повышается надежность и точность измерений, оперативность получения конечных результатов, что очень важно при определении границ земельных угодий и участков.
5. Число пользователей системы неограниченно, - от профессионалов до туристов, рыбаков, грибников и др.

6. Создание системы АБС позволит региону перейти на новый уровень использования информационных технологий в управлении ресурсами и для оперативного принятия решений.

На втором этапе предлагаем создать цифровую модель базовых объектов территории Новосибирской области, к ним можно отнести объекты недвижимости, границы муниципальных образований, дорожные сети, коммуникации и др. В результате получим каркасную цифровую модель, как основу положения объектов недвижимости.

На третьем этапе предполагается дальнейшая детализация цифровых моделей геопространства по мере развития инфраструктуры соответствующей территории.

Реализация предлагаемой концепции создания единого геоинформационного пространства на территории Новосибирской области позволит занять ей передовые позиции в реализации инновационных проектов, что, несомненно, явится важным фактором устойчивого развития региона.

© А.П. Картик, Г.А. Сапожников, В.А. Середович, 2007

DEFORMATION INTEGRITY MONITORING FOR GNSS-POSITIONING SERVICES BY THE KARLSRUHE APPROACH (MONIKA) – CONCEPT, REALISATION AND RESULTS**Abstract**

Along with the global process of the installation of GNSS-positioning services, such as SAPOS/ASCOS in Germany and many others round the world, these services have become an interdisciplinary as well as an indispensable application for a high precise geo-referencing. The capacity of an absolute positioning in a GNSS-positioning service's network requires, that possible changes of the coordinates of the reference stations in the amount of a few millimeters are detected ad hoc. The reason for a change in the position of a GNSS-reference-station reaches from geological and tectonic movements, over deformation due to mining, changes in the ground-water table to local deformations of the building carrying the GNSS-antenna. Discrepancies in the coordinates may be also originated by the antenna calibration, and so as pseudo-deformation be followed by the change of an antenna.

The development of GNSS-reference-station station - or better deformation integrity - MONitoring provide by the KARlsruhe approach - in following briefly called MONIKA - is done in the frame of the research and developing project GOCA, and it was first proposed in 2003 (www.goca.info). The geodesy and SAPOS department of the state land service department Baden-Württemberg, Germany, is involved as cooperation partner. Since 2006 the MONIKA developments are accompanied and further motivated by an official resolution of the consortium of the state land survey departments Germany (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen Deutschland (AdV)) on the introduction the GNSS-reference-station coordinate monitoring as a quality-control duty of the GNSS-positioning service provider. So far, the MONIKA approach perceives itself, in its concept and MONIKA software design, as a general prototype and reference for such a GNSS-reference-station coordinate monitoring.

The MONIKA approach is based on epoch state-information, which consists of the coordinates $\mathbf{x}(t)$ and the respective covariance matrices $\mathbf{C}_x(t)$ of the GNSS-reference-stations network in regard, at epoch times t . The "epoch" t has a duration-time Δt (e.g. one day, or one week etc.) centred around the time t . As concerns the network design, MONIKA is both multivariate and multi-epochal. The strict three-dimensional deformation-analysis is based on the core of a multi-epochal congruency hypothesis of the epoch states $\mathbf{x}(t)$ and $\mathbf{C}_x(t)$ over a total duration ΔT and a respective single-point testing. Stepwise the GNSS-stations with significant single-point tests are continued as moving points. Presumably instable GNSS-stations may also be introduced as a priori moving points. The displacements of the moving points - as well as the estimated deformations of the non-significantly deformed stable points of the GNSS-stations network - can be submitted to time-series and trend-analysis. The above mentioned epoch state-information $\mathbf{x}(t)$ and $\mathbf{C}_x(t)$ is founding on the results

$\mathbf{x}(t_i)$ and $\mathbf{C}_x(t_i)$, with $t - \Delta t/2 \leq t_i \leq t + \Delta t/2$, namely of a baseline- or network-wise GNSS-processing of the GNSS-network or network parts within the interval Δt of epoch t , e.g. on the processing of daily RINEX files. The results $\mathbf{x}(t_i)$ and $\mathbf{C}_x(t_i)$ - network parts (e.g. baselines) or processed complete GNSS-networks in the interval Δt - are combined to the epoch-state $\mathbf{x}(t)$ and $\mathbf{C}_x(t)$ by a 3D-network adjustment. Both cases, a free-network and an absolute ITRF-embedded GNSS-network processing, have to be taken into account, and the general geodynamic trends of a plate-tectonic movement and a datum-change have to be considered in the mathematical model of MONIKA.

Besides the above theoretical background of the MONIKA approach, the contribution is dealing with the results of the application of the MONIKA-software on the GNSS-reference-station network SAPOS Baden-Württemberg including the northern part of the Switzerland GNSS network SWIPOS. The investigations are based on a MONIKA-processing of daily RINEX files, and an epoch duration Δt of one day, which were provided over a deformation analysis time-span ΔT of several months by the cooperation partner Landesvermessungsamt Baden-Württemberg. The achieved sensitivity for the detection of displacements is presented, and trend estimations are shown. It is shown that the high sensitive deformation-analysis approach of MONIKA can - besides the above quality-control task for GNSS-positioning services - also be used for an included area-wide and large scale geodynamical and natural disaster-prevention service.

0 Motivation and General Targets of the MONIKA-Concept

With the global process of the installation of GNSS-positioning services, such as SAPOS/ascos (www.sapos.de; www.ascos.eon-ruhrgas.com) in Germany (fig. 1), CZEPOS in Czech Republic (czepos.cuzk.cz), LATPOS in Latvia (www.latpos.lv, [11]), and many others in Europe and round the world, these services have become an interdisciplinary and indispensable application for a high precise geo-referencing.

Fig. 1 shows as an example the GNSS-reference-stations network of the German state positioning service SAPOS[®] and the private ascos, cooperating in a private public partnership (PPP) and using more or less the same GNSS-reference-stations. These are set up in an online networking mode, in order to provide high accurate correction data. In that way SAPOS[®]/ascos enables a 3D online-positioning on a (1-3) cm accuracy level presently, which is still increasing due to improvements in the correction data modelling of the different networking software. The high accurate transformation of the ITRF-based (e.g. ETRF89) GNSS-position to the physical height system H and the plane position (N , E) in a classical national datum system of a country are also done online, e.g. by using high accurate DFHRS- and DFLBF-databases (www.dfhbf.de, www.geozilla.de, [10], [12]), either directly in the GNSS-controller or in future also set up by derived RTCM 3.0 transformation messages.

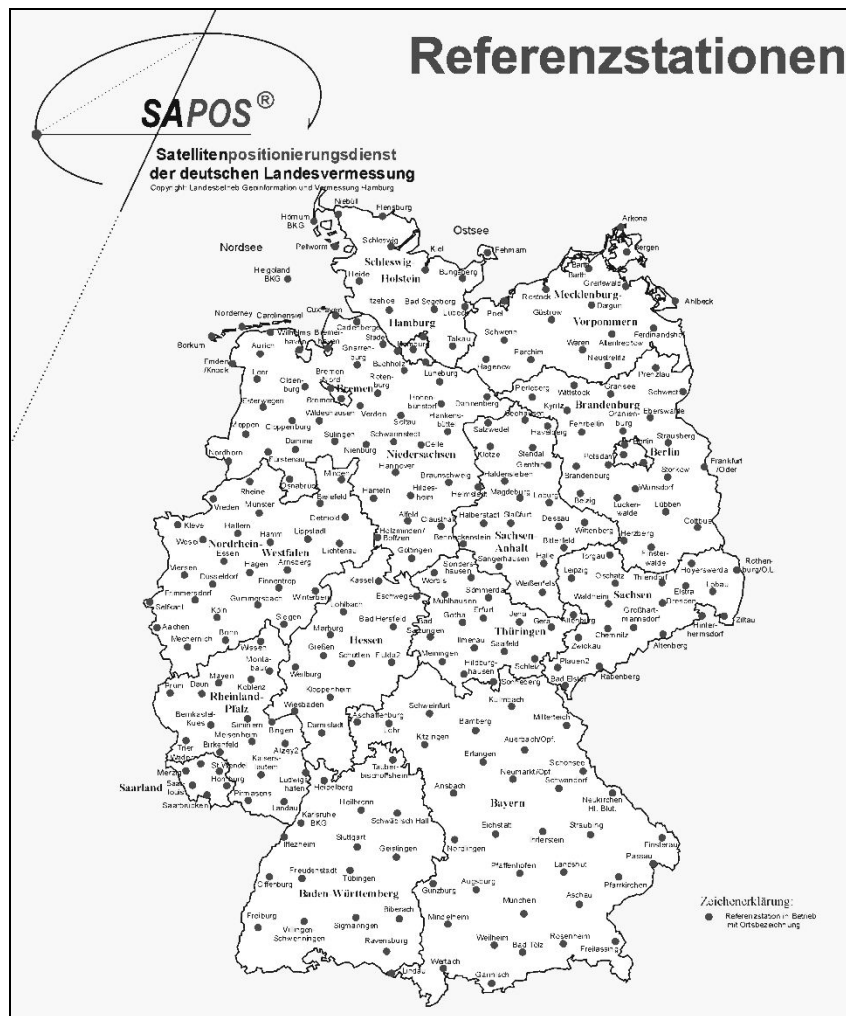


Fig. 1: German SAPOS®/ascos GNSS-reference-stations network.

The capacity of an absolute positioning in such a GNSS-positioning service's network (fig. 1) demands, that possible changes of the coordinates of the reference stations in the amount of a few millimetres are detected ad hoc. The reason for position changes of GNSS-reference-stations reaches from geological movements (fig. 2), over deformation due to mining, changes in the ground-water table, to local deformations of the building carrying the GNSS-antenna. Discrepancies in the coordinates may also be originated by the antenna calibration, and so as pseudo-deformation be followed by the change of an antenna

The development of GNSS-reference-station coordinate - or better deformation integrity - MONitoring provided by the Karlsruhe approach - briefly called MONIKA - is done in the frame of the research project GOCA (www.goca.info, [7]). The department for geodesy and SAPOS of the state survey agency of Baden-Württemberg, Germany is involved as cooperation partner. The MONIKA developments are further motivated by an official resolution of the association of the state survey departments of Germany (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen Deutschland (AdV)) in 2006 [1] on the introduction of the coordinate monitoring as a quality-control duty of the GNSS-positioning provider.

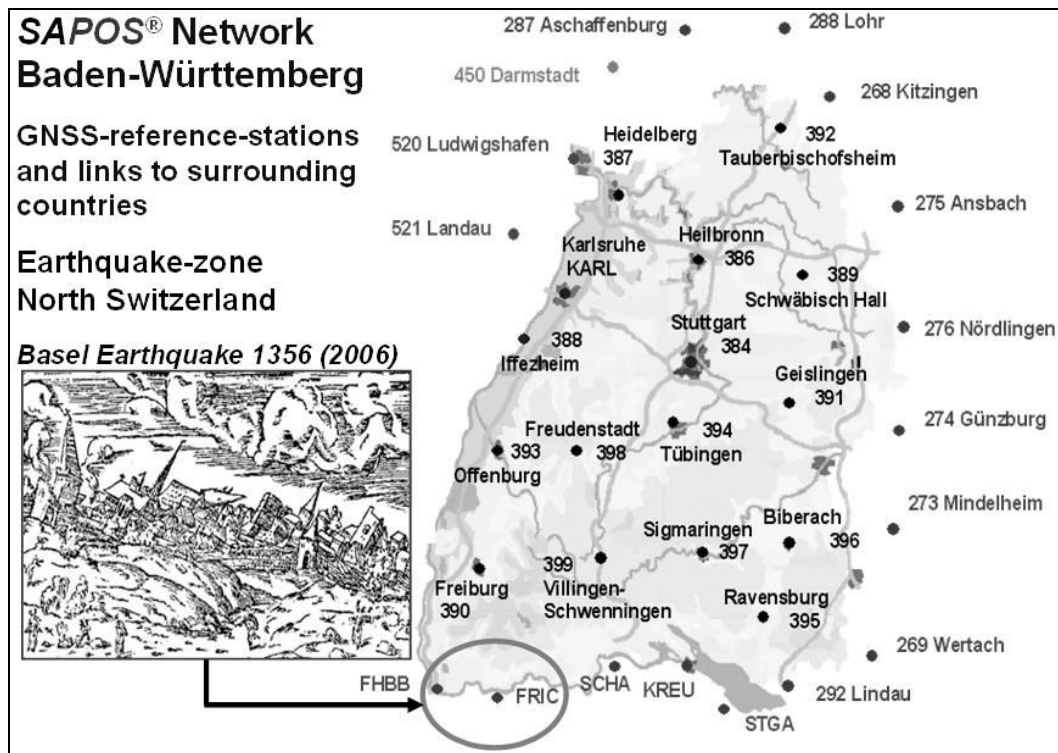


Fig. 2: Baden-Württemberg’s part of the German *SAPOS*/ascos GNSS-reference-stations network. Network links to stations of surrounding countries including the earthquake endangered zone of North Switzerland and South Baden-Württemberg.

So far, the MONIKA approach perceives itself as a general prototype and reference for such a GNSS-reference-station coordinate monitoring, and was realized recently by the MONIKA software.

The MONIKA GNSS-reference-station deformation integrity approach is based on epoch state-information of the coordinates and covariance matrices at epoch time t . The “epoch” t has a duration-time Δt and is centred around t . As concerns the network design, MONIKA is both multi-variate and multi-epochal. The epoch-state information results from a baseline- or network-wise processing of the GNSS-network or network parts within the interval Δt of epoch t . The strict three-dimensional coordinate-related deformation-analysis is based on the hypothesis of a multi-epochal congruency of all single epoch states in a total duration ΔT . A list of a-priori moving points can be handled. Incongruent points are detected by a single-point testing and added to the list of moving points. The displacements of the moving points, as well as estimated deformations of statistically congruent points, can be submitted to a time-series and trend-analysis. The case of a free-network and an absolute ITRF (International Terrestrial Reference Frame)-embedded one are considered, as well as the geodynamic trends of plate-tectonic movements and a datum-change.

Besides the theoretical background, the contribution is dealing with the results of the application of the MONIKA-software on the GNSS-reference-station network SAPOS Baden-Württemberg including the northern part of the Switzerland GNSS network SWIPOS. The investigations are based on a MONIKA-processing of daily

RINEX files with a Δt of one day and a duration ΔT of several months. The sensitivity for the detection of displacements is presented, and trend estimations are shown.

It is evident, that the presented high sensitive deformation-analysis approach of MONIKA can - besides the above quality-control task for GNSS-positioning services - also be used for an included area-wide and large scale geodynamical and natural disaster-prevention service, as shown in fig. 2. Fig. 2 shows in this context the earthquake endangered zone of North Switzerland and South Baden-Württemberg, where a big earthquake took place in Basel 1356, and a recent one in that region in 2006, which happened during the installation of a regional geothermal power-station. The so-called Rhinegraben, which is flanking the western part of Germany and Baden-Württemberg along the French border belongs to the same continental rupture zone, and the sinistral movement of the graben-edges is in still active [9]. That geodynamical situation to be monitored by including the RINEX data of the French reference stations into the GNSS-reference-stations deformation integrity with MONIKA.

1 Introduction and Characteristics of the MONIKA-Concept

1.1 Coordinate-related Deformation Analysis

The mathematical model of MONIKA is based on the data interface of the GNSS RINEX files as original observations 1, which is followed after the adjustment steps 1 (GNSS-data processing) and 2 (three-dimensional epoch adjustment), and a transformations step, by step 3, which is a coordinate-related deformation analysis in a multi-epoch and multivariate network design as the final step (Fig. 3).

Coordinate-related means, that the deformation analysis is based on the epoch coordinates $\mathbf{x}(t_i)$, $i = i$ -th epoch, and their covariance matrices $\mathbf{C}_x(t_i)$. These epoch states are derived basically from the processing of the raw GNSS data ($\mathbf{I}$, $\mathbf{C}_l$), which was observed at epoch time t_i , in the adjustment steps 1 and 2, according to the flowchart for MONIKA (Fig. 3). Multivariate means, that no common points over all epochs are required. In that way, MONIKA enables conceptually also a long-term monitoring. The basic model of the deformation analysis is the assumption of the congruency of the GNSS network over all epochs, considering of course splitting off the geodynamic trends, e.g. plate movements, within deformation analysis time window ΔT .

The functional and stochastic model of a coordinate-related deformation analysis (step 3, Fig. 3), which is also part of the software MONIKA, reads:

$$\mathbf{x}(t_i) + \mathbf{v}_{x(t_i)} = \mathbf{D}_R^i \cdot d\hat{\mathbf{x}}_R + \mathbf{D}_O^i \cdot d\hat{\mathbf{x}}_O^i + \mathbf{x}_0^i, \text{ with } \mathbf{C}_x(t_i) . \quad (1a, b)$$

The final epoch states $(\mathbf{x}(t_i), \mathbf{C}_x(t_i))$ (Fig. 3) are used as observations and stochastic models in the coordinate-related deformation analysis. The Gauss-Markov-Model (GMM) (1a, b) includes all epochs ($i = 1, m$) within the total duration ΔT of the deformation analysis window. With null hypothesis H_0 of congruency, the coordinate-related monitoring concept MONIKA means to introduce the assumed non-deformed parts of the GNSS-reference-station network in the i -th epoch as so-called reference points $\mathbf{x}_R^i$ with identical coordinates in all epochs. Points, which are a-priori assumed to be moving, and those, which show significant displacements

during the testing procedure (see chap. 3, (5a, b)) receive time-dependent epoch coordinates. In terms of deformation analysis they are called object-points $\mathbf{x}_O(t_i)$. With $d\hat{\mathbf{x}}_R^i$ and $d\hat{\mathbf{x}}_O^i$ (1a, b) we introduce the coordinate unknowns as increments to the approximates $\mathbf{x}_0$. The design-matrices $\mathbf{D}_R^i$ and $\mathbf{D}_O^i$ are filled with 0 or 1 as coefficients, as $\mathbf{x}(t_i)$ are direct observations in (1a, b). The test strategy for the detection of in-congruencies by means of a three-dimensional significance test for the estimated displacements $\hat{\nabla}\mathbf{x}_R^k(t_i)$, leads to an extended GMM referring to (1a, b). It is treated in details in chap. 3.

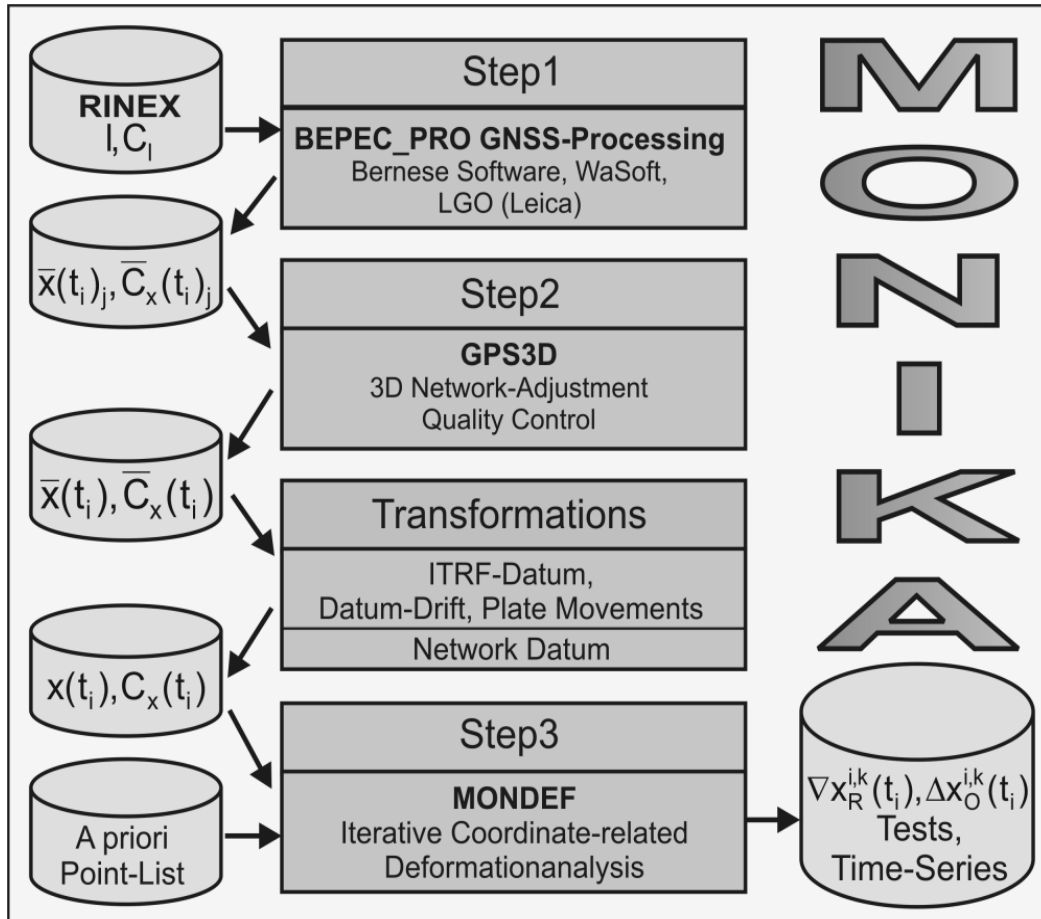


Fig. 3: Data-input/-output and adjustment- and transformation steps in MONIKA.

In case of a large deformation analysis window ΔT or a wide network area the so-called primary epoch states ($\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i)$) resulting from the epoch adjustment step 2 (module GPS3D), which follows the GNSS data processing in step 1 (module GOCA_BPEC_PRO), have to be submitted to different transformations (Fig. 3). These transformations are at first due to a common ITRF-datum and for the second in order to remove the geodynamic trends of a common datum-drift of all plates together and of individual plate-rotations. In case of processing the GNSS-data ($\mathbf{l}, \mathbf{C}_1$) in a free network and deformation analysis concept, an additional datum-transformation procedure has to follow with respect to the network-datum set up by

the approximate coordinates $\mathbf{x}_0$ (1a, b) of the coordinate-related deformation analysis in step 3 (module MONDEF) (Fig. 3).

1.2 Estimation of the primary epoch state

The information of the so-called primary epoch states is represented by the epoch coordinates $\bar{\mathbf{x}}(t_i)$ and their covariance matrix $\bar{\mathbf{C}}_x(t_i)$ of the GNSS-reference-stations network at epoch time t_i resulting from step 2 of the MONIKA approach (Fig. 3). The reference time t_i and the epoch duration $\Delta t(t_i)$ specify the epoch time window $[t_i - \Delta t(t_i)/2, t_i + \Delta t(t_i)/2]$. The primary epoch state information recruits itself from the coordinates and the covariance matrices $(\bar{\mathbf{x}}(t_i)_j, \bar{\mathbf{C}}_x(t_i)_j, j=1, n(t_i); n(t_i) \geq 1)$ of the baseline-wise or network-like processing of original GNSS observations $\mathbf{I}(t_i)_j$ (e.g. daily RINEX files), which were observed in the epoch window $\Delta t(t_i)$, and resulted from the GNSS-data processing as the adjustment step 1 (Fig. 3). Hereby the GNSS data $\mathbf{I}(t_i)_j$ can extend either over the entire interval $\Delta t(t_i)$ or over only a part $\Delta t(t_i)_j$. As concerns the independent single solutions $\bar{\mathbf{x}}(t_i)_j$ a common congruent state vector $\bar{\mathbf{x}}(t_i)$ is presupposed. That assumption holds, if (usually) the epoch-duration Δt is limited, otherwise the geodynamic transformations (Fig. 3) have to be performed also within the epoch.

The determination of the final primary epoch state $(\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i))$ of the GNSS network is done in step 2 as a three-dimensional so-called epoch adjustment of all single network parts $(\bar{\mathbf{x}}(t_i)_j, \bar{\mathbf{C}}_x(t_i)_j, j=1, n(t_i))$, which are available in $\Delta t(t_i)$, using the module GPS3D. It provides all quality control standards of a three-dimensional network adjustment. In case of $n(t_i)=1$, step 1 and step 2 coincide, and a quality check for that epoch t_i not possible.

The practical difference between an observation-related deformation analysis (like e.g. realized in the software GOCA [7]) and the coordinate-related deformation analysis MONIKA [6] is evident, while the deformation analysis results are identical [4]: In a single-step observation-related deformation analysis, the original observations are in one step directly part of the functional model of the deformation analysis (1a, b) with individual observation related design-matrices. In the coordinate-related case, the primary epoch states $(\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i))$ serve – eventually after additional transformations (Fig. 3; chap. 2.1 and 2.2) – as observations of the deformation analysis model (1a, b) as second or third step of the procedure. In spite of these intermediate steps, the results of all final parameter and displacement estimations $\nabla \hat{\mathbf{x}}_O^{i,k}(t_i)$ and $\nabla \hat{\mathbf{x}}_R^{i,k}(t_i)$ (chap. 3) for the object- and reference-points, and respective test statistics are however identical according to the theory of a two-step adjustment, provided that the stochastic models are ported subsequently through all steps [4].

1.3 Estimation of the epoch states – rigorous and non-rigorous procedures

Independently of whether the GNSS-data processing is done network-like or in baseline-wise, already linear independent sets of baselines observations $\mathbf{l}(t_i)_j$ in step 1 (Fig. 3) imply a fully occupied covariance matrix $\mathbf{C}_l(t_i)_j$ of these derived GNSS observations, because the same original GNSS data $\mathbf{l}(t_i)$ is multiply used for a number of different GNSS-reference stations. Respective mathematical correlations in the baseline-observations $\mathbf{l}(t_i)_j$ are taken into account in rigorous working network-like GNSS-processing-software, e.g. Bernese (www.bernese.unibe.ch) or WaSoft/Netz (www.wasoft.de) and others. GNSS-processing-software, which is restricted to a baseline-processing („baseline-software“) contrarily neglects these correlations, and it can further not provide the covariance blocks $\mathbf{C}_{x_k, x_l}$ between the coordinates of the rovers k and l of the different baselines. So a GNSS-baseline-processing contributes twice to a neglect in the stochastical model of the resulting block-diagonal matrix $\bar{\mathbf{C}}_x'(t_i)_j$ of a processed GNSS-reference-station network. Besides that, rigorous network-like GNSS-software is also more efficient in the estimation of atmospheric parameters and ambiguities.

All neglects in the stochastical models of step 1 and 2 imply biased stochastical models. The neglect of physical correlations in GNSS-processing [8] is in general unavoidable. It leads together with the neglect of the mathematical correlations above, principally to unfavorable covariance matrices $\bar{\mathbf{C}}_x'(t_i)$ for the epoch states $\bar{\mathbf{x}}(t_i)$ [4], [8].

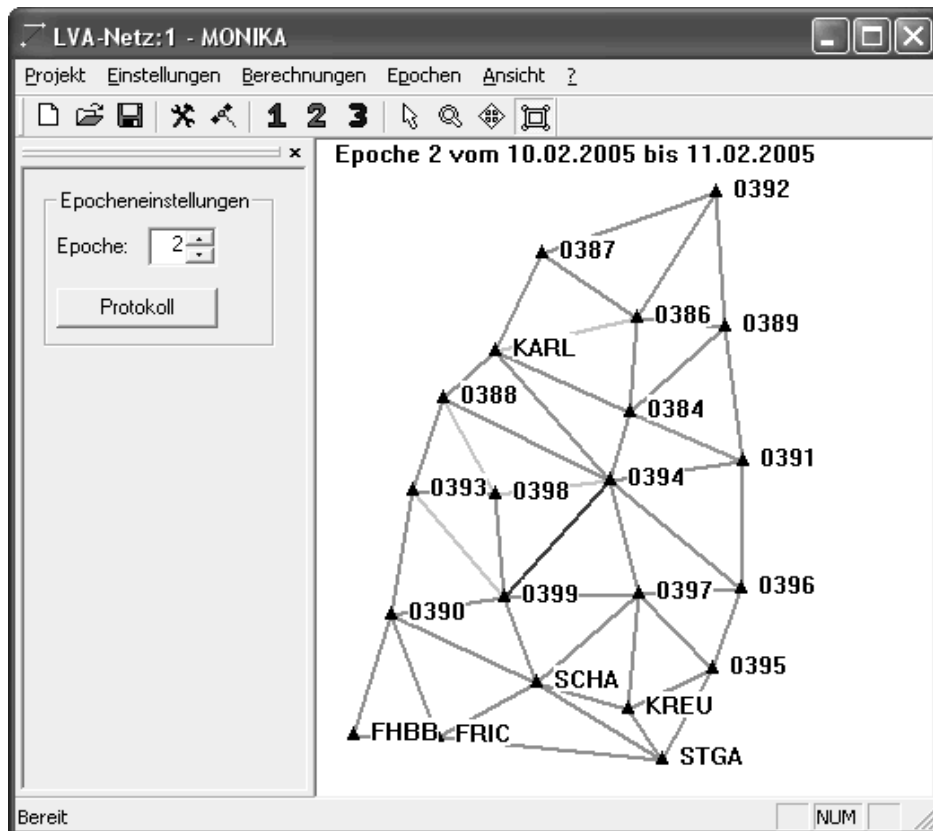


Fig. 4: SAPOS-network Baden-Württemberg linked with additional GNSS-reference stations from Switzerland. Graphics for the adjustment (step 2) of the primary epoch state $\bar{\mathbf{x}}(t_i)$ with a detected gross error (red) in one baseline $\bar{\mathbf{x}}(t_i)_j$. A baseline-wise GNSS-adjustment was used in step 1.

This implies accordingly a reduced sensitivity [3] for all tests and biased test statistics, for the parameters of the GMM (1a, b) (e.g. object-point displacements $\Delta \mathbf{x}_O^{i,k}(t_i)$) as well as for the parameters $\hat{\mathbf{v}}_{\mathbf{R}}^k(t_i)$ of the extended GMM (5a, b) in the deformation analysis step 3 (Fig. 3). So the application of a rigorous network-like GNSS-processing-software combines all advantages for achieving a high sensitive GNSS-reference-station deformation integrity monitoring based on the GNSS observations $\mathbf{l}(t_i)_j$.

The loss of accuracy in the neglect case $\bar{\mathbf{C}}_x'(t_i)$, and so the loss of sensitivity for the detection of object-and reference points displacements in step 3 (fig. 3), can be reduced at first with the choice of the shortest path of linear independent baselines in the GNSS-reference-station-network. The inclusion of additional linear dependent baselines would supply no new contributions on considering rigorously the above mentioned mathematical correlations, what is however not done in the case of a baseline-wise adjustment. So additional baselines could - in principle - contribute to regain a better accuracy for the epoch states $(\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i)')$. Because of the lack of a theoretical concept concerning the choice of the number and design of additional linear dependent baselines, this proceeding is not adequate as a replacement of a strict GNSS network-wise GNSS-adjustment.

2 Transformations of the primary epoch states in MONIKA

The estimation of the primary epoch states $(\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i)')$ in the adjustment steps 1 and 2 (Fig. 3) can either be based on a free or on an ITRF-embedded network adjustment concept. Anyway, the strict realization of the subsequent coordinate-related deformation analysis requires additionally different transformations, which leads to the final input $(\mathbf{x}(t_i), \mathbf{C}_x(t_i))$ of the deformation analysis adjustment step 3 ((1a, b), (5a, b)). In any case a common ITRF-datum for the epochs is required. If step 3 covers a long time-window ΔT and a wide GNSS-reference-station network area, known geodynamic trends affecting the ITRF positions have to be removed by respective transformations (Fig. 3), both for a free and for an ITRF-embedded deformation analysis concept. The MONIKA deformation integrity monitoring concept has hereby not to mind the question, how the GNSS-reference-stations coordinates and correction data are set up by the positioning service. In case of a free network concept an additional geodetic network-datum transformation procedure has to take place. Both different types of transformations are treated in the following.

2.1 ITRF-Datum and geodynamic transformations in MONIKA

Besides a continuous ITRS (International Terrestrial Reference System) parameter estimation the responsible IERS (International Earth Rotation Service) carries out, presently about every five years, the readjustment of the core network of GNSS and VLBI permanent stations. This defines by the new ITRF-coordinates a

respective new ITRF datum (ITRF_{zzzz}), which is related to January 0.0 of the new year *zzzz* of reference. In addition a first set of 14 parameters is estimated, namely the seven parameters of the global datum transition to the preceding ITRF datum (ITRF_{yyyy}), and further seven parameters of global datum drift-rates. And in addition 16 sets of 3 rotation rate parameters for the IERS 16-plates-model of the lithosphere are estimated. The pure datum transition between two ITRF datum realizations, *yyyy* and *zzzz*, for an ITRF-based primary epoch position at epoch time t_i reads:

$$\bar{\mathbf{x}}(t_i)_{\text{ITRF}_{zzzz}} = (1 + \Delta m) \cdot \mathbf{R}(\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z) \cdot \bar{\mathbf{x}}(t_i)_{\text{ITRF}_{yyyy}} + \mathbf{t} \quad (2)$$

With improvements in the ITRS parametric models, the datum-transition (2) tends to zero. So the current transition from ITRF2000 to ITRF2005 is with $\mathbf{t}^T = (-0.1\text{mm}, +0.8\text{mm}, +5.8\text{mm})$ for the translations, a scale-change $\Delta m = -0.4 \cdot 10^{-9}$, and rotation angles $\varepsilon_x = \varepsilon_y = \varepsilon_z = 0$ [2] - contrary to earlier ones, e.g. ETRF89 to ITRF93 - very small.

For the transformation of an ITRF-position $\bar{\mathbf{x}}(t_1)_{\text{ITRF}_{zzzz}}$ of a *j*-th point at epoch time t_1 to the reference time t_0 of the deformation analysis ((1a, b) and (5a, b)) the common datum drift rates $(\dot{\Delta m}, \dot{\mathbf{R}}, \dot{\mathbf{t}})$ of all plates, and in addition the rotation rate matrix $\dot{\mathbf{R}}_{P(k)}$ of the plate *P*(*k*) concerning the *j*-th point in regard, become relevant. So we have all in all for that geodynamical transformation:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(t_1) := \bar{\mathbf{x}}(t_1 | t_0)_{\text{ITRF}_{zzzz}} &= \bar{\mathbf{x}}(t_1)_{\text{ITRF}_{zzzz}} + \left((\dot{\Delta m} + \dot{\mathbf{R}}) \cdot \bar{\mathbf{x}}(t_1)_{\text{ITRF}_{zzzz}} + \dot{\mathbf{t}} \right) \cdot (t_0 - t_1) + \\ &+ \left(\dot{\mathbf{R}}_{P(j)} \cdot \bar{\mathbf{x}}(t_1)_{\text{ITRF}_{zzzz}} \right) \cdot (t_0 - t_1). \end{aligned} \quad (3)$$

Values for the parameters in (3) are found in [2] and [5]. In case of an expanded time window ΔT of the coordinate-related deformation analysis (1a, b), as well in a wide area GNSS-reference-stations network, the physically caused geodynamic transformation (3) becomes relevant. So both transformations (2) and (3) of the primary epoch states $(\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i))$ have to be considered, together with an arbitrary definition of a common reference time t_0 , for all epochs in (1a, b). The transformations of the epoch state vectors from $\bar{\mathbf{x}}(t_i)$ to $\mathbf{x}(t_i)$ are followed by a respective transformation of $\bar{\mathbf{C}}_x(t_i)$ and lead to

$$\mathbf{C}_x(t_i) = \bar{\mathbf{C}}_x(t_i) + \Delta \mathbf{C}((2), (3)), \quad (4)$$

on applying the law of error propagation to (2) and (3) using the covariance matrices of, all in all, 17 parameters. The application of the transformations (2) and (3) also causes covariances between the epoch states. In regional GNSS-networks, like SAPOS/ASCOS in Germany, the transformations (3) and (4) can be avoided by the choice of small and overlapping time windows ΔT for the standard monitoring case. So the missing part $\Delta \mathbf{C}((2), (3))$ (4) leads to an increase of the deformation sensitivity (chap. 3).

The transformations (2), (3) and (4) are relevant both for an ITRF-embedded as well as for a free network based coordinate-related deformation analysis in the concept of MONIKA (fig. 3). We arrive at first commonly at the transformed states

$(\mathbf{x}(t_i), \mathbf{C}_x(t_i))$). In case of a free network concept applied in the MONIKA approach (Fig. 3), the epoch states have each a singular covariance matrix $\mathbf{C}_x(t_i)$ and the coordinates $\mathbf{x}(t_i)$ are not unique with respect to the occurrence of a datum translation defect $d = 3$. So they to be submitted further to the datum transformation procedure treated in chap. 2.2.

Alternatively, and possibly with an increase of the sensitivity, the transformations (3) and (4) could be replaced by an appropriate parametric extension of the GMM (1a,b) with respect to the estimation of additionally seven or - in case of free network concept used in MONIKA of four - common drift rate parameters. In that case the primary epoch states $(\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i))$ could - except the additional datum transformation in the free network case (chap. 2.2) - be used directly in (1a, b).

2.2 Free network concept and datum-transformation in MONIKA

The primary epoch state vectors $(\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i))$ may either result from the steps 1 and 2 in MONIKA, or may be imported from an external computation, and they are transformed by (2), (3) and (4) to $(\mathbf{x}(t_i), \mathbf{C}_x(t_i))$. Due to $\varepsilon_x = \varepsilon_y = \varepsilon_z = 0$ (chap. 2.1) the transformation (2) can, except the scale, be neglected in a free network deformation analysis concept, as the translations $\mathbf{t}$ are not relevant due to the translation defect $d = 3$. In case of a free network concept the resulting epoch state vector $\mathbf{x}(t_i)$ depends anyway on the network datum, and e.g. in case of an externally computed and imported primary state $(\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i))$, the datum of the transformed $\mathbf{x}(t_i)$ remains unknown.

To achieve however in the free network case of the coordinate-related deformation analysis approach MONIKA the same results as in the observation $\mathbf{l}(t_i), \mathbf{C}_l(t_i)$ related analogy, it is necessary, that the transformed epoch state presentations $(\mathbf{x}(t_i), \mathbf{C}_x(t_i))$ lead to the same normal-equation parts in (1a,b). This is provided in two steps of a respective datum transformation procedure. First $\mathbf{x}(t_i)$ is submitted to a defect-dependent parametrized three-dimensional un-weighted similarity transformation (Helmert-transformation) on the approximate coordinates $\mathbf{x}_0$ used in (1a, b). This concept also holds for higher defects (e.g. free three-dimensional terrestrial distance networks, $d = 6$), but only for $d > 3$ the law of error-propagation requires a subsequent finite similarity transformation (not a standard S-transformation) for $\mathbf{C}_x(t_i)$. As second step a defect-dependent classical S-transformation [4] has to follow for $\mathbf{C}_x(t_i)$. If the S-transformation is done with respect to the so-called 'inner datum', the pseudoinverse $\mathbf{C}_x(t_i)^+$ has to be used for the computation of the weight matrix $\mathbf{P}(i) = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{C}_x(t_i)^+$ in (1a, b). With σ_0^2 we describe the a priori variance factor. If alternatively the S-transformation is done due to an arbitrarily chosen datum point, correlated coordinate differences $\Delta\mathbf{x}(t_i)$ with a regular weight matrix $\mathbf{P}(i)$, can be introduced as observations into (1a, b) in step 3.

In case of a free network concept in (1a, b) the above mentioned S-transformation removes the translation parts, which are contained in $\mathbf{C}_x(t_i)$. So the

sensitivity for the detection of the displacements $\Delta \mathbf{x}_O^{i,k}(t_i)$ and $\nabla \mathbf{x}_R^k(t_i)$ (chap. 3) will be higher in a free network related approach (1a, b).

3 Deformation analysis modelling and software MONIKA

In opposite to an observation-related $(\mathbf{I}, \mathbf{C}_l)$, one step and fast, online procedure for hybrid observation data, such as e.g. realized in the GOCA-software (www.goca.info; [7]), the three step coordinate-related $(\mathbf{x}(t_i), \mathbf{C}_x(t_i))$ deformation analysis in MONIKA [6] is best suited for the (near-online) deformation integrity monitoring of GNSS-reference-station networks. Here MONIKA (Fig. 3) allows a flexible definition and computation of the primary epoch states in step 1. The adjustment step 2 allows a profound quality control of primary epoch states, and so of the deformation analysis input. Additionally the coordinate-related approach is directly accessible both to the above mentioned ITRF-datum (2) and the geodynamics transformation (3), as well as for the import of external and also coordinate-related epoch states.

The computation of the primary epoch state contributions $(\bar{\mathbf{x}}(t_i)_j, \bar{\mathbf{C}}_x(t_i)_j)$ from the original RINEX data $(\mathbf{I}, \mathbf{C}_l)$ is done in the software MONIKA by the module GOCA_BEPEC_PRO, which permits the use and full control of different GNSS-data processing engines (Fig. 3). The three-dimensional epoch adjustment of the $(\bar{\mathbf{x}}(t_i)_j, \bar{\mathbf{C}}_x(t_i)_j)$ with respect to the final primary epoch state $(\bar{\mathbf{x}}(t_i), \bar{\mathbf{C}}_x(t_i))$ is done in MONIKA using the module GPS3D (www.geozilla.de), and ensures in step 2 the quality control of the GNSS data processing(s) in step 1.

For the detection of unstable reference points the functional model (1a) is extended by the three-dimensional additional parameter vector $\nabla \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i)$ as

$$(\mathbf{x}(t_i) - \mathbf{x}_0^i) + \mathbf{v}_{x(t_i)} = \mathbf{D}_R^i \cdot d\hat{\mathbf{x}}_R^i + \mathbf{D}_O^i \cdot d\hat{\mathbf{x}}_O^i + \mathbf{B}_i^k \cdot \hat{\nabla} \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i) \quad (5a)$$

and with

$$\mathbf{B}_i^k \cdot \hat{\nabla} \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i) = \left[\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \right]^T \cdot \hat{\nabla} \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i) \quad (5b)$$

The design-matrix $\mathbf{B}_i^k$ and the three-dimensional parameter vector of a displacement $\hat{\nabla} \mathbf{x}_R^k(t_i)$ are addressing the k-th reference point of the i-th epoch. The model (5a, b) is applied to all epochs and reference points $\mathbf{x}_R^{i,k}$ within each epoch. A generalized three-dimensional iterative datasnooping [4] provides the estimation of the displacement vector $\hat{\nabla} \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i)$. The (3x3)-covariance-matrix of $\hat{\nabla} \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i)$ can be computed from the results of the adjustment (1a, b). In that way the above extended GMM (5a, b) needs not to be set up and computed explicitly. Like in the case of the classical datasnooping, each k-th reference point in the i-th epoch is tested for the significance of the displacement $\hat{\nabla} \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i)$ (5a, b) by a three-dimensional test-statistics [4], [8]. The test assumes the remaining (n-1) reference points $\mathbf{x}_R$ as

congruent and unmoved. If we introduce with m the total number of epochs in the deformation analysis window ΔT , the relation between the number of free and fixed parameters is $1:(m-1) \cdot (n-1)$, and it means a maximum of sensitivity for the detection of displacements $\nabla \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i)$.

The results of the displacement estimation (5a, b) for the reference-points $\mathbf{x}_R$, as well as the displacements of the a-priori or iteratively selected object-points $\mathbf{x}_O$, can further be represented by the MONIKA software in a time series graphics (Fig. 5). If the test for $\widehat{\nabla} \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i)$ reveals a significantly distorted reference-point, the respective point is put automatically to the list of objects points $\mathbf{x}_O$. That point can optionally be set back to the reference-point list $\mathbf{x}_R$, if the displacements $\Delta \widehat{\mathbf{x}}_O^{i,k}(t_i)$ in the next epoch $(i+1)$ turns out as not significant. As concerns time series of estimation of the displacements of the reference point, as well as for object-points displacements, these can be visualized (Fig. 5), and further be submitted to different kind of trend estimations, time series analysis' and filtering procedures.

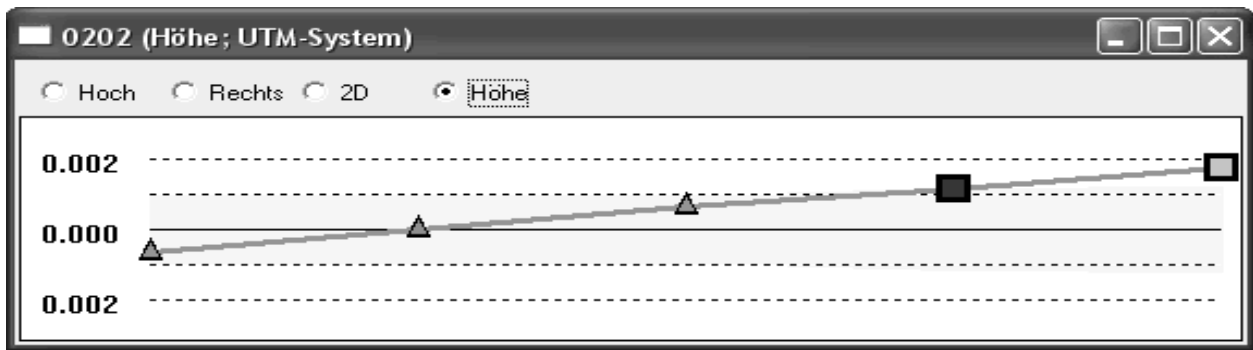


Fig. 5: Time series of estimated $\widehat{\nabla} \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i)$ concerning the height of a k -th reference point in a simulation study. In yellow the confidence intervals.

The present test-computations with daily RINEX files in Baden-Württemberg, Germany, using the baseline software WA1 (www.wasoft.de) in MONIKA step 1 point out, that already with baseline-software, displacements in plane and height positions of a few mm can already be detected. The statistical measure of the three-dimensional sensitivity-ellipsoid [3] concerning the displacements shows, that - on a sensitivity level of $\beta = 95\%$ - displacements $\nabla \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i)_{(\alpha,\beta)}$ in plane and height of less than 5 mm and 20 mm can be detected on applying the three-dimensional test-statistics for $\widehat{\nabla} \mathbf{x}_R^{i,k}(t_i)$ (5a,b) with a test error-probability of $\alpha = 5\%$. The sensitivity measure is equivalent to accuracies of less than 1.2 mm and 4.8 mm in plan and height-components for the estimates $\widehat{\nabla} \mathbf{x}_R^k(t_i)$ (5a, b).

The realization of the coordinate-related deformation analysis modeling (1a, b), (5a, b) has been implemented in the MONIKA software, version 1.0 (module MONDEF, fig 1) and tested successfully by real data and simulations. Alternatively

the deformation analysis adjustment step 3 could be set up as a sequential adjustment procedure related to (1a, b) and (5a, b), or e.g. with regard to the prediction (3), in a Kalman-filtering related model. These are just two examples for future research and development work concerning the MONIKA approach within the GOCA project and in cooperation with the state survey agency of Baden-Württemberg, Karlsruhe [6].

REFERENCES

1. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV) (2006): Beschluss des Plenums Nr. 118/6. Monitoring und übergeordneter Bezugsrahmen für SAPOS[®]-Referenzstationen. Geschäftsstelle der AdV.
2. IAG and IERS (2005): http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2005/tp_05-00.php.
3. Jäger, R., Haas, U. und A. Weber (1997): Ein ISO 9000 Handbuch für Überwachungsmessungen. DVW Schriftenreihe, Heft Nr. 27.
4. Jäger, R., Müller, T., Saler, H. und R. Schwäble (2005): Klassische und robuste Ausgleichungsverfahren - Ein Leitfaden für Ausbildung und Praxis von Geodäten und Geoinformatikern. Wichmann-Verlag, Heidelberg. ISBN 3-87907-370-8.
5. Soler, T. and J. Marshall (2002): Rigorous transformation of variance-covariance matrices of GPS-derived coordinates and velocities. GPS-Solutions 6 (1-2). Springer.
6. Jäger, R., Dick, H.-G. and P. Spohn (2007): GNSS-Referenzstationskoordinaten-Monitoring nach dem Karlsruher Modellansatz (MONIKA) – Konzept, Realisierung und Ergebnisse. In (Chesi/Weinold (Hrsg.): 14. Internationale Geodätische Woche, Obergurgl 2007. Wichmann-Verlag, Heidelberg.
7. Jäger R., Kälber, S. and Oswald, M. (2006): GNSS/GPS/LPS based Online Control and Alarm System (GOCA)- Mathematical Models and Technical Realization of a System for Natural and Geotechnical Deformation Monitoring and Analysis. Proceedings to GeoSiberia 2006 (24. 04. 2006 – 28. 04. 2006). Volume 1. S. 32-43. Novosibirsk, Russland. ISBN 5-87693-199-3.
8. Jäger, R. (1995): Statistische Methoden zur Qualitätssicherung und Weiterverarbeitung von GPS-Ergebnissen. 'GPS -Leistungsbilanz '94', Seminar des Deutschen Verein für Vermessungswesen. Karlsruhe, Oktober '94. Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart, Seite 302-319.
9. Heck, B., Illner, M. und R. Jäger (1995): Deformationsanalyse zum Testnetz Karlsruhe auf der Basis der terrestrischen Messungen und aktueller GPS-Messungen. Festschrift Draheim-Kuntz-Mälzer. Universität Karlsruhe.
10. Seiler, S. (2000-2007): www.ib-seiler.de . IBS-WebSite.
11. Jäger, R. and J. Kaminskis (2002): Proceedings of the 1st Common Baltic Symposium, GPS-Heighting based on the Concept of a Digital Height Reference Surface (DFHRS) and Related Topics - GPS-Heighting and Nation-wide Permanent GPS Reference Systems. Riga, June 11, 2001. ISBN 9984-9508-7-5.
12. Jäger R., Kälber, S. (2006): Precise Transformation of Classical Networks to ITRF by CoPaG and Precise Vertical Reference Surface Representation by DFHRS – General Concepts and Realisation of Databases for GIS, GNSS and Navigation Applications. Proceedings to GeoSiberia 2006. Volume 1. S. 3-31. Novosibirsk, Russland. ISBN 5-87693-199-3.

© R. Jäger, 2007

УДК 528.2 (94)

John C. Trinder

First Vice President ISPRS

School of Surveying and SIS ,The University of NSW, Sydney

Australia j.trinder@unsw.edu.au

DETERMINING SUSTAINABILITY INDICATORS BY REMOTE SENSING

Key words: Sustainable development, remote sensing, indicators, GEOSS

SUMMARY

Sustainable development is that which meets the needs of the present without foreclosing the needs or options of the future. Impacts of developments on the environment may be difficult to evaluate over a limited period. Early warning indicators should account for ecological, economic and environmental dimensions of development, and should aid the assessment of the effectiveness of policies designed to protect the environment. Environmental indicators derived from remote sensing technologies should enable the mapping, monitoring and determination of the status and condition of natural and managed ecosystems in order to provide timely information to identify environments at risk. They require an inter-disciplinary approach, to indicate landscapes and ecosystems at risk. It is hoped that the implementation of the Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) will lead to a more comprehensive set of data that will better enable the assessment of the Earth's environment.

INTRODUCTION

Only in the last few decades have we recognised the extent to which humans can modify and alter the energy and mass exchanges that occur between atmosphere, oceans and biota, and understood that the changes being wrought may be beyond the resilience of natural systems to absorb. While we marvel at the diversity of the Earth's environments, we have limited knowledge of the functioning and interaction of these environments at a global scale. As well, we do not have precise information on the location, extent and impact of the human modifications that are taking place. There is general agreement among scientists that unravelling the processes involved in the functioning of the Earth system, together with identifying the forces acting to promote global change, as well as determining the rate of that change, requires the availability of sets of compatible, homogeneous global data for a variety of key terrestrial variables. Systems have been planned and/or launched to measure remotely many variables associated with global change. The development of GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) should be an important contribution to this need. Such studies require a multi-disciplinary study by many scientists.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Sustainable development refers to the adoption of practices in relation to environmental use and management which provide a satisfactory standard of living for today's population and which do not impair the capacity of the environment to provide for and support the needs of future generations. The concept of sustainability in respect of the use of environment resources includes the notion that the outputs derived, whether they are from land, water or air can be produced continuously over time, and that a balance can be achieved between the rate of economic growth, their use and environmental quality, that minimises the risk of long term degradation. It is argued that through careful management and the use of appropriate practices, the long-term viability of the environment can be maintained. A sustainable development practice is one which is sensitive to ecological constraints and seeks to minimise the undesirable effects of exploitation and use which might impact negatively on the longer-term viability of a resource. It is also one in which the full economic and environmental replacement costs associated with the use of a resource should be met.

Sustainable development cannot be divorced from issues of equity, welfare, lifestyle and the expectation of improved standards of living in most countries. Nor can the implementation of sustainable development practices be separated from the economic and political structures that exist within and between countries. The Principles of the 1992 Rio Declaration, which were reaffirmed at the 2002 Johannesburg World Summit on Sustainable Development, define the roles of the stakeholders in the sustainable development, and rights and responsibilities in development processes. The Johannesburg declaration went on to refer to: '...the three components of sustainable development, economic development, social development and environmental protection as interdependent and mutually reinforcing pillars. Poverty eradication, changing unsustainable patterns of production and consumption, and protecting and managing the natural resource base of economic and social development are overarching objectives of, and essential requirements for, sustainable development'.

Many models of development are based purely on economic measures, which emphasize the economics of development, with little concern for natural resources. According to Daly (2000) sustainable development must take into account the ecological, economic and social components of development. His model of an economy is based on 'ecological economics', in which the economy grows by transforming its environment from natural capital into man-made capital. Optimal growth occurs when the marginal cost of natural capital transformation is equal to the marginal benefits to mankind. In this scenario, there is a limit to the natural capital and therefore expansion of an economy is stringently limited. Sustainable development therefore can be defined in terms of the available natural capital. If the

transformation of natural capital to man-made capital is above the optimal level, then the development can be interpreted as unsustainable.

Sociological factors are also important in assessing sustainability of development. These factors are concerned with why things happen, rather where they happen (Rindfuss et al 1998). Knowledge of the relationship between human activity and development is essential to understanding the reasons and impact of the development, and hence contributing to its sustainability.

Kates (2000) has reviewed the relationship between population and consumption in terms of the formula $I = P \times C$, where I = environmental degradation and/or resource depletion, P = the number of people or households and C = the transformation of energy, materials and information. The simple formula shows that as population increases, resource depletion also increases. In addition, in terms of Daly's model above, the value of C must be limited to the optimal level of transformation of natural capital. Therefore, as population increases, since natural capital available for transformation effectively remains constant, there will be less natural resources available per capita. The maintenance of sustainability therefore becomes even more difficult and yet more critical.

The large scale implementation of sustainable development practices is unlikely to occur or be successful without accompanying economic, social and political change. Governments have to institute policies that encourage the implementation of production methods that operate within ecological limits and which lead to different patterns of resource consumption than currently exist. Policies should favour innovation and technological change which offer resource efficient solutions and what Clayton et al (1996) call progressive adjustments, with emphasis on system level sustainability at the national level, and project sustainability at the local level. They also advocate using the "precautionary principle" which assumes that all natural systems are vulnerable thereby demanding that adequate risk evaluation be part of any development process. Lambin et al (1999) in the LUCC (Land Use and Land-Cover Change) Implementation Strategy have stated that humans are unlikely to change their behaviour unless they see the benefits. This is clearly the challenge of transition to a sustainable world.

SUSTAINABILITY INDICATORS

The determination of sustainability of development is complex and not clearly defined. In addition, there may be a time lag between development and its negative impact. The concept of sustainability indicators has been developed to monitor progress and assess the effectiveness and impact of policies on natural resource development (Rao 1998). Becker (1997) has described the approaches that can be taken for assessing sustainability as 'exact measurement of single factors and their combination into meaningful parameters': an indicator is 'a variable that compresses information concerning a relatively complex process, trend or state into a more readily understandable form' (Harrington et al 1993). A term that is also used in

relation to the measure of sustainability of a region, usually a country, is Environmental Sustainability Index (ESI), which ‘measures the progress toward environmental sustainability of 142 countries.’ (Yale Center for Environmental Law and Policy, 2002). ESI are large scale measures of the environmental performance, which are not measurable by remote sensing. ESI is therefore not relevant to this paper.

In the report of The National Round Table on the Environment and the Economy (NRTEE 2003) the Government of Canada is urged to report annually on a small set of indicators illustrating key aspects of natural, human and, eventually, social capital in Canada. To start with, the following indicators should be used: Natural capital; including air quality trend indicator, freshwater quality indicator, greenhouse gas emissions indicator, forest cover indicator, extent of wetlands indicator; and human capital, educational attainment. Several of these indicators may be assessed by remote sensing, and are similar to aspects referred to later in this paper. Similar indicators have been suggested by Alliance for a Sustainable Atlanta (1999) and a number of other countries.

Becker (1997) has listed sustainability indicators under the headings of Economic, Environmental, Social and Composite. Environmental indicators for agriculture include such items as *yield trends, coefficients for limited resources, material and energy flows and balances, soil health, modeling and bioindicators*. Indicators used in practice are usually application specific, but are expected to be unbiased, sensitive to changes, and convenient to communicate and collect. Dumanski (1997) has described a land quality indicator for assessing sustainable land management, which includes *nutrient balance, yield trend and variability, land use diversity and land cover*, which are relevant to short term studies. These indicators should be complemented by other indicators related to economic viability, system resilience, and social equality and acceptability.

Berroterán (1997) has suggested the following criteria for assessing sustainable agriculture: *environmental and technological criteria* such as agro-diversity, soil degradation and water use, land availability and use, crop yield, energy efficiency and fertilizer use; *economic criteria* such as cost-benefit ratio and import and export ratios; and *social criteria* such as availability of food and sustenance per capita. From the indicators, a ‘sustainability index’ was determined that led to the conclusions on the sustainability of a particular agricultural practice. Gameda et al (1997) referred to the Framework for Evaluation of Sustainable Land Management (FESLM), which aims to determine the environmental, economic and social sustainability of farming systems, based on a case study in Canada. There are five categories of indicators under the headings of *Productivity, Security, Protection, Viability and Acceptability*. Those given under *Productivity* are *soil fertility, crop productivity, and crop resilience*. Driessen (1997) has stated that a land-use system is ‘biological sustainable if essential attributes of a land unit do not deteriorate to the extent that intervention is required’.

The objectives and scope of the LUCC (Lambin et al. 1999), which was a core project of IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme) and IHDP (International Human Dimensions Programme On Global Environmental Change)

were broadly described as: assessing the patterns and processes of land-cover change; determining human responses to land-use and land-cover change; developing integrated global and regional models; and developing databases on land surface, biophysical processes and their drivers. The strategy had three foci, of which Focus 2: Land-cover Changes is the most relevant to this paper. Lambin et al. described the need to define both direct and indirect indicators that describe various aspects of land-cover change. For LUCC, direct indicators describe the physical environment, whereas indirect indicators describe secondary interactions or consequences that occur in adjoining systems.

Becker (1997) has discussed the implementation of sustainability indicators in terms of time and space. Many indicators, including some of those mentioned above, do not cover adequate time spans to demonstrate intergenerational changes, which is the principal criterion of sustainability. The criteria for the selection of Sustainability Indicators, as recommended by Becker, and compiled with reference to the work of a number of scientists, are given in Table 1. The complexity of defining sustainability indicators is revealed by these sets of criteria.

APPLICATION OF REMOTE SENSING SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The application of remote sensing for defining sustainability indicators is not well developed, but remote sensing has the potential for providing important inputs to sustainability studies. Put briefly, it is necessary to identify those indicators that can be measured reliably by remote sensing on a regular basis, are reproducible, without bias and truly reflect the characteristics of the environment when it is changing. Appropriate indicators must be determined in association with experts in the particular fields in which the indicators are being developed.

There have been many examples of papers given on the topic of the application of remote sensing for sustainable development. They have generally covered examples of image products available for assessing sustainable development, remote sensing techniques for extracting relevant information about the environment, and case studies in which characteristics of the environment have been derived and assessed in terms of the sustainability for a particular form of development. A good example is that of Rao (1998), which describes the so-called Integrated Mission for Sustainable Development (IMSD) in India. In this case-study, three types of data were collected in the study area: satellite image data, collateral data and socio-economic data. A resource database describing all aspects of the terrain surface, integrated into a GIS was then formed to provide a set of decision rules for assessing sustainable development, leading to an action plan. In this case appropriate indicators were apparently determined to suit the application.

Table 1 Criteria for the Selection of Sustainability Indicators (after Becker 1997)

Scientific Quality	Ecosystem relevance	Data Management	Sustainability Paradigm
Indicator really measures what it is supposed to detect Indicator measures significant aspect Problem specific Distinguishes between causes and effects Can be reproduced and repeated over time Uncorrelated, independent Unambiguous	Changes as the system moves away from equilibrium Distinguishes agro-systems moving away from sustainability Identifies key factors leading to unsustainability Warning of irreversible processes Proactive in forecasting future trends Covers full cycles through time Corresponds to aggregation level Highlights links to other system levels Permits tradeoff detection and assessment between system components and levels Can be related to other indicators	Easy to measure Easy to document Easy to interpret Cost effective Data available Comparable across borders over time Quantifiable Representative Transparent Geographically relevant Relevant to users User friendly Widely accepted	What is to be sustainable? Resource efficient Carry capacity Health protection Target values Time horizon Social welfare Equity Participatory definition Adequate rating of single aspects

Table 1 refers primarily to the selection of indicators. Once they have been defined, the method of determining them, including the role that remote sensing will play, can be ascertained. A number of the indicators quoted above for assessing the sustainability of agriculture for example, can be assessed by remote sensing and incorporated into GIS as an enabling technology. Likewise, other aspects of the environment, such forest management, afforestation, reforestation and deforestation (ARD), can be assessed in terms of appropriately defined indicators (Imhoff et al 1999).

The reproducibility of measurements from remote sensing data must be proven, since many aspects of remote sensing are still considered as experimental rather than operational. Therefore remote sensing experts will need to be able to calibrate and validate their measurements used for determining sustainability indicators by remote sensing. This is an issue being addressed by CEOS Working Group on Calibration and Validation (WGCV). It is a significant issue requiring attention by remote sensing experts using a range of sensors.

From the point of view of technologies based on current satellite sensors, remote sensing can input spatial and temporal information into both physical processes and socio-economic models. The following discussion seeks to demonstrate the positive contribution remote sensing can make to a range of sustainability indicators.

- Vegetation degradation and clearance - this is typically manifest by a reduction in biomass and changes in cover type. A number of optical sensors using vegetation indices and change detection techniques permit the mapping, monitoring and measurement of the areal extent of the change.

- Forest disturbance - small and relatively subtle changes to the forest canopy caused by processes such as selective logging, fuel wood collection, treefall and windthrow may be detectable through changes in biomass, as well as by measures related to forest texture all of which can be determined from radar, such as multi-frequency and polarimetry systems;

- Biodiversity - the species composition of a forest, which influences its spectral response, as well as patterns of clearance, have the potential to provide generalised indicators of biodiversity, that may be used to aid conservation practices as well as sustainable timber harvesting policies. Also radar is sensitive to structural variations in surface materials and has proved useful in differentiating between habitat types

- Land cover change, the greatest threat to biodiversity and a major variable in the loss of nutrients from productive lands; land cover may be mapped and monitored by a range of remote sensing data sources, including optical and radar; this requires development of techniques to spectrally unmix the class composition of mixed pixels to capture land cover modifications systematically and on a repetitive basis;

- Agricultural crop estimation, involves the application of appropriate hyperspectral vegetation indices derived from the regular and systematic data capture over agricultural regions, and when combined with agro-meteorological data, can provide daily, weekly and annual information on crop condition and status; this data can also be used to generate yield estimates and comparisons of annual production trends

- Soil condition and erosion - vegetation disturbances and agricultural management practices influence the susceptibility to soil erosion; direct and indirect indicators of this potential may be derived through spectral characterisation of the soil (if exposed) or of vegetation conditions (if covered); changes of the soil surface composition over time are indicators of land degradation, salinity and erosion;

- Inland water quality and coastal wetland condition - agriculture, fish productivity, human consumption are all highly dependent on the availability and quality of the aquatic environment; hyperspectral remote sensing data and synthetic radar data may be used to analyze these indicators;

- Potential for landslides - within forest catchments, landslides are a major source of sediment, with the slipped land highly erodible for a considerable period after the initial movement; with major cover changes being mapped from optical data with volume estimates, height displacement and flood level measurements are best obtained from interferometric radar

- Drought stress is commonly marked by abrupt changes in land cover and vegetation condition as encountered in rainforest drying out and exacerbated long term by phenomena such as the El Nino; it strongly influences the curing rate and fire potential of a forest; hyperspectral indicators of the canopy moisture content detected by remote sensing may reveal the spatial distribution of drought impacts that can help plan the human use of fire to minimise the potential for catastrophic damage.

- Local, regional and global changes in surface temperature; variations in rainfall distribution and variability; increases in atmospheric aerosols; declining extent of snow and ice cover and enhanced greenhouse gas emissions all are now routinely monitored and measured by Earth satellites, providing information for planning and implementing sustainable development practices.

- Disaster management - indicators for natural disaster management can be identified and characterised from the interaction of the environmental components involved in any natural disaster event. This information can then be input into physical process models and married with data that incorporates the behaviours, outcomes and experiences from previous similar events in order to provide the basis for defining the degree of risk and vulnerability and for designing and implementing appropriate disaster reduction and response measures.

The information derived from remote sensing can be directly related to measuring important socio-economic impacts. Rates of land cover change and drought, for example, will strongly influence vegetation yield, which substantially impact upon human health and well-being. They will for example, influence the demand for and rate of fertiliser application, which may be associated with downstream pollution. Issues such as soil erosion are a major concern for land users, but also are strongly associated with major consequential impacts, including the silting of lakes and damage to hydroelectric power stations.

Remote sensing and GIS are important tools for the management of sustainable development. However, defining sustainability indicators and understanding their application in assessing and monitoring sustainable development is a multi-disciplinary activity, involving experts in remote sensing, as well as those in ecology, biology, sociology, human resources and politics. Close cooperation with such a team of experts will be essential in these studies in future.

CONTRIBUTIONS OF GEO TO SUSTAINABLE INDICATORS

The **Group on Earth Observations, GEO**, was established subsequently by a series of three ministerial-level summits. GEO comprises 66 member countries (including Australia), the European Commission, and 46 participating organizations (including ISPRS) working together to establish a Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). The **GEO** vision for **GEOSS** is to realize a future wherein decisions and actions for the benefit of humankind are informed via coordinated, comprehensive and sustained Earth observations and information based on a ten year implementation plan.

The GEO declaration included the statement of the need for:

“...timely, quality, long-term, global information as a basis for sound decision making”.

The GEO areas of societal benefit from EO are as follows:

- Disasters: Reducing loss of life and property from natural and human induced disasters
- Health: Understanding environmental factors affecting human health and well being
- Energy: Improving management of energy resources
- Climate: Understanding, predicting, mitigating and adapting to climate variability and change
- Water: Improving water resource management through better understanding of the water cycle
- Weather: Improving weather information, forecasting and warning
- Ecosystems: Improving the management and protection of terrestrial, coastal and marine resources
- Agriculture: Supporting sustainable agriculture and combating desertification
- Biodiversity: Understanding, monitoring and conserving biodiversity

The development of GEOSS is in its early stages. So far the GEO Executive Committee, Secretariat and Committees have undertaken major work in planning for GEO and GEOSS but with few concrete outputs. It is hoped that the intentions of GEOSS will result in major developments that will demonstrate significant levels of international cooperation in the area of Earth observation and therefore provide

information that will enable the efficient determination of sustainability of developments.

CONCLUSIONS

The purpose of this paper is to present some principles for assessing sustainability of development, and to describe the ways in which remote sensing can be used in this process. Definitions of sustainable development have been given and the approach to its assessment based on sustainability indicators described. A number of indicators are currently being tested as to whether they are appropriate for particular applications.

The use of remote sensing and as a tool for assessing sustainable development must be related to the sustainability indicators that can be measured with the technology, and an attempt has been made in this paper to describe some of these indicators. While remote sensing will not be the only tools for assessing these indicators, they should make an important contribution to this multi-disciplinary process, provided they satisfy scientific criteria, such as being subject to strict calibration and validation. A great deal has yet to be learnt about these processes and how the full potential of remote sensing can be achieved in this very important issue of sustainable development.

REFERENCES

- Alliance for a Sustainable Atlanta 1999 <http://www.cure.gatech.edu/indicators/indreprt.pdf>, accessed 19 June 2006.
- Becker B. (1997) 'Sustainability Assessment: A Review of Values, Concepts, and Methodological Approaches', Issues in Agriculture 10, CGIAR, The World Bank, Washington, USA
- Berroterán J. (1997) Criteria and indicators of Agricultural Sustainability at a National Level: A Case Study of Venezuela", ITC Journal 1997-3/4.
- Clayton, A. M. H. and Radcliffe, N.J., (1996) Sustainability: A Systems Approach, Westview Press, Boulder, citation p135.
- Daly H. E. (2000) "Uneconomic growth: Empty-world versus full-world economics", in "Sustainable Development: The Challenge of Transition" Cambridge University Press Schmandt J. and Ward C.H (Ed) pp 63-77.
- Dumanski J. (1997) Criteria and indicators of land quality and sustainable land management, ITC Journal 1997-3/4 pp216-222.
- Harrington L., Jones P. G., and Winograd M. (1993) 'Measurements and Indicators of Sustainability. Report of a Consultancy Team', Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Imhoff M. L., Rosenquist A., Milne A. K., Dobson M. C. and Qi J. (1999), "Remote Sensing and the Kyoto Protocol: A Review of Available and Future Technology for Monitoring Treaty Compliance", Proceedings of Workshop of ISPRS WG VII/5 on Remote Sensing and the Kyoto Protocol, Michigan, USA, October 1999.
- Kates R. W (2000), Population and consumption: From more to enough", in "Sustainable Development: The Challenge of Transition" Cambridge University Press Schmandt J. and Ward C.H (Ed) pp 79-99.

Lambin E. F., Baulies X., Bockstael N., Fischer G., Krug T., Leemans R., Moran E. F., Rindfuss R. R., Sato Y., Skole D., Turner II B. L., and Vogel C., "Land-Use and Land-Cover Change Implementation Strategy" C. Nunes and J.I Augé (Eds), IGBP Report 48, IHDP Report 10, IGP Secretariat, Stockholm, Sweden.

NRTEE (National Round Table on Environment and the Economy), 2003 "Environmental and Sustainable Indicators for Canada, Renouf Publishing Company, Ottawa, Canada

Rao D.P. (1998) "Remote Sensing and GIS for Sustainable Development: An Overview", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing", Vol. XXXII Part 7, pp 156-163.

Rindfuss R. R. and Stern P. C. (1998) " Linking Remote Sensing and Social Science: The Need and Challenges" in "People and Pixels", D. Liverman, E.F. Moran, R.R. Rindfuss and P. C. Stern Eds, National Academy Press, Washington pp 1-27.

Yale Center for Environmental Law and Policy 2002, '2002 Environmental Sustainability Index. An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow Environmental Task Force, World Economic Forum', Annual Meeting 2002

BIOGRAPHICAL NOTES

John Trinder graduated with a BSurv at University of New South Wales in Sydney Australia (UNSW) in 1963, MSc (ITC) 1965 and PhD (UNSW) 1971. He worked at the UNSW from 1965 to 1999, progressing to the position of Professor in 1991. He was Head of School, now named School of Surveying and SIS at UNSW from 1990-1999, and currently holds the position of Visiting Emeritus Professor. John has published extensively on his research at UNSW on photogrammetry and remote sensing. He has held executive positions in the Council of ISPRS, including Treasurer (1992-1996), Secretary General (1996-2000), President (2000-2004) and is currently First Vice President.

© John C. Trinder, 2007

YDK 528:378

Rob Mahoney, Frances Plimmer

United Kingdom

John Hannan

New Zealand

James Kavanagh

United Kingdom

WHERE ARE WE HEADING? THE CRISIS IN SURVEYING EDUCATION AND A CHANGING PROFESSION

Key words: Competences; Crisis in Education; Markets; Future of FIG; Global Surveying Profession; Future of the surveying profession

SUMMARY

It has been clear for some time, at least from the evidence presented at a number of FIG events, that the surveying profession is heading for a global crisis. The profession is changing and the number of competencies in which surveyors are actively involved is over 200.

Different parts of the world report a range of major problems, including low student numbers, closure of surveying courses, an aging teaching profession, inadequate

job opportunities in some locations with an insufficient supply of graduates to fill the vacancies in others. There are challenges of new technologies within both education content and delivery and, most damaging of all, the risks attached to non-specialist data uses.

Overarching these is the lack of any clear international recognition of a 21st century definition of the profession of “surveyors” (as defined by FIG) and thus a failure to promote, at a global level, the full range of surveying skills to both our clients base and to the broader public, thereby constricting both the supply of and demand for surveyors. Indeed, there is evidence that some surveying skills which are recognized and valued in some countries are not considered in the same light in others.

This is a major issue which underpins who we are and what we do. It is not an issue for Commission 2 alone – it is an issue for the whole of FIG – our future is at stake, as the market in which surveyors operate finds itself under dynamic change. The challenge is for the profession to respond or be left behind, as others take advantage of the opportunities we ignore.

This paper identifies and discusses these issues, and challenges the whole of FIG to contribute to developing a range of global solutions to ensure the survival and future of our profession.

1. INTRODUCTION

As the surveying profession moves into the 21st Century, it does so facing a number of fundamental challenges. New technologies and new opportunities have enabled surveyors to broaden their skills and competencies, such that they may be involved in such diverse activities as estate management, digital image processing, boundary demarcation, engineering design, planning, and satellite orbit analysis. Indeed, the number of competencies in which surveyors might claim to be proficient now number over 200. While such breadth perhaps suggests that surveyors have developed into multi-talented professional people, it may also point towards a profession that has difficulty in defining exactly what constitutes its core expertise. Indeed, there is very good evidence to suggest that a competency seen as part of the surveying profession in one jurisdiction may be part of an entirely different profession in another jurisdiction. This has huge implications, both for the way the profession defines, educates and markets itself and also for the way the rest of the world (our clients, governments and the general public who need and benefit from our skills).

In addition, there has been a fundamental shift in the role of ‘professionals’ that affects surveyors, and how they manage their professional activities, their clients and the new risks involved. Threats and challenges emerge in the form of an increasingly litigious and consumer-aware society, and in particular, the information revolution which has introduced significant technical enhancements and, a vast array of, in some cases previously confidential data, into the public domain. A few years ago both the technology and the data required professional knowledge for its interpretation but this is now no longer the case. Professionalism has been diminished in value and increasingly subject to challenge, both from deregulation and from legal challenges

from society, as traditional values of integrity succumb to commercial pressures. This is reflected too in the evolution of the professional skills required of surveyors, who are increasingly delivering more commercial advice. (RICS, 2004) This leads to a number of questions being raised:

- What will constitute the core skills of professional surveyors in the medium to long term?
- What does the profession need to do not only to retain its position of expertise within the professional community and in society but also to enhance it?
- How should education develop to meet the challenges of a changing profession?
- How should the profession respond to the medium to longer term impact of globalisation on the profession?

To avoid these questions or to leave these questions unanswered threatens the survival of the surveying profession. Given the supreme importance and value of land to the survival of the human race, the range of threats and challenges now facing the physical world, and our expertise in collecting and managing spatial data, we have a huge responsibility to ensure that we are seen to be the profession to provide the necessary expertise to deal with these threats and challenges. At present, this is not the case.

2. SUPPLY AND DEMAND

Surveyors are also facing crucial supply and demand problems. Williamson (1997) demonstrates that the future for traditional surveying skills within an environment of traditional professional education cannot be sustained. In Australasia, and North America anecdotal evidence suggests a critical shortage of surveyors. In sub-Saharan Africa, a combination of circumstances has led to widespread closure of university departments across the region, as well as to severe shortage of surveyors for public sector work. In the United Kingdom, however, skills shortages are found in specialisms rather than across the broad spectrum of the profession. New Zealand graduates moving to the UK for overseas work experience report high demand for surveyors with four-year surveying degrees from Australasian universities. Typically they will find work in either construction surveying, Geographic Information Systems (GIS) or hydrographic surveying.

In the UK, there is evidence (RICS, 2004) that within the Land Consultancy Group, there is difficulty in recruiting staff, and, because the RICS qualification is not mandatory for the work, *“there were a variety of qualifications or degree courses, not recognised by the RICS, which produced better skilled employees.”* What is also curious is that the paucity of Chartered Surveyors does not increase the fees for those who remain in the market, because the fees go to the ‘unqualified’ and to competing professionals, many of which benefit from the perception of a higher status, better public profile and increased remuneration. This situation is exacerbated by the absence of a protected market for surveying services in the UK and the fact that the RICS does not recognise the academic qualifications gained from the majority of UK

universities, thereby limiting the market for recruits. There is also a poor record of conversion rates from RICS student membership to professional members.

In addition, there are major implications for surveying services given the lack of surveying technicians and this is clear both within the UK and New Zealand. Their technical expertise and breadth of specialisation across the range of skills is a major problem, which affects the service offered particularly for certain specialisms within the profession. To some extent, this paucity of skills stems from the withdrawal by educational establishments from sub-degree level professional education and the failure of professional associations to market technical qualifications in a sufficiently attractive manner.

Associated with this demand for surveyors is the problem faced in many countries, namely, how to attract the very best students, into the surveying profession. The public perception of surveyors is varied, and the reality is that we have an extremely low public profile when compared to other professions, except in a very few surveying specialisms. Having attracted students, the challenge then becomes one of providing an educational programme that not only retains the interest of these Generation Y¹ young people, but also encourages them to become skilled and resourceful professional practitioners. For over a decade, almost every surveying degree programme in Australia has struggled to attract its full quota of students.

Mills et al (2005) suggest that attracting students is also a problem in the UK. This problem, however, is exacerbated by the relatively high average age of those in the profession – where will their replacements come from in the next decade when retirement beckons? This is a particular problem within academia, where it is clear that, compared to the UK surveying profession as a whole, there is an aging profile of those in education. This is exacerbated by the finding that “*nearly half of staff under the age of 45 are seriously considering a career outside higher education.*” (RICS, 2006) and where the conditions of service including remuneration compare badly with those available within the private sector. It could also be argued that a “greying” faculty is a very visible barrier to attracting young people into University surveying education.

3. A FUNDAMENTAL PROBLEM

In seeking to determine a path ahead for the surveying profession, FIG faces a fundamental problem, namely, arriving at a definition of what it means to be a ‘surveyor’. In the global context, for example, the skills, competencies and learning required of a surveyor vary greatly between countries. Plimmer (2001) demonstrated the variations of competencies (based on the FIG definition of “surveyor”) which comprises the profession of “surveying” in 16 European countries. What may be considered to be the field of expertise of a surveyor in one country may be considered to be the expertise of some other professional or technical specialism in another country, because the professions have developed in isolation in different jurisdictions to reflect the needs of their markets. In the absence of an external driver to force

¹ defined in www.dictionary.com as “The generation following Generation x, especially people born in the United States and Canada from the early 1980s to the late 1990s.”

commonality within the profession, traditional structures are retained and these may no longer be appropriate for the 21st century challenges. According to Williamson, (1997), *“The surveying profession is currently struggling for an identity in both the developed and developing worlds.”* Yet without a clear, coherent and relevant identity, and without strong professional structures the profession will struggle to survive. There is evidence that the profession is facing serious problems already in various parts of the world.

3.1 National and Regional Variations

In Australia, for example, the Institution of Surveyors Australia (ISA) has sought to join three other professional bodies and merge into a much broader Spatial Sciences Institute (SSI). This initiative, which has been the subject of heated and often acrimonious debate, is still not fully consummated. The collective “fire-power” of the SSI, both in terms of membership numbers and in political influence, considerably outweighs that of the ISA alone. Much of the debate in this merger has centred on loss of identity, educational standards and professional entry criteria.

In the wider Australasian context surveyors are typically defined as specialists in spatial measurement and boundary demarcation. To be issued a cadastral surveyor’s license or to be “registered” as a cadastral surveyor, a candidate must have an appropriate four-year undergraduate degree (or equivalent) and show a defined level of competency in spatial measurement, land law, land boundary definition, planning, and municipal engineering. In this context, land surveyors are not considered to be estate agents, they are not specialists in building construction nor are they land valuers – these are all distinctly different industry groups, typically with a lower level of education and skills such that they would not meet the membership requirements of the local surveying profession. In the Australasian (and Singaporean) context, these other groups are not considered to be “surveyors”. However, the structure of the Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), makes it clear that a much wider range of specialisms are incorporated into, what is arguably, a United Kingdom centric model, despite its increasingly global membership.

However, even within Australasia, where reciprocal registration/licensing arrangements exist between all the Australian states and New Zealand, and where the cadastral systems are essentially the same, different professional flavours have emerged over the last 30 years. While all parties to the reciprocal agreement consider land law, spatial measurement and the definition of cadastral boundaries to be the essential body of knowledge for a surveyor, surveyors in New South Wales and New Zealand tend to place added emphasis on municipal engineering. In these particular jurisdictions, the surveyor has traditionally been the designer of urban subdivisions, including all its engineering services.

By way of contrast, in the United States municipal engineering is strictly the domain of the professional engineer and certainly not that of the surveyor. There the surveyor tends to specialise in spatial measurement and land boundary definition. In Canada the surveyors (or geomaticians) typically have a stronger measurement science/geodesy emphasis to their degrees than would be true in New Zealand. There

are also issues affecting divisions between surveyors and professional practice in some jurisdictions. For example, some of the specialisms of building surveyors are the sole preserve of architects within certain countries of the European Union; similarly, the functions undertaken by quantity surveyors are not usual in practice in some EU countries; professional valuers in the UK often combine the roles of valuation advice and estate agency, but this is traditionally unacceptable to professional valuers in some EU countries. (Gronow & Plimmer, 1992)

3.2 International Perception

At the other end of the spectrum, within the international community, there are documents which categorise the range of occupational and activity-based data often used to appoint appropriate people or organisations to undertake work. Two of these documents which show how surveyors and their professional skills are represented to the international community are two UN documents - The International Standard Classification of Occupations (ISCO) and the International Standard Industrial Classification (ISIC Rev. 3).

The International Standard Classification of Occupations (which was adopted in 1988 by the International Conference of Labour Statisticians as ISCO-88) provides a system for classifying and aggregating occupational information obtained by means of statistical surveys and is one of the standards of international labour statistics. Within ISCO-88, ten separate classifications for "surveyors" are listed, which do not cover the range of competencies recognised by FIG. Thus, "surveyors" are shown as having a fragmented and disparate range of activities with no cohesion, focus or single identity. It is also relevant to note that these classifications were agreed in 1988 and our profession has developed significantly since then. Thus, 'surveying' is not identified as a single profession, the full range of surveyors' activities are not currently described in the existing text, nor are surveyors identified as having the appropriate skills to deal with other relevant activities listed. This is a serious omission which has huge implications for how the international community perceives (or fails to perceive) us.

The International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) is a basic tool for fostering international comparability of data and for promoting the development of sound national statistical systems. ISIC is used in a wide range of statistics, including demographic and social statistics for labour and employment analysis, which need detailed data classified by the kind of activity involved. It is hard to identify clearly those categories in which the activities of surveyors should most appropriately appear. Since all of these "economic activities" require the use of land and buildings, it could be argued that surveying should underpin them all. However, the classifications (e.g. manufacturing; electricity gas and water supply, public administration and defence, wholesale and retail trade, financial intermediation) are not helpful to indicate the role of surveyors, with only 'agriculture, hunting and forestry', 'construction' and 'real estate, renting and business activities' providing any clear land-based linkage. Explanatory notes give more guidance as to what is and what is not included within each class. They are

important, as much for the activities which are not mentioned as for those which are mentioned (as being included within the class or classified elsewhere), and it is within these explanatory notes that the activities of surveyors are best identified - both by their inclusion and their omission. This document too is somewhat dated, being produced in 1990.

These documents are both in the process of being revised and it is vital for the survival of the profession that the expertise of the surveying profession is appropriately presented. Failure to achieve this will result in the surveying profession being seen as increasingly irrelevant to the issues facing society; our expertise will be overlooked at an international level and, unless it is protected within national legislation, surveying work could be awarded to professions with inappropriate expertise, our role as influencers of policy eroded and the risks of significant and damaging errors hugely increased.

The surveying profession has, therefore, a major identity crisis – at least as far as the rest of the world is concerned, because, when viewed from a global perspective, the surveying profession not only has a wide range of competencies, but also significant variations both in how these specialisms are grouped as a profession and also variations within professional practice. It could be argued that the current FIG definition of a “surveyor”, if taken in its totality, is probably not appropriate in any one country. As a profession we tend not to exploit our ability to act as ‘professional facilitator’, but there are pockets of change. The Marrakech Declaration (FIG 33 2004) is intended to “*support politicians, senior managers, professional organizations and decision makers in their efforts to enable a balanced coexistence of a sustainable nature and a liveable habitat*”. We need to exploit our professional abilities on the world and national stage.

If this is the case, how can the profession possibly present the globally coherent marketing message necessary to attract international clients and also young people into an increasingly aged and apparently fragmented profession?

Indeed, its failure to do just this, may well serve as the root cause of a number of other problems such as, poor public recognition, poor student numbers, poor understanding of the surveyor’s skills and expertise and, in some cases poor remuneration. Furthermore, even within the same general jurisdiction there may be significant variances in professional practice. It is also clear that there is huge ignorance within the profession about its nature, structure, education and regulation which occurs in different countries. While there may be international standards in professional practice, national professional associations which regulate professional education and qualifications operate largely in isolation from one another, or achieve a degree of co-operation at regional level and it is only through the global influence of an organisation such as FIG that the forum to discuss and share ideas and experience is available.

4. KNOWLEDGE SOCIETY

Despite the increasing availability of information to the general public, it is in the role of data interpretation and management that the future of the profession lies.

We must recognise that the traditional professional whose position in society was secured by the implicit integrity and trust which attached to that position no longer exists. The increase in general education and consumer legislation, mandatory Professional Indemnity Insurance (PII) cover and an increasing litigious culture are combining to erode the traditional status of the professional. (Dabson, et al. 2007).

Professionals are emerging into facilitators who rely not only on their own knowledge base, but also on the expert in-put from clients, who in their turn rely on the expert evaluation of the surveyor. (Matzdorf et al., 1996) Until recently much of the surveying profession was based broadly upon high-end technology. Today, many in the profession are essentially working as part of the knowledge society, where careers are made through the provision of value added services. (Mahoney & Kavanagh, 2006) The knowledge society of which the profession is a major player provides fundamental, well-trusted and quality controlled data sets upon which society is built. We are therefore becoming 'knowledge workers' and need to recognise such a shift in order to be able to adapt and benefit accordingly.

Knowledge workers access their employment, specialism and social position through formal education, combining this with high manual skills. Thus, a neurosurgeon's ability relies on a combination of formal education and theoretical knowledge and is interpreted through manual skills. Different knowledge work will require different levels and kinds of formal knowledge, the source of which is institutional learning. Thus, the quality of teaching and learning is fundamental, but it is opined that, while basic traditional schooling will be important, increasingly knowledge will be acquired later in life, through continuing education (or life long learning).

According to Druker (1994) *'Knowledge workers . . . give the emerging knowledge society its character, its leadership, its central challenges and its social profile. They may not be the ruling class of the knowledge society, but they already are its leading class. In their characteristics, their social positions, their values and their expectations, they differ fundamentally from any group in history that has ever occupied the leading, let alone the dominant position.'*

Thus, there will be a need to redefine an 'educated person' as someone who has learned how to learn, and will throughout an entire lifetime continue to learn, in and out of formal education. It will be necessary to recognise and value formal qualifications, performance capacity and wisdom.

A number of major changes within engineering, land administration, cadastral systems, GIS, planning, environmental impact and strategic assessments and even marine projects are occurring with the result that multi-professional groupings are being created to generate holistic complete life cycles solutions, of which the surveying profession can form an integral component. These may even demand a 'root and branch' restructuring of the professional specialisms and therefore both professional education and professional qualifications, because if these opportunities are not embraced by the surveying profession, and collaborative working becomes a major outlet for the provision of value added services,

professional commercial competitors will move into the marketplace previously dominated by the surveying profession.

5. POSSIBLE SOLUTIONS

If, indeed, the surveying profession is to survive, what solutions might exist? The following are suggested as avenues for action.

5.1 Reviewing the Definition of the word “Surveyor”

FIG (1991) recognizes a range of skills as being within the competence of a ‘surveyor’. However, it is not usual for all, or at least a large number of eclectic surveying skills to be embodied in one individual. In the UK, there are recognized educational and qualification routes for different surveying specialisms. In other countries, certain specialisms are considered to be separate professional activities. Is the complexity of the profession an advantage or a hindrance, both to the recruitment of students into universities and the public’s perception what a surveyors does and how they are valued by other professions? For some professions, such as doctors, dentists and, perhaps, accountants, there is a relatively clear public understanding of what these involve, although it may be necessary to establish in what area of specialism a doctor, for example, may practice. This is certainly not true for surveyors. Public perception is fundamental because it affects both the recruitment of the next generation (and its intellectual calibre), and the employment of the practitioners. Public perception must, therefore, reflect the reality. Clearly a review is warranted.

In undertaking such a review, we pose the question: “Is there a core competency or set of competencies that at a global level are expected of a surveyor?” If so, then these might be identified as existing core competencies. As a starting point for discussion, a set of core competencies might perhaps be those of spatial data collection, spatial measurement, boundary demarcation and land tenure arrangements. Whatever core competencies are identified, it then becomes important to decide whether, regardless of history, this is an appropriate competency or set of competencies for the future. If not, then a new and more appropriate set of competencies will require definition. It is important to emphasise here that the intent of such an exercise is not limit or constrain the activities of the profession in its different jurisdictions, but rather to provide a measure of focus and coherency for the profession world-wide – qualities that are essential to any global marketing initiatives that might be undertaken. Within individual countries, the surveyors’ expertise would then be defined by these core competencies plus any other necessary competencies that might be country or region specific.

5.2 Identifying Successes and Failures

Within the FIG surveying community, some have taken initiatives which have led to real success in gaining public recognition, in attracting students, in improving incomes, and in providing strong stable professional structures and we need to

evaluate those and consider how they can be adapted and applied more widely. Equally, some initiatives have proven to be failures and their lessons need to be learned. The following observations can be made.

5.2.1 Changing Names is not a Long-term Solutions

In the early-1990s it became fashionable to change names from “surveying” to “geomatics” in an attempt to provide a more integrating title for a profession that was subject to significant technological change. It was to be a new name that reflected the breadth of subject matter encompassed in the profession, that had greater appeal than the old word “surveying” (although it is recognised within the profession as an umbrella term incorporating “land surveying”) and that would attract students into a profession whose new vision had become one of producing and managing spatial data (Gagnon and Bedard, 1996).

With the passage of time it has become clear that many of the supposed benefits from such a name change have not been achieved. The first indications of this failure were presented by Hannah et al (2000) who concluded that in non-French speaking countries such a name change “*was likely to add little or nothing to recruiting efforts and may actually be negative in its effects*”. It is interesting to observe that in Australia, in recent years, at least one major university programme has dropped the name, “Geomatics”, in favour of a return to “surveying”. Another is considering a similar move. There is certainly no indication that the use of the name “Geomatics” it has done anything to solve the problem the profession has had in attracting new entrants. Within the RICS, the term ‘Geomatics’ only applies to the activities of approximately 3% of its members, the remainder being engaged other activities.

5.2.2 Focused Marketing is Essential

Anecdotal evidence from the UK indicates that a relatively high proportion of surveying students are encouraged into the profession by personal contact with a practising surveyor who is either a member of the family or a close family friend. Hannah (2006) opines that the primary culprit responsible for the skills crisis facing the surveying profession in Australia is the lack of public profile associated with the surveying profession. In reviewing the success of the surveying programme at the University of Otago in attracting students, versus the difficulties experienced by the Australian universities, he concludes firstly, that it is essential to build marketing momentum, secondly, that a simple and attractive marketing message is essential (ideal inside/outside career, variety, superb career opportunities, excellent remuneration), thirdly, that it is important to use good communication tools and, finally, that target audiences must be identified and reached. With regard to this latter point, he notes that in New Zealand a surveying career typically appeals not to the highly urbanized teenager, but rather to those growing up in the smaller rural cities and rural areas. This is consistent with the indoor/outdoor marketing message promoted and also to contact with a practising surveyor at a relatively early stage in developing career choices. Surveying recruitment needs to be more focused in both

its message and its target audience, and professional associations need to respond by ensuring that the very best students are attracted to professional membership.

5.2.3 Coordinated Marketing is Essential

Typically, when it comes to marketing the profession, there are at least two major interest groups, i.e., the professional bodies and the educational institutions. In the first instance, it is in the interest of the professional bodies to raise their profile thus attracting both work and members. They need an ongoing inflow of members to survive. Equally, the educational institutions need students if they are to survive. In the longer term, the aim should be to eventually see these students graduate into the professional body.

The New Zealand experience is instructive. Prior to 2002, all Registered Surveyors were required by law to be members of the NZ Institute of Surveyors (NZIS). The links between the tertiary education courses and the NZIS were close (at the University of Otago for the professional degree and at Unitec for a national diploma), with a high level of coordination and shared marketing. New legislation passed in 2002 eliminated the name “Registered Surveyor” and introduced the new name, “Licensed Cadastral Surveyor” for those with appropriate education and experience. At the same time membership of the NZIS became voluntary. Immediately, a small splinter group of former NZIS members (less than 5%) formed a new Institute known as the Institute of Licensed Cadastral Surveyors (ILCS). While the NZIS and the educational institutes have continued to work closely together with their marketing, the ILCS has made no significant contribution in this area and seems unlikely to do so. Beneficially, however, the NZIS has introduced a new, premier grade of membership as a benefit both to the public and to its members and is moving aggressively to market this new brand to the wider public. In so doing, it is implementing the broadest ranging public relations campaign seen in its history. This marketing can only be done because of a strong professional organization and structure.

5.2.4 High Levels of Remuneration are Attractive

One of the very clear benefits of the skills shortage in Australasia has been the marked increase in remuneration paid to surveyors at all levels. Average salaries paid to four-year BSurv graduates from the University of Otago increased from approximately \$NZ 30,000 in 2001 to \$NZ 46,000 in 2006. The national annual rate of inflation during this period was only between 2% and 3%. Over the same period of time increases of a similar (if not greater magnitude), have been seen throughout Australia. Remuneration packages for new graduates in the order of \$A 60,000 are now not uncommon. Relativity effects have caused these to flow through the profession and, despite protestations from those practitioners who continually bleat about being unable to recover such costs, are now flowing into higher client charge-out rates. Indeed, in the New Zealand experience, those practitioners who offer a first-class professional service to their clients (as opposed to a technical service), have found the market place more than willing to pay these additional costs.

Typically, a surveyors' expertise adds value to clients' project far beyond that which they have traditionally charged. High levels of remuneration are one important factor leading towards higher levels of public recognition and in New Zealand have helped lead to higher levels of recruitment.

6. CONCLUSIONS

According to Williamson, (1997) "*. . . the surveying profession is fortunate [in] that it has a well developed sense of history, [and that] one of the important lessons that this historical perspective provides is that change in the profession is constant and inevitable.*" So change management should not be a problem for us. However, we need a well defined sense of future direction and a clear plan as to what to change and how to manage that change. We need to reflect on how to market the profession to recruit future generations of surveyors and to adapt to the evolving marketplace for our services, before others take over traditional markets.

While a unification of our profession would seem to be an overly ambitious goal, at this time, we do advocate a review of the core competencies that one might expect of a surveyor. If agreement could be reached, this would at least allow a measure of coherency in marketing our message to national and international agencies. We need to establish mechanisms to overcome the relative ignorance about the nature, structure, education and regulation which occurs in the profession in different countries. National professional associations operate largely in isolation from one another, and it is only through the global influence of an organisation such as FIG that the forum to discuss and share ideas is available to the profession. Indeed, it is only within such an organisation that any hope to achieve a co-ordinated and cohesive profession rests. The important thing is not to convince ourselves of the importance of the services we offer but to show the world; politicians, other professions, and NGO's that our professional offerings are fundamental to the well being of society.

Given that professional recognition is a major issue and that improved marketing of the profession is needed, the sharing of marketing resources, or indeed the development of a new core set of resources may well prove to be crucial. This would certainly be true for educational institutions whose ability to attract quality students is essential to the long-term health and future of our professional institutions.

It is clear that professional remuneration is a function of skills and learning, the quality of professional service, the capacity to add value to clients, public perception and, in an open market economy, demand. For younger people, remuneration and life style is an influence on the attractiveness of a particular career option. In many countries, the existing demand for those with measurement science skills and associated skills is driving remuneration higher, thus presenting the profession with a unique opportunity to invest out of its abundance rather than out of meager returns. Now is the time to invest in new equipment and to develop smaller, more profitable client bases. Equally, now is the time for the profession to transition from technical tasks that are typically lower paying, to those that offer higher returns, and thereby secure its future.

REFERENCES

- Dabson, Ashley, Waters, Mike, Plimmer, Frances, (forthcoming) Professional Advice and Agency: is there a fundamental conflict? Paper to be presented at the FIG Working Week, Hong Kong, May, 2007.
- Drucker Peter F., (1994) Knowledge Work and Knowledge Society, The Social Transformations of this Century Edw in L. Godkin Lecture at Harvard University John F. Kennedy School of Government.
- FIG, 1991. *Definitions of a Surveyor*. FIG Publications No. 2 FIG Bureau (1988-1991)
- FIG, 2004. *Marrakech Declaration. Urban-Rural Interrelationship for Sustainable Development* FIG Publications No. 33 FIG Bureau (2004)
- Gagnon, P., Bedard, Y., (1996). *"From Surveying to Geomatics, Evaluation of Education Needs to Adapt to a New Paradigm (A Canadian Perspective)*. Geomatica, Vol. 50, No.3.
- Gronow, Stuart, Plimmer, Frances. (1992) *Education and Training of Valuers in Europe*. RICS Research Paper Series. Paper Number 23. The Royal Institution of Chartered Surveyors.
- Hannah, J., (2006). *"The Surveying Profession and its Skills Crisis"*. Proceedings 5th Trans Tasman Surveyors Conference, Cairns, Australia.
- Hannah, J., Ballantyne, B., and Khan, M.K., (2000). *"Geomatics: Does the Name Make a Difference?"* Geomatica, Vol.54, No.2.
- ILO, 1990. *International Standard Classification of Occupations. ISCO-88* International Labour Office, Geneva.
- ISIC, 1990. *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities*, Department of International Economic and Social Affairs, United Nations, Statistical Papers Series M No. 4 Rev. 3.
- Mahoney, Rob, Kavanagh, James, (2006) Current Trends in the European Surveying Market. Paper presented to the FIG XXIII Congress, Munich, October. www.fig.net Accessed 2 February, 2007.
- Matzdorf, Fides, Price, If, Green, Mike (1996) Barriers to Organisational Learning in the Chartered Surveying Profession. Paper presented at the 4th International Conference of the European Consortium for the Learning Organisation. Sofia Antipolis, France, May.
- Mills, J.P., Parker, D., Edwards, S.J., (2005). *"Geomatics.org.UK: A UK Response to a Global Awareness Problem"*. The international Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.34, Pt.XXX.
- Plimmer, Frances, (2001) Professional Competence Models in Europe. in *Enhancing Professional Competence of Surveyors in Europe*. Eds. Stig Enemark and Paddy Predergast. A Joint CLGE/FIG Publication.
- RICS, (2004) *2010 Vision. An analysis of the markets for Chartered Surveyors in The Land Consultancy Group*. www.rics.org Accessed 06 February, 2007.
- RICS, (2006) *The Future of Surveying Education. A report commissioned for the RICS Education Trust golden jubilee*. FIBRE. The Royal Institution of Chartered Surveyors. March. www.rics.org Accessed 07 February, 2007.
- Williamson, Ian P., (1997) The Future of the Surveying Profession – an Australian perspective. *Geomatica* Vol. 51, No. 4, pp. 387-399.

BIOGRAPHICAL NOTES

Rob Mahoney FRICS, FBCartS is Principal of MahGeo, an independent GI and LIS Consultancy. Rob studied Land Surveying at the Polytechnic of the South Bank, is a Fellow of The Royal Institution of Chartered Surveyors and current Chairman of the RICS' Faculties and Forums Board, a Fellow of the British Cartographic Society and an active member of FIG Commission 3. Rob has presented over 40 papers on associated topics. Rob has extensive experience in the management of land information, and land registration, together with the associated technologies

and business processes. He has been engaged upon a wide variety of successful national and international projects, including the Feasibility Study for the National Land Information Service (NLIS); its Scottish equivalent, ScotLIS; and has been an advisor to the Hungarian, Isle of Man and other Governments on the computerisation of the land registration systems. He has also worked on other projects worldwide. Rob is a regular contributor at international GIS conferences and guest lecturer at many masters courses in GIS. He is also a former member of the UK Government's GI Information Panel.

Frances Plimmer, Dip Est Man, MPhil, PhD, FRICS, IRRV, FICPD is a Chartered Valuation Surveyor who has been involved in professional education for over 25 years. She has researched into (amongst other things) valuation methodology, land taxation, professional ethics and the mutual recognition of professional qualifications and has published widely on these subjects. She is the editor of *Property Management*, an international refereed journal, a Fellow of the Institute of Continuing Professional Development, and has been active within the RICS and FIG on matters of education, research and international qualifications. She is the UK delegate to FIG's Commission 2 (Professional Education) and headed the FIG Task Force on Mutual Recognition. In addition, she is employed half-time as Research Professor at Kingston University, and half time as a Senior Research Officer at The College of Estate Management in England both in England.

John Hannah BSc, DipSci, MSc, PhD, MNZIS, RPSurv, completed his first two degrees at the University of Otago, New Zealand. Two years later, in 1974, he became a Registered Surveyor. In 1976 he began study at The Ohio State University, completing an MSc and a PhD, both in Geodetic Science. From 1982 until 1988 he was Geodetic Scientist, and then subsequently, Chief Geodesist/Chief Research Officer with the Department of Lands and Survey, New Zealand. After a 17 month appointment to the Chair in Mapping, Charting and Geodesy at the US Naval Postgraduate School, California, he returned to New Zealand as Director of Geodesy and subsequently, Director of Photogrammetry for the Dept. of Survey and Land Information. In 1993 he joined the School of Surveying, as Professor and Head of Department, becoming its Dean in 2001. He relinquished this administrative role at the end of 2004 in favour of more teaching and research. His publications reflect his research interests in sea level change and surveying education. He is a Registered Professional surveyor is on the Council of Standards New Zealand and is currently the President of the NZ Institute of Surveyors.

James Kavanagh BSc (Hons) MRICS C.Geog MInstCES is a Chartered Land Surveyor, Chartered Geographer and graduate of DIT Bolton Street, Dublin and University of East London. He has worked on some of the largest engineering projects in Europe, including Canary Wharf and Broadgate, London and spent several years mapping refugee camps in the Middle East whilst working for the United Nations. He has broad experience of land surveying in many countries around the world, including the Seychelles, Palestine, Phillipines, Syria, Egypt and Belgium. James is currently Director of Land, within the Faculties and Forums department of The Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). The Land Group covers the specialist survey areas of Environment, Geomatics, Minerals and Waste Management, Rural and Planning & Development and contains over 300,000 members.

© Rob Mahoney, Frances Plimmer, John Hannan, James Kavanagh, 2007

MONITORING APPLICATIONS USING LEICA SINGLE TO MULTI FREQUENCY GNSS SIGNAL PROCESSING SOLUTION

Key words: GNSS, Single and Dual Frequency, Continuous Monitoring.

ABSTRACT

In many monitoring applications, such as tall buildings, bridges and volcanoes, GNSS offers significant advantages over other measurement techniques. GNSS allows a high rate of measurement and long distances between the control and monitoring points and does not require line of sight to the control points.

The traditional dual-frequency GNSS receivers used in surveying are high accuracy but also relatively high cost per monitored point and therefore often prohibitive for the deployment of a GNSS monitoring network.

Until recently, cost effective L1 sensors and software have not been able to provide the necessary level of accuracy and reliability. A new solution from Leica Geosystems provides real time and post processed RTK positioning with L1 only GNSS receivers for monitoring applications.

The solution is built on Leica's RTK positioning algorithms, which have proven world-class performance in the surveying industry. The positioning algorithm used in the Leica RTK GNSS receivers has been implemented in the Leica Spider reference station software and tuned for monitoring applications, giving Leica Spider the capability to compute real time ambiguity fixed solutions for single and dual frequency GNSS in addition to its powerful site configuration and data management tools.

A direct link has been made between Leica Spider and Leica GeoMoS, Leica's geodetic monitoring software, so that users can combine GNSS with the sophisticated terrestrial measurement capabilities of Leica's robotic total stations and utilize GeoMoS's flexible messaging and data analysis capabilities. In addition the RINEX data logged by GNSS Spider may be automatically post processed for users with the highest accuracy and reliability requirements.

This paper presents results from the system, including using a new ambiguity resolution technique, called quasi-static initialisation, designed for single frequency monitoring. Results from L1 processing are compared to a dual frequency solution in terms of accuracy and reliability. Data was collected with a range of baseline lengths up to 20km in medium multipath environments, typical of many monitoring applications. The L1 system is shown to have remarkable accuracy and reliability, especially in terms of price versus performance.

1. INTRODUCTION

GNSS is a very interesting tool for monitoring because it has a number of distinct advantages over terrestrial positioning technologies. GNSS is able to measure

at high rates with low latency, operate in all weather conditions, has synchronized measurement, does not require line of sight to ground marks/targets, can measure over long baselines, has low maintenance and a long service life and can provide timing for other sensors, such as accelerometers.

These unique characteristics make GNSS particularly interesting for monitoring large structures such as high-rise buildings and suspension bridges, but also for seismic and land slide applications (e.g. van Cranenbroeck and Troyer, 2004) and for the provision of control for other instruments, such as robotic total stations, in unstable areas.

The main disadvantage of GNSS for monitoring is cost. Each point to be measured must have an antenna, a receiver, ground mark, power, communications and, possibly, protection against lightning and vandalism or theft. Hence, lower cost single frequency (L1 only) GNSS receivers are attractive.

Single frequency GNSS receivers do not require as many tracking channels making them cheaper and more energy efficient and also do not require proprietary algorithms to extract high-quality measurements from the encrypted code on the L2 frequency. The disadvantage of single frequency receivers is that much less measurement data is available to help resolve the carrier phase ambiguities. Also, many lower cost single frequency receivers have poor multipath mitigation capabilities and are more prone to having cycle slips than their higher cost dual frequency cousins.

In monitoring applications, accuracy is of paramount importance, so only ambiguity-fixed positions are of interest. A highly reliable ambiguity resolution strategy is needed to prevent wrong fixes, which will be detected immediately by the monitoring system as an apparent movement.

In this paper a comparison is made between the performance of a single frequency and a dual frequency monitoring system in terms of accuracy and reliability. The processing kernel that has been developed for this testing is based on that used in Leica Geosystems high-end RTK GNSS sensors and the LGO software.

The kernel, which is integrated into the Leica GNSS Spider reference station and GNSS monitoring software, is able to process single and dual frequency data in real time and post processing. Two ambiguity resolution techniques are used for this testing: kinematic on the fly (OTF) and a quasi-static approach. The OTF technique allows full dynamics of the rover antenna suitable for use in formula one racing. The quasi-static approach assumes lower dynamics such as would be experienced in most monitoring applications.

An overview of the GNSS Spider and related software and hardware is given. The test setup is described and empirical results are presented that show the comparative performance of single and dual frequency monitoring.

2. ADVANCED GNSS MONITORING

2.1 Overview

The traditional approach to real time GNSS monitoring is to deploy RTK enabled receivers to the field, which as fed corrections from a nearby reference station. This distributed processing approach has some distinct disadvantages:

- Two communications lines are required per point that is measured (one to receive the corrections and one to transmit the resulting coordinates),
- Only one baseline can be computed per point,
- Single frequency RTK is not supported,
- Post processing is not possible, and
- Archiving of the raw observations is not possible.

In the decentralized approach used by Leica GNSS Spider, only a single communication channel is required to send the raw observations to the monitoring server. Multiple baselines may be computed for each point using different reference stations or processing parameters. Single frequency RTK is supported, as is post processing and archiving of both raw data and results. In the case of unreliable communications, it is also possible to log directly in the memory of the GNSS and then download the data periodically for post processing, rather than relying on having a permanent open communications channel.

The Leica GNSS Spider software is a dual-purpose software. It offers comprehensive GNSS reference station capabilities for the configuration and control of GNSS sensors, archiving of data and dissemination of correction data for single-base and network RTK positioning.

Leica GNSS Spider boasts a state of the art network-processing kernel designed for the new Master-Auxiliary concept (Leica Geosystems, 2005). In addition to the reference station capabilities, GNSS Spider has advanced GNSS baseline processing capabilities for monitoring applications. The marriage of reference station and GNSS monitoring features produces a flexible and powerful application with sophisticated communications, processing, data management and security functionality. GNSS Spider may be combined with the Leica GeoMoS geodetic monitoring software for integration with robotic total stations, inclination and other geotechnical sensors and to leverage its advanced limit checks, messaging and analysis features. The baseline processing in GNSS Spider is divided in two parts: real time processing and post processing.

2.2 Real Time Monitoring With GNSS Spider

The real time processing kernel is based on that used in the GX1230 RTK rover, but has been modified for monitoring applications. The Leica SmartCheck technology, which is an evolution of the repeated search process described by Euler et al. (2000), is used to continuously re-verify the ambiguity fix to ensure the highest reliability. With this improved kernel GNSS Spider is able to compute RTK-fixed positions from both single and dual frequency data.

Three ambiguity resolution techniques are available: Kinematic on the fly (also known as OTF or While Moving initialisation) , Initialisation on Known Marker

(IOKM) and Quasi-Static (QSI). The OTF ambiguity resolution allows for full receiver dynamics during the initialisation at the cost of reliability, especially for single frequency processing. The IOKM ambiguity resolution assumes strictly limited receiver dynamics (which is not practical for monitoring) but has much higher reliability. The QSI technique is combination of the previous two techniques – it allows for the antenna to be in motion during the initialisation but not to the same extent as OTF initialisation.

2.3 Post Processing

The post-processing kernel used in GNSS Spider is based on that used in LGO. Like with the real time processing, a repeated search process is used to ensure highly reliable ambiguity resolution. In addition, the initialisation on float marker presented by Kotthoff et al. (2003) is used to further improve the reliability. Post-processing intervals of between 1 minute and 24 hours are possible for dual frequency data and between 10 minutes and 24 hours for single frequency data.

2.4 Algorithm Validation

In order to validate the QSI technique and to measure the performance of the single frequency baseline processing (both real time and post processing) in GNSS Spider, test data has been collected for a range of baselines from 30m to 20km (shown in Table 1). Position results derived from four days of 1Hz data collected using five Leica dual frequency receivers are presented in this paper.

Each baseline was processed in real time using both L1 only data and using L1/L2 data and with both OTF and QSI ambiguity resolution for a total of four real time solutions per baseline. Each baseline was also post processed using L1 only data and using L1/L2 data with periods of 10 minutes, 30 minutes and 1 hour, also giving six solutions per baseline for the post processing.

Table 1. List of baselines processed

Num	Station1	Station2	Baseline Length
1	HEER	BRON	30m
2	HEER	KEW1	3.3km
3	HEER	RUTH	14km
4	HEER	FLDK	20km

The antennas for the sites were placed in non-ideal locations with obstructions and high multipath environments to simulate the conditions of real monitoring sites.

Note that in this paper the raw positions calculated from the processing kernels are analyzed. In a real monitoring installation using the Leica GNSS Spider and/or Leica GeoMoS software, it would be possible to smooth and/or average the results for higher precision and accuracy. In the case of post processing, longer intervals could be used to further improve the precision and accuracy.

3 RESULTS

3.1 Real Time Processing

The first value that is analyzed is the availability of ambiguity-fixed positions. Ambiguity-fixed positions provide the highest accuracy possible with GNSS and so are preferred for monitoring applications. Ambiguity resolution is more difficult when processing single frequency data because of the reduced redundancy and limited information on atmospheric error that is available from the system.

Figure 1 shows the percentage of fixed solutions for each baseline, each frequency and each ambiguity resolution technique. The 1Hz data spanning four days gives a total number of 345,600 possible fixes. As might be expected, the dual frequency processing is gives very high availability of ambiguity fixed positions (approximately 99%) for all baselines, even using OTF initialisation. Single frequency processing using OTF initialisation clearly has more difficulty fixing for the longer baselines. The QS initialisation gives consistently high results for both single and dual frequency data and all baseline lengths.

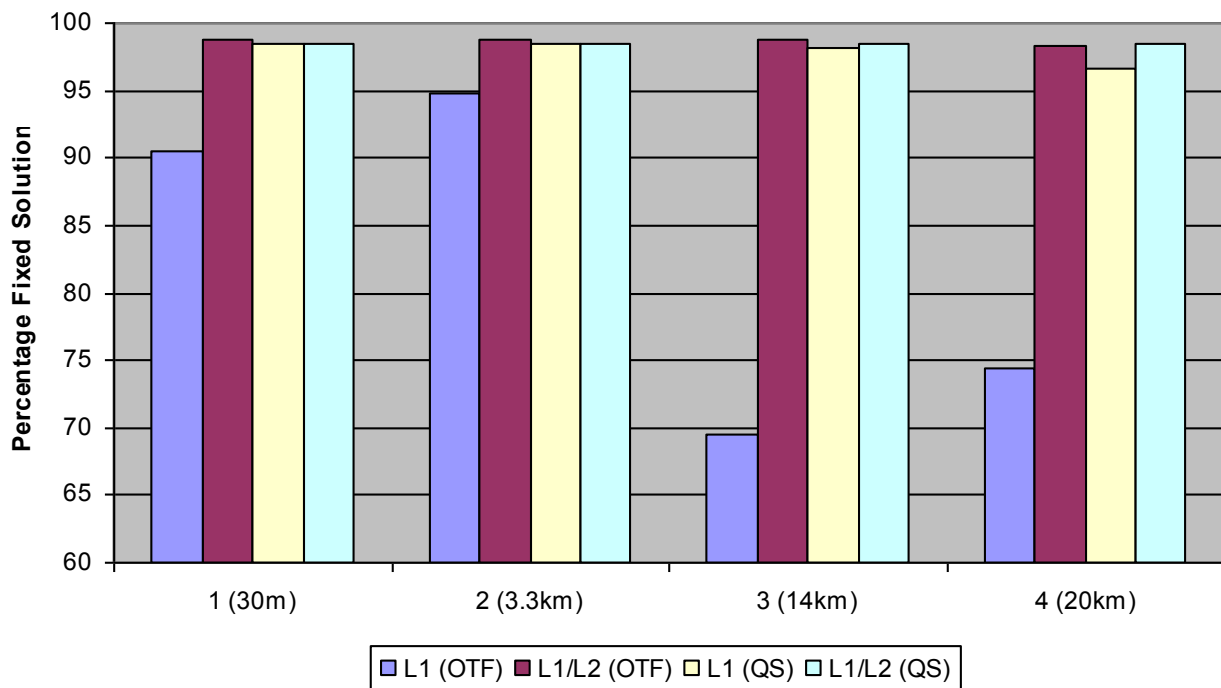


Fig. 1 Availability of Ambiguity Fixed Positions (Real Time Processing)

The availability of an ambiguity fix is related to the reliability of the ambiguity fix. A high availability of fixed positions should not be at the cost of having more incorrect ambiguity fixes, since wrong ambiguity fixes will result in low accuracy position solutions.

In order to quantify the likelihood of the system to produce invalid or low accuracy positions, the difference between each calculated position and the known coordinates of the site have been compared. All positions that deviated by more than

5cm in horizontal or 10cm in vertical from the true coordinate were flagged as low accuracy position fixed. A position outside this tolerance could be caused by an invalid ambiguity fix or by higher than normal ionospheric activity.

Dual frequency processing is clearly highly reliable, even with OTF initialisation. Single frequency processing with OTF initialisation has some reliability issues, but with QS initialisation is comparable to dual frequency, up to about 10 or 15km. For the 20km baseline the single frequency solution with QS initialisation is also showing signs of having reliability issues due to its limited ability to model atmospheric errors. The conclusion is that in terms of ambiguity resolution, real time single frequency monitoring with baselines of up to about 10km is viable using the quasi-static initialisation. What remains then is to test the accuracy of the solution.

Since it is well known that GNSS is more precise than it is accurate, a measure of accuracy has been used for this analysis. The accuracy is calculated as the standard deviation of the calculated positions about the known coordinates. For this calculation only the coordinates that were within the previously mentioned tolerances were used to isolate accuracy of the position solution from the reliability of the ambiguity fix.

Two components, northing and height, are shown respectively in Figures 2 and 3. Northing was used for the horizontal component because it is typically less accurate than easting because of the satellite geometry. For the shorter baselines (30m and 3.3km) both single frequency and dual frequency solutions are accurate to 4mm or better in northing. Interestingly for the 14km baseline single frequency actually gives higher accuracy, though both are in the order of 1cm for the northing component. For the 20km baseline, the dual frequency solution is clearly more accurate. For the height a similar pattern is seen, though interestingly single frequency has the higher accuracy for the 20km baseline.

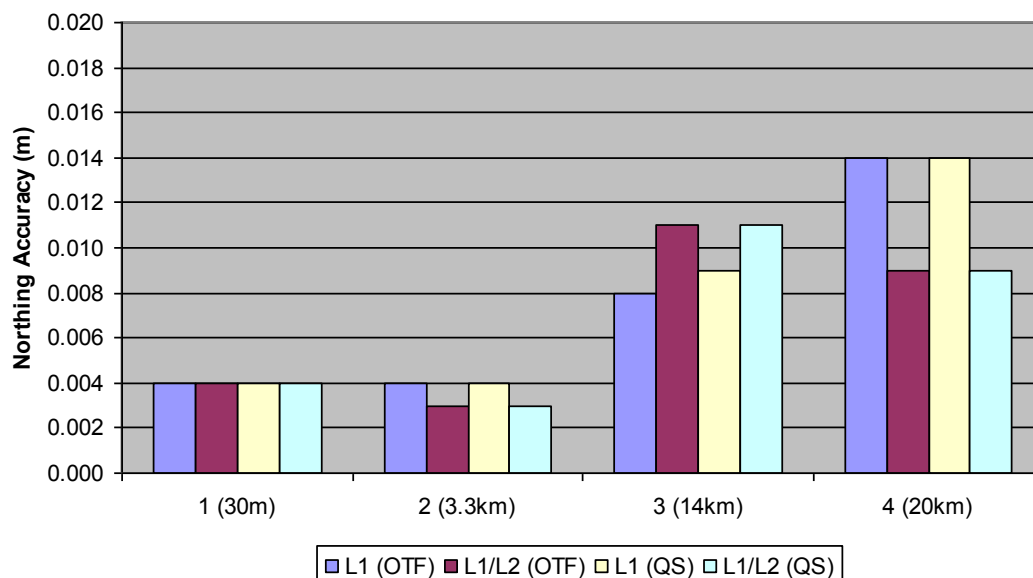


Fig. 2 Accuracy of Northing Component in Real Time (1 Sigma)

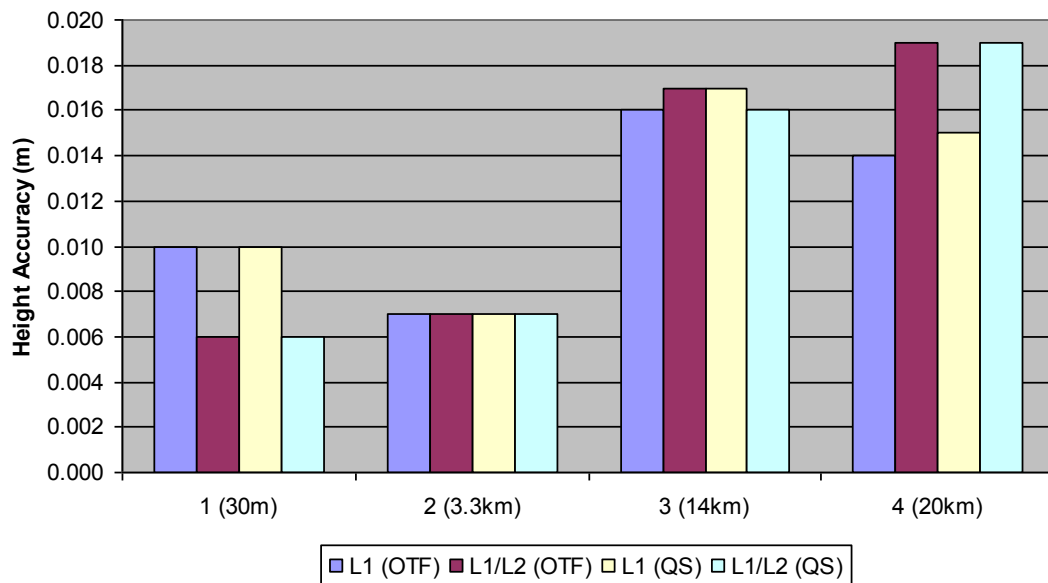


Fig. 3 Accuracy of Height Component in Real Time (1 Sigma)

3.2 Post Processing

For the post processing, similar tests may be performed. Since more data is used in each solution it can be expected that both reliability and accuracy are much higher in post processing than in real time.

For the 10 minute post processing a total of 576 positions was calculated per baseline over the 4 days of data. A total of 192 position solutions were calculated for the 30 minute post processing. Figure 10 shows the availability of fixed positions for the different baselines and L1 or L1/L2 processing. With 10 minutes of data, the availability of ambiguity fixed positions is greater than 85% for single frequency data. For dual frequency data or with a period of 30 or 60 minutes, the reliability is at approximately 100%.

As with the real time data, the quality of the fixing was tested by checking the calculated positions against a tolerance of 5cm in horizontal and 10cm in vertical. The higher reliability of post processing is clearly supported by the fact that no positions solutions were outside this tolerance.

In terms of accuracy, Figures 5 and 6 show the corresponding accuracy for post processing. As expected, post processing has a higher accuracy than real time processing. Processing 1 hour or more of data gives the best results as this allows sufficient time for estimation of the tropospheric delay.

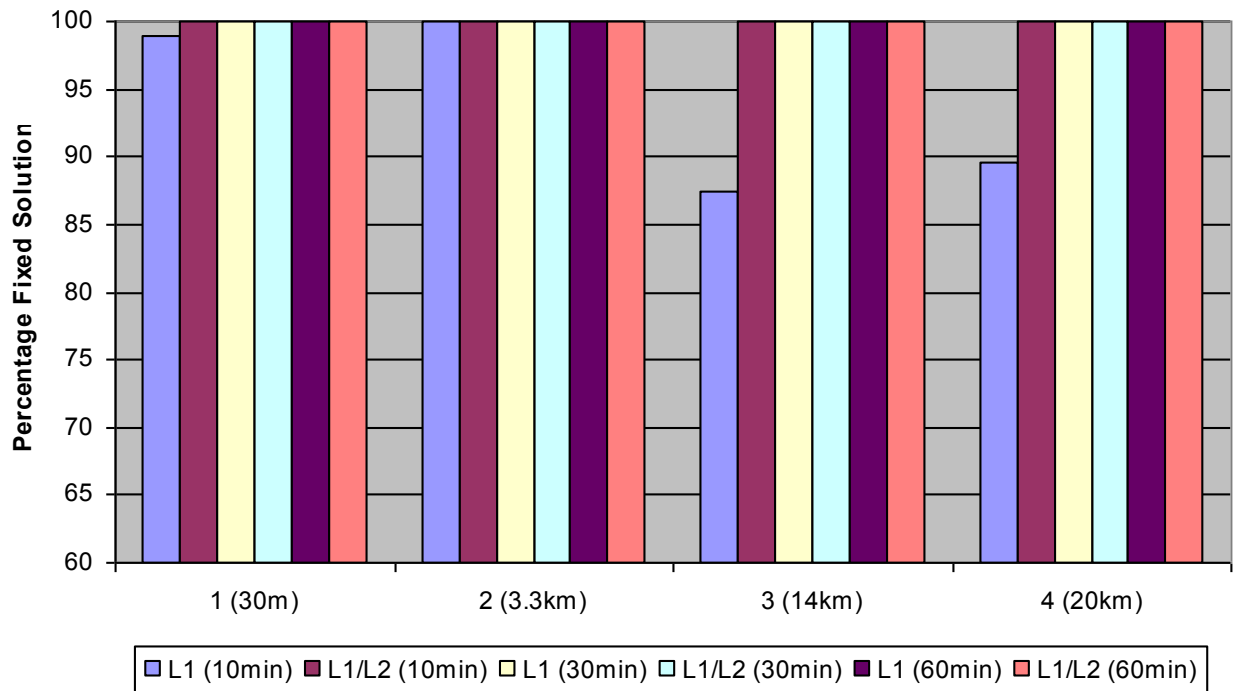


Fig. 4 Availability of Ambiguity Fixed Positions (Post Processing)

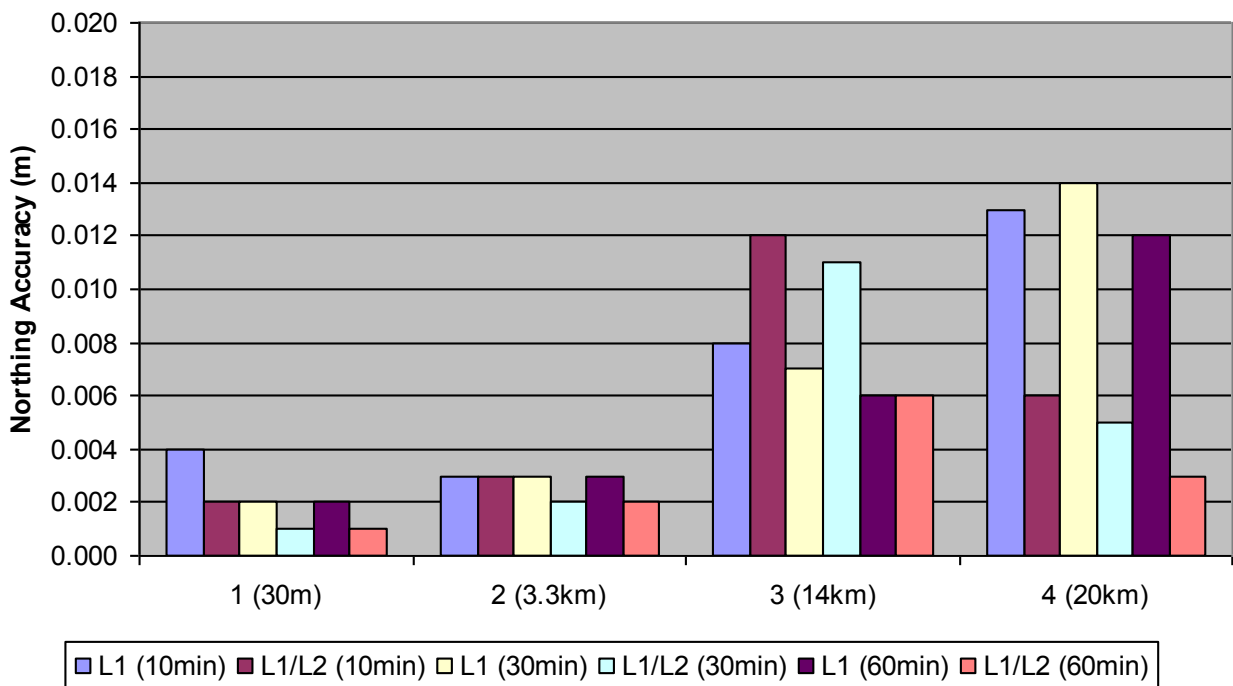


Fig. 5 Accuracy of Northing Component in Post Processing (1 Sigma)

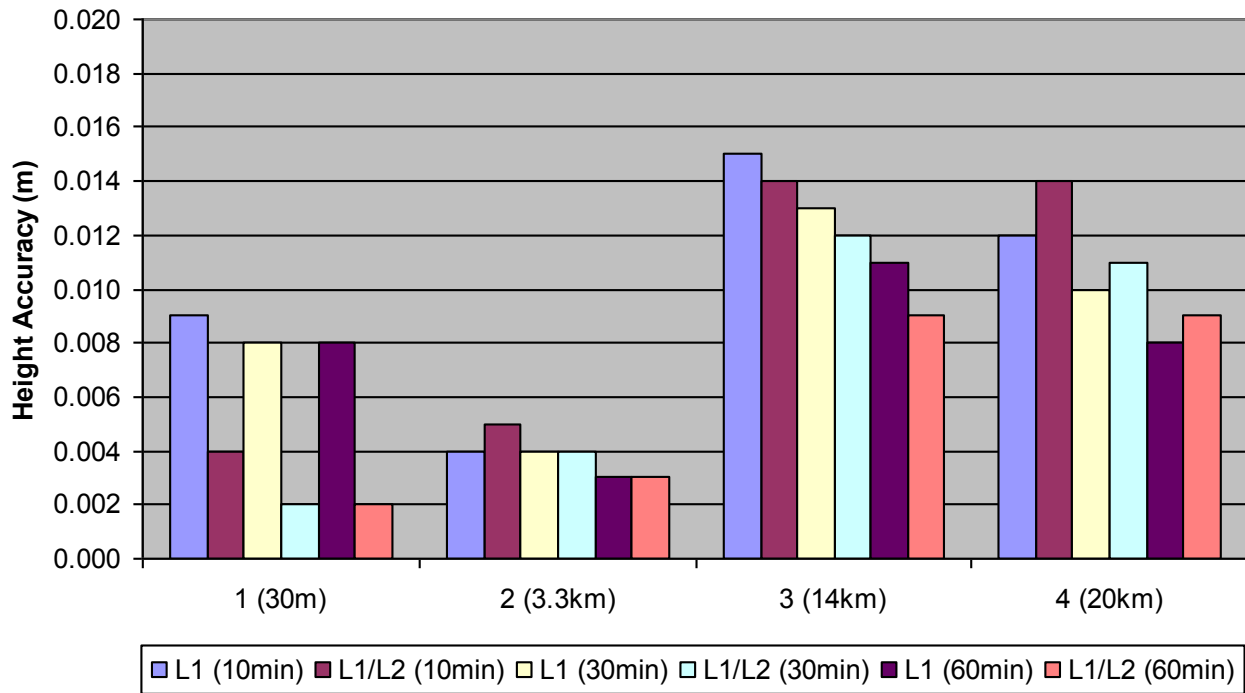


Fig. 6 Accuracy of Height Component in Post Processing (1 Sigma)

4. CONCLUSIONS

This paper has compared the single and dual frequency GNSS monitoring solutions available in the Leica GNSS Spider software.

The quasi-static ambiguity resolution technique was shown to enable very high availability and reliability RTK positioning with L1 only data. In fact, for baselines up to approximately 10 kilometers the single frequency results using the quasi-static approach were shown to be one the same level of reliability and accuracy as dual frequency.

Post processing of the data was shown to give even higher levels of reliability and accuracy.

REFERENCE

- Euler, H.-J. and Ziegler, C., (2000). Advances in Ambiguity Resolution for Surveying Type Applications. In: *Proc of ION GPS 2000*, Salt Lake City, Utah, September 19-22, 2000.
- Brown N., Troyer L., Zelzer, van Cranenbroeck J. (2005). Advances RTK and Post Processed Monitoring with Single Frequency GPS. In: *GNSS Hong Kong 2005*, December, 2005.

Kotthoff, H., Hilker, C. and Ziegler, C., (2003). Strategy of Reliable Ambiguity Resolution for Static and Kinematic Applications. In: Proc of ION GPS 2003, Portland, Oregon, September 9-12, 2003.

Leica Geosystems, (2005). White Paper: Take it to the MAX! An introduction to the philosophy and technology behind Leica Geosystems' SpiderNET revolutionary Network RTK software and algorithms. Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, Nune 2005. www.leica-geosystems.com/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=5367

van Cranenbroeck, J. and Troyer, L. (2004). GPS Spider for Deformation Monitoring. In: *Proc of 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering*, Lenton and Wortley Hall, The University of Nottingham, United Kingdom, 28 June – 1 July 2004. www.fig.net/nottingham/proc/gs_07_cranenbroeck.pdf

© Joël van Cranenbroeck, 2007

GEOMATICS BACHELOR AND MASTER EDUCATION AT THE HAFENCITY UNIVERSITY, HAMBURG

1. Information on the German Higher Education System²

1.1 Types of Institutions and Institutional Status

Higher education (HE) studies in Germany are offered at three types of Higher Education Institutions (HEI)³.

- *Universitäten* (Universities) including various specialized institutions, offer the whole range of academic disciplines. In the German tradition, universities focus in particular on basic research so that advanced stages of study have mainly theoretical orientation and research-oriented components.

- *Fachhochschulen* (Universities of Applied Sciences) concentrate their study programs in engineering and other technical disciplines, business-related studies, social work, and design areas. The common mission of applied research and development implies a distinct application-oriented focus and professional character of studies, which include integrated and supervised work assignments in industry, enterprises or other relevant institutions.

- *Kunst- und Musikhochschulen* (Universities of Art/Music) offer studies for artistic careers in fine arts, performing arts and music; in such fields as directing, production, writing in theatre, film, and other media; and in a variety of design areas, architecture, media and communication.

Higher Education Institutions are either state or state-recognized institutions. In their operations, including the organization of studies and the designation and award of degrees, they are both subject to higher education legislation.

1.2 Types of Programs and Degrees Awarded

Studies in all three types of institutions have traditionally been offered in integrated "long" (one-tier) programs leading to Diploma or Magister Artium degrees or completed by a *Staatsprüfung* (State Examination).

² The information covers only aspects directly relevant to purposes of the Diploma Supplement. All information as of 1 July 2005.

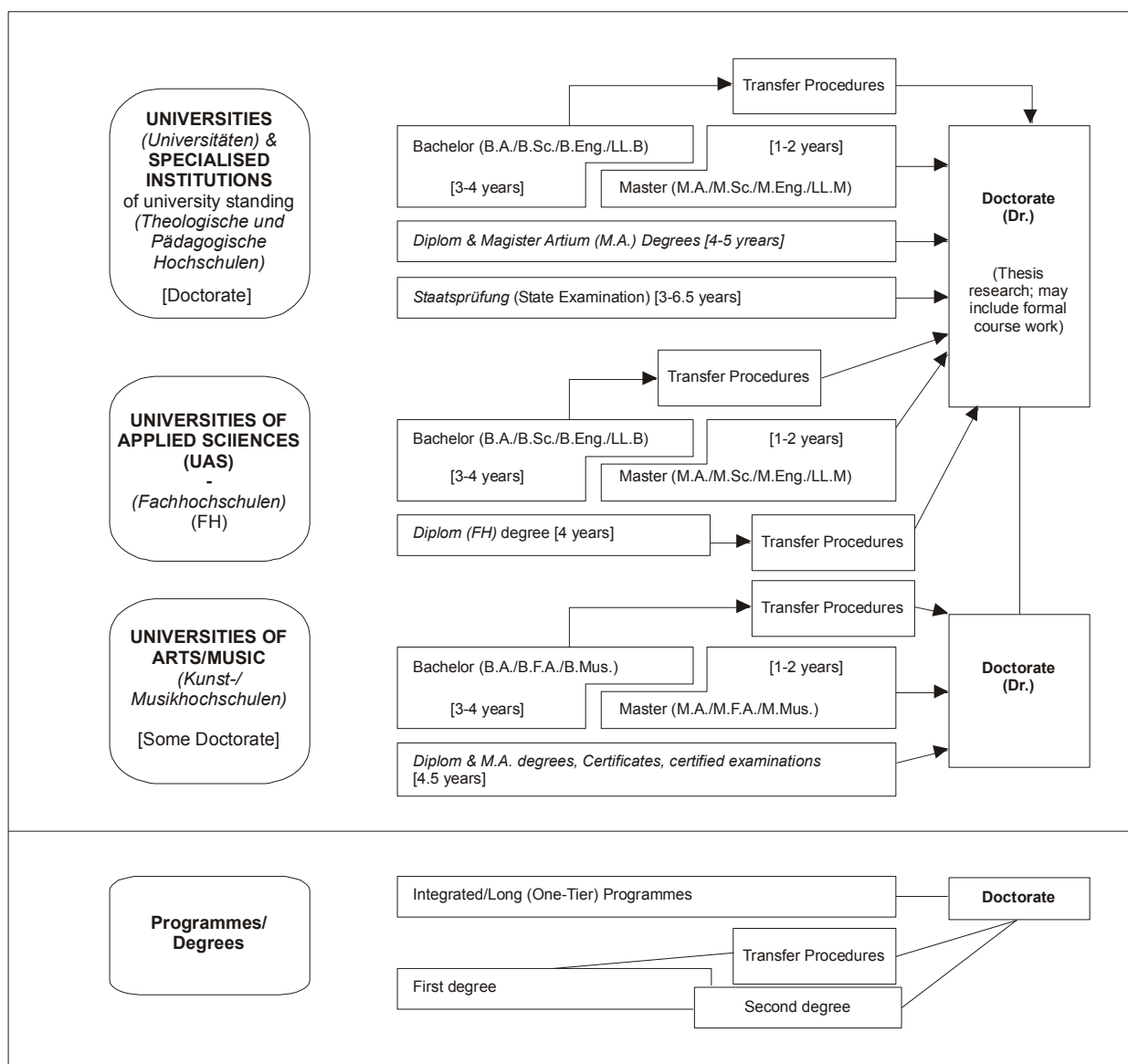
³ *Berufsakademien* are not considered as Higher Education Institutions, they only exist in some of the *Länder*. They offer educational programs in close cooperation with private companies. Students receive a formal degree and carry out an apprenticeship at the company. Some *Berufsakademien* offer Bachelor courses which are recognized as an academic degree if they are accredited by a German accreditation agency.

Within the framework of the Bologna-Process one-tier study programs are successively being replaced by a two-tier study system. Since 1998, a scheme of first- and second

level degree programs (Bachelor and Master) was introduced to be offered parallel to or instead of integrated "long" programs. These programs are designed to provide enlarged variety and flexibility to students in planning and pursuing educational objectives, they also enhance international compatibility of studies.

For details cf. Sec. 1.4.1, 1.4.2, and 1.4.3 respectively. Table 1 provides a synoptic summary.

Table 1: Institutions, Programs and Degrees in German Higher Education



1.3 Approval/Accreditation of Programs and Degrees

To ensure quality and comparability of qualifications, the organization of studies and general degree requirements have to conform to principles and regulations established by the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural

Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany (KMK).iii In 1999, a system of accreditation for programs of study has become operational under the control of an Accreditation Council at national level. All new programs have to be accredited under this scheme; after a successful accreditation they receive the quality-label of the Accreditation Council³.

1.4 Organization and Structure of Studies

The following programs apply to all three types of institutions. Bachelor's and Master's study courses may be studied consecutively, at various higher education institutions, at different types of higher education institutions and with phases of professional work between the first and the second qualification. The organization of the study programs makes use of modular components and of the European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) with 30 credits corresponding to one semester.

1.4.1 Bachelor

Bachelor degree study programs lay the academic foundations, provide methodological skills and lead to qualifications related to the professional field. The Bachelor degree is awarded after 3 to 4 years.

The Bachelor degree program includes a thesis requirement. Study courses leading to the Bachelor degree must be accredited according to the Law establishing a Foundation for the Accreditation of Study Programs in Germany⁴.

First degree programs (Bachelor) lead to Bachelor of Arts (B.A.), Bachelor of Science (B.Sc.), Bachelor of Engineering (B.Eng.), Bachelor of Laws (LL.B.), Bachelor of Fine Arts (B.F.A.) or Bachelor of Music (B.Mus.).

1.4.2 Master

Master is the second degree after another 1 to 2 years. Master study programs must be differentiated by the profile types "more practice-oriented" and "more research-oriented". Higher Education Institutions define the profile of each Master study program.

The Master degree study program includes a thesis requirement. Study programs leading to the Master degree must be accredited according to the Law establishing a

Foundation for the Accreditation of Study Programs in Germany⁵.

³ "Law establishing a Foundation 'Foundation for the Accreditation of Study Programs in Germany'", entered into force as from 26.2.2005, GV. NRW. 2005, nr. 5, p. 45 in connection with the Declaration of the *Länder* to the Foundation "Foundation: Foundation for the Accreditation of Study Programs in Germany" (Resolution of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany of 16.12.2004).

⁴ See note No.3.

⁵ See note No.3.

Second degree programs (Master) lead to Master of Arts (M.A.), Master of Science (M.Sc.), Master of Engineering (M.Eng.), Master of Laws (L.L.M), Master of Fine Arts (M.F.A.) or Master of Music (M.Mus.). Master study programs, which are designed for continuing education or which do not build on the preceding Bachelor study programs in terms of their content, may carry other designations (e.g. MBA).

1.4.3. Integrated "Long" Programs (One-Tier):

Diploma degrees, Magister Artium, Staatsprüfung

An integrated study program is either mono-disciplinary (Diplom degrees, most programs completed by a Staatsprüfung) or comprises a combination of either two major or one major and two minor fields (Magister Artium). The first stage (1.5 to 2 years) focuses on broad orientations and foundations of the field(s) of study. An Intermediate Examination (Diplom-Vorprüfung for Diplom degrees; Zwischenprüfung or credit requirements for the Magister Artium) is prerequisite to enter the second stage of advanced studies and specializations. Degree requirements include submission of a thesis (up to 6 months duration) and comprehensive final written and oral examinations.

Similar regulations apply to studies leading to a Staatsprüfung. The level of qualification is equivalent to the Master level.

- Integrated studies at *Universitäten (U)* last 4 to 5 years (*Diploma* degree, *Magister Artium*) or 3 to 6.5 years (*Staatsprüfung*). The *Diplom* degree is awarded in engineering disciplines, the natural sciences as well as economics and business. In the humanities, the corresponding degree is usually the *Magister Artium (M.A.)*. In the social sciences, the practice varies as a matter of institutional traditions. Studies preparing for the legal, medical, pharmaceutical and teaching professions are completed by a *Staatsprüfung*.

The three qualifications (*Diploma*, *Magister Artium* and *Staatsprüfung*) are academically equivalent. They qualify to apply for admission to doctoral studies. Further prerequisites for admission may be defined by the Higher Education Institution, cf. Sec. 8.5.

- Integrated studies at *Fachhochschulen (FH)*/Universities of Applied Sciences (UAS) last 4 years and lead to a *Diploma (FH)* degree. While the *FH/UAS* are non-doctorate granting institutions, qualified graduates may apply for admission to doctoral studies at doctorate-granting institutions, cf. Sec. 8.5.

- Studies at *Kunst- and Musikhochschulen* (Universities of Art/Music etc.) are more diverse in their organization, depending on the field and individual objectives. In addition to *Diploma/Magister* degrees, the integrated study program awards include Certificates and certified examinations for specialized areas and professional purposes.

1.5 Doctorate

Universities as well as specialized institutions of university standing and some Universities of Art/Music are doctorate-granting institutions. Formal prerequisite for admission to doctoral work is a qualified Master (UAS and U), a *Magister* degree, a *Diploma*, a *Staatsprüfung*, or a foreign equivalent. Particularly qualified holders of a

Bachelor or a *Diploma (FH)* degree may also be admitted to doctoral studies without acquisition of a further degree by means of a procedure to determine their aptitude. The universities respectively the doctorate-granting institutions regulate entry to a doctorate as well as the structure of the procedure to determine aptitude. Admission further requires the acceptance of the Dissertation research project by a professor as a supervisor.

1.6 Grading Scheme

The grading scheme in Germany usually comprises five levels (with numerical equivalents; intermediate grades may be given): "*Sehr Gut*" (1) = Very Good; "*Gut*" (2) = Good; "*Befriedigend*" (3) = Satisfactory; "*Ausreichend*" (4) = Sufficient; "*Nicht ausreichend*" (5) = Non-Sufficient/Fail. The minimum passing grade is "*Ausreichend*" (4). Verbal designations of grades may vary in some cases and for doctoral degrees.

In addition, institutions may already use the ECTS grading scheme, which operates with the levels A (best 10 %), B (next 25 %), C (next 30 %), D (next 25 %), and E (next 10 %).

1.7 Access to Higher Education

The General Higher Education Entrance Qualification (*Allgemeine Hochschulreife, Abitur*) after 12 to 13 years of schooling allows for admission to all higher educational studies. Specialized variants (*Fachgebundene Hochschulreife*) allow for admission to particular disciplines. Access to *Fachhochschulen* (UAS) is also possible with a *Fachhochschulreife*, which can usually be acquired after 12 years of schooling. Admission to Universities of Art/Music may be based on other or require additional evidence demonstrating individual aptitude.

Higher Education Institutions may in certain cases apply additional admission procedures.

1.8 National Sources of Information

- *Kultusministerkonferenz (KMK)* [Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany
- Central Office for Foreign Education (ZaB) as German NARIC; www.kmk.org;
- "Documentation and Educational Information Service" as German EURYDICE-Unit, providing the national dossier on the education system www.kmk.org/doku/bildungswesen.htm;
- *Hochschulrektorenkonferenz (HRK)* [German Rectors' Conference]; www.hrk.de;
- "Higher Education Compass" of the German Rectors' Conference features comprehensive information on institutions, programs of study, etc. (www.higher-education-compass.de)

2. The HafenCity University Hamburg (HCU)

The HCU Hamburg is a specialist university founded by Hamburg in January 2006 in order to achieve excellence in teaching and research in the development of our built environment.

The HafenCity University in Hamburg is the only university in Europe dedicated solely to teaching and research in the built environment that also has the full range of disciplines necessary to understand and improve the physical world around us from measuring it to designing buildings and spaces, from its physical to its social and political infrastructure. For the HCU encompasses architecture, civil engineering, geomatics and urban planning, and thereby methods and interests that are artistic, technical and social science based, approaches that range from conceptual to applied. Because of this comprehensive range of disciplines the HafenCity University has a unique opportunity to find new approaches and solutions to the important and vexing problems facing our built world.

The HafenCity University starts with the advantage of its already existing departments coming from three different types of higher education establishments. During the next two years the HCU will systematically probe our own subject areas, asking fundamental questions about teaching and research; and, how the full spread of disciplines that the HCU has it can lead to new approaches or solutions between and across them. The HCU will be looking at what makes an excellent learning environment, what society needs and expects from leading professionals in our areas, what the most pressing and innovative areas of research are, where the HCU can hope to lead and, as importantly, where not. The HCU will decide how to structure so that the HCU are efficient, entrepreneurial, and foster working together.

This process will involve looking both inward and outward. It will be conducted with the help of international guests through public lectures, workshops, symposia and publications. At the same time the HCU will continue offering a high quality education to existing students-from bachelors to doctoral, and will finish implementing a bachelors and masters system and building a comprehensive research school. The HCU will steer itself towards a yearly intake of approximately 375 bachelors and 200 masters students.

Table 2: Bachelor Studies at undergraduate level

Soft Skills (presentation techniques,...)			
Common courses (Studium Generale)			
Professional Contents Architecture	Professional Contents Civil Engineering	Professional Contents Geomatics	Professional Contents Urban Planning
Choice module			

To organize the multidisciplinary studies in the four department new working levels will be established. The bachelor program is realized at an undergraduate level, where soft skills and common courses are offered to all students. The professional contents are separated in the department specific courses. Choice modules are offered for all students as it is shown in Tab. 2.

The graduate level for the master education comprised also courses for soft skills and common courses are offered to all students. In addition to the department specific master courses new master programs will be implemented.

Table 3: Master Studies at graduate level

Soft Skills (presentation techniques,...)				
Common courses , projects and research activities				
Professional Contents Architecture	Professional Contents Civil Engineering	Professional Contents Geomatics	Professional Contents Urban Planning	New Master Programs
Choice module				

At the research level the post graduate studies und doctorate education are realised.

3. Geomatics at the HCU

In this new university our geodesists must find themselves between the other disciplines. They learn and work together with architects, civil engineers and urban planners.

The present study plans as it is shown in Tab. 5, 6 and 7 do not give this yet. They

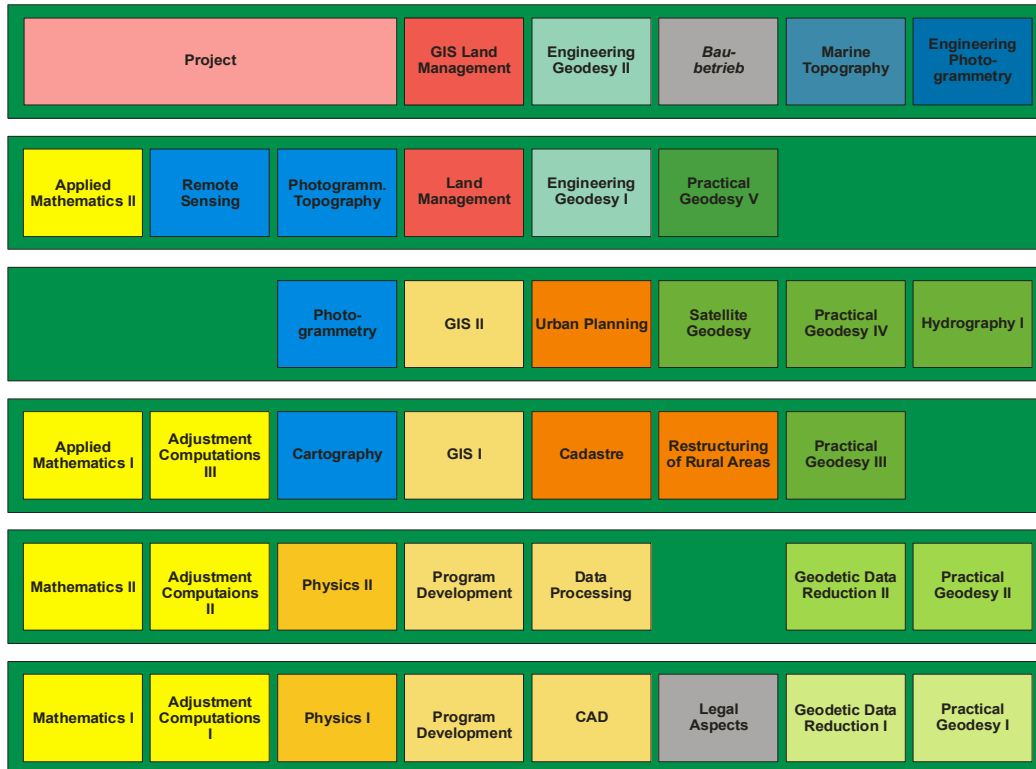
Table 4: Doctorate thesis at research level

Soft Skills (presentation techniques,...)				
Common courses , seminars, projects and research activities				
Field of research Architecture	Field of research Civil Engineering	Field of research Geomatics	Field of research Urban Planning	Field of research for New Master Programs
Choice and additional modules				

show still the old structures which are necessary for the training of Geomatics engineers. They are the basis for new courses of studies, these courses of studies which must be designed again achieved.

Whereto this way leads is still uncertain. The HCU is still in the process of formation. But starting points from the Geodesy for that are surely GIS, laser technology, visualization, and other scopes we can offer to the other disciplines.

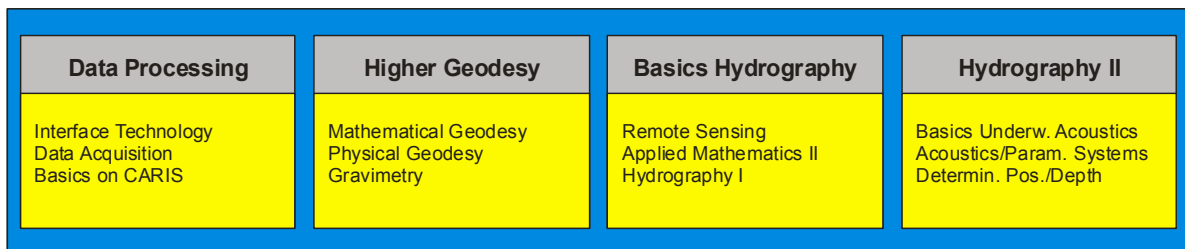
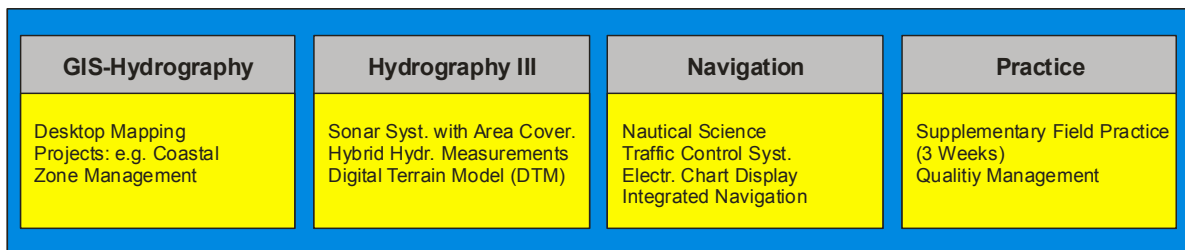
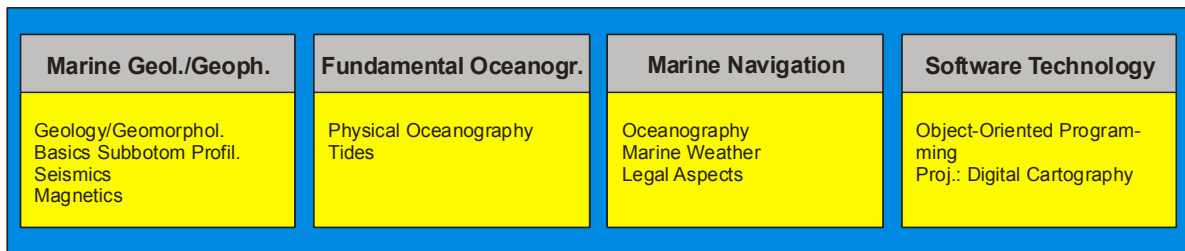
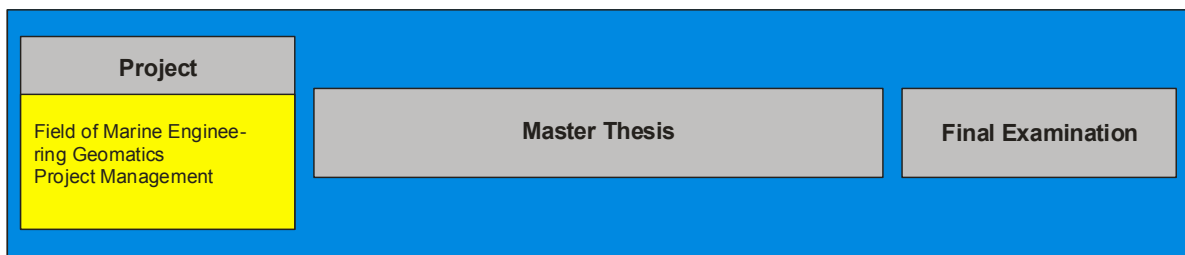
Bachelor of Science Geomatics



Master of Science Geomatics



Master of Science Hydrography



© Harald Sternberg, 2007

ПРОЕКТ СЕТИ АКТИВНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Активная ГНСС станция состоит из непрерывно наблюдающего приемника сигналов, подаваемых спутниками систем ГЛОНАСС и GPS, компьютера и источника бесперебойного питания. Оптимальный тип приемника – двухчастотный, двухсистемный. Опционально на станции может быть метеорологическое оборудование, атомный стандарт частоты и система для удаленного включения и выключения. Станция должна иметь выход в Интернет и/или в сеть ГСМ для оперативной передачи данных пользователям. Расстояния между станциями равны, в среднем, 80 км [7].

Каждая станция должна иметь координаты в системах ITRF, WGS-84, СК-42, СК-95 на уровне точности, соответствующем решению поставленных геодезических задач.

Первая в мире сеть постоянно действующих станций CORS была создана в США совместно Национальной геодезической службой (НГС, NGS), Береговой охраной (US CG – Coast Guard) и Корпусом инженеров Армии (US ASE). Наблюдения на сети CORS начались в феврале 1994 г. с одного пункта, когда фирма Trimble Navigation установила один из её геодезических приёмников в Национальном институте Стандартов и Технологий в Гайтерсбурге (штат Мэриленд) по долгосрочному займу. Первоначальный проект был ориентирован на сеть из 100-150 точек со средним расстоянием между ними около 200 км. Сейчас сеть CORS в США состоит из более 1200 пунктов Национальной и Кооперативной сетей CORS.

В НГС была разработана действующая политика для сети CORS. Она включают в себя следующие положения:

- НГС обеспечивает данными о приёмниках и координатах точек on-line для пользователей, *бесплатно*;
- НГС преобразует все данные приёмников в общедоступный RINEX формат;
- НГС обеспечивает пункты метеорологическими данными в RINEX формате.

НГС хранит данные от всех точек online в течение 31 дня. В конце этого периода, чтобы регулировать требования компьютерного хранения данных, эти данные убираются с линии и архивируются. Однако по запросу пользователей CORS могут временно восстановить ограниченный объём данных на линии до 7 суток уже за плату.

Разработаны требования по режиму функционирования сети, составу оборудования и программного обеспечения, расположению пунктов, привязке к системам координат, доступности информации и т. п.

Первоначальное назначение непрерывно действующих станций – обеспечение пользователей файлами наблюдений с опорных пунктов. Уже один тот факт, что наблюдатель мог определять свои координаты, используя один приемник, способствовало широкому распространению массивов непрерывно работающих станций. Данные некоторых станций использовались для определения орбит, дифференциальных поправок для широкозонных систем DGPS, геодинимического мониторинга и решения ряда других задач [8].

Подобные сети были созданы во многих странах мира [1, 3]. В России функционирует около 15 опорных станций, входящих в сеть Международной ГНСС службы, работает несколько станций Роскартографии, а также имеется несколько коммерческих опорных станций (например, при ГАИШ в Москве, в Екатеринбурге).

Во второй половине 1990-х годов появился режим множественных опорных станций, другое название – сетевой метод кинематики в реальном времени [1, 4, 7]. Эта технология получила бурное развитие за последние три года, за это время было создано более 100 сетей из постоянно действующих базовых станций в Европе, Северной Америке и Азии. Технология сетевого метода RTK возникла на стыке направлений ГНСС позиционирования, беспроводной связи и специального программного обеспечения для быстрого и точного координирования объектов. Одной из разновидностей этой технологии метод виртуальной опорной станции (ВОС). Технология состоит в использовании системы постоянно действующих опорных ГНСС станций. В этом случае результаты измерений всех станций активной сети передаются по линиям связи на главную станцию, являющуюся вычислительным центром. На этой станции устанавливается компьютер со специальным программным обеспечением [2].

Метод виртуальной опорной станции состоит из трех основных процессов: вычисление дифференциальных поправок для станций сети, интерполирование поправок и передача поправок. При вычислении сетевых поправок используют наблюдения, выполненные на станциях опорной сети. Это обычно делается по наблюдениям фазы несущей с фиксированными неоднозначностями между станциями сети. Таким образом, фиксирование неоднозначностей между этими станциями – главная часть процесса. Во втором процессе сетевые поправки интерполируются, чтобы определить влияние коррелированных ошибок на положение пользователя. Третья часть – генерация измерений виртуальной опорной станции, чтобы передать поправки мобильному приемнику с обычным программным обеспечением для кинематических измерений.

В общем виде процесс выполнения дифференциальной коррекции местоположения потребителей выполняется в автоматическом режиме и проходит следующие этапы:

- Данные с опорных ГНСС станций сети непрерывно передаются в вычислительный центр;

- Выполняется уравнивание наблюдений с разрешением фазовых неоднозначностей для базовых линий сети, из него находятся координаты станций и параметры атмосферы;
- Выполняется мониторинг целостности как для всей сети, так и для отдельных приемников, грубые измерения исключаются из обработки;
- Координаты станций из мгновенного решения сравниваются с известными координатами опорных станций, и формируется матрица невязок;
- Получающиеся невязки используются для построения линейных или более сложных моделей ошибок (на основе фильтра Калмана), служащих для предсказания ошибки положения пользователя;
- Пользователь отправляет навигационные координаты своего местоположения в вычислительный центр системы;
- По данным о местоположении пользователя и реальным измерениям, поступающим с опорных станций, генерируются наблюдения для виртуальной опорной станции с учетом состояния тропосферы и ионосферы, положения фазового центра, зависящего от типа антенны, и с исключением многопутности;
- Дифференциальные сетевые данные передаются пользователю по стандартным протоколам и форматам;
- Приемник интерпретирует данные виртуальной станции как данные реально существующей физической станции и, быстро вычислив короткую базовую линию от ВОС, находит свои координаты [1, 2].

Таким образом, активные опорные станции создают в пределах контура сети и на расстояниях до 10-20 км от него высокоточное координатно-временное поле.

Виртуальные опорные GPS станции объединяют строгость сетевого решения с комфортом решения одиночной базовой линии. Подобные результаты получаются, когда данные ГНСС приемника обрабатываются с виртуальной опорной ГНСС станцией как со всей сетью, в которой зафиксированы положения всех опорных станций. Точность базовой линии с мобильным приемником, выраженная через его средние квадратические ошибки, улучшается в $\sqrt{(n+1)/2n}$ раз, где n – число опорных станций в сети. Например, для 5 опорных станций этот коэффициент равен 0.77, который близок к максимально возможному улучшению в 0.71 раз, то есть повышение точности незначительное [7].

По сравнению с решением одиночной базовой линии, в котором используется ближайшая опорная станция, преимуществами виртуальной станции являются:

- Качество, доступность и надежность сетевого решения в течение 24 часов за сутки, □
- Используются данные, которые были проконтролированы,
- Не нужна сложная обработка (можно использовать бортовые эфемериды и простые модели),
- Не нужно формировать комбинацию, свободную от влияния ионосферы, достаточно обработать только виртуальные данные для несущей L1,

то есть одночастотным приемником можно работать на больших расстояниях от опорных станций,

- Более надежное разрешение неоднозначностей, достигаемое за более короткий период наблюдений и по меньшему количеству опорных станций,

- Пользователь имеет возможность применять свои приемники и программы обработки, без приобретения какой-либо специальной программы обработки фазовых наблюдений;

- Метод допускает применение дешевой аппаратуры и исполнителей с невысокой квалификацией;

- Для распределения данных виртуальных станций между пользователями хорошо подходит интернет и мобильная телефонная связь [7].

На рис. 1 приведен проект сети активных станций для Новосибирской области. Он включает около 25 станций, располагающихся в областном центре и в районных центрах. Это связано с тем, что именно здесь имеется достаточно развитая инфраструктура, позволяющая реализовать метод с максимальной эффективностью. В качестве иллюстрации приведем охват Новосибирской области мобильной связью (рис. 2) Отсутствие пунктов между Северным и Пихтовкой не повлияет на точность сетевых решений. Но для выполнения геодезических работ здесь потребуется обычная спутниковая технология, применяемая в непрерывно действующих сетях станций. В отличие традиционных методов построения сетей в методе ВОС не нужно закладывать большое количество центров, строительство дорогостоящих знаков.

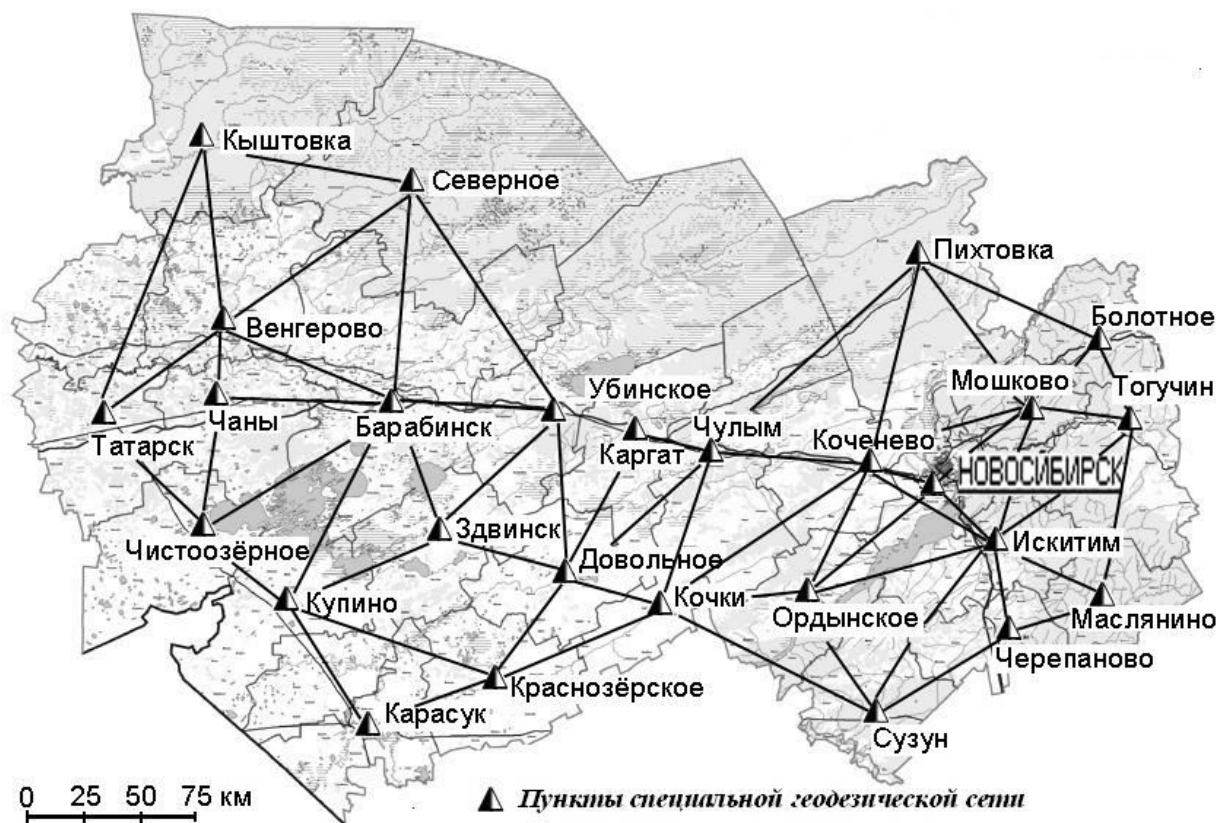


Рис. 1. Проект специальной активной геодезической сети для Новосибирской области

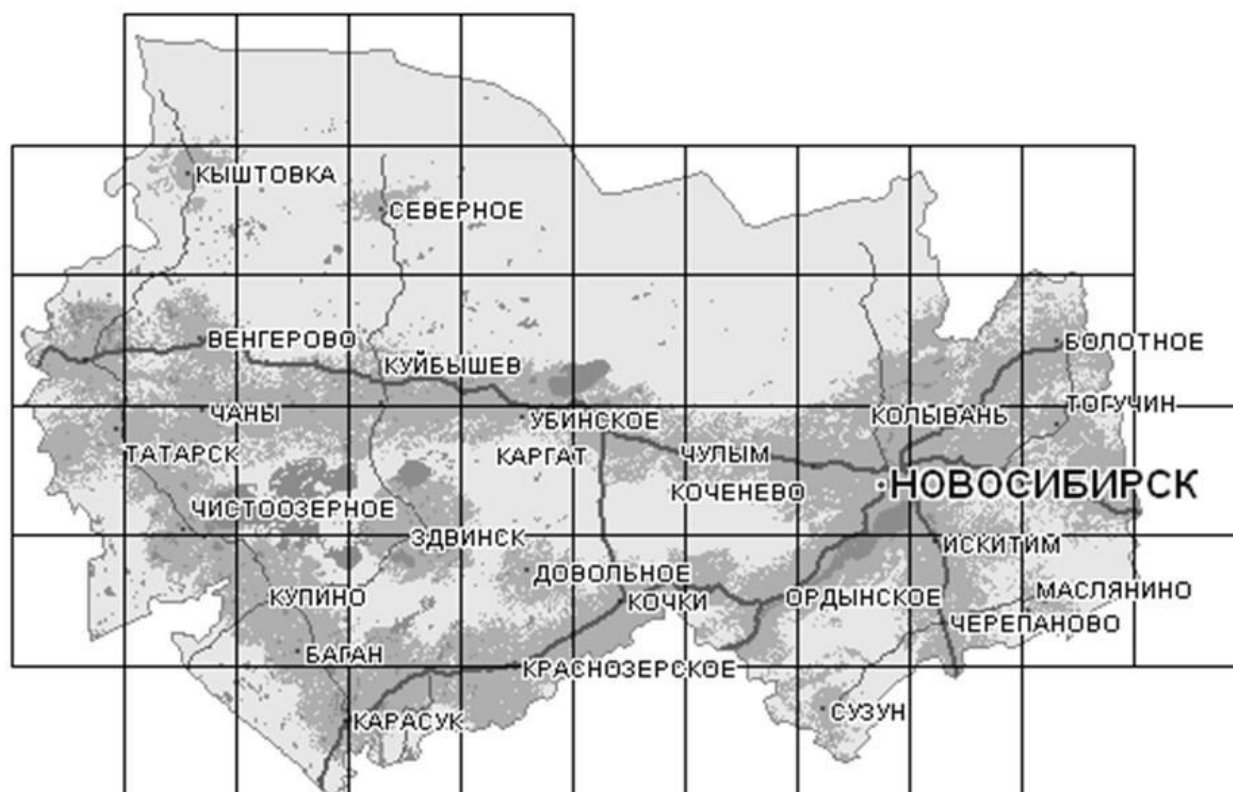


Рис. 2. Охват территории Новосибирской области сетью МТС

Применение активных опорных сетей охватывает почти все области координатных определений. При этом достигаются существенные преимущества по сравнению с традиционными методами геодезии.

Геодезия и кадастр:

- Не нужно устанавливать вторую спутниковую аппаратуру на опорном пункте и следить за ее сохранностью, благодаря чему, примерно, в полтора раза увеличивается производительность полевых работ по сравнению со штатным режимом измерений,

- Повышение точности полевых данных за счет использования данных вычислительного центра сети,

- Совместимость спутниковой аппаратуры с ГНСС-инфраструктурой,

- Есть возможность получать на месте координаты и высоты в нужных системах [5, 6] .

Геоинформационные системы города и районных центров:

- Точная и своевременно обновляемая картографическая основа территории – одно из необходимых условий ГИС,

- Вынос ГИС-объектов на местность в режиме реального времени.

Строительство и системы управления строительными машинами:

- Применение АКО на строительных площадках для контроля точности в 1-2 см в режиме реального времени,

- Автоматическое управление строительными машинами.

Лесное и сельское хозяйство:

– Применение при движении машинно-тракторного агрегата в поле с точностью 0,1 м позволяет без нарушения агротехнических требований, снизить расход топлива и износ техники, более эффективно использовать обычную широкозахватную технику, экономить семена, химикаты, удобрения.

Маркшейдерия и деформационный мониторинг:

- Автоматизация слежения за динамикой объектов,
- Своевременное предупреждение аварийного состояния объектов.

Гидрография:

– Данные АКО можно использовать оперативно во всем спектре морских строительных, дноуглубительных и гидрографических работ круглосуточно, в любую погоду, увеличивая безопасность и пропускную способность порта.

Коммунальные службы:

– В странах Западной Европы и США коммунальные службы городов – основные потребители GPS-инфраструктуры.

Диспетчерские системы:

- Системы слежения за автотранспортом,
- Паспортизация дорог с помощью дорожных лабораторий,
- Реконструкция и строительство новых дорог.

Аэрофотосъемка и лазерное трехмерное сканирование:

– Сокращение объемов работ по привязке аэрофотоснимков,
– Привязка измерений лазерным сканером выполняется во время измерений.

Метеорология:

– Содержание паров воды в атмосфере, вычисленное из обработки спутниковых наблюдений, может быть использовано Гидрометцентрами для прогнозирования погоды. Эти данные, в отличие от аэрологического зондирования, могут поступать круглосуточно, не прекращаются в сложных погодных условиях (порывистый штормовой ветер, низкие температуры и т.д.) И не требуют дополнительных затрат на расходные материалы и инфраструктуру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Т. 2 [Текст] / К.М. Антонович. - М.: Картоцентр, Новосибирск: Наука – 2006. – 360 с.
2. Ванин, С.А. Создание навигационной инфраструктуры для обеспечения градостроительной деятельности [Текст] / С.А. Ванин // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2007. – № 1 (24). – С. 79 – 80.
3. Сурнин, Ю.В. О концепции создания активных опорных геодезических сетей с помощью систем связи и навигации [Текст] / Ю.В. Сурнин, С.В. Кужелев // Междунар. научно-техн. конф. «Спутник. системы связи и навигации», Красноярск, 30 сент.-3 окт. 1997 г., Т. 1. – Красноярск: КГТУ, 1997. – С. 133-134.
4. Fotopoulos, G. An Overview of Multi-Reference Station Methods for cm-Level Positioning [Text] / G. Fotopoulos, M.E. Cannon // GPS Solutions. – 2001. – Vol. 4, No. 3. – P. 1-10. – Англ.

5. Jäger, R. State of the art and present developments of a general concept for GPS-based height determination [Text] / R. Jäger // Proc. of the 1-th Workshop on GPS and Mathematical Geodesy in Tanzania (Kilimanjaro Expedition 1999). Oct. 4, 1999, University College of Lands and Architectural Studies (UCLAS), Dar Es Salaam. – Англ.

6. Jäger, R. Precise Vertical Reference Surface Representation and Precise Transformation of Classical Networks to ETRS89 [Text] / Jäger, R., Kälber, S., Schneid, S., S. Seiler // ITRF – General Concepts and Realisation of Databases for GIS, GNSS and Navigation Appl. in and outside Europe. Proc. GNSS2003 – The European Navigation Conference, Graz, April 22-25, 2003. – Англ.

7. van der Marel, H. Virtual GPS reference stations in The Netherlands [Electronic resource] / H. van der Marel // Proc. of the 11th Intern. Technical Meet., Algorithms and Methods ION-GPS '98, Nashville, USA, 15-18 September 1998, part I. – P. 49-58. – Англ. – Режим доступа: <http://enterprise.lr.tudelft.nl/mgp/modules/Papers/files/ion98vir.pdf>

8. Spofford, P.R. National Geodetic Survey Continuously Operating Reference Station project. Status and Plans. [Text] / P.R. Spofford, N.D. Weston // ACSM Bulletin. – 1998. – No. 172. – P. 20-25. – Англ.

© А.П. Карпик, К.М. Антонович, Ю.В. Сурнин, С.А. Ванин,
А.Н. Клепиков, Е.Г. Гуенко, Е.К. Фролова, 2007

УДК 528.92
Д.В. Лисицкий
СГГА, Новосибирск

СУЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ИХ ФУНКЦИИ И НАЗНАЧЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Среди новых понятий, появившихся в картографии в последние годы в связи с развитием и освоением компьютерных методов и технологий, особый интерес приобретает понятие «электронной карты».

В отечественной литературе толкование этого термина весьма разноречиво, что довольно подробно показано в работе [1] на примере 14 определений из разных источников. В большинстве из них электронная карта определена как картографическое изображение (картографическое произведение, картографическая продукция), отличающееся от своих бумажных аналогов компьютерной реализацией: *генерацией компьютером на техническом носителе или устройстве и последующей визуализацией* (преимущественно на дисплее, но возможно и на бумаге). Кроме того, в этих определениях подчеркивается, что электронные карты:

- Генерируются и/или визуализируются **на основе цифровых данных, в том числе цифровых карт и баз данных ГИС**[2, 3];
- Могут быть представлены **в векторном или растровом форматах** [2, 4, 5];
- Визуализируются с помощью специальных **программных средств** [3, 6].

С чем бесспорно можно согласиться, так это с тем, что *электронная карта является изображением, которое создается и существует в электронной, прежде всего в компьютерной среде*, и имеет ряд свойств традиционных карт (например, проекция, масштаб, генерализация, условные знаки). Однако

дальнейшее углубление в понимание сущности и свойств электронных карт выявляет спорные моменты и требует более детального рассмотрения назначения и функций электронных карт в современном обществе.

1. Визуализация. Само понятие изображения подразумевает визуальное восприятие человеком информации о том или ином объекте пространства, поэтому формирование изображения, не предназначенного для визуализации, является бессмысленным. Процесс визуализации в цифровых технологиях заключается в формировании изображения на электронных технических устройствах для непосредственного или последующего зрительного восприятия человеком. Кроме этого процесса есть и другие процессы, связанные с изображением, например запись его на технический носитель, передача по электронной почте. И нет никакой разницы для сущности самого изображения, как информационного продукта, в том, формируется ли оно на экране монитора, в плоттере, записывается на диске или передается по каналам связи.

2. Картографическое изображение. Любое картографическое изображение (произведение, продукция) имеет целью отражения пространственных свойств действительности в наглядных образах, воспроизводить такие визуально воспринимаемые человеком и объективно существующие качества реального мира, как форму, размеры, семантическую сущность предметов и явлений. В этом смысле электронное картографическое изображение также является образно-знаковым, масштабируемым, генерализованным, метрическим изображением в определенной проекции, ориентированным на зрительное восприятие человеком, т.е. имеет те же признаки, что и традиционное картографическое изображение на бумаге.

3. Векторная и растровая карта. Любое изображение, в том числе и электронная карта, состоит из элементов, называемых графическими примитивами и может быть представлено в форматах векторной или растровой графики. В векторной графике такими неделимыми элементами изображения являются точки, линии, полигоны (площадные фигуры), в растровой графике это пиксели. Для введения и воспроизведения этих элементов изображения используются разные технические устройства и разное программное обеспечение. Например, для векторной графики используются векторные редакторы и устройства типа дигитайзеров (для ввода) и графопостроителей (для вывода), для растровой графики соответственно используются растровые редакторы, сканеры и плоттеры. Поэтому в определении сущности электронной карты можно не отражать эти разновидности графической реализации изображения, ограничиваясь общим понятием компьютерной среды, под которым подразумеваются и программное обеспечение, и технические устройства.

4. Генерация (формирование) электронной карты. В компьютерной среде электронное картографическое изображение может появиться только двумя путями:

- Введением посредством специальных технических средств (сканеров, цифровых камер), осуществляющих аналого-цифровое преобразование уже существующих исходных карт;

- Формированием с помощью специального программного обеспечения на основе соответствующих исходных цифровых данных.

В большинстве определений электронной карты упор делается на втором варианте получения электронных изображений путем их формирования (генерации) на основе цифровых карт и баз данных (слоев) ГИС. Однако и первый вариант аналого-цифрового преобразования также правомочен, поэтому в определении электронной карты лучше использовать более общее понятие «создание» карты.

5. В последние годы использование электронных картографических изображений вышло за пределы только компьютерной техники и эти изображения стали использоваться в других электронных устройствах, например, в сотовых телефонах, т.е. можно констатировать, что в самом общем случае электронные картографические изображения существуют в среде цифровой электронной техники.

6. В последние годы в технической литературе стал широко использоваться термин «электронная версия», обозначающий компьютерный вариант текстовой или графической продукции – энциклопедий, словарей, путеводителей, карт и атласов и др. Именно в этом смысле термин «электронными» применен в определении, приведенном в стандарте DIGEST: «электронная карта содержит картографическую информацию, собираемую, хранимую и визуализированную электронными средствами» [1]. На наш взгляд, это одно из наиболее удачных и обобщенных определений сущности электронной карты. Недостатком этого определения является то, что оно раскрывает сущность электронной карты косвенно, посредством описания ее свойств.

7. В ряде определений электронной карты приводятся термины «цифровые данные», «цифровые карты», «цифровые представления», но все они характеризуют информацию, на основе которой создаются электронные карты, а не саму карту. Целесообразно применить термин «цифровой» к характеристике формы представления электронной карты.

Таким образом, целесообразно дать такое определение электронной карты, в котором останутся только характеристические, инвариантные признаки сущности электронной карты, а все возможные разновидности электронных карт отразить в их классификации.

Итак, электронная карта характеризуется следующими признаками:

- Это цифровое представление изображения, которое создано, существует и воспроизводится в среде цифровой электронной техники, прежде всего компьютерной;

- Это графическое изображение, т.е. Информационный продукт, состоящий из графических примитивов – элементов изображения и предназначенный для визуального восприятия человеком;

– Это картографическое изображение, т. е. Образно-знаковое, генерализованное, масштабируемое, метрическое изображение местности в определенной проекции.

Исходя из этого, предлагается следующее определение электронной карты:

Электронная карта – картографическое изображение, созданное, существующее и воспроизводимое в цифровой форме в компьютерной среде, а также в среде другой цифровой электронной техники.

Если принять во внимание близость этого определения к понятию цифровой карты, что может вызвать некоторую путаницу, то возможно более конкретизированное определение:

Электронная карта – цифровое представление картографического изображения, состоящее из цифровых представлений графических примитивов – элементов изображения, созданное, существующее и воспроизводимое в компьютерной среде, а также в среде другой цифровой электронной техники.

В этом определении подчеркнута принципиальная отличительная особенность электронной карты – ее сущность как **совокупности цифровых представлений неделимых элементов изображения (т. е. графической карты) в виде графических примитивов.** Для сравнения [7, 8, 9]:

– Цифровая (по современной терминологии – геоинформационная) модель местности является совокупностью **цифровых представлений (моделей) объектов местности**; на основе цифровой модели местности формируется цифровая карта;

– Цифровая карта является совокупностью **цифровых представлений (моделей) картографических объектов** (т.е. Объектов уже существующей или еще создаваемой карты) и служит цифровой моделью электронной карты.

Разные виды электронных карт, в зависимости от способа их создания, обладают разными характеристиками и возможностями [7]:

– В электронных картах, полученных прямым сканированием исходных графических карт, содержание, качество и точность ограничены аналогичными показателями этих карт – оригиналов; при увеличении их масштаба происходит существенное ухудшение качества;

– Электронные карты, полученные путем формирования из цифровых карт, сохраняют точность и качество исходной цифровой карты (которая, в свою очередь, соответствует точности и качеству картографических, геодезических или аэрофотогеодезических измерений, по результатам которых она построена) при любом увеличении масштаба, а, кроме того, могут быть представлены различными тематическими слоями, в пределах содержания цифровой карты.

Рассмотрим теперь назначение электронных карт в жизни общества на современном этапе его развития.

В настоящее время в процессы отображения и познания действительности, передачи информации все в большей степени проникают компьютерные методы и технологии. В частности, большое развитие получают геоинформационные системы и технологии, позволяющие автоматизировать целый ряд функций,

ранее осуществляемых человеком. Примером могут служить поиск требуемой пространственной информации об объектах местности, вычисления длин и площадей объектов карты, оптимизация маршрутов движения или трассирования линейных сооружений, пространственный анализ явлений и процессов и др. Человек при этом выступает как постановщик условий решаемой задачи и как приемщик полученных результатов. Естественно, для этого человеку необходимо получение пространственной информации на всех этапах выполняемого процесса в доступной ему форме, каковой и является картографическое изображение, получаемое путем воспроизведения электронной карты на технических устройствах.

Электронные карты, полученные сканированием графических карт, используются в качестве исходного материала в процессах создания геоинформационных (цифровых) моделей местности и цифровых карт.

Широкой областью использования электронных карт является их применение в качестве основы в процессах компьютерной подготовки к изданию и полиграфического тиражирования компьютерных карт.

Еще одной областью применения электронных карт является осуществление непосредственно человеком ориентации и навигации на местности по картографическим изображениям, выведенным на видеоэкран технического устройства, например, ноутбука или сотового телефона.

И, наконец, электронные карты используются для обзорного представления территории в различных информационных системах (например, в справочно-картографических системах, электронных атласах и т. п.) или в Интернете, чаще всего в сочетании с другими видами информации: текстовой и мультимедийной.

Таким образом, электронные карты в современных условиях используются как в новом качестве, так и в определенной степени традиционно, как и бумажные карты:

- Для осуществления человеком управляющих функций при поиске, обработке и анализе пространственных данных при их геоинформационной обработке – новые функции;
- Для создания цифровых моделей местности и/или цифровых карт при геоинформационном картографировании – новые функции;
- Для подготовки к изданию, оперативной или полиграфической печати компьютерных карт – новые функции;
- Для ориентации и навигации на местности – сочетание новых и традиционных функций;
- Для обзорного представления территории – сочетание новых и традиционных функций.

Последние две группы функций только частично совпадают с аналогичными функциями графических карт, поскольку, как правило, реализуются в сочетании с дополнительными современными возможностями. Например, на электронной карте может быть автоматически выделен заданный объект или показан маршрут движения транспортного средства. Другой пример:

при обзорном изучении местности могут быть введены или выведены из изображения разные электронные карты, содержащие информацию о разных тематических слоях, а при изменении масштаба изображения могут быть автоматически выведены другие электронные карты соответствующего масштаба. Таким образом, в отличие от режима пассивного использования графических карт, электронные карты используются в интерактивном режиме в сочетании с другими цифровыми моделями и специальным программным обеспечением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кошкарёв, А.В. Понятия и термины геоинформатики и ее окружения: учебно-справ. пособие. / А.В. Кошкарёв; Рос. Акад. наук, Ин. Географии М.: ИГЕМ РАН, 2000. - 76 с.
2. Геоинформатика: толковый словарь основных терминов / Ю.Б. Баранов и др. М.: ГИС-Ассоциация, 1999. - 202 с.
3. Основы геоинформатики: в 2 кн.: учеб. пособие для студ. вузов; под ред. Е.Г. Капралов, В.С. Тикунов и др. - М.: Издат. центр «Академия», 2004.
4. Отраслевой стандарт Минобразования России. «Информационные технологии в высшей школе. Геоинформатика и географические информационные системы. Общие положения». ОСТ ВШ 02.001-97// Материалы Второй всерос. конф. «Геоинформатика и образование», М., 1998. - с. 137 – 139.
5. ГОСТ Р. 50828 – 95. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования. – М.: ИПК Изд. стандартов, 1996. – 3с.
6. Берлянт, А.М. Геоинформатика / А.М. Берлянт. – М.: Фирма «Астрей», 1996. – 207 с.
7. Карпик, А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: монография / А.П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2004. - 260с.
8. Лисицкий, Д.В. Общность и различие понятий «цифровая модель местности», «цифровая карта» и «электронная карта» / Д.В. Лисицкий. Соврем. проблемы геодезии и оптики. LI научно-техн. конф., 16-19 апр. 2001 года: тез. докладов / Новосибирск: СГГА, 2001. – С. 143–144.
9. Лисицкий, Д.В., Назначение и особенности цифрового картографического изображения в геоинформационном картографировании / Д.В. Лисицкий., С.Ю. Кацко // ГЕО-Сибирь-2005. Т. 4. Геоинформатика: сб. материалов научн. Конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», 25-29 апреля 2005 года, Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 23–28.

© Д.В. Лисицкий, 2007

УДК 004.942:528.91(438)

А.А. Жарновский

ВМУ, Ольштын, Польша

О ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В настоящее время информационные технологии определяют темпы развития любой отрасли народного хозяйства. Примером этого могут быть е-бизнес, е-банки, системы е-расчетов, е-администрация, интернет-магазины, системы дистанционного обучения и другие. Заметим также, что при этом методы обработки данных и документов, в сравнении с ранее используемой

традиционной технологией, претерпевают значительную трансформацию, которая на логическом уровне пользователя может быть и не столь заметна.

Все вышесказанное касается и разрабатываемого в Польше геопортала, целью создания которого является сбор геоинформации, а также других прямо или косвенно связанных с геоинформацией данных из государственных и частных источников, и реализация услуг пользователям на основе всех накопленных данных. В течение ближайших 2-3 лет намечено выполнить интеграцию всех открытых реестров и стандартизацию геоинформации, которая нужна для функционирования е-администрации.

Ниже представлены результаты исследований технологий и продуктов, которые могут использоваться в разрабатываемом геопортале.

1. Геоинформационная технология (ГТ) является методологической основой ГИС. Ее главными компонентами являются: база семантических данных, объектно-графическая основа и правила идентификации объектов в виде системы кодирования. Анализ различных систем реализующих ГТ, показывает, что она не является идеальной и как всякие технологии имеет свои достоинства и недостатки.

Одним из существенных особенностей геоинформационной технологии является использование разработанной более 30 лет назад геореляционная модель данных, которая „объединяет” в целое разнородные по сути, методам организации, способам получения и доступа компоненты. Цена такого способа реализации ГТ – трудоемкий и дорогостоящий процесс векторизации образной геоинформации и сложная система кодирования объектов местности. Кроме того, геореляционная модель не имеет эффективного встроенного механизма метаданных, которые необходимы для оценки возможностей трансфера данных и их использования в технологических процессах.

Существующие ГИС в смысле методов получения данных, содержания баз данных и механизмов формирования отчетов не в полной мере учитывают особенности различных классов пользователей. Такую классификацию можно выполнить на основе анализа запросов к объектно-графической основе и семантическим данным [Levin и др. 2004].

К первой группе можно отнести таких пользователей, для которых основная работа с ГИС связана с объектно-графической основой, а запросы к семантическим данным занимают не более 10% общего времени работы с системой. К этой группе относятся геодезисты, топографы, картографы, проектировщики инженерных сооружений и другие специалисты, для которых карта является основным рабочим средством в технологических и проектных процессах. В целом, это группа пользователей достаточно малочисленная, стабильная по количеству и нет никаких весомых оснований для ее значительного расширения в будущем.

Вторая группа пользователей – это пользователи, для которых запросы к семантическим и картографическим данным делятся приблизительно поровну. Это специалисты различных кадастровых служб, землеустроители и т.п. Эта

группа пользователей количественно несколько больше, по сравнению с первой группой, но тоже является стабильной и не будет в будущем расширяться.

Третья группа пользователей – это массовые пользователи, для которых характерно:

- Географическая подготовка на уровне средней школы,
- Использование объектно-графической основы в основном как инструмента поиска семантической информации,
- Потребность в простейших картографических измерениях,
- Слабой подготовкой в области компьютерных и информационных технологий.

К ним относятся администраторы всех уровней, нотариусы, работники банков, судов, милиции, коммунальных служб, владельцы недвижимости, фермеры и т.п. Эта категория пользователей будет постоянно и динамично увеличиваться, если предлагаемые им системы будут учитывать специфику их требований, при достаточно низкой стоимости технических и программных средств, эксплуатационных затрат и трудоемкости.

Важную роль в ГТ выполняет объектно-графическая основа, в качестве которой в настоящее время используются цифровые планы и карты, цифровые ортофотопланы. В последние годы проводятся исследования по использованию в качестве объектно-графической основы растровых планов и карт. Это связано с поиском путей снижения затрат времени и средств на создание и обновление образной геоинформации.

Обратим внимание еще на одну особенность ГИС. При создании объектно-графической основы в виде цифровой карты в долговременной памяти записываются в том или ином формате пространственные данные I_G об объектах, а семантические данные I_O об этих же объектах хранятся в базе данных (реляционной или объектной). Поэтому информация, которую пользователь может прочесть с топографической карты, на основе которой создана объектно-графическая основа ГИС, увеличивается для пользователя ГИС на величину I_O . Печатная копия объектно-графической основы в свою очередь содержит только начальную информацию I_G , а семантические данные из базы данных не могут быть прочитаны с распечатки (*hard copy*) карты.

2. ГИС-алфавит и алгоритм генерирования его символов. Организация диалога между пользователем и информационной системой всегда являются проблемой при разработке и внедрению систем, которая приобретает особое значение в ГИС при использовании цифровых карт для поиска, селекции и визуализации пространственных данных.

Во многих научных работах, которые связаны с определением места картографии в науках о Земле, указывается на взаимосвязь картографического и естественного языков. Чтение карты объединяет в себе чтение текстовых данных и поиск информации в процессе перехода от картографической модели к передаче сообщения в языковой (словесно-цифровой) форме. Заметим, что все свойства карты, которые использует человек для чтения с нее информации о местности, являются недостаточно формализованы и во многих случаях

попросту бесполезны при "чтении" карты с использованием компьютера. Если смотреть на процесс чтения карты, как соединение символов картографического алфавита в слова и предложения, то можно сформулировать вопрос: какие должны быть символы картографического алфавита, которые в равной степени могли бы быть эффективно использоваться как компьютером, так и человеком для чтения информации с карты?

Решением проблемы могло бы быть запись семантической информации на растровой карте с помощью символов ГИС-алфавита, что гарантирует для пользователей возможность чтения всей информации, имеющейся в ГИС с распечатки объектно-графической основы. Символы ГИС-алфавита могут быть разработаны на основе теории генерирования символов е-алфавита [Жарновский 2004]. Символ е-алфавита – это создаваемый с использованием определенных математических правил графический символ на растровом образе, главным свойством которого является отображение любого слова естественного языка без информационных потерь.

Любое слово естественного языка может быть записано как символ е-алфавита, если будет определен соответствующий исходный алфавит (V). Размер растрового образа C для записи символа устанавливается на одной оси (например, X) равным количеству исходного слова, а на другой – равным размерности исходного алфавита. Всем пикселям растрового образа C предварительно приписывается определенный цвет $c_{ij} = c_F$, например, белый.

Определение. Любая буква (a) слова (aa) в естественном языке ($a \in (V)$) может быть отображена на растровом образе C ($i=0,1, \dots, N, j=0,1, \dots, K$) как пиксель с индексами: $i = r, j = R$, где r – порядковый номер буквы в алфавите (V), R – порядковый номер буквы в слове, K – размерность алфавита, N – количество букв в слове.

Правило генерирования символа е-алфавита S может быть сформулировано следующим образом: для каждой буквы трансформируемого слова (aa) в естественном языке с исходным алфавитом (V) следует в соответствии с определением вычислить индексы i, j соответствующего пикселя растрового образа и приписать ему цвет, отличный от c_F .

Пусть $c_F = 0, c_{i,j} = 1$. Определим алфавит (размерность которого $K = 30$):
 $(V) = \{a, б, в, г, д, е, ж, з, и, й, к, л, м, н, о, п, р, с, т, ф, х, ц, ч, ш, щ, ь, ы, э, ю, я\},$

Таким образом, генерирование символа е-алфавита S из слова геоматика (количество букв в слове 9) выполняется следующим образом: $S \Rightarrow г \Rightarrow C_{4,1} = 1 \Rightarrow е \Rightarrow C_{6,2} = 1 \Rightarrow о \Rightarrow C_{15,3} = 1 \Rightarrow м \Rightarrow C_{13,4} = 1 \Rightarrow а \Rightarrow C_{1,5} = 1 \dots$

Соответственно, символ е-алфавита на растровом образе будет записан в виде, представленном на рис. 1. Для удобства чтения символа на карте пиксели соединены линиями.



Рис. 1. Символ е-алфавита для слова геоматика

В соответствии с классификацией объектов топографической базы данных, принятой в Польше, в нее входят 42 сетевые структуры, 130 топографических объектов, 150 объектов местности, 28 элементов ландшафта. Для записи информации об объектах топографической базы данных на растровом образе разработаны соответствующие символы ГИС-алфавита. Для генерирования символов автором разработана система „ТТГ” (Трансформация Текст-Графика), которые используется также и для чтения семантических данных с растровой карты.

При принятой в Польше трехуровневой иерархии объектов местности разработан 351 символ ГИС-алфавита, из анализа которых следует:

- Каждый символ ГИС-алфавита имеет свой индивидуальный вид, что позволяет их однозначную идентификацию человеком и компьютером,
- Важным этапом генерирования символов ГИС-алфавита является выбор исходного алфавита и ключевых слов для определения принадлежности объекта к определенному классу,
- Трехуровневая иерархическая система организации символов ГИС-алфавита позволяет их достаточно эластичное использование в качестве источника семантических данных.

3. Модифицированная геоинформационная технология. На основе использования имеющихся продуктов ГТ, современных информационных технологий и методов генерирования символов ГИС-алфавита может быть разработан новый продукт образной геоинформации, названный „семантической” картой. Разработка технологии производства семантических карт связана с решением следующих проблем:

- Перехода от векторной к растровой объектно-графической основе ГИС,
- Разработки новой функциональной модели использования объектно-графической основы для различных классов пользователей,
- Модернизации ГТ в части замены системы кодирования объектов на символы ГИС-алфавита,
- Разработки рациональных методов считывания информации об объектах местности при использовании семантических карт.

При этом на этих картах могут быть записаны любые дополнительные данные, например, кадастровые. Кроме того, условные знаки, используемые в традиционной технологии, могут быть частично или полностью заменяться на символы ГИС-алфавита, как показано на рис. 2. Семантическая карта может поставляться пользователям на бумажном носителе, пластике или е-бумаге. В последнем случае считываемая с карты информация может быть непосредственно использоваться в приложениях пользователя.

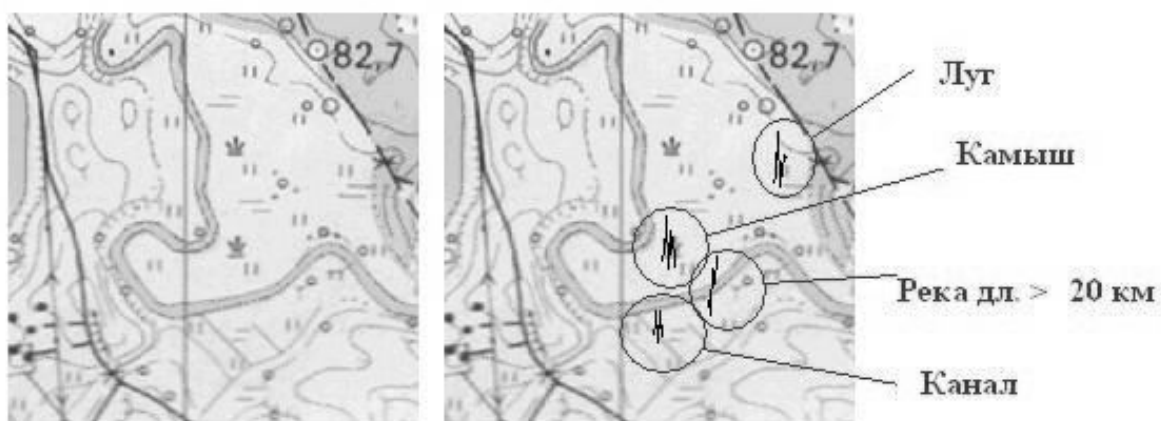


Рис. 2. Фрагмент топографической и семантической карты

Выводы и предложения. На основе выполненных исследований можно отметить, что использование разработанных ранее технологий, в том числе и геоинформационной, в новых системах и технологиях требует критической оценки с точки зрения возможностей их непосредственного использования.

Геоинформационная технология без ее коренной модернизации не может быть эффективно использоваться в системах ориентированных на массового пользователя в том числе и в геопорталах.

Одним из методов модернизации ГТ является создание и использование нового геоинформационного продукта – семантической карты.

Исследования выполнены в рамках научно-исследовательского проекта N520 022 31/2971 "Разработка символов ГИС-алфавита и их применение в растровых картах и цифровых ортофотокартах", финансируемого Министерством Науки и Высшего образования Польши.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Levin E., Jansson T., Guienko G., Jarnovski A., Geo-information reality – mass user oriented modeling of environment, SPIE Defense and Security „Formerly Aero Sense”, Vol 5434 - „Multisensor, Multisource Information Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications”: 319-326, 2004
2. Zarnowski A., Model tekstowy danych graficznych, alfabet elektroniczny oraz ich zastosowanie w geoinformacji obrazowej i SIP, Rozprawy i Monografie, Nr. 87, Wydawnictwo UWM, Olsztyn, 2004.

© А.А. Жарновский, 2007

УДК 528.91(571.53)

И.М. Головных

ИрГТУ, Иркутск

С.Ф. Мазуров

ФГУП «ВостСиб АГП», Иркутск

Л.А. Пластинин

ИрГТУ, Иркутск

В.П. Ступин

ФГУП «ВостСиб АГП», Иркутск

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНОВ ВЛАСТИ, ХОЗЯЙСТВА И БИЗНЕСА БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

В настоящее время важнейшей задачей для нашей страны является оптимальное проведение административной и хозяйственной реформы в субъектах РФ разных уровней. При этом, имеет место острая необходимость геинформационного обеспечения указанных реформ, в частности, широкого внедрения ГИС-технологий, электронного картографирования и дистанционных аэрокосмических методов в практику административно-хозяйственной деятельности на государственном и региональном уровнях.

В наши дни невозможно представить успешно развивающуюся экономику без постоянно обновляемых картографических данных на основе геоинформационных технологий. Геоинформационное обеспечение позволяет визуализировать и связать между собой огромное количество информации, накопленной за многолетнюю деятельность различных органов администрирования, науки, хозяйствования, бизнеса и предпринимательства. Оно дает возможность, по мере необходимости, пополнять, обновлять, производить обработку и анализ информации, т.е. осуществлять качественно новое, гибкое и оперативное управление субъектами РФ.

В то же время в стране все острее не хватает подготовленных специалистов в области геинформационного картографирования и компьютерных технологий картографирования, требуется активизировать поиски в развитии теории и практики этой новой отрасли, и, прежде всего, на уровне высшей школы, при подготовке кадров высшего уровня.

Приведенные выше соображения и явились основанием для создания в Иркутске регионального научно-образовательно-производственного комплекса геоинформационного обеспечения. Комплекс организуется на базе иркутского государственного технического университета при поддержке ведущих региональных производственных организаций картографо-геодезической направленности. Основной целью формирования указанного комплекса является создание системы подготовки и переподготовки специалистов высшего уровня (магистров, аспирантов, докторантов) в области технологий геинформационного обеспечения административных и хозяйственных органов, бизнеса и предпринимательства в Байкальском регионе.

Основными задачами, реализуемыми в рамках инновационного образовательного проекта, являются:

- Разработка программ подготовки и переподготовки специалистов высшего уровня в области геинформационного обеспечения административных и хозяйственных органов, бизнеса и предпринимательства;
- Создание комплекса учебно-методического обеспечения для подготовки и переподготовки специалистов высшего уровня по компьютерным и сетевым образовательным технологиям в системе высшей школы на базе ИрГТУ;
- Создание инновационного учебно-научного центра по внедрению результатов проекта в сферу административного и хозяйственного управления,

в бизнес и предпринимательство на территориях Байкальского региона в подготовке высококвалифицированных специалистов в данной сфере;

- Создание современной лабораторной базы для подготовки и переподготовки высококвалифицированных специалистов для проведения перспективных инновационных НИОКР;

- Организация специализированной учебно-научной лаборатории по геоинформационному картографированию природных и социально-экономических систем и ресурсного аэрокосмического центра по приему и автоматизированной обработке материалов дистанционного зондирования.

Реализация инновационного образовательного проекта предполагает:

- Разработку новых образовательных программ по подготовке и переподготовке специалистов высшего уровня в области технологий геоинформационного обеспечения органов власти и хозяйственных структур бизнеса и предпринимательства в субъектах РФ на территории Байкальского региона;

- Создание электронных учебников и учебных пособий по новым направлениям и специальностям в области геоинформационного картографирования и инвентаризации природных ресурсов с применением материалов дистанционного зондирования;

- Организацию и оборудование специализированной учебно-научной лаборатории по геоинформационному картографированию природных и социально-экономических систем и ресурсного аэрокосмического центра по приему и автоматизированной обработке материалов дистанционного зондирования;

- Разработку методологии, инженерно-технологических методик и программных продуктов по геоинформационному обеспечению хозяйственного и управленческого направления, для представления бизнесу и предпринимательству;

- Подготовку и переподготовку профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников для внедрения результатов НИОКР, проводимых на базе центра.

Инновационный образовательный проект является коллективным открытым объединением и в настоящее время включает следующих участников:

- Кафедры ИрГТУ, обеспечивающие геоинформационное обеспечение рационального природопользования и техногенеза факультетов: горного, геологии, геоинформатики и геоэкологии, строительства и городского хозяйства, транспортных систем, кибернетики;

- Лаборатории Институты Солнечно-земной физики и Географии им. В.Б. Сочавы СО РАН;

- Научно-учебный и картографический центр «Сибэкокарта»;

- Научно-производственная компания «БайкалГеоСервис»;

- ФГУП «Восточно-Сибирское аэрогеодезическое предприятие» Роскартографии;
- Восточно-сибирский филиал ФГУП «Госземкадастрсъемка» (ВИСХАГИ);
- Производственные организации Топографической Службы ВС РФ, расположенные в Иркутске.

Основные планируемые результаты и продукты, получаемые в ходе реализации инновационного образовательного проекта:

- Система подготовки, переподготовки и сертификации специалистов высшего уровня в области технологий геоинформационного обеспечения административных и хозяйственных органов, бизнеса и предпринимательства Байкальского региона;
- Выполнение НИОКР по заявкам и согласованным научным программам с органами власти, хозяйственными структурами, бизнесом и предпринимательством субъектов РФ на территории Байкальского региона; ежегодно:
- Разработка усовершенствованных геоинформационных технологий, новых методик и методов автоматизированной обработке геоинформации в целях рационального природопользования и техногенеза, развитие методов дистанционного зондирования;
- Новых методик и методов автоматизированной обработки, в т.ч. подготовка и совершенствование программных продуктов;
- Развитие и совершенствование методов ДЗЗ.

Системность и масштаб влияния проекта на инновационное развитие вуза, отрасли, региона, в целом на систему высшего профессионального образования при подготовке специалистов высшего уровня заключается в создании системы подготовки и переподготовки специалистов высшего уровня в области технологий геоинформационного обеспечения административных и хозяйственных органов, бизнеса и предпринимательства в Байкальском регионе. Это позволит использовать в учебном процессе наиболее передовые разработки в этой отрасли, освоить и существенно расширить применение новых методов и средств автоматизированной обработке геоинформации и материалов дистанционного зондирования Земли из космоса.

Создание и использование в учебном процессе современной учебно-научной лаборатории «Дистанционных методов и геоинформационных технологий» будет способствовать распространению новых методов и средств обработки данных дистанционного зондирования и геоинформационного картографирования в ИрГТУ, картографическом производстве и в регионе в целом.

В результате выполнения инновационной образовательной программы будет заложена система подготовки и переподготовки кадров высшего звена для

муниципальных образований различного ранга, хозяйственных структур, бизнеса и предпринимательства субъектов РФ в Байкальском регионе.

Разработанная образовательная система может быть предложена другим вузам региона других территорий России.

© И.М. Головных, С.Ф. Мазуров, Л.А. Пластинин, В.П. Ступин, 2007

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА РАЗВИТИЯ СИСТЕМ

Изучение, управление и проектирование больших и сложных систем получает всё более широкое распространение в различных областях человеческой деятельности. При этом всегда имеется множество вариантов решения (достижения цели), отличающихся между собой ресурсами необходимыми для их реализации и условиями реализации. Из этого множества требуется выбрать наиболее приемлемый (полезный, оптимальный) с точки зрения Лица Принимающего Решение вариант. Полезность выбора каждого варианта оценивается мерой его соответствия целям (критериям) выбора. Функцию, которая позволяет оценить полезность вариантов, называют целевой функцией. Если полезность оценивается по одному критерию, то целевую функцию называют однокритериальной, а если по многим критериям, то – многокритериальной. Наиболее простым является случай, когда целевая функция однокритериальная. Тогда для лучшего варианта она принимает экстремальное (минимальное или максимальное) значение. Но в задачах выбора оптимального варианта развития систем целевая функция, как правило, многокритериальная.

Задачу выбора оптимального варианта можно решать, разделив её на шаги и оптимизируя по шагам. Такой метод решения (метод динамического программирования) предложил американский математик Р. Беллман. /1/. Геометрическая интерпретация задачи динамического программирования приведена на рис. 1.

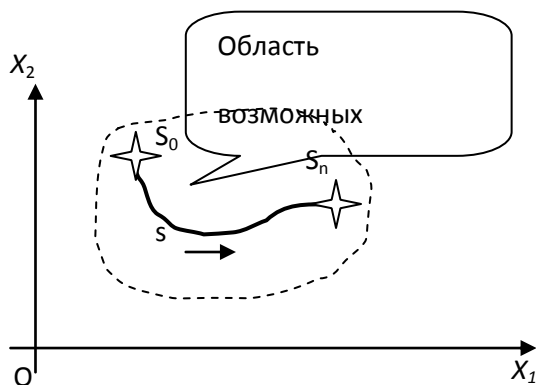


Рис. 1. Геометрическая интерпретация задачи динамического программирования

На этом рисунке S_0 – начальное состояние системы, S_n – состояние системы после выполнения n шагов оптимизации, S – линия представляющая геометрический образ оптимального варианта развития системы.

Траекторий перехода системы из состояния S_0 в состояние S_n множество. Из этого множества выбирают конечное подмножество вариантов и делят их на конечное число шагов (этапов) реализации. В результате получают представление вариантов развития системы в виде графа, как это показано на рис. 2.

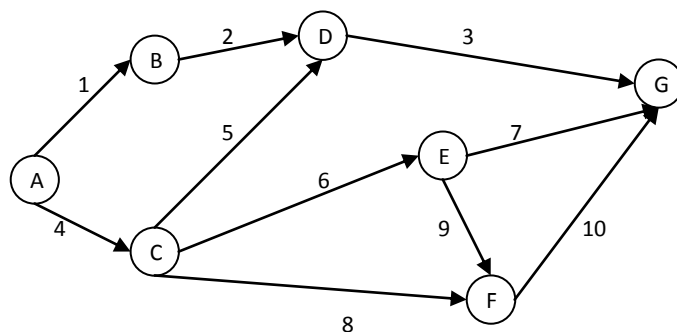


Рис. 2. Граф вариантов изменения состояния системы

На этом рисунке этапы вариантов развития системы изображаются вершинами графа, а возможные пути перехода - дугами графа. Значения однокритериальной целевой функции представлены в виде числовой функции на дугах графа.

Задачу выбора оптимального состояния системы теперь можно сформулировать следующим образом: найти такой вариант изменения состояния системы, который доставляет экстремум (максимум или минимум) целевой функции, заданной на дугах графа. Это типичная задача динамического программирования, алгоритм решения которой достаточно известен /1/. Для приведённого на рис. 1 графа максимальный путь проходит через вершины $ACEFG$ и его длина равна 29, а минимальный путь – через вершины $ABDG$ и его длина равна 6.

Целевая функция в задачах выбора оптимального варианта состояния системы многокритериальная. Поэтому целевую функцию на графе необходимо определить для каждого критерия. Варианты оптимальные по каждому критерию образуют множество конкурирующих вариантов, из которых и необходимо выбрать оптимальный вариант. При этом оптимальные по разным критериям варианты могут не совпадать. Пусть, например, имеется $N = 6$ вариантов, каждый из которых оценивается по $M = 4$ критериям и результаты оценки в условных единицах или баллах помещены в матрицу

$$U := \begin{pmatrix} 4 & 5 & 3 & 2 & 7 & 1 \\ 5 & 7 & 6 & 3 & 2 & 3 \\ 2 & 7 & 5 & 6 & 2 & 7 \\ 3 & 2 & 5 & 3 & 2 & 2 \end{pmatrix},$$

называемую матрицей конкурирующих вариантов. Каждый элемент $u_{i,j}$ в этой матрице – оценка полезности варианта с номером j ($j = 1, 2, \dots, N$) по критерию с номером i ($i = 1, 2, \dots, M$).

Пусть для определённости требуется найти вариант, доставляющий максимум по всем критериям. В данном примере нет такого варианта. По первому критерию это пятый вариант, по второму – второй, по третьему – второй и шестой, по четвёртому – третий. Вариант оптимальный по одному критерию не является оптимальным по другим критериям. Спрашивается, какой вариант следует считать оптимальным?

Из такой ситуации существует только два неформальных выхода. Первый основан на построении обобщённого критерия, как некоторой функции частных критериев, и решению после этого однокритериальной задачи /1/, и второй, основанный на известных методах неформальной, эвристической оптимизации. Однако прежде чем применять эти методы, необходимо убедиться, что среди сравниваемых вариантов нет доминирующих, т.е. таких, которые по всем критериям не хуже хотя бы одного из других вариантов. В нашем примере второй вариант доминирует шестой вариант. Следовательно, этот вариант (шестой) из дальнейшего анализа можно исключить, так как он заведомо хуже второго варианта. Оставшиеся варианты составляют так называемое множество Парето оптимальных вариантов /2/. Только среди этих вариантов и нужно искать оптимальный. Если Парето оптимальное множество вариантов состоит из единственного элемента, то это и есть оптимальный вариант и задача оптимального выбора решена. Если же в Парето оптимальном множестве вариантов более одного элемента, то необходимо продолжить поиск оптимального варианта среди вариантов, составляющих это множество. Формальных методов нахождения оптимального варианта в Парето оптимальном множестве не существует.

Эвристические методы основаны на выдвижении различных гипотез оптимальности, основанных на интуиции и опыте людей и позволяющих после этого уже с помощью формальных процедур выбирать оптимальный вариант. Гипотезы оптимальности формулируют, определяя на множестве критериев функцию предпочтения критериев. Наиболее распространёнными являются гипотезы Лапласа, Вальда, Гурвица или Сэвиджа /1/. Однако результаты такой оптимизации субъективны и зависят от выбранной гипотезы оптимальности.

Нередко критерии рассматривают как случайные события, составляющие полную группу, и функция предпочтения не формально (например, на основании экспертных оценок) задаётся распределением вероятности предпочтения критериев. Это позволяет оценить ожидаемую полезность каждого варианта (как математическое ожидание полезности) и выбрать наиболее полезный вариант. При этом имеется возможность оценить потенциальный ущерб (риск), обусловленный выбором варианта.

Изложенные обстоятельства позволяют выполнить декомпозицию задачи оценки и выбора оптимального варианта развития системы и представить следующий алгоритм её решения.

1. Составить модель вариантов в виде графа.
2. Определить критерии, по которым оценивается полезность вариантов.
3. Для каждого критерия определить список оптимальных вариантов (решить задачу динамического программирования).
4. Составить матрицу конкурирующих вариантов.
5. Найти Парето оптимальное множество вариантов.
6. Сформулировать гипотезы для выбора оптимального варианта.
7. Выбрать оптимальный вариант.

Практическая реализация каждого пункта предложенного алгоритма представляет самостоятельную задачу, без решения которой обоснованно выбрать оптимальный вариант трассы невозможно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель – М.: Сов. Радио, 1972. – 522 с.
2. Перегудов Ф.И. Основы системного анализа: учебник / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – 2-е изд., доп. – Томск: Изд-во НТЛ, 1997. – 396 с.: ил.

© И.Г. Вовк, 2007

УДК 528.48
О.В. Лебедев
ЛАЭС, Сосновый Бор
А.И. Федоров
СГГА, Новосибирск

ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СООРУЖЕНИЙ АЭС

Планово-высотные сети на территории промышленных и энергетических комплексов создаются для выполнения разбивочных работ и исследования оснований и фундаментов сооружений. Точность и плотность сетей на территориях промплощадок зависят от размеров обслуживаемой территории и точности работ по разбивке зданий, сооружений и при измерении деформаций. На территории АЭС высотная сеть используется при выполнении следующих работ:

- Строительство промышленных зданий и сооружений;
- Строительство и эксплуатация систем коммуникаций;
- Изучение колебаний уровня грунтовых вод;
- Слежение за деформациями оснований и фундаментов;
- Обеспечение производственного процесса внутри промышленных корпусов;

Все работы по нивелированию производятся в единой системе высот по методике государственного нивелирования, но длины ходов и расстояния между реперами по сравнению с инструкцией значительно уменьшены. При выполнении инженерно-геодезических работ на территории АЭС поправки в измеренные превышения за переход к системе нормальных высот, как правило, не вводится ввиду малой протяженности ходов.

При строительстве, эксплуатации и реконструкции сооружений АЭС возникает необходимость в создании специальных высотных сетей и в производстве высокоточного нивелирования. Точность измерения превышений на расстоянии 10 – 15 метров оценивается средней квадратической ошибкой 0,1 – 0,05 мм.

При проектировании высотной сети на территории АЭС необходимо выбрать наиболее удобные места расположения реперов и марок, а также наметить трассы нивелирных ходов. Нивелирные знаки должны по возможности закладываться в стены капитальных корпусов и сооружений на высоте 0,3 – 0,6 м.

Параметры и габариты механического и энергетического оборудования, а также сложность их конструкций непрерывно возрастают. В связи с ростом единичных мощностей оборудования вопросы обеспечения его высокой надежности, а также предотвращения недопустимых деформаций приобретают все большее значение. В последние годы к изучению деформаций крупного энергетического оборудования и его наладке стали привлекаться новые геодезические методы измерений, которые позволяют получать не только количественную характеристику деформаций, но во многих случаях способствуют выявлению новых представлений о работе оборудования, фундамента и основания, что может являться толчком для развития новых теорий, конструкций, проектных решений и т. д.

При составлении проектов реконструкции необходимо выполнять исполнительную съемку строительных конструкций, фундаментов для получения данных и сравнения их с проектными величинами. В этом случае необходимо максимальное использование реперов, осевых знаков, пунктов строительной сетки, которые использовались при строительстве и хорошо сохранились. Если таковых нет, то необходимо их заложить вблизи зданий и привязать к существующей сети.

Геодезические работы в период реконструкции по существу являются проектом производства геодезических работ, который должен составляться для строительства особо сложных объектов. Они аккумулируют в себе известные приемы и методы инженерной геодезии. При проектировании геодезических работ основные трудности заключаются в увязке опорных сетей для наблюдения деформаций с задачами строительства.

Реконструируемые сооружения, как правило, сложные и многоуровневые, поэтому планово-высотную съемку необходимо выполнять на разных отметках. Это создает определенные трудности для установки КИА и перемещения персонала. Так же накладывает дополнительные сложности наличие зон с

вредными воздействиями и необходимость передачи отметок из одной зоны в другую.

В последнее время делаются попытки автоматизировать процессы контроля и измерения в условиях действующего предприятия при помощи сканирующих лазерных приборов. Эти методы являются наиболее перспективными, поскольку значительно снижают трудоемкость измерения и дают возможность получать более объективное представление о геометрических параметрах контролируемого объекта. Опыт работы с лазерными сканерами позволяет сделать вывод о возможности их использования на промышленных предприятиях. Особенно это важно для помещений с вредными воздействиями. Преимущества сканерного способа: полнота сбора информации; бесконтактные измерения; высокая точность и достоверность; быстрота измерений.

Для правильной постановки диагноза технического состояния конструкций зданий, сооружений и оборудования необходимо так же иметь ряд других количественных и качественных параметров, полученных в процессе проектирования, строительства и эксплуатации сооружений и оборудования АЭС. Важнейшие из них следующие:

- Техническая характеристика конструкций;
- Расчетные значения осадок и деформаций;
- Данные о величинах действия статических и динамических нагрузок;
- Характеристики инженерно-геологических условий;
- Информацию о режимах работы оборудования.

Комплексная диагностика технического состояния конструкций зданий, сооружений и оборудования может быть проведена только опытными специалистами с использованием новейшего оборудования.

© О.В. Лебедев, А.И. Федоров, 2007

УДК 528.3:330.133
Ю.В. Родионова
СГГА, Новосибирск

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ СОЗДАНИЯ НАДЁЖНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ

Современное оптико-электронное оборудование для выполнения топографо-геодезических работ характеризуется высококачественной оптикой и механикой, удобным интерфейсом, мощным встроенным программным обеспечением, высокой точностью, большой скоростью производства измерений и позволяет обеспечить высокое качество выполнения работ при минимальных затратах времени.

Однако, с развитием средств сбора и обработки геодезической информации не только повысились скорость и эффективность ее получения, но и существенно возросли объемы обрабатываемых информационных данных.

Необходимость оперирования обширными массивами данных и сложность осуществления их контроля, а также автоматизация всех процессов производства геодезических работ обусловили потребность в разработке специальных инструментов обеспечения высокой надежности получаемой геопространственной информации.

Надежность геопространственной информации обеспечивается реализацией условий осуществления эффективного контроля и поиска в ней возможных грубых ошибок измерений.

Проблема надежности особенно значима для геодезических сетей, в которых повторные измерения выполнить невозможно (сети, создаваемые для наблюдения за различными деформациями и смещениями, геодезическое обоснование тахеометрической съемки, создаваемое одновременно с выполнением съемки электронным тахеометром и так далее). В таких сетях, при необходимости, обнаружить и устранить грубые ошибки измерений можно только с помощью аналитических методов, которые эффективны лишь в случае, если геодезическая сеть характеризуется высокой степенью надежности.

Тестирование геодезических построений на возможность обнаружения грубых ошибок измерений показало, что большинство их стандартных схем не обладает достаточным уровнем надежности даже для локализации одной грубой ошибки в измерениях.

В настоящее время для повышения надежности геодезических построений целесообразно использовать специальные технологии. В работе [1] предложена технология, включающая применение метода наложения графиков поправок, специализированного программного обеспечения, новых параметров оценки надежности, новых принципов построения геодезических сетей, обеспечивающих высокий уровень их надежности.

Метод наложения графиков поправок в настоящее время является одним из наиболее эффективных методов поиска грубых ошибок измерений [2], [3].

Данный метод позволяет в любом геодезическом построении обнаруживать все возможные комбинации грубых ошибок измерений, производить вычисление значений грубых ошибок и выполнять оценку точности полученных значений, выявлять отдельные измерения и комбинации измерений, в которых принципиально невозможно обнаружить грубые ошибки.

Алгоритм метода наложения графиков поправок реализован в программе NAL_GR, являющейся составной частью одноименного программного продукта [4]. Программа NAL_GR универсальна и годится для тестирования на грубые ошибки измерений различных видов геодезических построений.

До недавнего времени в геодезической сети вычисляли два показателя надёжности: для каждого измерения – показатель внутренней надёжности и для каждого определяемого параметра – показатель внешней надёжности [5], [6], [7]. Однако, установление факта отсутствия возможности однозначного обнаружения одной грубой ошибки или комбинации грубых ошибок измерений для большинства стандартных схем геодезических построений обусловило необходимость разработки новых специальных параметров надежности.

Для характеристики возможности обнаружения грубой ошибки в любом измерении сети предлагается использовать "параметр надежности первого порядка $\bar{P}_1$ " [8]. Данный параметр выражается обыкновенной дробью: в знаменателе указывается общее число измерений в геодезической сети, в числителе — число измерений, в которых можно обнаружить грубую ошибку с помощью какого-либо теста. Понятно, что надежной можно считать только такую геодезическую сеть, у которой параметр надежности первого порядка равен единице ($\bar{P}_1=1$). Именно в такой геодезической сети показатели внутренней и внешней надежности обретают подлинный смысл; если же $\bar{P}_1 < 1$, то эти показатели являются формальными по сути.

Для характеристики возможности обнаружения в геодезической сети всех комбинаций по две, три и более ошибки необходимо использовать, соответственно, "параметр надежности второго порядка $\bar{P}_2$ ", "параметр надежности третьего порядка $\bar{P}_3$ " и так далее [8].

Возможности метода наложения графиков поправок обнаруживать все комбинации грубых ошибок измерений, соответствующие вектору МНК-поправок, и выявлять отдельные измерения и комбинации измерений, в которых принципиально невозможно обнаружить грубые ошибки, позволили использовать его для исследования надежности геодезических построений и установления принципов построения геодезических сетей повышенной надежности.

В результате исследования надежности первого порядка были выработаны признаки выполнения условия $\bar{P}_1=1$ для некоторых групп геодезических построений, составляющих определенное пространство измерений.

Для одномерного пространства геодезических измерений (пример — нивелирные сети) признаки выполнения условия $\bar{P}_1=1$ следующие:

- а) В определяемых реперах сходится не менее трёх линий нивелирования;
- б) В исходных реперах сходится не менее двух линий нивелирования;
- в) Количество исходных реперов — два или более.

Для двумерного пространства измерений (пример — плановые геодезические построения) признаки выполнения условия $\bar{P}_1=1$ следующие:

- а) В определяемых пунктах сети сходится не менее трех линий, по каждой из которых выполнены угловые и линейные измерения;
- б) В исходных пунктах сети сходится не менее двух линий, по каждой из которых выполнены угловые и линейные измерения;
- в) Количество исходных пунктов в сети — два или более.

Анализ сетей, созданных с соблюдением перечисленных принципов построения, показал, что в них грубая ошибка любого измерения обнаруживается однозначно. Именно такие сети и являются эталонами надёжности первого порядка.

Постановлением Госстроя России от 23.12.2003 № 213 утвержден и введен в действие "Справочник базовых цен на инженерные изыскания для

строительства. Инженерно-геодезические изыскания" (далее — Справочник) [9]. Справочник разработан для определения базовой стоимости инженерно-геодезических изысканий при формировании цен в договорах и содержит базовые цены на выполнение комплексных инженерно-геодезических изысканий, отдельных видов инженерно-геодезических и вспомогательных работ. Цены рассчитаны в соответствии с составом и современной технологией производства геодезических работ.

В Справочнике определены цены на создание планово-высотных опорных геодезических сетей с учетом расходов на составление программы изысканий, рекогносцировку местности, изготовление и закладку центров геодезических пунктов, измерение углов, линий и превышений, составление кроки пунктов, проверку и обработку полевых журналов, окончательную камеральную обработку полевых материалов с составлением схем сети, каталогов координат и высот, подготовку и выпуск необходимых отчетных материалов.

Таким образом, в нормах Справочника реализован укрупненный подход к определению стоимости развития планово-высотных опорных геодезических сетей. При этом стоимость создания сети определяется исходя из нормативной стоимости производства геодезических работ в расчете на один пункт сети и зависит от количества определяемых пунктов.

Соблюдение принципов построения геодезических сетей, обеспечивающих высокий уровень их надежности, требует производства дополнительных измерений, но количество определяемых пунктов при этом остается неизменным. Следовательно, стоимость создания сети, в рамках укрупненного подхода к ее определению, не меняется.

Развитие сетей повышенной надежности является перспективным как с информативной, так и с экономической точки зрения, поскольку каждое дополнительное измерение имеет высокую информационную значимость, а затраты на его производство незначительны.

Создание технологии повышения надежности геодезических построений является важным результатом исследований данного направления. Разработанную технологию целесообразно применять при развитии сетей на любых объектах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Родионова, Ю.В. Технология повышения надежности геодезических построений [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Ю.В. Родионова. – Новосибирск, 2006. – 140 с.
2. Родионова, Ю.В. Поиск грубых ошибок измерений методом наложения графиков поправок [Текст] / Ю.В. Родионова, Б.Н. Дьяков // Геодезистъ. – 2002. – № 4. – С. 22–24.
3. Родионова, Ю.В. Метод наложения графиков поправок – оптимальное решение проблемы поиска грубых ошибок измерений в геодезических построениях [Текст] / Ю.В. Родионова // ГЕО-Сибирь-2005: сб. материалов науч. конгр., 25-29 апр. 2005 года. – Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 29-34.
4. Свидетельство 2005610718 Российская Федерация, Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ NAL_GR [Текст] / Родионова Ю.В., Дьяков Б.Н. – № 2005610718; заявл. 31.01.05, опубл. 25.03.05. – 64 с.

5. Маркузе, Ю.И. Основы уравнильных вычислений [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ю.И. Маркузе. – М.: Недра, 1990. – 240 с.
6. Маркузе, Ю.И. Геодезия. Вычисление и уравнивание геодезических сетей [Текст]: справ. пособие / Ю.И. Маркузе, Е.Г. Бойко, В.В. Голубев. — М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1994. – 431 с.
7. Rizos, C. Principles and Practice of GPS Surveying [Электронный ресурс] / Ch. Rizos. – Version 1.1, September 1999. – Режим доступа: http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/
8. Родионова, Ю.В. О повышении надёжности некоторых геодезических построений [Текст] / Ю.В. Родионова, Б.Н. Дьяков // Геопрофи. – 2004. – № 4. – С. 48–50.
9. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-геодезические изыскания [Текст] / Госстрой России. – М.: ПНИИИС, 2004. – 134 с.

© Ю.В. Родионова, 2007

УДК 528.088
Г.А. Уставич
СГГА, Новосибирск
К.Н. Мамлин
АУЗР, Казахстан
Ю.С. Обидин
НГАСУ, Новосибирск

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

При разработке и составлении проекта производства геодезических работ (ППГР) важным фактором является оценка технического состояния основных элементов промышленных объектов, оборудования и высотных сооружений и зданий. Решение данной задачи основывается в первую очередь на соблюдении необходимой точности и цикличности геодезических измерений на всем протяжении эксплуатации данного объекта. Однако в последнее время наметилась тенденция сокращения объема соответствующих геодезических измерений практически на всех инженерных объектах, что не позволяет получать необходимую информацию для оценки их технического состояния. Это, в свою очередь, приводит к нарушению условий эксплуатации объекта. Приведем некоторые примеры (Томская ГРЭС-2, завод «Русал Саянал», дом по ул. Ипподромская).

Для обеспечения нормальной и безаварийной эксплуатации тепловых электростанций в целом и турбоагрегатов в частности необходимо по результатам высокоточных геодезических измерений оценивать деформационное, и как следствие этого, вибрационное состояние турбоагрегатов. Рекомендуемые нормативными документами цикличность и точность определения положения линии водопровода при различных режимах работы турбоагрегата в подавляющем большинстве случаев не выполняется. Несоблюдение данных требований связано с попыткой управляющих компаний сэкономить на геодезических измерениях. Однако данная “экономия” оборачивается гораздо большими финансовыми расходами на внеплановые и даже аварийные остановки турбоагрегатов. Это в первую очередь связано с нехваткой геодезической информации о значениях центровок роторов. При монтаже проточной части и в период нормального режима турбоагрегата.

Строительство высотных зданий требует значительного измерения ППРГ в части увеличения точности измерений и их объема. К сожалению, как показывает практика их строительства, подход к геодезическим измерениям остался прежним. Это приводит к недопустимому нарушению допусков на монтаже строительных конструкций, что уменьшает надежность возводимых зданий. Особенно это относится к строительно-монтажным работам нулевого цикла. Очень часто строительные организации заменяют свайное поле железобетонной плитой. В этом случае при измерении уровня грунтовых вод основание под плитой становится мягким и плита получает неравномерные осадки, что приводит даже к ее излому и даже к появлению трещин на несущих

конструкциях всех этажей. Например, возводимый в Новосибирске один из высотных домов до момента сдачи его в эксплуатацию получил осадку 320 мм при допустимой 50 мм, разность осадок составляла 37 мм, что привело к появлению трещин.

К сожалению, эпидемия «экономии» затронуло даже металлопрокатное производство, в частности монтаж прокатных станков. Для нормальной их эксплуатации основным требованием является надежность фундаментной плиты, которая возводится на свайном поле. Однако и в данном случае свайное поле зачастую исключается, что также в дальнейшем сказывается на качестве металлопроката, например, алюминиевой фольги.

Таким образом, в общей схеме мониторинга технического состояния инженерных объектов и оборудования необходимо выделять определяющие факторы, которые вносят основной вклад в процесс нормального функционирования объекта. В дальнейшем относительно этих факторов необходимо составлять технологическую схему ведения всего мониторинга в целом. В данном вопросе на этапе разработки ППГР свои предложения и рекомендации должны представлять специалисты в области инженерно-геодезических измерений с предоставлением объективных результатов натурных наблюдений.

© Г.А. Уставич, К.Н. Мамлин, Ю.С. Обидин, 2007

УДК 528.3:330.133

О.С. Ковалева

ЗАО НПП «Центр Прикладной Геодинамики», Нижневартовск

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Одной из основных проблем современных нефтегазодобывающих компаний является отсутствие систематизированной информации (географической, геологической, промысловой, экологической, экономической, транспортной и т. д.) в удобной для анализа форме.

В связи с этим в ЗАО НПП «Центр Прикладной Геодинамики» по заказу крупного газотранспортного предприятия ОАО «СибурТюменьГаз» была создана единая информационная система магистральных газопроводов в среде MapInfo.

На первом этапе производился сбор информации для создания базы данных. Картографическую основу составляет тематическая карта, созданная на основе топографических карт масштаба 1:500 000. Она включает в себя картографические объекты общего назначения (гидрографию, рельеф, растительность, населенные пункты, административные границы и транспортные коммуникации). Кроме того, был произведен сбор дополнительной информации, включающей в себя объекты специального назначения (межпромысловые дороги, кустовые площадки, коммуникации и другую информацию, которая могла бы представлять интерес и быть полезной для предприятия). Заказчиком были предоставлены технологические схемы

газопроводов и крановых узлов. Исходными данными являлись также фотосхемы на трассы газопроводов.

Для корректного представления всей информации в единой базе данных, был разработан специальный классификатор, в соответствии с которым выполнялась оцифровка объектов и заполнение семантической информации.

Площадь топографических карт масштаба 1: 500 000, которые подлежали оцифровке, составила около 600 000 квадратных километров.

При подборе специализированной картографической информации были использованы материалы всех масштабов, начиная с 1: 500 и заканчивая обзорными картами и схемами. При сводке разномасштабных материалов возникли некоторые трудности. Известно, что допуск в плановом положении контуров напрямую зависит от масштаба создаваемой карты. Поэтому, то, что для мелкомасштабной карты было в пределах допустимого, могло не сводиться с крупномасштабным материалом на несколько десятков и даже сот метров. В этом случае за основу брали крупномасштабный материал.

В процессе подбора специализированных материалов одних только кустовых площадок было оцифровано более 12 тысяч, а межпромысловых дорог более 45 тысяч километров.

В наличии имелись как новейшие картографические материалы, так и созданные от 2 до 10 лет назад. За это время некоторые данные могли устареть, поэтому, при сводке материалов разных лет приоритетными являлись более новые. Кроме разнообразного картографического материала, приходилось работать и с различными схемами, которые были привязаны в местных системах координат, а иногда и вообще не привязаны. Их привязка и приведение к единой системе координат тоже была достаточно проблематичной. В итоге вся собранная информация была переведена в единую условную систему координат.

На все трассы газопроводов была выполнена аэрофотосъемка в масштабе 1: 15 000, общей протяженностью около 2,5 тысяч километров. Далее, на цифровой фотограмметрической станции «Талка» версия 3.4, были созданы фотосхемы на трассы газопроводов. Ширина полосы фотоизображения составила 3 километра. Для привязки фотосхем использовались только координаты центров фотографирования, определенные в полете. Их использование позволило добиться точности в положении твердых контуров порядка 10-15 метров.

На основе топографических съемок и технологических схем была собрана информация по газопроводам, включающая в себя такие характеристики как наименование трубы, ее диаметр, протяженность, количество резервных ниток, информацию о рабочем давлении, производительности, наличии средств ЭХЗ, дате последнего обследования и обслуживающей организации. Кроме того, в таблицах предусмотрены поля для заполнения, в которые можно внести особые отметки и информацию о предстоящих на газопроводе работах. Также была собрана полная информация о номерах и марках запорной арматуры на крановых узлах.

После того, как было собрано максимальное количество информации, то есть основа для базы данных была готова, встала проблема визуализации информации. Необходимо было представить ее наиболее наглядно, и при этом полно. При решении этой задачи возник ряд проблем.

Во-первых, из-за особенностей технологии создания фотосхем в программе «Талка», возникла проблема стыковки планшетов на краях газопроводов. При наложении 2 крайних планшетов соседних газопроводов фон одного листа ложился на фотоизображение другого листа. Та же картина возникала и в случаях, когда 2 газопровода располагались близко друг к другу (рис. 1).



Рис. 1. Пример наложения планшетов соседних газопроводов

Для решения этой проблемы была написана программа (работающая в среде MapInfo), которая позволяет сшивать соседние растры, причем область, которая берется с того или иного растра можно задавать. В результате в местах пересечения газопроводов были созданы общие листы фотосхем (рис. 2).



Рис. 2. Пример объединенного планшета на стыке соседних газопроводов

Все растры были преобразованы в формат «ecw», который позволяет уменьшить размер растрового файла, а также ускоряет визуализацию растров в программе MapInfo. Сжатие в 8-10 раз происходит без видимой потери информации. Применение сжатого формата позволило сократить общий объем растровых файлов до 60 гигабайт, тогда как, например, в формате «tif», такой же объем растровой информации занимал бы порядка 500 гигабайт.

Вторая проблема заключалась в том, что большое количество векторных слоев снижает читаемость карты. Поэтому было решено использовать принцип масштабных пределов карты в MapInfo. В каждом масштабе отображаются только

те объекты, которые позволяют свободно ориентироваться и при этом не перегружают карту. Таким образом, после анализа всех объектов, они были разделены на масштабные группы и для каждой группы были установлены свои пределы отображения.

За исходный был принят масштаб 1: 4 000 000, в котором на экране отображается вся транспортно-технологическая схема газопроводов (рис. 3).

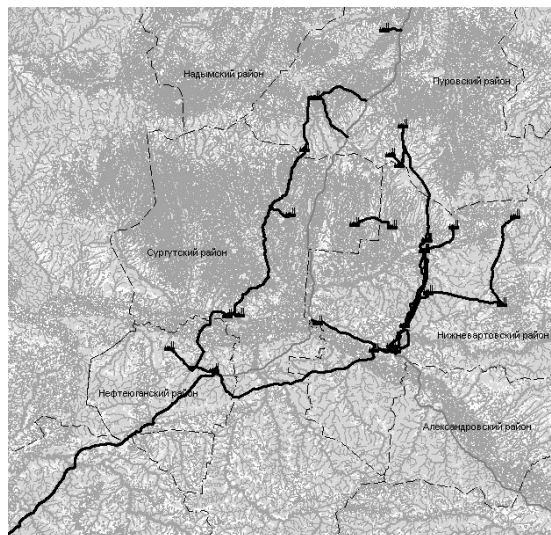


Рис. 3. Общий вид транспортно-технологической схемы газопроводов

В этом масштабе на экране представлена картографическая основа, границы районов, газопроводы, а также специальными значками показаны важные узлы газотранспортной промышленности.

При последовательном увеличении масштаба появляются новые объекты, другие отключаются. Сначала появляются дороги федерального значения, железные дороги и лицензионные участки. Затем появляются межпромысловые дороги и кустовые площадки. Потом на газопроводах появляются километровые отметки и крановые узлы.

На определенном этапе увеличения слои мелкомасштабной картографической основы отключаются. Вместо них появляются фотосхемы, а также слои, содержащие информацию о коммуникациях, водных препятствиях и дорогах пересекающих трассу газопровода (рис. 4).



Рис. 4. Пример отображения объектов при последовательном увеличении масштаба

На последнем этапе увеличения на месте фотоизображения кранового узла появляется его технологическая схема. В принципе, технологическую схему кранового узла можно посмотреть в любой момент, для этого была написана программа, которая позволяет, выделив нужный объект и нажав специальную кнопку, вывести на экран изображение технологической схемы любого кранового узла.

Заказчику необходима обобщенная информация о подъездах к трубам и крановым узлам для организации оперативных действий при возникновении чрезвычайных ситуаций. Фотоизображение является очень информативным материалом, но по нему не всегда можно быстро сориентироваться. Для решения этой проблемы была написана еще одна специальная программа, которая помогает ориентироваться на транспортно-технологической схеме. Она выводит в дополнительное окно оцифрованные технологические схемы газопроводов, которые ранее были созданы в ОАО «СибурТюменьГаз» в программе «Microsoft Visio». Окно карты синхронизировано с окном, в котором находятся технологические схемы, и специальным знаком показано приблизительное место на схеме, которое соответствует окну карты (рис. 5).

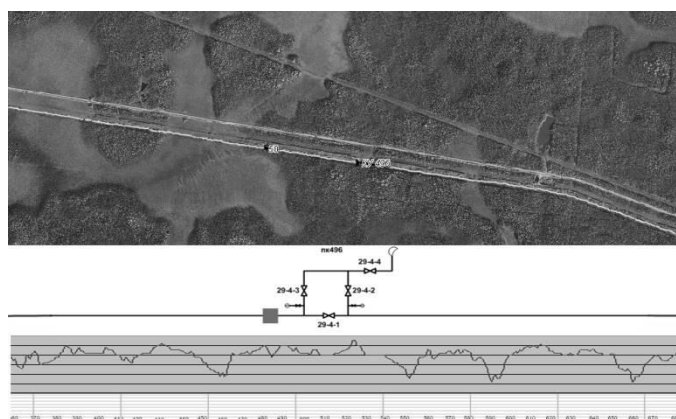


Рис. 5. Пример синхронизации окна карты и технологической схемы

База данных информационной системы постоянно обновляется. В настоящее время выполняется постановка газопроводов на кадастровый учет, и в ближайшем будущем планируется добавить информацию о кадастровых номерах, договорах и условиях аренды земельных участков. Кроме того, планируется добавить в схему информацию о газоперерабатывающих заводах, компрессорных станциях, объемах переработки газа и т.д.

Данная единая информационная система наглядна, проста в использовании и позволяет решать множество задач:

- Позволяет снизить временные затраты для поиска и систематизации данных;
- Помогает решать проблемы по организации оперативных действий при чрезвычайных ситуациях;
- Помогает управлять транспортными потоками;
- Позволяет планировать и своевременно отслеживать текущие работы по ремонту и обслуживанию газопроводов;

– Упрощает сбор информации при проектировании, реконструкции и изыскательских работах;

– Позволяет получить информацию о любом объекте, будь то крановый узел или река, пересекаемая газопроводом, словом, получить полное представление о газопроводе и окружающей его обстановке.

© О.С. Ковалева, 2007

УДК 528.242.063.1

К.Ф. Афонин

СГГА, Новосибирск

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ВЫСОТЫ ПО ПРЯМОУГОЛЬНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ КООРДИНАТАМ

С развитием и внедрением в топографо-геодезическое производство спутникового нивелирования задача вычисления геодезической высоты H по прямоугольным пространственным координатам X , Y , Z становится важной и актуальной. В геодезической литературе [1-4] приводятся различные способы решения этой задачи, которые отличаются один от другого степенью универсальности и точностью вычисления высот. Анализ этих публикаций позволяет выделить три основных способа вычисления геодезической высоты.

Для иллюстрации формул будем использовать рисунок (рис. 1), на котором изображена плоскость геодезического меридиана точки K . Здесь точка K_1 является проекцией точки K на плоскость экватора, K_n представляет собой нормаль к поверхности эллипсоида вращения, а OK радиус-вектор. Точки K_3 и K_2 есть проекции точки K на поверхность эллипсоида вращения по нормали и радиусу-вектору соответственно. Углы B и Φ являются геодезической и геоцентрической широтами точки K . На рисунке показано также положение оси аппликат OZ прямоугольной пространственной системы координат.

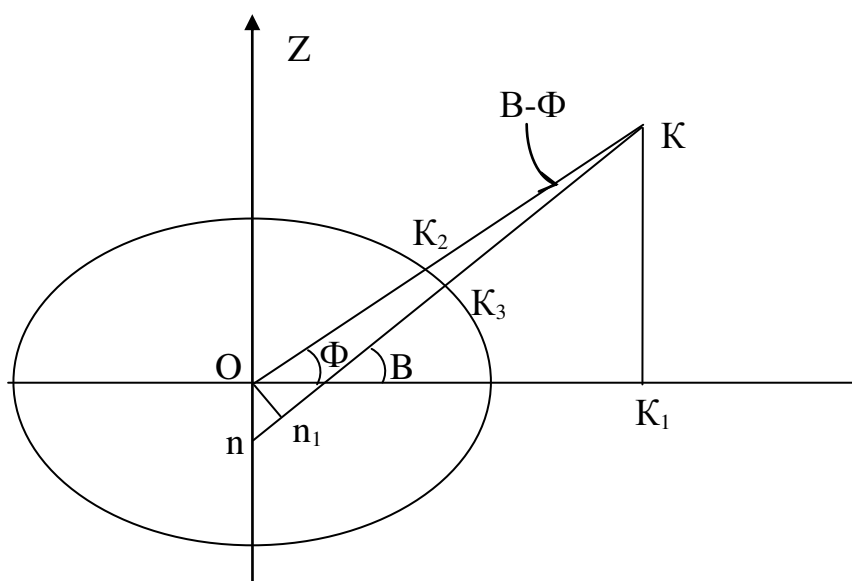


Рис. 1. Системы координат

Первый способ заключается в использовании формулы [2]

$$H = \frac{Q}{\cos B} - N. \quad (1)$$

Здесь и в дальнейшем применена следующая система обозначений (рис.1)

$$Q = OK_1 = \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad (2)$$

$$N = K_3 n = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}, \quad (3)$$

где a, b – большая и малая полуоси эллипсоида вращения;

e^2 – квадрат первого эксцентриситета меридианного эллипса.

Второй способ вычисления геодезической высоты предусматривает применение формулы [2]

$$H = \frac{Z}{\sin B} - (1 - e^2)N. \quad (4)$$

Эти способы не являются универсальными, т. к. формула (1) не работает при широте равной 90 градусов, а формула (4) – при нулевой широте. Поэтому в таких особых точках приходится использовать разности [4] $H = Z - b$ или $H = Q - a$ для первого и второго случаев соответственно.

Третий способ основан на применении универсальной формулы [2,4], которую можно использовать при положении точки К

$$H = Q \cos B + Z \sin B - N(1 - e^2 \sin^2 B). \quad (5)$$

Другие, рекомендуемые в геодезической литературе, способы вычисления геодезической высоты по прямоугольным пространственным координатам являются, на наш взгляд, модификациями этих трех.

Например, используемые в работе [3] формулы легко преобразуются в выражения (1) и (5). Рекомендуемую авторами статьи [1] формулу

$$H = \left(\rho - \frac{b}{\sqrt{1 - e^2 (Q/\rho)^2}} \right) \cos \left(\frac{e^2 QZ}{\rho^2} \right) \quad (6)$$

можно преобразовать к виду

$$H = (\rho - \rho_1) \cos(B - \Phi), \quad (7)$$

где

$$\rho_1 = \frac{b}{\sqrt{1 - e^2 \cos^2 \Phi}}$$

является радиус-вектором точки K_2 . Формулу (7) можно получить также другим путем, используя преобразование выражения (5). Так сумма первых двух членов равенства (5) дает

$$Q \cos B + Z \sin B = \rho \cos(B - \Phi),$$

а третье слагаемое можно привести к виду

$$N(1 - e^2 \sin^2 B) = \rho_1 \cos(B - \Phi).$$

Поэтому далее будем исследовать только первые три способа определения геодезической высоты по известным прямоугольным пространственным координатам. Определим, влияет ли способ вычисления высоты на точность ее получения. Для ответа на этот вопрос получим сначала рабочие формулы, связывающие средние квадратические ошибки вычисления высоты и средние квадратические ошибки прямоугольных пространственных координат. Такие формулы получаются дифференцированием выражений (1), (4), (5) по переменным H, X, Y, Z .

После несложных преобразований и некоторых упрощений искомые формулы можно представить следующем виде, удобном, на наш взгляд, для практического применения. Для первого способа получения геодезической высоты

$$m_H = \frac{m_X}{\cos B} \sqrt{(1 + \sin^2 B(1 + \cos^4 B))}. \quad (8)$$

Второй способ позволяет вычислять высоту с ошибками, которые можно рассчитать по формуле

$$m_H = \frac{m_X}{\sin B} \sqrt{(1 + \cos^2 B(1 + \sin^4 B))}. \quad (9)$$

Для третьего способа средняя квадратическая ошибка определения геодезической высоты равна

$$m_H = m_X \sqrt{1 + (3 + 4e^2) \sin^2 B \cos^2 B}. \quad (10)$$

При получении формул (8)-(10) предполагалось, что средние квадратические ошибки определения прямоугольных пространственных координат равны, т. е. $m_X = m_Y = m_Z$.

С помощью формул (8)-(10) был выполнен предрасчет точности вычисления геодезической высоты для точек, расположенных на разных

широтах. Результаты сведены в табл. 1. Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1. В первом способе ошибка определения высоты возрастает с увеличением широты. На экваторе она равна ошибке прямоугольных пространственных координат, а в северных широтах может превышать ее в 3-5 раз. Для широт в 90 градусов первый способ неприменим.

2. Во втором способе наблюдается обратная картина. Ошибка определения высоты убывает с увеличением широты. На полюсах она равна ошибке прямоугольных пространственных координат, а в южных широтах может превышать ее в 3-5 раз. Для широт в ноль градусов второй способ неприменим.

3. Третий способ можно применять на различных широтах. При этом на экваторе и полюсах ошибка определения высоты равна ошибке прямоугольных пространственных координат. Наихудший случай соответствует широте в 45 градусов. Здесь ошибка вычисления высоты может достигать $1.33 m_x$.

Таблица 1

Широта (град.)	1 способ	2 способ	3 способ
0	m_x	-	m_x
15	$1.10 m_x$	$5.38 m_x$	$1.10 m_x$
30	$1.36 m_x$	$2.68 m_x$	$1.25 m_x$
45	$1.80 m_x$	$1.80 m_x$	$1.33 m_x$
60	$2.68 m_x$	$1.36 m_x$	$1.25 m_x$
75	$5.38 m_x$	$1.10 m_x$	$1.10 m_x$
90	-	m_x	m_x

Для проверки правильности работы формул (8)-(10) и данных табл. 1 был выполнен вычислительный эксперимент по определению геодезических высот шести точек, принадлежащих созданной модели. Сначала для этих шести точек были заданы геодезические координаты. Широты точек изменялись от экватора до полюса и равнялись $0^0 01'$, $0^0 30'$, $30^0 00'$, $60^0 00'$, $89^0 30'$, $89^0 59'$. Долготы всех точек были равны 90 градусов, а высоты 500 метрам. По этим данным были вычислены прямоугольные пространственные координаты и искажены случайными ошибками в 2 мм.

Искаженные ошибками координаты считались далее измеренными величинами, по которым и происходило вычисление геодезических высот тремя способами. Полученные результаты подтвердили приведенные в табл. 1 данные.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алгоритм вычисления геодезической высоты по пространственным прямоугольным координатам / В.Н. Баландин, М.Я. Брынь, С.П. Имшенецкий и др. // Геодезия и картография, 2006. – № 6. – С. 15-16.

2. Непоклонов, В.Б. Сравнительное исследование программ преобразования геодезических координат /В.Б. Непоклонов, В.В. Тюлькин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка.– 2003. – № 6. – С. 14-27.
3. Огородова, Л.В. Вычисление геодезической высоты по прямоугольным пространственным координатам /Л.В. Огородова // Геодезия и картография, 2002. – № 12. – С. 11-13.
4. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. ГОСТ Р 51794 – 2001. – М.: Госстандарт России, 2001. – 11 с.

© К.Ф. Афонин, 2007

ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ГЕОДЕЗИИ

В любой системе научных знаний имеет значение долгосрочное прогнозирование, особенно в плане исторических эпох. Такого рода прогнозирование опирается на законы развития науки, в частности, во временном интервале перехода от эпохи к эпохе.

Развитие науки, как и входящих в нее систем знаний, характеризуется определенными закономерностями (законами развития). Для геодезической системы знаний выразителем таких закономерностей является логистический закон, характерные проявления которого в геодезии даны в монографии [1].

Этот закон представляет собой ступенчатообразную кривую (рис. 1), главным составляющим элементом, которой является логистическая кривая.

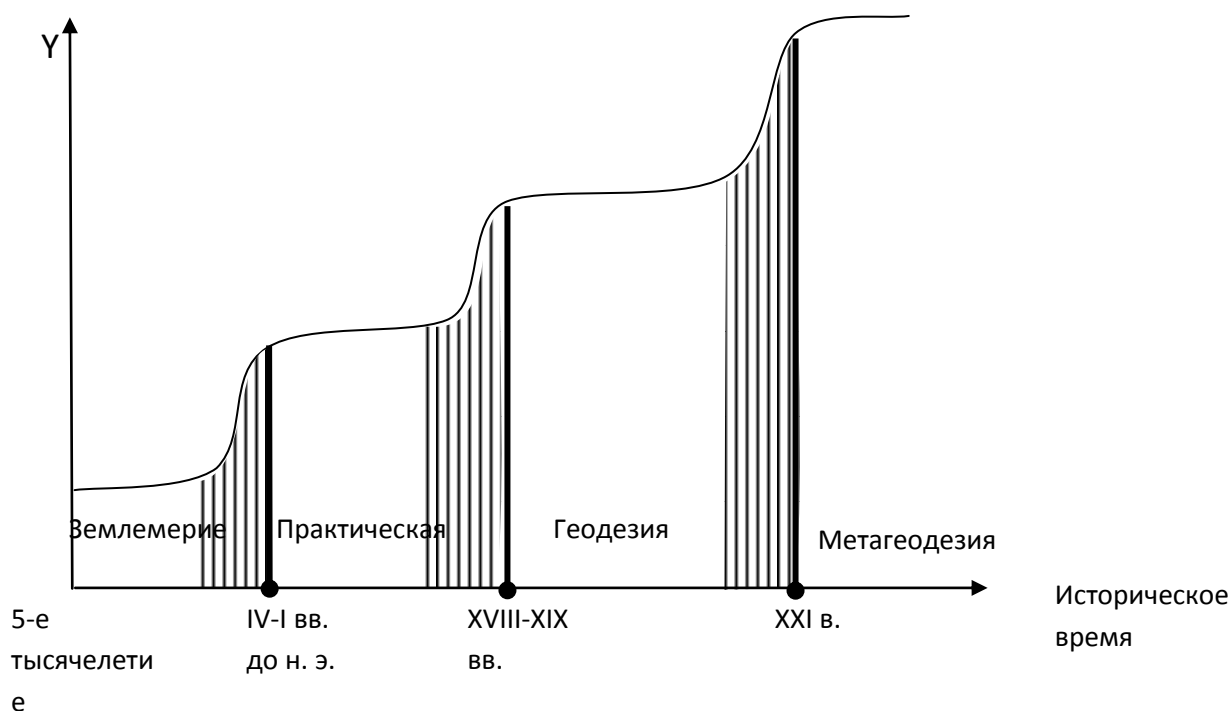


Рис. 1

Каждой ступени развития геодезии соответствует одна историческая эпоха или, наоборот, эволюция геодезии в пределах одной исторической эпохи может быть изображена одной ступенью, состоящей из эволюционной и революционной частей (рис. 2) [1].

В пределах одной исторической эпохи формируется своя концепция (представление, понимание) системы соответствующих знаний, именуемой (с XIX в.) геодезией (рис. 1). Эти эпохи именуются соответственно: землемерие, практическая геометрия, геодезия и метагеодезия.

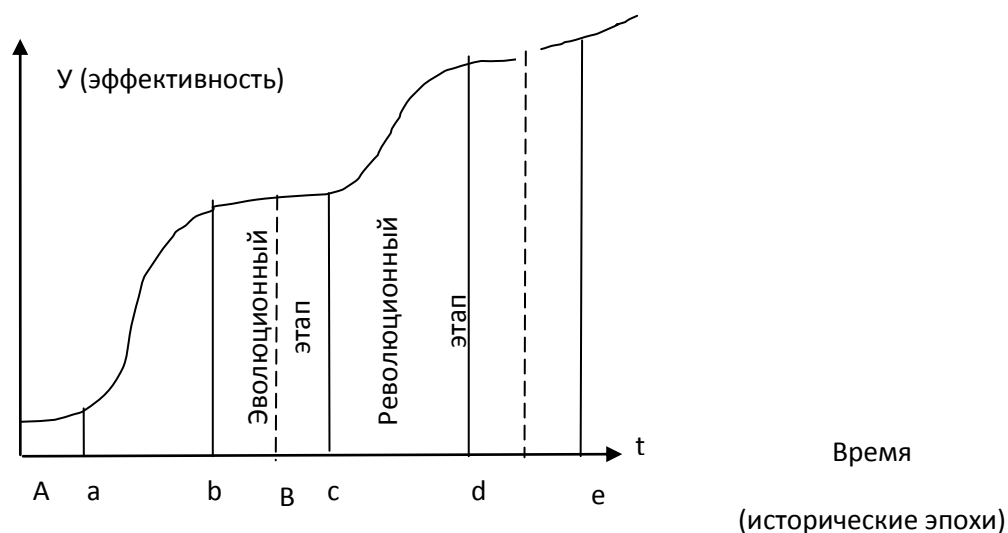


Рис. 2

Завершение каждой исторической эпохи характеризуется революционным этапом (взлет кривой, определяющий бурное развитие и революционные изменения - заштрихованная часть).

На этом завершающем этапе происходит разрешение большинства проблем, противоречий, в том числе методологических проблем [1].

Таким образом, при переходе от одной исторической эпохи к другой (от одной ступени к другой) осуществляется смена парадигмы науки, обновление основных принципов развития (геометризации и координатизации). Такая смена, полное обновление при сохранении предметной сущности дана в работах [1,2].

Такое существо принципов и парадигматических особенностей хорошо выражено в обновлении трех главных функций геодезии:

- Измерение метрики;
- Моделирование метрики;
- Контроль метрики.

Смена парадигмы в геодезии означает появление новой концепции понимания, объяснения, определения геодезии, что хорошо и доказательно показано на 2, 3, 4-ой страницах обложки книги [1].

Объяснение и определение геодезии на геометрической основе базируется на понятии структурных элементов (точки, линии, поверхности), составляющих аксиоматическую основу геодезических знаний. Эти же элементы составляли аксиоматическую основу геометрии Евклида в период ее формирования.

Следует отметить, что революции распадаются на несколько видов.

Логистический закон развития определяет принцип фундаментальности и универсальности происходящих изменений в концепции, парадигме и т. д.

Основополагающий закон развития порождает в итоге “древо” законов (рис. 3).



Рис. 3. “Древо” закономерностей

На рис. 3 введены следующие обозначения:

i – номер исторической эпохи; Y_k – функция, определяющая группу закономерностей (где $k=1, 2, 3$); a_k – постоянная (константа); $Y_k(i)$, $Y_k(i+1)$ – значения функций в эпохи соответственно i и $(i+1)$; ΔY_k – характеристика перехода от эпохи i к эпохе $(i+1)$ в границах функции Y_k ; Y_k' , Y_k'' – характеристики двух каких-либо процессов в рамках Y_k в границах одной исторической эпохи, ΔY – их отношение; S – симметрия каких-либо двух процессов (характеристик) на всех этапах развития; $\mathcal{E}$ – эффективность в плане систематизации, повышение производительности труда; T – точность измерений; СК – система координат.

Отмеченные на рис. 3 группы функций (закономерностей) и примеры их реализации в геодезии даны в работах [1, 2].

Зависимости событий, процессов от исторического времени могут быть выражены аналитически. Вполне понятно в соответствующие формулы, в качестве аргумента должно войти время (исторический этап развития, эпоха), представлена на рис.1 одной ступенью. Для какого-то рода исторических процессов рассматриваемая зависимость может быть представлена выражением

$$Y = f(i), \quad (1)$$

где Y и i , как отмечено выше, соответственно эффективность (характеристика, параметр) и время.

Равенство (1), выражающее, в какой-то мере, закон развития, может быть, в упрощенном виде, представлено тремя группами исторических зависимостей:

$$Y_1 = a_1^i; Y_2 = i^{a_2}; Y_3 = (a_3 i)^I \quad (2)$$

В работах [1-3] приведены примеры такого рода зависимостей (закономерностей), в том числе (рис. 4):

– Точность измерений;

$$Y_1 = 10^{-2i} \quad (3)$$

– Размерность системы координат (пространства);

$$Y_2 = I \quad (4)$$

– Число систем координат.

$$Y_3 = (2 + i)^I \quad (5)$$

В рамках этих трех основных закономерностей (2) существуют характерные зависимости, расширяющие более точные представления о происходящих изменениях. По меньшей мере эти подсистемные закономерности могут быть представлены в виде:

$$\Delta Y_k = \frac{Y_k(i+1)}{Y_k(i)}, \quad (6)$$

$$\Delta Y'_k = \frac{Y'_k(i)}{Y''_k(i)} \quad (7)$$

Из (6) вытекает, что $\Delta Y_k = \frac{Y_k(i+1)}{Y_k(i)} = 10^2$, т. е. изменения в точности измерений при переходе от эпохи к эпохе меняется на два порядка (10^2).

Из (7), например, следует, что изменения в некоторых процессах имеет один порядок и их отношения носят постоянный характер, т. е.

$$\Delta Y'_k = \frac{Y'_k(i)}{Y''_k(i)} \rightarrow \alpha_k, \quad (8)$$

в частности,

$$\Delta Y' = \frac{T}{\Xi} \rightarrow 1 \quad (9)$$

Последнее отражает, своего рода закон симметрии или гармонию развития. Очевидно, диапазон в реализации трех основных групп (2) закономерностей в их конкретных процессах может быть расширен.

Каждая из рассматриваемых закономерностей вида $Y = f(i)$ позволяет прогнозировать развитие науки по параметру Y . Временные рамки четвертого этапа (рис. 1) развития геодезии, полученные в работе [1], - 1990 г. и 2050 г. Соответственно коридор прогнозирования характеризуется этими границами, а скачек в параметре, величиною $Y = f(i) - f(i-1)$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тетерин Г.Н. Теория развития и метасистемное понимание геодезии. – Новосибирск: Сибпринт, 2006. – 162 с.
2. Тетерин Г.Н. Принципы, критерии, законы развития геодезии. – Новосибирск: Сибпринт, 2003. – 106 с.
3. Тетерин Г.Н. История геодезии с древнейших времен. – Новосибирск: Сибпринт, 2001. – 425 с.

© Г.Н. Тетерин, 2007

ACCURATE SURVEYING MEASUREMENTS FOR MONITORING THE STRUCTURAL DEFORMATION

Abstract

The safety concepts form the basis of modern structures design and assessment codes. The detailed information about the structural deformations can help to determine the health of these structures. This paper investigates an integrated monitoring system for estimation the deformation behavior of structural members. Two different surveying techniques (one and two total stations measurement techniques) are presented to evaluate the deformation behavior of structural members. The comparison study between the surveying and structural techniques for computation the structural deformation of reinforced concrete beams is introduced and discussed.

1. Introduction

In many civil structures like bridges, tunnels and dams, the deformations are the most relevant parameters to be monitored. So monitoring the structural deformation and dynamic response to the large variety of external loadings has a great importance for maintaining structures safety and economical design of man-made structures. Dial gauge, accelerometer, Tiltmeter, etc. are traditional tools and methods to measure structure displacement, rotation and together with temperature, wind speed and direction allow the comprehensive investigation of structure dynamics behaviors. These tools must be installed, maintained, and frequently recalibrated to produce reliable results. The collected data from these tools need to be interpreted to obtain direct geometric results which in many cases is very complicated procedure and out of the control of the general structural engineers. Hence, a flexible surveying technique is needed to overcome these obstacles, and make the process of measurements easier and more accurate.

2. Pre-analysis study of the used surveying techniques

Pre - analysis of the surveying measurements is the analysis of the component measurements before the project is actually undertaken. Main items to be considered in the pre-analysis study of a certain survey project are: Possible surveying techniques, and thus the corresponding mathematical model, and available instruments (cost, simplicity and the precision of a single measurement).

2.1 One total station technique

From figure (1), the X-axis is chosen arbitrary as a horizontal line in the direction of the base of the monitoring building, where the Y-axis is a horizontal line perpendicular to the building base direction and positive in the direction towards the

monitoring object, and the Z- axis is a vertical line determined by the vertical axis of the instrument at occupied station. There is a known coordinate's point (A), and these coordinates are (X_A, Y_A, Z_A) . From this point, we can monitor the movements

of any point (B) in space in order to determine its local coordinates (X_B, Y_B, Z_B) and its accuracy. This case has a unique solution, so the multivariate propagation technique will be used.

2.2 Two total station technique

The two total stations technique employs the intersection process in three dimensions to determine the spatial coordinates of a specific target. As shown in figure (1), a local three-dimensional rectangular coordinates system is needed to calculate the spatial coordinates of any target points. There are two known coordinates points (X_A, Y_A, Z_A) and (X_C, Y_C, Z_C) . From these two known points (A and C), we can determine the coordinates of unknown point B.

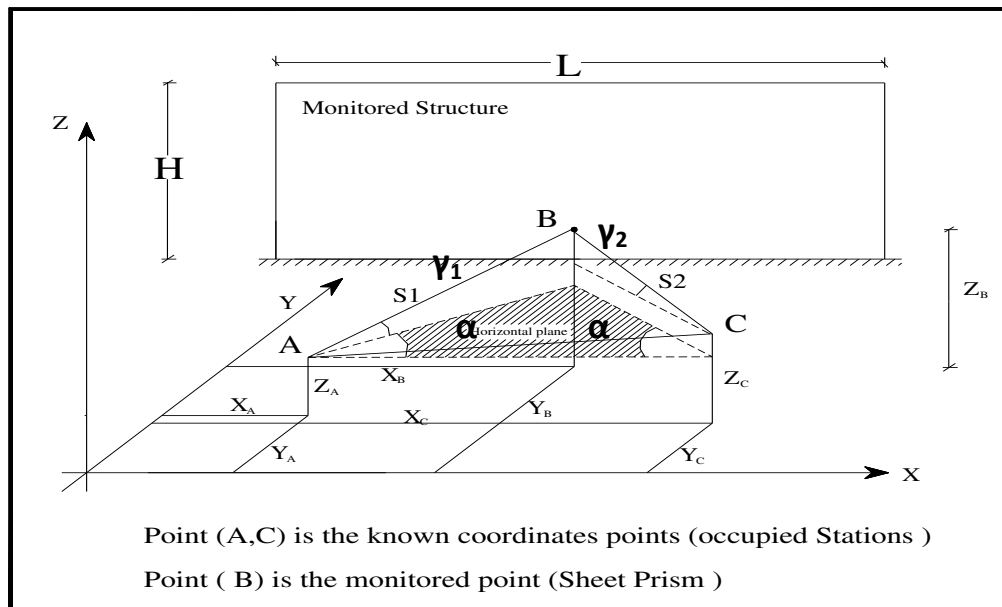


Figure (1) The geometry of two total stations technique

There are three unknowns (X_B, Y_B, Z_B) and six observations. Then the least squares adjustment technique will be used to calculate the coordinates of point (B) and their accuracy. The observations equation technique will be used.

3. Structural Data Analysis

Structural analysis is required to determine whether significant movements are occurred between the monitoring campaigns. Geometric modeling is used to analyze spatial displacements. General movement trends are described using a sufficient number of discrete point displacements (dn):

$$dn (\Delta x, \Delta y, \Delta z) \quad \text{for } n = \text{point number}$$

Point displacements are calculated by differencing the adjusted coordinates for the most recent survey campaign (f), from the coordinates obtained at reference time (i). Each movement vector has magnitude and direction expressed as point displacement coordinate differences. These vectors describe the displacement field over a given time interval. Comparison of the magnitude of the calculated displacement and its associated accuracy indicates whether the reported movement is more likely due to observations error.

$$|dn| < (e_n)$$

Where: $|dn|$ is the magnitude of the displacement for point n. It can be calculated as:

$$|dn| = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2 + (\Delta Z)^2} \quad (1)$$

And (e_n) is the maximum dimension of combined 95% confidence ellipse for point (n), it can be calculated as following:

$$e_n = 1.96 \cdot \sqrt{(\sigma_f)^2 + (\sigma_i)^2} \quad (2)$$

Where: σ_f is the standard error in position for the (final) or most recent survey, σ_i is the standard error in position for the (initial) or reference survey.

4. Monitoring of the vertical wall

The precision of the points that have been monitored using the discussed surveying techniques should be evaluated to study the effect of the used instrument position distances and the angle of observations on the monitoring point accuracy. To achieve that goal, the monitoring of the vertical wall is done. A mesh of twelve monitoring points on the (7.7m x 3.0m) wall is distributed for coordinating a building facade. A local three-dimensional rectangular coordinates system is needed to calculate the spatial coordinates of any target points on the mesh. Two points are selected near the wall as a reference points. In each case, the coordinates of all points and its standard error are calculated.

4.1 Observations and analysis of one total station technique results

To find the best position of the used instrument and the best locations of monitoring points, some test measurements are carried out in the wall zone:

1. Reliance of the accuracy on the distance from the instrument position to the wall.
2. Reliance of the accuracy on the angular of line of sight.

4.1.1 Dependence on the distance from the instrument position to the wall

In this case, the line of sight of the instrument is perpendicular to the wall but the instrument position distance (D) differs five times ($D=L/2$, $D=3L/4$, $D=L$, $D=5L/4$ and $D=3L/2$), Where, **L** is the wide of the wall. From the differences between the measurements, a statement about the accuracy is possible. For " σ_x ", when the instrument position distance increases, the standard deviations of all points will decrease. For " σ_y ", when the instrument position distance increases, the standard

deviations of all points will increase. For " σ_z ", when the horizontal angle (α) increase, the standard deviations will decrease, and when the vertical angle (γ) increases, the standard deviations will increase. The graphical representation of (D/H) ratio opposite the standard deviations is done. It is obvious that there is no optimum distance minimizes the standard deviations in three dimensions.

4.1.2 Reliance on the angular of line of sight

In this case, the distance between the instrument position and the wall is constant. Four different stations are used. Then, it is obvious that the horizontal angle (α) has a great effect on the standard deviation in X and Y –directions but this effect is small on Z- direction. Hence, when the horizontal angle (α) close to zero, the accuracy will increase. To achieve the maximum accuracy, it is important to ensure a maximum symmetrical configuration of the monitoring points on the monitoring object.

4.2 Observations and analysis of two total stations technique results

To find the best position of the used two instruments and the best locations of the monitoring points for this technique, some test measurements are carried out in the wall zone. The distributed targets are observed from two occupied stations O_1 and O_2 as shown in figure (2).

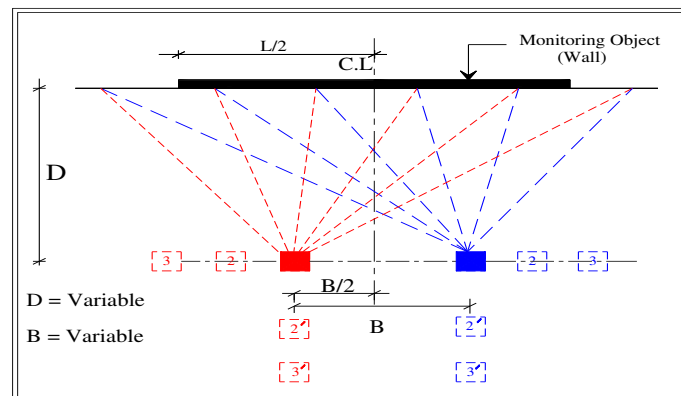


Figure (2) Geometric layout of the two total stations Position relative to the object plane of the wall

The test measurements are carried out in the wall zone for:

1. Reliance of the accuracy on the distance from the two instrument stations to the wall (D) at constant (B). 2. Reliance of the accuracy on the distance between two instruments (B) at constant (D). The graphical representation of standard deviations opposite to the distance between the two instruments (B) is done. The best distance (B_0) between the two instruments can be graphically determined according to that R must be minimum; this value relative to the façade building has been determined as:

$$B_0 = 0.7545 L$$

The graphical representation of standard deviations opposite to the distance (D) between the two instruments and the wall is done. The best distance (D_0) between the

two instruments and the monitoring wall can be graphically determined; this value relative to the façade building has been determined as:

$$D_0 = 0.242 L$$

5. The beam deformations monitoring

The structural application consists of four reinforced concrete beams, to estimate the deformation of these beams subjected to specified loads. The four tested beams have the same section (225 cm*20 cm*12 cm), but differ in reinforcement. Two of them have 2Φ12 and the others have 2Φ16. The steel used is high mild steel. The beams also have 5Ø6/m' as stirrups. High Strength Concrete (HSC) mix is used. Two total stations, sheet prisms of diameter 1cm and calibrated dial and strain gauges are used in the field measurements. The rate of loading is 0.35 ton beginning at unload case to reach the failure load at 4.20 ton.

5.1 Analysis of one total station observations

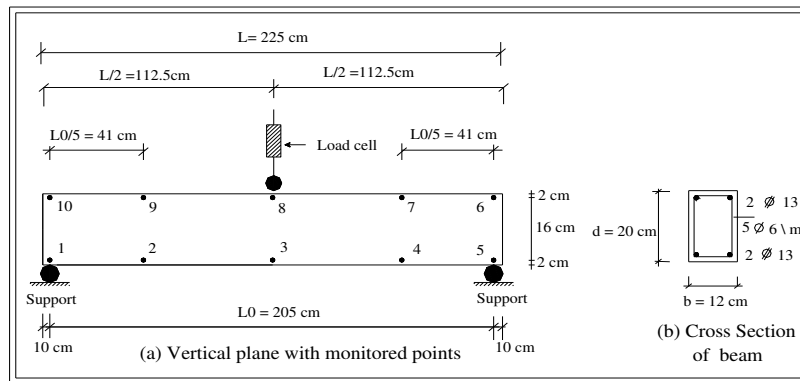


Figure (3) Geometric layout of the monitoring beam and monitoring points

This beam is tested by using the one total station technique. The beam face is divided into ten monitoring points. The spatial distribution of these points should provide complete coverage of the beam as shown in figure (3). These points are located by using sheet prisms of diameter (1 cm), which are arranged to be visible from the location of the used total station as shown in figure (4). The adjusted vertical displacements of ten monitoring points under all cases of loading are calculated. A



Figure (4) The tested beam with the concentrated load and prisms

Comparison between the deflection values from one total station technique and dial gauge readings is done. The resulted deflection values from the one total station analysis are very close to those obtained from dial gauge readings. The differences between the two techniques are too small. By using the same structural analysis technique, the adjusted displacements in X- direction can be calculated. The maximum displacement value at point 10 and load 4.2 ton, and this value is 6.93mm. The directions of point's displacements in X-direction at failure load can be graphically done. By using the same structural analysis technique, the adjusted displacements in Y- direction can be calculated. It is obvious that no movement in Y-direction occurs.

5.2 Analysis of two total stations observations

The other beam is tested by using the two total stations technique. The beam face is divided into five monitoring points; the spatial distribution of these points should provide complete coverage of the beam. The adjusted coordinates and its associated accuracy of each point in the monitoring network are calculated by using least squares adjustment technique. A comparison between the deflection values obtained from the two total stations technique and dial gauge readings is done. It is obvious that the deflection values from the two total stations technique are very close to dial gauge readings from $p= 0.35$ ton to load $p=3.85$ ton. After load $p=3.85$ ton, there is a clear difference because of the vibrations of dial gauge during loading especially the dial gauges are placed under the tested beam.

6. Conclusions

The results of experimental work lead to the following conclusions:

1. The two used surveying techniques (one total station and two total stations) can provide valuable data on the deflection of the structural members and movement of buildings because the resulted deflection values from surveying techniques with the discussed adjustment techniques are very close to the values from dial gauge readings.

2. The accuracy of the monitoring target coordinates is improved if the two total stations are set in the site at their best locations instead of using one total station. The best parameters were determined graphically:

$$B_0 = 0.7545 L$$

$$D_0 = 0.242 L$$

© Ashraf Abd El-Wanis Abd El-Mawla Beshr, 2007

УДК 528.3:528.11
Yehia Hassan Miky
Egypt

ADJUSTMENT OF GEODETIC NETWORKS USING AUTO-CORRELATION TECHNIQUE

Abstract

Control surveys networks are used to establish the locations of arbitrary points. These points may be used as reference locations for performing additional survey work. Geodetic networks are generally performed to a higher standard of accuracy than other types of surveys. This is necessary because any follow-on survey work must be able to count on the accuracy of the control points. In hybrid geodetic networks, the combination of both angular and linear measurements increases the redundant observations and hence strengthens the network. If time depending observations are given, a regression could be used as a functional models for adjustment the geodetic networks. In case of stochastic model uncorrelated observations with identical variance are assumed. Because of many observations required to achieve higher accuracy, a small time difference arises between the observations. Thus the assumed stochastic model is not suitable. The calculation has to be effected by means of auto-correlated observations. So, the main objective of the paper is to study the effect of auto-correlation technique on the accuracy of the estimated parameters and variances of geodetic networks. To achieve that task, a network of surveying over 6000 hectares in Dakahlia, Nile Delta, Egypt was chosen. The least squares adjustment technique is applied to the observations. Finally, auto-correlation adjustment technique improves the standard deviation in horizontal plane.

1. Introduction

In order to cover large areas of the earth's surface with a network of accurately determined positions (coordinates), it is necessary to have some system for extending these positions from some point of origin. Then, these widely scattered positions can be used for control surveys for such purposes. Geodetic networks usually consist of several different measurements (angles and distances) to the unknown point from several known points. The measurements are combined in a process known as network adjustment, in which existing known points are held fixed, and the position of unknown point adjusted until it best fits the measurements. Achieving the higher accuracy of the estimated coordinates in geodetic networks is the goal of the surveying work.

2. Field observations and Project Location

The project Location done over 6000 hectares in the Project (ISAWIP) Dakahlia, Nile Delta, Egypt is chosen. The ISAWIP project was a joint undertaken by the Governments of Egypt and Canada to demonstrate how an integrated approach to agriculture development can effectively increase crop production in the old lands of the Nile Delta. The topography of the project is almost flat with elevation ranges from four meters above sea level in the western part of the area to a few centimeters below sea level in the northeastern part as shown in figure (1). A necessary complement of this large-scale program is a more local study aimed at measuring the topography of the studying area. For this purpose, and as a first step, they intend to establish a regional network (connected with the global network), to measure local position of chosen number of points in the project area. This relatively small network (up to ten stations) was measured for the first time along with the larger network. The purposed network consisting of 10 stations were observed using Sokkia Total station as shown in figure (2). A complete survey of the existing main network was to be carried out by measuring the distances and angles (30 angles and 19 distances), so as to achieve the highest practical accuracy and the point 1, 2 are fixed points.

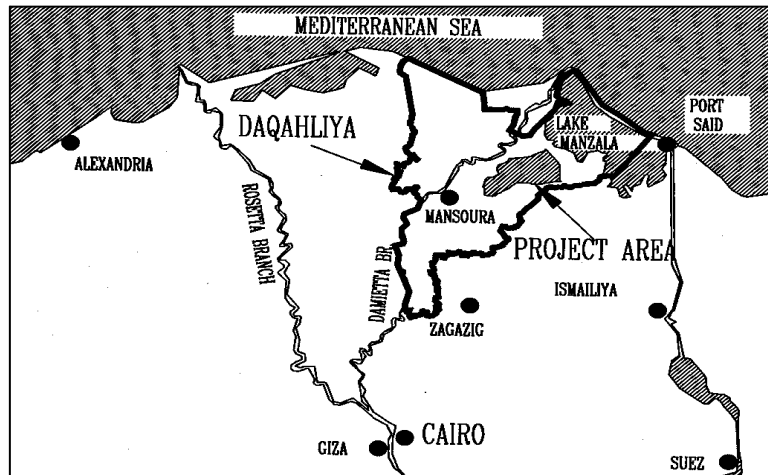


Figure (1): Project Location

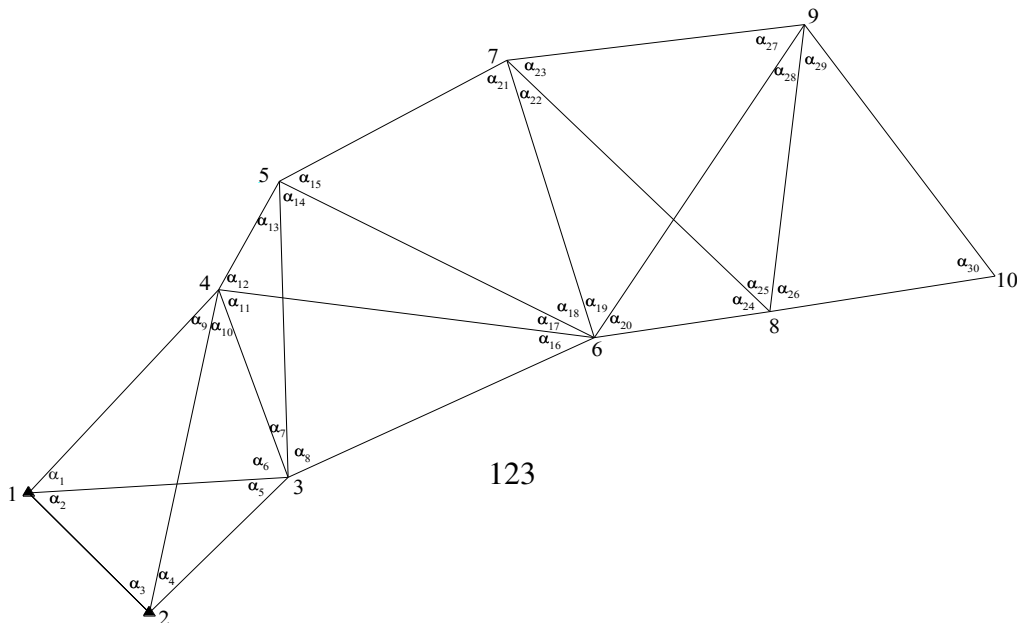


Figure (2) The Proposed Geodetic Network

3. Adjustment of parameters by Autocorrelation technique

In case of stochastic model uncorrelated observations with identical variance are assumed. Because of many observations required to achieve higher accuracy, a small time difference arises between the observations. Thus the assumed stochastic model is not suitable. The calculation has to be effected by means of auto-correlated observations. The correlation between neighbored measurements has to be taken into consideration in auto-correlation technique. In this technique, the elements of the cofactor matrix are the correlation coefficients between immediately neighbored values of observations from regression analysis. The correlation coefficient is a measure of how closely two quantity are related. It can be calculated as:

$$\rho_{ab} = \frac{\sigma_{ab}}{\sigma_a \cdot \sigma_b} \quad \text{Unit-less.} \quad (1)$$

Where:

σ_a = The standard deviation of the first quantity

σ_b = The standard deviation of the second quantity

σ_{ab} = The standard deviation of the two quantities, the correlation coefficient has a limit ± 1

The cofactor matrix has the (n*n) dimensions and it can be written following:

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{ab} & \rho_{ac} & \rho_{ad} \\ \rho_{ba} & 1 & \rho_{bc} & \rho_{bd} \\ \rho_{ca} & \rho_{cb} & 1 & \rho_{cd} \\ \rho_{da} & \rho_{db} & \rho_{dc} & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Then, the weight matrix (W) can be calculated as following:

$$W = Q^{-1} \quad (3)$$

This new weight matrix (W) will be reentered in the regression analysis to estimate the corrected coordinates of the networks; then the new values of parameters and its accuracy will be calculated.

4. Result Analysis of the proposed techniques

The adjusted coordinates and its associated surveying accuracy of each point in the network are calculated by using the least square theory, and then the network will be resolved by applying autocorrelation adjustment technique. This will be done by computing the correlation coefficients between adjusted observations from regression analysis, and then calculate the form of cofactor matrix (Q). The final adjusted coordinates from auto-correlation technique and its standard deviations are shown in Table (1).

Table (1): Corrected Coordinates of the Horizontal Control Network stations with Auto-correlation

No	Corrected Coordinates			Error Propagation				
	Station	Northing (m)	Easting (m)	Standard Deviations		Error Ellipses Confidence Region = 95 %		
				N (m)	E (m)	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Azimuth of Major Axis
1	2000	933987.590	668820.780	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0 ° 00'
2	1000	932176.501	670555.140	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0 00
3	6	934223.050	672549.700	0.010	0.011	0.0236	0.0067	85 03
4	5	937059.330	671551.440	0.012	0.014	0.0260	0.0240	35 16
5	4	938696.902	672424.289	0.015	0.016	0.0353	0.0273	11 11
6	3	936333.857	676951.575	0.020	0.019	0.4400	0.0370	172 43
7	2	940524.743	675694.286	0.021	0.021	0.0516	0.0423	161 22
8	116	936727.445	679474.546	0.022	0.02	0.0606	0.0480	142 24
9	117	941065.077	679971.970	0.023	0.021	0.0563	0.0496	131 04
10	118	937263.377	682712.403	0.023	0.022	0.0526	0.0050	100 49

The comparison between the resulted standard deviations of the coordinates from regression analysis by using autocorrelation and without autocorrelation can be indicated as shown in figures (3 and 4) and table (2)

Table (2) Comparison between regression analysis with and without Auto-Correlation for all network stations

Station	Standard Deviation in X-direction (m)		Standard Deviation in Y-direction (m)	
	Without Autocorrelation	With Autocorrelation	Without Autocorrelation	With Autocorrelation
1	0.0	0.00	0.0	0.00
2	0.0	0.00	0.0	0.00
3	0.035937	0.011	0.031959	0.010
4	0.046368	0.014	0.040620	0.012
5	0.044624	0.016	0.043995	0.015
6	0.056449	0.019	0.054440	0.02
7	0.063336	0.021	0.062958	0.021
8	0.053080	0.020	0.057794	0.022
9	0.063945	0.021	0.062514	0.023
10	0.063338	0.022	0.067781	0.023

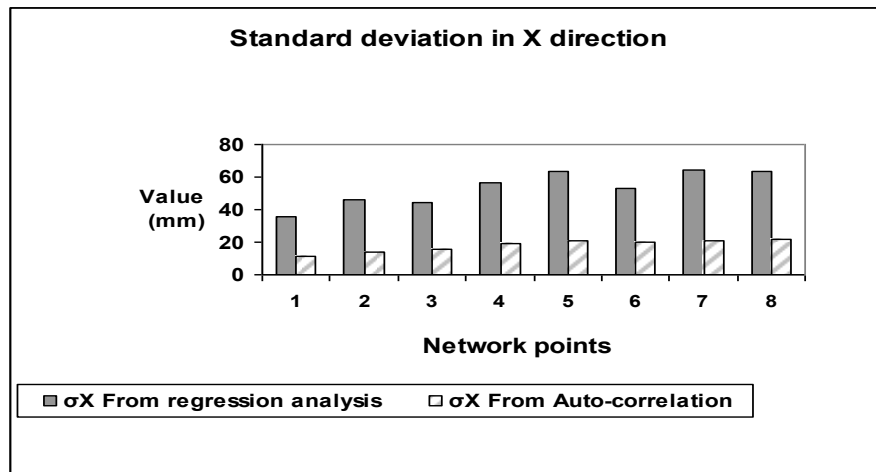


Figure (3): Comparison between regression analysis with and without Auto-Correlation for σ_X

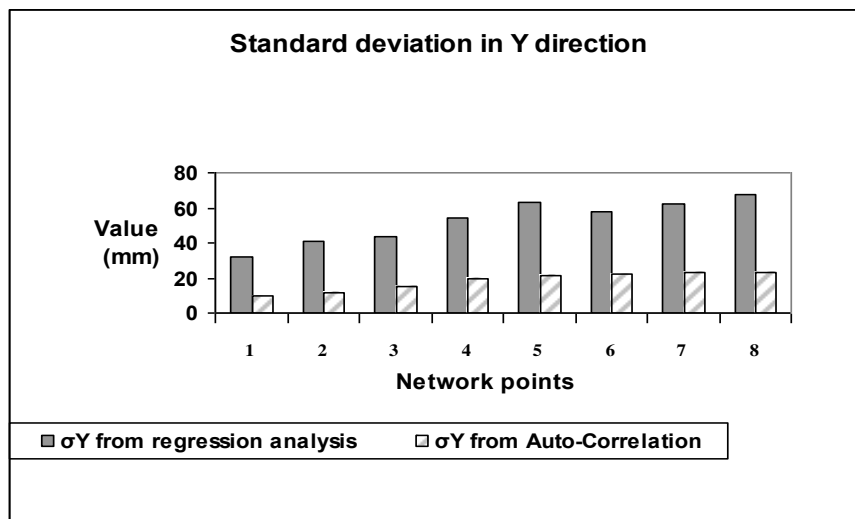


Figure (4): Comparison between regression analysis with and without Auto-Correlation for σ_Y

As indicated in figures (3 and 4), the standard deviation in X direction (σ_X) was reduced by using autocorrelation technique about 0.3 to 0.36 of the original value – without autocorrelation-, the standard deviation in Y direction (σ_Y) was reduced also about 0.295 to 0.38 of the original value. The greatest reduction in X-direction occurs at point 4 and lowest at point 5, but in Y-direction, the greatest reduction at point 4 and the lowest reduction at point 8.

5. Conclusions

From the previous analysis and numerical results obtained, the following conclusions can be deduced as Auto-correlation adjustment technique depends mainly on the variance covariance matrix of observations. It improves the standard deviation in horizontal plane (X and Y).

**ПОРТАТИВНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Метод амплитуд один из наиболее точных и достоверных способов определения ровности на автомобильных дорогах. В тоже время этот метод наиболее трудоемкий и требует больших затрат при выполнении работ с использованием нивелира. В Сибирском государственном университете путей сообщения разработан портативный прибор для определения ровности и поперечных уклонов. Прибор создан на базе гироскопической и вычислительной техники. В основе работы прибора лежит схема счисления пути.

Прибор включает в себя (см. рис. 1) разборную раму (1), три колеса (2), блок пространственной ориентации (3), датчик пути (4), КПК (5), поворотный механизм (6), платформу (7), ручку для перемещения ходовой тележки (8).

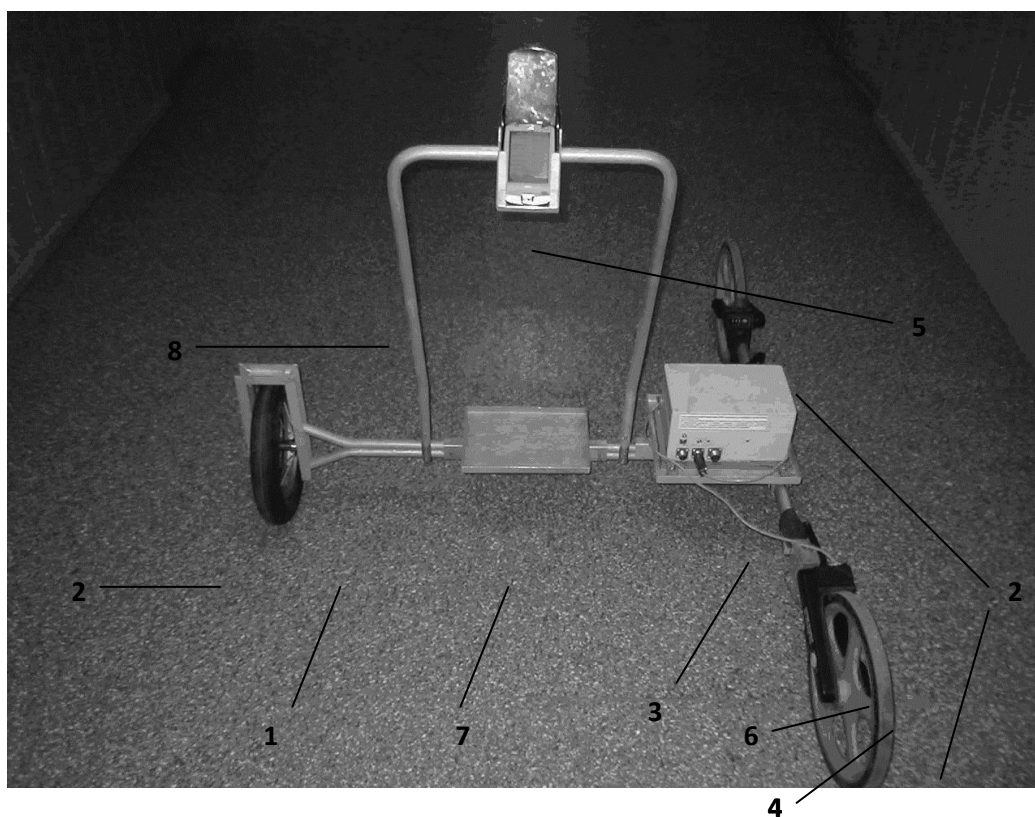


Рис. 1. Общий вид портативной автодорожной тележки для определения ровности и поперечных уклонов

На рис. 2 показана структурная схема портативного прибора для определения ровности и поперечных уклонов.

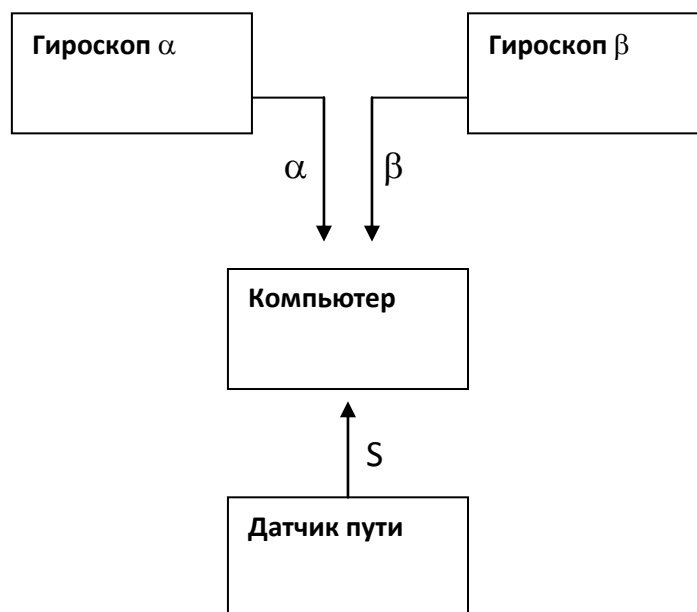


Рис. 2. Структурная схема портативного прибора для определения ровности и поперечных уклонов

Технические характеристики портативного прибора

Диапазон измерения неровности, мм	50,
Длина неровности (база измерения), м	5-20,
Диапазон измерения поперечных уклонов, (промилле)	300,
Диапазон измерения расстояния, км.	10,
Погрешность измерения неровности, мм	1,
Погрешность измерения поперечных уклонов(промилле)	2,
Погрешность измерения расстояния, %	0.1,
Габариты в рабочем состоянии, мм	1140*1140* 500,
Масса, кг	12.

Портативный прибор позволяет за один проход определять поперечные уклоны через заданный интервал пути от 1 метра до 100 метров и ровность через 5, 10 и 20 метров. Производительность составляет 5 км/час. Методика съемки заключается в установке портативного прибора на исходную точку, выбора режима работы и коррекции ухода гироскопа. Перед проведением измерений заполняется протокол КПК. Непосредственно измерения выполняются при транспортировке ходовой тележки в автоматическом режиме. Оператор при движении по маршруту выполняет привязки дорожных знаков, примыканий и других объектов путем набора на КПК соответствующих кодов. Отчетные формы документов соответствуют требованиям ГОСТ 30412-96.

На рис. 3 показаны графики ровности при различной длине хорды.

В табл. 1 приведена ведомость определения ровности методом амплитуд, а в табл. 2 приведена ведомость определения поперечных уклонов.

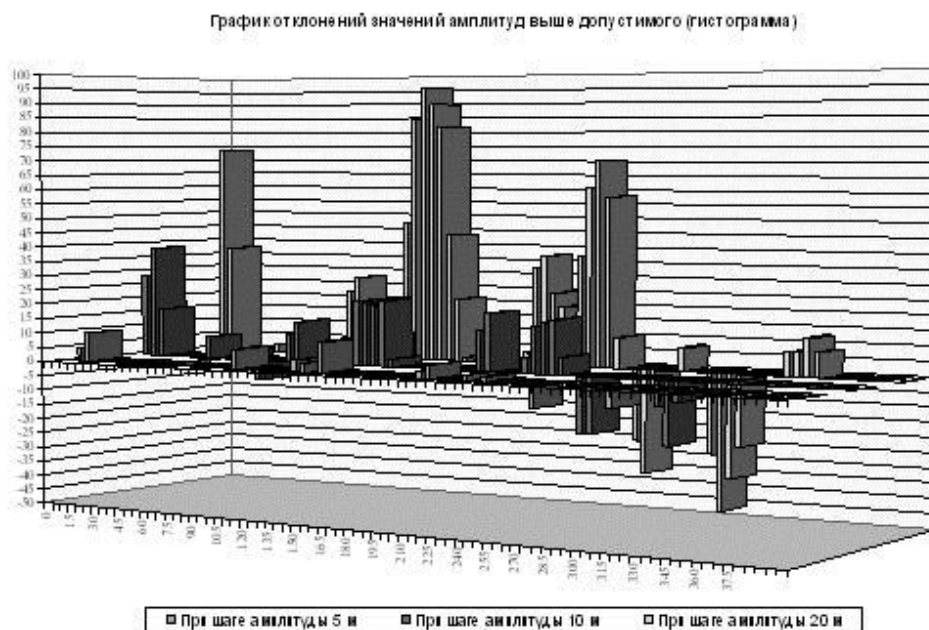
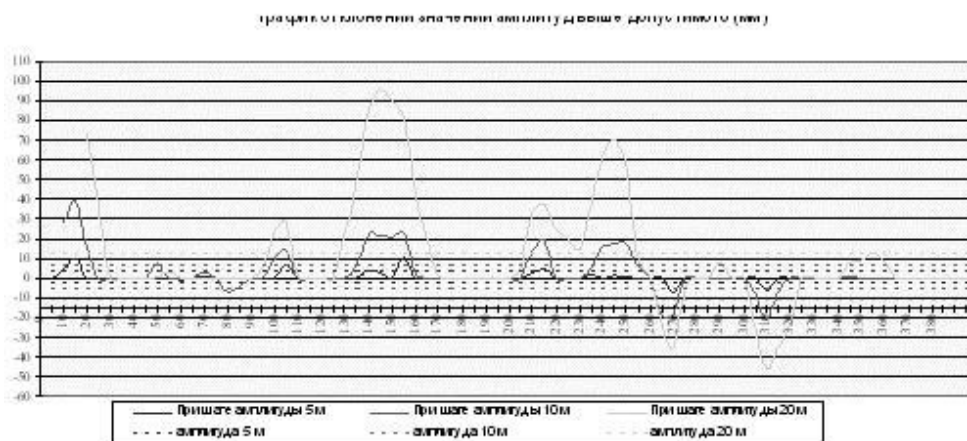
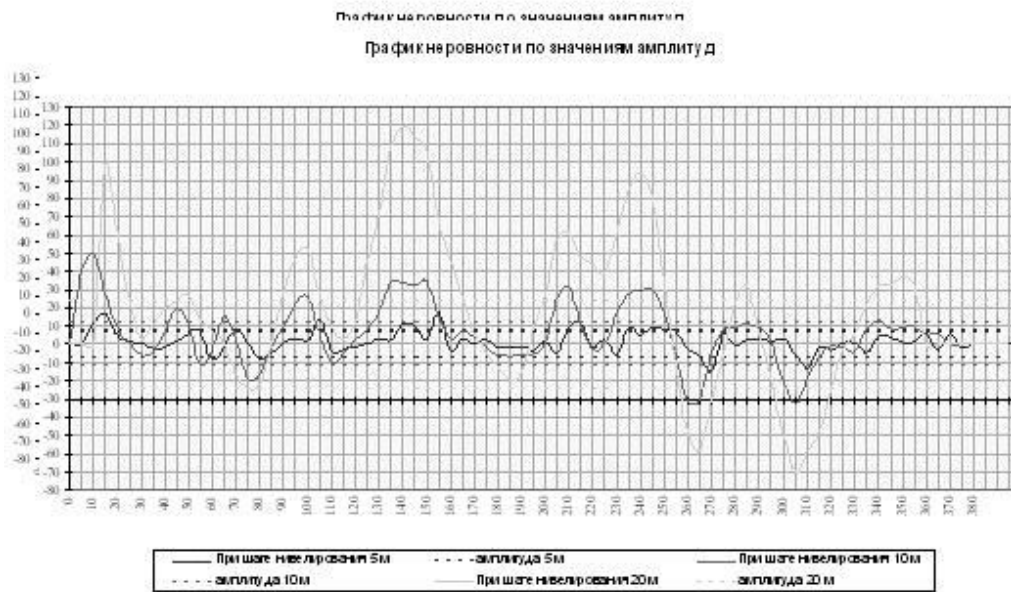


Рис. 3. График ровности

Таблица 1

Ведомость обработки измерений

Неровность определенная с шагом 5, 10 и 20 м.

№	Пикет	5	10	20	5	10	20
1	0						
2	0+5	-5			2		
3	0+10	9	20		2	8	
4	0+15	7	-10		0	2	
5	0+20	-33	-29	-40	26	17	16
6	0+25	30	13	-23	23	1	1
7	0+30	-13	-3	-78	6	9	54
8	0+35	-6	-40	-101	1	28	77
9	0+40	-14	-43	-119	7	31	95
10	0+45	-8	-34	-141	1	22	117
11	0+50	-3	-30	-127	4	18	103
12	0+55	-15	-33	-114	8	21	90
13	0+60	0	-24	-71	7	12	47
14	0+65	-9	-13	-45	2	1	21
15	0+70	4	6	-15	3	6	9
16	0+75	7	14	9	0	2	15
17	0+80	-3	-4	-10	4	8	14
18	0+85	-4	-6	-17	3	6	7
19	0+90	5	-9	-26	2	3	2
20	0+95	-15	-19	-48	8	7	24
21	1+0	6	-5	-33	1	7	9
22	1+5	-2	-4	-30	5	8	6
23	1+10	-6	-14	-20	1	2	4
24	1+15	0	-4	15	7	8	9
25	1+20	2	12	48	5	0	24
26	1+25	8	27	75	1	15	51
27	1+30	9	38	85	2	26	61
28	1+35	12	25	71	5	13	47
29	1+40	-7	-2	33	0	10	9
30	1+45	1	-7	4	6	5	20
31	1+50	-1	0	-29	6	12	5
32	1+55	0	-8	-45	7	4	21
33	1+60	-8	-26	-58	1	14	34
34	1+65	-11	-23	-57	4	11	33
35	1+70	6	-6	-38	1	6	14
36	1+75	-7	-2	-49	0	10	25

Таблица 2

Ведомость обработки измерений

Поперечные уклоны

№	Пикет	Град	ГрадТр	Отклон
67	6+60	37.3	20	-17
68	6+70	36.66	20	-17
69	6+80	34.34	20	-14
70	6+90	29.5	20	-9
71	7+0	38.17	20	-18
72	7+10	48.81	20	-29
73	7+20	43.59	20	-24
74	7+30	36.05	20	-16
75	7+40	36.44	20	-16
76	7+50	41.67	20	-22
77	7+60	50.76	20	-31
78	7+70	36.05	20	-16
79	7+80	29.76	20	-10
80	7+90	23.03	20	-3
81	8+0	11.7	20	8
82	8+10	16.94	20	3
83	8+20	25.06	20	-5
84	8+30	36.62	20	-17
85	8+40	29.89	20	-10
86	8+50	27.02	20	-7
87	8+60	33.32	20	-13
88	8+70	37.83	20	-18
89	8+80	33.69	20	-14
90	8+90	36.71	20	-17
91	9+0	44.85	20	-25
92	9+10	50.94	20	-31
93	9+20	31.72	20	-12
94	9+30	30.73	20	-11
95	9+40	34.54	20	-15
96	9+50	25	20	-5
97	9+60	6.43	20	14
98	9+70	20.26	20	0
99	9+80	28.84	20	-9
100	9+90	22.4	20	-2
101	10+0	22.64	20	-3
102	10+10	16.47	20	4
103	10+20	12.65	20	7
104	10+30	19.24	20	1

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ВОЛНА»

Металл головки рельсов при работе их в пути под воздействием колес подвижного состава подвергается деформации (износ, смятие и т. д.) на поверхности и внутри головки появляются дефекты, в основном контактно-усталостного происхождения, развитие которых может привести к излому рельса.

Известно, что шлифование рельсов позволяет решать эти проблемы. Применение РШП (рельсошлифовальных поездов) позволяет:

- Увеличить срок службы рельса за счет периодического восстановления его головки,
- Увеличить скорость движения благодаря качеству продольного профиля,
- Увеличить межремонтный ресурс подвижного состава из-за уменьшения динамических нагрузок,
- Снизить затраты на электроэнергию (топливо) в связи с уменьшением сопротивления движения поездов,
- Снизить шум и соответственно улучшить экологических показателей.

Эффективность применения РШП с учетом решаемых задач является высокой, при этом и стоимость работ по шлифовке рельсов высокая, поэтому требования к исходным данным для выполнения шлифовки имеет первостепенное значение как с точки зрения эффективного планирования работ, так и качества шлифовки. Не достоверные данные могут ухудшить состояния рельсов, что при больших затратах на проведение работ. В настоящее время в РФ нет системы автоматизированной оценки состояния пути по параметру волнообразный износ по аналогии с оценкой состояния рельсовой колеи по геометрическим параметрам. Поэтому планирование выполняется в соответствии с зависимостью волнообразного износа от пропущенного тоннажа / Профильная обработка рельсов шлифовальными поездами с активными рабочими органами под редакцией д.т.н. В.Г.Альбрехта/. Результаты исследований СГУПС и ЗСЖД на 22 экспериментальных участках полученные в 2005-2006 году на сети ЗСЖД показали, что применение зависимости волнообразного износа от пропущенного тоннажа в среднем соответствует фактической динамике изменения параметров волноизноса, при этом на различных участках динамика может отличаться в два раза. Для максимального эффективного использования РШП необходимо планирование работ выполнять только по фактическим данным. Кроме того, качество шлифовки должно оцениваться в полном объеме в соответствии с планируемыми показателями и заданием на шлифовку. Для решения имеющейся проблемы получения достоверных исходных данных о волнообразном износе рельсов предлагается

использовать АПК «Волна» разработанный и изготовленный в СГУПС в 2005 году. АПК прошёл испытание на дефектоскопах путеизмерителях КВЛП и ЦНИИ-4. В настоящее время АПК «Волна» установлен и работает на ЦНИИ-4. АПК «Волна» не связан с оборудованием вагона – путеизмерителя и работает автономно. Рабочая скорость АПК «Волна» составляет 120 км/ч, погрешность определения глубины волны (неровности) до 0,02 мм., в диапазоне длин волн от 3 см до 300 см, диапазон может изменяться через каждые 3 см, и составлять 3,6,9,12, и т. д. до 300 см., принцип работы АПК «Волна» существенно отличается от других известных измерительных средств. Впервые в практике оценки волнообразного износа рельсов применены геодезические методы, определение высотных отметок через 1 см пути. В основе работы АПК лежит запатентованный координатный способ. Структурная схема АПК «Волна» приведена на рис. 1.

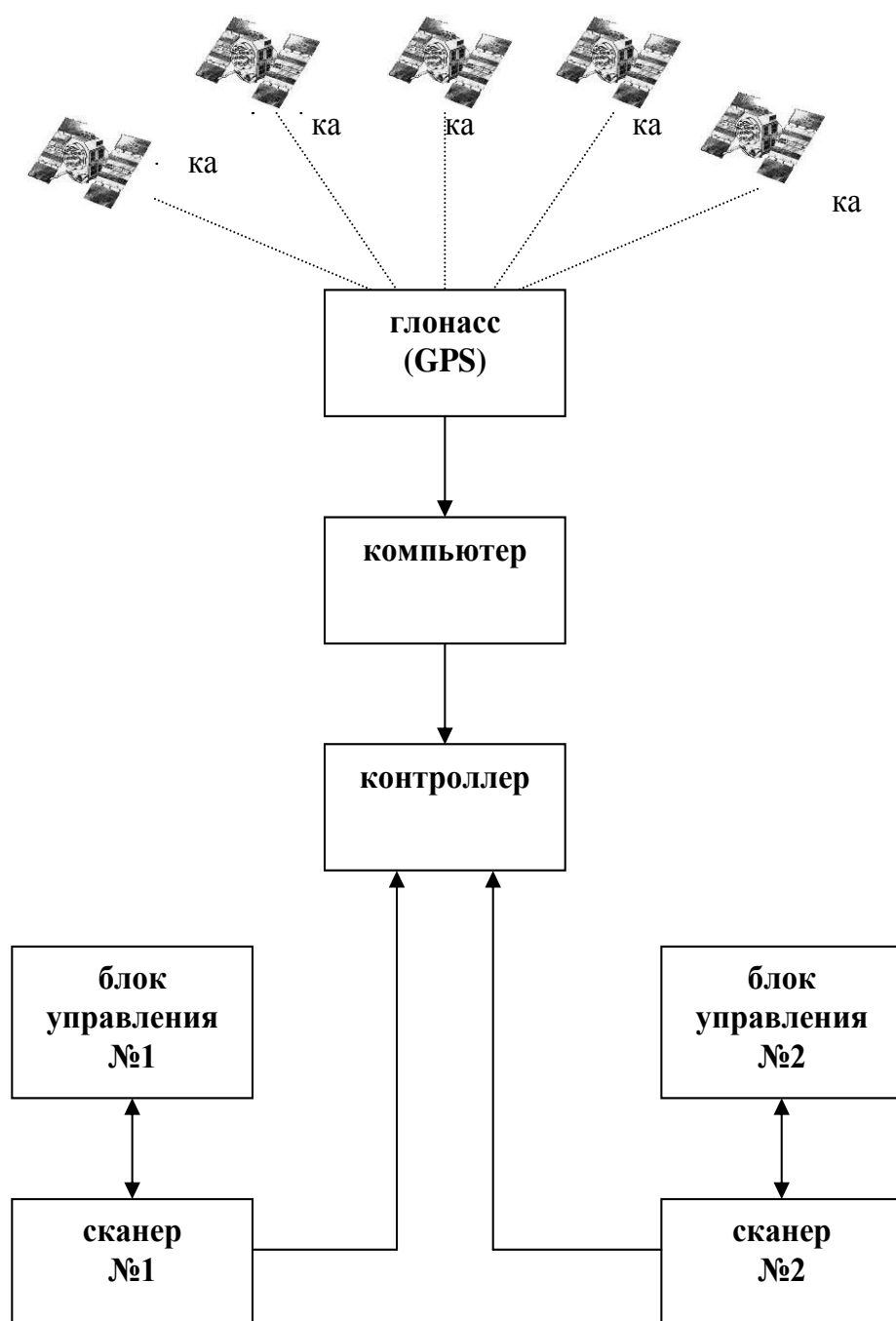


Рис. 1. Структурная схема АПК «Волна»

АПК «Волна» имеет 2 режима работы:

1. «Калибровка».
2. «Рабочий режим».

В режиме «Калибровка устанавливаются масштабные коэффициенты для сканеров с помощью шаблона. В рабочем режиме определяются непосредственно параметры волнообразного износа рельсов. Обработка данных, включая визуализацию, построение графиков и таблиц выполняется после записи файла измерений. Пример обработки данных смотрим на рис. 2, 3. АПК «Волна» работает в геодезической и линейной системе координат. Отчётные документы, включая графики и таблицы предназначенные для РШП и других структур ОАО «РЖД» имеют линейные координаты. Кодировка

объектов вдоль пути (пространственные данные) осуществляется в геодезической системе координат. Эти данные не предназначены для каких-либо пользователей кроме непосредственно программы управления АПК «Волна». Геодезические координаты позволяют сравнивать данные полученные из нескольких циклов измерений, например до шлифовки и после шлифовки рельсов без каких-либо дополнительных расчётов обеспечивающих единство измерений.

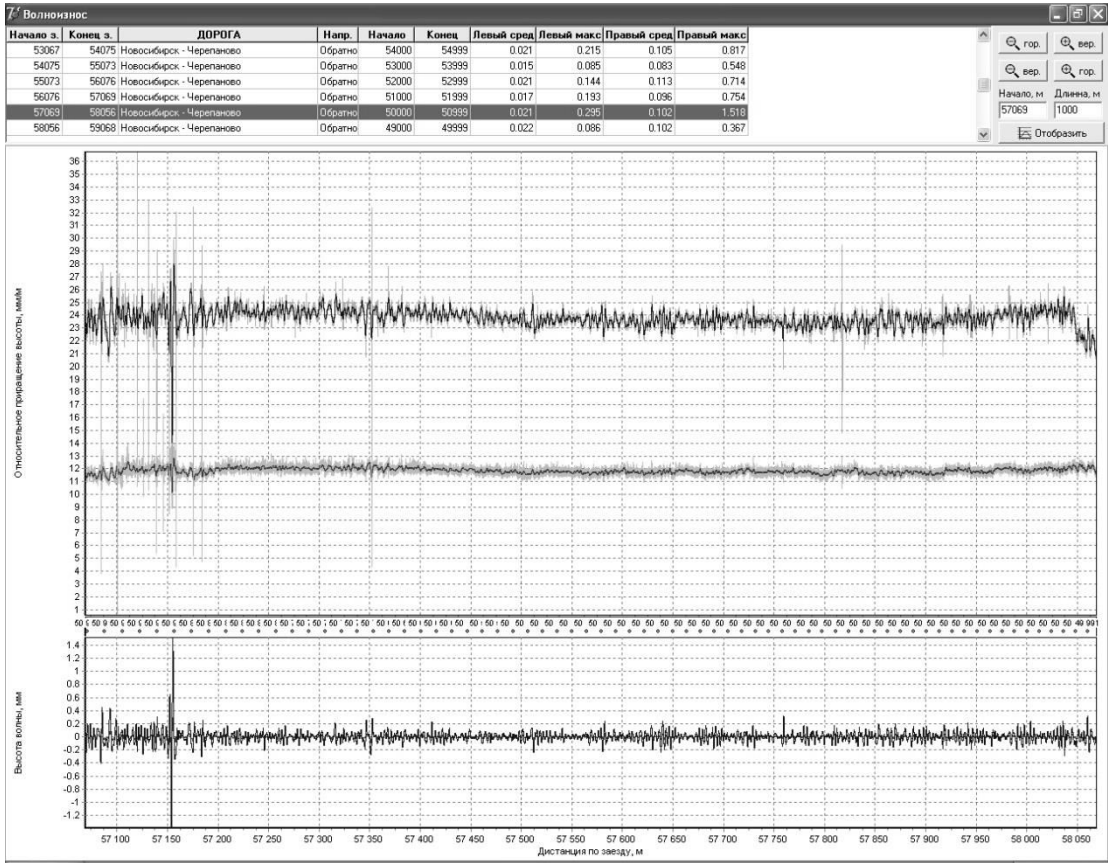


Рис. 2. Графическое изображение высоты волны на перегоне Новосибирск-Черепаново км 57-км 58

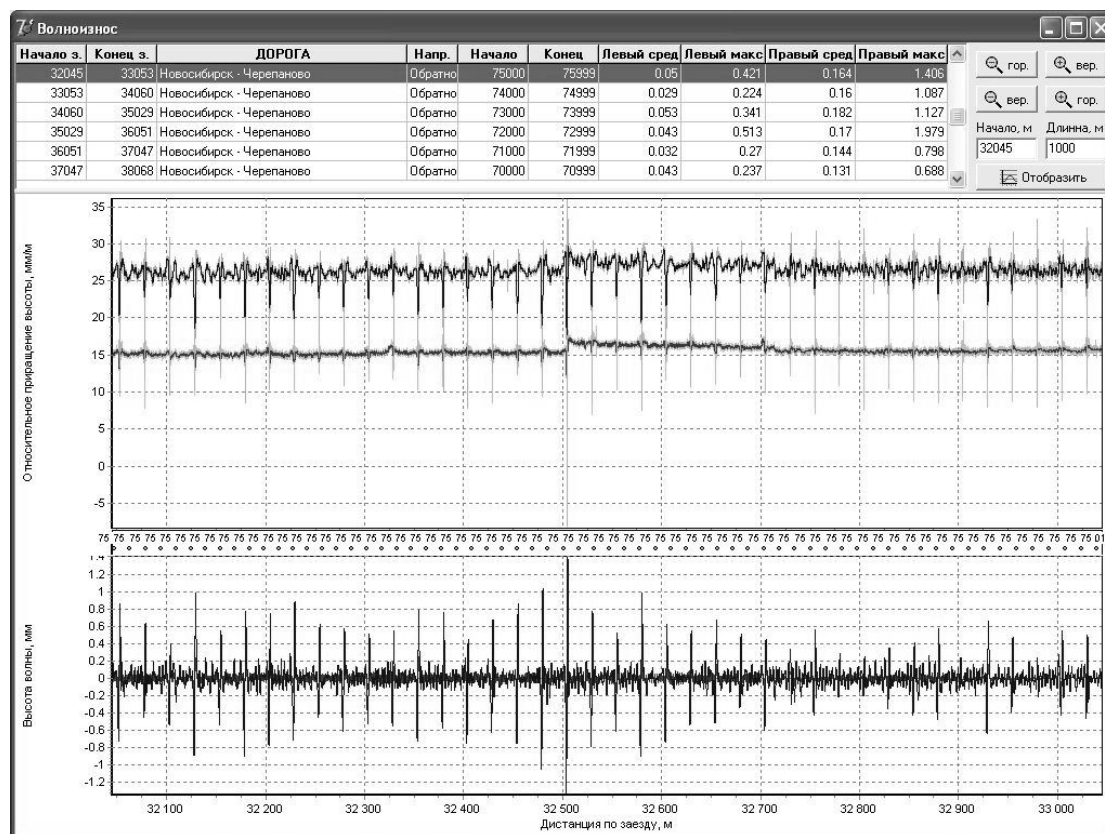


Рис. 3. Графическое изображение высоты волны на перегоне Новосибирск-Черепаново км 36 – км 37

Таким образом результаты испытаний АПК «Волна» подтверждают преимущества геодезических методов диагностики по отношению к механическим, основанных на создании опорной плоскости на заданной базе и изменения неровностей.

© В.В. Щербаков, В.Н. Васёха, Д.А. Неверов, 2007

УДК 625.7

В.В. Щербаков, В.Н. Васёха, Д.А. Неверов

СГУПС, Новосибирск

М.Ю. Буланов

ОГУ ТУАД Новосибирской области, Новосибирск

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ДОРОГ

Дороги представляют собой сложные инженерные сооружения, находящиеся под воздействием динамических нагрузок и климатических факторов. При проектировании и строительстве дорог закладываются определенные требования, обеспечивающие функциональные возможности и безопасность движения. К таким требованиям относятся эксплуатационные характеристики и геометрические параметры. У автомобильных и железных дорог имеется специфика к требованиям по геометрическим параметрам и эксплуатационным характеристикам. При этом имеются и общие требования

характеризующие дорогу, например радиус кривой, вираж, ровность, и многое другое. Название характеристики или дефекта дороги могут отличаться, при этом сущность остается одинаковой, например на автомобильных дорогах одной из характеристик определяющих качество покрытия проезжей части является «ровность», а на железных дорогах аналогичные диагностические показатели называются просадками или волнообразным износом рельсов. Для обеспечения безопасного движения по дорогам, а также обеспечения их функционирования существуют нормативные документы, регламентирующие отклонение параметров от проектных значений или показателей заложенных в ГОСТ или СНиП. Контроль отклонения параметров дорог от регламентируемых нормативными документами выполняется регулярно в соответствии со стандартами существующими на автомобильных и железных дорогах России. Для оценки состояния дорог применяется техническая диагностика. Методы и средства диагностики дорог разнообразны и применяются в зависимости от вида и назначения диагностики. На железных дорогах России существует регламент проведения диагностики основанный на безопасности движения поездов. Диагностика рельсовой колеи по геометрическим параметрам выполняется в соответствии с требованиями инструкции ЦП 515. Периодически один раз в месяц на всей сети железных дорог России определяются ширина колеи (шаблон), возвышение рельса (уровень), положение рельса в плане (рихтовка), положение рельса в вертикальной плоскости (просадка). Все геометрические параметры определяются с погрешностью не превышающей 2 мм. Ширина колеи и возвышение рельса являются абсолютными величинами, а рихтовка и просадка являются относительными величинами, т.е. пространственное положение рельсовой колеи определяется в относительных величинах. Для этого выбирается определенная длина хорды, как в плане, так и в вертикальной плоскости и измеряется величина стрел изгиба в середине этой хорды с шагом смещения хорды по линейной координате через 0.3-1 метр. Сложившаяся практика диагностики по приведенным параметрам в соответствии с инструкцией ЦП515 устраивает железнодорожников. Это наиболее простые методы диагностики и самое главное, относительные методы достаточно просто реализовать аппаратно, поэтому начиная с 1960 годов на базе хордового метода разрабатываются различные типы диагностической аппаратуры, измерительные системы выправки пути и другая аппаратура.

Диагностические средства измерений разрабатывают, как правило сами дорожники. На железных дорогах разработкой диагностической аппаратуры занимаются несколько крупных организаций. Современная диагностическая аппаратура по определению геометрических параметров рельсовой колеи, например ЦНИИ-4, представляет собой комплекс содержащий инерциальную систему, лазерные измерители линейных перемещений, вычислительную технику и другую современную комплектацию. Несмотря на применение самых современных измерительных средств, идеология создания диагностических приборов остается неизменной и базируется на хордовом методе. Аналогичная ситуация на автомобильных дорогах, так как часть очень важных

диагностических параметров определяется косвенными или относительными методами. Эффективность этих методов является низкой, как при оценки достоверности состояния дорог, так и производительности в зависимости от методов и средств измерения, например толчкомер позволяет на скорости 60 км/час определять параметр ровности, при этом погрешность может достигать 10%, с использованием рейки дорожной универсальной можно выполнить оценку покрытия достоверно, при этом производительность составляет не более 1 км в день. Для этих целей может быть использован профилограф, позволяющий с относительно высокой производительностью и точностью определить состояние покрытия проезжей части автомобильной дороги по параметру, например «ровность». При этом стрела изгиба определяется на базе измерительного средства, например 3 метра, т. е. аналогично диагностическим средствам применяющимся на железных дорогах. При этом наиболее прогрессивные компании и организации стремятся получить не только фактические отклонения от нормативных требований, но и динамику изменения этих параметров, что с применением относительных методов невозможно или требует больших затрат на реперную сеть для обеспечения единства измерений.

Относительные методы определения пространственного положения и геометрических параметров дороги при их разнообразии и широком применении в настоящее время очевидно ограничены. Они исчерпали свои возможности и не позволяют расширить диапазон исследований и функциональные возможности диагностической аппаратуры, в частности определять динамику изменения параметров. Рассмотрим определение геометрических параметров рельсовой колеи с использованием вагоно-путеизмерителей. На рис. 1 показана схема измерения взаимного положения рельсовых нитей по высоте (уровень), на рис. 2 показана схема измерения ширины колеи (шаблон). На рис. 3 показана каноническая схема измерения стрел изгиба, определяющих положение рельсовой нити в плане. На представленной схеме видно, что длина хорды определяется длиной вагона на котором установлена аппаратура и не может быть изменена, точно также как и длина хорды в вертикальной плоскости.

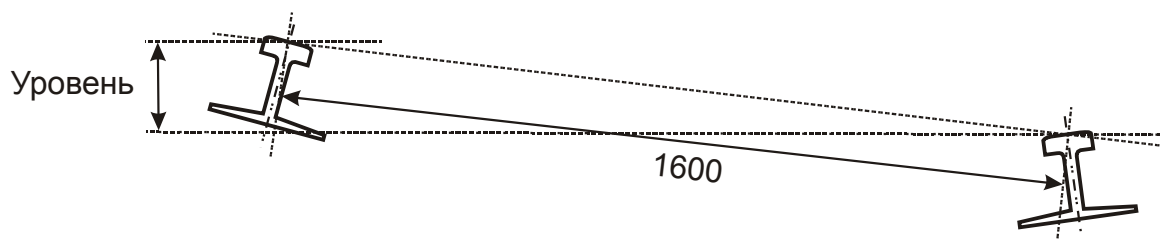


Рис. 1. Схема измерения взаимного положения рельсовых нитей по высоте (уровень)

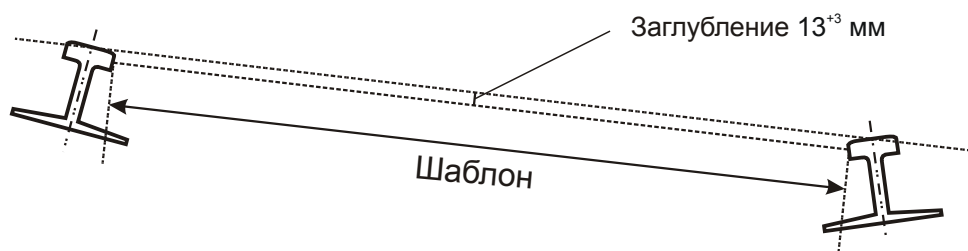


Рис. 2. Схема измерения ширины колеи (шаблон)

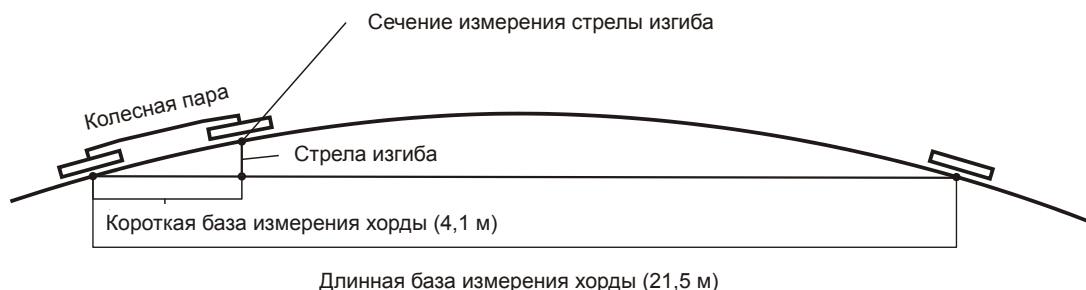


Рис. 3. Каноническая схема измерения стрел изгибарельсовых нитей путеизмерительными вагонами в РФ

Это принципиально не позволяет определять пространственное положение пути на участке более длины вагона, например на отрезке 50 или 100 метров. В связи с этим на железных дорогах России не определяются и не устраняются длинные неровности рельсовой нити в плане (заводины). При скоростях движения в пределах 100 км/ч плавность хода поездов не нарушается. При увеличении скоростей по отношению к существующим, длинные неровности оказывают негативное влияние как на плавность хода поезда, так и повышенный износ рельсов и в целом на безопасность движения. Решить эту проблему существующей диагностической аппаратурой, построенной на базе метода хорд нельзя, применяя самые современные гироскопические, инерциальные и лазерные измерительные средства. Второй пример это определение ровности на автомобильных дорогах или волнообразный износ рельсов на железных дорогах. Задача решается в настоящее время следующим путем: создается плоскость на какой либо базе (расстояние между осями колес, и т.д.) и относительно этой плоскости в середине определяется величина неровности. Также как и в первом случае нет возможности исследовать неровности на базе различной длины в широком диапазоне. Такой подход характерен и для вагонов-путеизмерителей и для автодорожных лабораторий.

Пространственное положение элементов дороги и геометрических параметров, включая определение неровностей в вертикальной и горизонтальной плоскости, может быть определено геодезическими методами по координатам. Учитывая, что координаты определяют пространственное положение объекта и могут преобразовываться из одной системы координат в другие, могут быть использованы для любых расчетов определяющих взаимное положение элементов дороги и их положение относительно пространственной системы координат, перспективы координатных методов оценки состояния дорог положительные. Еще более важное значение использования геодезических методов диагностики заключается в возможности мониторинга автомобильных и железных дорог.

Применение геодезических координат позволяет с использованием программных комплексов ГИС получать динамику изменения параметров с течением времени.

Методы получения пространственного положения элементов дороги, (геодезических координат), различны. В соответствии с методами используются и различные средства определения пространственного положения объектов в выбранной системе координат. Наиболее распространенными средствами определения пространственного положения являются спутниковые системы координат (GPS и ГЛОНАСС), тахеометры различных типов, лазерные сканеры и инерциальные системы, системы счисления пути (интеграторы), фотограмметрические и другие средства. Выбор средств и методов определения пространственного положения объекта определяется требованиями к точности определения координат, элементов взаимного положения (углов, линий), детализации съемки, производительности или скорости съемки для автоматизированных систем.

Специфика требований к геометрическим параметрам дорог в целом заключается в высокой точности (1-2 мм), в относительных значениях от 1/1000 до 1/20000 определения взаимного положения элементов дороги, а пространственное положение точки относительно, например условной системы координат может составлять 10-50 мм и более. Таким образом, требования к взаимному положению элементов дороги по геометрическим параметрам, практически на порядок выше к пространственному положению дороги (оси дороги) в какой либо системе пространственных координат. Кроме того, эксплуатационная работа на дороге привязана к линейной координате, поэтому должен быть обеспечен пересчет местоположения из трехмерной системы координат в одномерную.

Не выполняя детальный анализ всех средств и методов определения взаимного положения элементов дороги и их пространственного положения приведем схему комплексирования и алгоритм определения координат и геометрических параметров диагностической аппаратуры, предназначенной для автомобильных и железных дорог. На рис. 4 приведена структурная схема аппаратуры для определения пространственного положения объектов и геометрических параметров дорог.

Аппаратура включает GPS, блок гироскопов, контроллер, датчик пути и компьютер. GPS и блок гироскопов синхронизированы, что позволяет выполнять совместную обработку координат.

Дискрет съема информации с гироскопов составляет 1 см, с GPS – 1 секунда. Диагностическая аппаратура для автомобильных и железных дорог отличается только конструктивно в большей степени ходовой тележкой или транспортным средством на которое устанавливается аппаратура. На рис. 5 (а, б, в) показан способ определения неровности дороги геодезическими методами (по высотным отметкам) реализованным в АПК «Профиль», ПТ «Волна», АПК «Волна», универсальном дорожном курвиметре УДК «Ровность» и дорожной передвижной лаборатории ДПЛ СГУПС. Все эти разнообразные приборы созданы в соответствии со структурной схемой приведенной на рис. 4.

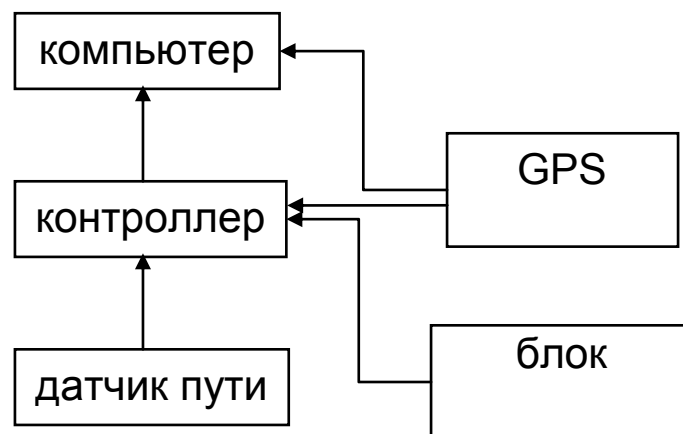


Рис. 4. Структурная схема аппаратуры для определения пространственного положения объектов и геометрических параметров дорог

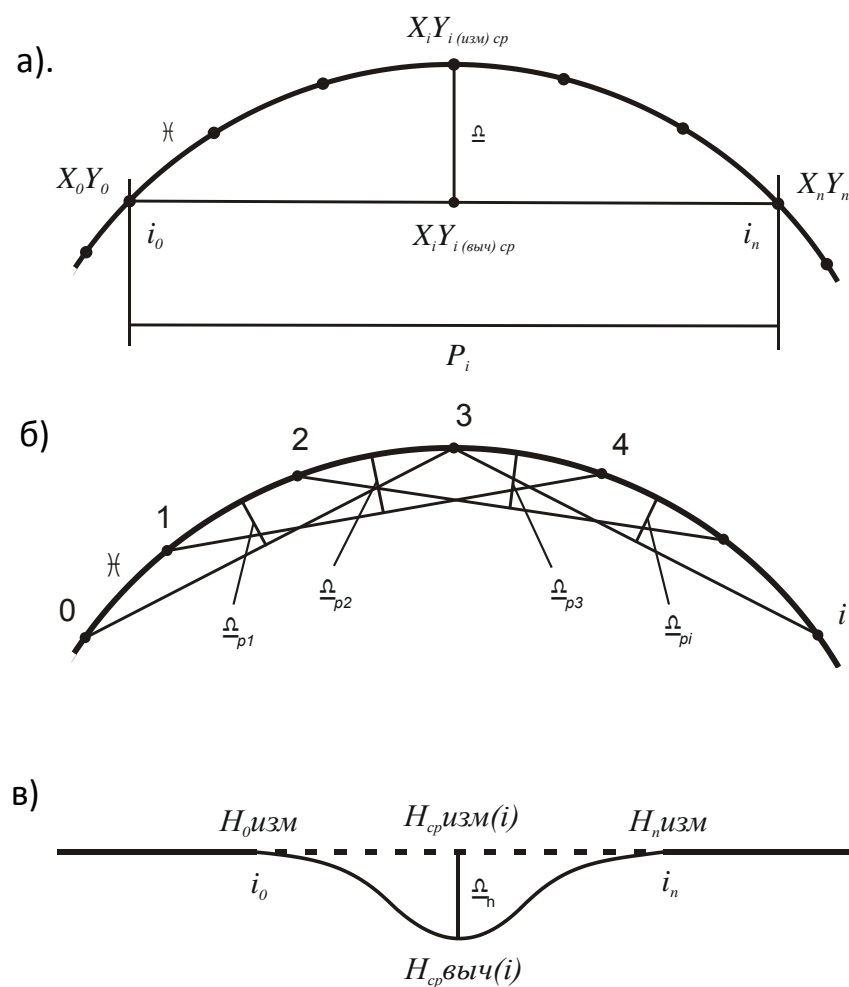


Рис. 5. Принцип определения стрел изгиба в горизонтальной и вертикальной плоскости

АПК «Профиль» предназначен для диагностики железных дорог по геометрическим параметрам, натурной съемки плана и продольного профиля железнодорожных путей, ПТ «Волна» предназначена для натурной съемки

волнообразного износа рельсов, АПК «Волна» предназначена для натурной съемки волнообразного износа рельсов и определения геометрических дефектов рельсов. УДК «Ровность» предназначен для диагностики автомобильных дорог по параметру ровность и поперечные уклоны. ДПЛ СГУПС предназначена для диагностики автомобильных дорог по геометрическим параметрам и проектно-изыскательских работ для капитального ремонта. Внешний вид приборов показан на рис. 6 (а, б, в, г, д, е).



Рис. 6а. АПК «Профиль»



Рис. 6б. ПТ «Волна»



Рис. 6в. АПК «Волна»



Рис. 6г. УДК «Ровность»

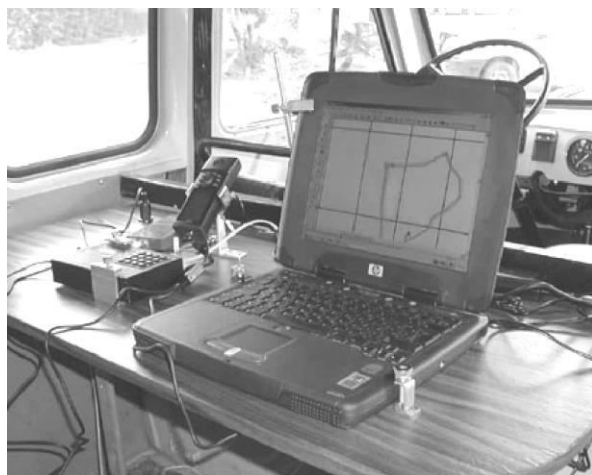


Рис. 6д. ДПЛ СГУПС

Рис. 6е. Рабочее место оператора ДПЛ СГУПС

Для каждого типа диагностической аппаратуры в зависимости от назначения отличаются отчетные формы. На рис. 7 в качестве примера приведены графики ровности автомобильной дороги, полученные УДК «Ровность», а на рис. 8 – графики волнообразного износа рельсов, полученные с помощью АПК «Волна».

График неровности по значениям амплитуд

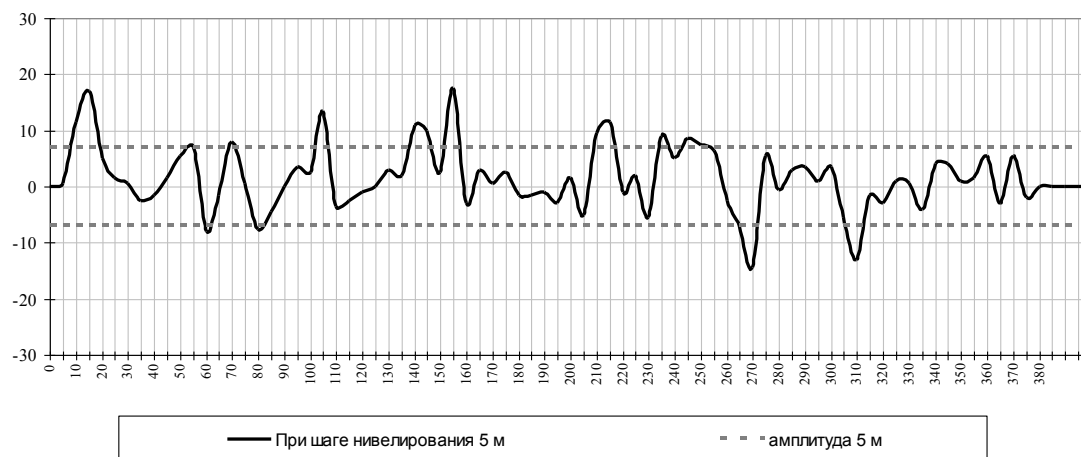


Рис. 7. Графики ровности автомобильной дороги, полученные УДК «Ровность»

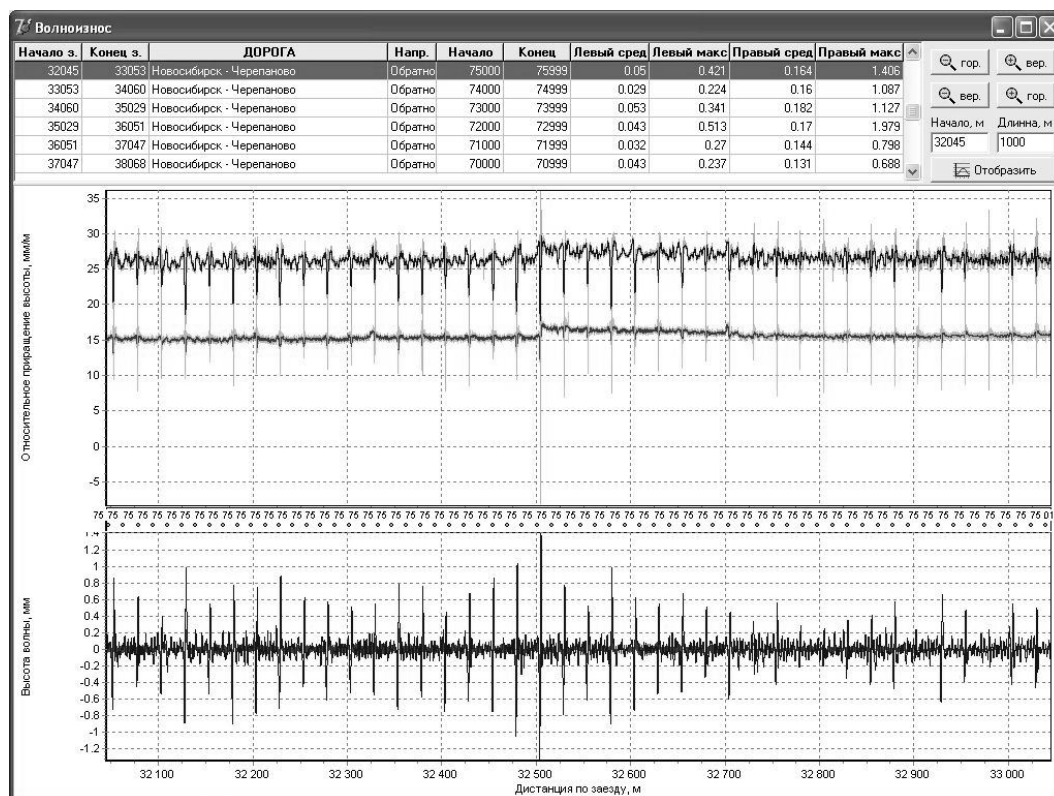


Рис. 8. Графики волнообразного износа рельсов, полученные АПК «Волна»(верхний график – исходные данные, нижний график – обработанные данные)

Таким образом, представленные приборы созданные на базе координатного метода получения геометрических параметров, представляют собой современные измерительные средства для диагностики дорог. Каждый из приведенных приборов имеет функциональные возможности в несколько раз шире по сравнению с аналогами в основе работы которых лежат другие принципы. Геометрические параметры жестко связаны с геодезическими координатами, линейными координатами дороги, поэтому могут использоваться как эксплуатационными организациями так и структурами управления работающими с ГИС различного уровня. Широкое внедрение геодезических методов диагностики обеспечит единство измерений, что позволит не только выполнять диагностику в режиме мониторинга, но и обрабатывать данные диагностики в режиме мониторинга, определяя динамику изменения геометрических параметров. Решение этой проблемы позволит перейти на новый уровень диагностики дорог с выдачей эксплуатационным организациям и управленческим структурам прогноза по техническому состоянию и срокам предупредительно-восстановительных работ, что позволит многократно снизить затраты на эксплуатацию дорог.

© В.В. Щербаков, В.Н. Васёха, Д.А. Неверов, М.Ю. Буланов, 2007

УДК 528.9
В.И. Дударев
СГГА, Новосибирск

СОЗДАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ СГУЩЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ САМБУРГСКОГО ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GPS- ТЕХНОЛОГИЙ

В 2003 г. на территории Самбургского месторождения газа были выполнены топографо-геодезические работы по созданию геодезической сети сгущения повышенной точности. Работа осуществлялась с использованием спутниковых методов определения пространственных координат точек, для чего применялись двухчастотные спутниковые приемники. В качестве рабочего созвездия использовались космические аппараты спутниковой радионавигационной системы NAVSTAR.

Положение пунктов геодезической сети сгущения определялось путем проложения пространственных векторных ходов [2, 4], опирающихся на четыре пункта Государственной геодезической сети (ГГС). При этом использовались классные пункты триангуляции, отобранные после

выполненного анализа на предмет их сохранности в смысле морозного выпирания [3]. Положение пунктов ГГС было задано в виде плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера 1942 г., а отметки – в виде нормальных высот в Балтийской системе 1942 г.

Для определяемых пунктов нормальная высота H в Балтийской системе 1942 г. определялась как разность геодезической высоты H_g и аномалии высоты ζ , заданных относительно референц-эллипсоида Красовского

$$H = H_g - \zeta.$$

В связи с этим аномалия высоты находилась следующим образом. На первом этапе вычислялась аномалия высоты ζ_{84} относительно общего земного эллипсоида WGS-84 по формуле Стокса [1], в которой для расчета возмущающего потенциала использовалась модель гравитационного поля Земли EGM-96, представленная в виде гармонических коэффициентов с разложением до 360 порядка и степени. На втором этапе был сделан переход от ζ_{84} к ζ с учетом параметров референц-эллипсоида Красовского 1942г. и общего земного эллипсоида WGS-84 [2].

Пространственные положения пунктов сети сгущения определялись после проведения соответствующей математической обработки результатов относительных спутниковых радиодальномерных измерений [2, 4], полученных в режиме "СТАТИКА" двухчастотными GPS-приемниками серии 4000 и 4700 фирмы Trimble Navigation. В итоге положение пунктов представлялось в виде плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера 1942 г. и нормальных высот в Балтийской системе 1942 г. Характеристика точности координат пунктов геодезической сети сгущения на месторождении представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика точности определения координат пунктов сети сгущения

N п/п	Номер пункта	Относительные ошибки по координатам		
		X	Y	H
1	1585	1943000	7770000	261000
2	1890	1943000	7770000	261000
3	1845	1943000	7770000	261000
4	1324	1943000	7770000	261000
5	1285	1943000	7770000	261000
6	1353	1943000	7770000	261000
7	1980	1943000	7770000	261000
8	1747	1943000	7770000	261000
9	1895	241000	447000	447000
10	1842	241000	447000	447000
11	1702	241000	447000	447000
12	1772	241000	447000	447000
13	1919	1111000	313000	170000
14	1223	1111000	313000	170000
15	1278	1630000	306000	321000
16	1481	1630000	306000	321000

17	1549	1630000	306000	321000
18	1830	1630000	306000	321000
19	1358	1630000	306000	321000
20	1695	1630000	306000	321000
21	1957	362000	2223000	529000
22	1573	362000	2223000	529000

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грушинский, Н.П. Теория фигуры Земли / Н.П. Грушинский. – М.: Наука, 1976. – 512 с.
2. Дударев, В.И. Некоторые аспекты построения и уравнивания геодезических сетей сгущения с использованием GPS-технологий / В.И. Дударев // Современные проблемы геодезии и оптики: Сб. материалов 53 междунар. научно-техн. конф., посвященной 70-летию СГГА. 11-21 марта 2003 г. Ч. 3 / СГГА. – Новосибирск, 2003. – С. 268–269.
3. Дударев, В.И. Выявление стабильных и мобильных пунктов Государственной геодезической сети в северных регионах / В.И. Дударев // Вест. Сиб. гос. геодез. акад. / СГГА. – Вып. 10. – Новосибирск, 2005. – С. 70–72.
4. Дударев, В.И. Уравнивание пространственного векторного хода / В.И. Дударев // Геодезия, картография, кадастр в освоении природных ресурсов Байкальского региона: материалы 2-й региональной научно-произв. конф. – Иркутск, Изд-во ИрГТУ, 2006. – С. 41–44.

© В.И. Дударев, 2007

УДК 528.482
 А.Г. Малков
 СГГА, Новосибирск

ОБ ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ОСАДОК В КАЖДОМ ЦИКЛЕ НАБЛЮДЕНИЙ

Оценка точности результатов измерений осадок в каждом цикле обычно производится по величине средней квадратической погрешности превышения на станции $\mu_{см.}$, определяемой по значениям невязок нивелирных полигонов

$$\mu_{см.} = \sqrt{\frac{\left[\frac{W_h^2}{n} \right]}{N}}, \quad (1)$$

где W_h – невязка полигона,
 n – число станций в полигоне,
 N – число полигонов.

Однако следует заметить, что для получения достоверной оценки $\mu_{см.}$ по указанной формуле, общее число полигонов в исследуемом сооружении должно быть не менее 8.

Наряду с указанным методом в целях более полного использования статистической информации результатов измерений, значение $\mu_{см.}$ можно получать по разностям одноименных превышений, измеренных на разных горизонтах, и их значениям из прямого и обратного ходов нивелирования

$$\mu_{см.} = \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}, \quad (2)$$

а также по разностям сумм превышений из прямого и обратного ходов:

$$\mu_{см.} = \sqrt{\frac{P[W^2]}{2N}}, \quad (3)$$

где $[W] = [h]_{пр.} - [h]_{обр.}$ – значения разностей невязок прямого и обратного ходов;

N – число ходов;

$P = 1/n$ – вес измеренного хода.

Анализируя способы получения средней квадратической погрешности превышения на станции, следует заметить, что наиболее надежной оценкой, по нашему мнению, в случае наличия необходимого числа полигонов и допустимого числа станций в них, является оценка по формуле (1), так как в полигонах малых размеров не происходит компенсации ошибок измерений и влияние внешних условий является случайным фактором.

При оценке по формуле (2) следует учитывать, что значения разностей d , полученных при измерении на разных горизонтах и из прямого и обратного ходов не является идентичными, так как в первом случае превышения измеряются при одинаковых условиях и в значениях разностей d почти полностью отсутствуют систематические ошибки на каждой станции измерений. Однако их влияние будет сказываться в значениях измеренных превышений и будет влиять на величину полученных невязок нивелирных полигонов. Оценка же величины $\mu_{см.}$ с использованием указанных разностей, в основном, отражает оценку результатов измерений по внутренней сходимости их значений на станции.

Значения же $\mu_{см.}$ полученное по разностям превышений прямого и обратного ходов нивелирования будет более достоверным, так как в ее величине более полно учитывается влияние внешних условий исследуемого сооружения, определяющих её значение.

Оценка $\mu_{см.}$ по формуле (3) равнозначна оценке по формуле (2) для разностей превышений прямого и обратного ходов нивелирования.

Для подтверждения сделанных выводов выполним оценку результатов измерений осадок в одном из промышленных корпусов 2/4 по указанным выше формулам. Для анализа используем 77 разностей

$$d = h_{пр.} - h_{обр.},$$

где d – разность прямого и обратного ходов и

$$d' = h_{пр.} - h'_{обр.},$$

где d – разность отсчетов по шкалам двухсторонней рейки в прямом ходе.

Тогда

$$\mu_{cm}^d = \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}} = \sqrt{\frac{10.94}{2.77}} = 0.27 \text{ мм},$$

$$\mu_{cm}^{d^1} = \sqrt{\frac{[d^{1^2}]}{2n}} = \sqrt{\frac{1.57}{2.77}} = 0.10 \text{ мм}.$$

Для оценки по невязкам было использовано 12 нивелирных полигонов

$$\mu_{cm}^w = \sqrt{\frac{[f_h^2]}{N}} = 0.33 \text{ мм}.$$

Отсюда видно, что значения средней квадратической погрешности превышения на станции, определенных по значениям разностей прямого и обратного ходов и невязкам полигонов близки между собой, тогда как значение $\mu_{cm}^{d^1}$ значительно меньше и не соответствует ее действительному значению для нивелирования II класса, равного 0.40 мм. Некоторое уменьшение μ_{cm}^d по сравнению с μ_{cm}^w , по видимому, связано с частичным исключением в разностях отсчетов систематических ошибок превышений на станциях измерений.

Так как оценка точности результатов измерений будет зависеть от числа исследуемых параметров, то для получения более достоверной оценки результатов измерений необходимо определить их доверительные интервалы для всех значений μ_{cm} , вычисленным по различным формулам.

Однако при оценке по невязкам полигонов следует учитывать зависимости между их значениями, так как они соприкасаются через общие нивелирные ходы.

Значение средней квадратической погрешности превышения на станции, полученное по невязкам полигонов с учетом их корреляционной зависимости определится как

$$\mu_{cm}^{l^2} = \frac{W^T K_W^1 W}{n}, \quad (4)$$

где $K_W^1 = \frac{K_W}{\sigma^2}$, так как единица веса определяется по результатам измерений и K_W^1 – корреляционная матрица, известная с точностью σ^2 .

По результатам анализа 12 нивелирных полигонов следует, что учет корреляционной зависимости невязок нивелирных полигонов увеличивает в среднем значение средней квадратической погрешности превышения на станции на 13%.

ПОЛУЧЕНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ТОЧЕК ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ЛИНИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЛИПСОИДА

При заполнении баз данных при кадастровых работах наиболее верное решение – это вычисление площадей участков на поверхности эллипсоида, как это рекомендовано в некоторых работах [1, 6]. Площади участков на поверхности эллипсоида вычисляется по геодезическим координатам – широте и долготе. Поэтому координаты поворотных точек границ участков должны быть преобразованы геодезические. Обычно координаты точек границ участков даны в местных кадастровых системах координат. Преобразование значений координат в геодезические необходимо делать с погрешностями менее 1 мм, применяя наиболее точные способы и полные формулы. Для вычисления площади произвольного участка на поверхности эллипсоида с погрешностью меньше квадратного метра, необходимо разделить каждую граничную сторону участка на некоторое число m равных отрезков или разделить угловую величину этой стороны на равные углы [2]. Первый путь имеет определённые математические решения, второй путь в настоящее время фактически не разработан.

Наиболее целесообразно осуществлять деление линии на 2^k (k – целое положительное число), и это можно сделать несколькими способами:

- Деление линии на m отрезков в исходной системе координат, затем преобразование координат всех поворотных и промежуточных точек в геодезические;
- Преобразование координат граничных точек участка в геодезические, затем решение обратной геодезической задачи на поверхности эллипсоида, деление полученной линии на отрезки и вычисление прямых геодезических задач для получения геодезических координат промежуточных точек;
- Преобразование координат граничных точек в геодезические, вычисление пространственных координат этих точек, нахождение пространственных координат средней точки хорды, вычисление геодезических координат этой точки, по полученной средней точки и двум крайним вычисляем следующие средние точки и т. П.

Последовательно рассмотрим эти способы.

Будем считать, что координаты поворотных точек границ участков даны в прямоугольной системе координат в поперечно-цилиндрической проекции Гаусса. Координаты промежуточных точек вычисляют по формулам

$$x_i = \frac{X_H(m-i) + X_K \cdot i}{m}, y_i = \frac{Y_H(m-i) + Y_K \cdot i}{m}, \quad i = (1, 2, \dots, m), \quad (1)$$

где X_H, Y_H, X_K, Y_K прямоугольные координаты начальной и конечной точек линии границ участка, m – число отрезков. Эти формулы применяются, когда весь объект расположен в одной координатной зоне. Если участок расположен в

двух и более зонах, то смежные точки по границам зон надо вычислять в обеих зонах с учётом перекрытия.

Для получения геодезических координат каждой точки можно воспользоваться известными формулами вычисления широты и долготы точки по прямоугольным координатам.

К недостаткам следует отнести то, что при длине сторон более 300 м точность вычислений будет быстро уменьшаться и может привести к разногласиям в полученных результатах. Так при длине стороны в 2500 м погрешности вычисления промежуточных точек составляют 2 – 3 мм, а при длине 5000 м, погрешности достигают 8 – 12 мм. Эти погрешности не большие, но они оказывают влияние на окончательный результат, так как, в соответствии с [2], в вычислениях используются первые, вторые и последующие разности промежуточных результатов. Возможно вычисление координат промежуточных точек путём решения прямой геодезической задачи с применением проекции Гаусса. Но в этом случае решение будет сложным и не во всех случаях точным. Определённые трудности возникают когда участок расположен в различных координатных зонах.

Отсюда следует – несмотря на кажущуюся простоту в вычислениях мы только усложним задачу, так как нам придётся постоянно отслеживать допустимость длин линий, местоположение участка, а в некоторых случаях, решать задачи по согласованию координат точек в разных координатных зонах.

Более универсальным будет способ вычисления координат промежуточных точек путем решения прямой геодезической задачи на поверхности эллипсоида. В этом случае результат можно получить с любой заданной точностью, а координаты всех поворотных и промежуточных точек будут представлены или сразу вычислены в единой геодезической системе координат.

При вычислениях все точки границ участка преобразовывают по известным формулам в систему геодезических координат. Если участок расположен в двух и более координатных зонах – это не имеет значение. Координаты каждой точки вычисляются независимо. Затем по геодезическим координатам решается обратная геодезическая задача на поверхности эллипсоида, и находят длину линии, прямой и обратный азимуты. Полученное значение линии делим на заданное число m , находим длины линий от начальной точки до каждой промежуточной и путём решения прямой геодезической задачи на поверхности эллипсоида, вычисляем геодезические координаты промежуточных точек. Этот способ даёт наиболее точные результаты, так как сейчас разработаны способы решения прямых геодезических задач на поверхности эллипсоида с погрешностями вычисления менее 0,001 м на расстояния в тысячи километров.

Наиболее существенным недостатком этого способа – необходимость логического анализа по определению неоднозначности вычисления азимута, т. е. необходимо определять четверти. Это не трудная задача, но она требует наличие специального блока логики в программных продуктах и в некоторых случаях может дать не верные результаты.

Для вычисления геодезических координат промежуточной точки воспользуемся известной методикой получения средней точки геодезической линии через пространственные координаты [3]. Возьмём одну геодезическую линию границы объекта и по геодезическим координатам конечных точек вычислим их геоцентрические пространственные координаты. Соединим эти точки пространственной хордой. Если провести к поверхности эллипсоида нормаль с таким расчётом, что бы она прошла через среднюю точку хорды, то точка на эллипсоиде будет принадлежать геодезической линии [3 и др.]. В некоторых работах утверждается, что эта точка будет находиться на равных расстояниях от конечных точек. Далее можно повторить эти действия, беря последовательно одну из конечных точек и среднюю. Повторяя эти действия, можно получить на поверхности эллипсоида геодезическую кривую между двумя заданными точками. Однако в работе [4] указывается, что практическая проверка путём решения прямой и обратной геодезических задач при расстояниях, близких к предельным ($\approx 180^\circ$) не подтверждает этого утверждения. Такое решение через пространственных координат позволяет получить линию, только близкую к геодезической. Цифрового или аналитического доказательства этого утверждения в работе не приводится.

В настоящее время проверить правильность этих противоречивых утверждений проще всего путём решения числовых примеров. Последовательное преобразование геодезических координат B и L в пространственные и обратно, хотя и не представляет значительных трудностей, если воспользоваться формулами [5]. Так как длины линий границ участка не превышают нескольких километров, то для ускорения деления каждой линии на равные отрезки заменим эллипсоид шаром с заданным радиусом кривизны. При этом на пространственной хорде будем брать три промежуточных точки (рис. 1). Одна точка будет средняя - $1'$, координаты других ($4''$ и $5''$) будем вычислять с таким расчётом, что бы проведённые через эти точки нормали к поверхности эллипсоида разделили заданную линию на равные части. При выводе этих выражений было сделано некоторое отступление от фигуры эллипсоида, но при небольших расстояниях полученными погрешностями можно пренебречь.

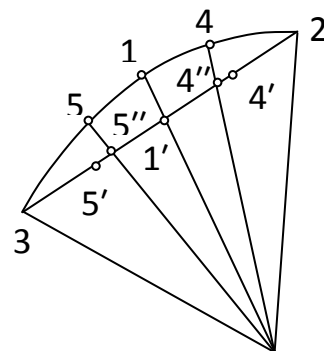


Рис. 1. Деление линий на 4 отрезка

Проверка точности этих предположений была выполнена в программном комплексе Excel. Для вычислений точных значений широт и долгот точек применялись формулы решения прямой геодезической задачи по формулам Бесселя. Для вычисления широты и долготы средней и двух дополнительных точек, по пространственным координатам применялись наиболее простые и точные формулы, приведённые в работе [5]. На заданных широтах от 0° до 75° через 15° и долготы 5° намечались точки. От каждой точки под азимутами от 0°

до 90° и от 180° до 270° через 15° на расстояния 20 км, 50 км, 100 км и 500 км вычислялись значения широт и долгот точек. Далее, каждая линия уменьшалась в 2 раза и вычисления повторялись. В результате, по каждой линии были вычислены геодезические координаты пяти точек, которые далее считались истинными. Основная точка – 1, которая находилась на одинаковых расстояниях от концов геодезической линии – 2 и 3, и две дополнительные точки 4 и 5, в результате получали геодезическую линию на поверхности эллипсоида, разделённую на четыре равных отрезка (рис. 1).

Таблица. Погрешности получения промежуточных точек

Широта B°	Погрешность	№ № точек	Азимуты линий (A°)				
			0°	30°	45°	60°	90°
			сторона 100 км				
1	2	3	4	5	6	7	8
0°	$\Delta B''$	4	0".00000	-0".00002	-0".00003	-0".00003	0".00000
		1	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000
		5	0".00000	0".00002	0".00003	0".00003	0".00000
	$\Delta L''$	4	0".00000	0".00003	0".00003	0".00002	0".00000
		1	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000
		5	0".00000	-0".00003	-0".00003	-0".00002	0".00000
	Δs мм	4	0,00 мм	1,13 мм	1,30 мм	1,12 мм	0,00 мм
		1	0,00 мм	0,00 мм	0,00 мм	0,00 мм	0,00 мм
		5	0,00 мм	1,13 мм	1,30 мм	1,12 мм	0,00 мм
45°	$\Delta B''$	4	0".00000	-0".00001	-0".00001	-0".00002	0".00000
		1	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000
		5	0".00000	0".00001	0".00001	0".00002	0".00000
	$\Delta L''$	4	0".00000	0".00002	0".00002	0".00001	0".00000
		1	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000
		5	0".00000	-0".00002	-0".00002	-0".00001	0".00000
	Δs мм	4	0,01 мм	0,56 мм	0,65 мм	0,56 мм	0,00 мм
		1	0,03 мм	0,03 мм	0,02 мм	0,02 мм	0,00 мм
		5	0,01 мм	0,56 мм	0,65 мм	0,56 мм	0,00 мм
60°	$\Delta B''$	4	0".00000	0".00000	-0".00001	-0".00001	0".00000
		1	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000
		5	0".00000	0".00000	0".00001	0".00001	0".00000
	$\Delta L''$	4	0".00000	0".00002	0".00002	0".00001	0".00000
		1	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000	0".00000
		5	0".00000	-0".00002	-0".00001	-0".00001	0".00000
	Δs мм	4	0,01 мм	0,28 мм	0,32 мм	0,28 мм	0,00 мм
		1	0,03 мм	0,03 мм	0,02 мм	0,02 мм	0,00 мм
		5	0,001 мм	0,28 мм	0,32 мм	0,28 мм	0,00 мм

По полученным значениям широт и долгот крайних точек вычислялись пространственные геоцентрические координаты. По этим координатам вычислялись пространственные координаты средней точки хорды -1' и двух

дополнительных под условием деления геодезической линии на четыре равных отрезка. Для этого значения координат точек хорды 4' и 5', расположенных на равных расстояниях от точки 1' и, соответственно от точек 2 и 3, исправлялись пропорционально выражению $\Delta d = \frac{H_1^2}{d}$, где Δd – поправка в отрезки хорды 2-4' и 3-5' (рис. 1), H_1 – геодезическая высота точки 1', d – длина хорды 3-2.

По полученным пространственным координатам точек (1', 4'' и 5'') вычислялись широты и долготы точек геодезической линии. Эти значения сравнивались с теоретическими и вычислялось линейное расхождение Δs . Наиболее характерные результаты для некоторых широт и азимутов линий приведены в таблице из которой видно, что погрешности в определении геодезических координат точек через пространственные координаты при длине линии в 100 км достигают наибольших значений на широте 0° при азимуте линии равном 45°. Но даже в этом случае они не превышают 1.2 мм. При длинах линий в пределах 50 км ошибки в вычислении координат точек не превышают 0,2 мм. Поскольку длины сторон участков не превышают этой величины, то для вычисления площадей участков по предложенной методике в работах [1, 2, 6] можно находить промежуточные точки по предлагаемому способу.

Этот способ имеет преимущества перед другими в том, что его применение не требует решения логических задач и всегда приводит к однозначному и верному результату. Составление алгоритма и программы очень просты. Недостатком данного способа является не возможность разделить линию сразу на большее число отрезков. Хотя при длинах линий, менее 1000 м, деление её на четыре отрезка позволяет вычислять площади любых участков с погрешностями менее одного квадратного метра. Отсюда следует, что применение пространственных координат для деления геодезической линии на равные отрезки наиболее приемлемый и простой способ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградов, А.В. Анализ вычисления площадей объектов на некоторых поверхностях / А.В. Виноградов // Геодезия и картография. – 2006. – № 8. – С. 10-17.
2. Виноградов, А.В. Вычисление площади участка на поверхности вращения путём решения определённого интеграла способом итерации / А.В. Виноградов // Геодезия и картография. – 2006. – № 7. – С. 12-23.
3. Закатов, П.С. Курс высшей геодезии / П.С. Закатов. – М.: Недра, 1976. – 511 с.
4. Чернов, В.Н. Решение обратной геодезической задачи на расстояния, близкие к предельным: автореф. дисс. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук. / В.Н. Чернов СПб. 1999. – 24 с.
5. Медведев, П.А. Анализ преобразований пространственных прямоугольных координат в геодезические: монография / П.А. Медведев – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. – 104 с.
6. Виноградов, А.В. Применение криволинейных координат в кадастровых работах / А.В. Виноградов // Современные проблемы геодезии и оптики: сб. материалов ЛП международной научно-техн. конф., посвященной 70-летию СГГА. Ч. IV / СГГА. – Новосибирск, 2003. – С. 291-293.

ПРИМЕНЕНИЕ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И КАДАСТРОВЫХ РАБОТАХ

Сферу или шар наиболее широко используют в математической картографии, как переходную поверхность, при разработке и построении различных проекций эллипсоида на плоскость. В практике геодезических работ сферу применяют для решения прямой или обратной геодезических задач на большие расстояния различными способами. Один из них – способ Бесселя. Но чаще всего вычисляют средний радиус кривизны эллипсоида по средней широте объекта для нахождения различных поправок в результаты измерений или вычислений. Непосредственно для обработки геодезических данных в точных расчётах сферу или шар не применяют. Рассмотрим применение сферы для вычисления площадей различных объектов.

В ГИС системе MapInfo Professional имеется возможность вычисления площади на сфере, но получаемые результаты для средних широт (55°) отличаются теоретических. Это объясняется двумя причинами: первая – это большая полуось сфероида, взятого для этой системы меньше большой полуоси эллипсоида в СК-42, вторая – радиус сферы, на которую отнесены участки меньше среднего радиуса кривизны на этой широте.

В программе MapInfo радиус шара взят на 10 м меньше чем радиус равновеликого шара эллипсоида WGS-84, который равен 6371106,6 м. Этот радиус пересекается с общеземным эллипсоидом на широте примерно $35^\circ 19'$. К северу от этой параллели площади на шаре будут преуменьшены, по сравнению с площадью, вычисленной на эллипсоиде, к югу, преувеличены. В соответствии с увеличением среднего радиуса эллипсоида к полюсу площади на шаре будут меньше на широте 45° на 0,22 %, на широте 55° на 0,45 %, на широте 65° на 0,74% по сравнению с их вычисленными значениями на эллипсоиде.

Площади, вычисленные в СК-42, будут ещё больше отличаться от результатов, полученных в MapInfo, так как большая полуось эллипсоида Ф.Н. Красовского больше такой же полуоси эллипсоида WGS-84 на 108 м.

Эти выводы хорошо подтверждаются данными, приведёнными в табл. 1 из работы [1]. Площади хозяйств, вычисленные на шаре меньше истинных значений на 766 га.

Когда необходимо найти площадь сферы или ее значительной части $P_{сф}$, то применяются формулы сферической геометрии. Вне фигуры выбирают полюс и плоскость экватора. Проводят начальный меридиан, который так же лучше задать вне фигуры найти площадь всей фигуры по следующей формуле:

$$P_{сф} = 2R^2 \sum_{i=1}^n \arctg \frac{tg \frac{90 - \varphi_i}{2} tg \frac{90 - \varphi_{i+1}}{2} \sin(\lambda_{i+1} - \lambda_i)}{1 + tg \frac{90 - \varphi_i}{2} tg \frac{90 - \varphi_{i+1}}{2} \cos(\lambda_{i+1} - \lambda_i)}$$

где R – радиус сферы, φ_i, λ_i – сферическая широта и долгота граничной точки, n – число граничных точек [2].

Таблица 1

Результаты вычислений площадей по исследуемым формулам

Название хозяйства	Площадь на сфере (га)	Погрешность	Площадь на эллипсоиде (га)
АО Алексеевское	12166,44	-55,11	12221,54
АО Большевик	11223,04	-51,47	11274,52
кп им. Дмитрова	15901,66	-72,50	15974,16
АОЗТ Элита	23311,50	-106,14	23417,64
АО Озёрное	13095,72	-58,63	13154,35
ПГТ Москаленки	1962,74	-8,93	1971,67
клх. Родная Долина	12373,14	-56,22	12429,36
АО Селивановское	44446,95	-200,04	44646,99
кп Шевченковское	13068,49	-59,17	13127,66
ЗАО Сибирь	21245,67	-97,86	21343,53
Сумма	168795,36	-766,07	169561,42

Способов изображения эллипсоида на сфере или шаре разработано довольно много [3 4 и др.]. Для исследований возьмем наиболее известные способы. Это эквивалентное отображение эллипсоида на шаре и конформное отображение эллипсоида на шаре по второму способу К. Ф. Гаусса.

Для эквивалентного или равновеликого изображения эллипсоида на шаре воспользуемся известными способами [3]. Для геодезических и кадастровых работ лучше всего подходит проекция, в которой ставится условие математической зависимости между меридианами и параллелями эллипсоида и меридианами и параллелями шара

$$\varphi = f(B), \quad \lambda = \alpha L. \quad (1)$$

Масштабы по меридиану m и параллели n находятся из отношений малых отрезков меридиана и параллели к соответствующим отрезкам на эллипсоиде:

$$m = Rd\varphi / MdB, \quad n = R \cos \varphi d\lambda / N \cos B dL = \alpha R \cos \varphi / N \cos B. \quad (2)$$

Направления меридианов и параллелей для этой проекции являются главными, и поэтому условие равновеликости будет соблюдаться при следующем условии – $m \cdot n = 1$. Подставив в это выражение значения m и n из (2) и получим: $\alpha R^2 \cos \varphi d\varphi / M N \cos B dB = 1$.

$$\text{Откуда получим известную зависимость } \cos \varphi d\varphi = \frac{1}{\alpha R^2} M N \cos B dB.$$

$$\sin \varphi = \frac{1}{\alpha R^2} \int_0^B MN \cos B dB + C \quad (3)$$

В этом случае необходимо вычислить интеграл, по одной переменной – широте B .

Подынтегральное выражение это часть поверхности эллипсоида, ограниченная линией экватора, параллелью с широтой B и двумя меридианами с разностью долгот в один радиан, которое находится из выражения

$$p = a^2 (1 - e^2) \left(\frac{\sin B}{1 - e^2 \sin^2 B} + \frac{1}{2e} \ln \frac{1 + e \sin B}{1 - e \sin B} \right) \quad (4)$$

где a – большая полуось эллипсоида, а e – первый эксцентриситет.

В выражение (3) входят три параметра α , C и R , которые определяют условия проектирования эллипсоида на шар. В нашем случае, так как не ставится ограничений по величине территории, для полного изображения всего эллипсоида на шаре необходимо выдержать следующие условия:

– Долготы на эллипсоиде соответствовали долготам на шаре, тогда $\alpha = 1$ и $\lambda = L$;

– Экватор эллипсоида изображается экватором шара, тогда при $B = 0$ должно $\varphi = 0$, значит в выражении (3) $C = 0$,

– Полюс эллипсоида изображается полюсом шара, отсюда, принимая $B = 90^\circ$ и учитывая (3) и (4) получим радиус равновеликого шара R по известной формуле:

$$R^2 = a^2 (1 - e^2) \left(\frac{1}{1 - e^2} + \frac{1}{2e} \ln \frac{1 + e}{1 - e} \right) \quad (5)$$

Математические зависимости между широтой на шаре φ и геодезической

$$\sin \varphi = \frac{\frac{\sin B}{1 - e^2 \sin^2 B} + \frac{1}{2e} \ln \frac{1 + e \sin B}{1 - e \sin B}}{\frac{1}{1 - e^2} + \frac{1}{2e} \ln \frac{1 + e}{1 - e}} \quad (6)$$

широтой B имеет следующий вид:

где e – первый эксцентриситет, $\ln$ – натуральный логарифм.

Для расчётов воспользуемся конечными формулами без предварительного масштабирования, как это требуется при вычислениях площади на плоскости или иной поверхности, на которую спроектированы обрабатываемая поверхность. Площадь легко вычисляется, если за основные линии координатной сетки взять широты и долготы на шаре. Получение широты и долготы на шаре довольно просто осуществляется по простым и точным формулам (1, 11). Относительные погрешности вычисления площади,

полученные из решения ряда примеров, не превышают 1: 18 000 000 при длинах сторон в пределах 20 км, 1:7 000 000 при длинах до 60 км и 1: 150 000 при длинах 500 – 800 км. Это довольно легко объяснимое явление. При проектировании граничных сторон участков на равновеликий шар не ставится условие, что геодезические линии будут изображаться на нём дугами большого круга. Отсюда следует, что чем длиннее сторона на эллипсоиде, тем возникают больше погрешности при её замене на шаре дугой большого круга. Соответственно, возрастают погрешности вычисления площадей участков. Для устранения этого необходимо произвести вычисление дополнительных точек по каждой линии и затем вычислить площадь участка с учётом этих точек. Хотя, это на первый взгляд увеличивает объём работ, на самом деле это позволяет повысить точность вычисления площади в несколько раз. Фактически, для вычисления площадей участков мы редко встретим стороны, больше 10 км, а соответственно и точности вычисления площади можно принять порядка 1: 20 000 000.

Рассмотрим другой способ проектирования эллипсоида на шар – способ К.Ф. Гаусса. Возьмем случай отображения эллипсоида на шаре по второму способу. Начальные условия конформного изображения эллипсоида на шаре выражаются общими формулами (1) и (2). Конформному изображению эллипсоида на шаре соответствуют следующие условия:

- Углы между линиями на поверхностях не изменяются;
- Масштаб изображения в точке – величина постоянная и не зависит от направления.

Учитывая эти условия на основе формул (1) и (2) имеем $m = n$ и отсюда $Rd\varphi / MdB = \alpha R\cos\varphi / N\cos B$.

Подставляя в это уравнение значения M и N и произведя ряд преобразований получаем известные формулы зависимостей широты φ и долготы λ на шаре по известным значениям широты B и долготы L [3]:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) &= \frac{1}{k} \operatorname{tg}^{\alpha}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{B}{2}\right) \left(\frac{1 - e \sin B}{1 + e \sin B}\right)^{\frac{1}{2}\alpha e}, \\ \lambda &= \alpha \cdot L, \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где α и k – постоянные параметры для выбранного шара.

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \left(1 + \frac{e^2 \cos^4 B_0}{1 - e^2}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad k = \frac{\operatorname{tg}^{\alpha}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{B_0}{2}\right) \left(\frac{1 - e \sin B_0}{1 + e \sin B_0}\right)^{\frac{1}{2}\alpha e}}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2}\right) \left(\frac{1 - e \sin B_0}{1 + e \sin B_0}\right)^{\frac{1}{2}\alpha e}}, \\ \operatorname{tg}\varphi_0 &= \frac{\sin B_0}{\sqrt{\alpha^2 - \sin^2 B_0}} \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

Здесь B_0 – это нормальная широта точки объекта, которая выбирается под условием минимальных искажений при переходе с эллипсоида на шар. Проще

всего её определять, как среднюю широту объекта. Для вычисления радиуса шара для этой широты и масштаба изображения применяют формулы [3]:

$$\left. \begin{aligned} m &= \alpha \cdot R_0 \cdot \cos \varphi \frac{(1 - e^2 \cos^2 \omega_i)^{\frac{1}{2}}}{a \cdot \sin \omega_i}, \\ R_0 &= \frac{a(1 - e^2)^{\frac{1}{2}}}{1 - e^2 \sin^2 B_0}, \quad \omega_i = \frac{\pi}{2} - B_i \end{aligned} \right\} . \quad (9)$$

Если для обработки взят шар, на который спроектирован эллипсоид по закону конформного отображения по второму правилу Гаусса, то получаемая точность вычисления площади выше, чем на эквивалентном шаре при расстояниях сторон в пределах 10 – 15 км. Однако необходимо все время учитывать средний радиус кривизны R_0 для данного участка. Иными словами надо учитывать масштаб изображения. Это затрудняет обработку и понижает точность полученного результата при обработке больших объектов. Иными словами при вычислении площадей в небольшом широтном поясе площади получаются достаточно точно, но при вычислении площадей территорий, вытянутых в широтном направлении погрешности вычисления площади значительно возрастают.

Отсюда следует:

- Для правильного учёта площадей участков при ведении кадастровых работ, необходимо выбрать единую систему координат и отсчётную поверхность;
- Наиболее подходящей для этих целей является поверхность эллипсоида или поверхность эквивалентного шара;
- Для вычисления площади произвольного участка на этих поверхностях необходимо разработать математический аппарат, соответствующий по точности математическому аппарату по вычислению площади на плоскости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Багровский, А.В. Анализ способов вычисления площадей в ГИС / А.В. Багровский, А.В. Виноградов, Ю. В. Столбов //Современные проблемы геодезии и оптики: Сб. материалов ЛП междунар. наuchотехн. конф., посвященной 70-летию СГГА. Ч. IV / СГГА. – Новосибирск, 2003. – С. 354-357.
2. Виноградов, А.В. Анализ вычисления площадей объектов на некоторых поверхностях / А.В. Виноградов // Геодезия и картография. – 2006. – № 8. – С. 10-17.
3. Иордан, В. Руководство высшей геодезии / В. Иордан; пер. с нем. А. Бики. – М.: Книжные магазины Мамонтова, 1881. – 852 с.
4. Павлов, А.А. Практическое пособие по математической картографии / А.А. Павлов. – Л., Изд-во Ленинградского университета, 1974. – 172 с.

© А.В. Виноградов, 2007

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ БИБЛИОТЕКИ УСЛОВНЫХ ЗНАКОВ В ПРОГРАММЕ AUTODESK LAND DESKTOP 2005

Насколько важно умение геодезиста в поле использовать дорогие современные измерительные приборы и инструменты, настолько важно умение и навыки работы с не более простым, а подчас, и более сложном в понимании специализированном программном обеспечении. Эффективность программных продуктов во многом определяется именно знаниями и навыками пользователя, его умением использовать инструменты предоставляемые разработчиками программного обеспечения. Те самые инструменты которые мы используем на экране своих мониторов. Программа Autodesk Land Desktop 2005 является специализированным продуктом предназначенным для геодезистов изыскателей и проектировщиков работающих на земле. Программа позволяет выполнять весь спектр работ необходимых для создания и редактирования топографического плана.

Программа предоставляет удобные инструменты для работы с точками, линиями, создание ЦММ. Один из новых способов организации рабочего пространства представленных в последней версии программы это Инструментальная палитра.

Создание топографических планов, возможно вести в среде программы Autodesk Land Desktop 2005. Программа предоставляет удобные инструменты для работы с точками, линиями, создание ЦММ. Один из новых способов организации рабочего пространства представленных в последней версии программы это Инструментальная палитра.

В процессе работы с предыдущими версиями программы была сформирована библиотека условных знаков, средствами программы Autodesk Land Desktop 3. Каждый условный знак представляет собой набор графических элементов сгруппированных в единый блок. Все условные знаки в виде блоков хранились на отдельном рисунке. Доступ к условным знакам осуществлялся через Центр управления.

Центр управления организует возможности доступа к рисункам, блокам, штриховкам и другим типам графического содержимого. С помощью него можно перетащить в текущий рисунок содержимое из любого другого рисунка. Правая область Центра управления предназначена для просмотра содержимого рисунков. Двойным щелчком на элементе в области содержимого можно развернуть подчиненный уровень элементов. Например, после двойного щелчка на значке рисунка появляются значки элементов содержимого – «Блоки» и др. Далее, двойной щелчок на значке «Блоки» приводит к отображению образцов каждого блока в рисунке. Через Центр управления можно:

- Просматривать содержимое рисунков, включая библиотеки компонентов, на локальном диске, сетевом диске и Web-страницах

- Просматривать таблицы описаний блоков, слоев и других именованных объектов в любом файле рисунка; вставлять и копировать эти описания в текущий рисунок

- Обновлять (переопределять) описания блоков

- Дополнять содержимое рисунка блоками, внешними ссылками, образцами штриховки и т.п.

- Открывать файлы рисунков в новом окне

- Перетаскивать рисунки, блоки и штриховки на инструментальные палитры для быстрого доступа к ним

Существует несколько способов добавления элементов из области содержимого в текущий рисунок:

- Для вставки с параметрами по умолчанию перетащить элемент в графическую область рисунка.

- Щелчок правой кнопки на элементе в области содержимого вызывает контекстное меню, предлагающее несколько опций.

- Двойной щелчок мышью на блоке вызывает диалоговое окно «Вставка». Двойной щелчок мышью на штриховке вызывает диалоговое окно «Штриховка/заливка по контуру».

В области содержимого можно просматривать такие графические элементы содержимого, как рисунки, внешние ссылки и блоки, включая имеющиеся текстовые пояснения к ним.

Использование Центра Управления позволило работать с условными знаками в одном рисунке, а не открывать дополнительный рисунок, что заметно снижало загруженность оперативной памяти а, следовательно, ускоряло рабочий процесс.

Особенностью работы через Центр Управления является то, что все условные знаки выстраивались только в алфавитном порядке соответствующим имени блока. Если именам блока присваивать имена соответствующие [1], то поиск условных знаков представлял довольно сложное занятие. Поэтому все условные знаки были переименованы в соответствии с их групповой принадлежностью (Растительность1, Растительность2,3,4; Пункты1, Пункты2,3, и т. д.), данное решение позволило организовать поиск необходимого условного знака. Такие имена давали только общие понятия об условном знаке и не давали конкретного описания, для выбора нужного условного знака приходилось обращаться к [1].

Инструментальные палитры представлены отдельными вкладками в специальном окне. Каждая инструментальная палитра содержит один или более инструментов. Инструменты можно создавать перетаскиванием объектов следующих типов (по одному объекту за раз):

- Отрезков, кругов, полилиний и других геометрических объектов

- Размеров

- Блоков

- Штриховок

- Градиентных заливок

- Растровых изображений
- Внешних ссылок

Из Центра управления можно перетаскивать рисунки, блоки и штриховки на текущую инструментальную палитру. Если в инструментальную палитру занесен целый рисунок, при перетаскивании из палитры в графическую область он будет вставлен как блок.

Использование Палитры инструментов позволяет организовать условные знаки в любой последовательности, перетаскивание блоков в нужном порядке. Формирование библиотеки условных знаков на Палитре инструментов происходило перенесением блоков из Центра управления. После этого каждому условному знаку было присвоено имя и номер, который соответствует [1]. Таким образом было обеспечено соответствие как структуры так и имен условных знаков. Для каждого элемента Палитры инструментов можно настраивать такие параметры как Тип линии, Вес линии, Слой, Масштаб. Это предоставляет новые возможности работы с блоками, и позволяет автоматически располагать условный знак на заранее определенном слое, что позволяет значительно лучше организовать управление рисунком. С другой стороны огромное количество слоев только затрудняет понимание структуры плана и усложняет работу с ним. В данном случае все условные знаки были разделены по слоям в соответствии с [1]. При вставке условных знаков в рисунок автоматически создается слой к которому принадлежит блок. Все условные знаки были определены на слои Гидрография, Пункты, Растительность, Сооружения.

Возможность определения масштаба вставки блока, делает возможным создание определенных групп Инструментальных палитр, которые используются при создании планов разных масштабов. Так как основная топографическая продукция для проектирования это планы 1:500, 1:1000, 1:2000, соответственно было создано 3 группы палитр, каждая из которых включает в себя 3 палитры. Начиная работу над созданием топографического плана можно сразу определить, с какой группой палитр вам необходимо работать.

Помимо условных знаков на инструментальную палитру можно поместить необходимые типы линии. В программе Autodesk Land Desktop 2005 отрисовка контуров, площадных и линейных объектов выполняется полилиниями. Полилиния представляет собой связанную последовательность сегментов; все эти сегменты являются единым объектом. Полилинии могут состоять из линейных и дуговых сегментов, а также из любых их сочетаний. Тип линии можно выбрать из имеющейся библиотеки линий, которая автоматически загружается вместе с программой и представляет собой текстовый файл с расширением *.lin. Все типы линий соответствуют [1]. Рисование полилиний с помощью Палитры инструментов также представляется удобным, так как каждой линии можно присвоить собственное полноценное название. С использованием Палитры Инструментов уже не надо думать о том, какой масштаб линии необходимо присвоить с учетом дальнейшего масштабирования

рисунка, масштаб линии уже заранее определен. Набор Инструментальных Палитр для создания плана определенного масштаба включает в себя 2 палитры, это палитра условных знаков и палитра содержащая линии и штриховки.

Особенностью создания Палитры инструментов для линии стало создание специальных графических иконок которые делают более наглядным отображение разных типов линий. Если перетащить полилинию из рисунка на палитру инструментов то всегда будет отображаться одна и та же иконка обозначающая полилинию.

Все данные о Палитре Инструментов хранятся в папке Tool Palletes и могут быть скопированы на другие компьютеры рабочей группы указав соответствующий путь поиска в настройках программы. Также есть возможность обмениваться палитрами с через функцию Export/Import, при экспорте палитра сохраняется в специальный файл с расширением *.xtp, при импорте указывается путь поиска данного файла.

Применение Палитры Инструментов для работы с линиями и условными знаками значительно повышает наглядность, улучшает поиск и скорость работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: Недра, 1989. – 286 с.

© М.В. Гаврилов, 2007

УДК 528.42
Д.А. Ферулев
СГГА, Новосибирск

ТЕХНОЛОГИЯ СЪЕМКИ КРУПНЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

На основании хозяйственно-договорных работ в период с мая по ноябрь 2005 года инженерами и техниками НИС СГГА выполнялась крупномасштабная тахеометрическая съемка объектов нефтепромыслов и газопромыслов электронными тахеометрами, с целью проведения инвентаризации земельных участков.

На каждой станции ведется абрис. Абрисы оформляются с использованием условных знаков (с пояснительными подписями), выдерживая масштаб съемки. Абрис ведется на отдельных для каждой станции листах. При съемке реечные точки без пропусков и равномерно покрывают территорию съемки.

Тахеометрическая съемка подразделяется на съемку незастроенной и застроенной территории.

Съемке подлежат объекты добычи, первичной переработки и подготовки природных ископаемых (нефти, газа) для транспортировки, такие как цеха добычи нефти и газа (ЦДНГ), центральные пункты подготовки нефти (ЦППН), дожимные насосные станции (ДНС), кустовые насосные станции (КНС). К

основному участку работ относится большая незастроенная прилегающая территория.

При съемке таких участков электронным тахеометром возникли некоторые проблемы:

- При создании съемочного обоснования для выполнения топографической съемки площадок нефтяных и газовых промыслов и необходимы точки съемочной сети не только внутри территории объекта, но и за ее пределами;

- Необходимо обеспечить видимость между пунктами съемочной сети;

- Из-за большой площади прилегающей территории, съемку необходимо выполнять с нескольких точек съемочного обоснования, что приводит к дополнительным затратам времени;

- Возникают сложности при съемке линейных коммуникаций: трубопроводов, опор линий электропередачи, подъездных автомобильных дорог, так как важно обеспечивать видимость между электронным тахеометром и отражателем.

Вышеизложенные проблемы исчезают, если при съемке незастроенной прилегающей территории пользоваться GPS приемниками. Что и было реализовано во время проведения хозяйственно договорных работ.

- Территория вокруг основного участка работ является в большей степени открытой для сигналов спутников, поэтому нет препятствий для применения GPS;

- Исчезла необходимость создания съемочного обоснования на данной территории, так как базовый приемник устанавливается на геодезическом пункте с известными координатами, с которого делалось обоснование для основной части работ, а подвижным приемником выполняется необходимый набор пикетов;

- Приемник GPS является динамичным, что позволяет беспрепятственно выполнять съемку, необходимо лишь следить за возможной потерей сигнала со спутников из-за каких-либо препятствий.

- При съемке GPS необходимо вводить кодирование объектов по тому же классификатору, который используется и при съемке электронным тахеометром [1].

Узким местом при выполнении тахеометрической съемки является составление абриса. В абрисы зарисовывают все пикетные точки.

- Составляя абрис, тратится много времени на зарисовку основных объектов и технологического оборудования из-за большой загруженности.

- Из-за многэтажности и выступающих частей возникают сложности и опасность с передвижением реечника по установкам сбора и переработки нефти и газа.

- Невозможно получить высотные отметки у всех пикетов, при съемке сложных установок.

- Не все можно снять, нельзя физически добраться до каждого снимаемого пикета.

В итоге при создании абриса и цифровой модели местности возникают сложности отображения из-за наложения верхних объектов и сооружений на нижние.

Применение наземного лазерного сканирования на таких участках наиболее целесообразно. Так как в основе принципа лазерного сканирования применяется метод безотражательного измерения расстояний. Безотражательный режим способствует исчезновению ряда сложных возникающих проблем при использовании электронного тахеометра.

При использовании наземного лазерного сканирования производится фотографирование на цифровой фотоаппарат сложных участков со всех сторон для облегчения обработки полученных данных.

По итогам камеральной работы возможно создание двухмерной и трехмерной цифровой модели местности.

Опыт работ проводимых в 2005 году, дает возможность выполнения топографических съемок крупных объектов нефтяной и газовой промышленности с применением современных средств измерений. [2]

При этом всю работу можно разделить на этапы.

- Подготовительные работы.

Перед началом работ необходимо сделать государственную метрологическую сертификацию и аттестацию, а также поверки и юстировки: тахеометра, комплекта GPS аппаратуры, наземного лазерного сканера.

- Создание съемочного обоснования.

На основании утвержденного проекта, о расположении участка работ и схеме существующих геодезических и определяемых съемочных пунктов, производится рекогносцировка пунктов.

Съемочное обоснование создается с целью сгущения геодезической плановой и высотной основы до плотности, обеспечивающей выполнение топографической съемки.

Создание съемочного обоснования возможно выполнить с помощью GPS приемников или проложением теодолитных ходов.

- Полевые работы.

Открытая незастроенная территория вокруг основного расположения зданий, сооружений и технологического оборудования снималась GPS-системами 5700 фирмы Trimble.

Сложные участки территории, занятые установками сбора и переработки нефти и газа с большой загруженностью и многоэтажностью снимались трёхмерным наземным лазерным сканером Riegl LMS Z360 фирмы Riegl Laser Measurement Systems GmbH.

Все остальные участки снимали электронным тахеометром GTS-229 фирмы Topcon.

При выполнении топографической съемки одновременно производилась съёмка подземных коммуникаций.

- Камеральная обработка.

После выполнения полевых работ все данные передаются в ПЭВМ.

Для приема данных из электронного тахеометра TOPCON GTS-229 применяется специализированная программа PrinCom. В этой программе они переводятся в формат пригодный для импорта в программу MapInfo.

Для обработки данных, собранных GPS-системами 5700 Surveyor использовалось программное обеспечение Trimble Geomatics Office 1.60.

Полученные после уравнивания координаты при помощи специальной утилиты формируются в текстовый файл заданного оператором формата, для дальнейшей передачи в программу MapInfo.

Для обработки данных трёхмерного лазерного сканера Riegl LMS Z360 применялась программа Cyclone 5.2.

Программный продукт Cyclone 5.2, как показала практическая работа, является мощным средством для обработки результатов наземного лазерного сканирования. Созданные модели являются метрическими, по которым можно выполнять измерения длин, объемов, площадей.

После этого формат векторизованной модели из программы Cyclone 5.2 возможно сохранить в формате, который открывается и дорабатывается в программе MapInfo.

Все собранные данные обрабатываются в программе MapInfo. После объединения данных, приведенных к одному формату, информация разбивается по слоям, при помощи ранее вводимых кодов. Для объектов нефтяной и газовой промышленности используется классификатор, созданный на основании требований, предъявляемым к системам классификации объектов. [3]

Соединение пикетов происходит от общего к частному, используя абрис. На первом этапе отображаются большие площадные объекты. После этого более мелкие, площадные и линейные. Затем точечным объектам присваиваются необходимые символы.

Таким образом, создается конечный результат топографической съемки – цифровая модель местности.

Составленная цифровая модель проверяется исполнителем на местности путем сравнения и проведением контрольных измерений. Расхождения между расстояниями, взятыми с плана и полученными при контрольных промерах, не должны превышать 0,4 мм в масштабе плана.

Полученные цифровые модели в результате съемки могут служить технологической схемой для предприятий, которые обслуживают объекты нефтяной и газовой промышленности по добычи и первичной переработке в эксплуатационных целях.

Наиболее важным направлением является повышение производительности сбора топографической информации. При этом для полевой топографической съемки необходимо сокращение малоквалифицированного ручного труда, вплоть до полного исключения.

В камеральном производстве оказалась недостаточно эффективной централизованная обработка данных. На существующем уровне формализации в топографии и картографии некоторые этапы обработки в пакетном режиме вызывают большие трудности. Формируемая цифровая модель местности в

значительной степени отражает внутренние требования топографии и картографии и мало учитывает специфику использования трехмерных моделей непосредственно при решении народнохозяйственных задач.

Имеются следующие основные направления, в которых в дальнейшем предстоит вводить качественные, количественные изменения в новые разработки:

1. Реализация новых способов сбора полевой топографической информации;
2. Переход к распределенным системам по функциям обработки;
3. Сочетание пакетного и интерактивного режимов обработки;
4. Использование единого формата данных;
5. Введение и использование трехмерных моделей местности;
6. Введение контроля моделирования в реальном времени и функций автоматизированного управления процессами сбора и обработки;
7. Ориентация на принципы гибкой технологии, как в части технических средств, так и в части выпускаемых материалов картографирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ферулев, Д.А. Исследование существующих методов кодирования / Д.А. Ферулев, В.А. Середович // Вестник СГГА. – 2005.
2. Середович, А.В. Создание крупномасштабных топографических планов сложных технологических объектов средствами наземного лазерного сканирования / А.В. Середович // Сб. тез. конф. «Геопространственные технологии и сферы их применения», 14-17 марта 2006 г., г. Москва.– М., 2006. – С. 41-42
3. Ферулев, Д.А. Некоторые проблемы автоматизации обработки результатов геодезических измерений / Д.А. Ферулев, В.А. Середович // “Сборник работ науч. конгр. “Гео-сибирь – 2006”.

© Д.А. Ферулев, 2007

УДК 528.5: 528.48

В.С. Хорошилов

СГГА, Новосибирск

О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ЕДИНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ»

Важнейшей задачей проектирования геодезических работ при строительстве и монтаже технологического оборудования крупных установок является оптимальный выбор, разработка и рациональная методика применения специальных геодезических приборов, приборов общего назначения, а также нестандартизированных специальных приборов индивидуального изготовления [1].

Большинство современных инженерных объектов характеризуются сложностью устройств и условий функционирования, высокими требованиями к обеспечению точности определения положения деталей, узлов и механизмов;

в тоже время существует множество и большое разнообразие постоянно развивающихся методов и средств их геодезического обеспечения. Задачи геодезического обеспечения чрезвычайно разнообразны как по точности, так и методическим особенностям, а для их решения необходимы специальные меры строительного и технологического характера, которые возможно предусмотреть только на стадии проектирования инженерного объекта. За предыдущие годы накоплен колоссальный опыт геодезических работ при строительстве таких уникальных сооружений, как ускорители заряженных частиц, атомные электростанции, антенные комплексы, крупные промышленные предприятия и гидроузлы. Разработаны и созданы уникальные в своем роде специальные нестандартизированные приборы, устройства и различное оборудование: измерители длин и расстояний, хранители направлений, лучевые, дифракционные и интерференционные створофиксаторы, специализированные приборы и системы контроля плоскостности, параллельности, перпендикулярности и вертикального проектирования, системы гидростатического, гидродинамического и микро nivelирования, а также уникальные методики, специальные геодезические знаки - и всё это исчисляется тысячами наименований. Многие из этих приборов, систем и устройств - уникальны, дорогостоящие и единичны; сохранились в ряде организаций и в тоже время редко используются. Существует насущная потребность создания *единого информационного центра* для коллективного использования данных разработок для всех заинтересованных организаций. Необходимо отметить, что в тоже время в практику инженерно-геодезических работ интенсивно внедряются и современные средства измерений, такие как электронные тахеометры, лазерные сканеры и спутниковые методы.

Проблема создания информационной системы «Информационный центр коллективного пользования» ранее не решалась. До недавнего времени основу проектирования геодезического обеспечения инженерных объектов составлял накопленный за предыдущие годы опыт; разрозненные сборники различных проектных организаций по рационализаторским предложениям и изобретениям; сведения о серийных приборах заводов-изготовителей; перечни и каталоги геодезических и других измерительных приборов выпускаемые различными проектными и научно-исследовательскими организациями; каталоги специальных приборов индивидуального назначения, составляемые в отдельных организациях; отдельные элементы САПР; опыт применения геодезических методов и средств измерений. По существу, задачи оптимального геодезического обеспечения инженерных объектов решались в частном порядке, без достаточного научного обоснования и в условиях низкой автоматизации; имели разрозненный характер, не опирались на принципы системного подхода, единую методологию и общность технологической реализации на современном научно-техническом уровне.

При современном уровне развития информационных технологий, в условиях возрастания разнообразия, сложности и прецизионности инженерных объектов (сотни технологических линий различного назначения), постоянного

расширения арсенала методов и средств геодезических измерений (тысячи средств измерений) созрела необходимость систематизации достигнутого уровня научного и практического знания и принятия решения на новой методологической и технологической информационной основе для активного и научнообоснованного выбора оптимальных методов и средств геодезического обеспечения инженерных объектов. Отмечая то обстоятельство, что современное развитие общества насыщено информацией (новые информационные технологии приходят на смену устаревшим), персональные компьютеры становятся необходимым средством для решения производственных задач, появилась возможность применения современных информационных технологий для дальнейшего совершенствования проектирования геодезических работ на основе принятия решения с помощью экспертных систем. Экспертные системы (ЭС) представляют собой наиболее высокий «активный» уровень информационного обеспечения и их создание в области геодезии рассчитано на научно-техническое опережение.

В процессе разработки информационной системы «Информационный центр коллективного пользования» использовались преимущества компонентной технологии [2], где компонента это готовый исполняемый программный модуль, чётко реализующий определенные функции и коммуникационные интерфейсы взаимодействия с другими компонентами. Процесс разработки являлся итеративным процессом с поэтапным наращиванием возможностей системы; в результате успешных итераций добавлялись новые детали, при необходимости вводились изменения и усовершенствования. В нашем случае в качестве исходных компонент использовались программные продукты: MS Access 2003, «пустая» инструментальная оболочка экспертной системы CLIPS и MS PowerPoint. Структурно-функциональное содержание информационной системы представлено на рис. 1.

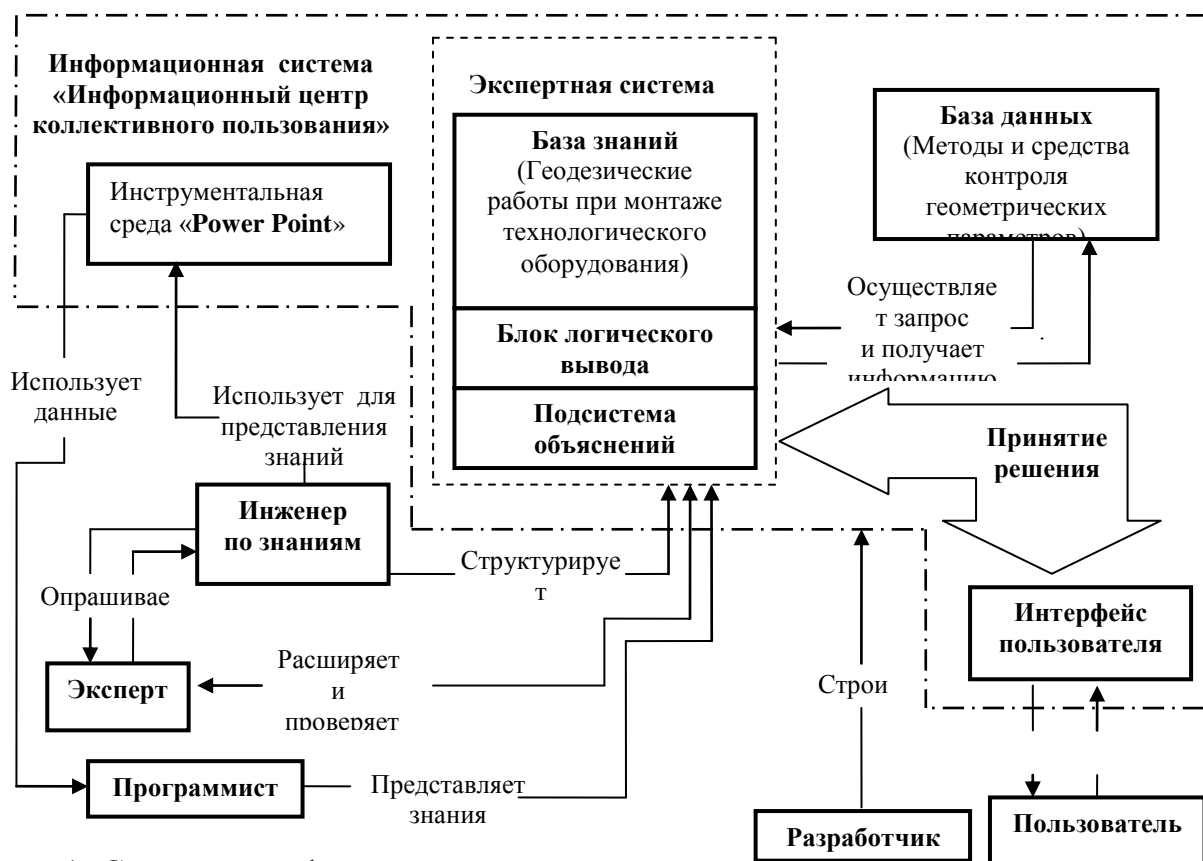


Рис. 1. Структурно-функциональное содержание информационной системы - «Информационный центр коллективного пользования»

В качестве первой компоненты для разработанной информационной системы послужила инструментальная среда разработки реляционных баз данных MS Access 2003. Были разработаны структура и концептуальные понятия базы данных, определено их функциональное содержание [3].

В качестве второй компоненты информационной системы использовалась «пустая» инструментальная оболочка CLIPS. Существующая в настоящее время версия (6.21, 2002 г.) может эксплуатироваться на платформах UNIX, DOS, Windows и Macintosh и является хорошо документированным, доступным программным продуктом. С точки зрения разработки информационных экспертных систем CLIPS очень удобен, так как позволяет проводить полный цикл создания экспертной системы без привлечения каких-либо других инструментов, при этом предоставляя мощные возможности по отладке экспертной системы. Для конечного пользователя наиболее важным является наглядность и удобство работы с интерфейсом ЭС. Стандартная среда CLIPS не обеспечивает таких возможностей, поэтому данная задача была решена расширением функциональных возможностей CLIPS в результате разработки специального приложения CLIPSmod - «Модифицированный CLIPS». В результате появились такие возможности, как:

- Возможность добавления функций для построения пользовательского интерфейса экспертной системы из самой ЭС (на данный момент создано 24 дополнительные команды, разнесенные по их назначению в три группы: для

создания элементов интерфейса и управления ими; для реализации диалога с пользователем; для работы с базами данных);

- Обеспечение такой возможности, как доступ из ЭС к базам данных.

В качестве третьей компоненты информационной системы использовалась инструментальная среда MS PowerPoint. Её основное назначение - возможность наглядного представления файлов (графических, текстовых) для визуального представления знаний в «базе знаний» экспертной системы.

Архитектура программной среды информационной системы устанавливалась постепенно - она формировалась на основе решений, относящихся к логическому уровню, уровням реализации и уровням выполнения. Для проверки результатов, полученных для различных уровней архитектуры, разрабатывались различные модели - «варианты использования и отдельные сценарии» в инструментальной среде Rational Rose 2002 на основе языка визуального моделирования UML. Осуществлялась последовательная реализация этапов анализа, проектирования, создания отдельных модулей и объединения их в одну систему и тестирования в результате построения различных диаграмм. Были построены и документированы следующие диаграммы вариантов использования: этап разработки экспертной системы; этапы реализации, выбора геодезических методов и средств измерений и этап оптимизации для выбранных средств измерений; диаграмма последовательности при решении задачи оптимального выбора геодезических методов и средств измерений для конкретных производственных условий. По существу, разработка модели диаграммы последовательности явилась в дальнейшем основой для разработки технологической схемы оптимального выбора методов и средств геодезических измерений, а документированные материалы «вариантов использования» послужили для детальной проработки отдельных этапов.

При использовании разработанной информационной системы решаются две принципиально важные задачи:

1. Оптимальный выбор методов и средств измерений при проектировании геодезических работ для монтажа технологического оборудования крупных установок и промышленных комплексов.

2. Наделение пользователя необходимыми знаниями о выбранном средстве измерений, его особенностях и возможностях, условиях применения в конкретных производственных условиях.

Выбор типа контролируемого параметра, назначение точности контроля и диапазона с последующей выборкой методов и средств геодезических измерений для выбранного параметра и последующей оптимизацией выбранных средств измерений отражается на экране компьютера и в любой момент может быть напечатано на принтере. С помощью языка запросов SQL пользователь указывает, какие данные ему необходимо получить, не уточняя процедуру их получения. Предусмотрено поэтапное объяснение принятия решения с возможностью просмотра в окне вывода, распечаткой на принтере и возвратом

на предыдущие уровни. Фрагмент выборки средств измерений по типу контролируемого параметра представлен на рис. 2.

группы методов	методы	поверхность	отклонения	средство	изготовитель	диапазон из
оптико-механич	С применением автоколлиматор	плоские	от плоскостности	ТА-58	"Хилгер-Ваттс"	до 9 м
оптико-механич	С применением автоколлиматор	плоские	от плоскостности	ТА-80	"Хилгер-Ваттс"	до 12 м
оптико-механич	С применением автоколлиматор	плоские	от плоскостности	ТА-81	"Хилгер-Ваттс"	до 7 м
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	ППС-11	СССР (ЛОМО)	Прямое визи
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	"Тейлор-Гобс"	Великобритани	до 30 м
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	"Фаранд"	США	до 15 м
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	Кейфель-Эсс	США	до 12 м
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	"Хьюст"	Франция	до 20 м
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	"Карл - Цейс"	ГДР	до 10 м; до 3
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	Прецизионные	СССР	до 10 м
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	ОПЛ	Франция	до 10 м
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	ППС-12	СССР	до 10 м
оптико-механич	С применением оптических лин	плоские	от плоскостности	ИС-36	СССР	400 - 1600 мм
оптико-механич	С применением оптических лин	плоские	от плоскостности	ИС-43	СССР	120 - 800 мм
оптико-механич	С применением оптических лин	плоские	от плоскостности	ИС-49	СССР	1600 мм
оптико-механич	Методы оптического визирования	плоские	от плоскостности	ДП-477М	Россия	0,2 - 30 м

Рис. 2. Фрагмент выборки средства измерений

Процесс оптимизации выбора методов и средств геодезических измерений по типу контролируемого параметра реализуется на основе разработанной технологической схемы с использованием разработанного собственного интерфейса информационной системы в следующей последовательности:

- Выбор объекта контроля: ускорители заряженных частиц, цементные и металлургические заводы, ТЭЦ, АЭС, прокатные станы и т.д.;
- Выбор категории контроля, точности геодезических измерений, квалификации исполнителей, экономические ресурсы;
- Вычисление значения параметра оптимизации для различных геодезических методов и средств измерений;
- Учёт влияния внешних и производственных условий;
- Расчет трудоёмкости использования выбранных средств измерений;
- Окончательный выбор средства измерений и обоснование выбора.

Таким образом, разработанная информационная система существенно облегчает задачу оптимального выбора методов и средств измерений при проектировании геодезических работ, а также наделяет пользователя необходимыми знаниями для более эффективного применения выбранных средств измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ямбаев, Х.К. Специальные приборы для инженерно-геодезических работ / [Текст] / Х.К. Ямбаев. – М.: Недра, 1990. – 267 с.
2. Хорошилов, В.С. Основные компоненты экспертной информационной системы оптимального выбора геодезического метода и средств измерений при монтаже технологического оборудования [Текст] / В.С. Хорошилов // Екатеринбург: Изв. ВУЗов Горный журнал. – 2006. – № 3. – С. 66-69.
3. Хорошилов, В.С. Проектирование модели реляционной базы данных в структуре информационной системы «Геодезические работы при монтаже технологического оборудования» [Текст] / В.С. Хорошилов, Т.В. Жежко. – Сб. матер. науч. конгр. ГЕО-

УДК 528.4

П.П. Мурзинцев, Д.Б. Буренков

СГГА, ИЯФ СО РАН, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО НИВЕЛИРА ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСКОРИТЕЛЬНО-НАКОПИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В 2004 году в Институте Ядерной Физики СО РАН была предпринята попытка по определению возможности эффективного применении высокоточного цифрового нивелира NA 3003 швейцарской фирмы Лейка.

Прибор был заимствован в Сибирской Государственной Геодезической Академии. Отметим, что стандартный комплект реек невозможно было использовать, т.к. в кольце тоннеля ускорителя ВЭПП-4 геодезические знаки закреплены в стенах, и по периметру располагаются магниты и другое оборудование.

Цифровой нивелир закреплен на специальной подставке и установлен на геодезическом знаке (рис. 1)

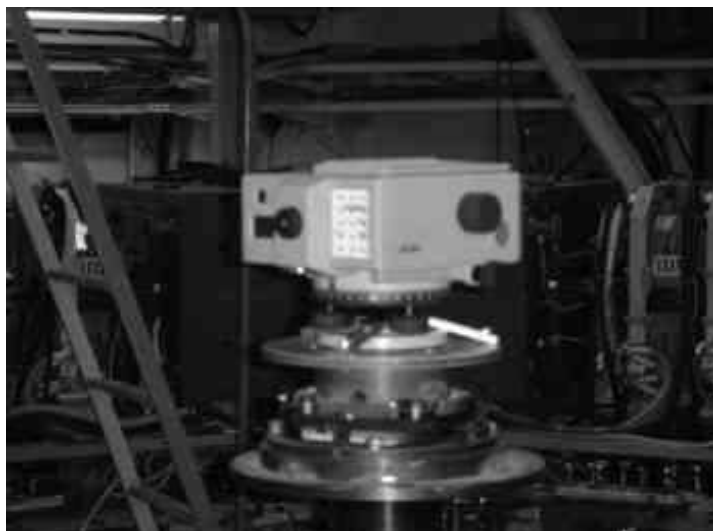


Рис. 1. Цифровой нивелир на специальной подставке

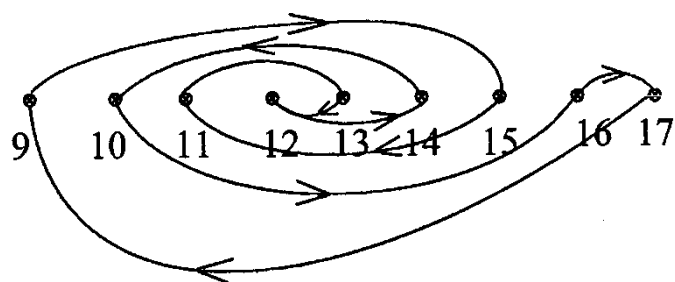


Рис. 2. Схема замкнутого полигона

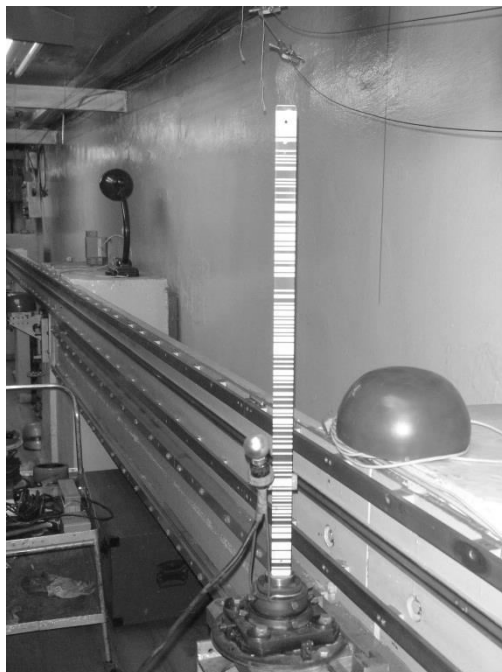


Рис. 3. Штрихкодированная рейка на геодезическом знаке с подсветкой

Геодезической группе пришлось не только закупить штрихкодированную рейку размером 0.7 метра, но изготовить специальное приспособление, позволяющее, с помощью специальной втулки устанавливать рейку на геодезический знак.

Нивелир оказался весьма «капризным» к освещению. Последнее обстоятельство пришлось преодолеть с помощью подсветки, закрепленной непосредственно на рейке.

Сравнительный анализ результатов нивелирования по «классической» технологии нивелирования с помощью нивелира Ni 007 и цифрового нивелира NA 3003 фирмы Leica Швейцария представлен в табл. 1.

Таблица 1

Расхождения превышений цифрового нивелира и нивелира Ni 007

№№ п.п.	№ секций	Превышения в мм (цифровой нивелир)	Превышения в мм Ni 007	Разность превышений по двум нивелирам

1	9-15	1.045	0.871	0,174
2	10-14	1.090	0.998	0,092
3	11-13	0.530	0.492	0,038
4	12-14	0.380	0.369	0,011
5	11-15	0.650	0.638	0,012
6	10-16	0.875	0.786	0,089
7	9-17	0.450	0.460	-0,010
8	12-13	0.185	0.180	0,005
9	16-17	-0.320	-0.307	-0,013

Ускорительно-накопительный комплекс ВЭПП-2000 разработан в 2000 году, промышленная эксплуатация началась в 2007и году.

Периметр 24388.299 мм

Размеры по осям 7727.84х6649.76

Состоит из:

Дипольных магнитов кольца 8 шт, точность выставки по вертикали ± 0.1 мм, по горизонтали ± 0.5 мм, наклон медианной плоскости ± 0.1 мрад

Триплеты квадрупольных линз 4 шт, дуплеты квадрупольных линз 4 шт, точность выставки по вертикали ± 0.1 мм, по горизонтали ± 0.1 мм, наклон медианной плоскости ± 0.2 мрад, соосность в триплете дуплете ± 0.05 мм

Сверхпроводящие соленоиды 4 шт точность выставки по вертикали ± 0.1 мм, по горизонтали ± 0.1 мм, наклон медианной плоскости ± 0.2 мрад

Детекторы 2 шт CMD-2 и SND

Дипольные магниты канала 8 шт точность выставки по вертикали ± 0.25 мм, по горизонтали ± 0.5 мм, наклон медианной плоскости ± 1 мрад

Точность для остальных элементов канала по вертикали ± 0.25 мм, по горизонтали ± 0.25 мм, наклон медианной плоскости ± 2.5 мрад

В табл. 2 приведены результаты геодезических измерений полученных из нивелирования цифровым нивелиром NA 3003 и нивелира Ni 007.

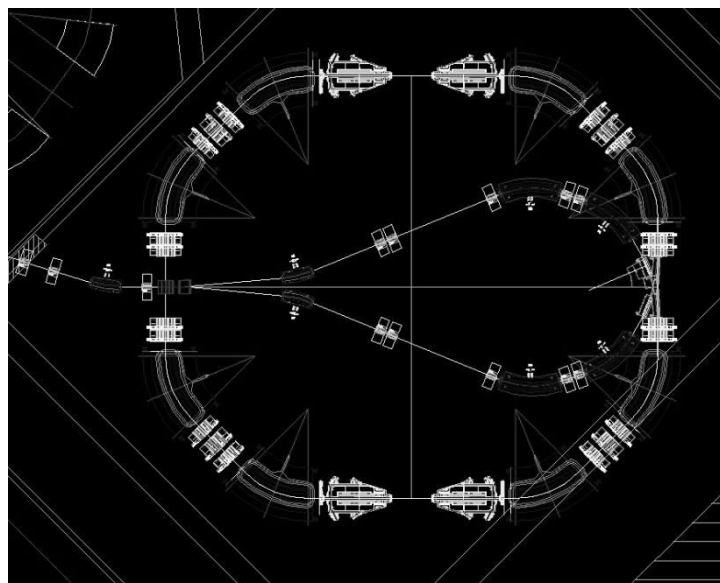
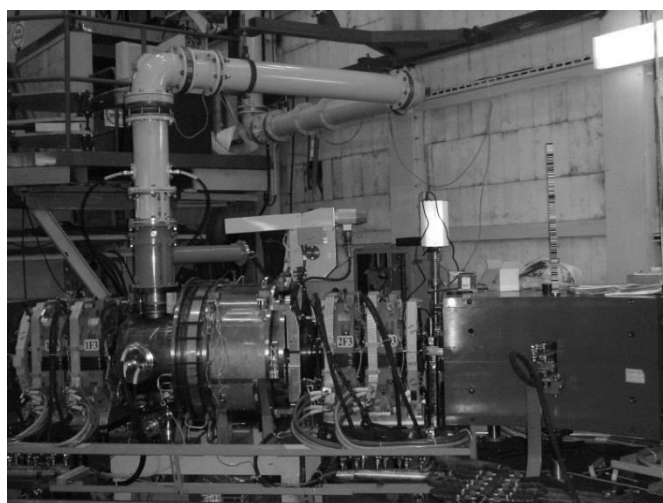


Рис. 4. Схема установки ВЭПП 2000

Таблица 2

N.N линз	Отсчет по NA 3003 1 прием (м)	Отсчет по NA 3003 2 прием (м)	Разность из двух приемов в (мм)	Разность с данными Ni 007 в (мм)
Линза 0	0.08472	0.08474	0.02	
Линза 1	0.08476	0.00478	0.02	0.1
Линза 3	0.08468	0.08462	0.06	0
Линза 4	0.08481	0.08472	0.09	- 0.1
Линза 6	0.08478	0.08476	0.02	0.1
Линза 7	0.08465	0.08465	0	- 0.02
Линза 8	0.08474	0.08471	0.03	0.02
Линза 9	0.08464	0.08467	-0.03	-0.02
Линза 10	0.08472	0.08476	- 0.04	-0.02
Линза 16	0.08476	0.08478	-0.02	-0.05
Линза 17	0.08470	0.08469	0.01	0



В качестве выводов, отметим следующее.

Высокоточные цифровые нивелиры могут успешно применяться для установки прецизионного оборудования, при этом происходит существенное

До 30% сокращение времени измерений, однако требуется разработка специальных приспособлений и методик геодезических измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высокоточные геодезические измерения для строительства и монтажа Большого Серпуховского ускорителя / под. Ред. Н.Н.Лебедева. М.: Недра, 1968.

2. Михелев, Д.Ш. Геодезические измерения при изучении деформаций крупных инженерных сооружений / Д.Ш Михелев, И.В. Рунов, А.И. Голубцов М.: Недра, 1977.

3. Ямбаев, Х.К. Высокоточные створные измерения / Х.К. Ямбаев, М.: Недра, 1978.

© П.П. Мурзинцев, Д.Б. Буренков, 2007

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ КАМЕННО-НАБРОСНОЙ ПЛОТИНЫ МАЛО-УЛЬБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Мало-Ульбинское водохранилище создано в 1930-е годы для покрытия дефицита воды Риддерского промышленного узла, коммунального водоснабжения г. Риддера и энергетики.

Водохранилище расположено в 35 км к юго-востоку от города Риддер на высоте 1500 м над уровнем моря, в понижениях водораздельного хребта между бассейном Малой Ульбы и Левой Громотухи. Водохранилище образовано в русле Малой Ульбы каменно-набросной плотиной высотой 34,5 м и длиной по гребню 367 м. Ширина гребня составляет 5 м, наибольшая ширина плотины по низу - 74,5 м [2].

В состав комплекса Мало-Ульбинского водохранилища входят:

- Плотина из каменной наброски, перекрывающая реку Малую Ульбу;
- Две земляные плотины на седловинах водораздельных хребтов, окаймляющих водохранилище;
- Рабочий водовыпуск тоннельного типа для производства пропусков в бассейн реки Левой Громотухи в маловодное время года;
- Сбросной тоннельный водовыпуск над каменно-набросной плотиной.

Наиболее ответственным сооружением Мало-Ульбинского водохранилища является каменно-набросная плотина, имеющая крутую напорную грань, в плане которой придано криволинейное очертание.

В настоящее время Мало-Ульбинское водохранилище не имеет того водохозяйственного и энергетического значения, которое оно имело в 1930 – 1950 годах. Однако уникальность такого сооружения неоспорима. Для оценки технического состояния, выявления динамики изменений, а также для предупреждения последствий от неправильного использования систематически выполняются геодезические измерения в области контроля деформации объекта, что является составной частью системы технического контроля за эксплуатацией сооружения.

Наблюдения за горизонтальной и вертикальной деформацией каменно-набросной плотины были начаты в 1943 году и на протяжении с 1943 по 1947 год наблюдения за горизонтальными смещениями велись регулярно, а с 1947 года - периодами. Вертикальные смещения каменно-набросной плотины наблюдались более часто, чем горизонтальные. Начиная с 2004 года, данные виды работ выполняла кафедра «Геодезия, землеустройство и кадастр» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева.

При наблюдении за горизонтальным смещением марок на гребне плотины использовался метод створов. Створные измерения являются самым распространенным способом определения горизонтальных смещений сооружений плотин благодаря своим достоинствам: простоте и скорости полевых работ, малыми затратами на камеральную обработку. На практике створные измерения могут применяться как самостоятельно, если опорные пункты створа неподвижны; либо совместно в сочетании с другими методами, если неподвижность опорных пунктов створа не может быть обеспечена по грунтовым или иным условиям и воздействиям [1].

В силу криволинейного очертания плотины в плане наблюдения за горизонтальными смещениями проводились по четырем визирным створам, закрепленным на правом берегу стационарными реперами, а на левом – визирными реперами. Все марки, заложенные по гребню плотины, были пронивелированы с повышенной точностью и связаны между собой линейными измерениями. Горизонтальные смещения определялись непосредственным измерением расстояний от створов до центра марки (отклонения). В 2001- 2005 годах при выполнении наблюдений применялся оптический теодолит ТБ-1, в 2006 году измерения производились электронным тахеометром PENTAX R-325NX. Наблюдения по каждому створу проводились в прямом и обратном направлениях при пяти отсчетах в каждой серии наблюдений.

Вертикальное смещение определялось геометрическим нивелированием способом из середины по наблюдательным маркам, закрепленным на гребне плотины. За исходные пункты были приняты грунтовые репера, заложенные на правом и левом берегах.

Перед началом работ нивелиры и рейки проверялись согласно общеобязательным инструкциям. Для наблюдения был проложен нивелирный ход IV класса при помощи нивелира Н-3 и трехметровой рейки. Марки нивелировались в прямом и обратном направлениях.

С целью повышения статистической информации по горизонтальным смещениям марок на гребне плотины, в 2006 году были выполнены дополнительные измерения с использованием аттестованного электронного тахеометра PENTAX R-325NX, в результате которых определены координаты марок на гребне плотины [3].

Основным критерием применения электронного тахеометра является его точность. При определении планового положения марок на гребне плотины точность составила порядка 2 мм, что соответствует техническим характеристикам электронного тахеометра.

При нивелировании марок на гребне плотины с использованием электронного тахеометра применялся метод тригонометрического нивелирования. Анализ полученных результатов показал, что полученная точность обеспечивает требуемую точность нивелирования IV класса.

После камеральной обработки результатов измерений составляется технический отчет, состоящий из пояснительной записки и графической части, представляющей собой план наблюдательных станций в масштабе 1: 2000,

схему съемочного обоснования, а также графики, отображающие величины горизонтального и вертикального смещения марок на гребне каменно-набросной плотины (рис. 1, 2). В пояснительной записке приводится методика наблюдений, описание выполненных работ, ведомости вычислений, производится анализ полученных результатов, и даются соответствующие выводы.

Хотелось бы отметить, что неперенным условием качественного выполнения любых топографо-геодезических работ, в том числе и наблюдений за деформациями гидротехнических сооружений, является их обязательное метрологическое обеспечение, т.е. обеспечение единообразия и правильности измерительной информации, получаемой с помощью геодезической измерительной техники.

График горизонтального смещения марок на гребне каменно-набросной плотины Мало-Ульбинского водохранилища

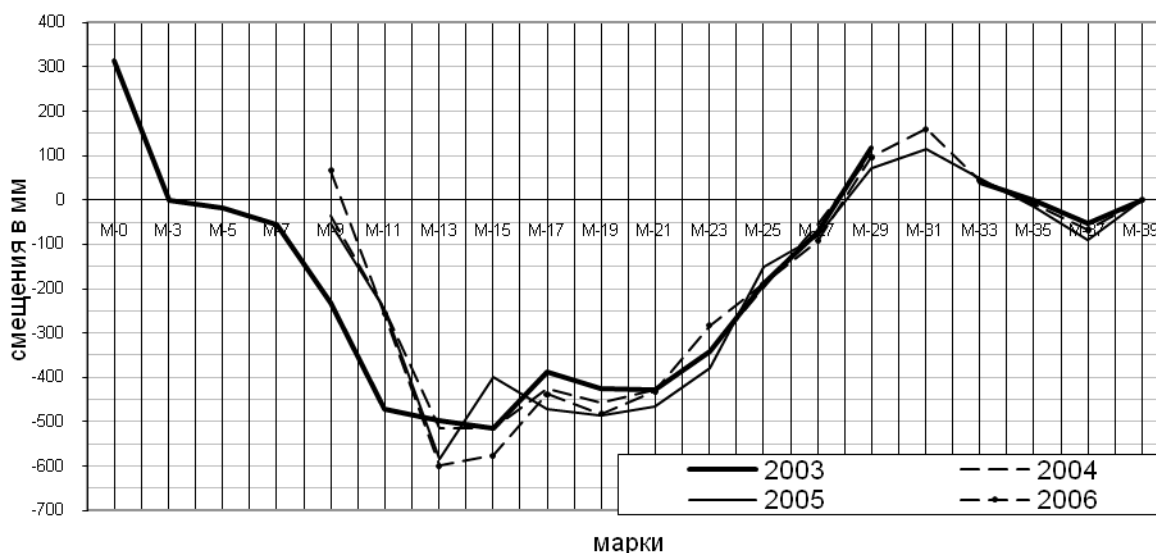


Рис. 1. График горизонтального смещения марок на гребне каменно-набросной плотины Мало-Ульбинского водохранилища

График вертикального смещения марок на гребне каменно-набросной плотины
Мало-Ульбинского водохранилища

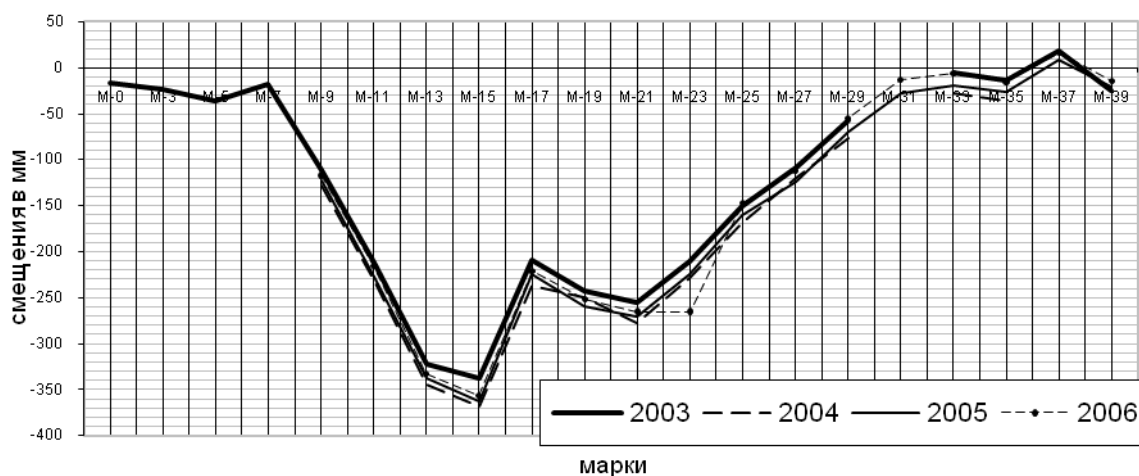


Рис. 2. График вертикального смещения марок на гребне каменно-набросной плотины Мало-Ульбинского водохранилища

Результаты выполненных створных измерений в 2006 году на гребне плотины, показывают, что наибольшие смещения наблюдаются в западном крыле плотины. До 1969 года по всей длине плотины смещения носили равномерный характер в сторону нижнего бьефа. Наблюдения показывают, что, начиная с 1969 года, смещения марок между циклами имеют колебания и в сторону верхнего бьефа.

Анализируя результаты наблюдений вертикального смещения марок с 1998 по 2006 годы, можно сказать, что они имеют тенденцию равномерной осадки и достигают максимальных значений в средней части плотины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жуков, Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий: монография / Б.Н. Жуков. – Новосибирск: СГГА, 2003. – С. 356
2. Анализ деформаций каменно-набросной плотины Малоульбинского водохранилища и возможные последствия ее катастрофического разрушения/ К.Б. Хасенов // Материалы науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2005». – Новосибирск: СГГА, 2005. – Т.2. – С. 84-88.
3. Хасенов, К.Б. Технический отчет на топографо-геодезические работы по наблюдению за деформациями каменно-набросной плотины Мало-Ульбинского водохранилища / К.Б. Хасенов, М.Е. Рахымбердина. –Усть-Каменогорск: ВКО, 2006.

© К.Б. Хасенов, М.Е. Рахымбердина, 2007

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЪЕМОК ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Осуществление крупнейших экономических проектов, формирование модели рынка земли, создание и ведение государственных кадастров ставят перед Казахстаном проблему оперативного получения информации о состоянии местности и ее отображения, что, в свою очередь, выдвигает перед топографо-геодезической и картографической отраслями вопросы надлежащего функционирования, государственного регулирования геодезической и картографической деятельности.

С 1997 года идет увеличение объема выполнения топографо-геодезических и картографических работ, что позволило подведомственным предприятиям обновить и внедрить в производство современный парк геодезического оборудования с программным обеспечением и компьютерной технологией, включая электронные тахеометры и глобальные позиционные системы (GPS).

С ростом научно-технического прогресса и технического уровня строительства развиваются и совершенствуются методики и приборы для проведения инженерно-геодезических работ. До 60-х годов прошлого столетия развитие геодезического приборостроения шло по пути совершенствования традиционной технологии, в основе которой лежали физические принципы, разработанные в конце XIX века. За последние 30 лет развитие микроэлектроники положило начало новой эпохи средств и методов геодезических работ. На сегодняшний день современный геодезический прибор – это продукт высоких технологий, объединяющий в себе последние достижения электроники, точной механики, оптики, материаловедения и других наук.

Требования к качеству геодезических работ быстро растут. При оценке их надежности и точности главным является выбор совершенной методики, соответствующих приборов и оборудования, исходя из заданных технологических требований проекта и допусков. Жесткая конкуренция на международном рынке электронных тахеометров обуславливает их непрерывное совершенствование, заставляя производителей находить более эффективные решения, упрощать процессы измерений, использовать максимально удобные пользовательские интерфейсы, создавать интегрированные системы, комбинирующие функции компьютеров, тахеометров, спутниковых приемников, инерциальных систем.

Для автоматизации полевых измерений при производстве топографической съемки и других видов инженерно-геодезических работ созданы высокоточные электронные тахеометры. Электронный тахеометр содержит угломерную часть, сконструированную на базе кодового теодолита, светодальномер и встроенную ЭВМ. С помощью угломерной части определяются горизонтальные и вертикальные углы, при помощи светодальномера – расстояния, а ЭВМ решает

различные геодезические задачи, обеспечивает управление прибором, контроль результатов измерений и их хранение.

В настоящее время рынок геодезической техники имеет широкую гамму электронных тахеометров по техническим возможностям, ценам, комплектации. Современные тахеометры различаются не только своими техническими характеристиками, конструктивными особенностями, но и ориентацией на конкретного пользователя или определенную сферу применения. Точность и дальность измерений в данном случае не играют существенной роли. Определяющим становится фактор эффективности применения прибора для решения конкретного типа задач. Например, для выполнения традиционных работ по землеотводам достаточно иметь простой механический тахеометр с минимальным набором встроенных программ. Для работ по изысканиям и строительству автомагистралей наиболее эффективным будет применение роботизированного тахеометра, имеющего функции автоматического слежения за отражателем, контроллер и программы, позволяющие не только работать с проектными данными, но и воспроизводить полученные результаты непосредственно в поле на экране контроллера.

Современный тахеометр должен полностью удовлетворять всем требованиям пользователя. Пользователь не должен переплачивать за невостребованные функции и возможности инструмента, стоимость которых может быть достаточно высока. С другой стороны, желательно иметь возможности обновления и модернизации системы - добавление новых функций, программ и изменение технических характеристик.

В этом году Восточно-Казахстанским государственным техническим университетом им. Д. Серикбаева совместно с Сибирской Государственной Геодезической Академией приобретены два электронных тахеометра PENTAX-325NX.

Электронный тахеометр PENTAX-325NX представлен следующими техническими характеристиками:

- Диапазон измерений: в безотражательном режиме от 1,5 до 200 метров; пленочные отражатели обеспечивают дальность до 600 метров, миниотражатель до 1100 метров;
- Точность измерения длин линий на одну призму: на отражатель и на пленку $\pm(2 + 2ppm * D)мм$, без отражателя $\pm(5 + 3ppm * D)мм$;
- Точность измерения углов 5";
- Внутренняя память 16000 точек.

Тахеометр предназначен для работы, как в прямоугольных, так и в полярных координатах.

С целью проверки соответствия технических характеристик электронного тахеометра с действующей нормативной документацией летом 2006 года были проведены работы по определению планово-высотного положения железнодорожных подъездных путей Бухтарминской Цементной Компании.

В качестве планового геодезического обоснования был построен полигонометрический ход 4 класса. Полигонометрия как метод построения планового геодезического обоснования имеет широкое применение, а с внедрением электронных тахеометров в производство работ значение полигонометрии еще больше возросло.

При измерении углов и линий в полигонометрических сетях на железнодорожных путях возникает ряд особенностей организационного и точностного порядка, связанных с влиянием внешних условий, имеющих важное влияние на обеспечение требуемой точности определения координат пунктов. Тахеометр PENTAX-325NX разработан с учетом влияния внешних условий, что обеспечивает повышение точности измерений.

В результате проведенных работ относительная ошибка определения координат пунктов составила $\frac{1}{180000}$, что с большим запасом обеспечивает требуемую точность определения координат пунктов для полигонометрии 4 класса ($\frac{1}{50000}$).

При нивелировании железнодорожных путей применялся метод тригонометрического нивелирования. Анализ полученных результатов показал, что полученная точность обеспечивает требуемую точность для технического нивелирования. Однако, при соблюдении жестких требований при выполнении работ по нивелированию железнодорожных путей, а именно при проложении нивелирных ходов со сторонами не более 300 метров, можно добиться точности нивелирования 4 класса.

Необходимо подчеркнуть оперативность, экономичность, точность выполнения измерений, проведенных с помощью тахеометра, так как на выполнение данных работ традиционными методами потребовалось бы порядка нескольких недель, а с помощью тахеометра они могут быть выполнены за несколько дней. В связи с этим возникает проблема разработки и внедрения нормативной документации, отражающей основные стандарты для выполнения геодезических работ с помощью современного геодезического оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерная геодезия: учеб. для вузов/ под ред. / Д.Ш. Михелева.-2-е изд. испр. – М.: Высш. шк., 2001.
2. Практикум по курсу прикладной геодезии. – М.: Недра. – 1977.
3. Неумывакин, Ю.К., Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ: справ. пособие / Ю.К. Неумывакин, М.И. Перский – М.: Картгеоцентр - Геоиздат, 1996.

© К.Б. Хасенов, Т.А. Куимова, 2007

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА PENTAX R-325NX ПРИ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ

В мае 2006 года Восточно-Казахстанским государственным техническим университетом совместно с Сибирской Государственной Геодезической Академией для кафедры «Геодезия, землеустройство и кадастр» было приобретено два электронных тахеометра PENTAX R-325NX.

Основные технические характеристики прибора приведены в таблице.

Таблица

Основные технические характеристики электронного тахеометра PENTAX R-325NX

Техническая характеристика	Величина
Точность измерения углов	5"
Диапазон измерений: - в безотражательном режиме - с пленочным отражателем - с миниотражателем	1,5 - 200 м до 600 м до 1100 м
Точность измерения длин линий на одну призму: - на отражатель и на пленку - без отражателя	$\pm (2 + 2\text{ppm} \cdot D)$ мм $\pm (5 + 3\text{ppm} \cdot D)$ мм

Опробование приборов состоялось при выполнении топографической съемки и профилирования соединительного и внутризаводских железнодорожных путей АО «Бухтарминская цементная компания».

Для выполнения работ АО «Бухтарминская цементная компания» представило планы железнодорожных путей масштаба 1: 500, выполненные Сибирской проектно-изыскательской организацией (СИБНИИ), и планы масштабов 1: 1000 и 1: 5000, выполненные Каз. ГРЭ в 1974 - 1978 гг.

Анализ представленных материалов и рекогносцировка местности показали существенные изменения в плановом и высотном положении существующих внутризаводских и соединительных железнодорожных путей, появление новых железнодорожных веток.

Было принято решение создать плановое обоснование снимаемой территории в условной системе координат путем проложения замкнутых теодолитных ходов, а высотное – тригонометрическим нивелированием.

Тахеометрическая съемка производилась одновременно с проложением вершин углов теодолитного хода и охватывала территорию с шириной полосы отвода 120 м.

В некоторых местах были проведены контрольные измерения характерных линий хода стальной компарированной 50-метровой рулеткой. При этом

расхождения между вычисленными и измеренными результатами длин линий не превысили 1 - 2 мм.

Информация о съемочных пикетах заносилась в память электронного тахеометра, позволяющего хранить информацию до 16000 пикетов. Наряду с сохранением данных на каждой станции составлялся абрис.

Съемка ситуации вдоль внутризаводских железнодорожных путей в местах отсутствия видимости выполнялась способом линейных засечек лазерной рулеткой HILTI, с обязательным отображением в абрисе.

Для выполнения профилирования с помощью 50-метровой компарированной рулетки была произведена разбивка пикетажа железнодорожных путей. Пикеты и плюсовые точки фиксировались на краях головок рельс масляной краской.

Тригонометрическое нивелирование пикетов и плюсовых точек производилось с вершин теодолитного хода в прямом и обратном направлениях. Для контроля нивелирования внутризаводских путей все нивелирные ходы были связаны между собой перемычками. Для удобства была составлена схема нивелирования, где фиксировались соответствующие отсчеты по электронному тахеометру.

Камеральная обработка полевых материалов была выполнена в соответствии с действующими нормативными документами и показала следующее:

1. Угловая невязка теодолитного хода составила 3".
2. Невязка в превышениях составила 12 мм.

При уравнивании сети теодолитных ходов и тригонометрического нивелирования, полученная точность планово-высотного обоснования удовлетворяла требованиям технического задания и соответствовала в плане 4 классу полигонометрии.

После выполнения всех съемочных работ, информация о съемочных пикетах импортировалась в компьютер.

После импорта данных с помощью программы AutoCAD 2006 была произведена графическая обработка съемочных материалов.

Результатами выполненных работ явились:

1. Топографические планы внутризаводских и соединительных железнодорожных путей масштабов 1: 1000 и 1: 2000.
2. Продольные и поперечные профили внутризаводских и соединительных железнодорожных путей масштабов 1: 1000.
3. Расчеты ведомостей прямых и кривых по результатам измерений углов поворота железнодорожных путей, с подбором радиусов вписываемых круговых кривых, а также главных элементов кривых.

В заключение хочется отметить, что выполнение съемочных работ с применением электронных тахеометров отличается высокой оперативностью, существенной экономией времени, простотой работы с меню панели

управления приборов, совместимостью формата сохраненных данных для работы с графическими программами.

© К.Б. Хасенов, Ю.Д. Гусаренко, 2007

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОГО НИВЕЛИРА

В 2006 г. сотрудники СГГА на геодинамическом полигоне проводили нивелирование I, II классов с помощью цифрового нивелира с целью создания высококачественной высотной опорной сети для наблюдения за вертикальными деформациями земной коры на территории Спорышевского месторождения. Работы на объекте предусматривалось выполнить в три этапа наблюдений. Нивелирование на данном объекте производилось высокоточным цифровым нивелиром DNA-03 и штрих-кодowymi рейками Leika. Нивелирование I класса выполнялось в прямом и обратном направлениях по двум линиям нивелирования, как того требует инструкция по нивелированию [1]. При этом при нивелировании I класса применялась следующая методика работы на станции: Зл, Зп, Пл, Пп, где Зл, Зп – отсчеты по задним рейкам соответственно по левой и по правой линиям; Пп, Пл – отсчеты по передним рейкам соответственно по правой и по левой линиям.

Расстояния от места установки нивелира до реек измерялись с помощью сенсорного отсчитывания. Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции, согласно инструкции, допускались не более 0,5 м. Накопление этих неравенств по секции должно быть не более 1 м. Результаты наблюдений на станции записывались в журнал. Контроль наблюдений на станции заключался в следующем: сравнивали средние значения превышения заднего правого костыля над задним левым по результатам нивелирования на данной и предыдущей станциях (где эти костыли были передними); расхождения не должны быть более 0,7 мм.

Контроль нивелирования по секции между смежными реперами и по участку между фундаментальными реперами выполнялся согласно пункту 7.22 инструкции по нивелированию I класса.

При нивелировании II класса использовался следующий порядок наблюдения на станции:

- На нечетной станции: З,З,П,П;
- На четной станции: П,П,З,З,

где З,З – двойные отсчеты по задней рейке; П,П – двойные отсчеты по передней рейке.

Расстояния от места установки нивелира до реек измерялись с помощью сенсорного отсчитывания. Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции, согласно инструкции, допускались не более 1 м. Накопление этих неравенств по секции должно быть не более 2 м. Результаты наблюдений на станции записывались в журнал. Контроль наблюдений на станции отсутствовал. Контроль нивелирования по секции между смежными реперами и

по участку между фундаментальными реперами выполнялся согласно пункту 8.19 инструкции по нивелированию II класса.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы: программа наблюдений, по которой выполнялось нивелирование I класса, не является симметричной и при ее использовании не происходит компенсация основных ошибок нивелирования. Кроме этого, при использовании данной программы наблюдений отсутствует контроль измерений на станции, так как рейка в комплекте цифрового нивелира односторонняя, значит по левой и правой линиям получается по одному превышению. На наш взгляд, данная методика нивелирования нуждается в изменении и дополнении. Методика наблюдений, по которой выполнялось нивелирование II класса, также нуждается в дополнении, так как при использовании этой программы отсутствует контроль измерений на станции.

В процессе выполнения производственных работ были выявлены следующие достоинства и недостатки цифрового нивелира.

Достоинствами цифрового нивелира являются:

1. Быстрота работы на станции;
2. Функции наблюдателя при работе с цифровым нивелиром сводятся к минимуму;
3. В отличие от нивелира с оптическим микрометром, при выполнении нивелирования с применением цифровых нивелиров при взятии отсчетов не содержатся субъективные ошибки наблюдателя, так как нивелир автоматически считывает информацию с рейки без участия наблюдателя, т.е. Ошибки наведения, ошибки взгляда и опытность наблюдателя не влияют на процесс взятия отсчета;
4. Кроме того, при выполнении высокоточного нивелирования с применением цифровых нивелиров существует возможность контроля расстояний от прибора до реек, так как цифровой нивелир сенсорным способом определяет расстояния от нивелира до реек при нажатии кнопки взятия отсчетов. При таком способе измерения расстояний результаты получаются гораздо точнее.

Вместе с достоинствами цифровой нивелир обладает также своими недостатками:

1. В инструкции по нивелированию приводятся определенные требования, которым должны соответствовать приборы для нивелирования I и II классов, например увеличение зрительной трубы, согласно инструкции, должно быть не менее 40 крат, но цифровой нивелир имеет увеличение зрительной трубы 22 крат при наведении на максимально близкое расстояние и 24 крат – на бесконечность;
2. В процессе выполнения работ было выявлено, что цифровой нивелир очень чувствителен к различного рода помехам, таким как ветер, сильное или слабое освещение реек, невертикальное положение рейки, влияние вибраций и др.;

3. В комплект цифрового нивелира входит односторонняя штрих-кодовая рейка. Это означает, что при нивелировании I класса по правой и левой линиям нивелирования с использованием существующей методики можно измерить только по одному превышению, а при нивелировании II класса вообще одно превышение.

Другой проблемой использования цифровых нивелиров является то, что программное обеспечение цифрового нивелира предусмотрено только для наблюдений по программе ЗППП или ЗППЗ. Следовательно, возникла проблема как нам использовать данный нивелир и как быть с контролем на станции?

Все предприятия, выполняющие нивелирование I класса должны пользоваться единым нормативным документом, утвержденным Роскартографией, где сказано, что при нивелировании по правой и по левой линиям нивелирования необходимо получать по два превышения. Однако в новой редакции инструкции только лишь упоминается о возможности применения цифровых нивелиров. Следовательно, старая программа нивелирования для нивелирования с помощью цифровых нивелиров неприменима, а новая в «инструкции по нивелированию» не предложена. В связи с этим существующая технология нивелирования нуждается в усовершенствовании и доработке. Возникает необходимость в разработке таких программ наблюдений, которые позволят получить контрольные разности d в обычном их виде, а также будут компенсировать основные ошибки нивелирования, главным образом ошибки, вызванные перемещением штатива и костылей.

В работах [2,3] были рассмотрены вопросы выполнения государственного и инженерно-геодезического нивелирования цифровыми нивелирами. Авторами работы [2] приводятся программы наблюдения для нивелирования I, II классов с использованием цифровых нивелиров.

Нами предлагается для нивелирования I класса применять при работе с цифровыми нивелирами наиболее удачные, на наш взгляд, программы наблюдения C и D, приведенные в работе [2].

Последовательность взятия отсчетов по программе C представлена в табл. 1.

Таблица 1

Программа наблюдений	Станция	Последовательность наблюдения реек на станции			
		Прямой ход		Обратный ход	
		Правая линия	Левая линия	Правая линия	Левая линия
C	Нечетная	З _к , П _к , П _к ', З _к '	З _к , П _к , П _к ', З _к '	П _к , З _к , З _к ', П _к '	П _к , З _к , З _к ', П _к '
	Четная	П _к , З _к , З _к ', П _к '	П _к , З _к , З _к ', П _к '	З _к , П _к , П _к ', З _к '	З _к , П _к , П _к ', З _к '

При использовании данной программы наблюдения на станции выполняются отдельно для правой и левой линий нивелирования при двух горизонтах прибора, причем изменение горизонта необходимо производить подъемными винтами нивелира для того, чтобы избежать повторного перемещения штатива. Порядок работы на нечетной станции следующий: $З_п П_п$ смена горизонта $П_п'З_п'$; $З_п П_л$ смена горизонта $П_л'З_п'$ (рис. 1,а); на четной станции – $П_пЗ_п$ смена горизонта $З_п'П_п'$; $П_лЗ_п$ смена горизонта $З_п'П_л'$ (рис. 1,б).

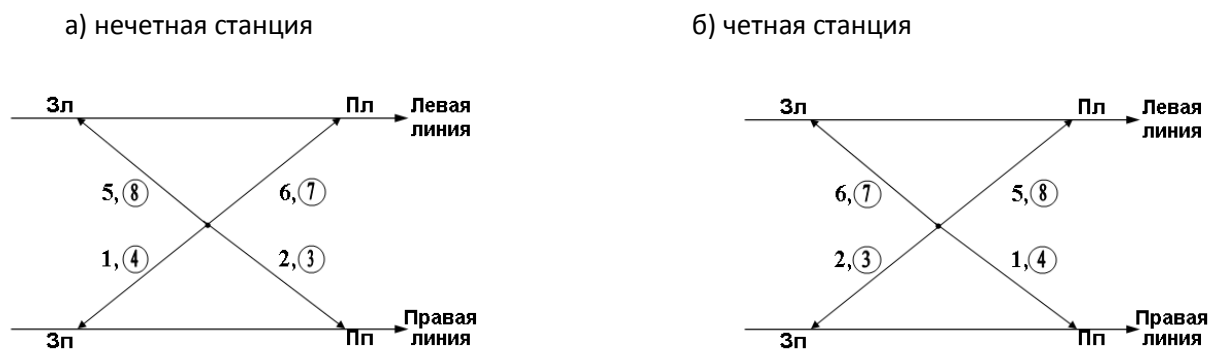


Рис. 1. Порядок отсчитывания по рейкам с применением цифровых нивелиров и программы наблюдений С

Последовательность взятия отсчетов по программе D представлена в табл. 2.

Таблица 2

Программа наблюдений	Станция	Последовательность наблюдения реек на станции			
		Прямой ход		Обратный ход	
		Правая линия	Левая линия	Правая линия	Левая линия
D	Нечетная	$(З_к, П_к)_1,$	$(П_к, З_к)_2,$	$(П_к, З_к)_1,$	$(З_к, П_к)_2,$
		$(П_к, З_к)_4$	$(З_к, П_к)_3$	$(З_к, П_к)_4$	$(П_к, З_к)_3$
	Четная	$(П_к, З_к)_1,$	$(З_к, П_к)_2,$	$(З_к, П_к)_1,$	$(П_к, З_к)_2,$
		$(З_к, П_к)_4$	$(П_к, З_к)_3$	$(П_к, З_к)_4$	$(З_к, П_к)_3$

При использовании программы наблюдения D отсчеты по рейкам в прямом ходе на нечетной станции производятся против хода часовой стрелки (рис. 2,а), затем меняется высота инструмента и отсчеты производятся по ходу часовой стрелки (рис. 2,б).

а)

б)

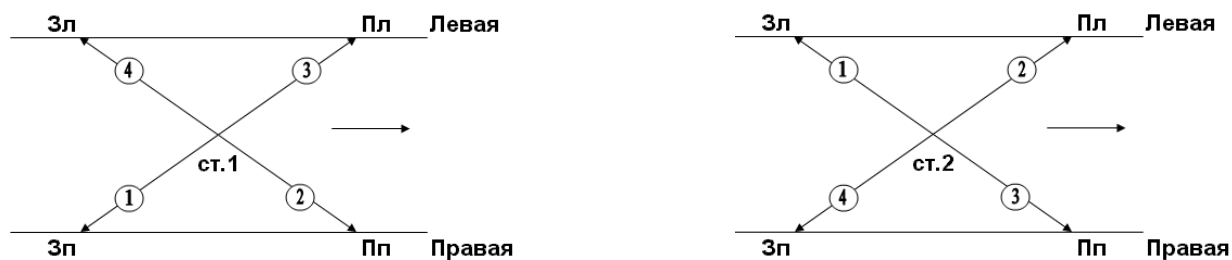


Рис. 2. Порядок отсчитывания по рейкам на нечетной станции с применением цифровых нивелиров и программы наблюдений D

Используя данные программы наблюдения, можно получить по правой и по левой линиям по два превышения и, тем самым, получить контроль на станции. К тому же предлагаемые нами программы наблюдения полностью симметричны, поэтому главные ошибки высокоточного нивелирования будут компенсироваться.

При нивелировании II класса нами предлагается использовать программу наблюдения С, предназначенную для нивелирования II класса с использованием цифровых нивелиров, которые также приведена в работе [2].

При использовании программы С наблюдения на станции выполняются при двух горизонтах прибора, причем изменение горизонта необходимо производить подъемными винтами нивелира для того, чтобы избежать повторного перемещения штатива. Порядок работы на нечетной станции следующий: З,П, смена горизонта ПЗ'; на четной станции – П,З, смена горизонта ЗП', где З и П – отсчеты соответственно по задней и передней рейкам до смены горизонта прибора; З' и П' – отсчеты по задней и передней рейкам после смены горизонта прибора. В обратном ходе измерения выполняются в следующей последовательности: нечетная станция - П,З, смена горизонта ЗП'; четная станция - З,П, смена горизонта ПЗ'.

Рассматриваемая программа наблюдений является симметричной. Это позволяет компенсировать ошибки перемещения штатива и изменение угла i , влияющие на результаты нивелирования, полученные с использованием программы С для нивелирования II класса.

Таким образом, предлагаемые программы наблюдения отвечают всем требованиям, необходимым для производства высокоточного нивелирования I и II классов с применением цифровых нивелиров.

Кроме того, в процессе выполнения нивелирования возникли трудности с записью результатов нивелирования в журнал. Оказалось, что существующая форма журнала, предназначенная для работы с нивелиром, снабженным оптическим микрометром, не подходит для работы с цифровым нивелиром. Поэтому необходимо разработать другую форму журнала, предназначенную для нивелирования I класса и II класса отдельно для работы с цифровым нивелиром.

В связи с этим нами предлагается разработать формы журналов для нивелирования I и II классов с применением цифрового нивелира.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – Москва. – ЦНИИГАиК. – 2004. – 224 с.
2. Уставич, Г.А., Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I, II, III и IV классов / Г.А. Уставич, В.Ф. Шаульский, О.И. Винокурова // Геодезия и картография. – 2003. – № 7. – С.10– 5; № 8. – С. 5–11.
3. Уставич, Г.А., Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования / Г.А. Уставич, С.В.Демин, Е.Л. Шалыгина, Я.Г. Пошивайло // Геодезия и картография. – 2004. – № 7. – С. 6–13.

© Е.Л.Соболева, А.Ю.Степанов, А.А.Ильин, 2007

УДК 528.37/.38

В.Г. Иванов

БГУ, Братск

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕВЯЗОК ЗАМКНУТЫХ ПОЛИГОНОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА ПО ВСЕЙ РОССИИ И ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ТЕРРИТОРИИ НА ЕВРОПЕЙСКУЮ И АЗИАТСКУЮ ЧАСТИ

Одной из важнейших характеристик качества нивелирных ходов являются невязки при их замыкании. Случайные среднеквадратические ошибки η на 1 км хода, подсчитываемые через невязки полигонов всегда оказывались значительно большими, чем подсчитываемые через разности d [1].

Ранее по нашим подсчетам [2] из анализа 66 полигонов нивелирования I класса по европейской части России получена $\eta=1,86$ мм/км, а для азиатской из 97 полигонов $\eta=2,97$ мм/км. Даже исключив невязки превзошедшие допуск

$$W_{дон} = \pm 3\text{мм}\sqrt{P},$$

где P – периметр полигона, для европейской части по 59 полигонам получили $\eta=1,36$ мм/км и для азиатской по 78 полигонам $\eta=1,70$ мм/км. Это в 2-3 раза превышает η , подсчитанные через разности d [2].

Это различие отмечено и в работе [3].

По имеющейся в нашем распоряжении информации за более чем 50 летний период с включением за прошлые годы статистики по территориям некоторых республик бывшего СССР проанализированы 253 невязки; 123 по европейской части и 130-по азиатской.

Следует отметить, что по многим полигонам невязки W превзошли допустимые. Например, по европейской части России в полигоне Вологда – Череповец – Вытегра – Няндома – Вологда с периметром $P=1261$ км получена $W=+220,6$ мм при $W_{дон}=\pm 106,5$ мм.

По Уралу в полигоне Курган – Семиозерское – Челябинск – Курган, $P=1731$ км, $W=+159,4$ мм. при $W_{дон}=\pm 124,8$ мм.

Западная Сибирь. В полигоне Омск – Тобольск – Сургут – Парабель – Барабинск – Омск, $P=3281$ км, $W=-257,6$ мм при $W_{дон}=\pm 171,8$ мм.

Восточная Сибирь. В полигоне Усть–Кут – Витим – Спицино – Уоян – Усть–Кут, $P=2554$ км, $W=+274,6$ мм при $W_{дон}=\pm 151,6$ мм.

Якутия. В полигоне Якутск – Нияба – Чокурдах – Куйдусун – Якутск, $P=4930\text{км}$, $W=+486,8\text{мм}$ при $W_{\text{доп}}=\pm 210,6\text{мм}$.

Поскольку в большинстве случаев невозможно было найти «самое слабое звено» и перенаблюдать его, то полигоны уравнивались по полученным превышениям и естественно это не могло не сказаться на общей точности высотной сети. Поэтому мы произвели анализ как по всем невязкам, так и с исключением недопустимых значений.

Приведем результаты исследования только по допустимым невязкам, включив и невязки превзошедшие допуск не более 10% по следующим соображениям:

1. Теоретически кривая Гаусса не ограничивается размахом $\pm 3\sigma$, а асимптотически приближается к линии переменных значений величины x .

2. Сам Гаусс, как математик и геодезист, включал в работу все измерения, которые были свободны от грубых промахов и строго осуждал всех, кто для увеличения фиктивной точности измерений обрабатывал не весь материал, а занимался отбраковкой [4].

На рис. 1 приведены эмпирические распределения невязок сгруппированных в интервале $\pm 12,5\text{мм}$ для европейской, азиатской и всей территории России.

На рисунке 2 приведены теоретические кривые распределения этих невязок. Кривые распределения хорошо согласуются с параметрами нормального закона по критерию χ^2 . Значения асимметрии A и эксцесса E незначительно отличаются от теоретических.

На обоих рисунках видно, что для всей территории страны кривые распределения невязок симметричны относительно нуля. Средняя невязка $W_{\text{ср}}=0,94\text{мм}\approx 1\text{мм}$. А вот для европейской части кривые сдвинуты в левую сторону с $W_{\text{ср}}=-11,76\text{мм}\approx -12\text{мм}$, а для азиатской – в правую, $W_{\text{ср}}=+17,26\text{мм}\approx +17\text{мм}$.

Прослеживается определенная связь преобладания отрицательных невязок для европейской части (70 против 48 положительных) с накоплениями преимущественно отрицательных разностей d (см. таблицу).

Таблица. Накопления разностей d по регионам России

Регион	Протяженность линий L , км	Накопления разностей, мм					
		d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
Европейская часть России	63720 на 100 км хода	-1736,2 -2,7	-2163,1 -3,4	-4278,1 -6,7	-404,0 -0,6	+216,4 +0,3	-2323,8 -3,6
Азиатская часть России	150323 на 100 км хода	-3956,8 -2,6	-4374,4 -2,9	-3124,6 -2,1	+5146,4 +3,4	+224,8 +0,1	+999,9 +0,7

Для удобства сопоставления в таблице приведены накопления разностей d на 100 км нивелирного хода. Следует отметить, что по информации из технических отчетов по многим линиям нивелирования не строго соблюдаются равенства:

$$d_5 = \frac{d_1 - d_2}{2} \quad \text{и} \quad d_6 = \frac{d_3 + d_4}{2}.$$

Для азиатской части преобладание положительных невязок (65 против 40 отрицательных) ассоциируется с преимущественно положительными разностями d_4 и d_6 . Значительные отрицательные разности d_3 в европейской части существенно уменьшаются по модулю в азиатской. Явная тенденция в положительную сторону прослеживается.

Что касается разностей d_1 и d_2 [1], представляющих различие превышений в секциях между правой и левой линиями нивелирования соответственно в прямом и обратном ходах, то они оказались очень близкими между собою по всей территории страны. Эти разности характеризуют, прежде всего, точность наблюдения на станции.

Разности d_5 , представляющие недокомпенсацию различий между правой и левой линиями нивелирования всегда малы (см. таблицу).

А вот разности d_3 , d_4 и d_6 более независимы и полнее характеризуют качество нивелирного хода. В этих разностях полнее сказываются перемещения связующих точек (костылей, кольев), а также возможные перемещения самих реперов.

Установление корреляционной зависимости между накоплениями разностей d в нивелирных ходах и невязками при их замыкании является предметом отдельного исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по вычислению нивелировок. – М.: Недра, 1971. – 108 с.
2. Иванов, В.Г. Погрешности нивелирования I класса высотной основы России / В.Г. Иванов // ГЕО-Сибирь 2005 Т. 1. Сб. материалов науч. конгр. «ГЕО-Сибирь» 2005. – Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 42-48.
3. О нивелирной сети СССР: К 100-летию создания высокоточной нивелирной сети. Сб. статей / под общ. ред. Л.А. Кашина, Л.С. Хренова. – М.: Недра, 1979. – 139с.
4. Гаусс, К.Ф. Избранные геодезические сочинения. Т. II. Высшая геодезия / К.Ф. Гаусс – М., 1958.

© В.Г. Иванов, 2007

МЕСТО, РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЭТАЛОННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ БАЗИСОВ

Как известно, линейные измерения в геодезии – наиболее распространенный вид измерений, они с древних времен были важным направлением в измерительной практике людей. Немаловажную роль в области линейных измерений играют геодезические базисы.

Впервые слово «базис» появилось в XVII веке, когда голландский ученый Снеллиус применил триангуляцию к определению размеров земли [1]. Измерения длины базиса назывались базисными измерениями.

В многовековой истории геодезической практики для линейных измерений в геодезических сетях применялись базисные приборы. В России существовало несколько видов базисных приборов, из которых практическое применение нашли приборы Теннера, Шуберта, Струве, Едерина. Последние два оказались наиболее совершенными, и нашли широкое применение на практике [1,2].

В 1958 г. в ЦНИИГАиК под руководством В.М.Назарова был разработан светодальномер ЭОД-1 для измерения базисных сторон триангуляции и сторон полигонометрии 1 класса. В дальнейшем усилиями специалистов и ученых ЦНИИГАиК и ЭОМЗ разработаны и внедрены в производство светодальномеры геодезического назначения «Кварц», «Гранат», СВГ. В 1953 г. разработан светодальномер типа СВВ-1 (авторы В.П.Васильев и В.А.Величко), нашедший широкое применение в геодезической практике для измерения линий до 15 км [2].

В 60-70-е гг. техника светодальномерных измерений бурно совершенствовалась. Английскими физиками К. Фрумом и Р. Бадселом в 1961 г. был использован для дальномерных целей кристаллический модулятор на основе эффекта Поппельса [3]. В 1965 г. ГОИ им. С.И.Вавилова разработан первый в мире светодальномер под шифром ГД-314 с полупроводниковым светодиодом в качестве излучателя. В 1964 г. Г.А.Фельдманом (ЦНИИГАиК) разработан топографический светодальномер «Кристалл» с совмещенной оптикой передающего и приемного каналов, что позволило резко уменьшить габариты приборов подобного вида.

В 70-х гг. при создании светодальномеров изготовители стремились к автоматизации процедуры получения измеренной дальности, введению контроля режимов работы, уменьшению потребляемой мощности аппаратуры. В этот же период четко прослеживались тенденции объединения дальномерной части с угломером (оптическим или электронным) с присоединением к ним геодезического вычислителя. В результате такого синтеза создавались приборы нового типа - электронные тахеометры модульной или моноблочной структуры [2].

Внедрение в производство серийных электромагнитных дальномеров и электронных тахеометров привело к тому, что для метрологического обеспечения линейных измерений повсеместно стали создаваться контрольные

линейные базисы, которым после их метрологической аттестации придавался статус образцовых (эталонных) мер [1,2]. Здесь под базисом понимали систему центров, заложенных в грунт на различных расстояниях друг от друга, примерно на одной линии, образованной начальным и конечным пунктами.

С 1 июля 1985 г. по решению Госстандарта в стране введена государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от 24 м до 75 км. В 1987 г. ЦНИИГАиК завершена разработка локальных поверочных схем по всем видам отраслевых измерений с учетом требований ГСИ. Их пересмотр и обновление на базе современной концепции метрологического обеспечения осуществлены в 1998 г [2].

С 1990-х гг. широкое применение в топографо-геодезическом производстве получила спутниковая геодезическая аппаратура. Соответственно, для ее метрологической поверки возникла необходимость в создании геодезических полигонов и пространственных эталонных геодезических базисов (ПЭГБ) [4].

В соответствии с ОСТ 68-15, геодезический полигон - геодезическое построение, содержащее набор геодезических эталонов, пригодное для испытаний, сертификации и поверки средств геодезических измерений в естественных климатических условиях. Структура геодезического полигона в частности как элемент включает ПЭГБ.

ПЭГБ [5] представляет собой пространственное геодезическое построение линейного типа, содержащее интервалы различной длины и закрепленное на местности центрами, имеющими три координаты в некоторой условной системе отсчета. Он предназначен для метрологической поверки светодальномеров, электронных тахеометров и спутниковой геодезической аппаратуры, проведения экспериментальных исследований точностных и эксплуатационных возможностей перечисленных средств измерений, разработки новых технологий применения этих приборов и систем, совершенствования методов измерения пространственных координат спутниковой геодезической аппаратурой, обучения специалистов выполнению работ с помощью указанных средств измерений.

Одним из положительных свойств ПЭГБ является то, что его использование в естественных климатических условиях дает объективное представление о действительных метрологических характеристиках геодезических средств измерений.

При создании ПЭГБ возникает ряд принципиально новых задач, которые необходимо решать [6]:

- Соблюдение требований, относящихся к ПЭГБ и его центрам, увеличивает расходы, связанные с метрологической поверкой рабочих измерительных приборов и систем, и такие расходы должны быть оптимальными;

- Следует учитывать возможность исследований как спутниковой аппаратуры, так и светодальномеров и электронных тахеометров. Однако, разнообразие по видам и точности задач, решаемых перечисленными приборами и системами, требует для проведения их метрологических

исследований наличия разных наборов различных по длине эталонных отрезков, что обуславливает закрепление дополнительных точек на ПЭГБ;

– Одновременное высокоточное измерение трех координат центров ПЭГБ в одном цикле наблюдений заставляет также строго решать вопросы выбора конструкции центров и анализа их устойчивости, что требует серьезного теоретического и нормативного обоснования;

– В целях обеспечения качественного и своевременного метрологического обеспечения как топографо-геодезического производства, так и высокоточных инженерно-геодезических задач необходимо разработать комплексную технологию создания и эксплуатации ПЭГБ. Такая технология должна учитывать все стадии их развития: изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации и модернизации.

Т. к. пространственно-временное состояние ПЭГБ характеризуется динамической системой [6], то при эксплуатации необходимо периодически проводить метрологическую поверку ПЭГБ, на основании которой делают анализ устойчивости центров, то есть пригодности ПЭГБ для дальнейшего использования.

С 1976 г. в Сибирской Государственной Геодезической Академии (НИИГАиК) создан Базис пространственный эталонный им. О.П. Сучкова (Базис) - рабочий эталон второго разряда. Базис является единичным средством измерений и предназначен – в условиях, приближающихся к эксплуатационным для поверки средств измерений длины и плоского угла (светодальномеров, тахеометров, нивелиров, измерительных лент, буссолей, навигационной и геодезической спутниковой аппаратуры).

Принцип действия Базиса заключается в определении его метрологических параметров (длин линий, высот, угловых размеров и приращений координат) рабочими средствами измерения (СИ) и сравнение полученных значений с эталонными значениями соответствующих параметров Базиса.

Развитие научно-технического прогресса, в частности в геодезии: появление современных серийных геодезических приборов, развитие современных компьютерных технологий и т.п., позволяет решать задачи, связанные с метрологической поверкой, как рабочего эталона, ПЭГБ. Например, выполнение измерений современными высокоточными средствами, усовершенствование методов измерений с учетом современного парка геодезических приборов, автоматизирование процесса измерений и обработки с помощью переносных ПК, отображение и мониторинг результатов измерений в виде 3D модели пространственных эталонных геодезических базисов и т.п.

На сегодняшний день в Сибирской Государственной Геодезической Академии ведутся исследовательские работы по разработке методики поверки ПЭГБ на современном уровне. В частности, проводятся работы по созданию интерференционного компаратора, использование которого будет являться частью вышеуказанной методики.

Подводя итог, можно отметить следующее. «Базисом» сначала называли расстояние между двумя точками, затем - систему точек в двухмерном пространстве и сегодня - это построение точек в пространстве.

Пространственные эталонные геодезические базисы занимают важное место в геодезической поверочной практике и играют большую роль при проверке современных серийных геодезических приборов.

Развитие научно-технического прогресса дает огромный потенциал для совершенствования созданных, разработки новых методик проверки на современном уровне с учетом новейших серийных геодезических приборов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тетерин, Г.Н. История геодезии в России (до 1917 г.) / Г.Н. Тетерин. – Новосибирск: СГГА, 1994. – 90 с.
2. Спиридонов, А.И. Основы геодезической метрологии: произв.-практ./ А.И. Спиридонов. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2003. – 248 с.: ил.
3. Михеечев, В.С. Геодезические светодальномеры / В.С. Михеечев.-М.: Недра, 1979.
4. Генике, А.А. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии / А.А. Генике, Г.Г. Побединский. – М.: Геодезиздат, 1999. – 272 с.
5. Середович, В.А. Некоторые проблемы метрологического обеспечения геодезического производства / В.А. Середович, О.П. Сучков. // Тез. докл. междунар. научн.-техн. конф., посвящ. 220-летию со дня основания Московского гос. унив. геодезии и картографии (МИИГАиК) "220 лет геодез. образованию в России" (МИИГАиК, 24-29 мая 1999 г.). – М.: МИИГАиК, 1999. – С. 48–49
6. Исследование принципов создания пространственных эталонных базисов для метрологической аттестации и исследований современных электронных геодезических приборов и систем: отчет по НИР / СГГА; рук. О.П. Сучков; Отв. исполн. В.А. Середович – Новосибирск, 1999. – 24с. № ГР 0199.0004271; инв. № 0220.0103116.

© И.О. Сучков, 2007

УДК 551.578:528.91

Э.Р. Семакова

НИГМИ, Узбекистан

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В СНЕГОЛАВИННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Для безопасного и экономически выгодного освоения горных территорий необходимо знать распространение и временную изменчивость опасных и катастрофических явлений, в том числе снежных лавин. Крупномасштабные карты высоты снежного покрова различной обеспеченности и показателей лавинной активности предназначены, прежде всего, для проектирования конкретных объектов на лавиноопасных территориях. Современные географические информационные технологии позволяют существенно автоматизировать процесс и получать карты перечисленных параметров для заданного участка горной территории. Рассмотрим несколько подходов применения ГИС-технологий в снеголавинных исследованиях для трех горных бассейнов Западного Тянь-Шаня, характеризующихся различными физико-географическими и снежно- метеорологическими условиями: урочища Чимган

(20,4 км²), популярного места зимнего отдыха, расположенного в 80 км от столицы Узбекистана, бассейна р. Дукант (47км²), на территории которого размещены горнорудные предприятия и геологоразведочные объекты и района перевала Камчик, через который проходит автомагистраль Ташкент-Ош, соединяющая Ферганскую долину с остальной частью республики⁴.

Основой служила топографическая карта масштаба 1:10 000 для каждого бассейна. С использованием программного обеспечения ArcView GIS [1] были оцифрованы следующие тематические слои карт: граница территории, горизонталы с шагом 25 м, вершины, реки, дороги, постройки, места расположения дистанционных снегомерных реек и снеголавинной станции (СЛС), опоры канатных дорог и противолавинные сооружения.

Входной информацией для построения цифровой модели рельефа служили изолинии абсолютной высоты и отметки вершин. Для описания распределения толщины снега помимо абсолютной высоты были использованы такие численные характеристики рельефа, как кривизна в плане, первая производная по преобладающему направлению ветра, экспозиция, крутизна склонов, расстояние от тальвегов и гребней, расстояние от русел рек, индекс влияния ветра [2, 3]. Для расчета гридов гребней и тальвегов использовалось расширение ArcView под названием "Hydro". За элементарные площадки-ячейки (их размер равен 10×10 м²), принадлежащие тальвегам, приняты те из узлов сетки, водосборная площадь которых оказалась больше или равной 100 000 м². Таким образом, с помощью технологий ГИС были формализованы такие геоморфологические понятия, как гребень или ложбина, что позволило работать с некоторыми их характеристиками как с числами.

Поиск связи высоты снега (h) с характеристиками рельефа в точках расположения снегомерных реек осуществлялся на конкретные даты зимнего периода. Наилучшей для бассейна р. Дукант оказалась связь высоты снега с абсолютной высотой местности (Z), расстоянием от русел рек (D) и индексом влияния ветра (W), а для бассейна р. Чимган – с Z , расстоянием от гребней (G) и W . Индекс W учитывает влияние ветра: снег сдувается с наветренных склонов (с тех, где $\cos(\omega - k_1) < 0$) на подветренные (туда, где $\cos(\omega - k_1) > 0$). Чем круче склон, тем больше этот эффект, что обеспечивает второй множитель в произведении:

⁴ Период наблюдений за высотой снега по 72 равномерно расположенным дистанционным снегомерным рейкам в районе обслуживания СЛС Дукант составлял 44 года, что является достаточным для выявления связи высоты снега с характеристиками рельефа. В бассейне р. Чимган расчет высоты снега в опорной точке (метеорологической площадке СЛС Чимган) проводился с использованием суточных значений температуры воздуха и осадков, ряд которых был удлинен с использованием их связи с этими же метеозементами метеостанции «Ташкент-Обсерватория» (коэффициенты корреляции 0,95 и 0,71, соответственно). Для двух этих бассейнов выявлена устойчивая связь высоты снега в лавиносборах, измеряемой по дистанционным снегомерным рейкам, с высотой снега на метеоплощадке. В бассейне же р. Камчик сильный ветровой режим вызывает метелевый перенос снега, и соответственно, отсутствие связи толщины его с характеристиками рельефа и высотой снега на метеоплощадке.

$$W = \begin{cases} \cos(\omega - k_1) \sin(\alpha - k_2), & \text{при } \alpha \neq 0 \\ 0, & \text{при } \alpha = 0 \end{cases},$$

где ω - экспозиция склона, α - угол наклона склона, град.

Для района Чимган $k_1=34,7$, Дукант - $k_1=10,9$. Ветер в урочище Чимган дует преимущественно с юго-запада, тогда если существует эффект сдувания, именно к склонам северо-восточной экспозиции и должен быть приурочен максимум. Комбинация же трех переменных: абсолютной высоты, индекса влияния ветра и расстояния от гребней объясняет 84% дисперсии. Средняя квадратическая ошибка расчета уменьшается с 33 см для однопараметрической зависимости $h(Z)$ до 24 см для варианта $h(Z, W, G)$.

Полученные карты высоты снега в урочище Чимган были использованы для расчета участков, благоприятных для горнолыжного спорта (толщина снега на этих участках превышает 1 метр для года с 50% обеспеченностью, склоны имеют экспозицию близкую к северной).

Карта максимальной высоты снега 5% обеспеченности, полученная для бассейна р. Дукант, применена при расчете максимальных снегозапасов и прочностных характеристик конструкций – давления на кровлю, сопротивления сползанию снега. Используя метод прогноза лавин при снегопадах для условий Средней Азии [4]⁵, появляется возможность на любую дату и время получить карты лавиноопасных участков, и провести на этих склонах, соответственно, необходимые профилактические меры лавинной безопасности.

Для определения оптимального расположения пунктов наблюдения за лавиноопасными склонами использовались такие программные и инструментальные средства геоинформационной системы, как Visibility Analysis.

С использованием сведений по зарегистрированным лавинам в урочище Чимган за период наблюдений получено распределение числа лавин по экспозиции и углу наклона склона в зоне их формирования и удельные вероятности формирования лавины с участка единичной площади [5]. Для расчета максимальной дальности выброса лавины от места, где возможно ее формирование, использовалась «норвежская формула» [6], показавшая свою эффективность во многих горных странах. Определив места, где зарождаются лавины, имея GRID “Flow Direction”, рассчитав матрицу углов наклона и, пользуясь уравнением максимальной дальности выброса лавины, были получены пути сходящих лавин, положив, что лавина движется в том же направлении, в котором стекает вода, на основе которых определены участки урочища, поражаемые лавинами с различной частотой. На примере карты территории, поражаемой лавинами 1 раз в 50 лет, проведена оценка безопасности размещения различных объектов в урочище.

⁵ В прогностическом уравнении этого метода учитывается высота снега перед снегопадом и ожидаемый прирост высоты снега, который может быть рассчитан как произведение плотности свежевыпавшего снега и прогнозируемой суммы осадков.

Комплекс противолавинных сооружений на перевале Камчик предусматривает для каждого лавиносбора индивидуальный вид защиты⁶. С использованием средств ArcView выявлены участки, защищенные противолавинными сооружениями, и получено вероятное уменьшение числа людей, попавших в лавину, в зависимости от наличия противолавинных сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ArcView GIS Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA 92373. – 1996. – 340 p.
2. Какурина, Е.Г. Опыт построения крупномасштабной карты высоты снежного покрова / Е.Г. Какурина, Ф.И. Перцигер, А.В. Яковлев // Тр. САНИГМИ. – 2001. – Вып.161(242). – С. 83–95.
3. Semakova E.R. Mapping of Snow Pack and the Avalanche Risk (The local basin of Western Tien-Shan as example) // Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region. – Kyoto, Japan, 13-15 March 2003. – Vol. 2. – P. 1037–1042.
4. Канаев, Л.А. Об универсальном методе прогноза лавин при снегопадах для условий Средней Азии/ Л.А. Канаев, А.В. Яковлев. // МГИ. Хроника, обсуждения. – М. – 1993. – Вып. 76. – С. 107–109.
5. Исаев, А.А. Технология построения крупномасштабной карты частоты поражения лавинами / А.А. Исаев, Е.Г. Какурина, Ф.И. Перцигер // Тр. САНИГМИ. – 2001. – Вып. 161(242). – С. 43–54.
6. K. Lied. Snow avalanche experience through 25 years at NGI. /Norwegian Geotechnical Institute. Publication 203, Oslo. – 1998, P. 7–14.

© Э.Р. Семакова, 2007

УДК 528.531:004

И.О. Сучков

СГГА, Новосибирск

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ GTS229

В последнее время во многих областях геодезических и изыскательских работ разрабатываются и внедряются различные технологии, рассчитанные на применение различных автоматизированных полевых приборов и камеральных программных комплексов. Однако эффективность применения этих технологий во многом зависит от своевременного проведения качественных метрологических исследований, которые, в свою очередь, должны иметь современный уровень автоматизации и компьютеризации.

⁶ Увеличение риска поражения людей и материально-технического ущерба лавинами за последние годы объясняется резким увеличением транспортного потока через перевал Камчик и присутствием строителей-автодорожников. В настоящее время строительство новых и реконструкция старых противолавинных и снегоудерживающих защитных сооружений на склонах лавиносборов позволяет значительно понизить риск от лавин и увеличить пропускную способность на новой действующей автодороге.

При больших объемах метрологических исследований в специализированных организациях возникает необходимость поиска путей сокращения затрат времени на организацию и проведение измерений, обработку результатов и оформление материалов поверки средств измерений, это в свою очередь решается с помощью применения автоматизированных рабочих мест, неотъемлемой частью которых является автоматизация обработки результатов поверки [1].

Целью нашей работы является разработка автоматизированной методики поверки линейной части электронных тахеометров, на примере электронного тахеометра GTS229.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- Разработать структуру регистрации измерений в электронном тахеометре;
- Разработать программное обеспечение;
- Разработать методику обработки и выдачи результатов;
- Разработать методику конвертора данных из электронного тахеометра в ПК.

Пример системы метрологических исследований светодальномеров, тахеометров и СГА на пространственном эталонном базисе представлен на рис. 1. В структуре блока рабочих средств измерений (РСИ) должны быть выделены банки данных по видам приборов и подсистемы их метрологической аттестации.

Для заполнения банков данных результаты метрологической поверки должны пройти обработку, последовательность которой представлена на рис. 2.

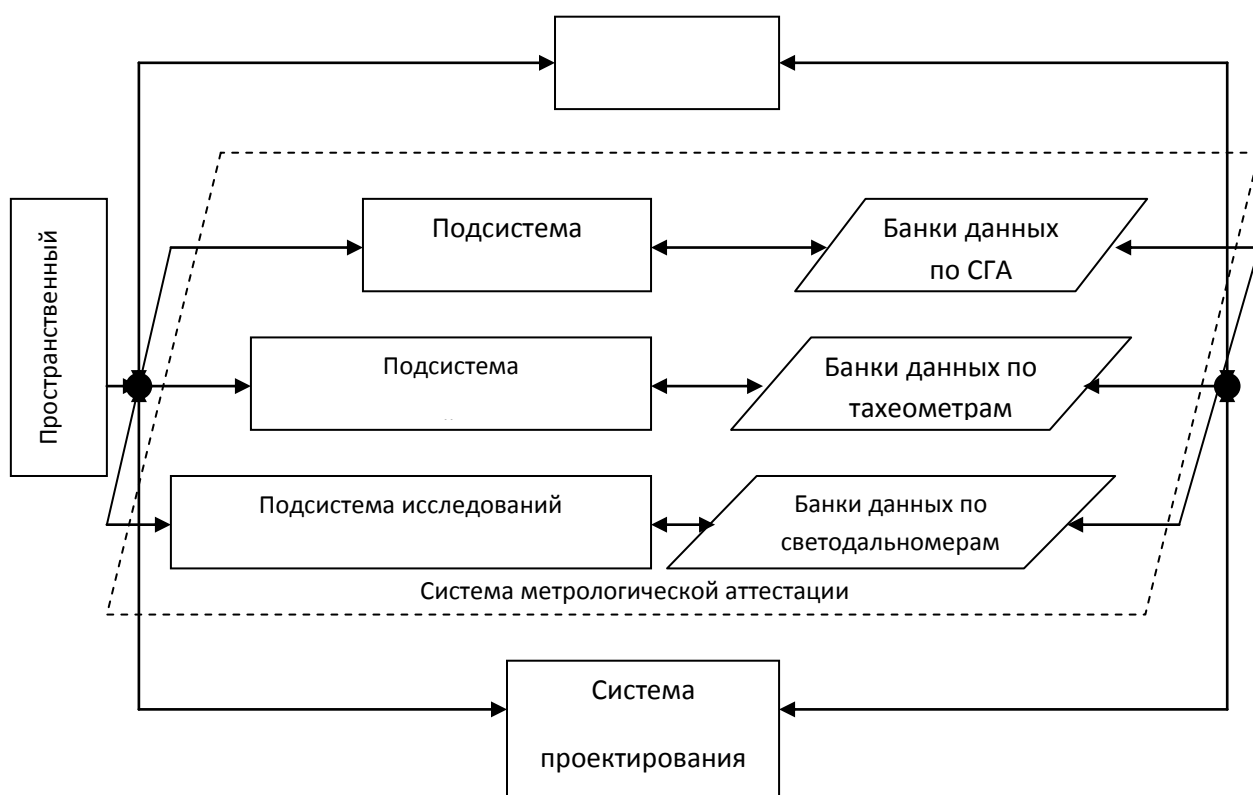


Рис. 1. Система метрологических исследований рабочих средств измерений на пространственном эталонном базисе

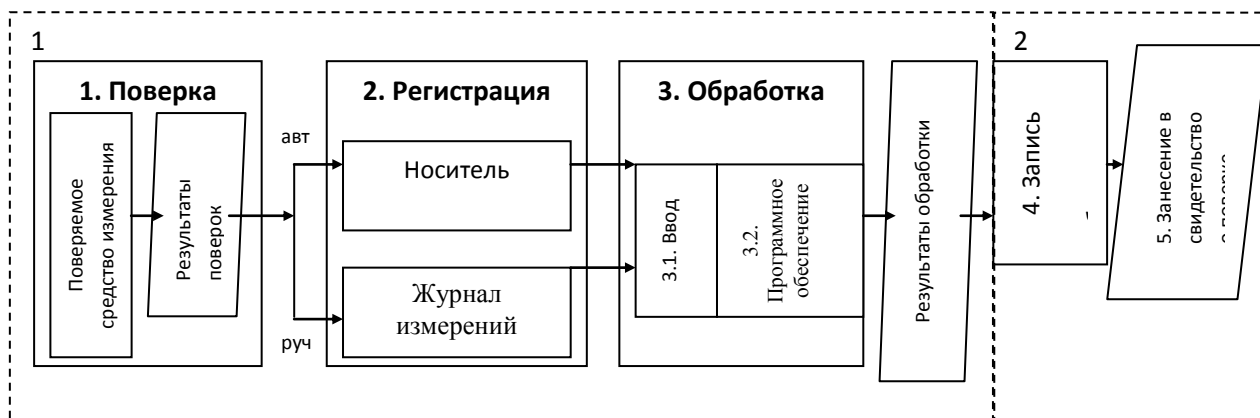


Рис. 2. Последовательность обработки результатов поверки

Нами предлагается следующее решение блока 1, последовательность которого изображена на рис. 3.



Рис. 3. Предлагаемая последовательность решения блока 1

Выполняется поверка электронного тахеометра по разработанной методике. Все измерения автоматически регистрируются в памяти прибора на носителе информации.

Обработка заключается в передаче с помощью транслятора информации с носителя на ЭВМ, автоматического ввода исходных данных и результатов измерений в файл обработки, автоматической обработки, анализа и сохранения результатов обработки. Причем ввод и обработка реализуются с помощью Excel и

макроса (на схеме отображены пунктиром), написанного на языке программирования Visual Basic, а все остальные пункты выполняются при участии поверителя.

Данная задача решена на примере электронного тахеометра GTS229.

Сначала мы разработали структуру регистрации измерений в электронном тахеометре. Предположим, что поверка линейной части тахеометров включает три основных операции:

- Сверка отражателей;
- Определение циклической поправки;
- Определение средней квадратической ошибки на 4-х линиях эталонного базиса.

Тогда структура регистрации измерений будет иметь вид:

- Сверка отражателей (SS1...SS24, SR1...SR24, ST1...ST24), где первая буква обозначает название операции, вторая название отражателя и третья цифра номер отсчета;
- Циклическая поправка (C1...C16, C21...C26, ..., C131...C136), где первая буква обозначает название операции, вторая цифра – номер установки отражателя и третья цифра - номер отсчета;
- СКО (6B1...6B24, 10B1...10B24, 14B1...14B24, 18B1...18B24), где первая цифра обозначает линию эталонного базиса, вторая буква – название операции и третья цифра номер отсчета.

Затем выполнили поверку электронного тахеометра GTS229 с разработанной регистрацией данных в приборе. При помощи транслятора мы передали информацию с прибора на ПК в *.txt формат – получили 3 файла. При помощи созданного макроса «Registr» в файле обработки Obrab.xls (см. рис. 4) автоматически передали полученные *.txt файлы в файл Registrator.xls.

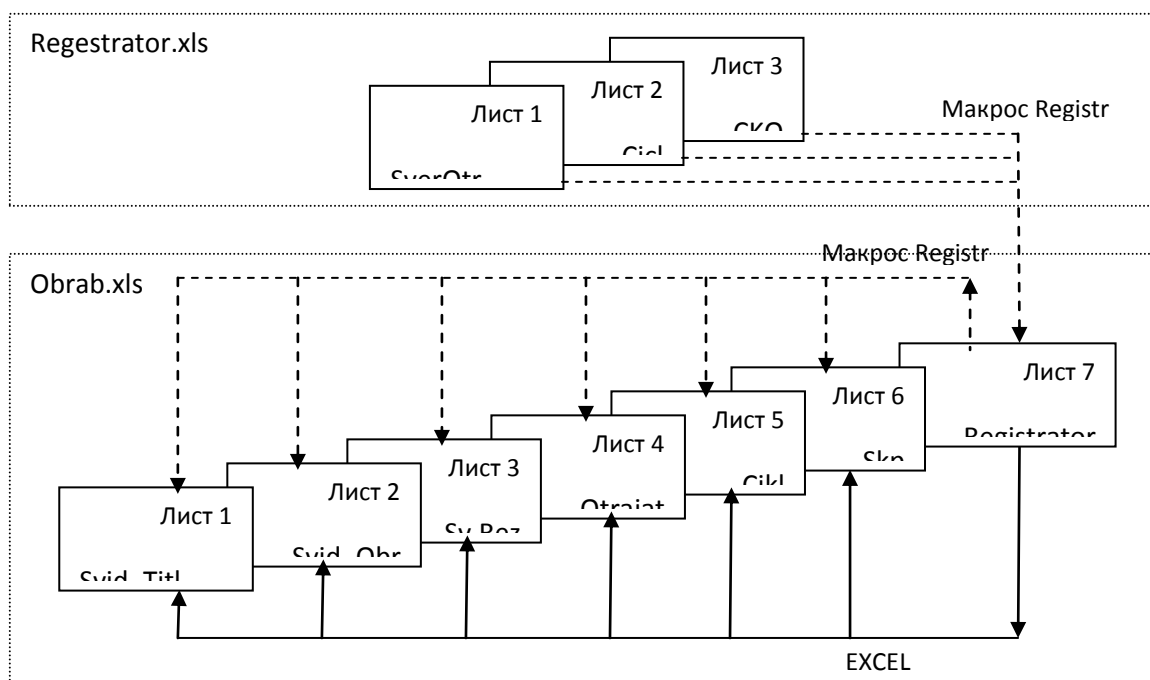


Рис. 4. Схема обработки полученных данных с электронного тахеометра

Из этого файла данные автоматически попадают в файл Obrab.xls на лист Regestrator и обрабатываются.

В итоге мы получили файл Obrab.xls со свидетельством поверки на данный электронный тахеометр, которое может быть распечатано, и хранится, как в бумажном, так и в электронном виде. В перспективе, при отрицательных результатах поверки выдавать протокол измерений с указанием причин забракования средства измерения.

Таким образом, нами была разработана автоматизированная методика поверки линейной части электронных тахеометров, на примере электронного тахеометра GTS229. Методика позволяет сократить время на регистрацию результатов измерений и последующую обработку. Данная методика применима для всех линейных средств измерений, которые позволяют регистрировать результаты измерений в указанной выше форме, то есть для большинства современных серийных геодезических приборов.

На сегодняшний день в Сибирской Государственной Геодезической Академии проводятся работы по созданию интерференционного компаратора-эталоны первого разряда для поверки и испытаний высокоточных геодезических средств измерений, в частности, для сверки отражателей и определения циклической поправки электронных тахеометров, что позволит усовершенствовать предлагаемую методику.

В заключении отметим, что по результатам апробирования методики при поверке электронных тахеометров, в ближайшее время целесообразно разработать автоматизированное рабочее место для поверки, учитывая предыдущий опыт исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петрова, Г.В. Опыт применения автоматизированных рабочих мест для поверочных работ и перспективы их совершенствования / Г.В. Петрова, А.С. Трофимов // Метрологическое обеспечение топографо-геодез. и картограф. производства: сб. докл. VII отраслевого семинара по метрологии. – М.: ЦНИИГАиК, 2001. – С. 100–109.

© И.О. Сучков, 2007

УДК 004.942:556.507

С.Г. Яковченко, И.С. Постнова, В.А. Жоров

ИВЭП СО РАН, Барнаул

АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ СОГЛАСОВАННОГО ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ РУСЛА В ГИС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Введение

Продольный профиль русла (ППР), под которым в контексте данной работы понимается совокупность высот водной поверхности (ВП) в местоположении речной сети (РС), необходим для проведения многих гидрологических расчетов. Картографическая информация для прямого определения ППР включает в себя урезы воды и пересечения РС с горизонталями, а также данные по геометрическому положению РС [3, 4]. Необходимым условием для ППР, как части модели рельефа местности является гидрологическая согласованность, выражающаяся в понижении высоты в направлении течения реки и корректном сопряжении ППР в местах слияния рек [3]. Как будет показано далее, задача автоматизированного определения высот ППР может быть решена в стандартных ГИС линейки ESRI путем использовании встроенного в них инструментария картографической алгебры.

Способы построения ППР по рельефу в окрестности РС

Наиболее простым с точки зрения реализации представляется способ расчета ППР по гидрологически корректной цифровой модели рельефа (ЦМР) [3, 4]. В модуль 3D Analyst ArcView заложена принципиальная возможность присвоения высот РС по триангуляционной (TIN) или растровой (GRID) ЦМР с сохранением результата в форме 3D файла. Растровая гидрологически корректная ЦМР может быть создана в модуле TopoGrid ГИС ArcInfo, если включена опция принудительного согласования ЦМР с РС [3, 4, 7, 8]. Необходимо отметить, что РС, представляемая на карте как область, в этом подходе аппроксимируется линейной РС, причем все дуги РС должны быть сомкнуты и иметь корректные направления оцифровки. Высоты ППР, рассчитанные по растровой ЦМР, из-за особенностей алгоритмов интерполяции могут иметь большие ошибки на территории днищ долин, где практически отсутствуют горизонтالي.

Использование в качестве источника высот для РС TIN, созданной на основе горизонталей, наталкивается на трудность следующего характера. Для такой TIN вдоль профиля реки характерны резкие перепады высот при переходе от триангуляционных площадок, вершины (nodes) которых являются точками одной горизонтали, к площадкам, у которых вершины принадлежат другой горизонтали [1]. Петлеобразная форма горизонталей вблизи пересечения с рекой еще более усугубляет этот эффект. В [3, 5] предложено простое решение этой проблемы: использовать для присвоения высот точкам на РС TIN, созданный на основе только урезов воды и точек горизонталей, лежащих на пересечении с РС (далее $[TIN_h]$). Такой $[TIN_h]$ будет иметь корректное изменение высоты вдоль РС (линейное между отдельными горизонталями и урезами воды) практически всюду, где есть хорошая обеспеченность горизонталями. Область, в которой $[TIN_h]$ можно использовать для присвоения высот РС, определяется простым условием $[TIN_h] < [TIN]$ (т.е. высоты, рассчитываемые по $[TIN_h]$, должны быть меньше, чем по $[TIN]$, рассчитываемому по горизонталям и отметкам высот). Оба рассмотренных способа требуют наличия информации по рельефу вне РС.

Метод расчета высот ППР по отметкам точек пересечения с горизонталями и урезам воды

В ряде случаев возникает необходимость расчета ППР только по гидрографии и отметкам точек пересечения с горизонталями и урезам воды без использования информации по рельефу вне РС. Такая ситуация возникает, например, при использовании ППР для подготовки гидрологически корректных ЦМР по разномасштабным данным, необходимых для автоматизированного деления поверхности водосбора на расчетные участки и вычисления усредненных морфометрических характеристик этих участков для оценки стока [2, 3]. Основная проблема расчета ППР без использования данных по рельефу вне РС заключается в том, что средние уклоны рек имеют тенденцию уменьшаться с ростом порядка (принимается схема порядков притоков по Хортону-Штралеру), вследствие чего плотность точек пересечения РС с горизонталями для притока, в общем, всегда больше, чем для главного русла (см. рис. 1). При любом интерполяционном процессе такая разная плотность точек на притоках может приводить к ошибкам в расчете высот ВП на реке впадения.

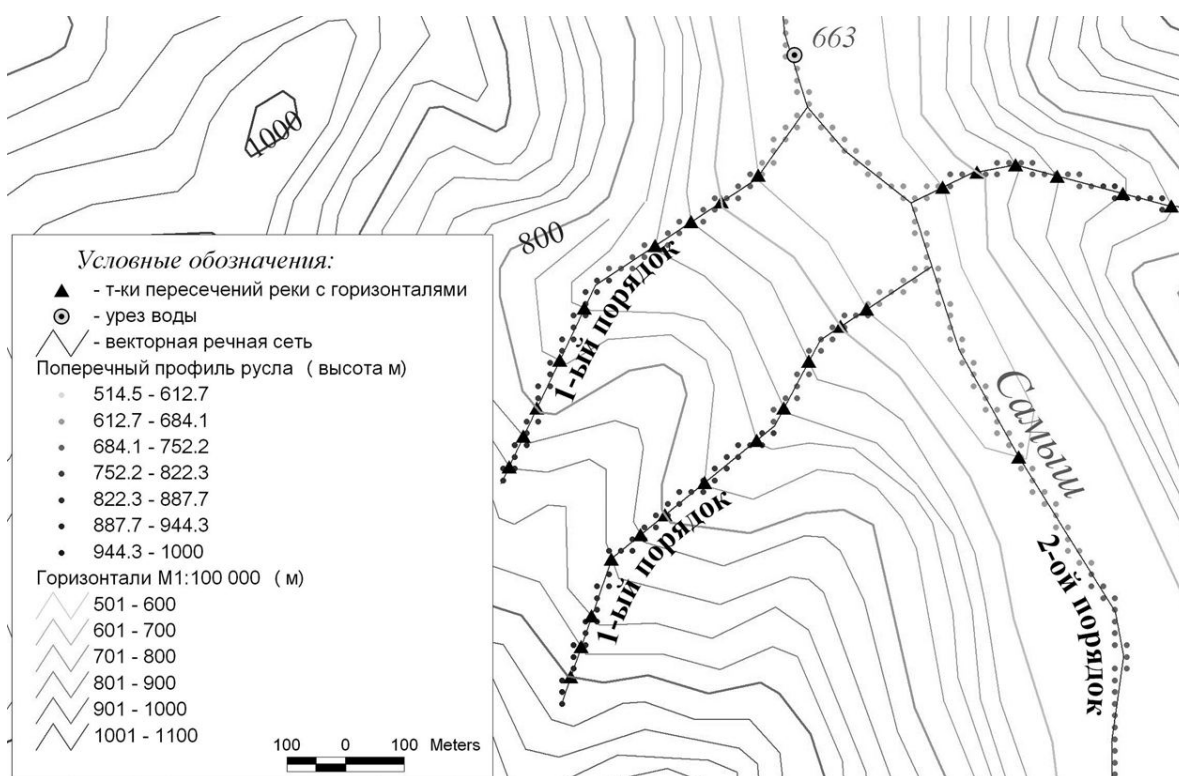


Рис. 1. Пример построения продольного профиля русла (р. Самыш, бассейн р. Бия, Алтае-Саянская горная система)

Для решения этой проблемы предлагается подход, в основе которого положена идея раздельной интерполяции высот для рек разного порядка:

а) В расчете высот реки-притока *используется* информация о высоте реки впадения,

б) В расчете высоты реки впадения *не используется* информация о высотах РС притока, и тем самым при интерполяции учитываются только исходные данные по основному потоку.

Далее рассматривается программная реализация указанного подхода в ГИС ArcView средствами внутреннего языка Avenue.

Исходными данными для построения ППР являются: РС (линия) составляющая единую неразрывную сеть, урезы (точки), пересечения горизонталей с РС (точки), пересечения РС с границей области (точки) с оценочными величинами высот (эти данные необходимы для однозначной интерполяции высот на границах области). Последние три покрытия далее рассматриваются как единое покрытие [Rpoint].

Для расчета порядка водотоков используется промежуточная модель рельефа, вычисляемая как сумма интерполированного по [Rpoint] рельефа (далее называемого "базис эрозии") и добавки, быстро растущей (по сравнению с падением высоты вдоль русла реки) при удалении от РС. В качестве добавки используется умноженное на большую величину поле расстояний от РС. С целью присвоения порядков РС используется грид аллокаций вдоль РС, рассчитываемый из [Rpoint] (функцией CostDistance), значением которого для каждой точки РС является значение высоты ближайшей вдоль РС к данной точке точки [Rpoint]. Предлагается следующая последовательность действий:

1. Расчет грида исходных источников рельефа, расчет гридов аллокаций и расстояния до РС.

2. Расчет на основе грида аллокаций (после преобразования его в точки) грида базиса эрозии с использованием сплайн интерполяции.

3. Расчет на основе гридов базиса эрозии и расстояния до РС промежуточного грида.

4. Заливка промежуточного грида и расчет направлений потоков на нем.

5. Расчет на основе направлений потоков грида порядков РС.

6. Выделение диапазона порядков и построение пополняемого далее грида текущих источников рельефа (лежащих на дренаже, принадлежащем выбранному диапазону порядков), используемых для интерполяции высот РС (вначале пустой).

7. Цикл по порядкам i , начиная от самого высшего:

- а) Запросом выделяется область, занимаемая порядками $\geq i$;

- б) Рассчитывается грид базовых данных по рельефу путем "подтягивания" грида исходных источников рельефа (функция SnapPourPoint) к дренажу на величину размера ячейки;

- в) В гриде базовых данных по рельефу выделяется область, занимаемая порядками $\geq i$, и присоединяется к гриду текущих источников рельефа;

- г) Грид текущих источников рельефа сплайн-интерполируется, его значения сравниваются с гридом аллокаций и, если разность по абсолютной величине превышает шаг горизонталей h , значение ячейки принимается равным гриду аллокаций $\pm h$ (знак выбирается как знак разности). По результатам

расчетов лучше всего подходит реализованная в ArcView сплайн интерполяция по типу упругой мембраны, когда в критерии минимизации учитывается первая производная с весом w [6];

д) Из результирующего грида вырезается область, занимаемая порядками $\geq i$, и сохраняется в грид текущих источников рельефа.

8. Грид текущих источников рельефа (после преобразования его в точки) используется как основа для создания скорректированного грида базиса эрозии.

9. Рассчитывается скорректированный грид на основе гридов полученного базиса эрозии и расстояния до РС.

10. Скорректированный грид подвергается заливке (Fill). Вычисляется разность между ним и гридом текущих источников рельефа, используемая для оценки корректности исходных данных.

11. Область, занимаемая РС залитого скорректированного грида, конвертируется в покрытие точек, используемое как ППР.

Данный алгоритм был апробирован для территории бассейна оз. Телецкое. Ошибка расчета, оцениваемая как разность между значениями высот в интерполированном DEM и [Rpoint], по порядку величины не превышала уклона реки, умноженного на размер ячейки (см. табл. 1).

Таблица 1. Характеристики расчетных ППР, сгенерированных по данным разных масштабов для участка вблизи оз. Телецкое

Масштаб	Число точек	Шаг горизонталей, h м	Стандартное отклонение высоты в точках пересечений РС с горизонталями, м/ доля нулевых уклонов %			
			$w=0.1$	$w=5$	$w=10$	$w=10$ (с расчетом высот вершин дуг)
1:50K	3159	20	0.4/1.65	0.12/1.28	0.05/1.44	0.04/1.00
1:100K	2444	20	0.72/2.76	0.25/2.07	0.12/2.08	0.05/1.85
1:200K	965	40	1.66/2.94	0.10/2.4	0.14/2.72	0.15/1.76 (0.11/1.61 при $w=5$)

Для повышения точности ППР на участках истоков РС величины высоты РС в наивысшей точке отдельной дуги каждого порядка могут рассчитываться из условия сохранения среднего уклона данного потока для чего предложен ряд дополнительных ГИС операций в цикле между стадиями 7в и 7г:

1. Выделяется область, занимаемая данным порядком РС.
2. Строится последовательность уникальных непрерывных дуг, в которые разбивается область (функция StreamLink).

3. Для каждой дуги методом пространственной статистики рассчитывается максимальное H_{up} и минимальное H_{down} значение высот текущих источников рельефа. Применением функции FlowLength рассчитываются длина каждой дуги L , длина отрезка от наинизшего источника

рельефа H_{down} до устья дуги, обозначаемая L_{down} , длина отрезка до устья дуги от наивысшего источника рельефа H_{up} , обозначаемая L_{up} .

4. Для каждой дуги максимальная высота на дуге H_{max} оценивается формулой:

$$H_{max} = H_{top} + \min(h, (H_{top} - H_{down}) \cdot (L - L_{top}) / (L_{top} - L_{down})).$$

5. Для каждой дуги вычисляется наивысшая точка дуги по признаку равенства нулю аккумуляции для неё и ей присваивается значение максимальной высоты H_{max} , рассчитанное ранее.

6. Полученные точки добавляются в покрытие текущих источников рельефа.

Расчет вершин дуг указанными операциями существенно понижает количество плоских участков РС (оцениваемое долей нулевых значений уклона, см. табл. 1), делая распределение уклонов более равномерным. Как видно из результатов (см. табл. 1), при увеличении масштаба и уменьшении числа точек оптимальное значение w уменьшается, а применение алгоритма предварительной оценки значений высоты в вершинах дуг не приводит к уменьшению отклонения высот. Таким образом, алгоритм оценки высот на концах дуг крупномасштабных карт имеет смысл использовать только для данных, снятых с карт масштаба более крупного, чем 1:100К. Оптимальное значение параметра $w = 10$ для таких карт и $w = 5$ для средне- и мелкомасштабных.

Выводы

Предложенный алгоритм создания ППР не использует данные по рельефу вне гидрографической сети, что позволяет применять его при создании согласованной информации по рельефу на гидрографии крупного масштаба для уточнения рельефа мелкого масштаба и последующем построении гидрологически согласованных ЦМР в рамках настольных ГИС, без привлечения специальных программ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яковченко, С.Г. Об одном способе получения цифровой модели рельефа / С.Г. Яковченко, Н.М. Ковалевская // Материалы междунар. конф. "ГИС для устойчивого развития территорий", июнь 1999 г., Якутск ч. 2. – Якутск, 1999. – С. 72–77.
2. Яковченко, С.Г. Подготовка смешанных ЦМР с использованием данных по рельефу русла и речной сети для расчета морфометрических характеристик водосборов / С.Г. Яковченко, В.А. Жоров, И.С. Постнова // Сб. материалов науч. конгр., ГЕО-СИБИРЬ-2005, Т. 4, Геоинформатика. – Новосибирск, 2005. – С. 83–88.
3. Яковченко, С.Г. Создание и использование цифровых моделей рельефа в гидрологических и геоморфологических исследованиях / С.Г. Яковченко, В.А. Жоров, И.С. Постнова. – Кемерово: Изд-во ИУУ СО РАН, 2004. – 92 с.
4. Яковченко, С.Г. Технология создания гидрологически корректных моделей рельефа/ С.Г. Яковченко, В.А. Жоров, И.С. Постнова // Материалы междунар. конф. "ГИС для устойчивого развития территорий", 28 мая – 1 июня 2002 г., Санкт-Петербург. – СПб., 2002. – С. 137–142.

5. "SNIPCALC" – геоинформационное приложение для автоматизированного расчета параметров водосборов / С.Г. Яковченко, В.А. Жоров, И.С. Постнова, О.В. Ловцкая, Е.К. Воробьев // Материалы междунар. конф. "ГИС для устойчивого развития территорий", 2003. – С. 216–221.
6. ArcView GIS. Руководство пользователя, ESRI, 1996, с. 377.
7. Arc/Info Help.
8. Hutchinson M.F., A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits, Journal of Hydrology, 106 (1989) pp. 211–232.

© С.Г. Яковченко, И.С. Постнова, В.А. Жоров, 2007

УДК 004:681.2

Д.В. Пчельников

СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ СУБД В ПОСТРОЕНИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

При работе с системами реального времени, необходимым критерием работоспособности системы, помимо быстроедействия, является ее надежность. Т.е. возможность восстановления рабочих данных при возникновении сбоев в результате: некорректной работы программного обеспечения, отказа аппаратной части компьютера или некорректных действий пользователя. Для повышения надежности системы требуется создание механизма резервного копирования данных и гибкого инструмента, позволяющего получить быстрый доступ ко всем или части архивных данных (менеджер копий).

Но остается одно большое “НО” – на разработку системы резервирования “с нуля” потребуется огромное количество ресурсов, в некоторых случаях превосходящих затраченные на создания всей остальной системы. Что же делать в случае, когда система резервирования данных необходима, но ее создание несоизмеримо по затратам времени и ресурсов собственно с самим проектом? В таком случае можно не изобретать в очередной раз велосипед, и пойти обходным путем – создать систему управления резервными копиями на основе системы управления базой данных (СУБД). При выборе СУБД следует определить критерии, которым она должна отвечать – это необходимая степень надежности, удобство структуры и средств СУБД под задачи проекта и, безусловно, быстроедействие.

В качестве примера разберем систему реального масштаба времени, которая оперирует геопространственными данными, т. е. точками и объектами в 3-х мерном пространстве, получающая данные с внешнего источника.

На первом этапе определимся, с тем: какая информация будет храниться в БД и какие средства СУБД нам необходимы для реализации задачи резервирования данных проекта.

Какую же информацию требуется хранить в базе данных? Это информация: о координатах отдельных точек, об их принадлежности определенных объектам, о соответствии объекту, определенному типу и т.д.

Поскольку мы используем СУБД, то мы можем кроме базы рабочих (текущих) данных, можем создать БД содержащую справочную информацию необходимую для работы системы, т.к.: каталог объектов и их параметров, типы соединительных линий, информация о протоколе обмена данными с внешним источником. БД должна обеспечивать целостность межобъектных связей при изменении информации об отдельных объектах или их частей, кроме того, проверять соответствие объекта после его изменения заданному типу (простейшая ситуация: типу объекта “точечный” не может принадлежать более одной точки). Для возможности отката состояния системы на один или более шагов требуется возможность создания полных или инкрементных резервных копий данных. Это предоставляет возможность защиты системы от некорректных действий пользователя.

Мер для повышения стабильности системы можно реализовать очень много, другое дело, что необходимо помнить, что быстродействие системы в целом, должно оставаться на необходимом для решения задач уровне. Поэтому следующим этапом будет оценка быстродействия СУБД, т.е. расчет времени затрачиваемого на необходимые нам операции. И в зависимости от полученных результатов, можно принять решение о пригодности конкретной СУБД в поставленных условиях и оценить необходимые аппаратные ресурсы. В результате второго этапа мы должны найти компромисс между надежностью, быстродействием, а также удобством предоставляемых СУБД средств.

СУБД подразделяются на файловые и серверные. Файловые СУБД обращаются непосредственно к файлу БД при помощи приложения на стороне пользователя, а серверные через интерфейс СУБД реализованный за счет ресурсов сервера. У обоих подходов есть свои плюсы и минусы. Так, например, файловая СУБД не требует серверного интерфейса – это можно рассматривать как большой плюс, с другой стороны это уменьшает уровень защиты информации, поскольку пользователь имеет непосредственный доступ к файлам БД. Кроме того, обеспечение многопользовательского режима в серверной СУБД реализовано гораздо удобнее и надежнее, поскольку сервер является активным участником обмена данными и может предупреждать об изменении данных другими пользователями непосредственно во время работы. Пользователи системы имеют разный уровень доступа, что позволяет избежать конфликтных ситуаций во время обращения ими одновременно к одной и той же информации.

В конечном счете, выбор СУБД требует тщательного анализа на этапе проектирования системы, и в каждом случае индивидуален. В случае проекта, на котором был оттестирован этот подход – “система работы с тахеометрами

серии ТН 3xx/4xx в режиме реального времени ”, была применена СУБД MySQL. Она практически полностью удовлетворяет требованиям проекта по скорости обработки информации и надежности хранения данных. Применение СУБД позволило реализовать возможность восстановления данных с момента начала сессии работы в программе до момента возможного сбоя. Кроме того, в БД хранятся архивные данные предыдущих сеансов работы, которые можно использовать для формирования и передачи объектов картографической среде без подключения прибора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ / Г. Буч. – 2-е изд. – М: Бином, 2001. – 560 с.
2. Пол, А. Объектно-ориентированное программирование на С++, 2-е изд. – М., СПб.: “Изд. - БИНОМ” – “Невский диалект”, 1999. – 462 с.
3. Страуструп Б. Язык программирования С++ / Б. Страуструп. – М.; СПб.: “Изд. - БИНОМ” – “Невский диалект”, 2001.– 1099 с.
4. Чери, С., Готлоб Г., Танка Л. Логическое программирование и базы данных / С. Чери, Г. Готлоб, Л. Танка. М.: Мир, 1992. – 234 с.

© Д.В. Пчельников, 2007

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЦЕЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОЙ РАЗРАБОТКИ (ОСВОЕНИЯ) И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ

Изучение особенностей природных условий региона, динамики природных процессов в естественных условиях и, главное, при техногенных нагрузках (хозяйственной деятельности) является актуальной задачей, решение которой несет перспективное развитие региона основанного на освоении природных ресурсов.

Научно-технологическая проработка исследований базируется на результатах изучения и анализа справочной (текстовой) и картографической информации.

Целью работы является анализ и разработка технологии создания геоинформационного банка данных лесных ресурсов Усть-Илимского района с использованием современных геоинформационных систем. Разрабатываемый банк данных может оказать существенную помощь в информационной поддержке планируемых реформ в лесной промышленности, основанных на проведении инвентаризационных мероприятий проводимых с целью упорядочивания промышленной вырубki леса и оценке качества и количества имеющейся на сегодняшний день запасов древесины, инженерных расчетов (точного определения количественных характеристик - объемов расчетной лесосеки), подготовки государственных актов сдачи лесов в аренду, а также подготовки инвестиционных проектов.

Основным подходом решения поставленных задач является внедрение ГИС-технологий на всех этапах геообеспечения территорий. Обеспечение потребителей информацией о геопространстве привело к разработке новой картографической основы для отраслевой ГИС. Формирование нового уровня картографической базы дает пользователю интегрированную информацию об окружающем пространстве в пределах определенной территории.

Использование лесосырьевых ресурсов раскрывает ряд экологических и экономических проблем:

- Увеличение горимости лесов, связанное с несистемным тушением пожаров;
 - Нарушение системы лесовосстановления;
 - Отсутствие единого координационного центра лесозаготовительной отрасли;
 - Несовершенство правовой базы организации лесопользования.
- Основные задачи, решаемые с помощью отраслевых ГИС:
- Учет ресурсов;

- Прогнозирование динамики процессов изменения и нарушения окружающей действительности;
- Контроль за использованием ресурсов;
- Проектные работы;
- Оценка экологической обстановки местности (экологический мониторинг).

Для развития и функционирования системного ГО необходимо разработать теоретическую базу формирования отраслевой ГИС. ГИС с единой картографической основой, что позволит повысить информативную обеспеченность работы всех подразделений отраслевых хозяйств и эффективность использования материальных и трудовых ресурсов, а так же усовершенствовать структуру управления предприятий.

Картографическая база позволяет полностью систематизировать весь объем информации с координированной точностью, формируя при этом массив, который представляет собой единое целое геопространство.

Основным условием создания отраслевого ГИС является стандартизация подготовки цифровых основ в заданных кодах, структуре, форматах. Анализ технологии создания позволит сформировать общую таблицу электронных условных знаков для конкретной отраслевой ГИС, картографическая визуализация их позволит создать электронную карту.

Проработка методических вопросов позволит составить рекомендации по выбору варианта технологии для обеспечения максимальной автоматизации всех процессов и правильной их последовательности, а также рассматривает пути внедрения ГИС-технологий в управление отраслевыми хозяйствами, в частности лесохозяйственными и лесохозяйственными предприятиями, что позволит сократить экономические и производственные затраты при подготовке решений и пространственного анализа с решением проблем рационального использования природных и хозяйственных ресурсов.

Первоначальным этапом создания электронной карты является подготовка цифрового классификатора (компьютерных условных знаков). Основой, которого являются стандартные классификаторы топографической информации, для отображения специальных (тематических) слоев формируется новая библиотека условных знаков.

Следующим этапом создания карты является подготовка растровых подложек, в ходе, которого обработана вся растровая основа.

Далее в программе Map 2005 «ПАНОРАМА» или MapInfo Professional переводятся имеющиеся растровые изображения в векторную форму, при этом цифровая основа обеспечивается семантической информацией. Подготовленная электронная картографическая основа дифференцируется по слоям. Результатом комплексного совмещения всех слоев является электронная «Лесохозяйственная карта сырьевой базы Усть-Илимского ЛПК» масштаба 1:200000 с дополнительной содержательной нагрузкой (лесные комплексы и лесохозяйственные объекты: участки восстановления лесов, леса, нарушенные лесохозяйственной деятельностью - вырубки и гари, просеки и геологические

профили, квартальная лесоустроительная сеть; хозяйственные объекты, сгруппированные по характеру использования природных ресурсов: сельскохозяйственные угодья - пашни, сенокосы и пастбища; водохозяйственные объекты; минерально-сырьевые ресурсы - горно-добывающие объекты (карьеры) с указанием добываемого минерального сырья; границы и номера кадастровых).

Отраслевая ГИС позволяет комплексно отображать:

- Общегеографические элементы (рельеф – горизонталями, с указанием отметок высот; гидрография – с отметками урезов воды на реках и водохранилищах; дорожная сеть; все населенные пункты (в т.ч. зимовий и нежилых поселков));

- Лесные природные комплексы (выделенные по преобладающим лесным породам);

- Другие виды природных ресурсов - сельскохозяйственных, водных, минеральных;

- Хозяйственно-промышленные объекты – предприятия и организации, в т.ч. Лесхозы, леспромхозы и лесничества;

- Границы: областные (краевые), районные; территорий лесосырьевых баз леспромхозов и других арендаторов леса.

При компьютерном составлении согласуют разные слои картографического изображения. При этом осуществляются разные виды согласования:

- Взаимная увязка отдельных элементов географической основы;

- Согласование основы и элементов тематического содержания;

- Согласование однородных элементов содержания (в пределах одного тематического слоя);

- Согласование различных элементов тематического содержания (разных слоев) друг с другом;

- Согласование разных карт в составе серии.

В результате сформированный банк данных отраслевой ГИС содержит цифровую картографическую основу нескольких масштабных уровней 1:200000 и 1:500000, растрово-векторную модель рельефа местности (матрицу высот), координированные материалы космической съемки в масштабе 1:200000.

© Л.А. Пластинин, Е.В. Клевцов, Р.В. Корюгин, 2007

УДК 528.9

Эрик Тайле

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg

(State Survey and Geospatial Basic Information Brandenburg), Potsdam, Germany

НОВЫЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ГЕРМАНИИ. ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ААА-СИСТЕМЫ (AFIS-ALKIS-ATKIS)

1. Предисловие

Существующие в настоящее время геоинформационные системы геодезического и кадастрового управления в Германии себя уже

зарекомендовали. И теперь, почти через 30 лет, предстоит переход к более открытым системам с соблюдением международных норм, стандартов и технологий. Разработанные внешние структуры данных моделируются согласно унифицированию. Они согласованы и гармоничны. Кроме того, имеется Федеральный унифицированный интерфейс обмена данными. При использовании современных средств коммуникации, в частности интернет-технологии, пользователям предоставляется значительные преимущества в применении геобазисных и геотематических данных.

2. Информационные системы кадастра до введения ALKIS

Программные продукты ALB, ALK и ATKIS с 70-х годов прошлого века оказали существенное влияние на развитие и оптимизацию технических процессов в области управления геоданными. Оглядываясь назад и, несмотря на постоянно растущую критику, следует отметить большие успехи, достигнутые в результате применения вышеупомянутых систем. Так или иначе, ALB и ATKIS полностью охватывают территорию Германии, а ALK почти полностью.

Эти программы, разработанные по инициативе AdV (Рабочее содружество землемерно-геодезических управлений земель Федеративной Республики Германии), открывали перспективы для развития географических информационных систем, так как здесь впервые геобазовые данные структурировались вектором и объектом. Одновременно Геодезическое Управление предложило ввести в масштабах Германии интерфейс для графических геобазовых данных (EDBS), позволяющий изменять команды: внесение, удаление и изменение. Так же реализовалась текущая модернизация вторичных массивов (объёмов) данных - позже также и для ALB. Все это в контексте, в котором были предприняты только первые робкие попытки к нормированию для геобазовых данных, и предложено введение графических систем на основе неструктурированных данных вектора.

Реализация упомянутых программных систем может осматриваться как открывающая перспективы: индустрия ГИС приняла эти решения в различных мерах и вместе с тем дала стимулы также к всемирному нормированию в области геобазовых данных.

Вопреки всем успехам ALB и ALK/ATKIS нужно сказать, что концепция банков данных существует уже более 70 лет, но она не удовлетворяет сегодняшним точкам зрения. Предложенные интерфейсы этих систем в течение ряда лет развились также специфически для страны.

Информационные кадастровые системы столкнулись со следующими проблемами:

- Три различные системы геоданных из программы AdV (включая несколько информационных систем, которые ведутся на основе GIS индустрии);
- Вследствие этого частично избыточное отношение данных;
- Не полное единство в интерфейсах;
- Отклонения содержания в деталях и разная семантика.

3. Новый стандарт

Способы устранения этих недостатков, конечно же, разные. Однако, без сомнения, они существуют и снова и снова являются поводом для критики. Причина для этого в следующем: в 1995 году AdV решилось установить совершенствование произведенных программных систем и описывать вместо этого стандарт, который может устранять вышеупомянутые недостатки и дать установки руководству кадастра.

Руководствуясь этими требованиями в многолетней работе, была разработана 3А - модель, которая удовлетворяет всем известным отраслевым схемам - информационной системе кадастра (ALKIS), официальной информационной системе опорных точек (AFIS), а также официальной топографо-картографической информационной системе (ATKIS). Это было опубликовано в виде «Документация моделирования государственной геоинформации (GeoInfoDok)» и она доступна в интернете на сайте AdV: www.adv-online.de.

Стандарт AdV описывает внешнюю точку зрения о геобазовых данных и их структурах. Во внутренние же структуры, намеченные фирмами, и в процессы соответствующих решений вмешиваться категорически запрещается.

3А-модель имеет следующие особенности:

- 3А-модель учитывает полностью существующие сегодня международные нормы и стандарты;
- Моделирование для всех геобазовых данных происходило согласно унифицированным точкам зрения;
- Геобазовые данные были согласованы, т.е. те же самые объекты в разных информационных системах моделируются только однажды и поэтому совпадают по содержанию и значению;
- Унифицированный интерфейс находится в распоряжении в пределах федерации для обмена данными;
- Была интегрирована непрерывная концепция истории данных.

Нужно подчеркнуть, что вся экономика ГИС сотрудничала в развитии 3А-модели. Так же заботились о научном сопровождении. Участники этого мероприятия были очень заинтересованы в том, что бы разработанный ими стандарт получил признание и был всеми одобрен.

За реализацию стандарта, основанного на 3А-модели, взялась экономика GIS. Теперь нужно ожидать 5 различных решений процесса. Первые дополнения осуществляются с 2006 г. В нескольких странах уже в 2007 году началось развитие на полную мощь.

4. Переход на решение 3А-модели

Использование новых технологий вселяет надежду пользователям, что теперь все будет решаться быстрее, проще и лучше. Пользователями могут быть не только лица, работающие в геодезическом и кадастровом управлении, но и в областях, где создаются геобазовые массивы данных для служебного (внутреннего) пользования геодезическими управлениями.

Наряду с имеющимися трудностями, связанными с использованием нового решения, клиент (потребитель) должен принять новый интерфейс. Здесь могут возникнуть некоторые неудобства. Однако следует надеяться, что фирмы по

разработке GIS в собственных же интересах и в достаточно короткий срок совместят новый интерфейс, совместимый с имеющимися у них системами. Поэтому несколько стран уже сигнализировали также, что они отказались от миграции данных, например, ALKIS, в прежние (старые) интерфейсы.

После ожидающейся фазы отрезвления в этом отношении, будут видны преимущества использования решений процесса ALKIS сначала в пределах управления геодезии и кадастра.

5. Единая точка зрения на геобазовые системы информации

Процессы по дальнейшему развитию и использованию геобазовых данных, которые могут считаться частью цепи деловых процессов, уже смоделированы и реализованы.

Большинство стран расширяют деловые процессы таким образом, что они соответствуют также профессионально-технической квалификации, от подачи исходных полевых данных до стыковки с первоначальным массивом данных. Начиная с момента подачи заявлений на обновление данных, ALKIS может взять под свой контроль всю документацию (шаг за шагом). Это способствует безупречности и вместе с тем обеспечению правопорядка. Можно указать несколько ярких существенных изменений при внедрении решений 3A- модели.

В пределах отраслевых схем больше не имеется никакой избыточности. На первый взгляд можно подумать, что между ALKIS и ATKIS есть перекрытия. Обе системы смотрят на реальный мир по-своему. Объекты с ALKIS, ATKIS, а также AFIS гармонично смоделированы. Данные также согласованы – как по содержанию, так и по семантике, что облегчает общее использование всех геобазовых данных.

Будущие решения проблемы требует глобального взгляда с помощью геобазовых данных на все ГИС (рис. 1). Недавний пример - это намеченная в первом образовании официальная базовая карта для целевого масштаба 1: 5000 (ABK5). Здесь AdV исходит из того, что карта с этим целевым масштабом должна была производиться при общем использовании от ALKIS и ATKIS-данных.

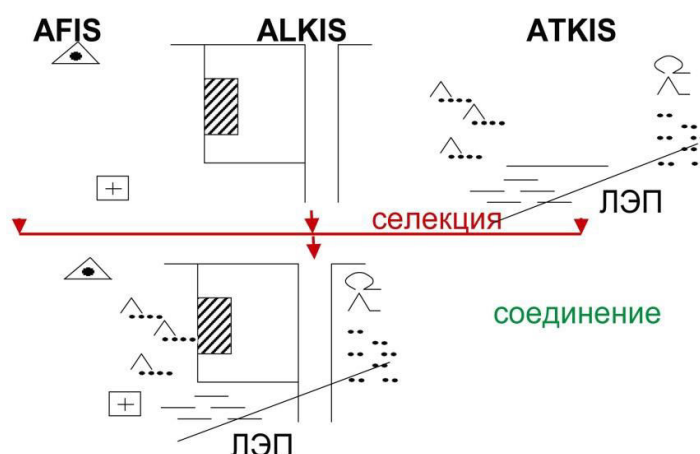


Рис. 1. Общий взгляд на ГИС

Согласование и общее моделирование идут на пользу также вертикальному потоку данных. К примеру, здания из ALKIS могут интегрироваться без проблем в продукты ATKIS. И наоборот, ATKIS с его актуальными топографическими сведениями может дополнять также ALKIS. Одним словом: в будущем будет возможен основанный на разделении труда учет, руководство и решающее использование геобазовых данных.

Имеет также значение обширная программа (концепция) историй, которая интегрируется в решение 3A. Пользователь имеет здесь выбор между стандартным управлением историй, при котором подчеркивается исторический момент исключительно как вид дополнения (земельный участок и полная история). При последнем раскрывается полная история для всех элементов геобазовых систем информации, которая была сделана до настоящего момента.

Значение имеет также обширная программа истории геоданных, интегрируемая в решение 3A.

6. Унифицированное содержание геобазовых систем информации

Более высокую ценность до сих пор составляло единство всех геобазовых данных. AdV определил для кадастра состав основных данных, который должен предлагаться в будущем всеми кадастровым управлениям. Они должны предлагать стандартные расходы текстового и графического вида, которые соответствуют точно объему основных данных. Управление кадастра, которое обрабатывает дальнейшие сведения ALKIS, должно вносить дополнительные сведения для выдачи основных стандартных данных. Это касается в равной степени аналоговых и цифровых стандартных изданий, а так же выписок данных и актуализации вторичных фондов. При этом сам кадастр может предлагать дополнительные издания.

При установлении состава основных данных AdV учитывались:

- Составляющие данные, которых требуют в пределах федерации представители из права, управления и экономики;
- (В будущем) для возвышения площадей, согласно аграрному статистическому закону, поставляемым группам видов использования и видам использования (минимальная программа);
- Составляющие данные, которые оговорены между AdV и комиссией федеральных стран по коммуникации поземельной книги и кадастра.

Состав основных данных определен также и для ATKIS и он будет модифицирован.

7. Воздействия для клиента

Для передачи сегодняшних структур данных в новую модель используется программное обеспечение миграции, которое трансформирует модель и предоставляет геоданные для первичной обработки в новой модели. Центральный новый нормированный интерфейс NAS – (Normbasierte Austauschchnittstelle) – программировался в формате XML по международным стандартам. XML нашел широкое распространение в области интернета. Международные стандарты облегчают пользование геоданными и за рубежом.

После преодоления вышеописанных начальных трудностей, преимущества общего использования различных банков данных будут лучшим образом отображаться также на клиентах. Это будет тем заметнее, чем больше клиент использует геоданные наряду с тематическими (отраслевыми) данными, которые моделируемы по тем же самым или похожим правилам как стандарт 3А, т. е. с учетом международных норм и стандартов. Здесь следует указывать, в частности, на нормы серии ISO-19100 и на стандарты Open Geospatial Consortiums (OGC).

По этим заданным величинам моделируемые и реализованные тематические массивы данных располагают так же, как и решения 3А-модели открытыми интерфейсами. AdV приветствует моделирование систем специальной информации, которые были использованы в разработке стандарта 3А. Таким образом, могут предлагаться следующие услуги по развитию специальной информационной системы на базовой схеме 3А:

- Использование объектов тематических схем 3А;
- Использование видов объектов базовых схем для системы тематической информации;
- Использование программных средств из 3А для тематической информационной системы.

Если эти предпосылки не даны, AdV рекомендует специальную информационную систему разрабатывать непосредственно на основе модели ISO-19100 с применением принципов моделирования GeoInfoDok и при необходимости при частичном использовании базовых схем 3А (см. рис. 2).

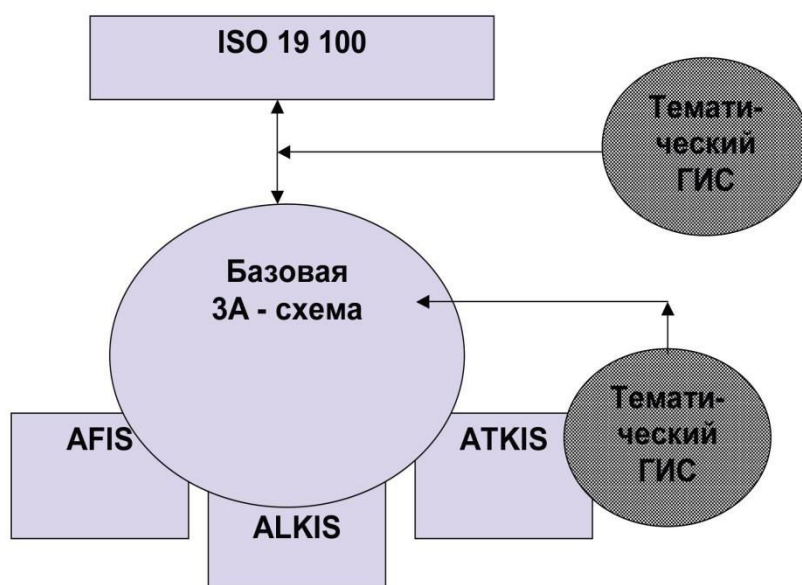


Рис. 2. Разные возможности использования программы 3А отраслевыми банками данных

8. Клиенты и сервис для клиента - геоинфраструктура данных

Проще говоря, ISO нормирует геоданные в полном объеме. Определяются геометрия, объекты и метаданные, предлагается стандартное описание данных. OGC основывается на ISO и что очень важно, предназначено для дополнения интероперабельности геоданных, в частности, принимая во внимание использование интернета.

Для извлечения пользы необходимо, чтобы различные геобазовые данные и тематические массивы данных были соединены между собой. Новая открытость систем делает это возможным. Программа, с помощью которой должны связываться поставщики, производители и конечные пользователи (потребители), в Германии называется геоинфраструктурой (GDI).

В странах Федеративной Республики Германии были созданы сначала проекты GDI на земельном уровне, которые направляли ее основное внимание на сшивание геобазовых данных в общественной области. Это могли быть только «первые шаги к реализации». От GDI-DE до европейского уровня INSPIRE предпринимаются теперь активные усилия, чтобы предоставить необходимые инструменты и возможности по использованию существующих геоданных. Связывающим элементом этих инициатив, и вместе с тем гарантом взаимной интеграционной способности, является требование к доступности геосведений в стандартизируемых данных и службах.

Настоящую жизнь вдыхает соответствующий OGC web-сервис. Для всех мыслимых применений этот сервис способствует тому, чтобы геоданные можно было использовать быстрее и более эффективно. Примеры:

- Web-Map-Service (WMS) переносит растровые данные в интернете;
- Разработка web-Feature-сервисы (WFS) для транспортирования ориентированных на объект векторных данных;
- WGS (web-Gazetteer сервис) должен делать возможным доступ к данным, относящимся к названиям в географических списках;
- Web-Catalog сервис делает возможным обмен метаданными.

Остановимся коротко на типичном примере „Web-Map-Service“.

В самом простом случае пользователь может запрашивать его непосредственно из интернет-браузера. Служба предстает в этом случае не иначе как обычная web-страница. С помощью кнопок и полей ввода пользователь может, например, определить желаемый участок карты. Установки посылаются в сервис, который отвечает за пересылку соответствующего картографического материала. Данные предоставляются сервисом без учёта знаний информационной техники или геодезии.

Возрастающим требованиям необходимы дополнительные инструменты. Сервис OSCI (Online Services Computer Interface) должен в будущем сделать возможным передачу ALKIS при соблюдении законно заданных величин. Реальным является также и сервер удаленного доступа NAS (Netware Access Server), с которым кадастровые учреждения взаимно обновляют ежедневно свои

вторичные массивы данных на общих границах. По опыту можно сказать: чем более интенсивно используются геоданные через интернет, тем больше необходимости в специальных приложениях (сервисах).

Web-серверы не должны использоваться на открытых системах. Геодезические управления уже предоставляют данные о таком сервисе. Примером служат информационные системы оценки земель. Но открытые системы облегчают распространение этого сервиса, следовательно, они обещают совершить здесь прорыв.

Наблюдается следующее явление: пользователи, которые до сих пор использовали большие и трудоёмкие вторичные банки данных геодезических управлений, в будущем станут использовать свои же геоотраслевые (тематические) данные, тогда отпадет необходимость во вторичных данных. По запросу через интернет с помощью web-технологии поставщик передаёт геоотраслевые данные, которые он одновременно загружает соответствующими геобазовыми данными геодезических управлений. Таким образом, заказчик получает сразу две части, т.е. полный объём данных.

Такое развитие позволяет вытеснять обычную сегодняшнюю передачу более мелких частей карт (вырезки) полностью на задний план. Цветные изображения станут стандартом. Возможные комбинации различных геоотраслевых данных почти неисчерпаемы. При совмещении кадастровых данных с геотематическими, такими как застройки (фактические и бывшие), загрязнение земель, биотопы, трубопроводы и т. д., предоставляется полная информация и о земельном участке (см. рис. 3).

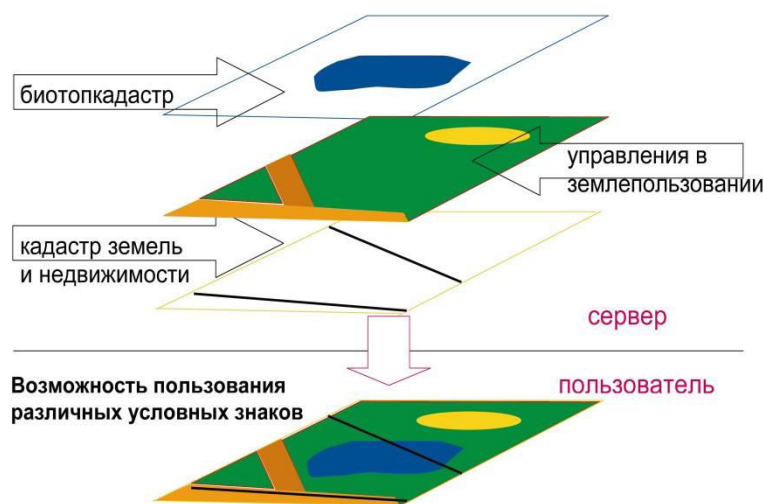


Рис. 3. Сбор сведений из геобазовых данных и геоотраслевых данных для пользователя

В специальной литературе часто встречается высказывание о том, что 80% всех решений имеет геодезические привязки. Они связаны с вопросами „где“ а так же „куда“. Ввиду этого нас не удивляет, что доступность

геосведений играет решающую роль также в рамках e-government. Тем не менее, речь идет не только об отношениях между гражданином и управлением (ведомством), а о том, что при улучшенном доступе к государственным геосведениям, можно получить прибыль частным хозяйством и соответственно доход народному хозяйству.

9. Сервис для сервиса, к пользе для клиента (потребителя)

Прогнозируемое многостороннее использование геобазовых данных требует дополнительных услуг гео- и кадастровых управлений.

Метаданные, которые до сих пор спрятаны в актах и картотеках, необходимо подготовить: где и какие геобазовые данные существуют и как их нужно приобрести. Для того чтобы клиент в пределах геоинфраструктуры данных смог искать целенаправленно наборы данных, которые соответствуют его требованиям (например, относительно содержания, комплектности и актуальности). Банк метаданных соответствует попыткам международной стандартизации с уже вышеупомянутыми преимуществами.

Банк метаданных имеется для каждой отраслевой схемы. Они пока существуют в основном по отдельности для каждой схемы, но в общем виде и собраны в соответствующих ведомствах. Теперь информации ЗА системы будут введены на объекты.

Так, например, в ALKIS каждая опорная точка получает метаданные о её точности, а каждый объект (здание) информацию о его происхождении (т.е. измерении или дигитализации). В будущем, возможно, что атрибуты объектов будут непосредственно передаваться в банк метаданных.

Вход в мир геоданных в будущем будет осуществляться через геопорталы, которые уже частично предлагаются на региональном уровне. Интернет-пользователь может очень просто осуществлять поиск требуемых ему геоданных. Данные планирования (планы), биотопы, топографические карты и все другие геоданные предлагаются в условиях постоянной коммуникации между различными банками метаданных и порталами геоданных; при этом было бы замечательно, если бы поверхность портала (стартовая страница) при этом оставалась бы неизменной. Для этих сервисов открытые системы предлагают идеальные предпосылки.

10. Заключение

В этой статье показано, что наступило время для внедрения геоинформационных систем нового поколения. Это даёт преимущество всем геоуправлениям моделировать данные по единым нормам, которые гармоничны и не избыточны, что даёт возможность поэтапного их учета и ведения, а также всеобщего использования геобазовых данных

Системы ЗА служат не только «гео», но и кадастровым ведомствам. В большей степени благодаря открытым системам открывается путь для оптимальной совместимости с геоданными других открытых ГИС и при предоставлении подходящих инструментов для максимального использования геобазовых данных в геоуправлениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) - Сотрудничество управлений измерения стран Федеративной Республики Германии: „Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok) – Version 5.0“, www.adv-online.de, 31. Januar 2006
Modellierung von Fachinformationen unter Verwendung der GeoInfoDok
2. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV): „Dokumentation zur Modellierung von Fachinformationen unter Verwendung der GeoInfoDok“, www.adv-online.de
3. Gärtner, Michael: „Auswirkungen des 3A-Modells für Nutzer“, Symposium Praktische Kartographie – Tagungsband, Kartographische Schriften Band 12, Kirschbaum Verlag.

© Эрик Тайле, 2007

УДК 502 (517.3)

Ch. Bolorchuluun

School of Earth Sciences, National University of Mongolia

D. Tuvshinbayar

Agricultural University of Mongolia

B. Buyantogtokh

Institute of Informatics, Mongolian Academy of Sciences

THE ENVIRONMENTAL IMPACT IN THE ZAAMAR GOLD MINING ZONE OF MONGOLIA

Abstract

The mining sector is a major contributor to the Mongolian economy. Many ongoing operations are managed in a sub-optimal way leading to significant environmental damage and production losses.

Changes in hydrological regimes remain a significant problem, particularly for placer gold. On balance, current mining practices are inefficient and use excessive process water, thus overtaxing surface waters and underground supplies, and also generate excessive effluent, which is difficult to manage and poses a threat of uncontrolled discharges of slurry. In addition, where rivers are illegally dredged and where tailings are discharged into surface waters, turbidity of surface waters is a major concern. The water pumped from mines of all types and discharged into open surface water bodies may also cause flooding, leading to the formation of new, transient wetlands, which generally fall dry once the mine ceases to operate.

This paper describes a general overview and some methodologies to use remote sensing techniques for change detection in Zaamar gold mining district of Mongolia.

Keywords: change detection, environment, multi-temporal satellite data, mining activity

1. BACKGROUND

Mongolia is a mineral-rich country. According to the Ministry of Energy, Geology, and Mining, about 80 different minerals had been discovered in Mongolia. By 2000, 500 deposits (including uranium and rare earths) had been identified, of these about 200 were exploited, including 35 of construction materials. Since then, more deposits have been identified, and some are of global importance.

Gold mining industries, in particular, have expanded rapidly in the last fourteen years. At present, gold mining generates around 70% of total foreign currency. Although of great economic importance, it also has serious negative environmental and social impacts. Gold mining is leading to the destruction of the environment, consequently making life difficult for the local people, especially herders, who must compete for pastureland and water resources.(Mongolia,2006)

Most of the smaller industrial mines are open-cast operations using free digging shovels or hydraulic excavators and haul trucks that dump the ore near the wash plants. Oversize material remains on the screen and is blasted out via a tailgate by high pressure water from the water cannon. To provide process water for the placer wash plants, water is pumped from the Tuul River. No chemicals are added, gravitation methods being sufficient to recover the gold. The resulting effluent is directed to tailings ponds to settle out the coarsest material down to fine sand, and the still-turbid water is then recycled back to the wash plant or illegally discharged to the Tuul River. Water cannons consume large amounts of water, and the pumps are often left running even when the wash plant is idle. The settling ponds are unusually large and accordingly vulnerable to uncontrolled discharge by overtopping of the earth dam or its collapse. At least two mines discharge all effluent directly onto the floodplain, with frequent discharge of dirty water into the Tuul River. Overall, water use is very inefficient and is taxing surface water supplies and generating excessive volume of effluent that is more and more difficult to manage.

2. STUDY AREA



Map 1: Overview of the river basins in Mongolia

Source: Prepared for the World Water Assessment Programme by AFDEC, 2006.

The selected target area, Zaamar soum, is located in one of the biggest gold mining regions in the central part of the country. There are a number of different sized enterprises involved in mining activities.

3. METHODOLOGY

Supervised image classification is a technique that is often applied in analysis of remotely sensed data. The result of such a classification is a thematic map with a label for each pixel of the class with which it has the highest strength of membership. This hard or crisp classification is based on conventional crisp set theory. A conventional classification of remotely sensed imagery, models the study area as a number of unique, internally homogeneous classes that are mutually exclusive.

However, these assumptions are often invalid, especially in areas where transition zones and mixed pixels occur. Land cover types are rarely internally homogeneous and mutually exclusive, therefore, classes can hardly ever be separated by sharp or crisp boundaries, in feature space as well as geographic space. Furthermore, complex relationships exist between spectral responses recorded by the sensor and the situation on the ground, where similar classes, pixels or objects show varied spectral responses and similar spectral responses may relate to dissimilar classes, pixels or objects. Moreover, remotely sensed images contain many pixels where boundaries or sub-pixel objects cause pixel mixing, with several land covers occurring within a single pixel. Finally, classes are often hard to define resulting in vagueness and ambiguity in a classification scheme. Most, if not all, geographical phenomena are poorly defined to some extent and, therefore, fuzzy set theory as an expression of concepts of vagueness is an appropriate model for working with remotely sensed imagery (Fisher, 1999; Zhang and Foody, 2001). To adapt to the fuzziness characteristic of many natural phenomena, fuzzy classification approaches have been proposed (Wang, 1990; Foody, 1996; Zhang and Foody, 2001).

Fuzzy classification is based on the concept of fuzzy sets (Zadeh, 1965). Several techniques exist to derive fuzzy memberships. These techniques can be divided in two groups (Burrough and McDonnell, 1998):

- The Similarity Relation Model is data-driven. It involves searching for patterns within a dataset similar to traditional clustering. The most wide-spread method is the Fuzzy c-means algorithm (Bezdek, 1981).

- The Semantic Import Model is user-driven. An expert defines the membership functions (Evans, 1977).

The fuzzy c-means classifier (FCM) uses an iterative procedure that starts with an initial random allocation of the objects to be classified into *c* clusters. Given the cluster allocation, the centre of each cluster (in terms of attribute values) is calculated as the weighted average of the attributes of the objects. In the next step, objects are reallocated among the classes according to the relative similarity between objects and clusters based on a well-known distance measure: the Euclidean, Diagonal (attributes are scaled to have equal variance) or Mahalanobis (both variance and covariance are used for distance scaling) metrics are frequently used. Reallocation proceeds by iteration until a stable solution is reached where similar objects are grouped together

in a cluster. Their membership value gives their degree of affinity with the centroid of the class (Bezdek, 1981). Membership μ of the i th object to the c th cluster of n number of classes in ordinary k -means, the membership μ of the i^{th} object to the c^{th} cluster is determined by:

$$\mu_{ic} = \frac{\left[(d_{ic})^2 \right]^{\frac{-1}{(q-1)}}}{\sum_{c=1}^k \left[(d_{ic})^2 \right]^{\frac{-1}{(q-1)}}} \quad (1)$$

Burrough (Burrough et al., 1997) used the value $q = 1.5$ in this formula because stated that: "appears to result in k -means classes mutually exclusive".

For our application the thematic maps included in the stochastic model constitutes the attributes and the computation was done using all the pixel values in the image, with the exception of the cluster center itself to avoid null distances. Then as a difference from the method used by Burrough (Burrough et al., 1997), where only a sample of pixels from a large image was used in order to reduce computations, the distance calculated in equation 1.5 is simplified to:

$$(d_{ic})^2 = (x_{ij} - c_{cj})^2 \quad (1.4)$$

themes to a 8 bit format.

The PARBAT software developed by Arko Lucieer (2004) was used to perform a non supervised fuzzy-c-mean classification. The algorithm used in this software complies with the procedures developed by Bezdek (Bezdek.J.C,1995) for the fuzzy-c-mean.

With the resulting images of membership values, confusion index and entropy computed with PARBAT, an analysis for the best parameters of overlapping and number of classes was carried out in order to obtain a significant classification.

For a supervised remote sensing classification, reference data is used. An important step in a supervised classification of remote sensing imagery is the choice of reference pixels for the representation of classes. Usually, reference pixels are selected from the image or from external data like aerial photography or field data.

In this study, reference pixels are selected and extracted from the image by digitising polygons in the image display. Each polygon depicts a land cover class and is displayed in a unique class colour. Class statistics, extracted from the selected pixels, are used to classify all unlabelled pixels. Visualisation of class information in feature space gives a user valuable information about the location of classes and about possible overlap or vagueness between classes.

4. RESULTS

In 1994 only one gold mining company-Khailaast worked in Zaamar gold mining district. And the east side of Zaamar gold mining district where around 239.2 million sq.km floodplain.

But in 2000 worked 15 gold mining company. The floodplain size decreased up to 5.7 million sq.km.

To illustrate the proposed α -shape class visualisation, the Landsat images of the selected areas was used. The classification in bands 7,4,2 from the Landsat 7 images

(Figure 1) of the study area are used to test the α -shape based classifier. Figure 3 shows that classes.

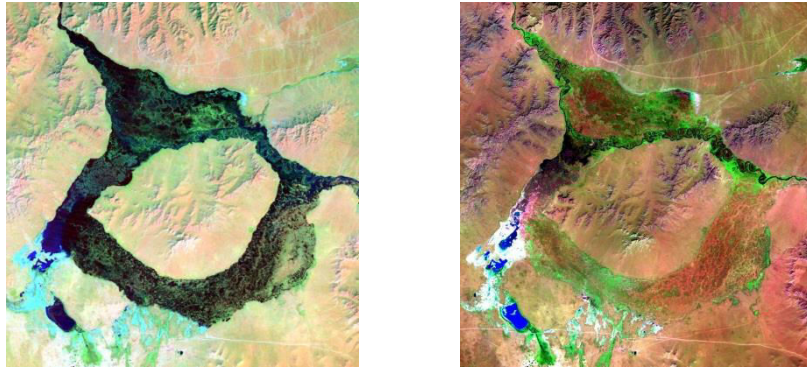


Figure 2. Landsat image 742

(Left – image of 12 September 1994; right –image of 20 September 2000)

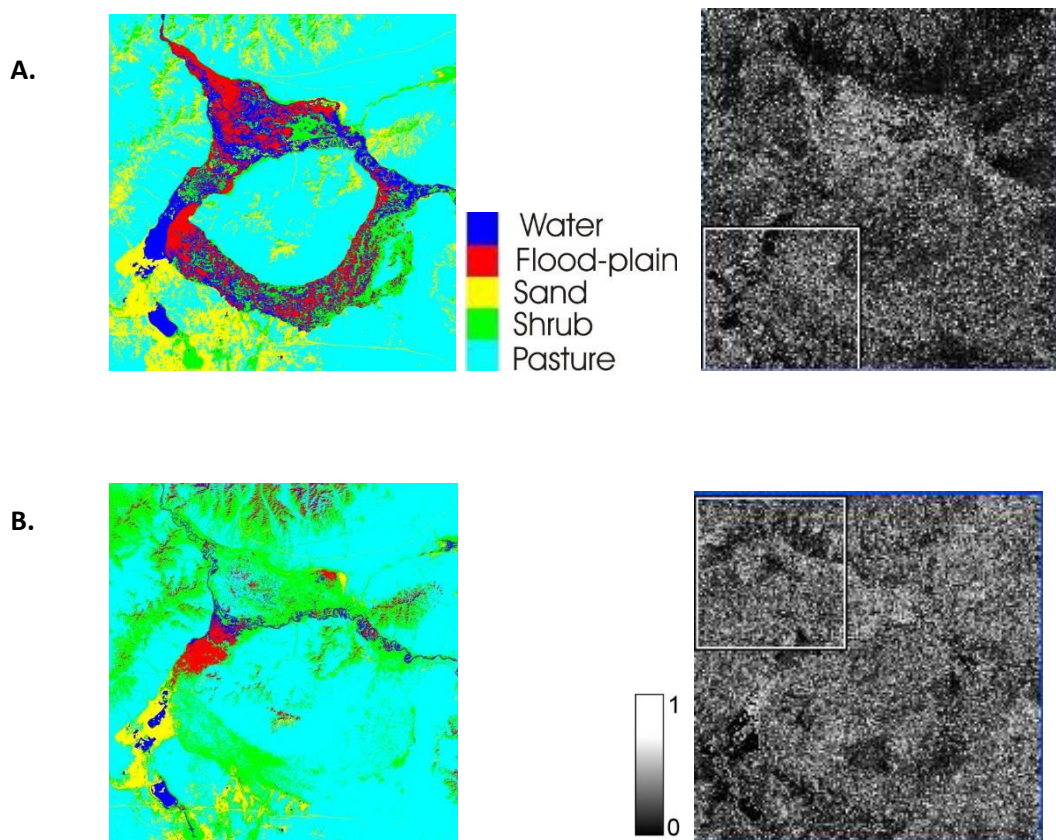


Figure 3: α -shape based fuzzy classification result of A. – 12 September 1994;
B. – 20 September 2000

(left) ‘defuzzified’ classification result; (right) image with the confusion index.

Confusion image display shows areas where confusion in classification occurs (bright areas). Pasture and shrub’s areas overlap in feature space, as can be seen in figures 3. Pixels in this overlap zone show high confusion values in the image display (note: high uncertainty = high confusion = bright value).

Overall, the α -shape classifier gives good results with an overall classification average accuracy of 94.35%. Accuracy assessment results in table 1 show that the α -shape based classifier performs slightly better than standard supervised fuzzy c-means classifiers.

Table 1. Classification accuracy percent for a classification based on α -shapes

Data of source	Class	Reference					
		Water	Shrub	Flood Plain	Sand	Pasture	Total
12 July 1994	Water	96.14	0	1.67	0	0	29.14
	Shrub	0	98.65	0.22	0	0	5.99
	Flood Plain	3.86	0	98.11	0	0.19	6.06
	Sand	0	0	0	98.65	0.01	7.49
	Pasture	0	1.35	0	1.35	99.8	51.32
	Total	100	100	100	100	100	100
20 September 2000	Water	89.13	0	0	0.61	0	6.78
	Shrub	1.66	95.26	8.87	1.8	0.42	4.48
	Flood Plain	1.01	2.57	86.43	0.47	7.9	10.36
	Sand	7.28	0	0	90.05	0.35	18.24
	Pasture	0.92	2.17	4.7	7.16	91.33	60.15
	Total	100	100	100	100	100	100

5. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

In this research work, multivariate texture segmentation had been successfully used for change detection identification. The segmentation accurately identification different objects on the images. The average of total accuracy is 94.35% in segmented images, using Confusing matrix, which is standards technique to assess the classification. It also detect many small objects, which make it difficult to compare the segmented image with reference image that does not contain those small objects. Uncertainty plays an important role in land cover classification of remotely sensed imagery.

Reference:

1. Bezdek, J. C., 1981. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, Plenum Press, New York.
2. Bezdek, J.C., 1995. Fuzzy and neural pattern recognition: video short course: Parts 1-2 and Parts 3-4 and Part 5 and Course notes. The International Society for Optical Engineering (SPIE)
3. Burrough, P. A. and McDonnell, R. A., 1998. Principles of Geographical Information Systems, Spatial Information Systems and Geostatistics, Oxford University Press. pp.327
4. Burrough, P.A., Gaans, P.F.M. and van Hootsmans, R., 1997. "Continuous classification in soil survey: spatial correlation, confusion and boundaries". Geoderma, 77 (Fuzzy sets in Soil systems): pp.115-135.

5. De Gruijter, J.J. and McBratney, A.B., 1988. "A modified fuzzy k-means method for predictive classification". In: H.H. Bock (Editor), *Classification and Related Methods of Data Analysis*. Elsevier Science Publishers B.V., pp. 97-105.
6. Evans, I., 1977. The selection of class intervals, *Transactions of the Institute of British Geographers (NS)* 2: pp. 98–124.
7. Fisher, P. F., 1999. *Geographical Information Systems: Vol. 1 Principles and Technical Issues, Vol. 2 Management Issues and Applications*, second edition edn, Wiley & Sons, New York, chapter Models of Uncertainty in Spatial Data, pp. 191–205.
8. Foody, G. M., 1996. Approaches for the production and evaluation of fuzzy land cover classifications from remotely sensed data, *International Journal of Remote Sensing* 17(1). pp. 1317–1340.
9. Hootsmans, R.M., 1996. Fuzzy sets and series analysis for visual decision support in spatial data exploration. PhD Thesis, University of Utrecht, Utrecht, pp.167
10. Luceer, A., 2004. Uncertainties in segmentation and their visualisation, Enshede, pp. 43-56
11. MacEachren, A.M. and Kraak, M.J., 1997. "Exploratory cartographic visualization: advancing the agenda". *Computers & Geosciences*, 23(4): pp. 335-344.
12. Mongolia, 2006. A Review of Environmental and Social Impacts in the Mining Sector, The World Bank, pp 12-14.
13. Wang, F., 1990. Improving remote sensing image analysis through fuzzy information representation, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 56, pp.1163–1169.
14. Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy sets, *Information and Control* 8, pp. 338–353.
15. Zhang, J. and Foody, G. M., 2001. Fully-fuzzy supervised classification of suburban land cover from remotely sensed imagery: Statistical and artificial neural network approaches, *International Journal of Remote Sensing* 22(4). pp. 615–628.

© Ch. Bolorchuluun, D. Tuvshinbayar, B. Buyantogtokh, 2007

УДК 528.4

Л.И. Чернова

ИрГТУ, Иркутск

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ «ИЗЛОМОВ» ГЛАДКОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Для формирования цифровой модели рельефа рекомендуется традиционный подход, основанный на триангуляции Делоне с ограничениями (Constrained Delaunay Triangulations). В качестве ограничений используются структурные линии рельефа – верхние и нижние бровки уступов, тальвеги и другие линии излома топографической поверхности (break lines).

На рис. 1 показан пример структурной линии рельефа (утолщенная линия). Нормали вершин и другие элементы сглаживания граней (треугольников), расположенные по разные стороны излома, определяются независимо, поэтому вершины, маркированные красным окружностями, дублируются для каждой стороны относительно излома и имеют различные направления нормалей.

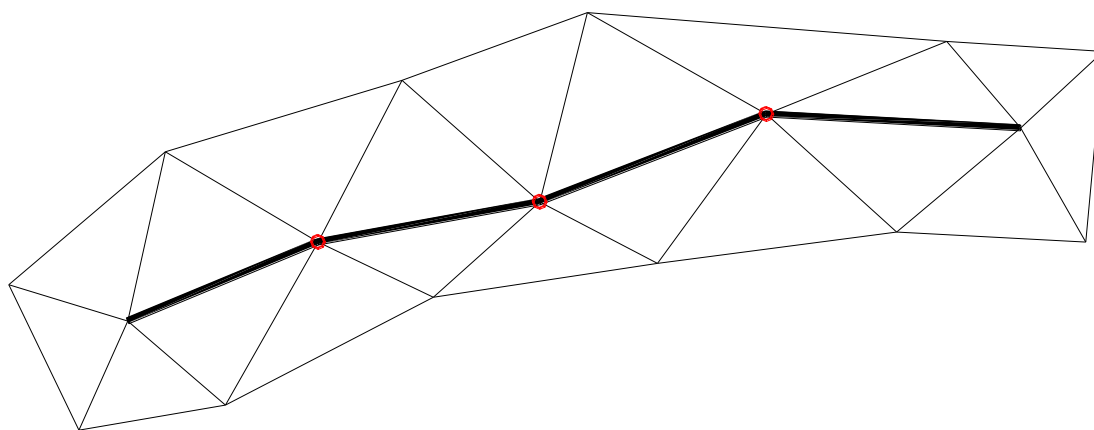


Рис. 1. Пример структурной линии рельефа

Формально алгоритм триангуляции выглядит следующим образом:

1. Инициализируем в памяти (посредством конструктора по умолчанию) пустое значение контейнера T .
2. Для пикетов (выборочных точек топографической съемки) p_i , $i \in 1-n$ выполняем функцию «вставки точки» $T.insert(p_i)$.
3. Для структурных линий рельефа выполняем функцию «вставки ребра» $T.insert\_constrained(p_i, p_j)$ для всех отрезков структур рельефа.

В результате таких процедур получим контейнер T , содержащий цифровую модель рельефа.

Предлагается использовать контейнер (структуру данных) триангуляции, где для каждой вершины рассчитано одно значение нормали. В вершинах структурных линий происходит «излом» поверхности – первые производные соседних поверхностей в этих ребрах и вершинах не совпадают. Для обеспечения этого условия выполняется «расщепление» вершин.

На рис. 2 показан пример процедуры «расщепления» вершин. Если в одной вершине сходятся n структурных линий, то вершина расщепляется на n вершин. Расщепление не выполняется, если $n < 2$.

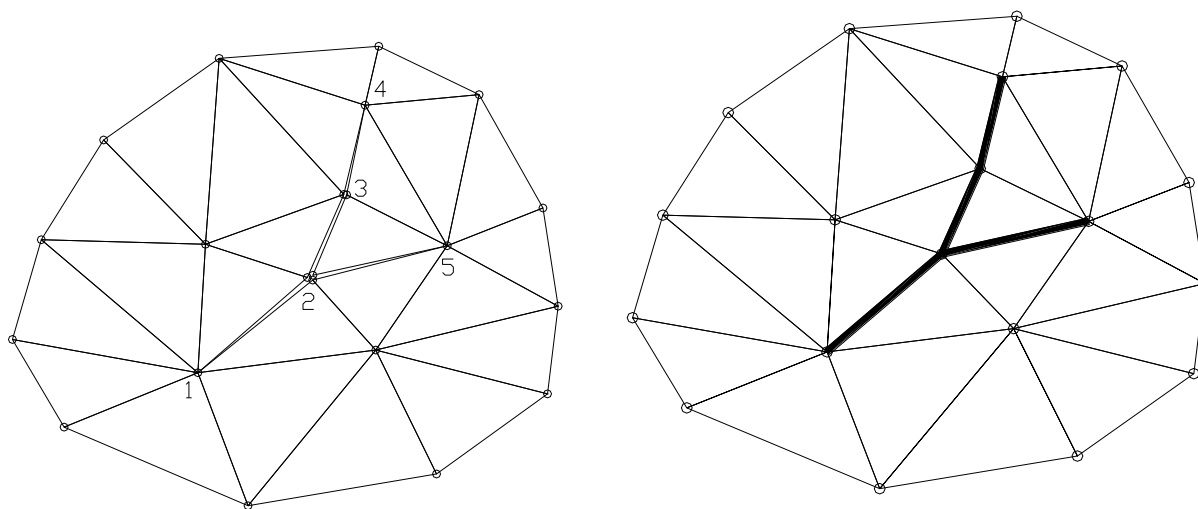


Рис.2. Расщепление вершин

В представленном примере пять вершин принадлежат структурным линиям, но расщеплению подвергаются только две вершины: вершина 2 расщепляется на три вершины и вершина 3 расщепляется на две вершины (рис. 3). Смежные грани по линиям расщепления (структурным линиям) принимаются как несвязанные между собой.

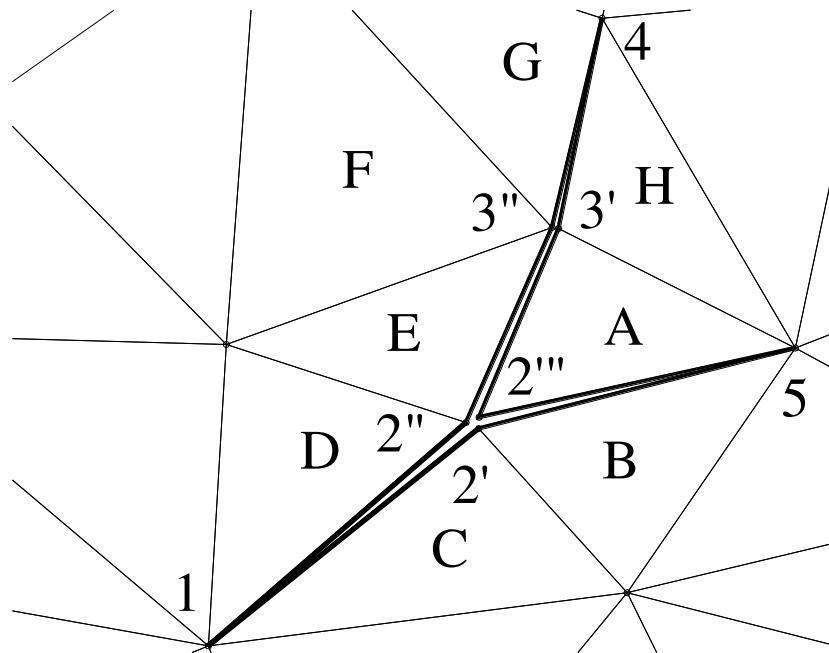


Рис. 3. Вычисление нормалей вершин

После расщепления вершин 2 и 3, которые не являются полными по горизонту, есть направления, в которых топографическая поверхность неопределенна. Обозначим способ вычисления нормали i -ой вершины, как средней по инцидентным граням, функцией $n_i = Mnif(i)$. Для определения нормалей после расщепления используются следующие выражения (см. рис. 3):

$$n'_2 = Mnif(2') \text{ по граням } \mathbf{C} \text{ и } \mathbf{B};$$

$$n''_2 = Mnif(2'') \text{ по граням } \mathbf{D} \text{ и } \mathbf{E};$$

$$n'''_2 = Mnif(2''') \text{ по грани } \mathbf{A};$$

$$n'_3 = Mnif(3') \text{ по граням } \mathbf{A} \text{ и } \mathbf{H};$$

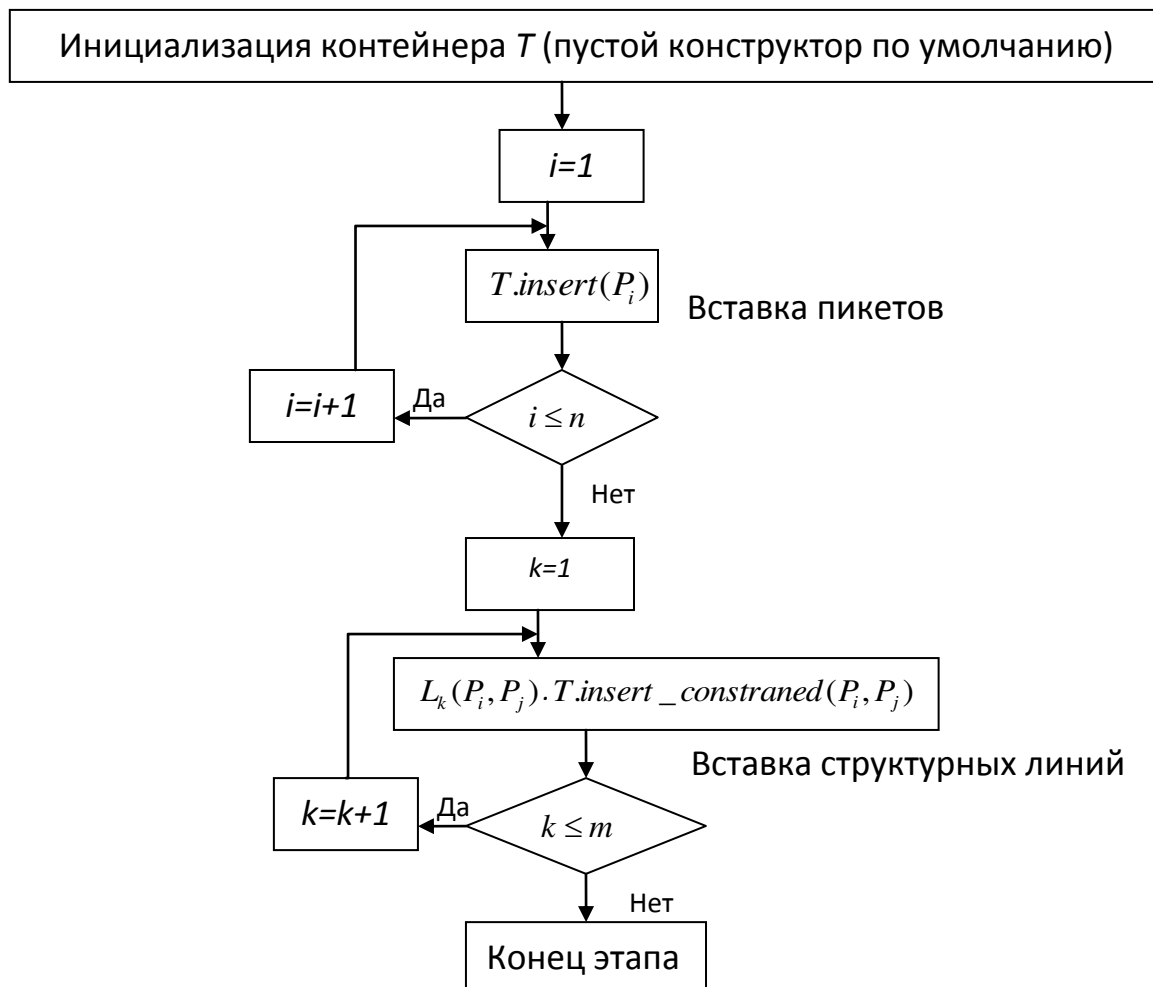
$$n''_3 = Mnif(3'') \text{ по граням } \mathbf{E}, \mathbf{F} \text{ и } \mathbf{G},$$

где $Mnif(i'')$ - Medium normal of incident faces.

Представленный здесь подход к расщеплению вершин может быть использован в рамках определения нормалей вершин при построении различных моделей топографической поверхности.

Выполняется расщепление вершин (им присваиваются новые индексы – номера), а смежные грани по структурным линиям определяются как несвязные. Эта процедура выполняется для каждой вершины ЦМР.

Формально, такой подход можно представить в виде следующей блок-схемы:



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Костюк, Ю.Л. Построение цифровой модели рельефа местности на основе структурных линий и высотных отметок / Ю.Л. Костюк, А.Л. Фукс // Вестник ТГУ. – 2003. – № 280. – С. 281–285.
2. Скворцов, А.В. Триангуляция Делоне и ее применение [Текст] / А.В. Скворцов. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.
3. Вирт, Н. Алгоритмы и структуры данных [Текст] / Н. Вирт; – пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 360 с.
4. Библиотека CGAL (Computational Geometry Algorithms Library) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.cgal.org.

© Л.И. Чернова, 2007

ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МОРФОСИСТЕМ – НОВЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ РЕЛЬЕФА

Решение многих научных и прикладных задач невозможно без информации о морфологии рельефа и хорологических построений на ее основе. В движении от формы к содержанию, от морфологии к процессам морфогенеза и заключается суть т.н. обратной геоморфологической задачи. Объективные исследования возраста, генезиса и истории развития рельефа невозможны без выявления, систематизации, формализации, ранжирования и геоморфологического истолкования морфологических особенностей земной поверхности. В свете развиваемой в последнее время морфодинамической концепции перспективно познание процессов рельефообразования (прошлых, настоящих и будущих) на основе специального изучения морфологии рельефа (особенно структурных линий), которая одновременно и отражает и определяет характер круговорота субстанции в геосистемах любого ранга.

Морфологические исследования предполагают геопривязку и описание рельефа в трехмерной системе координат. Большая часть этой информации представлена в виде карт. Однако, ни один из традиционных способов не достиг удовлетворяющего всех соответствия изображенного рельефа реальному.

Неадекватность отображения рельефа на картах вызвана следующим:

- Противоречием между масштабом и детальностью изображения;
- Двойственной (непрерывной и естественно делимой) структурой рельефа;
- Использованием преобразованных исходных данных о рельефе;
- Подменой естественного подхода к отбору и отображению рельефа формализованным подходом на основе субъективной генерализации, осреднений, интерполяций и сглаживания границ естественной делимости;
- Компоновкой листов карт не по природным, а по формальным признакам, например, по линиями километровой или географической сетки;
- Отсчетом абсолютных высот от уровня моря, а относительных – в пределах вышеуказанных формально выделенных площадей;
- Рекомендательным, общим характером указаний существующих руководств и наставлений по учету специфики картографирования рельефа.

Поэтому очевидно, что не только геоморфологические задачи невозможно успешно решать без привлечения методов картографии, но и картографо-геодезические задачи требуют изучения рельефа средствами геоморфологии. Также понятно, что основные трудности картографирования рельефа вызваны отсутствием единой методологической основы и подходов к его отображению.

Такую основу во многом предоставляют возможности теории морфосистем, представляющей новое, системное направление в геоморфологии. Под морфосистемами понимаются парциальные геосистемы на

основе элементов, форм, типов или комплексов рельефа, созданных определенной системой эндогенных и экзогенных процессов в условиях определенной структурной и ландшафтно-климатической обстановки. Морфосистема – это динамичная открытая система, в которой компоненты рельефообразования (как факторы, так и агенты) находятся в связи друг с другом и окружающей средой.

В основе хорологической дефиниции морфосистем лежит инвариант – присущее объекту на данном уровне свойство, которое оказывается общим для составляющих данный таксон подсистем. Инвариантные свойства устойчивы в условиях динамики геосистем и изменяются только в процессе их эволюции.

Инвариант системы определяет характер внутренних связей внутри системы между ее компонентами и подсистемами, а также внешние связи с окружающей средой, т. е. структуру системы. В качестве инварианта при ранжировании морфосистем выступает гравитационное поле Земли, вернее его производные – поля потенциальной денудации, о которых подробнее будет сказано ниже.

Основанием для ранжирования систем служат эмерджентные свойства – такие свойства системы, которые отсутствуют у подсистем и выводят данную систему на новый уровень. Благодаря эмерджентным свойствам, системы являются не просто суммой подсистем, а качественно новым образованием. Обоснование эмерджентных свойств, определяющих иерархию морфосистем, не является целью настоящей статьи, поэтому ограничимся констатацией того, что эта иерархия отражает соотношения эндогенного и экзогенного факторов морфогенеза на разных уровнях хорологического ряда. Этот ряд определяется структурой полей потенциальной денудации, и включает следующие звенья: поверхность Земли в целом – геотектуры – морфоструктуры нескольких порядков размерности – бассейновые системы – элементарные бассейны – склоновые системы – элементарные динамически однородные поверхности. Корректное районирование и картографирование морфосистем предъявляет определенные требования к морфологической информации о рельефе.

Важным моментом в изучение морфосистем являются исследования структуры поля рельефа. Использование полей удобно при картографировании, благодаря возможности отображать их изолиниями и получать качественные и количественные характеристики объектов. Картографический метод применим и к исследованиям гравитационного поля, как инварианта морфосистем. С другой стороны сам рельеф морфосистемы определяет флуктуации гравитационного поля и протекающие в нем процессы переноса субстанции (вещества и энергии). При исследованиях морфосистем удобнее рассматривать не само гравитационное поле, а производное от него поле потенциальной денудации, поскольку нас интересует только та часть гравитационного поля Земли, которая расположена в пределах так называемого экзогенно-активного слоя данной системы. Этот слой заключен между вершинной и базисной поверхностями морфосистемы. Напряженность гравитационного поля между этими поверхностями и определяет денудационный потенциал морфосистемы.

Каждая морфосистема обладает своим полем потенциальной денудации, поглощает поля своих подсистем и входит в состав поля вышестоящей системы.

При моделировании и изучении полей потенциальной денудации различных морфосистем наиболее интересны свойства т.н. базового поля, пространственно совпадающего с физической поверхностью рельефа. Однако такое картографическое моделирование возможно только в масштабе «один к одному». Картографирование в более мелких масштабах неизбежно вызывает необходимость генерализации поверхности поля потенциальной денудации, в чем-то подобное генерализации при картографировании самого рельефа. Однако методика моделирования и генерализации при картографировании денудационных полей имеет ряд принципиальных отличий от таковой при генерализации рельефа в процессе создания топографических карт.

Во-первых, при топографическом картографировании рельеф по высоте привязывается к уровню океана. При изучении полей потенциальной денудации к этому уровню привязываются только поля морфосистем глобального уровня иерархии. Поля морфосистем более низкого ранга рассчитываются относительно соответственных местных базисов денудации, поверхности которых все больше и больше отходят от уровня океана.

Во-вторых, если при топографическом картографировании исполнитель ставит своей целью по возможности максимально сохранить и отобразить особенности морфологии рельефа, то при картографировании полей потенциальной денудации показ мелких деталей невозможен (да и не нужен) и картографируемая поверхность в значительной степени соответствует реконструированной поверхности морфоструктуры, являющейся тектонической основой данной морфосистемы.

Итак, при картографировании полей потенциальной денудации морфосистемы любого ранга, прежде всего, необходимо выявить и проанализировать их вершинную и базисную (цокольную) поверхности.

Вершинная поверхность определяет верхнюю границу морфосистемы. Эта поверхность является результатом обобщения вершинных поверхностей морфосистем более низкого ранга, поэтому последние будут включаться в нее. Отличие такой карты вершинной поверхности морфосистемы от традиционных морфометрических карт вершинных поверхностей заключается в том, что она выделяются только в пределах границ анализируемой морфосистемы, а не по всей площади топографической карты или в пределах условного квадрата. Границы морфосистем разных уровней выявляются как динамические целостности путем совместного анализа морфоструктур, рельефа, линеаментов, гидросети и, наконец, первичных морфологических элементов территории.

Цоколь (базисная поверхность) морфосистем может быть высоко поднят, наклонен в какую-либо сторону, образовывать скаты к центру морфосистемы или общее сводообразное поднятие. Он также может быть осложнен пологими сводами, складками большого радиуса кривизны или уступами. Поэтому очевидно, что изолинии напряженности поля потенциальной денудации, проводимые относительно таких местных базисных поверхностей, в общем

случае также не будут принадлежать ни горизонтальной плоскости, ни плоскости вообще (т.е. это не изогипсы, а линии равных относительных высот).

Конфигурацию вершинных и базисных поверхностей можно вывести из исходной топографической поверхности как результат разного рода математических обобщений последней. Однако, особой точности при моделировании вершинных поверхностей не требуется, тем более, что морфосистемное картографирование выполняется комплексно – в виде серии сопряженных карт и уточнить детали можно по картам подсистем. В то же время, картографическое моделирование базового поля потенциальной денудации, совпадающего с поверхностью исходного рельефа, должно быть выполнено как можно более точно в целях создания адекватного картографического моделирования рельефа и производных от него карт.

Наилучшие возможности для автоматизации моделирования морфосистем предоставляет цифровая модель рельефа (ЦМР), особенно являющаяся частью цифровой модели местности и электронной карты. Однако до настоящего времени практически 80 % ЦМР создавалось по топографическим картам, т.е. в них заложены те недостатки, о которых говорилось выше. ЦМР для морфосистемного картирования следует создавать по первичным трехмерным неискаженным разного рода интерпретациями материалам ДЗЗ: стереопарам наземной, аэро- и космической съемки, данным лазерных съемок и радиолокации и т.п. При практическом создании ЦМР в интересах морфосистемного картографирования, в принципе возможны два подхода – сеточный и структурный.

Первый подход предполагает равнозначность точек в ЦМР, что порождает опасность пропуска особых, наиболее характерных точек рельефа, находящихся на линиях тальвегов и водоразделов, перегибах ската, т.е. именно тех точек, которые как раз и требуется при реализации морфодинамического подхода к отображению рельефа. В результате (обычно на основе триангуляции Делоне) создается аналитическая модель рельефа-поля, в которой в соответствие с аналитическим алгоритмом сглаживания ребер триангуляции, моделируется непрерывная (континуальная) и плавная, но выхолощенная, безликая и потерявшая естественную делимость поверхность рельефа.

Второй подход строится на представлении о характерных точках и линиях рельефа, образующих его каркас, и возможности игнорировать большинство других точек из-за их малой информативности. В соответствии с этим подходом для правильного воспроизведения характера и облика рельефа необходимо и достаточно правильно передать его каркас (то, что игнорируется в первом подходе) с помощью точек, положение которых детерминировано структурой рельефа. Очевидно, что этот подход лучше учитывает специфические свойства рельефа-поля, передавая его структуру, отличную от структуры других пространственных явлений, поэтому он является более объективным и, к тому же, экономит машинные ресурсы.

Но наиболее оптимальным при создании ЦМР в интересах картографирования и исследования морфосистем является третий подход,

который является модифицированной комбинацией первых двух подходов. При этом способе ЦМР формируется на нерегулярной сетке высотных отметок с использованием системы точечных, линейных, площадных и объемных элементов единой земной поверхности. При формировании ЦМР разных масштабов и моделировании морфосистем разного ранга следует использовать не карты, а первичные стереомодели, полученные по снимкам соответствующего масштаба. Естественная оптическая генерализация и обобщение снимков в этом случае обеспечивает более достоверные результаты при отборе и обобщении необходимых структурных линий. В этих случаях в опору также включают местные базисы денудации, представляющие собой границы морфосистем соответствующего ранга.

При создании масштабного ряда ЦМР в интересах геоморфологических (в частности, морфометрических) исследований нецелесообразно механически использовать приемы классической картографической генерализации, разграфки и номенклатуры. Деление земной поверхности в этих целях следует проводить на морфосистемой основе. При необходимости современные средства ГИС всегда позволят нарезать созданную ЦМР на классические номенклатурные листы.

Таким образом, цифровое картографическое моделирование морфосистем выступает как новый метод изучения рельефа. Применение системного подхода и морфодинамических принципов естественной делимости земной поверхности позволяет значительно повысить качество и возможности использования ЦМР по следующим направлениям:

- Адекватное представление континуальной земной поверхности дискретными средствами при оптимальной плотности высотных отметок и естественных сглаживающих алгоритмах;

- Возможность дискретизации и природной делимости земной поверхности на морфологические элементы, а также расчет триангуляции делоне с естественными ограничениями;

- Возможность выявления и систематизации основных геоморфологических параметров земной поверхности: абсолютных высот, как функции плановых координат; относительных высот и уклонов (градиентов), как первых производных от этой функции; выпуклых и вогнутых перегибов, как вторых производных; разных типов кривизны структурных линий, определяющих физиономические черты земной поверхности;

- Возможность интеграции базовой поверхности потенциальной денудации и любых элементов земной поверхности в морфосистемы разного ранга с генерацией их базисных и вершинных поверхностей или без нее;

- Построение цифровых моделей морфосистем и других производных от них цифровых отображений: карт градиентов и изоградиентов, векторов (гашюр), линий тока, всевозможных трасс, профилей, сечений и др.;

- Улучшение качества автоматизированного анализа цифровых картографических построений: морфометрического, морфодинамического

(потокowego), морфоклиматического (высотно-поясного, экспозиционного), морфогеологического, морфоэкологического, прогнозного и др.

© В.П. Ступин, 2007

УДК 528.42:004

А.А. Карацай, В.П. Ступин

ИрГТУ, Иркутск

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА И ОРГАНИЗАЦИИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ СОЗДАНИИ ЦТК НА ЦФС

В условиях стремительного прогресса в области вычислительной микропроцессорной техники и разработки цифровых методов и алгоритмов, позволяющих автоматизировать многие этапы создания топографических карт и другой топографической продукции, обеспечили быстрое внедрение в производство цифровых фотограмметрических станций (ЦФС). При этом, если автоматизация основных технологических процессов происходила достаточно быстро, то автоматизация редакционно-подготовительных работ, в частности в части сбора, обработки и хранения исходных материалов и данных заметно отставала, что стало сказываться на времени исполнения специальных работ. Ниже мы излагаем некоторые проверенные соображения по организации и работе базы данных именно на этапе сбора и распределения исходных данных для производственного создания цифровых топографических карт (ЦТК) на ЦФС как по аэро-, так и по космическим, снимкам.

Как известно, база данных (БД) – это совокупность материалов и данных, организованных оптимальным образом. БД реализует единые принципы описания, хранения и манипулирования данными. Хранение данных в БД обеспечивает централизованное управление, соблюдение стандартов, безопасность и целостность данных (вследствие автономности от прикладных программ), сокращает избыточность и устраняет противоречивость данных. Пополнение БД и обращение к ней осуществляются с помощью системы управления базами данных (СУБД), реализующей технологию «клиент-сервер». Обширные БД лучше разместить на нескольких компьютерах сетевого комплекса (т.н. распределенная БД).

Технология создания ЦТК на ЦФС в сетевом варианте функционирует под условием информационно-технологического взаимодействия рабочих мест как внутри комплекса, так и взаимодействия с потоками входной информации поступающей от СУБД. Кроме того, существуют исходные данные, постоянно хранящиеся в ЦФС.

Для реализации технологии создания ЦТК на ЦФС, в общем случае, СУБД желательно организовать в следующие банки:

- Банк картографических данных;
- Банк данных создания планово-высотной основы (СПВО);
- Банк материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ);
- Банк цифровых моделей рельефа (ЦМР);
- Банк цифровых ортофотопланов (ЦОФП);

– И др.

Банк картографических данных может включать следующие фонды данных:

– Цифровых карт местности, созданных путем цифрования аналоговых карт, фотограмметрической обработки аэрокосмических снимков, цифровой регистрации данных полевых съемок или иным способом;

– Электронных карт, предназначенных для визуализации на мониторе компьютера;

– Цифровых компьютерных карт, визуализуемых невидеоэкранными средствами графического вывода;

Банк данных СПВО заполняется по результатам работы системы создания планово-высотной основы, а также в ходе ведения каталогов наличия материалов аэро- и космического фотографирования топографическими (получающими стереопары измерительных снимков) и дешифровочными (получающими крупномасштабные одиночные снимки) камерами. Обычно в состав банка данных СПВО входят: каталоги планово-высотной основы; данные для ориентирования и учета искажений фотоснимков; каталоги наличия аэро- и космоснимков в банке материалов ДЗЗ. Данные планово-высотной основы включают результаты развития пространственных сетей фототриангуляции и данные калибровки съемочных камер. Результаты развития фототриангуляции представляются в виде описательных сведений о районах, номерах маршрутов и стереопар, линейных и угловых элементах внешнего ориентирования снимков стереопар, характеристики съемочных камер и параметров съемки; классификационные признаки, координаты и высота опорных точек фотограмметрических сетей.

Каталог планово-высотной основы содержит информацию, необходимую для восстановления связей проектирующих лучей в системе координат снимка, и данные, необходимые для ориентирования связей проектирующих лучей относительно геодезической системы координат.

Для задания системы координат фотоснимка вводятся следующие фотограмметрические параметры.

Параметры, общие для всех фотоснимков маршрута: координаты координатных меток на корпусе фотокамеры; координаты подвижных меток, то есть ближайших крестов выравнивающего стекла при его калиброванном положении; координаты главной точки; фокусное расстояние фотоснимка; таблица поправок к номинальным координатам крестов; таблица поправок за дисторсию оптической системы фотокамеры.

Параметры, задаваемые для каждого фотоснимка маршрута, включают значения подвижки, характеризующие смещение и разворот выравнивающего стекла в момент экспонирования относительно его калибровочного положения.

В связи с нестабильностью параметров фотоаппарата во время орбитального полета космических съемочных систем при построении

фототриангуляции для каждого маршрута определяются уточненные значения фокусного расстояния и поправок за дисторсию.

Данные, необходимые для ориентирования связок проектирующих лучей, задаются в виде таблицы элементов внешнего ориентирования фотоснимков, образующих основные стереопары. В этой таблице указываются: координаты и высоты точек фотографирования; угловые элементы ориентирования фотоснимков.

В дополнение к элементам внешнего ориентирования фотоснимков в каталоге содержится информация, необходимая для оценки точности построения геометрической модели на ЦФС.

Для оценки точности восстановления связок проектирующих лучей приводятся следующие показатели:

- Среднеквадратические погрешности измерения приращений координат координатных и подвижных меток в данном маршруте;
- Среднеквадратические погрешности измерения координат и параллаксов точек в основных стереопарах маршрута.

Точность построения одиночных геометрических моделей в пределах маршрутов фотографирования оценивается по расхождениям высот связующих точек в смежных стереопарах.

Точность согласования геометрических моделей в перекрывающихся маршрутах оценивается по расхождениям координат общих точек.

Приведенные в каталоге планово-высотной основы точностные показатели являются необходимыми при дальнейшей обработке фотоснимков на ЦФС. Они представляют собой данные об ожидаемой точности стереоскопических измерений по фотоснимкам и точности построения одиночных геометрических моделей, а также позволяют оценить степень необходимости сводки геометрических моделей в пределах маршрутов и между маршрутами.

Данные для ориентирования и учета искажений дешифровочных фотоснимков включают параметры съемочной аппаратуры, выбираемые из паспорта камеры, и координаты опорных точек в геодезической системе координат.

Банк данных ДЗЗ формируется по результатам обработки (геометрическая, радиометрическая коррекция и пр.) исходных аэро- и космических снимков. В его состав входят массивы цифровых снимков, полученные или непосредственно цифровыми камерами или посредством сканирования исходных топографических или дешифровочных фотоснимков. Массив цифрового изображения обычно включает служебно-справочную и содержательную информацию.

Служебно-справочная информация содержит параметры условного кадра цифрового изображения и его ориентирования: номер маршрута; номер кадра в маршруте; дату съемки; дату сканирования; номер условного кадра; шаг дискретизации; размер апертуры; число элементов в строке и число строк.

Параметры ориентирования содержат элементы внутреннего, взаимного (для стереопар топографических снимков) и внешнего ориентирования фотоснимков.

Содержательная информация массива ЦФИ состоит из значений цифровых кодов оптических плотностей исходного фотоизображения в форматах, поддерживаемых программным обеспечением ЦФС.

Банк данных ЦМР формируется по результатам обработки стереопар топографических фотоснимков на ЦФС в рамках номенклатурных листов соответствующего масштабного ряда. Массив ЦМР содержит служебно-справочную и содержательную информацию.

Служебно-справочная информация включает: геодезические координаты углов ЦМР в системе координат Гаусса; номенклатуры листов топографических карт различных масштабов; средние квадратические погрешности создания ЦМР; число элементов в строке и число строк массива ЦМР. Смысловая информация содержит значения высот точек, соответствующих дискретным элементам ЦМР.

База данных ЦОФП формируется по результатам обработки одиночных цифровых изображений. В ней хранятся цифровые ортофотопланы распределенные по масштабному ряду. Содержимое ЦОФП хранится в двух сегментах: паспорте ЦОФП и массиве оптических плотностей.

Паспорт ЦОФП, содержит данные, характеризующие ЦОФП в целом (сведения об идентификации, координатной привязке, ориентации, элементах ориентирования исходных снимков, источниках получения ЦОФП и т.д.).

Сегмент оптических плотностей ЦОФП, содержит непосредственно информацию с заданной дискретностью в соответствующих форматах.

Исходные данные, регулярно используемые в технологических процессах, необходимо постоянно хранить в ЦФС. К таким данным следует отнести внутренние массивы данных, используемые в ходе реализации технологических процессов и операций на рабочих местах комплекса, метрологические параметры аппаратуры (например, размер апертуры, дискретность считывания изображения и диапазон сканирования сканирующего устройства; размер апертуры, дискретность вывода изображений, размеры рабочей зоны плоттера и др.), а также паспортные значения создаваемых видов цифровой картографической продукции, включающие численные значения контролируемых параметров ЦМР и ЦОФП всего масштабного ряда.

Структура и содержание отдельных банков и фондов БД могут изменяться в зависимости от масштабов и назначения ЦТК, используемых материалов и съемочной аппаратуры, типа ЦФС и других факторов, но принципиальная схема организации будет в принципе той же самой.

© А.А. Карацай, В.П. Ступин, 2007

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ (НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОННОЙ РЕКРЕАЦИОННО-ТУРИСТСКОЙ КАРТЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ТУНКИНСКИЙ»)

В настоящее время прикладные задачи решаются посредством географических информационных систем. Географическая информационная система – информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных (пространственных данных).

ГИС предназначены для решения прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки, прогноза и управления окружающей средой и территориальной организацией общества. Основу ГИС составляют автоматизированные картографические системы, а главные источниками информации служат геоизображения.

Понятие «электронная карта» в каком роде пересекается с понятием «ГИС», так как современные автоматизированные картографические системы позволяют одновременно отображать электронную карту и ГИС (база данных).

Методы ГИС-технологий позволяют оперативно представлять информацию в виде, как аналитических информационных слоев, блоков, так и подсистем (структур), выделяемых по способу взаимодействия и взаимоотношений элементарных объектов и факторов.

В нашем случае, мы будем использовать программу ГИС Карта 2005 (9 версия), так как рассматриваемая электронная «Рекреационно-туристская карта национального парка «Тункинский» создана в этой программе.

Система электронных карт ГИС Карта 2005 – это специализированная система управления базами данных электронных карт, предназначенная для решения широкого круга пользовательских задач в операционных системах Windows NT и Windows XP.

Электронная «Рекреационно-туристская карта национального парка «Тункинский» состоит из следующих картографических слоев: рельеф, гидрографическая сеть, растительный покров, населенные пункты, дорожная сеть, социально-экономические, религиозно-культурные, исторические и туристические объекты и рекреационно-экологические комплексы. Каждый из этих слоев содержит семантическую информацию об объекте и математически определен. Достоинством данной карты является общегеографическая основа, содержащая топографические элементы.

Интерактивные возможности позволяют дополнить содержание электронных карт в соответствии с поставленными задачами анализа и оценки ресурсов туризма и отдыха. Электронная интерактивная карта легко переводится из одного формата в другой и на бумажные носители. Применение ГИС-технологий в картографировании рекреационно-туристских ресурсов, сферы рекреационно-туристского обслуживания, наиболее полно отвечает требованиям функционального зонирования.

В национальном парке «Тункинский» основные цели функционального зонирования направлены на решение следующих основных задач:

- Обеспечение оптимального режима рекреационного использования отдельных частей планируемой территории, соблюдения экологических нормативов и проектных решений в части размещения отдельных видов рекреационных объектов, занятий туризмом и отдыхом и их совокупностей;

- Сохранение и восстановление природных и культурных ландшафтов.

Отличие рекреационно-туристской карты от туристских карт заключается в том, что она содержит ландшафтную основу (рекреационно-экологические комплексы). Какие же прикладные задачи можно решить при помощи рекреационно-туристской карты.

Прежде всего, это планирование новых транспортных и туристических маршрутов и оптимизации экскурсий, распределения ресурсов и услуг (складов, магазинов, станций скорой помощи, пунктов проката автомобилей), выполнение различных расчетов по карте. Электронная карта для муниципального хозяйства и землепользования составляют существенную часть потенциального рынка ГИС в России.

Рассмотрим некоторые прикладные задачи, решаемые при помощи ГИС Карта 2005 на электронной «рекреационно-туристской карте национального парка «Тункинский».

- Определение расстояния от произвольной точки до объекта и расстояния между 2-мя объектами;

- Расчет длины объекта, участка объекта, произвольной ломаной (по горизонтали, с учетом наклона или поверхности рельефа) с расчетом дирекционного угла и азимута текущего отрезка;

- Расчет площади выбранного объекта или произвольного многоугольника с показом значения в различных единицах измерения;

- Построение матрицы высот, определение высоты в произвольной точке;

- Построение профиля высот вдоль объекта или произвольной ломаной (расчет превышений, углов наклона и т.д.);

- Построение зон видимости зон затопления и осушения;

- Отображение трехмерной модели местности с гипсометрической заливкой;

- Построение динамического профиля и графика назначений значений мощностей по измерениям в точке в ране время.

Определение расстояния от произвольной точки до объекта и расстояния между 2-мя объектами: данные режимы позволяет определить расстояние от заданной точки до выбранного объекта и определяет кратчайшее расстояние между двумя объектами карты и отображает результат в строке сообщений. В начале работы выбирается основной объект. Затем перебором выбираются дополнительные объекты, до которых необходимо определить кратчайшее расстояние. Расстояние определяется от существующей точки метрики основного объекта до псевдоточки (не существующей) дополнительного (рис. 1).



Рис. 1. Определение длины участка грунтовой дороги

Расчет площади выбранного объекта или произвольного многоугольника с показом значения в различных единицах измерения: данным режимом обрабатываются только площадные объекты. После выбора объекта в окно результатов выводится его площадь без учета площади подобъектов (т.е. вычитается площадь участков, лежащих внутри объекта и не принадлежащих ему). Например, площадь реки без учета площадей островов, площадь леса без учета площадей гарей и вырубок и т.д.

Построение матрицы высот осуществляется через диалог «Расчеты по карте». С помощью данного режима осуществляется построение профиля поверхности с использованием матрицы высот по заданной трассе (ломаной линии), трасса задается опорными точками. Результат отображается в окне в виде графика, где вертикальная ось отмечает абсолютную высоту в метрах, а горизонтальная – длину трассы в метрах (рис. 2).

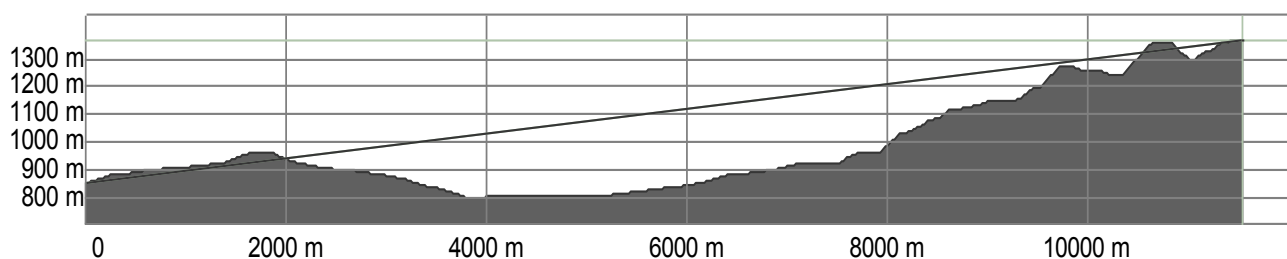


Рис. 2. Профиль рельефа вдоль заданной линии

В данном режиме существует возможность поднять/опустить начальную, конечную, текущую точки на определенную высоту. Для этого необходимую величину нужно ввести в соответствующее поле Превышение. Изображение профиля можно смасштабировать изменив размеры окна с помощью мыши (растянуть, сжать).

Режим осуществляет сохранение изображения профиля в файлах формата WMF, EMF, что позволяет в дальнейшем вывести изображение на печать, использовать в документах WORD и т.д. Для этого необходимо нажать кнопку Сохранить как, выбрать имя файла и соответствующее расширение. Для сохранения профиля в текстовый файл пользователь должен указать

дискретность продвижения по объекту (шаг интерполяции). При включенном режиме Печать длины и номера в файл записываются номер текущей точки, координаты X,Y, Н и расстояние от начала профиля до текущей точки, при выключенном режиме – только координаты.

Переключаясь на закладку Параметры построения можно выбирать для отображения цвета профиля, линий соединения начальной-текущей-конечной точек, гасить изображение вспомогательных линий, устанавливать вертикальный и горизонтальный шаг сетки. При выборе в горизонтальном шаге значения Весь профиль изображение профиля полностью помещается в окне.

При включении режима Учесть кривизну Земли профиль перестраивается с учетом кривизны Земли. Так как этот режим применим только для прямой линии, построение осуществляется для полного профиля, если он имеет две опорные точки или для отрезка трассы (выбираются две ближайшие к текущей опорные точки).

Включенный режим С усреднением высот осуществляет расчет абсолютной высоты по средним значениям, изображение профиля при этом сглаживается.

Параметры сеанса (цвет профиля, линий, превышение высоты в точках, учет кривизны Земли) сохраняются в файле PANORAMA.INI и восстанавливаются при последующей загрузке.

Представленные прикладные задачи являются важными в организации и планировании туризма.

© Б.Н. Олзоев, 2007

УДК 528.4

Н.М. Евдокимова

ИрГТУ, Иркутск

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СТУДГОРОДКА ИРГТУ

На кафедре инженерной геодезии и картографии Иркутского государственного технического университета ведутся работы по геоинформационному картографированию территории студенческого городка ИрГТУ.

Создаваемая «Система карт» предназначена для широкого круга пользователей. К ним относятся: администрация ИрГТУ, эксплуатационные и проектировочные службы, сотрудники, студенты и гости университета, а также деловые круги, банки, коммерческие организации, изыскательские и научно-исследовательские учреждения, университеты, школы, архивы, библиотеки, музеи, туристические организации, средства массовой информации, органы охраны внутреннего распорядка и т. д.

Процесс управления невозможен без визуального анализа исходной информации. В данном случае речь идет об изучении местности и обстановки. Следовательно, визуализация геоинформационного пространства, обеспечение оптимальных условий наблюдения, восприятия, и отображения новых знаний является важным требованием современного управленческого процесса.

Службы Иркутского государственного технического университета обладают большим объемом данных. Однако, вся имеющаяся информация различной тематики, масштабов, состояния. Многие чертежи и планы территории университета морально и физически устарели, а современное общество требует современного представления информации.

В настоящее время все большее развитие и использование получают геоинформационные технологии как наиболее подходящий инструмент для обработки и анализа большого объема разнородной пространственно распределенной информации. С геоинформационными системами связываются перспективы интеграции всех пространственно определенных и релевантных временных данных в целостные информационные поля, интеграции процессов создания и использования карт. Они несут новые идеи, методы и технологии пространственного моделирования и анализа данных и знаний.

Представление информации в виде тематических карт и картосхем дает возможность интегрировать множество разнообразных показателей в наглядной форме, оценить их пространственное распределение, что способствует видению ситуации в целом и более быстрому и качественному принятию решений.

Цель данной работы – разработать оптимальные параметры комплексной геоинформационной карты студгородка ИрГТУ: карты жилой и промышленной застройки; спортивных сооружений и игровых детских площадок; объектов сферы обслуживания и досуга; инженерно-технических коммуникаций; маршрутов городского пассажирского транспорта и пригородных поездов. На картах должен использоваться принцип многоуровневого представления геообъектов, с необходимой степенью детализации его структуры. При этом должен обеспечиваться эффективный поиск любого объекта по пространственным признакам и содержательным аспектам.

В соответствии с заданной целью предусматривается решение следующих задач:

- На первом этапе необходимо проработать общую концепцию работ, обеспечить соответствующую техническую базу для реализации проекта;
- Выполнить сбор и систематизацию технической документации о застройке, спортивных сооружениях, объектах сферы обслуживания и досуга, коммуникациях, транспорте студенческого городка ИрГТУ;
- Изучить картографические материалы, справочную и статистическую литературу на территорию объекта исследования;
- Разработать методику геоинформационного картографирования городских территорий локального уровня;
- Составить картографическую основу;
- Сформировать картографические и атрибутивные базы данных;

- Выполнить анализ особенностей информационного обеспечения картографирования городских территорий;
- Провести анализ современного состояния объекта исследования, дать прогнозы его развития и рекомендации по информационной поддержке принятия управленческих решений.

При этом «геоинформационная карта» должна выполнять следующие функции:

- Информационно-справочная система по территории;
- «Пообъектный» мониторинг;
- Комплексный анализ территории с помощью карт, диаграмм, таблиц;
- Комплексная количественная оценка территории;
- Прогнозирование развития территории;
- Организация доступа к системе удаленных пользователей;
- Изготовление и доведение до пользователей традиционных и электронных карт;
- Обеспечение интеграции имеющейся информации с другими системами, в том числе с ГИС различного уровня.

Система карт будет включать топографические и тематические карты, текстовые пояснения к ним, справочные материалы, материалами наземных съемок, сопровождаться аэроснимками и аэрофотопланами. Каждая карта будет неотъемлемой частью системы и, в то же время представлять самостоятельное картографическое произведение, имеющее собственную информационную и познавательную ценность.

В этом проекте планируется отразить социальную жизнь населения, его благосостояние, систему обслуживания, показать уровень развития, экономические связи, а также процесс формирования территории.

Выполнение поставленных задач зависит от правильной организации работ по сбору, оценке и анализу исходной информации [1]. С этой целью необходимо определить потребности потребителя и отыскать язык, правильно и в наиболее доступной форме передающий чисто научные и специализированные понятия, на которые будут опираться карты.

Наряду с созданием электронных карт и Баз данных необходимо изучить функции города, факторы и определить критерии оценки качества изучаемой территории [2].

При исследовании и картографировании городских территорий сталкиваются с рядом трудностей, возникающих вследствие: большого объема информации; отсутствия методик проведения комплексной оценки, необходимость которой возникает потому, что детальное изучение отдельных явлений не позволяет прогнозировать результаты их взаимного наложения; сложности, а зачастую и невозможности постановки эксперимента традиционными методами.

Преодолению перечисленных и многих других возникающих препятствий может способствовать использование компьютерных технологий. При таком подходе можно не только создавать, но и на основе поступающей информации оперативно обновлять карты, формировать картографические модели применительно к решению разнообразных задач.

Получаемые с помощью компьютеров электронные карты открывают широкие перспективы для оперативного построения моделей, отражающих не только статику, но и динамику явлений путем сопоставления различных объектов в пространственно-временном аспекте.

Организация доступа к отдельным, выбираемым по необходимости оператором элементам карты позволяет анализировать соотношения между компонентами для более точного анализа событий.

Геоинформационное картографирование позволяет визуализировать и связывать между собой огромное количество информации, накопленной за многолетнюю деятельность различных областей науки и практики. Оно дает возможность, по мере необходимости, пополнять, обновлять имеющуюся базу, производить обработку, анализ. Все это облегчает принятие решений по вопросам проектирования, строительства, эксплуатации инженерных объектов, экономики, сервиса, безопасности, повышает оперативность и качество информационного взаимодействия, эффективность управления и использования информационных ресурсов, применения электронных карт и геопространственных данных. Наиболее полно концепция геоинформационного картографирования отражена в работе А.М. Берлянта [3], где геоинформационное картографирование определено как – автоматизированное создание и использование карт на основе ГИС и баз картографических данных и знаний.

Созданные картографические произведения в геоинформационных системах могут быстро преобразовываться по содержанию в связи с изменением направлений исследований. Они позволяют выполнять мониторинг, прогнозировать и моделировать дальнейшее развитие тех или иных процессов. Поэтому необходимо формирование информационно-картографического центра – в задачи которого будет входить сбор, обработка, преобразование, хранение и распространение пространственной картографической информации для органов управления и других заинтересованных лиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евдокимова, Н.М. Новые тенденции в сборе, обработке и обновлении цифровой информации в целях электронного картографирования / Н.М. Евдокимова // Геодезия, картография, кадастр земель Прибайкалья: доклады регионал. научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Роскартографии и 30-летию кафедры инженерной геодезии и картографии ИрГТУ. 12-13 марта 2004 г. – Иркутск, Изд-во ИрГТУ, 2004. – С. 95.
2. Евдокимова, Н.М. Теория геоинформационного картографирования городов / Н.М. Евдокимова // Геодезия, картография, кадастр в освоении природных ресурсов Байкальского региона: материалы 2-й регионал. научно-практ. конф. 23-24 марта 2006 г. – Иркутск, Изд-во ИрГТУ, 2006. – С. 89.

3. Берлянт, А.М. Геоинформационное картографирование / А.М. Берлянт. – М.: МГУ, 1997.

© Н.М. Евдокимова, 2007

3-D МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ ГОРОДА ИРКУТСКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС

Памятники архитектуры – это подлинные предметы материальной культуры прошлого. Памятники теснейшим образом связаны с окружающей средой и ландшафтом, и естественно должны решаться задачи органичного включения их в современное окружение. [1]

Развитие методов получения пространственной информации об объектах, а также совершенствование аппаратной и программной части вычислительных систем привело к появлению трехмерных ГИС.

При проектировании новых зданий, сооружений и при реставрации возможно получение комплексного трехмерного вида ландшафта. С помощью базы данных (БД) ГИС представляется возможным рациональное проектирование размещения и инвентаризация объектов.

Наличие третьего измерения само по себе говорит о том, что информационная нагрузка трехмерной модели на порядок выше, чем планов и карт. Однако не только этим фактом объясняется высокая информативность 3D-модели. Для сложных по архитектуре памятников свойственно наличие многоярусных конструкций. Такие объекты из-за наложения элементов невозможно отобразить детально на плоскости. [2]

Трехмерное отображение симулирует пространственную реальность, позволяя наблюдателю более быстро оценивать и понимать ситуацию.

Трехмерные ГИС в архитектуре применяют для решения следующих основных задач:

1. Детальное проведение инвентаризации архитектурных объектов и оценка их сохранности;
2. Оперативное проектирование реконструкции и реставрации памятников;
3. Визуализация всех архитектурных особенностей памятников;
4. Оперативный мониторинг состояния памятников на основе совмещения трехмерной модели с другими видами наблюдений.
5. Проектирование (установление границ) охранных зон памятников градостроительства.

По степени детализации модели делятся на типовые, детальные, модели внутренних помещений и тематические. Типовые трехмерные модели создаются по планам городов, топографическим картам или обзорным картам. Типовые модели содержат поверхность рельефа местности, строения, объекты дорожной сети, трубопроводы, колодцы, светофоры, объекты растительности, гидрографии и другие объекты простой формы. Построение типовой модели является самым быстрым способом получения качественной трехмерной модели местности. Типовые модели могут применяться для визуальной оценки взаимного расположения объектов с учетом особенностей рельефа и их высоты.

Трехмерные модели детального вида описывают местность с объектами, вид которых настраивается индивидуально, и создаются по планам городов. Модели детального вида содержат поверхность рельефа местности, типовые объекты и объекты, объемное изображение которых приближается к их реальному виду на местности (архитектурные строения с подъездами, трубами, лифтовыми башенками, элементами оформления и др.). Трехмерные модели внутренних помещений позволяют описывать объемный вид интерьера и создаются на основе поэтажных планов.

Тематические модели создаются по тематическим картам и используются для оформления статистических диаграмм.

Существует достаточно большое количество технологий, позволяющих выполнять трехмерное моделирование объектов. На данный момент проводится много исследований, направленных на автоматизацию процесса реконструкции трехмерных моделей объектов. Для этих целей разработаны различные подходы, отличающиеся разрешением, точностью и стоимостью. [2]

Рассмотренная технология предусматривает построение моделей по данным цифрового топографического плана местности с учетом архитектурных особенностей памятников в целях реставрации. Трехмерные модели представляют собой полноценные трехмерные карты, которые позволяют выбирать объекты на модели с целью запроса информации об объекте редактировать их внешний вид и характеристики (семантику).

По данной технологии в Иркутском государственном техническом университете совместно с Научной проектной реставрационной мастерской «Традиция» ведутся разработки по формированию ГИС объектов историко-культурного наследия г. Иркутска, включающая моделирование и создание пространственной и реляционной базы данных.

Для построения трехмерной модели Памятников архитектуры по данным топографического плана масштаба 1:2000 использовался программный комплекс Карта 2005 «Панорама».

Методика подразумевает комплекс последовательных исследований:

1. Подготовительные работы;
 - 1.1. Предварительное ознакомление
 - 1.1.1. Историческое исследование объекта
 - 1.1.2. Подбор, оценка и систематизация и исторических сведений и документов
 - 1.1.3. Подбор, оценка и систематизация иконографических материалов
 - 1.1.4. Подбор аналогов
 2. Обследование объекта;
 - 2.1. Архитектурно-археологические обмеры
 - 2.1.1. Зарисовка кроки
 - 2.1.2. Производство замеров
 - 2.1.3. Исполнение обмерных чертежей
 3. Фотофиксация

3.1. Фотофиксация и фотограмметрические работы - фотосъемка цифровой камерой объектов для получения текстур.

Для того чтобы создать модель, приближенную к реальной, необходимо наличие текстур, которые были получены по снимкам цифровой фотосъемки. Для получения по снимкам наиболее достоверных данных о текстуре поверхности объектов снимки должны быть высокого разрешения, максимально приближены к центральной проекции и фотосъемка выполнена в пасмурную погоду без осадков для исключения ярко выраженных теней.

Виды технической фотосъемки:

- Фотофиксация существующих зданий и сооружений, памятников архитектуры, археологических раскопов

- Фиксация дефектов, в том числе в рамках технического мониторинга - данный вид работ выполняется как один из элементов фиксации технического состояния здания или сооружения на данный момент времени. Наиболее часто используется в рамках инженерно-технических обследований и технического мониторинга.

- Ортофотосъемка элементов фасадов, интерьеров, декора - способ получения фотографии-чертежа. Ортофотография используется одновременно и как фотография, и как точный чертеж. Ортофото может применяться в реконструкции, реставрации, фиксации памятников архитектуры, их архивации, обмерных работах, создании исполнительной документации, использовании в документации по охране архитектурного наследия

- Панорамная съемка интерьеров, ландшафтов, памятников архитектуры, отдельных предметов - применяется для получения сферических, цилиндрических, кубических и прочих панорамных фотографий ландшафтов, видов, интерьеров. Используется в проектных работах, визуализации, фиксации архитектурных памятников и ландшафтов, создании виртуальных экскурсий по зданию, виртуальных музеев, рекламе, туризме и пр.

- Видовая фотосъемка – проводится с составлением отчета и картограммы для лучшего восприятия объекта в ландшафтном окружении. [1]

4. Объемное проектирование

Технология проектирования состоит из следующих этапов:

- Подготовка классификатора (настройка кодового состава объектов и семантических характеристик);

- Экспорт топографического плана в растровом виде в формат программы;

- Создание цифрового плана местности в масштабе 1:2000;

- Формирование матрицы высот;

- Обработка полученного фотоматериала в Adobe Photoshop;

- Разделение исходного объекта на отдельные контуры зданий и сооружений;

- Создание библиотеки текстур зданий и сооружений.

- Определение высоты здания и прилегающей территории по матрице высот;

- Создание библиотеки трехмерного вида объекта (создание шаблона трехмерного вида объекта: точечных и векторных объектов, линейных объектов, площадных объектов, сложных видов объектов);
- Составление трехмерной модели объекта;
- Экспорт результатов объемного проектирования в межплатформенный обменный формат.

Таким образом, используя возможности комплекса «Панорама», была создана цифровая трехмерная модель памятника истории и культуры постройки 1882-1883 гг. принадлежащего к комплексу построек Восточно-Сибирского отдела Императорского Русского географического общества.

Для редактирования модели фрагментов здания со сложной архитектурой применялись дополнительные программные комплексы Corel draw, AutoCAD.

На данном этапе работ сформирована система идентификации (классификации и кодирования и иерархии памятников архитектуры в ГИС, сформирована технология создания 3-D модели памятников архитектуры в целях реставрации и ландшафтного дизайна территории, ведутся исследования по разработке дополнительного модуля ГИС «Панорама» для оперативного редактирования модели после реконструкции или реставрации.

Представленная технология позволяет создавать трехмерную модель с точностью, соответствующей точности топографического плана и данных наземных съемок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кедринский, А.А. Основы реставрации памятников архитектуры. Обобщение опыта школы ленинградских реставраторов / А.А. Кедринский. – М.: Изобраз. Искусство, 1999. – 184 с.: ил.

2. Широкова, Т.А. Перспективы развития и внедрения трехмерных ГИС / Т.А. Широкова, Д.В. Комиссаров // ГЕО-Сибирь – 2006. – Новосибирск: СГГА, 2006.

© Р.В. Корюгин, 2007

УДК 528.91:63

А.И. Павлова

СибНИИХим, Новосибирск

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЕЙ СЕВООБОРОТОВ В ГИС

В настоящее время геоинформационные технологии и системы автоматизированного проектирования (САПР) активно применяются при разработке землеустроительных проектов. Применение современных ГИС-технологий позволяет получить не только обоснованные проектные решения, но и оценку пространственного размещения производственных и земельных ресурсов. ГИС используются для создания цифровых моделей землепользования, построения тематических карт – создания экспликации сельскохозяйственных угодий и решения других задач, САПР используются при разработке проектов противоэрозионной организации территории и проектов размещения полезащитных лесных полос [1].

В статье предлагается методика оценки размещения полей севооборотов с применением ГИС. Первоначально для оценки размещения полей севооборотов необходимо создание цифровой модели землепользования (ЦМЗ). Основным методом создания ЦМЗ является картометрический. В качестве базовых масштабов при создании ЦМЗ предлагается использовать 1:25000 или 1:10000, в зависимости от географических условий картографируемой местности. Основными цифровыми картами для оценки размещения полей севооборотов являются: топографическая, почвенная, землеустроительная.

Цифровая топографическая карта (ЦТК) является основой создания почвенной и землеустроительной карты. Основным назначением цифровой почвенной карты является отображение на ней почвенного покрова территории. На цифровой землеустроительной карте отображаются сельскохозяйственные угодья и прочие объекты землеустройства (полевые станы, источники водоснабжения и др.). В семантической базе данных должны отражаться сведения о номере севооборота, его типе, номере рабочего участка, его площади.

Основными условиями рациональной организации севооборотов являются показатели компактности расположения полей одного севооборота, агротехнические однородные условия расположения по рельефу местности, конфигурации полей, составу почв, условиям равновеликости полей по площади.

Ранее оценка размещения севооборотных массивов проводилась традиционными методами и требовала от землеустроителя значительного труда и времени [2].

Возможности ГИС облегчают процесс проектирования. Оценка по выше перечисленным показателям должна производиться путем сравнения нескольких вариантов размещения полей севооборотов. Для этих целей предлагается создавать дополнительные цифровые карты землеустройства. В том случае, если предусматривается незначительное изменение границ полей севооборотов предлагается предварительно создавать копии существующей карты землеустройства, а затем производить редактирование объектов цифровой карты. Это позволит сохранить точность и топологическую корректность созданной ЦМЗ.

Для исследований была использована широко известная ГИС MapInfo. Современные ГИС имеют встроенные языки программирования, позволяющие разрабатывать приложения, направленные на решения прикладных задач. В процессе исследований разработана программа Sevooborot для оценки размещения полей севооборотов.

Оценку размещения полей севооборотов по отношению к рельефу местности предлагается производить вычислением среднего угла наклона и коэффициента рельефа. Оценка должна проводиться путем оверлейного наложения цифровой землеустроительной карты и карты рельефа. При работе с программой Sevooborot вычисляются средний угол наклона на участке и коэффициент рельефа. При этом приняты следующие градации для

коэффициента рельефа: при угле наклона на участке до 1° коэффициент рельефа равен 1,00; при угле наклона от 1° до 3° коэффициент рельефа равен 1,02; при угле наклона от 3° до 5° коэффициент рельефа составляет 1,05, при угле наклона от 5° до 7° коэффициент рельефа равен 1,09 [3, 4, 5].

Компактность расположения полей одного поля севооборота предлагается оценивать по показателям, влияющим на расход времени и транспортных средств на период выполнения полевых механизированных работ. В качестве данных показателей приняты – коэффициент компактности, среднее расстояние полей севооборота друг от друга, число участков, расположенных отдельно.

Для вычисления коэффициента компактности используем программу Sevooborot. Коэффициент компактности ($K_{\text{комп}}$) вычисляется по формуле

$$K_{\text{комп}} = \frac{S}{4\sqrt{P}},$$

где S – периметр границ поля, м,

P – площадь поля, м².

Для определения параметра среднего расстояния полей друг от друга можно использовать стандартный инструментарий ГИС.

Одним из важных условий рациональной организации территории севооборотов является соблюдение условия равновеликости полей одного севооборота. Это обеспечивает равномерный выход валовой продукции растениеводства. Для оценки равновеликости полей севооборотов с помощью программы Sevooborot вычисляются площади отдельных полей, площадь среднего поля в севообороте, затем отклонения их от средней площади (в % и га). В практике землеустроительного проектирования предусматривается условие – в среднем отклонение площади от среднего размера поля в севообороте не должно превышать 10%. Таким образом, используя программу Sevooborot при проектировании севооборотов можно делать выводы о рациональности их размещения.

Другим не менее важным показателем правильной организации севооборотов является проектирование полей, в пределах которого соблюдаются агротехнически однородные условия почвенного покрова. При этом, если в пределах поля встречаются пятна солонцов или осолоделых почв, то необходим их обязательный учет. При помощи программы Sevooborot вычисляются площадь вкраплений в гектарах и процентном отношении от общей площади поля. В том случае, если площади их превышают более 25%, необходимо перепроектировать поле. При вычислениях используются почвенная карта и карта землеустройства.

С целью определения затрат на холостые проходы агрегатов необходимо вычислить длину гона каждого поля. Оценка может производиться с помощью инструментария ГИС. Для этих целей в базу данных заносятся метрические характеристики – длина и ширина земельного участка. Затем вычисляется коэффициент гона, как отношение длины к ширине участка.

Кроме того, программой Sevooborot предусмотрено вычисление коэффициента извилистости границ участка. При этом приняты следующие

градации для характеристик изрезанности границ земельного участка: слабоизвилистые ($K_{изв} < 2$), среднеизвилистые ($2 \leq K_{изв} < 4$) и сильноизвилистые ($K_{изв} \geq 4$).

С помощью программы вычислены перечисленные выше показатели и в табл. 1 приведен пример для двух вариантов размещения на примере ОПХ «Кремлевское» Новосибирской области.

Таблица 1. Пример оценки размещения поля севооборота

Показатель	Вариант размещения севооборотов	
	I	II
Номер севооборота	II	
Номер поля	1	
Площадь, га	508,73	400,75
Периметр, м	24264,9	23165,8
Наклон рельефа, град.	0° 48′	0° 40′
Коэффициент рельефа, K_p	1,00	1,00
Коэффициент компактности, $K_{комп.}$	2,69	2,58
Коэффициент извилистости, $K_{изв.}$	3,04	2,98
Длина, м	3500	3000
Ширина, м	1800	1750
Коэффициент гона, $K_{гона}$	1,94	1,76
Площадь вкраплений, га	6,43	6,43
Площадь вкраплений, % от общей площади поля	1,26	1,61
Средняя площадь поля в севообороте, га	579,53	560,83
Отклонение от среднего размера поля в га	21,46	178,78
Отклонение от среднего размера поля в %	3,70	30,85

Из результатов оценки видно, что при втором варианте размещения поля наклон рельефа на участке меньше, чем в первом варианте, границы поля являются менее извилистыми, вместе с тем, отклонение площади участка от среднего размера поля в севообороте составляет 31%, что является недопустимым.

Таким образом, в процессе исследований разработана методика оценки размещения полей севооборотов в ГИС, а также программа Sevooborot для автоматизированного вычисления показателей рационального размещения севооборотных участков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков, С.Н. Землеустройство. Системы автоматизированного проектирования в землеустройстве / С.Н. Волков. Т. 6. – М.: Колос, 2002. – 328 с.

2. Допиро, Е.Б. Экономическое обоснование организации территории севооборотов: лекция / Е.Б. Допиро. – Омск, ОмСХИ, 1971. – 25 с.
3. Ким, А.И. Информационное обеспечение ГКО земель сельскохозяйственного назначения / А.И. Ким, В.К. Каличкин // Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процессов. Материалы междунар. научно-практ. конф. «Агроинфо-2003» (Новосибирск 22-23 окт. 2003 г.) РАСХ. Сиб отд-ние. – Новосибирск, 2003. – С. 93–97.
4. Каличкин, В.К. Применение ГИС в кадастровой оценке сельскохозяйственных земель / В.К. Каличкин, А.И. Павлова РАСХН Сиб. отд.-е ГНУ СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2006. – 76 с.
5. Зверев, Л.А. Об оценке сельскохозяйственных земель / Л.А. Зверев, В.К. Каличкин, А.И. Ким // Геодезия и картография. – 2003. – №.5. – С. 51–55.

© А.И. Павлова, 2007

УДК 528.91:665.6/.7

К.А. Карпик, К.Е. Трифионов

СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Рыночные принципы землепользования требуют разработки таких методов проектирования и эксплуатации объектов землеустройства, которые позволяют оптимально использовать имеющиеся финансовые ресурсы. Как правило, в практике проектирования линейных объектов основным критерием оценки эффективности проекта является величина затрат, позволяющая из ряда проектных альтернатив выбрать оптимальный. Схема этапов работ при проектировании и строительстве линейных объектов, применяема на практике, выглядит следующим образом.



Исходя из представленной схемы расчет стоимости работ является заключительным этапом всего технологического процесса, что на наш взгляд не позволяет применить комплексные автоматизированные методы и современные геоинформационные технологии для нахождения уникальных параметров прохождения трасс. Используя геологические, геофизические и геоботанические крупномасштабные карты (при их отсутствии данные дистанционного зондирования) уже после этапа рекогносцировки на основе ГИС технологий, возможно, определить перспективную область прохождения трассы. Это достигается за счет формализации условий положения линейного объекта аналитической моделью.

Основными проектными характеристиками для предложенной модели является значение общей протяженности, изначально зависящие от группы территориальных факторов, ограничивающих область допустимого проектирования. К ним относятся природные и техногенные факторы, увеличивающие стоимость работ и корректирующие пространственное положение трассы.

Данные факторы выражены относительными показателями удорожания работ, где в качестве базисного (эталонного) принимается нормированный показатель равный единице.

$$C_{\text{раб.}} = \sum_1^m [K1 + K2] \times S \times C_{\text{базис}}$$

где $C_{\text{раб}}$ – общая стоимость строительных работ;

m – количество отрезков;

$K1$ – коэффициент удорожания к нормам затрат труда;

$K2$ – коэффициент удорожания к нормам эксплуатации машин и оборудования.

S – протяженность отрезка.

$C_{\text{базис}}$ – базисная стоимость строительных работ за метр.

Исходя из принципа использования значений затрат, природных и техногенных факторов, для каждой локальной территории определяется коэффициент удорожания работ. Данный подход позволяет применять ГИС технологии, рассматриваемые в данном конкретном случае как способы интеграции разрозненной информации о природных и техногенных факторах влияющих на пространственное положение проектируемого объекта.

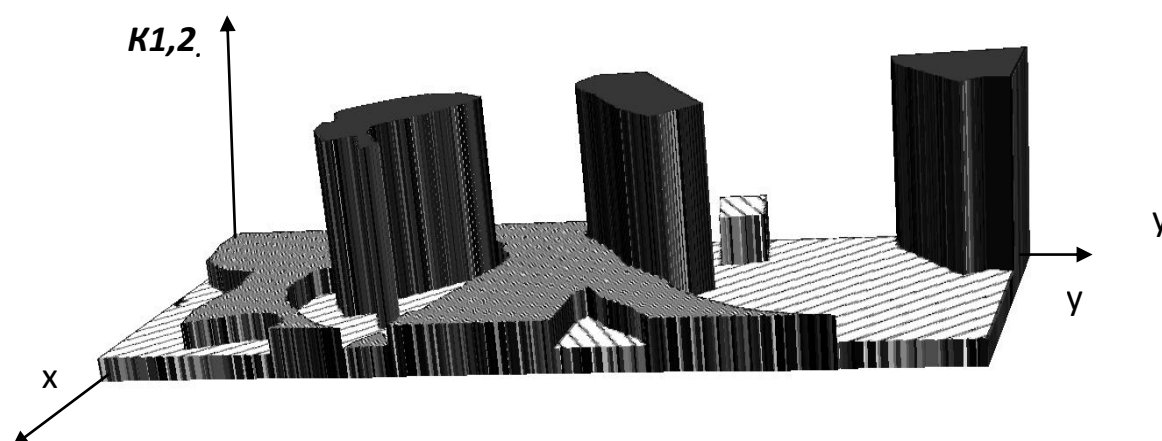


При данной формулировке, нахождение значений координат трассы относится к задачам численного поиска условного экстремума представленной функции, то есть:

$$C_{\text{раб.}} = \sum_1^m [K1 + K2] \times S. \times C_{\text{базис}} \rightarrow \min,$$

где граничными условиями являются данные ГИС определяющие общий коэффициент удорожания строительных работ и углы поворотов трассы, значение которых определяются на основании технических характеристик трубопроводов.

Поэтому данную задачу следует представить как поиск соответствующих координат, при которых площадь, по совокупности отрезков, формирующих трассу в зависимости от коэффициента удорожания работ, является минимальной. Графическая иллюстрация метода представлена на рисунке.



На рисунке максимальные значения коэффициента удорожания введены искусственно и имеют сильно завышенные значения, что соответствует

территориальным зонам, по которым проложение трассы невозможно (например, застроенные территории).

Соответственно речь идет о поиске минимального значения целевой функции с ограничениями, при поиске которого возможно воспользоваться численными методами различных порядков.

Используя данный подход, существует возможность, уже к началу инженерных изысканий определить в первом приближение область проложения трассы, что не требует поиска альтернатив. В дальнейшем же только производится коррекция трассы по результатам геодезических и других изыскательских работ.

© К.А. Карник, К.Е. Трифонов, 2007

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЕМ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

Современные вычислительные средства позволяют оценивать точность любых геодезических сетей численными методами, дополняющими аналитические. Суть дела такова. Сеть уравнивается многократно, сначала с измеренными величинами, а затем к ним прибавляются последовательно поправки, рассчитанные по нормальному закону распределения вероятностей с теми же характеристиками, что и в исходном варианте. В случае априорной оценки точности при проектировании можно моделировать все варианты. Это можно выполнить на основе Excel или другой компьютерной программы. Такой способ пригоден для оценки точности любых функций, допускающих линеаризацию относительно погрешностей измерений. Он является продолжением идей, изложенных в [1].

После многократного уравнивания и вычисления средних значений координат пунктов вычисляется стандартная дисперсия средних координат:

$$D = \sum v v / ((n-1)n),$$

$$v = x - x_0,$$

где n – число вариантов уравнивания; x – координата в варианте уравнивания; x_0 – среднее значение из всех полученных координат.

Доверительный интервал погрешности координат с вероятностью 0,95 таков:

$$P(|\Delta| < t \sigma) = 0.95,$$

$$t = n - 2.$$

Расчет сделан по распределению вероятностей Стьюдента. При $n = 5, 10, 15, 30$ значения t соответственно будут: 3.16, 2.30, 2.10 1.90. Таким образом, при $n = 15$ доверительный интервал, по сравнению с минимальным, возрос всего на 7 процентов. Если требуется более высокая точность, то необходимо увеличить число повторений уравнивания.

Моделирование погрешностей дает возможность вычислить корреляционную матрицу погрешностей функций, в рассматриваемом варианте погрешностей координат. Для этого достаточно найти среднее арифметическое из произведений $v_i v_j$.

$$k_{ij} = \sum (\Delta X \Delta Y) / n.$$

При развитии геодезических сетей может встретиться такая ситуация, когда новую более точную сеть, например, созданную с помощью электронных тахеометров, нужно вставить в государственную триангуляцию. Переуравнивание новой сети с триангуляцией может оказаться весьма

трудоемким процессом. Более того, по мере увеличения сети возникнет необходимость новой вставки сети.

В этом случае предлагается следующий путь решения задачи. Новую сеть перемещают по осям координат на величины $\Delta X, \Delta Y$ и поворачивают на угол $\Delta \alpha$. Эти параметры подбираются так, чтобы сумма квадратов отклонений координат общих пунктов стала минимальной. Если некоторые общие пункты будут сильно расходиться, то такие пункты старой сети можно не включать в обработку.

Последовательная вставка сетей может потребоваться вдоль транспортных путей сообщения. Тогда смежные сети должны частично перекрываться. В зоне перекрытия координаты пунктов следует дать в двух системах: первой и второй сети.

Рассмотрим задачу, когда различия в координатах общих пунктов можно не учитывать и заменять их средними значениями. Из теории приближенных способов уравнивания можно заключить [1]:

$$\sigma_v = \sqrt{D - D_1}$$

Здесь σ стандартное отклонение разностей координат общих пунктов; D и D_1 дисперсии координат общего пункта, когда старая и новая сети уравниваются раздельно. Пусть стандартное отклонение пункта при раздельном уравнивании больше строгого в 1.1. Дисперсия D_1 будет больше дисперсии D в 1.21 раза. Значение σ , по сравнению с его значением при совместном уравнивании сетей, возрастет на 10 процентов, что можно считать допустимым. Предельное допустимое расхождение координат при вероятности 0,95 составит примерно 0.9σ .

Рассмотренный способ пригоден для оценки влияния погрешностей влияния исходных данных на результаты уравнивания, но для его применения необходимо предварительно найти корреляционную матрицу погрешностей исходных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Визгин, А.А. Обобщенный способ оценки точности геодезических сетей / А.А. Визгин, А.Г. Неволин // Междунар. конгр. <<ГЕО-Сибирь>>: сб. науч. тр. – Новосибирск: ССГА, 2006. – С. 240.

© А.А. Визгин, А.Г. Неволин, 2007

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

Почва как объект сельскохозяйственного производства, является основой жизнеобеспеченности человечества и одним из важнейших компонентов биосферы и окружающей среды. Почвенный покров сельскохозяйственной зоны юга Западной Сибири представлен широким спектром засоленных почв.

Засоленные почвы без нарушения их целостного состояния как системы, выполняют различные экологические функции. Поэтому для их сохранения и рационального использования нужна информация о степени и типе засоления, глубине расположения солевого горизонта в почвенном профиле, гранулометрическом составе почвообразующих пород и других почвообразующих факторах.

К настоящему времени накоплен большой объем информации в области почвенных исследований, включающий результаты исследований многих поколений, хранящиеся в архивах – это ценная база для решения проблем использования засоленных почв.

Почвенная информация – достаточно сложная структура, включающая широкий спектр количественных и качественных характеристик. Для полноценной систематизации почвенной информации, ее обработки и анализа, а также для моделирования и прогнозирования экологического состояния исследуемых почв наиболее целесообразным является использование современных географических информационных систем (ГИС) [1].

ГИС представляет собой компьютерную базу пространственно-координированных данных, сопряженную со специальным программным обеспечением и техническими средствами, обеспечивающими возможности их ввода, хранения, анализа и визуализации полученных результатов в виде высококачественных тематических карт, диаграмм и прочее [2].

Основное преимущество геоинформационных технологий по сравнению с традиционными методиками заключается в применении совместного анализа больших групп параметров (параметры рельефа, климата, биоты, почвообразующих пород и др.) в их взаимной связи, что очень важно для изучения сложных процессов засоления почв. Кроме того, ГИС – это мощный инструмент, позволяющий в короткие сроки получить достаточно большой объем достоверной, пространственно ориентированной информации. В ГИС легко может быть визуализирован и проанализирован, по отдельности или совместно, любой слой информации о почвах и почвенном покрове.

Кроме того, электронные карты, по сравнению с картами на бумажных основах, имеют некоторые преимущества [2]:

1. Обычная аналоговая карта не допускает существенного ее изменения. Это обусловлено тем, что в ее основе заложена невариабельная статистическая

модель данных. В электронной карте форма и содержание визуализируемой информации варьируется неограниченно;

2. Электронная карта реализует мобильную модель данных, позволяющую настраивать состав, объем и форму отображаемых данных в соответствии с запросами пользователя;

3. Электронные карты представимы в различных картографических проекциях благодаря набору трансформационных методов, создает возможность дополнительного анализа и повышает уровень автоматизации и производительности исследований.

Цифровая модель созданной электронной карты почвенного покрова включает в себя формат цифровой картографической информации, классификаторы картографической информации и правила ее цифрового описания.

Технология анализа, переработки и хранения компьютерной информации в геоинформационных системах требует определенной систематизации описаний в виде специфичной базы данных (БД). Правила составления БД предусматривают общие принципы описания, хранения и манипулирования данными, независимыми от прикладных программ. Под БД почвенных геоинформационных систем подразумевается создание ее двух основных блоков: геометрического (картографического) и атрибутивного [2, 3]. Атрибутивная часть БД почвенной ГИС представлена в виде таблиц и содержит описания картографических контуров (выделов) базовой карты.

Для выделения данных о конкретном объекте из общего массива информации в ГИС, в составе электронной (цифровой) карты должно присутствовать уникальное идентификационное описание объекта, содержащее его код и номер [3, 4, 5].

Работа по созданию цифровых почвенных карт складывается из нескольких этапов [2, 4, 5, 6]:

- Подготовительный этап предусматривает создание архива почвенных и других тематических данных, включающих картографическую, аналитическую и текстовую информацию об объекте исследований, определяет элементы содержания карты и способы их картографирования;

- Получение растрового изображения. Этот этап включает в себя ввод информации в память компьютера, т. Е. Сканирование исходного картографического источника на бумажном носителе;

- Регистрация растрового изображения, которая включает выбор соответствующей системы географических координат;

- Векторизация (цифрование) почвенных контуров;

- Присвоение атрибутивной информации к каждому оцифрованному контуру. Данная информация составляет табличную часть базы данных, которая может быть представлена в виде таблиц excel или access;

- Создание тематической карты по выбранным полям.

Использование выше перечисленных технологических этапов позволило нам создать цифровую модель почвенной карты равнинной части юга Западной Сибири, включающей Барабинскую низменность, Кулундинскую и Ишимскую равнины.

Растровой основой для создания электронных тематических слоев послужил фрагмент почвенной карты РСФСР масштаба 1: 2,5 млн / Под ред. В.М. Фридланда (1988) на равнинную территорию юга Западной Сибири. На его основе были созданы следующие производные тематические слои: 1 – цифровая модель степени засоления почв, предусматривающая деление почв по содержанию или количеству водорастворимых солей; 2 – цифровая модель типа засоления почв, отражающая деление почв по видам засоления (в зависимости от характера содержащихся в них водорастворимых солей) (рис. 1).

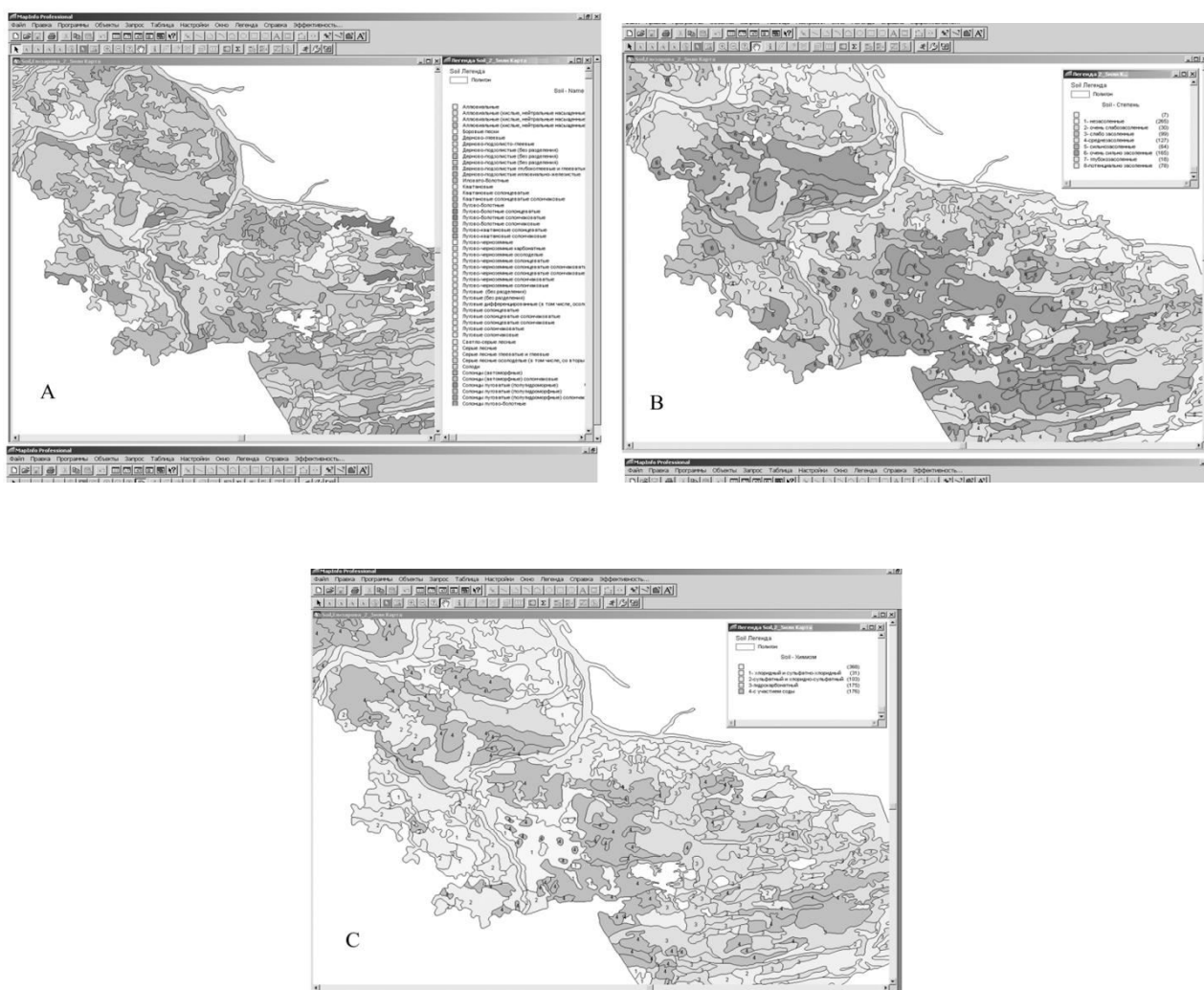


Рис. 1. Фрагменты цифровых моделей почвенных карт:

А – фрагмент цифровой почвенной карты юга Западной Сибири, В – фрагмент цифровой карты по степени засоления почв, С – фрагмент цифровой карты по типу засоления почв

При помощи ГИС MapInfo и программы Excel были вычислены площади почв. На основе полученных данных были построены диаграмма распределения

почв по площадям, диаграммы распределения площадей почв по степени и типу засоления. В результате чего, было выявлено, что наиболее засоленными территориями юга Западной Сибири являются лесостепная и степная части Ишимской, Барабинской и Кулундинской равнин. Площадь засоленных почв равна 393304,51 кв. км., причем среди них солонцы и солончаки занимают 94491,77 кв. км. (рис. 2). По степени засоления исследуемые почвы преимущественно слабо-, средне- и очень сильнозасоленные (рис. 3). На данной территории преобладают почвы содового засоления и с участием соды в профиле почв, которые занимают по 18 % от общей площади почв (рис. 4).

Площадь, кв. км

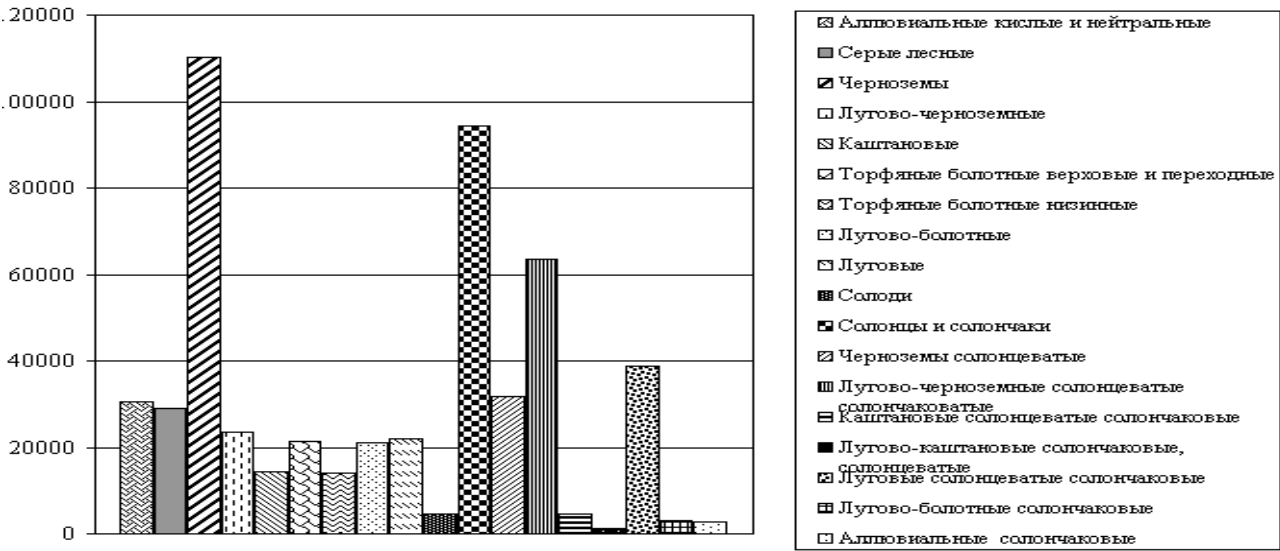


Рис. 2. Распределение почв по площадям



Степень засоления почв	Площадь, кв. км	% от общей площади
незасоленные	219583,73	36
очень слабозасоленные	13250,40	2
слабозасоленные	84353,81	14
среднезасоленные	92425,20	15
сильнозасоленные	33355,70	5
очень сильнозасоленные	92637,53	15
глубокозасоленные	9942,44	2
потенциальнозасоленные	67339,44	11
всего	612888,24	

Рис. 3. Распределение площадей почв по степени засоления

Диаграмма распределения площадей почв по типу засоления

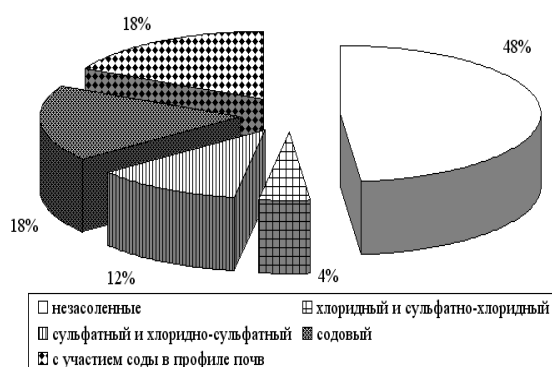


Рис. 4. Распределение площадей почв по типу засоления

Тип засоления почв	Площадь, кв. км	% от общей площади
незасоленные	296865,61	48
хлоридный и сульфатно-хлоридный	24941,19	4
сульфатный и хлоридно-сульфатный	73510,97	12
содовый	109710,7	18
с участием соды в профиле почв	107859,77	18
всего	612888,24	

Таким образом, использование ГИС-технологий позволяет существенно повысить объективность результатов по инвентаризации почвенных ресурсов, обеспечивает обработку и хранение данных о свойствах засоленных почв, открывает широкие возможности для периодического обновления данных и осуществления почвенно-экологического мониторинга.

Полученные цифровые модели засоленных почв равнинной территории юга Западной Сибири содержат в себе информацию, необходимую для принятия решений при выборе методов и способов мелиорации исследуемых почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рожков, В.А. Почвенная информатика / В.А. Рожков, С.В. Рожкова. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 189 с.
2. Дитц, Л.Ю. Методологические аспекты ландшафтно-индикационного изучения почвенного покрова (на примере Барабинской лесостепи) / Л.Ю. Дитц. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 127 с.
3. MapInfo Professional. Справочник. Русская версия.
4. MapInfo Professional. Электронный учебник. Русская версия.
5. MapInfo Professional. Руководство пользователя. Русская версия.
6. Фокина, Л.А. Картография с основами топографии: учеб. пособие для вузов / Л.А. Фокина. – М.: Гуманитар, изд. центр ВЛАДОС, 2005. – 335 с.

© Е.В. Полушина, 2007

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕКИ МИАСС

В настоящее время информационные технологии все больше проникают в различные области, работа специалистов в которых невозможна без использования картографической информации, анализа состояния местности, а также специальной, в том числе и научной информации, имеющей непосредственное отношение к объектам местности. Vitek J.D. и др. [1] определяют ГИС, как «систему, обеспечивающую ввод, манипулирование и анализ географически определенных данных для поддержки принятия решений». Информационно-логическая структура и концепция ГИС в целом позволяют считать данные системы системами анализа данных. Данная особенность позволяет использовать ГИС как системы, способные обеспечить поддержку принятия различных решений (в т.ч. научных и управленческих). Геоинформационные системы, в которых заложены определенные методики, специальные средства анализа пространственные или атрибутивных данных можно считать ГИС-технологиями.

Все большее применение геоинформационные системы и создаваемые на их основе технологии находят и в сфере изучения водных объектов. Особенностью подобных ГИС географо-экологической направленности, в основе которых лежит бассейново-ландшафтный подход, является организация значительных объемов разнородной информации, связанной с использованием водных объектов и земель в пределах водосборных территорий. Специфика и структура ГИС водохранилищ учитывает то, что это искусственные водоемы. Их главное отличие состоит в зарегулированности течения, что непосредственно отражается на водном режиме всех связанных с рассматриваемым водохранилищем водных объектов. В результате нарушаются сложившиеся природные закономерности данной системы, могут формироваться и протекать новые, слабо изученные процессы. Кроме того, в процессе использования водных ресурсов водохранилища испытывают значительную нагрузку в результате хозяйственной деятельности, что приводит к увеличению интенсивности внутриводоемных процессов, отмечается «цветение» воды, заиливание и зарастание водоема [2].

Основной целью данной работы является создание актуальной и удобной в использовании геоинформационной системы Шершневого водохранилища. Водохранилище находится в среднем течении реки Миасс на территории города Челябинска, оно является вторым в каскаде (после Аргазинского), малым по размеру, собственно река Миасс также является маловодной. Нельзя не отметить, что данный водный объект является единственным питьевым

источником не только для Челябинска, но и для других городских и сельских поселений (г. Копейск, г. Коркино, г. Еманжелинск и др.), входящих в состав Челябинской агломерации (всего 1,4 млн. чел.), имеющих единую с областным центром инфраструктуру водоснабжения.

Географическая информационная система Шершневского водохранилища является комплексной системой, содержащей информацию о р. Миасс и Шершневском водохранилище. Основной составляющей природной среды, рассматриваемой в ГИС, является состояние водных ресурсов на рассматриваемой территории. В качестве тематических подсистем рассматриваются различные объекты антропогенного воздействия.

Основным программным средством создания и актуализации топографической основы ГИС Шершневского водохранилища являлась ГИС «ИнГео». Данный программный комплекс обладает развитыми средствами создания и редактирования условных знаков, необходимых для составления карт различных масштабов. Создаваемые классификаторы удобны в использовании и отвечают требованиям оперативного редактирования электронных карт. Кроме того, незаменимым при создании ГИС водных объектов является механизм создания и установления топологических связей между различными объектами. После создания топографической основы конвертирована в ГИС MapINFO. Данный выбор объясняется необходимостью не просто постоянного поддержания семантической информации в актуальном виде, но и постоянного анализа больших массивов информации в динамике ее изменения с целью принятия различных управленческих решений. В среде MapINFO удобно проводить анализ статистической информации, графически представлять полученные результаты как картографическими методами (путем составления тематических слоев на базе топографической информации, и составлением отдельных тематических картосхем), так и при помощи средств бизнес-графики. По результатам проведения анализа информации, имеющей привязку к объектам, расчетов и их графического представления могут быть сформированы файлы отчета или рабочие наборы, которые впоследствии могут использоваться в различных организациях водного хозяйства и экологических службах при ведении ими различных систем мониторинга и статистического учета.

Основными методами создания гидрографической сети в ГИС Шершневского водохранилища является метод графов (рис. 1) для построения линейной гидрографической модели речной системы, пространственный и системный анализы, проводимые на основе созданных электронных карт и картосхем системы. Первым этапом создания этой системы являлось создание базы данных (БД) о Шершневском водохранилище. Каждый слой тематической информации может полностью или частично характеризовать тот или иной объект или явление, а также несколько различных объектов (явлений). «Каркасом» ГИС Шершневского водохранилища является электронная топографическая карта (1:100000), составленная на основе графа речной

системы и отвечающая требованиям последующего создания линейной гидрографической модели реки Миасс (часть карты представлена на рис. 2). Течение Миасса на территории Челябинской области также отображено на карте масштаба 1:50000.

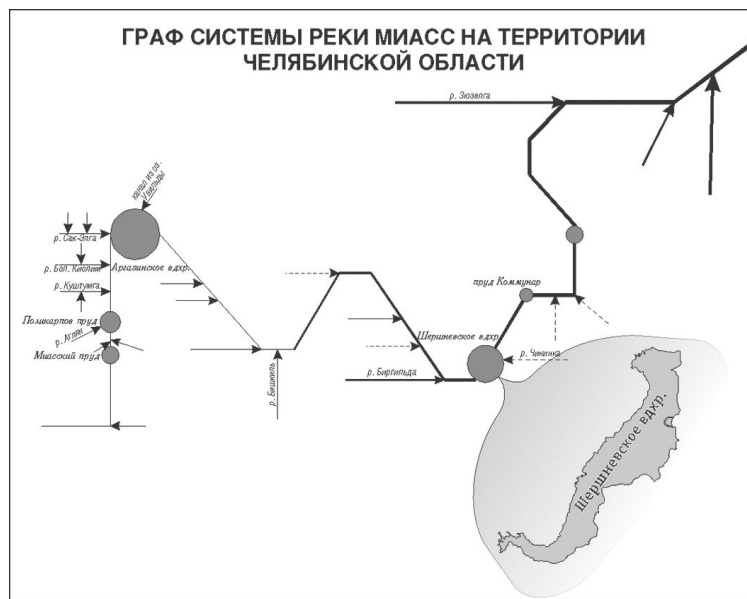


Рис. 1. Граф системы реки Миасс



Рис. 2. Топографическая основа ГИС Шершневского водохранилища

Топографическая основа масштаба 1:100000 удовлетворяет требованиям комплексного изучения и оценки состояния линейного водного объекта, такого как река Миасс. При создании ГИС линейных объектов целесообразным является принятие решения о цифровании лишь ограниченной (буферной) территории вокруг данного объекта, характеризующей состояние объекта и режим его использования. Это, с одной стороны, позволяет минимизировать временные затраты на создание топоосновы, а с другой — не перегружать систему графической информацией. Так при создании ГИС Шершневского

водохранилища для характеристики реки Миасс было принято решение об оцифровке топографической основы в пределах 2 км от реки вне земель поселений. Подобная буферная зона является достаточной для характеристики водосборной территории реки. В границах урбанизированных территорий водный объект испытывает значительно большую антропогенную нагрузку, как с точки зрения хозяйственного использования, так и с позиции загрязнения собственно водного объекта, поэтому территории городских поселений (г. Миасс и г. Челябинск) оцифрованы полностью. Русло реки Миасс извилистое, со сложным меандром, это дает возможность удобно по отношению к объектам картографированной территории располагать таблицы со статистическими данными и элементы бизнес-графики при формировании файлов отчета.

Особое внимание при формировании системы уделялось тематической нагрузке, которая создавалась преимущественно путем формирования тематических слоев, содержащих характеристики отдельных объектов хозяйственной деятельности.

Для части тематических слоев базы данных отсутствуют (там, где графическая информация исчерпывающе характеризует объект).

Тематическая информация ГИС «Шершни» объединена в следующие слои:

- Географические характеристики водных объектов;
- Гидрологические характеристики водных объектов;
- Земельно-кадастровая информация (информация о землепользованиях в пределах водосборной территории);
- Функциональное и правовое зонирование территорий поселений (земли поселений), расположенных в непосредственной близости от водных объектов;
- Прочие объекты хозяйственной деятельности (сельскохозяйственные объекты, подземная и наземная инфраструктура и т.д.), представляющие потенциальную опасность для водных объектов;
- Водоохранные зоны (с учетом требований нового Водного кодекса, рекомендаций РосНИИВХ);
- Результаты мониторинга негативного воздействия объектов хозяйственной деятельности на состояние водных объектов, имитационные модели.

Комбинирование слоев с различной информацией дает возможность проводить различные виды анализа для выявления нарушений в сфере охраны водных объектов, использования земель и расположенных на них объектов недвижимости, расположенных в водоохраных зонах и т.д.

Созданная нами система позволяет выявлять недостатки законодательного и технологического характера в части проектирования зон охраны водных объектов. Так, наложение земельно-кадастровой информации на слой водоохраных зон дает наглядное представление о несовершенстве законодательства в сфере использования водных объектов, ведь новый Водный кодекс устанавливает связь размера (ширины) водоохраной зон лишь с общими типовыми характеристиками водных объектов: установлено фиксированное

соответствие размера водоохранной зоны каждому типу водного объекта. При этом не учитывается ни экологическое состояние самого водного объекта, ни топографические особенности местности, ни характер объектов, расположенных в непосредственной близости от рассматриваемых гидрографических объектов (технологические особенности эксплуатации производственных объектов, функциональное зонирование территорий городских и сельских поселений, режим использования и соответствие разрешенному использованию земельных участков, находящихся вблизи водных объектов). Отметим и непроработанность на законодательном уровне вопроса охраны водных объектов с особым хозяйственным значением, таких как Шершневское водохранилище.

Для возможности проведения более детального анализа состояния Шершневского водохранилища на данный район создана карта более крупного масштаба (1:25000) с отображением информации, имеющей отношение только к режиму использования водохранилища и земельных угодий также в границах водосборной территории. На базе данного картографического материала также предусматривается возможность проведения имитационного моделирования различных процессов.

Следует отметить, что созданная нами ГИС Шершневского водохранилища является базовым материалом и представляет удобные механизмы для осуществления поддержки принимаемых управленческих решений в сфере использования водных объектов, земельных ресурсов, принятия законодательных решений относительно статуса и режима использования водохранилища. Особо следует отметить значение ГИС для проведения различных видов оценочной деятельности: оценки состояний водных объектов, кадастровой оценки объектов недвижимости, определения рыночной стоимости участков занятых водными объектами, а также расположенных в пределах водосборной территории.

Дальнейшей задачей совершенствования геоинформационной системы является создание программно-информационной платформы для проведения различных научных исследований, т.е. превращение ГИС в ГИС-технологию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vitek J.D., Walsh St.J., Gregory M.S. The National Science Foundation National Center for Geographic Information. P. 23.
2. Арефьев, Н.В. Бассейново-ландшафтный подход к организации экологического мониторинга гидроэнергокомплексов на основе геоинформационных технологий / Н.В. Арефьев, В.Л. Баденко, Г.К. Осипов // Гидротехническое строительство». – 1998. – № 11.
3. Берлянт, А.М. Образ пространства: карта и информация / А.М. Берлянт. – М.: Мысль, 1986. – 240 с.
4. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / А.М. Берлянт, А.В. Кошкарев.

© А.В. Бобылев, Н.С. Рассказова, 2007

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ УЧАСТКОВ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ

На сегодняшний день в России существует проблема создания унифицированного подхода при выделении участков лицензирования. Связано это, в первую очередь, с разной степенью изученности регионов и, соответственно, наличием необходимой информационной базы.

В соответствии с рекомендациями по выделению участков лицензирования перспективных на нефть и газ необходимо руководствоваться рядом условий, и в частности:

- Диапазон изменения площадей участков не должен превышать двукратной величины;
- Каждый выделяемый участок не должен, по возможности, разделять разнотипные структурно-фациальные зоны и быть однородным по общему геологическому строению и условиям нефтегазоносности;
- Выделяемые участки должны быть равноценны по экономической значимости.

При решении задач по выделению лицензионных участков, возникает ряд проблем, связанных с расчетом площадей, сопоставлением разномасштабных карт, точностью количественной оценки ресурсов нефти и газа, а следовательно, и с расчетом основных экономических показателей.

Используя ГИС-технологии в этих процессах, представляется возможным решить возникающие проблемы, повысить точность оценочных параметров, максимально избавиться от субъективности и значительно снизить время и трудоемкость работы. Кроме того, логически выстроив процессы и объединив их, можно получить ГИС позволяющую принимать управленческие решения по определению основных направлений по освоению провинции и проведению геологоразведочных работ.

Рассмотрим построение подобной ГИС на примере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

Первым этапом в построении подобной ГИС можно рассматривать выделение зон нефтегазоаккумуляции, в которых плотность распределения ресурсов и запасов на несколько порядков выше, чем на остальной перспективной территории провинции. Основной целью выделения зон

нефтегазоносности является локализация новых объектов недропользования и лицензирования. В ГИС вносятся привязанные по местности карты критериев выделения и оценки перспективных зон нефтегазонакопления, например (рис. 1):

- Корреляционные стратиграфические схемы нефтегазоперспективных комплексов;
- Структурные карты кровли (подошвы) нефтегазоперспективных комплексов;
- Литолого-палеогеографические карты осадочных комплексов;
- Седиментационные модели осадочных комплексов;
- Тектоно-седиментационные карты нефтегазоперспективных комплексов;
- Карты гидродинамического режима нефтегазоперспективных комплексов;
- Карты пространственного распределения перспективных резервуаров нефти и газа.

С помощью сопоставления карт и научно-аналитических методов прогноза выделяются зоны нефтегазоносности, хранящиеся в SHP-файле, в который так же заносится информация о площади зоны. Такие операции проводятся по всем комплексам, выявленных в провинции. Подключив SHP-файлы с зонами нефтегазоносности по всем комплексам можно провести районирование территории по перспективности нефтегазоносных комплексов (рис. 2).

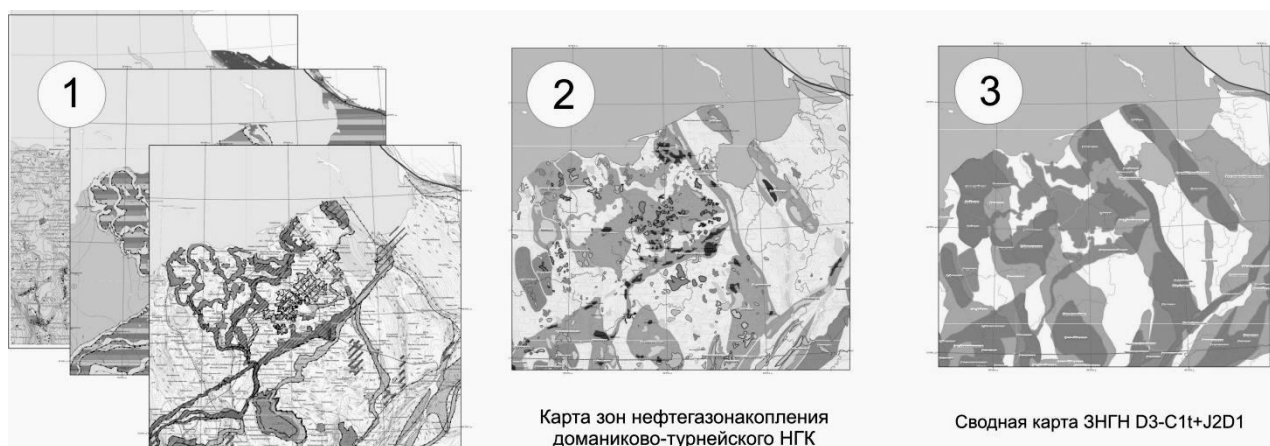


Рис.1

С запасами проделываются аналогичные операции.

Результаты оценки и оценочные параметры ресурсов, на примере нескольких зон доманиково-турнейского комплекса, представлены в табл. 1.

Прежде, чем осуществить нарезку лицензионных участков, необходимо провести геолого-экономическую оценку ресурсной базы территории лицензирования.

На *третьем этапе* проводится количественная оценка прогнозных ресурсов УВС по предлагаемому к лицензированию участку через ЗНГН, причем каждый комплекс рассматривается в отдельности. На карте с подключенным слоем ЗНГН по координатам строится лицензионный участок. С помощью инструмента “Пересечение” (Intersect) вычисляется непосредственно пересечение ЛУ с зонами и его площадь (рис. 2). Величина начальных суммарных ресурсов Q_I по участку в данном комплексе будет равна:

$$Q_{\text{геол.}} = \sum_I s_i \cdot \rho_i$$

$$Q_{\text{извл.}} = \sum_I s_i \cdot \rho_i \cdot (K_{\text{извл.н.}i} \cdot \omega_{ni} + K_{\text{извл.г.}i} \cdot (1 - \omega_{ni})),$$

где s_i – площади пересечения ЛУ с ЗНГН;

ρ_i – плотность ресурсов зоны;

$i \in I$ – количество пересечений.

Таблица 1

Название, НГК	Площадь, км ²	Оценочные параметры						Всего НСР			
		ЭУ (РУ) (Курано в А.В., 2002)	Уд. плотн. УВ, тыс. т/км ²	Коэф-т концентрации	Коэф-т извл.		Доля нефти, %	НСР, геоло- гическ ие	НСР, извле каемы е	в т.ч.:	
					нефть	газ				нефть	газ
Северо-Сорокинская											
D3dm-C1t	434,0	ЭУ19	77,892	1	0,32	1	100%	33,805	10,818	10,818	0,000
D3dm-C1t	338,0	РУ58	56,861	1	0,32	1	100%	19,221	6,151	6,151	0,000
Всего по зоне:	772,0							53,026	16,968	16,968	0,000
Харьгинская											
D3dm-C1t	60,0	РУ31	249,104	1	0,34	1	94%	14,946	5,698	4,764	0,934
D3dm-C1t	247,0	РУ36	39,746	1	0,3	1	100%	9,817	2,945	2,945	0,000
D3dm-C1t	450,8	РУ38	315,031	1	0,46	1	100%	142,016	65,327	65,327	0,000
Всего по зоне:	757,8							166,779	73,971	73,037	0,934
Табьягская											
D3dm-C1t	913,9	РУ29	0,932	1	0,24	1	100%	0,852	0,204	0,204	0,000
Всего по зоне:	913,9							0,852	0,204	0,204	0,000

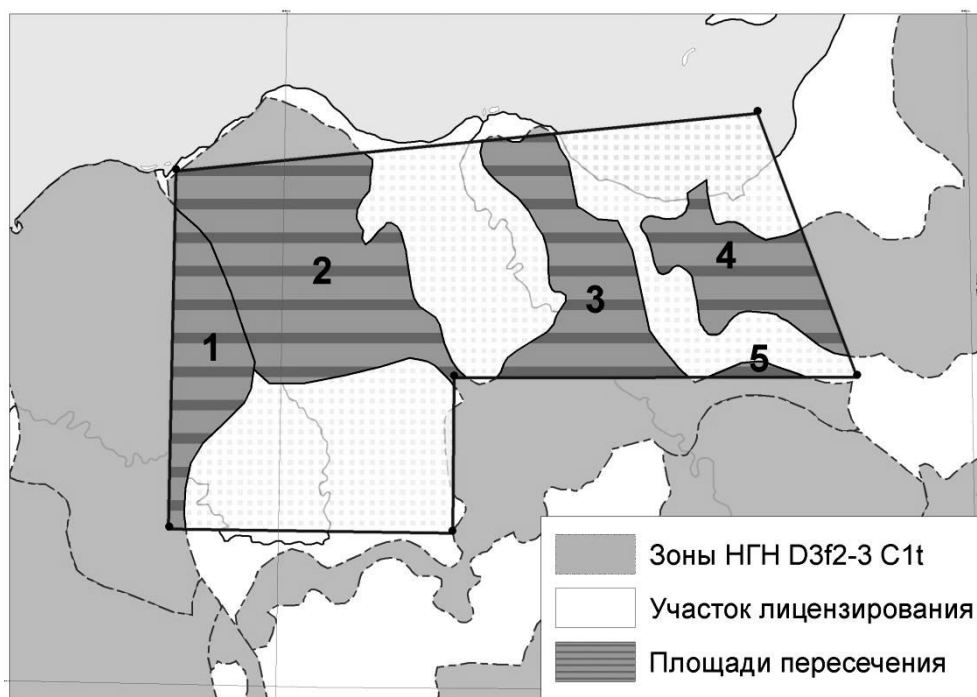


Рис. 2

Проведя подобные операции по всем нефтегазоносным комплексам, получаем количественную оценку ресурсной базы в пределе участка:

$$Q_{\text{общ}} = \sum_K Q_k$$

где K – число нефтегазоносных комплексов.

Рассматривая количественную оценку прогнозных ресурсов покомплексно, представляется возможным сделать некоторые первоначальные выводы, т.е. не переходя к рассмотрению локальных объектов, о ценности недр на рассматриваемом лицензионном участке, так как глубина залегания является одним из основных показателей, влияющих на затраты на освоение. Таким образом, варьируя координаты участка, можно “налету” увидеть, каким образом изменяется при этом количество запасов и начальных прогнозных ресурсов внутри участка в целом и покомплексно.

Геолого-экономической оценкой объектов резервного, а так же перспективного фонда и участка в целом является определение потенциального эффекта в денежном выражении, получаемого при переводе ресурсов нефти и газа в запасы и при их дальнейшем освоении. Геолого-экономическая оценка перспективных ресурсов нефти и газа объектов резервного фонда, существенно отличается от оценки прогнозных ресурсов, поскольку в отличие от прогнозных ресурсов перспективные являются локализованными, т.е. связанные с определенным геологическим объектом с присущими ему характеристиками. Таким образом, увеличивается число рассматриваемых параметров, необходимых для оценки, это усложняет, а точнее, переводит процесс оценки от глобальных к локальным объектам.

На базе построенной ГИС, присовокупив данные по фонду структур, а так же данные по уже выявленным залежам с учетом встроенного модуля расчета

технико-экономических показателей, представляется возможным провести расчет экономических параметров объекта лицензирования, таких как:

- Ценность недр по нефти и газу;
- Чистый дисконтированный доход (ЧДД - NPV);
- Индекс доходности (ИД - PI);
- Период окупаемости капитальных вложений;
- Внутренняя норма рентабельности (ВНР - IRR).

Таким образом, используя ГИС-технологии, представляется возможным построить логическую систему, предназначенную для принятия управленческих решений по определению основных направлений освоения провинции, а при расширении ГИС, и других районов России. Сбор и постоянная актуализация геоданных предоставит возможность проводить анализ внутри региона, дифференцировать районы и регионы в целом по перспективности, а так же позволит сформировать стратегию изучения и освоения нефтегазового потенциала.

© П.Е. Малиновский, Т.Н. Щепелина, Е.В. Толкова, 2007

УДК 004:71

Д.Б.Буренков, П.П. Мурзинцев

ИЯФ СО РАН, СГГА, Новосибирск

ПОСТРОЕНИЕ 3D-МОДЕЛИ ГОРОДА, ПОСЕЛКА, НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

Цели и задачи:

- Получить трехмерную модель города, поселка, населенного пункта.
- Иметь возможность перемещаться по данной модели.
- Выбирать объекты и выводить информацию по выбранным объектам.

Данная работа должна быть интересна в первую очередь администрациям городов и населенных пунктов. Наглядное представление инженерно-топографической информации в виде цельного, объемного изображения. Трехмерная модель города, поселка, населенного пункта, со всеми коммуникациями. Простота навигации и быстрый выбор нужного объекта. Более полное представление ситуации на местности.

Разрабатываемая программа может быть использована как графическая составляющая ГИС-приложения.

Инженерно-топографическая информация цифрового плана масштаба 1:500 представлена в основном на плоскости. Пример программный комплекс MapInfo. При настоящем развитии компьютерной техники появилась возможность получить трехмерные модели цифрового плана масштаба 1:500. Причем модели не только зданий и сооружений, но и подземных и наземных коммуникации (дорог, газонов, линий электропередач, канализаций, трубопроводов, различной растительности и т.д.)

Разрабатываемое программное обеспечение использует файлы созданные в программе MapInfo и строит трехмерную модель, опираясь на классификатор инженерно-топографической информации. Данные об объектах берутся непосредственно из таблицы слоя. Для примера рассмотрим слой “Здания из дерева”. Слой представлен двумя файлами с расширением MID/MIF. Рассмотрим файл с расширением MID содержащий семантическую информацию. В качестве основы берется код объекта – например 44230000. Этот код обозначает здание жилое неогнестойкое. Далее в таблице указывается этажность например 2 этажа, материал сооружения – дерево, функциональное назначение, тип улицы, название улицы и номер дома. Для построения трехмерного объекта из данной таблицы берется код, этажность и материал. На основе этих данных рисуется двухэтажный деревянный дом. Информация о местоположении данного дома и его конфигурации находится в файле с расширением MIF. В итоге мы получаем здание с координатной привязкой к местности нужной нам высоты из нужного нам материала. Хотелось бы сразу отметить и недостатки данного способа. Зачастую в программе MapInfo над одним проектом работают несколько человек и как правило этот проект постоянно обновляется, добавляются новые слои, стоятся-сносятся здания, и получается, что часть информации допустим о зданиях просто оказывается не внесенной. Например, в графе материал вместо деревянного здания стоит просто прочерк. Конечно, это скорее исключение из правил, но для построения корректной и достоверной модели требуется по возможности полная информация.

В настоящий момент идет разработка программного обеспечения для создания трехмерной модели города, поселка, населенного пункта. Создан блок для импорта данных из формата MID/MIF. Разработаны структуры для хранения и быстрой визуализации данных. Написаны алгоритмы визуализации, разбиения пространства на области, выборка областей, выбор отдельных объектов, отсечения по пирамиде видимости и ряд других алгоритмов. Есть работающий пример программы для визуализации города Новосибирска.

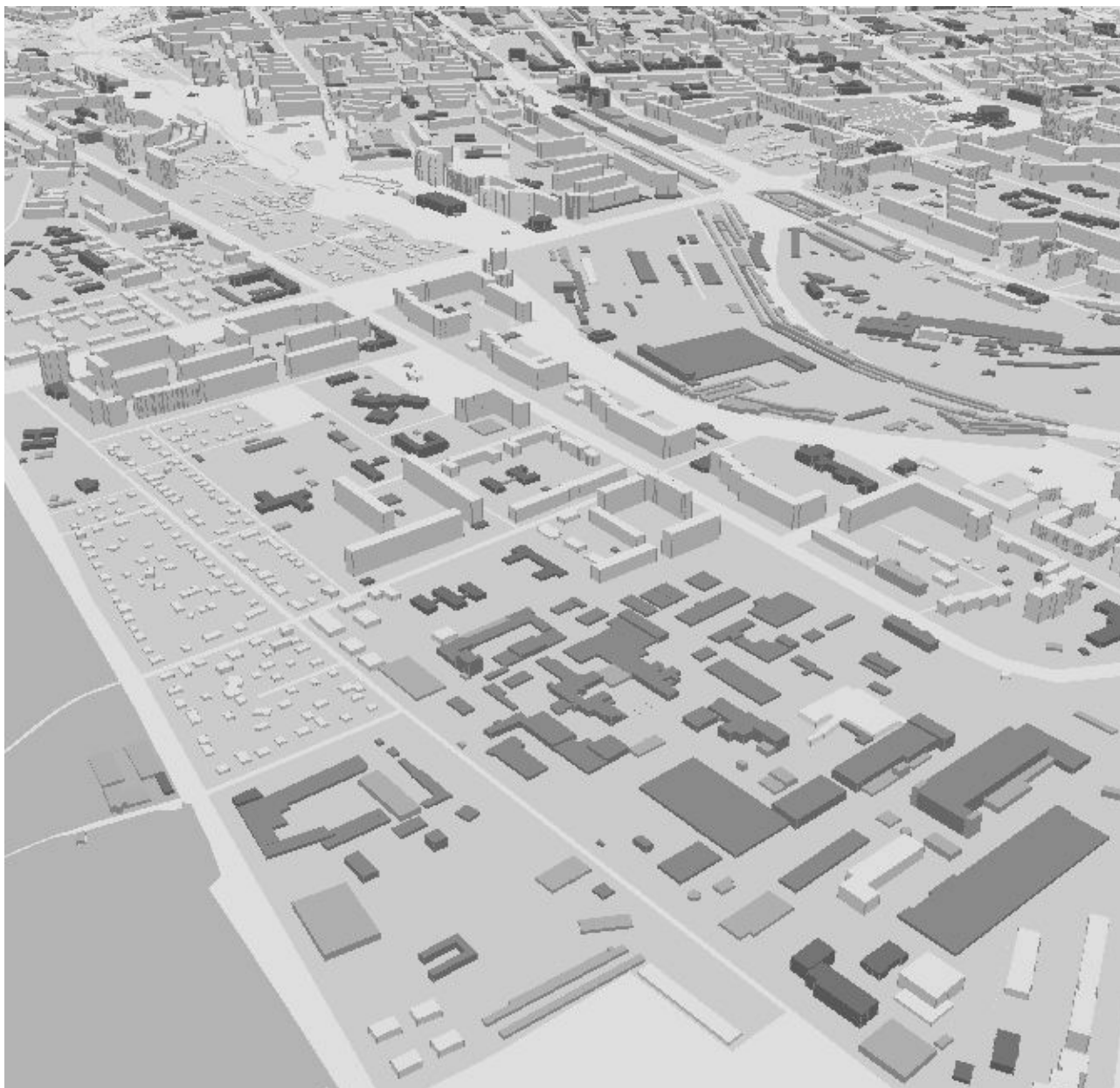


Рис. 1. Город Новосибирск

На стадии разработки программа для визуализации поселка Белый Яр. Сделана попытка показать все коммуникации, растительность и возможно рельеф местности. В ней применено текстурирование (наложение фотографий на объекты), что дает более реалистичное изображение. Созданы шаблоны объектов (точечные объекты столбы, деревья, колодцы выполнены в виде готовых шаблонов) дающие большую гибкость и простоту адаптации для разных проектов.

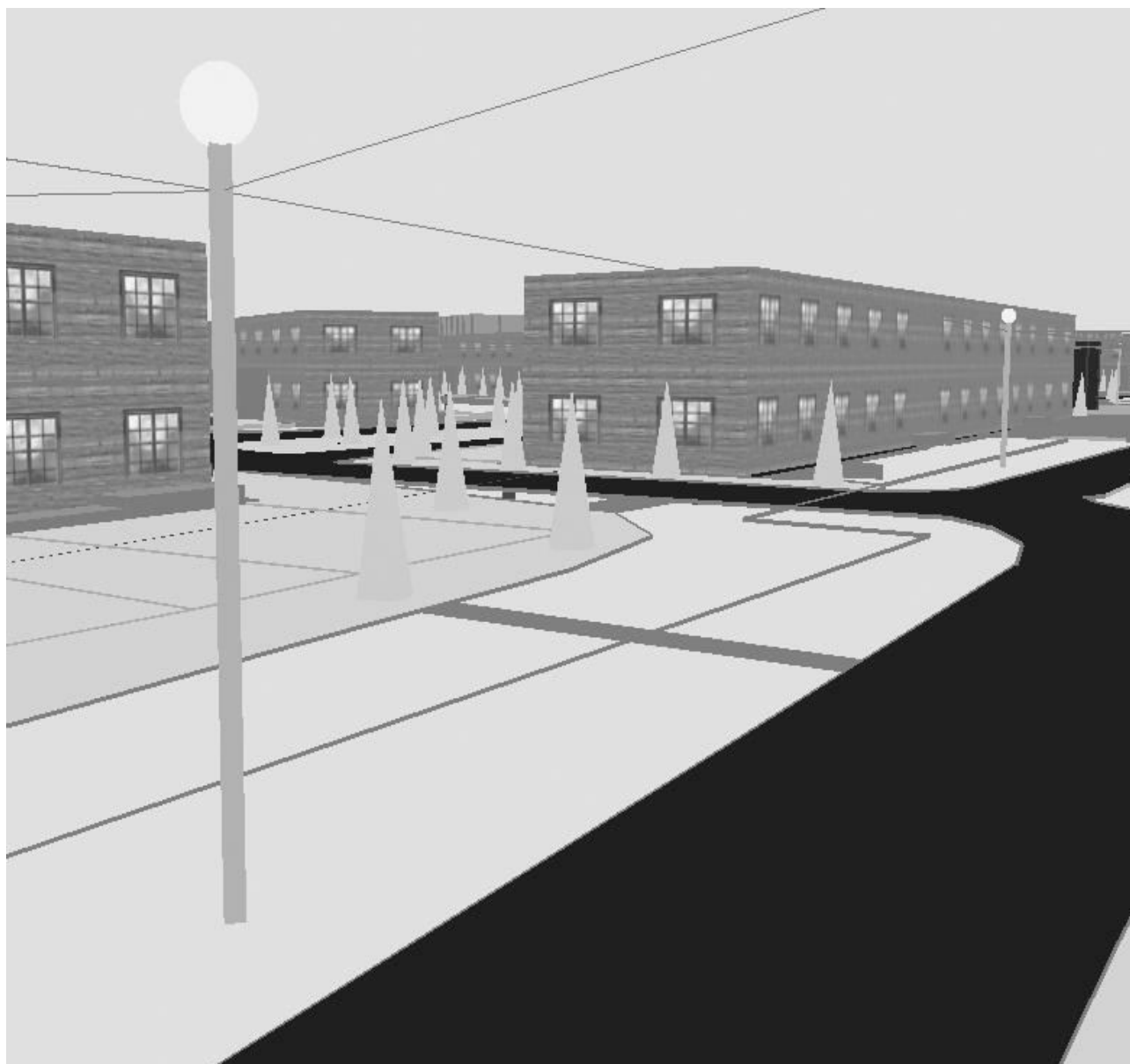


Рис. 2. Поселок Белый Яр



Рис. 3. Поселок Белый Яр

Программы написаны на языке программирования C++ Builder 6.0 с использованием библиотек визуализации OpenGL. Минимальная конфигурация системы Pentium 4, ОЗУ от 256 мб, видео от GeForce 2 MX400.

© Д.Б. Буренков, П.П. Мурзинцев, 2007

БАЗЫ ДАННЫХ ПРИРОДНОГО И КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ: ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Челябинская область обладает не только крупным промышленным, оборонным, научным и сельскохозяйственным, но и рекреационно-туристским потенциалом. Живописные природные ландшафты, разнообразные лечебные факторы всегда привлекали и привлекают многочисленных гостей. Значительную часть рекреационно-туристского потенциала области составляют природоохранные территории. Они занимают 904 тыс. га, т.е. примерно её десятую часть. Значительным разнообразием отличается рельеф области: Уральские горы и Зауральская равнина, в пределах которой выделяют три природные зоны (лесную, лесо-степную и степную).

Горы занимают северо-западную часть области. Они сложены, в основном, мягким известняком, хорошо поддающимся карстованию. Поэтому здесь повсеместно встречаются различные карстовые образования: воронки, глубокие ущелья, пещеры, пещерные города. Их насчитывается в области более двухсот. Среди них знаменитая Игнатьевская пещера с рисунками человека эпохи палеолита. Горные ландшафты используются для целей альпинизма, спелеотуризма и горно-лыжного спорта. В Челябинской области сегодня насчитывается 15 горно-лыжных баз и курортов. Наиболее популярными являются Абзаково, Аджигардак, Трехгорный. Внимание туристов привлекают также озера области. Их общее количество составляет около 3000. Химический состав озерных вод Челябинской области удивительно разнообразен. Многие озера обладают ценнейшими бальнеологическими свойствами, представляют ценность в качестве промысловых и используются для разведения различных пород рыб, а также являются местом гнездования перелетных птиц. Велика ценность озер как источников водоснабжения для хозяйственных и питьевых нужд. На территории области расположены многочисленные памятники истории, культуры и архитектуры. Значительное количество природных и культурных объектов в области и разнообразие их использования привело к большому спросу на информацию о них. В связи с этим возникла задача создания баз данных, обеспечивающих разнообразные запросы населения.

Базы данных (БД) являются информационным ядром любой географической информационной системы (ГИС) и наиболее важным её компонентом. В последнее время наибольшее распространение получили тематические базы данных. Они служат средством для удобного представления информации не только для демонстрационных целей, но для целей хранения и поддержания информационных ресурсов, а также для целей кадастровой оценки земель под объектами.

В Южно-Уральском университете на кафедре градостроительства дипломниками под руководством специалистов кафедры уже несколько лет ведется работа по созданию тематических баз для различных целей, в том числе и с целью

кадастровой оценки земель. На сегодня созданы 4 базы данных: «Памятники природы», «Горно-лыжные курорты», «Озера области», «Археологические памятники». Актуальность проведенной работы по созданию БД продиктована необходимостью создания комплексных и открытых систем по хранению информации о памятниках Челябинской области, позволяющих обеспечивать легкость модификации, отладки, систематизации, хранения, отображения и распространения данных, доступных не только разработчику, но и пользователям.

Базы данных создавались с помощью пакета Borland Delphi 7, в качестве языка программирования использовался язык Delphi. Среда разработки Borland Delphi уже на протяжении десяти лет является мощным и одновременно удобным инструментом для создания Windows-приложений любого уровня сложности. Созданные при помощи Borland Delphi 7 системы управления базами данных (СУБД) предназначены для хранения, систематизации, поиска и отображения сведений о природном и культурном наследии Челябинской области.

Для создания базы данных памятников природного и культурного наследия области в Borland Delphi были решены следующие задачи:

1. Собран и систематизирован материал по памятникам природы и особо охраняемым территориям Челябинской области.
2. Разработана кадастровая классификация по каждому из указанных выше тематических направлений баз.
3. На базе классификаторов созданы база данных и системы управления ими в среде Delphi на языке Object Pascal.
4. Проанализированы особенности кадастровой оценки территорий, занятых под памятниками природы и культуры и особо охраняемыми территориями. Установлены закономерности их распределения по природным зонам.

Опыт создания баз данных показал, что основными проблемами, возникающими при их создании, являются 4 основные проблемы. Первая проблема связана с ограниченным доступом к информации, неполнотой данных или их полным отсутствием. Вторая проблема является следствием первой и возникает при создании кадастрового классификатора, основанного на систематизации данных. Третья проблема состоит в разработке форм баз данных, удобных для различных пользователей. Четвертая проблема возникает при регистрации баз данных при установлении её правообладателей (проблема интеллектуальной собственности). Покажем процесс разработки баз данных на примере БД «Озера Челябинской области».

Для создания базы данных озер Челябинской области проведена их систематизация и на ее основе выполнена кадастровая классификация озер. Систематизация озер проводилась по следующим признакам: расположение, происхождение котловины, морфометрические показатели, химический состав, водный режим использования. В БД представлена также дополнительная атрибутивная и картографическая информация.

Одной из проблем, возникшей при разработке этой БД и отмеченной нами выше, являлась неполнота данных о малых озерах области или её отсутствие. Выяснилось, что наиболее широко освещены в литературе озера – памятники природы. К ним относятся в основном крупные озера Челябинской области. Задачей создания базы данных «Озера Челябинской области» являлось представление информации в удобной форме, т.е. создание форм удобных для пользователей, преследующих различные цели получения информации. Необходимо было создать базу, достоинством которой являлась бы простота ее обновления и возможность пополнения базы по мере накопления и изменения информации. В результате нами было разработано пять форм. К сожалению, из-за ограниченности тестовой информации мы не можем привести все формы, поэтому представим только основные. Первая форма выполнена в виде заставки «Озера Челябинской области» На ней расположены кнопки «База данных», открывающая вторую (основную) форму и форму 3 «Помощь». Вторая (основная) форма базы данных «Озера Челябинской области» содержит информацию об озерах в табличном, текстовом и графическом виде (рис. 2).

Название	Район	Кол. фото
Увильды	Аргаяшский	5
Аракуль	Каслинский	5
Зораткуль	Саткинский	5
Кисегач Б.	Чебаркульский	4
Тургояк	г. Миасс	4
Аргазин	Аргаяшский	2
Иткуль	г. В. Уфалей	2
Еланчик Б.	г. Миасс	2
Еловое	Чебаркульский	1
Кундровинское	Чебаркульский	1
Чебаркуль	Чебаркульский	1

Площадь, кв. км	Ранг по размеру	Макс. глб., м	Сред. глб., м	Объем, кв. м	Высота, м	Длина, км	Ширина, км
68.1	4	38	14.2	1014	274	13.5	9
3	2	11	5	22			
13.2	3	8	4.5	79	724		
15.4	3	29.7		268.2		6.3	2.5-4.5
26.4	3	32.5	19.2	507			
113	5	9.5	8.5	980	269	22	11.6
30.1	3	14.6	7.8	234.8			

Соли, мг/л	Ранг	Категория	Состав
278.6	1	пресное	HC03-CaSO4
214.2	1	пресное	HC03-Ca
121.6	1	пресное	HC03-Ca-Mg
116.2	1	пресное	HC03-S04-Ca
	1	пресное	
167.2	1		HC03-Ca

Рекреационные характеристики

Происхождение: Тектоническое

Экология: экологически чистое

Режим: б/с

Источники питания: р. Черемшанка, атм. осадки, гр. воды

Использование: рекреационное, бальнеологическое,

Топонимика: "С башкирского - "большая чаша""

Дополнительная информация

Самое большое озеро на Южном Урале. Около озера радоновые источники, на базе которых создан курорт "Увильды". Кроме этого - еще около 80 здравниц. 36 островов.

Географическая карта

Увеличить

Размеры фото: В 630, Н 605, Кб

Загрузить

Рис. 2. Основная форма «База данных «Озера Челябинской области»

Она представляет собой набор связанных между собой файлов, в которых информация представлена в виде записей. Каждая запись содержит информацию об одном озере. Записи состоят из полей. Каждое поле содержит информацию об одной характеристике озера. Поля скомпонованы по группам: название и район расположения; морфометрические характеристики,

минерализация, землепользователь и статус; рекреационные характеристики, фотографии; карта-врезка местоположения гидрологического объекта. На картах содержится полная информация о инфраструктуре, хозяйственном, рекреационном и промышленном использовании каждого конкретного озера.

На основной форме активными являются кнопки навигации, кнопка «Показать список» для перехода к форме 4 «Памятники природы» (рис. 3), а также дополнительная кнопка «Фотогалерея» с целью демонстрации фотографий водного объекта (форма 5).

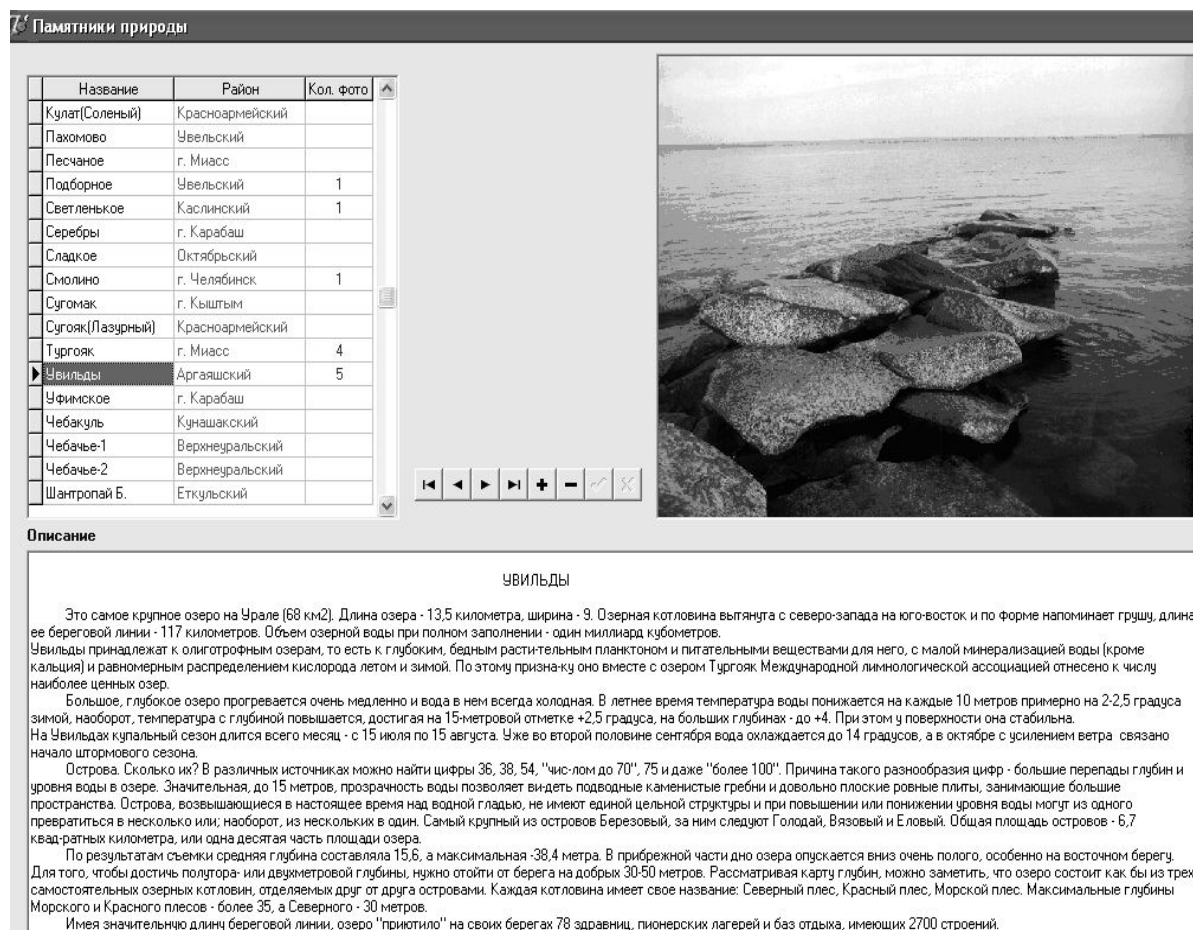


Рис. 3. Форма «Памятники природы»

На основной форме предусмотрена возможность сортировки списка озер, занесенных в базу данных по различным характеристикам.

Форма «Памятники природы» содержит список озер, отнесенных к гидрологическим памятникам природы. На форме представлено описание каждого озера и его фотография. Для просмотра других фотографий подключается форма «фотогалерея».

СУБД «Озера Челябинской области» осуществляет ряд функций. Функция «быстрый поиск» позволяет найти озеро по названию. Для этого в строке быстрого поиска с клавиатуры вводится название. Функция «сортировка» позволяет сортировать данные по следующим характеристикам: названия озер по алфавиту; по районам; по площади; по рангу в соответствии с площадью зеркала (в убывающем порядке), по высоте над уровнем моря; по минерализации, по

количеству фотографий в фотогалерее. Для выполнения этой функции устанавливается галочка над столбцом «Название» (см. рис.2). С помощью СУБД осуществляется также навигация: увеличение или уменьшение изображений, редактирование и пополнение базы новой информацией. Достоинством базы данных является простота ее обновления и пополнения по мере накопления и изменения информации. Для добавления записей на разработанной нами форме предусмотрена панель кнопок. При появлении новой записи во всех таблицах добавляется новая строка, отмеченная звездочкой. В текстовые поля можно вносить информацию: о землепользователях, статусе гидрологического объекта, его происхождении, экологическом состоянии режиме, источниках питания, топонимике и другую (дополнительную) информацию. Например, если озеро является памятником природы, то в текстовое поле необходимо ввести цифру 1 (в данном случае цифрой указывается приоритет объекта), в окно, расположенное под кнопкой «Показать список». Озеро автоматически добавляется в список памятников природы.

В СУБД предусмотрено добавление фотографий и карт. Перед добавлением изображения необходимо выделить нужную строку записи и нажать кнопку «загрузить». После открытия диалогового окна указать путь к «подгружаемому» изображению. Аналогичным способом добавляются изображения на форме «Фотогалерея». При этом подгружаемые изображения должны иметь формат *.bmp (точечный рисунок) и размер не более 2 Мб. Любая запись базы данных подлежит редактированию. Для этого необходимо внести изменения в нужное поле и оно автоматически сохранится. Для удаления необходимо выделить нужную запись и нажать кнопку (-). При этом будут удалены все данные из всех полей и изображения. Достоинством созданной и описанной выше базы данных является её ориентация на широкий круг пользователей, а также в учебном процессе при изучении дисциплины «Географические информационные системы», в разделе «Базы данных». Недостатком баз данных и основным отличием от ГИС является использования растровой картографической информации (рис. 2), которая для добавления данных предполагает использование сканерной технологии и не позволяет вносить изменения и дополнения на карту непосредственно.

Таким образом, разработанные нами базы данных могут быть использованы как в качестве эффектного и высокоэффективного источника наглядной тематической (краеведческой) информации, так и в качестве электронного архива - информационного ядра ГИС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жуков, В.Т. Математико-картографическое моделирование в географии / В.Т. Жуков, Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. – М.: Мысль, 1980. – 224 с.
2. Горное сердце края. Заповедные уголки Южноуралья / Сост. А.П. Моисеев. – Челябинск: Рифей, 1994.
3. Кошкарев, А.В. Региональные геоинформационные системы / А.В. Кошкарев, В.П. Ка-ракин. – М.: Наука, 1987. – 128 с.

4. Шайтура, С.В. Геоинформационные системы и методы их создания / С.В. Шайтура. – Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 1998. – 252 с.

© *Н.С. Рассказова, 2007*

ЦИФРОВОЙ НИВЕЛИР

Нивелир (от франц. *niveler* — выравнивать, *niveau* — уровень), геодезический инструмент для измерения превышения точек земной поверхности — нивелирования, а также для задания горизонтальных направлений при монтажных и т.п. работах. Наибольшее распространение имеют оптико-механические нивелиры, потому что они зарекомендовали себя как надежный инструмент.

Но так как оптический нивелир имеет только одну степень автоматизации в виде функции самоустановки в горизонт визирной оси, то многим производителям геодезического оборудования было что совершенствовать. И благодаря развитию электронных технологий за последнее десятилетие следующим шагом развития этого направления, стало появление цифровых нивелиров.

Различные производители используют обозначения Digital Level, поэтому в России их называют электронными или цифровыми.

Главной особенностью данных инструментов является возможность автоматического снятия отсчета по специальной штрихкодовой рейке. Для этого рейка должна быть достаточно освещена.

По всей длине рейки штрихкод не повторяется и, таким образом, позволяет определить высоту от пятки рейки до места наведения горизонтальной нити трубы нивелира. Инструмент может измерить расстояние до рейки с точностью до 0,5 м.

Он снабжен процессором, позволяющим выполнять вычисления превышений и отметок, жидкокристаллическим дисплеем для вывода результатов на экран, а также внутренней памятью для записи данных в цифровом виде. Благодаря передовым технологиям цифровые нивелиры обеспечивают возможность облегчить работу исполнителя в поле и значительно увеличить производительность труда. Поскольку они считывают и записывают данные в цифровой форме, то ошибки наблюдателя исключаются — еще более снижая затраты и обеспечивают целостность результатов. Возможность измерения расстояний позволяет контролировать расстояние до передней и задней реек и соблюдать равенство плеч в нивелирных ходах.

Кроме экрана цифровой нивелир снабжен клавиатурой для управления прибором и ввода различной информации: номеров нивелируемых точек, отметки нивелирных реперов и др. С помощью встроенного программного обеспечения можно управлять работой инструмента, выполняя измерения по определенной методике.

Данные измерений и вычислений записываются в виде файла, который можно «пролистать» на экране или «перенести» в персональный компьютер с помощью разъема RS_232C и специального кабеля. В некоторых цифровых

нивелирах данные записываются на Flash_карты (PCMCIA или собственного формата).

Точные измерения высот могут быть переданы в различные пакеты программ по геодезии и проектированию, включая все офисные программы.

Одной из первых компаний, начавшей разработку и выпуск цифровых нивелиров является Zeiss (Германия), которая в настоящее время принадлежит известной компании Trimble Navigation. Цифровые нивелиры производят и другие зарубежные компании: Leica Geosystems, Topcon Corp., Sokkia, Nikon [2].

Цифровые нивелиры DiNi фирмы Trimble

Компания Trimble Navigation предлагает на российском рынке цифровые нивелиры серии DiNi, включающие модели DiNi 12, DiNi 12T и DiNi 22.

DiNi 12 или 12T идеально подходят для точных измерений превышений и расстояний. При использовании вместе с инварными рейками среднее квадратическое отклонение на 1 км двойного хода составляет всего 0,3 мм.



При использовании складных инженерных реек среднее квадратическое отклонение не превышает 1,0 мм. DiNi 12T совмещает в себе функцию точного нивелира с возможностью определения плановых координат пикетных точек. Наличие электронного горизонтального круга позволяет измерять горизонтальные углы с точностью 6", а использование 50 см сегмента рейки обеспечивает повышение точности измерений превышений.

Цифровой нивелир DiNi 22 создан для решения инженерно-строительных задач, где не требуется высокая точность.

Средние квадратические отклонения на 1 км двойного хода нивелирования составляют 1,3 мм со складной рейкой или 0,7 мм с инварной рейкой.

В случаях, когда наблюдать всю рейку из-за условий местности и других препятствий невозможно, для измерения превышений и расстояний до достаточно «видеть» всего 30 см рейки.

Области применения цифровых нивелиров:

- Нивелирование для определения уклонов и построения профилей;
- Съёмки зон оседания;
- Наблюдения за деформациями зданий и сооружений;
- Проложение нивелирных ходов вдоль железнодорожных путей;
- Нивелирование проезжей части дорожного полотна;
- Русловые съёмки;
- Площадное нивелирование.

Совершенствование геодезических приборов продолжается. Это происходит благодаря: общему развитию электроники, компьютерной техники и цифровых технологий; увеличивающимся потребностям инженерно-геодезического обеспечения; росту требований к точности и

производительности инструментов; возрастающей конкуренции в среде производителей приборов и исполнителей работ. Нивелиры остаются по-прежнему самым массовым геодезическим инструментом и области их применения постоянно расширяются.

Технические характеристики электронных нивелиров DiNi			
	DiNi 12	DiNi 12T	DiNi 22
Точность измерения превышений (электронные измерения)			
Среднее квадратическое отклонение на 1 км двойного хода			
— инварная рейка с кодовой разметкой	0,3 мм	0,3 мм	0,7 мм
— складная инженерная рейка с кодовой разметкой	1,0 мм	1,0 мм	1,3 мм
Точность измерения расстояний (электронные измерения)			
В режиме тахеометра (50 см сегмент рейки, дальность 20 м)			
— инварная рейка с кодовой разметкой	0,5 D x 0,001 м (D — расстояние в м)		
— складная инженерная рейка с кодовой разметкой	1,0 D x 0,001 м (D — расстояние в м)		
В режиме нивелира (30 см сегмент рейки)			
— инварная рейка, с кодовой разметкой	20 мм	20 мм	25 мм
— складная инженерная рейка с кодовой разметкой	25 мм	25 мм	30 мм
Измерения горизонтальных углов			
Внешний размеченный круг			
Точность взятия отсчета	—	0,10	—
Электронный круг (с абсолютным кодом)			
— единицы измерения	—	градусы/градусы	—
— Среднеквадратическое отклонение одного направления		6''	
Диапазон измерений расстояний до рейки			
Электронные измерений	Электронные измерений от 1,5 до 100 м		
Визуальные измерений	Визуальные измерений от 1,3 м		
Время измерений			
Высоты и расстояния	3 сек	3 сек	2 сек
Углов	—	0,3 сек	—
Увеличение зрительной трубы	32х	32х	26х
Компенсатор			
Диапазон работы	15'	15'	15'
Точность установки	0,2''	0,2''	0,5''
Запись данных			
Память PCMCIA карта от 256 Кб до 8 Мб Встроенная на 2200 строк данных			
On_line Интерфейс RS_232 C для внешней связи (передача и дистанционное управление)			
Источники питания 6В, 1,1А, время зарядки 1 ч			
Время работы батареи 3 дня 3 дня 1 неделя			
Рабочие температуры -200С до +500С			

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лит.: ГОСТ 10528-69, Нивелиры; Гусев Н.А. Маркшейдерско-геодезические инструменты и приборы, 2 изд., М., 1968; Деймлих Ф. Геодезическое инструментоведение, М., 1970.
2. Евстафьев, О.Е. Нивелиры – от оптических до электронных / О.Е. Евстафьев // Геопрофи. – 2003. – № 1. – С. 42–45.
3. Руководство по эксплуатации нивелиром DiNi12.

© Е.Ю. Тюшевский, 2007

УДК 528.11

А.Г. Неволин, Т.С. Хатоум

СГГА, Новосибирск

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ПРИ ТРЕХМЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕСТНОСТИ

Необходимо отметить, что точность геопространственных данных регламентируется точностью взаимного расположения элементов инженерных сооружений. Это имеет место при трёхмерном сканировании архитектурных объектов, при выполнении фасадной съёмки, определении параметров технологического оборудования и т. д. В таких случаях требуется выполнять детальную оценку точности, а также вычислять погрешности взаимного положения пунктов, расположенных в трёхмерном пространстве.

Трёхмерные модели объектов, полученные на основе трехмерного лазерного сканирования или в процессе съёмки безотражательным электронным тахеометром, позволяют устанавливать размеры отдельных элементов, их геометрические параметры, определять расстояния между конкретными точками трехмерного пространства. Например, при фасадной съёмке зданий, реставрации архитектурных памятников и уникальных сооружений, целесообразно определять размеры их элементов, измерять высоты, площади, объёмы и другие параметры таких объектов.

Для определения геометрических параметров трёхмерных объектов целесообразно установить точность, с которой определяются расстояния между любыми точками 3D – пространства.

Пусть известна ковариационная матрица координат двух пунктов i и j . Запишем эту матрицу для данных пунктов в общем виде:

$$K_{6 \times 6} = \begin{bmatrix} m_{x_i}^2 & m_{x_i y_i}'' & m_{x_i z_i}'' & m_{x_i x_j}'' & m_{x_i y_j}'' & m_{x_i z_j}'' \\ m_{x_i y_i}'' & m_{y_i}^2 & m_{y_i z_i}'' & m_{y_i x_j}'' & m_{y_i y_j}'' & m_{y_i z_j}'' \\ m_{x_i z_i}'' & m_{y_i z_i}'' & m_{z_i}^2 & m_{z_i x_j}'' & m_{z_i y_j}'' & m_{z_i z_j}'' \\ m_{x_i x_j}'' & m_{y_i x_j}'' & m_{z_i x_j}'' & m_{x_j}^2 & m_{x_j y_j}'' & m_{x_j z_j}'' \\ m_{x_i y_j}'' & m_{y_i y_j}'' & m_{z_i y_j}'' & m_{x_j y_j}'' & m_{y_j}^2 & m_{y_j z_j}'' \\ m_{x_i z_j}'' & m_{y_i z_j}'' & m_{z_i z_j}'' & m_{x_j z_j}'' & m_{y_j z_j}'' & m_{z_j}^2 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Данная матрица $K_{6 \times 6}$ содержит необходимую информацию для строгой оценки длины пространственной линии S_{ij} . На основании известных свойств ковариационных матриц можно получить искомую оценку

$$m^2_{S_{ij}} = U_{1 \times 6}^{(s)} K_{6 \times 6} U_{6 \times 1}^{(s)}, \quad (2)$$

где $m_{S_{ij}}$ – средняя квадратическая погрешность длины пространственной линии; $U_{1 \times 6}^{(s)}$ – оператор преобразования.

Данный оператор в виде матрицы – строки представляет частные производные от функции, выражающей длину линии S_{ij} , по координатам пунктов i и j .

$$U_{1 \times 6}^{(s)} = \left[\frac{\partial S_{ij}}{\partial x_i} \quad \frac{\partial S_{ij}}{\partial y_i} \quad \frac{\partial S_{ij}}{\partial z_i} \quad \frac{\partial S_{ij}}{\partial x_j} \quad \frac{\partial S_{ij}}{\partial y_j} \quad \frac{\partial S_{ij}}{\partial z_j} \right]. \quad (3)$$

Выразим длину пространственной линии S_{ij} через координаты данных пунктов.

$$S_{ij}^2 = \Delta x_{ji}^2 + \Delta y_{ji}^2 + \Delta z_{ji}^2. \quad (4)$$

После дифференцирования формулы (4) согласно (3) напишем:

$$U_{ij}^{(s)} = \frac{2}{S_{ij}} [-\Delta x_{ji}, -\Delta y_{ji}, -\Delta z_{ji}, \Delta x_{ji}, \Delta y_{ji}, \Delta z_{ji}]. \quad (5)$$

Таким образом, искомую оценку $m^2_{S_{ij}}$ можно получить после перемножения матриц в правой части формулы (1).

Для упрощения расчётов по оценке точности длин пространственных линий предположим, что матрица $K_{6 \times 6}$ имеет диагональный вид, то есть ошибки положения пунктов независимы:

$$K_{6 \times 6} = \begin{bmatrix} m^2_{x_i} & & & & & \\ & m^2_{y_i} & & & & \\ & & m^2_{z_i} & & & \\ & & & m^2_{x_j} & & \\ & & & & m^2_{y_j} & \\ & & & & & m^2_{z_j} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Очевидно, что операции с такой матрицей значительно упрощаются. Выполним перемножение данных матриц (5) и (6) по алгоритму (1) и запишем формулу для оценки точности длины пространственной линии в виде:

$$m^2_{s_{ij}} = \frac{4}{S_{ij}^2} \left(\Delta x_{ji}^2 (m^2_{x_i} + m^2_{x_j}) + \Delta y_{ji}^2 (m^2_{y_i} + m^2_{y_j}) + \Delta z_{ji}^2 (m^2_{z_i} + m^2_{z_j}) \right). \quad (7)$$

Предположим, что ошибки положения пространственных точек i и j имеют одинаковые значения и равны некоторой величине m . Тогда формула (7) примет вид:

$$m^2_{s_{ij}} = \frac{8m^2}{S_{ij}^2} (\Delta x_{ji}^2 + \Delta y_{ji}^2 + \Delta z_{ji}^2). \quad (8)$$

Данная формула (8) является упрощенной по сравнению с формулой (7) и приводит к приближенным результатам. Для получения более строгой оценки длин пространственных линий следует использовать формулу (2) с учётом всех элементов ковариационной матрицы $K_{6 \times 6}$ (1).

Погрешности взаимного положения геопространственных пунктов можно выразить посредством приращений их координат. Согласно общему алгоритму линейного преобразования корреляционных матриц, можно записать следующую формулу для оценки взаимного положения двух пунктов в трехмерном (3D) пространстве измерений

$$K_{3 \times 3}^{\Delta} = U_{3 \times 6}^{\Delta} K_{6 \times 6} U_{6 \times 3}^{\Delta}, \quad (9)$$

где $U_{3 \times 6}^{\Delta}$ – преобразующая матрица, состоящая из производных от приращений по координатам данных пунктов.

$$U_{3 \times 6}^{\Delta} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta x_{ij}}{\partial x_i} & \frac{\partial \Delta x_{ij}}{\partial y_i} & \frac{\partial \Delta x_{ij}}{\partial z_i} & \frac{\partial \Delta x_{ij}}{\partial x_j} & \frac{\partial \Delta x_{ij}}{\partial y_j} & \frac{\partial \Delta x_{ij}}{\partial z_j} \\ \frac{\partial \Delta y_{ij}}{\partial x_i} & \frac{\partial \Delta y_{ij}}{\partial y_i} & \frac{\partial \Delta y_{ij}}{\partial z_i} & \frac{\partial \Delta y_{ij}}{\partial x_j} & \frac{\partial \Delta y_{ij}}{\partial y_j} & \frac{\partial \Delta y_{ij}}{\partial z_j} \\ \frac{\partial \Delta z_{ij}}{\partial x_i} & \frac{\partial \Delta z_{ij}}{\partial y_i} & \frac{\partial \Delta z_{ij}}{\partial z_i} & \frac{\partial \Delta z_{ij}}{\partial x_j} & \frac{\partial \Delta z_{ij}}{\partial y_j} & \frac{\partial \Delta z_{ij}}{\partial z_j} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Здесь

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{ij} &= x_j - x_i \\ \Delta y_{ij} &= y_j - y_i \\ \Delta z_{ij} &= z_j - z_i \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

После дифференцирования (11) согласно (10) получим

$$U_{3 \times 6}^{\Delta} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (12)$$

В результате перемножения матриц по формуле (9) можно записать так:

$$K_{3 \times 3}^{\Delta} = \begin{bmatrix} m_{\Delta x_{ij}}^2 & m_{\Delta x_{ij}}'' & m_{\Delta x_{ij}}'' \\ & m_{\Delta y_{ij}}^2 & m_{\Delta y_{ij}}'' \\ & & m_{\Delta z_{ij}}^2 \end{bmatrix}, \quad (13)$$

где $m_{\Delta x_{ij}}$, $m_{\Delta y_{ij}}$, $m_{\Delta z_{ij}}$ – оценки приращений координат.

Выразим ошибку взаимного положения пространственных пунктов в виде:

$$M^{\Delta} = \sqrt{m_{\Delta x_{ij}}^2 + m_{\Delta y_{ij}}^2 + m_{\Delta z_{ij}}^2}, \quad (14)$$

Полагая, что ковариационная матрица $K_{6 \times 6}$ является диагональной, можно получить упрощенную формулу для оценки взаимного положения пунктов.

$$M^{\Delta} = \sqrt{(m_{x_i}^2 + m_{x_j}^2) + (m_{y_i}^2 + m_{y_j}^2) + (m_{z_i}^2 + m_{z_j}^2)}, \quad (15)$$

где M^{Δ} – ошибка взаимного положения пунктов i и j в 3D пространстве.

При равноточных значениях координат данных пунктов имеем:

$$m_{x_i} = m_{x_j} = m_{y_i} = m_{y_j} = m_{z_i} = m_{z_j} = m.$$

Тогда получим упрощенную формулу априорной оценки $M^{\Delta} = m \sqrt{6}$.

Анализ результатов обработки геопространственных данных позволяет отметить, что в ряде случаев важно учитывать корреляционные зависимости между ошибками координат совместно определяемых пунктов, поскольку оценка точности без учёта корреляционных связей может быть некорректной.

© А.Г. Неволин, Т.С. Хатоум, 2007

УДК 528.11
Т.С. Хатоум
СГГА, Новосибирск

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Создание трёхмерных проектов вообще и трёхмерных карт в частности основано на координатах пространственных точек. В данных случаях важным критерием точности будет ошибка положения пункта в трёхмерном пространстве. Существенное значение при этом имеет априорное исследование действия ошибок и анализ окончательных результатов измерений.

Координаты пространственных пунктов, как правило, являются зависимыми величинами, поскольку определяются на основе совместных угловых и линейных измерений. Например, электронная тахеометрия, лазерное сканирование и т. д. Поэтому анализ точности положения таких пунктов

целесообразно выполнять на основе строгой оценки в соответствии со способом математической обработки результатов измерений.

Так как обработка геопространственных данных может выполняться в разных системах координат, то естественно возникает требование инвариантности критериев оценки точности, то есть условие независимости от преобразования этих систем. Как известно, таким критерием является тензор ошибок [1]. Именно независимость от выбора системы координат делает тензор идеальным инструментом для анализа геопространственных данных.

Как известно, наиболее полной оценкой точности пространственного положения пунктов является ковариационная матрица. В общем виде ковариационную матрицу можно выразить формулой

$$K = \mu^2 Q, \quad (1)$$

где μ – средняя квадратическая ошибка единицы веса;

Q – весовая матрица.

Ковариационная матрица содержит исчерпывающую информацию о точности определяемых элементов. Кроме того, данная матрица обладает всеми свойствами тензоров [1] и является инвариантом относительно осей координат.

Ковариационная матрица, благодаря свойству инвариантности, подлежит линейному преобразованию (ошибок векторных величин) по формуле:

$$K^* = U K U^T, \quad (2)$$

где K^* – преобразованная ковариационная матрица;

U – оператор преобразования;

^{T} – знак транспонирования.

Если пространственная точка определяется с учётом угловых и линейных измерений, то ее координаты, как правило, являются зависимыми величинами и ковариационная матрица содержит ненулевые корреляционные моменты. Для одного пункта в системе координат $X Y Z$ ковариационная матрица примет вид:

$$K = \begin{bmatrix} m_x^2 & m_{xy}'' & m_{xz}'' \\ m_{yx}'' & m_y^2 & m_{yz}'' \\ m_{zx}'' & m_{zy}'' & m_z^2 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где m_x, m_y, m_z – средние квадратические ошибки пункта по осям координат;

$m_{xy}'', m_{xz}'', m_{yz}'', m_{yx}'', m_{zx}'', m_{zy}''$ – корреляционные моменты.

Данная матрица (3) обладает свойством симметрии, то есть является симметричной относительно главной диагонали, по которой расположены квадраты средних квадратических ошибок. Таким образом $K = K^T$.

Любой диагональный элемент матрицы K может быть получен по следующей формуле:

$$m_i^2 = F_i P^{-1} (F_i^T + A Q_i), \quad (4)$$

где F_i – вектор частных производных линейной функции по результатам измерений;

P^{-1} – матрица обратных весов результатов измерений;

A – матрица коэффициентов уравнений поправок;

Q_i – матрица коэффициентов, получаемых из уравнивания.

Для недиагональных элементов матрицы K имеет место следующая формула общего вида:

$$m_{ij}'' = F_i P^{-1} (F_j^T + A^T Q_j). \quad (5)$$

Пространственное положение точек может быть определено и оценено в сферической системе координат. Для перехода от прямоугольных пространственных координат к сферическим имеем:

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = r_i \begin{bmatrix} \cos \varphi_i \cos \nu_i \\ \sin \varphi_i \cos \nu_i \\ \sin \nu_i \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Поскольку ковариационная матрица обладает свойствами тензоров ошибок, то нетрудно перейти к оценкам точности в сферической системе координат. В этом случае оператор преобразования примет вид:

$$U_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial r} & \frac{\partial x}{\partial \varphi} & \frac{\partial x}{\partial \nu} \\ \frac{\partial y}{\partial r} & \frac{\partial y}{\partial \varphi} & \frac{\partial y}{\partial \nu} \\ \frac{\partial z}{\partial r} & \frac{\partial z}{\partial \varphi} & \frac{\partial z}{\partial \nu} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

или с учётом (6) можно записать:

$$U_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \nu & -r \sin \varphi \cos \nu & -r \sin \nu \cos \varphi \\ \sin \varphi \cos \nu & r \cos \varphi \cos \nu & -r \sin \varphi \sin \nu \\ \sin \nu & 0 & r \cos \nu \end{bmatrix}. \quad (8)$$

На основании (2) можно получить новую ковариационную матрицу для оценки пространственного положения точки в сферической системе координат:

$$K_{3 \times 3}^* = U_{3 \times 3} K_{3 \times 3} U_{3 \times 3}^T, \quad (9)$$

или

$$K_{3 \times 3}^* = \begin{bmatrix} m_r^2 & m''_{r\varphi} & m''_{rv} \\ m''_{\varphi r} & m_\varphi^2 & m''_{\varphi v} \\ m''_{vr} & m''_{v\varphi} & m_v^2 \end{bmatrix}, \quad (10)$$

где m_r – средняя квадратическая ошибка длины вектора r ;

m_φ – средняя квадратическая ошибка угла φ ;

m_v – средняя квадратическая ошибка угла v .

Для более детального исследования точности пространственных данных имеет смысл установить корреляционные связи. С этой целью можно применить следующую формулу для вычисления коэффициентов корреляции:

$$r_{ij} = \frac{m''_{ij}}{\sqrt{m_{ii} \cdot m_{jj}}}, \quad (11)$$

где m_{ii}, m_{jj} – диагональные элементы ковариационной матрицы K ;

m''_{ij} – недиагональный элемент (корреляционный момент).

При этом полезно составить нормированную матрицу, состоящую из коэффициентов корреляции r_{ij} .

Так для анализа зависимостей пространственного положения пункта, выраженного матрицей K (3), напомним

$$R_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 1 & r_{xy} & r_{xz} \\ & 1 & r_{yz} \\ & & 1 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

где $R_{3 \times 3}$ – нормированная матрица;

$$\left. \begin{aligned} r_{xy} &= \frac{m''_{xy}}{\sqrt{m_x \cdot m_y}} \\ r_{xz} &= \frac{m''_{xz}}{\sqrt{m_x \cdot m_z}} \\ r_{yz} &= \frac{m''_{yz}}{\sqrt{m_y \cdot m_z}} \end{aligned} \right\}. \quad (13)$$

В данном случае нормированная матрица $R_{3 \times 3}$ может быть использована для анализа взаимного влияния ошибок положения пунктов в пространстве. В общем случае матрица $R_{3 \times 3}$ необходима для выявления анизотропии взаимного влияния значений случайных величин друг на друга.

Одним из важных критериев оценки точности пространственного положения объектов является эллипсоид погрешностей. Такой критерий

целесообразно использовать для выявления и анализа геометрических характеристик трехмерных изображений.

При решении геологических, геофизических и других задач параметры каждой модели могут иметь различные значения для разных направлений в пространстве. Такие различия в значениях характеристик вариограмм для разных направлений выражают анизотропию в поведении параметра. Геометрическая интерпретация анизотропии в трехмерном пространстве может быть представлена при помощи поверхности эллипсоида, выражающей изменчивость параметров по различным направлениям. Главные оси анизотропии будут соответствовать трем взаимно перпендикулярным осям пространственного эллипсоида.

Параметры эллипсоида погрешностей можно определить по формулам Кардано или Коробкова С.А. [2].

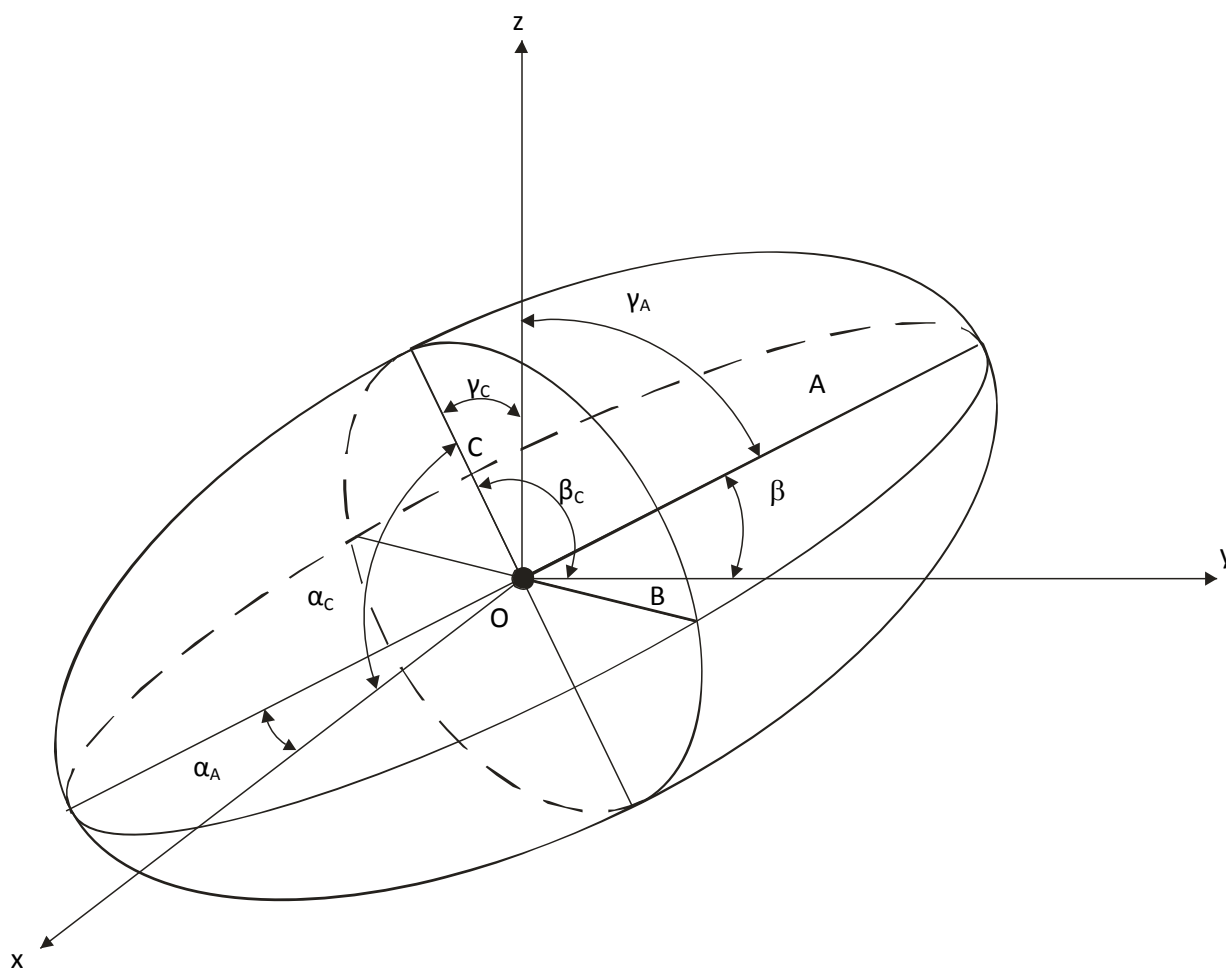


Рис. 1. Трехосный эллипсоид погрешностей

С точки зрения теории вероятности трехосный эллипсоид погрешностей рассматривается как область случайного попадания точки (с координатами x , y , z), подчиняющейся нормальному закону распределения.

Уравнение эллипсоида равной плотности B_k в канонической форме примет вид

$$\frac{x^2}{\delta x^2} + \frac{y^2}{\delta y^2} + \frac{z^2}{\delta z^2} = k^2, \quad (14)$$

где k – отношение полуосей эллипсоида погрешностей к главным стандартным отклонениям; $\delta x, \delta y, \delta z$ – средние квадратические отклонения по осям координат.

Вероятность попадания точки в трехосный эллипсоид погрешностей будет [3]

$$P\{(x, y, z) \in B_k\} = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} \delta x \delta y \delta z} \iiint e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x^2}{\delta x^2} + \frac{y^2}{\delta y^2} + \frac{z^2}{\delta z^2} \right)} dx dy dz \quad (15)$$

или

$$P\{(x, y, z) \in B_k\} = 2\Phi^*(k) - 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} k e^{-\frac{k^2}{2}}, \quad (16)$$

где $\Phi^*(k)$ – нормальная функция распределения. Вообще $\Phi^*(x)$ имеет следующий вид [3]

$$\Phi^*(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (17)$$

Выполним расчёты по формуле (16) при различных значениях k .

Результаты вычислений, представляющие вероятности попадания точки во внутрь эллипсоида погрешностей, приведены в табл. 1.

Таблица 1

k	1	2	2,5	3
P	0.197	0, 494	0.975	0, 990

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сокольников, И.С. Тензорный анализ. Теория и применения в геометрии и в механике сплошных сред / И.С. Сокольников. – М.: Наука, 1977. – 376 с.
2. Коробков, С.А. Тензор ошибок на плоскости и в пространстве / С.А. Коробков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2000. – № 2. – С. 3–19.
3. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учеб. пособие для вузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.

© Т.С. Хатоум, 2007

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОСАДКАМИ ФУНДАМЕНТА ИНЖЕНЕРНОГО СООРУЖЕНИЯ

В настоящее время геостатистический анализ результатов геодезических наблюдений для прогнозирования осадок и деформаций инженерных сооружений привлекает внимание многих специалистов.

Одной из основных целей данной статьи является анализ полученных значений осадок с помощью инструментальных средств программного модуля Geostatistical analyst.

В данной работе анализируются результаты наблюдения за осадками фундамента инженерного сооружения. Мониторинг осадок выполнялся каждый месяц на протяжении с декабря 2006 года по март 2007 года. К настоящему времени выполнено четыре цикла наблюдений и получена абсолютное значение осадки фундамента инженерного сооружения. На рис. 1 представлена цифровая модель осадок сооружения после трех циклов наблюдений.

В модуле Geostatistical analyst геоинформационной системы ArcGIS существуют инструменты для геостатистического анализа, а именно: Histogram, Normal QQPLOT, General QQPLOT, Voronoi map, Trend Analysis, Semivariogram, Covariance Cloud.

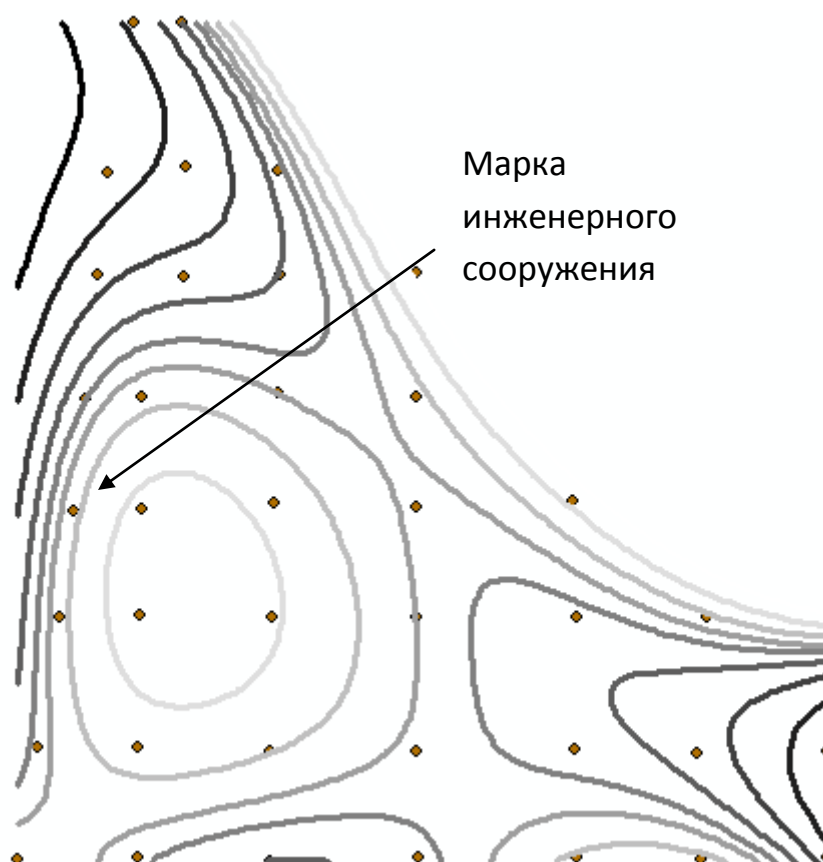


Рис. 1. Цифровая модель осадок фундаментов инженерного сооружения

Histogram – это инструмент, который показывает частоту признаков в наборе данных. Предоставленные в модуле возможности, позволяют исследовать одномерное распределение набора данных для каждого признака.

Normal QQPLOT это инструмент, где вы сравниваете данные к стандартному нормальному распределению. Чем ближе пункты к созданной прямой линии, тем исследуемые данные ближе к нормальному распределению.

General QQPLOT исследует вопрос, имеют ли два набора данных одно и тоже распределение. General QQPLOT - граф, на котором квантили от двух распределений расположены друг против друга. Для двух идентичных распределений, QQPLOT будет прямой линией.

Voronoi Map - анализирует стационарность и пространственную изменчивость набора данных.

Voronoi Map строится из ряда полигонов, сформированных вокруг пункта. Voronoi полигоны созданы так, чтобы каждое местоположение в пределах полигона было ближе к пункту в том полигоне чем любой другой пункт. После того, как полигоны созданы, соседи пункта определены как любой другой пункт, чей полигон разделяет границу с выбранным пунктом.

Используя это определение соседей, можно вычислить разнообразную статистику.

Trend Analysis позволяет идентифицировать имеется ли тенденция в наборе данных. Если тенденция существует в данных, это - неслучайный (детерминированный) компонент, который может быть представлен некоторой математической формулой. Например, мягко клонящийся склон может быть представлен сплайном.

Semivariogram - функция, которая связывает полуразницу (или несходство) данных на расстоянии, которое отделяет их. Ее графическое представление может использоваться, чтобы представить картину пространственной корреляции пунктов данных с их соседями.

Semivariogram, Covariance Cloud позволяют исследовать пространственную автокорреляцию между измеренными пунктами. Цель Semivariance, Covariance моделирования состоит в том, чтобы определить лучшую пригодную модель для прогнозирования осадок сооружения.

Таким образом, полученные абсолютные осадки в период с декабря 2006 по февраль 2007 г. являются равномерными по всей площади фундаментов здания. Средняя абсолютная осадка фундаментов здания за весь период наблюдений составила 4,27 мм. Абсолютная максимальная осадка получилась равной 5,4 мм.

В результате проведенного анализа можно сказать, что величина осадки имеет не большое значение. Не большое увеличение значения осадки наблюдается в конце здания. Осадка приближается к нормальному распределению. Тренд имеет гладкий характер и может быть представлен полиномом второго порядка. Semivariogram, Covariance Cloud анализ показал, что имеется слабая пространственная корреляция в осадках фундамента инженерного сооружения.

КОГНИТИВНЫЙ АСПЕКТ В КАРТОГРАФИИ

Тема данной статьи – когнитивное представление пространственных отношений и построение карты превышений по изображениям, образующим стереопару. Статья носит скорее информационно-дискуссионный, чем практический или теоретический характер. Карта превышений не является устоявшимся термином в картографии, хотя само понятие превышения одной точки над некоторой другой широко используется. Понятие же о когнитивных картах вообще многовариантно и слишком обобщенно абстрактно.

В современном понимании когнитивная карта является продуктом некоторого процесса, являясь аналогией топографической карты, выполняющей ее функции, но не обязательно обладающей физическими свойствами, присущими обычной топографической карте. Такая карта часто рассматривается как некая схематическая картинка, которая тем лучше, чем она ближе к топографической. В современных представлениях когнитивная карта связана, в отличие от толменовского, только с пространственными аспектами внешнего мира. Само же понятие "когнитивная карта" было введено Э. Толменом [1] в предположении, что в мозгу формируется некое подобие структуры, представляющей собой некоторую "карту", в которую интегрируется информация, поступающая от внешних стимулов, и которая указывает маршруты, взаимосвязи внешней среды, линии поведения, и определяет ответные реакции животных и человека.

Когнитивные карты характеризуются следующими свойствами: они отражают пространственные отношения; их репрезентация похожа на топографическую карту; центральный момент – информация о положении. Когнитивные карты играют огромную роль в практической деятельности человека. Они служат основой ориентации в пространстве, позволяющей человеку двигаться в нем и достигать цели. С этой точки зрения когнитивное картирование - процесс, состоящий в серии психологических трансформаций, с помощью которых индивид (и животное, и человек, и ЭВМ) приобретает, хранит, копирует, вспоминает, манипулирует и передает информацию об относительных расположениях и атрибутах своего обычного пространственного положения.

Рассмотрим теперь конкретную задачу по восприятию пространственных отношений. Пусть имеются два наблюдателя, человек и ЭВМ. Примем в качестве начальных условий положение, наделяющее ЭВМ стереоскопической системой зрения, подобной человеческой. Будем считать, что наблюдатели рассматривают два стереоснимка по идеальной схеме (т.е. каждый из снимков занимает почти все поле зрения соответствующего органа восприятия – глаза или камеры, причем основные физиологические и физические параметры идентичны).

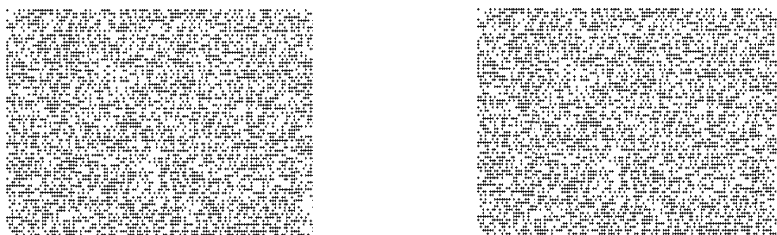


Рис. 1

Человеческое восприятие без труда справляется с обработкой этих изображений, и уже через 1 – 3 секунды сознание фиксирует вполне определенную пространственную ситуацию, т.е. фиксирует ее в виде плоскости, над которой парит вторая плоскость меньших размеров, расположенная параллельно. В рамках компьютерной метафоры нашей задачей является построение модели обработки этих снимков человеком и ЭВМ, по крайней мере модели такой, которая позволит программному обеспечению ЭВМ эффективно выделять изображаемые объекты и проводить их идентификацию.

В системе классической НКМ мы вправе констатировать, что для восприятия человека пока можно построить только математическую модель, в то же время, для существующих ЭВМ мы можем построить логическую структуру распознавания и классификации объектов, например, представленных их контурами. В данном же конкретном случае выделение контуров проблематично – меньшая плоскость не имеет видимых границ, а точки практически неотличимы между собой.

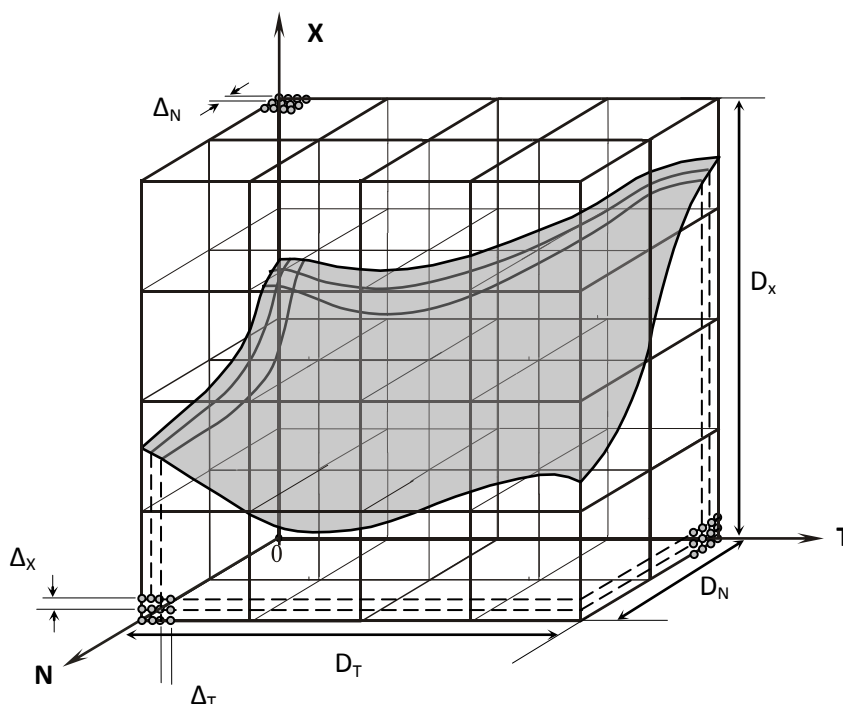


Рис. 2

Для решения проблемы построим математическую модель восприятия пространственной ситуации. Для этого представим сознание как единичное “целое”, которое в пространстве отношений обладает системой восприятия самого пространства отношений. Следовательно, восприятие “целого” предполагает существование некоего информационного пространства, в котором и могут быть описаны операции обнаружения, т.е. операции сканирования пространства отношений. Таким образом, можно формализовать информационное пространство как трехмерную систему координат, описывающую полный комплекс информации. Мы теперь введем в рассмотрение множество N изменяющихся во времени T параметров X , которыми и будет оцениваться система восприятия и действия нашего единичного целого.

Параметрическая шкала - ось X , позволяет нам полностью абстрагироваться от природы объекта. Любое изменение состояния объекта или процесса, без его разрушения как единичного целого, означает перемещение точки по кривой, лежащей в плоскости, коллинеарной этой оси. Ось T интерпретируется как временная шкала, и, таким образом, существование статичного объекта во времени может быть представлено в виде прямой на плоскости, коллинеарной плоскости XOT , и целиком лежащей в этой плоскости. В случае изменения состояния объекта, его представление во времени уже будет некоторой кривой, лежащей в этой плоскости.

Ось N в нашей модели будет интерпретироваться как пространственная шкала, смысл которой заключается в том, что объект, изменяя свое состояние (но сохраняясь как целое!), представляется кривой, лежащей в плоскости, коллинеарной плоскости XON . Но в некоторых случаях, во-первых, он может потерять часть своих свойств, но, тем не менее, остаться тем же самым “целым”, во-вторых, в пределе своего изменения он может просто частями интегрироваться в другие объекты, перестав быть “целым”. В общем случае траектория мировой линии объекта в фазовом пространстве будет уже некоторой пространственной (многосвязной) кривой.

Фазовое пространство важно нам не само по себе, а как система, исследуя которую можно выявлять различные характеристики как физических законов, так и восприятие их проявлений.

Следует отметить, что рассматриваемая шкала T не обязательно характеризует время – мы вольны приписать ей любой необходимый нам смысл (точно также и N). Так, в нашем случае двух снимков одной и той же пространственной ситуации, под T скрывается базис фотографирования B .

Введем в рассмотрение ступенчатую развертывающую функцию $S(T)$ следующим образом. Предположим, что имеется плоскость, параллельная плоскости, в которой лежат снимки (рис. 3).

Будем ее перемещать вниз. В какой-то момент времени она пересечет поверхность, и на ней будут отображаться с определенным шагом линии пересечения, лежащие в этой плоскости.

Зафиксируем и спроецируем интервалы, ограничивающие материальные участки поверхности и интервалы пространства, лежащие между соседними участками поверхности в пределах отдельно взятой строки по **X** или **Y**. Таким образом, мы получим систему интервалов с определенной мерой, равной длине строки секущей плоскости. Преобразования, которым подвергнется изображение

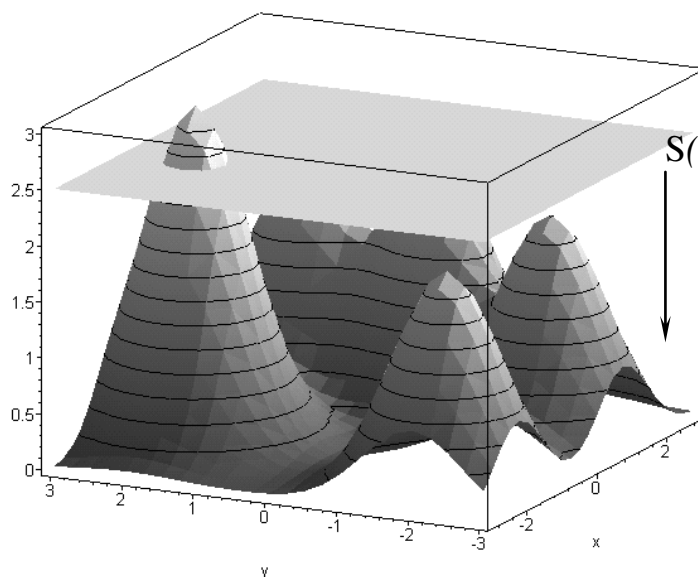


Рис. 3

изображение системы интервалов на снимке **L**, не изменят этой меры при переходе к снимку **R**. Действительно, общая длина системы интервалов не изменится при переходе от одного снимка к другому, хотя сами интервалы могут изменяться. Более точно можно сказать, что изменится изображение системы интервалов, в то время, когда сама пространственная ситуация не меняется – она есть инвариант.

Длину изображения (L) можно теперь определять с помощью интегрирования по Лебегу:

$$L(u) = a_1 F\{I_1\} + \dots + a_n F\{I_n\},$$

где индикаторы I есть бэровские функции принадлежности к соответствующему интервалу, а F есть счетно-аддитивные функции разбиения одного интервала на подинтервалы. Таким образом, справедливы все рассуждения выше, так как функции разбиения на подинтервалы U - измеримы.

На рис. 4 упрощенно изображена некоторая пространственная ситуация, где Z есть отстояние уровневой плоскости от базисной плоскости снимков, одна строка по x представлена отрезками $O_L n' = O_R m'$, параллельными mn и осям x и x' соответственно. Строка по y представляется подобным же образом отрезками $a_l b_l = a_r b_r$, параллельными ab , y и y' . Действие разворачивающей функции $S(T)$ представлено в плане на местности в виде горизонталей, т.е. в модели мы считаем, что поверхность не имеет собственной яркости, кроме изображения горизонталей. В реальности, как известно, наличие рельефа нарушает однозначность идентификации точек, а горизонталей просто нет. Но когда имеется информация, полученная с помощью опорных точек на местности, произвольные точки могут быть идентифицированы и, соответственно, может быть определено их превышение по известным формулам с использованием продольного параллакса. Процедура идентификации точек на снимках по функции яркости здесь самое слабое звено. В связи с этим и предлагается опознавать интервалы по y , получаемые по реальному изображению местности, и уже по ним вычислять параллакс для систем интервалов.

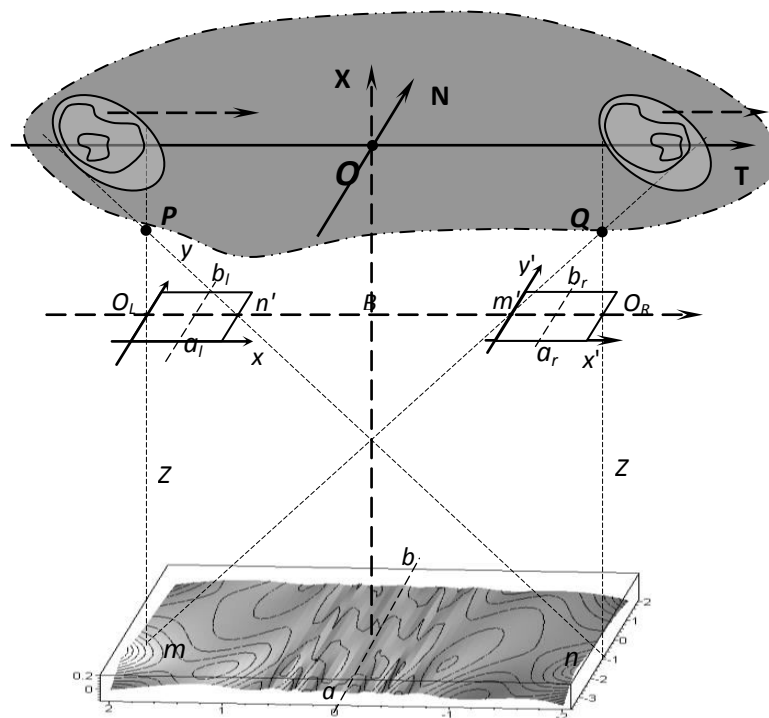


Рис. 4

На рисунке точками P и Q условно обозначены органы системы восприятия (глаз, камера) для случая наблюдения плоских снимков. Будем считать, что именно они составляют оператор отображения внешнего пространства наблюдения во внутреннее когнитивное пространство наблюдателя, представляемое на рисунке системой XNT . Здесь мы полагаем, что для системы зрительного восприятия он может быть записан в виде матрицы линейного преобразования.

Рассмотрим теперь левый снимок. Будем считать, что каждая точка снимка представляет собой самостоятельный пространственный объект, представленный соответствующей точкой фазового пространства. Превышение реальных объектов пространственной ситуации над некоторой уровенной поверхностью будет представляться как параметр. Поскольку мы рассматриваем плоский снимок, то вначале можем положить его равным условной константе для всех объектов-точек фазового пространства. Тогда пространственная ситуация реального мира как прообраз, при некотором топологическом отображении имеет образ во внутреннем психофизическом пространстве. В качестве оператора отображения выступает битовое поле на сетчатке или в фотокамере. В нашем идеальном случае восприятия мы будем иметь образ в виде плоскости, коллинеарной плоскости NOT .

Другими словами, точка с координатами (x, y, z) в системе XYZ внешнего пространства, а также точка с координатами (x, y, z) в локальной системе xyz фазового пространства задают положение объекта – наблюдателя, из которой он наблюдает: в первом случае – каждую точку пространственной ситуации из начала системы координат; во втором случае из каждой точки

пространственной ситуации - начало своей локальной системы. Превышение объекта над уровневой плоскостью (преобразованное в кривизну) в системе **XYZ** рассматривается нами как один из параметров, определяющих положение точки по оси **X** в системе **XNT** полного комплекса информации.

Теперь уже можно построить тривиальный алгоритм анализа систем интервалов в ЭВМ по предлагаемой модели, не опасаясь получить некорректный результат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Толмен, Э. Когнитивные карты у крыс и у человека. Хрестоматия по истории психологии / Э. Толмен. – М.: Изд-во МГУ, 1980.

© В.П. Малышкин, 2007

УДК 528.92

Р.В. Корюгин, Л.А. Канина

ИрГТУ, Иркутск

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА, ДОПУСТИМОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ И ШИРОТЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЦЕЛЯХ КАРТОИЗДАНИЯ

Основным этапом в картоиздании является предпечатная подготовка. Основным техническим требованием для всех оригиналов является отсутствие дефектов, которые мешают восприятию изображения или детали искажающие восприятие содержания (картографический образ)

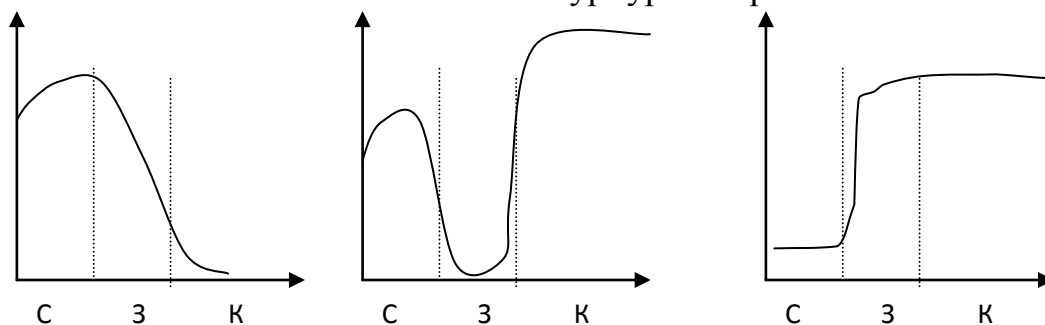
Для сохранения графической информации необходимо осуществлять картоиздательский процесс с максимальной точностью, которая зависит от технических параметров и характеристик. Поскольку на разных этапах издательского процесса происходит изменение размеров и цветовой палитры изображения, то может возникать потеря элементов графики, т.е. воспроизведение осуществляется не достаточно полно.

Цветопередача - точное воспроизведение цветов и цветовых оттенков оригинала при сравнении изображений оригинала и оттиска в одинаковых условиях освещенности.

Одной группой базовых преобразований является устранение базовых недостатков цветоделения, связанных с тем, что краски полиграфического синтеза обладают рядом недостатков и отличаются от идеальных красок. Голубая краска имеет избыточное поглощение в синей и зеленой зонах и недостаточное поглощение в красной зоне. Пурпурная краска имеет избыточное поглощение в синей зоне и недостаточное поглощение в зеленой зоне. Желтая краска по своей характеристике наиболее близка к идеальной.

В результате этих недостатков красок в процессе цветоделения вследствие избыточности поглощения голубой краски в синей и зеленой зонах эта краска выделяется не только за красным светофильтром, но также за синим и зеленым. Это приводит к тому, что если не принять специальных мер коррекции голубая

краска выделится на синефильтровой и зеленофильтровой фотоформе будет запечатываться соответственно желтой и пурпурной краской.



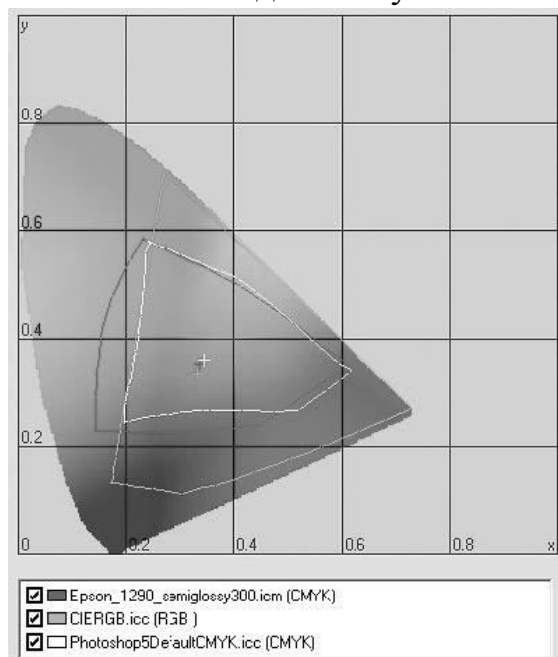
Соответственно избыточное поглощение пурпурной краски в синей зоне будет приводить к выделению этой краски на синефильтровой фотоформе и следовательно желтая краска будет ложиться на пурпурные места.

Эти недостатки цветоделения называются базовыми. Для устранения этих недостатков при фотографическом цветоделении используются методы маскирования.

Цветовой профиль необходимый компонент для правильной работы системы управления цветом, позволяющий на стадии допечатной подготовки издательского оригинала карты обеспечить идентичность визуального (экранного) вида изображения электронной карты с традиционным (бумажным). Цветовой профиль - математическое описание особенностей цветового охвата того или иного устройства, как при вводе исходных материалов, так и при печати карты.

Использование профилей позволяет компенсировать сдвиги цветовых и градационных характеристик. Основной параметр профиля это его цветовой охват – спектр цветов, воспроизводящиеся в устройстве (рис 1) [3].

Рис. 1. Схема общего охвата всех видимых лучей спектра и возможности по



синтезу и передаче цвета различными устройствами

Принципы системы управления цветом (CMS - Color Management System) применяются в современных графических редакторах и приложениях: Adobe Photoshop, Corel Photo Paint, Adobe InDisaine, Adobe Acrobat Pro и др. [4]

Основной задачей CMS является обеспечение картографического изображения максимальным уровнем соответствия цветов и оттенков, а также общим цветовым балансом и тоном в различных графо-издательских системах.

Максимальные искажения графики возникают после вектор-растрового преобразования (растрирования). Растрирование – это метод передачи изображения с помощью специальных, простых геометрических фигур – растровых точек, характеристики которых, определяют цвет изображения и его визуальную (оптическую) плотность. Существуют два метода растрирования:

– Частотно-модулированный метод (ЧМ-растрирование) - преобразование в виде растровых точек одинакового размера, но с разным их количеством;

Растровые точки, при формировании картографического рисунка наносятся хаотично, поэтому такие растры относят к типу нерегулярных или стохастическим. Основными параметрами нерегулярного растра является размер отдельно взятой точки [dpi].

[dpi] – разрешение, определяющее количество микроточек выводного устройства на единицу длины, т.е. этот параметр определяет размер минимальной точки, которую можно вывести на печать, оптимальные значения от 600 до 2540 dpi (рис. 2).

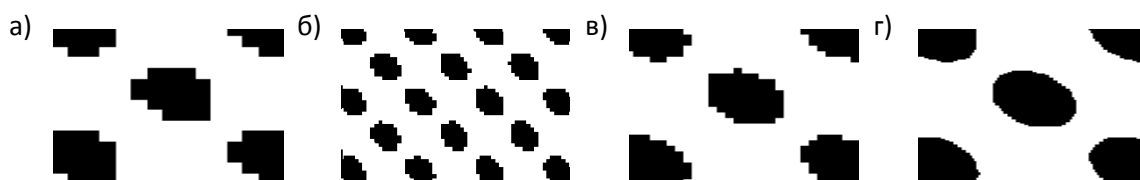


Рис. 2. Эллиптические растровые точки плотностью 30% с углом поворота растра 45 градусов, растрирование с использованием линиатуры 150 линий на дюйм а) 600 dpi, б) 1200 dpi, в) 1800 dpi, г) 2400 dpi

– Преобразование точками различного размера при их неизменном количестве;

Альтернативный способ растрирования, так называемое амплитудно-модулированное растрирование, или АМ - растрирование (AM - screening) - это метод получения полутонов с использованием растровых точек переменного размера, с неизменным их числом на единицу площади запечатываемой поверхности.

При использовании АМ - растров, актуален вопрос о форме растровой точки, в отличие от предыдущего метода растрирования, где форма точки отсутствовала как таковая. Форма растровой точки (Raster dot shape) строго определена. К наиболее часто используемым формам растровых точек можно отнести эллиптическую, ромбовидную, квадратную и круглую точки (рис. 3).

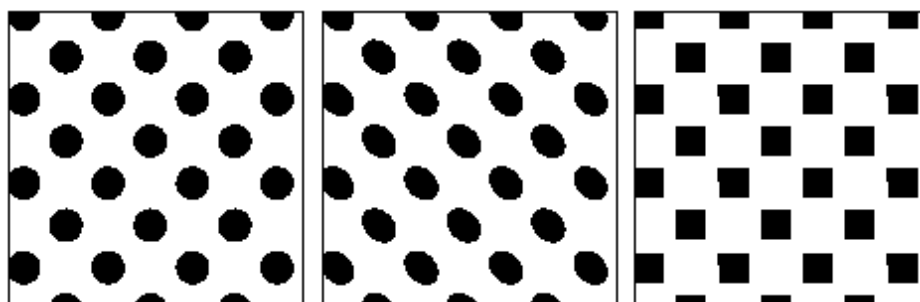


Рис. 3. Формы растровых точек

Построение картографического изображения с большим числом элементов позволяет получить новый параметр – градацию – количество цветов, оттенков одного и того же цвета [G].

Математическое определение:
$$G = \left(\frac{dpi}{lpi} \right)^2 + 1$$

Из данной формулы можно установить, как разрешение фотонаборного автомата определяет выходное число градаций на выводе (табл. 1).

Таблица 1

Максимальное количество градаций при заданных условиях

Выходная линиятура, lpi	Доступное число градаций, VOT (Variables of Tone)			
	1200	2400	3600	4800
60	400	1600	3600	6400
80	225	900	2000	3600
100	140	550	1200	2300
120	100	400	900	1600
133	80	320	730	1300
150	65	256	570	1025
175	48	180	420	750
200	37	145	325	577
225	29	110	256	450
250	24	93	205	360

Из таблицы видно, что при печати с использованием одного и того же разрешения в общем случае рост линиятуры приводит к значительным потерям в передаче цветовых оттенков, что можно наблюдать на практике, при печати с высокими линиятурами с недостаточно высоким разрешением.

Из-за низкого разрешения печати мы не увидим разницы между двумя растровыми точками с небольшой разницей по их плотности. Например, участки изображения с плотностью в 35 и 37% станут неразличимы. В результате, при печати могут частично пострадают градации изображения, и возникнет так называемый эффект постеризации - явление потери оттенков, что хорошо заметно на участках тонких переходов цветов и на плавных градиентах.

Амплитудно-модулированные растры несколько сложнее, и схемы получения многоцветных изображений с их использованием используются иные. Дело в том, что для растровых точек разных цветов необходимо использование различного их геометрического положения друг относительно друга. Это оптически позволяет наблюдать нам более чистые цвета в светлых участках изображения, а также избежать появления раздражающих глаз интерференционных картин, возникающих иногда в отрастрированных изображениях. Геометрический смысл взаимного смещения растровых точек относительно друг друга состоит в том, чтобы повернуть растровые структуры, а значит и каждую растровую точку в отдельности, на некоторое число градусов. Таким образом, еще один параметр амплитудно-модулированных растров - это угол его наклона. Угол наклона растра (Screening angle) - это величина относительного угла поворота растровых точек друг относительно друга и относительно общей оси изображения. Этот параметр принимает особое значение при цветной печати, так как печать каждой краски осуществляется с

использованием разных углов наклона раstra для каждой из использованных красок (рис. 4).

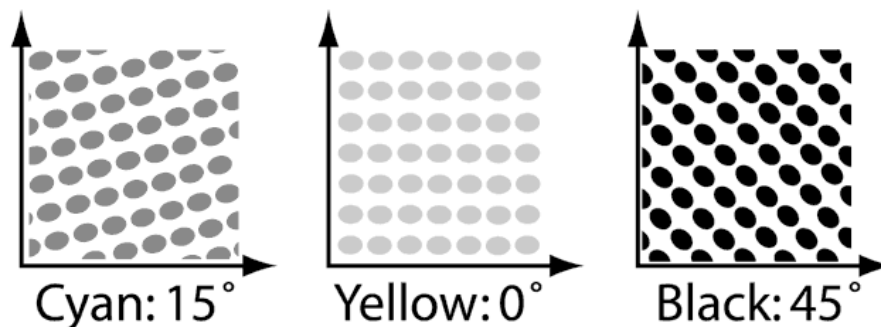


Рис. 4. Растры с углами наклона в 15, 0 и 45 градусов

Значения углов наклона раstra стандартизированы, для голубой краски стандартным значением является угол в 15 градусов, для пурпурной - 75, для желтой 0, для черной - 45.

Нельзя использовать одни и те значения угла наклона раstra для разных красок одновременно - это вызовет сильнейшие искажения изображения, проявляющиеся в изменении цвета и появлении интерференционной периодической структуры, возникшей из-за наложения двух периодических растровых структур. Эти периодические структуры называются муаром и в случае их появления, как правило, являются 100%-м браком для отпечатанного изображения.

При нанесении растровой точки принтером или печатной машиной, размер ее несколько увеличивается относительно своих номинальных размеров. Это явление увеличением растровой точки, или растискиванием (dot gain), подразумевая под этим термином целый ряд физических явлений (рис. 5):

- Увеличение первоначального размера растровой точки за счет впитывания краски в запечатываемый материал и проникновения краски по волокнам материала в смежные с растровой точкой участки;

- Увеличение растровой точки за счет давления печатного элемента на бумагу в зоне контакта (касается всех контактных методов печати);

- Некоторое изменение зрительного восприятия просматриваемого изображения при увеличении растровых точек.

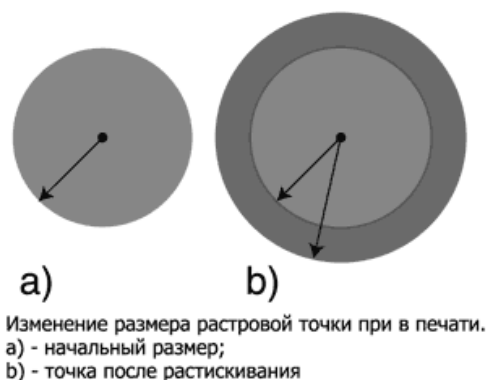


Рис. 5. Пример возникновения явления растискивания на примере растровой точки

Растискивание измеряется в процентах. Процент растискивания определяет прирост растровой плотности точки по сравнению с ее начальным состоянием.

В печатном процессе рекомендуется придерживаться следующих значений:

бумага мелованная глянцевая, офсет, листовая печать:

S=40% — C, M, Y — $16\pm3\%$ K — $19\pm3\%$

S=80% — C, M, Y — $12\pm2\%$ K — $14\pm2\%$

бумага мелованная матовая, офсет, листовая печать:

S=40% — C, M, Y — $16\pm3\%$ K — $19\pm3\%$

S=80% — C, M, Y — $12\pm2\%$ K — $14\pm2\%$

бумага немелованная, офсет, листовая печать:

S=40% — C, M, Y — $22\pm3\%$ K — $25\pm3\%$

S=80% — C, M, Y — $16\pm2\%$ K — $18\pm2\%$

Растискивание необходимо учитывать при выполнении цветоделения или при выполнении перехода из цветовой модели RGB в CMYK. При позитивном процессе получения печатных форм растровая точка при копировании уменьшается примерно на 2-3%, а при негативном процессе увеличивается до 3%.

Увеличение растровых точек делает изображение более темным в полутоновой его части, за счет увеличения площади запечатываемости материала и, соответственного уменьшения пробелов между растровыми точками.

При растискивании частично теряется контраст изображения: то, что не должно быть слишком темным - светлые и полутоновые участки изображения - становятся несколько темнее, чем мы планировали изначально, зона плотностей в три четверти от максимального тона часто сливается в сплошную тень, в которой теряются детали и оттенки изображения. Теневая зона при этом практически не изменяется по плотности.

Уровень увеличения точек подбирается в зависимости от характеристик запечатываемого материала. Таким образом, необходимо, вносить в изображение нужные поправки.

При выборе оригинала необходимо всегда оценивать его размер и масштаб воспроизведения, которые должны соответствовать оборудованию и технологическим требованиям процесса репродуцирования. Нарушение требований по масштабированию приводит, как правило, к появлению на репродукции деталей, отсутствующих в оригинале (сильное зерно), а также к снижению резкости и четкости иллюстрации.

В результате исследований проведен анализ цветового перехода RGB - CMYK, рассчитаны параметры соответствия цветовых систем и характеристики равновесия цветового баланса (контраст, насыщенность, яркость). Выполнено ряд печатных цветопроб различных картографических материалов - космических фотоснимков и тематических карт в различных стандартных и разработанных цветовых профилированных схемах. Сравнительная характеристика печатных материалов выявила оптимальный вариант профиля.

Развитие способов и технологий печати образует различные направления по дальнейшему исследованию в обработке изображения. Основными перспективными направлениями исследований можно выделить разработку высокоэффективных (по скорости и качеству) методов предварительной обработки изображений и проектирование спецпроцессов для обработки изображений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт, А. М. Картография [Текст]: учебник для вузов / А.М. Берлянт. – М.: Аспект Пресс, 2001. – 336 с.
2. Стефанов, С. Способы печати и области их применения [Электронный ресурс] / С. Стефанов. Режим доступа: <http://publish.ruprint.ru/>.
3. Кузнецов Е. [Электронный ресурс] / Е. Кузнецов. – Режим доступа: <http://Evgeniy.Kuznetsov@ukrprint.com>
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gretagmacbeth.com>.

© *Р.В. Корюгин, Л.А. Канина, 2007*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

В данной работе предпринимается попытка оценить качество почвенного покрова земель населенных пунктов на основе природных свойств (почвообразующих факторов). Эти особенности почв представляют величину более или менее постоянную, сравнительно мало зависящую от условий времени и человека. И поэтому в основу оценки почв были положены их природные свойства и признаки. При оценке качества почвенного покрова осуществляется ретроспективный анализ, при этом не учитывается влияние внешних факторов и рассчитывается интегральная характеристика, определяющая исходное состояние почв, которое предшествовало влиянию на нее внешних условий времени и человека. Модель качества почвенного покрова исследуемой территории является моделью состояния, которая в параметрической форме отражает совокупность структурно-функциональных свойств почв какой-либо территории. Данная модель выражает прошлое состояние почвенного покрова земель населенных пунктов в ретроспективе.

Оценка качества почвенного покрова населенных пунктов как первый этап землеоценочных работ должна дать исходную основу для экономической оценки земли.

Очевидно, что провести строгое решение задачи оценки качества почвенного покрова земель населенных пунктов, учитывающее все взаимосвязи между природными свойствами почв сложно – слишком широк спектр входящих в него переменных и далеко не всегда известны математические функциональные зависимости, их связывающие. Ограничить множество анализируемых параметров, в роли которых выступают почвообразующие факторы, позволяет переход от реальной ситуации на исследуемой территории к ее модели, а именно к модели оценки качества почв населенного пункта – ограниченному набору факторов, определяющих природные свойства почв и представляющих собой совокупность пространственных характеристик исследуемого населенного пункта. В этом случае решение задачи может быть сведено к оценке интегральной картины проявления почвообразующих факторов с помощью многокритериального районирования – разделение на области с определенным набором параметров исходных факторов. В настоящее время этот подход к интегрированию разнородной пространственно-привязанной информации является одним из наиболее развитых и широко используется на практике. Карты районирования являются обязательными этапом решения многих производственных задач.

В данной работе предлагается технологическое решение задачи оценки качества почвенного покрова населенного пункта, обеспечивающее автоматизированное формирование модели почвенного покрова исследуемой территории на основе алгоритмов факторного анализа и компьютерный анализ

пространственного проявления входящих в нее факторов на основе алгоритмов кластерного анализа (многокритериального районирования). Построенная модель позволяет получать значения вкладов почвообразующих факторов в формирование качества почвенного покрова, полнее и нагляднее оценить влияние этих природных факторов на состав и дифференциацию почв.

Технологический процесс обработки является пошаговой процедурой. Сначала проводится районирование на основе указанных почвообразующих факторов, результаты интерпретируются. В результате проведения многокритериального районирования формируются близкие по значениям природных свойств почвенного покрова районы. На следующем шаге, с помощью метода главных компонент, осуществляется построение модели качества почв исследуемой территории в виде многофакторной регрессии, в которой определяется доля, вносимая каждым из почвообразующих факторов на значение качества почвенного покрова населенного пункта. Затем средние значения почвообразующих факторов по каждому из районов подставляются в многофакторную регрессию, выступающую в качестве математической модели.

Классификационные алгоритмы, используемые для обработки данных, чувствительны к качеству анализируемых характеристик. Поэтому проводится обязательный анализ исследуемого массива факторных признаков (почвообразующих факторов) с точки зрения их пригодности к обработке: непротиворечивости, исключение признаков (или объединение их в один) с высокими модулями корреляции.

Обработка информации для проведения оценки почвенного покрова земель населенных пунктов включает районирование исследуемой территории на основе обработки пространства формальных признаков (почвообразующих факторов) с помощью классификационных алгоритмов (кластерного анализа). При этом в качестве формальных признаков используются реальные физические характеристики почвенного покрова исследуемой территории. В основе этого класса алгоритмов лежит расчет “меры сходства” между наборами значений формальных признаков в точках, определяющей “близость” их в признаковом пространстве. С помощью этого подхода выделяются “естественно-группирующиеся” точки на основании количественных закономерностей в изменении значений исходных факторов. Кластерный анализ используется для образования групп схожих между собой территорий населенного пункта, которые принято называть кластерами. Кластерный анализ приводит к разбиению на ареалы с учетом всех заданных почвообразующих факторов одновременно. В данной работе каждая точка исследуемой территории, выступающая в роли наблюдаемого объекта, характеризуется определенным числом природных свойств (признаков), в качестве которых выступают природные свойства почвенного покрова исследуемой территории. Данные природные свойства почв одновременно участвуют в группировке, т.е. они участвуют все сразу при отнесении точки исследуемой территории в тот или иной кластер (район).

При проведении кластерного анализа на основе значений почвообразующих факторов, известных по исследуемой территории, какая-либо

априорная информация о типе распределения многомерной случайной величины может отсутствовать. При этом классы будут выделяться по степени “близости” объектов. В качестве объектов могут выступать точки территории, отстающие на равном расстоянии друг от друга. В них должны быть известны значения по почвообразующим факторам. Классы при этом будут состоять из точек исследуемой территории, которые “близки” между собой внутри класса, но далеки от точек других классов. При этом в качестве меры сходства используется “евклидово расстояние”. В результате должны будут быть выявлены близкие по природным свойствам области территории населенного пункта, которые должны будут выступать в дальнейшем в роли земельнооценочных районов.

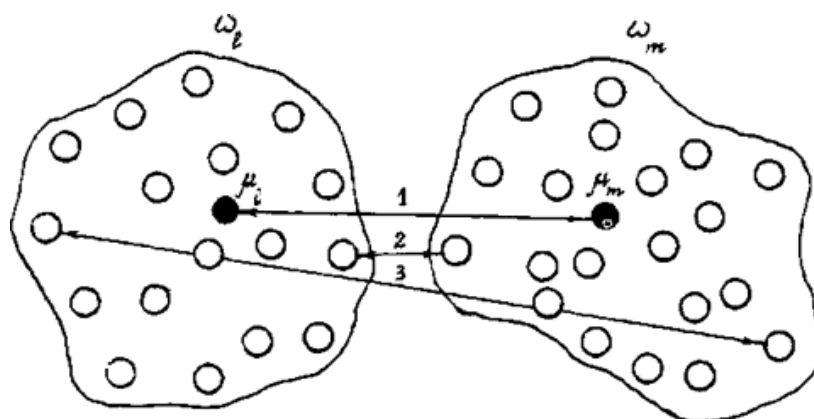


Рис. 1. Графическое изображение способа определения расстояния между кластерами

Технологическое решение задачи оценки качества почв населенных пунктов планируется осуществить с привлечением возможностей ГИС-технологий. Система должна визуализировать пространственную и атрибутивную тематическую информацию средствами деловой графики, а также выполнять сравнительный анализ районов и ранжирование территории по результатам оценки состояния почвенного покрова.

Полученные результаты предполагается использовать для экономической оценки земель населенных пунктов. Также разработанная методика может помочь исследовать генетические особенности почв населенных пунктов, составить карты трансформации почв.

© И.П. Каретина, Н.В. Маслова, 2007

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МАЛО-УЛЬБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Мало-Ульбинское водохранилище (Западный Алтай, Республика Казахстан) находится в 35 км к юго-востоку от г. Риддера Восточно-Казахстанской области, в верховьях р. Малой Ульбы, на высоте свыше 1500 м над уровнем моря. Водоохранилище образовано в русле Малой Ульбы каменно-набросной плотиной высотой 43,5 м и длиной по гребню 367 м, площадь зеркала водохранилища при нормальном проектном уровне (НПУ) составляет 6,5 км², длина 5 км, наибольшая ширина 3 км. Средняя глубина водоема 13,4 м, наибольшая глубина 31,5 м, площадь водосбора 40,5 км². Расчетный объем водохранилища при НПУ 88,3 млн.м³, минимальный уровень сработки – 1549,00 м, полезный объем составляет 84,2 млн.м³ [1].

Практически с самого начала эксплуатации были замечены деформации каменно-набросной плотины. Хотя обследования плотины, неоднократно проводившиеся специалистами, говорят о надежности подпорных сооружений водохранилища, существует определенный риск их разрушения, что в свою очередь может создать катастрофическую ситуацию для населенных пунктов расположенных ниже водохранилища.

В связи с возникновением такой опасности была разработана концепция создания гидрологической ГИС Мало-Ульбинского водохранилища, в основу которой положено исследование деформаций плотины Мало-Ульбинского водохранилища и анализ последствий ее возможного разрушения. Данная ГИС может представлять собой одну из автоматизированных систем управления региональным водным потенциалом и возможный вариант ведения современного водного кадастра. Геоинформационная система предназначена для хранения, целевой обработки имеющейся и добавляемой информации о состоянии и возможностях использования существующих в ВКО гидрологических объектов.

В качестве программного инструментария используется ГИС MapInfo 6.0 и ее среда разработки MapBasic. Исходной картографической информацией являются топографические карты исследуемой территории масштаба 1:100000 и 1:200000.

Основные задачи концепции:

- Определить принципы систематизации исходной информации;
- Создать единую базу данных на основе исходной информации;
- Разработать методику автоматизированной обработки гидрологических характеристик;
- Разработать комплексы программ для решения конкретных прикладных задач мониторинга ЧС;

– Выявить основные закономерности возникновения и развития опасных эколого-геоморфологических процессов.

В качестве первоочередной выделена задача прогноза возможного разрушения Мало-Ульбинского водохранилища и анализа его последствий.

На первом этапе создается электронная карта водохранилища, проводится систематизация информации о гидрологических характеристиках данной местности, а также методами математической статистики обрабатываются имеющиеся материалы.

Второй этап включает в себя создание инструментария ГИС, необходимого для комплексной, автоматизированной обработки собранной информации.

Результатом работы является многоуровневая геоинформационная система, ориентированная на оценку опасности разрушения плотин водохранилищ и мониторинга катастрофических разрушительных процессов, а также на возможность комплексного изучения и рационального использования водных ресурсов Республики Казахстан, что необходимо для учета и регистрации водных объектов.

В настоящее время создана цифровая модель местности (рельеф, гидрография) на участок работ по топографической карте масштаба 1: 200 000 во внутреннем формате MAPINFO, полностью покрывающая бассейн Мало-Ульбинского водохранилища, создана программа для простановки точек по течению реки, служащая для сбора информации о детальном движении потока в случае прорыва, а также программа по вычислению углов наклона местности на заданных участках (средневзвешенный и средний уклон местности в районе водохранилища). Используя полученные модели, можно проводить анализ физико-географических и гидрологических характеристик водных объектов, позволяющий получить качественные и количественные оценки состояния гидрологических ресурсов. Созданная ГИС содержит информацию по всем типам объектов: расстояние, площадь водосбора, различные коэффициенты и другие данные.

Применение ГИС-технологий в решении подобных задач является наиболее актуальным на сегодняшний день, так как при помощи ГИС можно вести мониторинг водных объектов, своевременно принимать решения по предотвращению природных и антропогенных катастроф, ликвидировать последствия, а так же планировать и обеспечивать использование вновь возводимых и эксплуатируемых гидротехнических сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ деформаций каменно-набросной плотины Мало-Ульбинского водохранилища и возможного последствия ее катастрофического разрушения / К.Б. Хасенов // Гео-Сибирь-2005: Сб. материалов науч. конгр. – Новосибирск, 2005. – Т. 2. – С. 84–88.

© И.П. Каретина, Н.Ш. Хайрудинова, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Карпик А.П., Гук А.П., Жарников В.Б., Лесных И.В. Инновационная образовательная программа подготовки специалистов в Сибирской государственной геодезической академии для педагогического и инженерного обеспечения СФО в сфере рационального природопользования и устойчивого развития территорий	3
Карпик А.П., Сапожников Г.А., Середович В.А. Концепция создания единого геоинформационного пространства на территории Новосибирской области	6
Reiner Jäger. Deformation integrity monitoring for GNSS-positioning services by the Karlsruhe approach (MONIKA) – concept, realisation and results.	10
John C. Trinder Determining sustainability indicators by remote sensing	24
Rob Mahoney, Frances Plimmer, John Hannan, James Kavanagh. Where are we heading? The crisis in surveying education and a changing profession	35
Joël van Cranenbroeck. Monitoring applications using Leica single to multi frequency GNSS signal processing solution	49
Harald Sternberg. Geomatics bachelor and master education at the HafenCity university, Hamburg	59
Карпик А.П., Антонович К.М., Сурнин Ю.В., Ванин С.А., Клепиков А.Н., Гиенко Е.Г., Фролова Е.К. Проект сети активных станций для Новосибирской области	68
Лисицкий Д.В. Сущность электронных картографических изображений, их функции и назначение в современном обществе	74
Жарновский А.А. О возможных направлениях модернизации геоинформационной технологии	79
Головных И.М., Мазуров С.Ф., Пластинин Л.А., Ступин В.П. Научно-образовательно-производственный комплекс геоинформационного обеспечения органов власти, хозяйства и бизнеса Байкальского региона	84
Вовк И.Г. К вопросу выбора оптимального варианта развития систем	88
Лебедев О.В., Федоров А.И. Особенности выполнения геодезических работ при реконструкции сооружений АЭС	91
Родионова Ю.В. Оценка стоимости создания надёжного геодезического построения	93
Уставич Г.А., Мамлин К.Н., Обидин Ю.С. Мониторинг технического состояния промышленных объектов и высотных зданий	97
Ковалева О.С. Производственный опыт создания единой информационной системы магистральных газопроводов	98
Афонин К.Ф. Сравнение способов вычисления геодезической высоты по прямоугольным пространственным координатам	103
Тетерин Г.Н. Законы развития и прогнозирование в геодезии	107

Ashraf Abd El-Wanis. Abd El-Mawla Beshr Accurate surveying measurements for monitoring the structural deformation.....	112
Yehia Hassan Miky. Adjustment of geodetic networks using auto-correlation technique	118
Щербаков В.В., Васёха В.Н., Неверов Д.А. Портативные автоматизированные средства для определения геометрических параметров автомобильных дорог.....	123
Щербаков В.В., Васёха В.Н., Неверов Д.А. Аппаратно-программный комплекс «Волна».....	128
Щербаков В.В., Васёха В.Н., Неверов Д.А., Буланов М.Ю. Геодезические методы диагностики дорог	131
Дударев В.И. Создание геодезической сети сгущения на территории Самбургского газового месторождения с использованием GPS-технологий	139
Малков А.Г. Об оценке точности результатов измерений осадок в каждом цикле наблюдений.....	141
Виноградов А.В. Получение промежуточных точек геодезической линии на поверхности эллипсоида	144
Виноградов А.В. Применение сферических поверхностей в геодезических и кадастровых работах.....	149
Гаврилов М.В. Методика формирования библиотеки условных знаков в программе Autodesk land Desktop 2005	154
Ферулев Д.А. Технология съемки крупных объектов нефтяной промышленности с применением современных средств измерений	157
Хорошилов В.С. О необходимости создания информационной системы «Единый информационный центр геодезических методов и средств для оптимального геодезического обеспечения инженерных объектов»	161
Мурзинцев П.П., Буренков Д.Б. Применение цифрового нивелира для геодезического обеспечения ускорительно-накопительных комплексов	166
Хасенов К.Б., Рахымбердина М.Е. Наблюдения за деформациями каменно-набросной плотины Мало-Ульбинского водохранилища.....	170
Хасенов К.Б., Куимова Т.А. Автоматизация полевых измерений при выполнении исполнительных съемок линейных сооружений	174
Хасенов К.Б., Гусаренко Ю.Д. Применение электронного тахеометра PENTAX R-325NX при топографо-геодезических работах.....	177
Соболева Е.Л., Степанов А.Ю., Ильин А.А. Результаты производственных работ с применением цифрового нивелира	179
Иванов В.Г. Распределение невязок замкнутых полигонов нивелирования I класса по всей России и при разделении территории на европейскую и азиатскую части.....	184
Сучков И.О. Место, роль и значение пространственных эталонных геодезических базисов	187

Семакова Э.Р. Применение ГИС-технологий в снеголавинных исследованиях.....	190
Сучков И.О. Автоматизация обработки результатов поверки электронных тахеометров на примере GTS229.....	193
Яковченко С.Г., Постнова И.С., Жоров В.А. Алгоритмы построения согласованного продольного профиля русла в ГИС для проведения гидрологических расчетов.....	197
Пчельников Д.В. Применение СУБД в построении геоинформационных систем реального времени.....	203
Пластинин Л.А., Клевцов Е.В., Корюгин Р.В. Геоинформационное обеспечение лесохозяйственных предприятий в целях промышленной разработки (освоения) и экологического мониторинга лесных ресурсов	205
Эрик Тайле. Новые картографические направления в Германии. Преимущества использования AAA-системы(AFIS-ALKIS-ATKIS)	207
Bolorchuluun Ch., Tuvshinbayar D., Buyantogtokh B. The environmental impact in the Zaamar gold mining zone of Mongolia	216
Чернова Л.И. Представление «изломов» гладкой топографической поверхности	222
Ступин В.П. Цифровое картографирование морфосистем – новый метод изучения рельефа	226
Карацай А.А., Ступин В.П. Автоматизация сбора и организации исходных данных при создании ЦТК на ЦФС	231
Олзоев Б.Н. Картографический метод решения прикладных задач с использованием электронных карт (на примере электронной рекреационно-туристской карты национального парка «Тункинский»)	234
Евдокимова Н.М. Геоинформационное картографирование студгородка ИрГТУ	238
Корюгин Р.В. 3-D моделирование памятников архитектуры города Иркутска с применением ГИС	242
Павлова А.И. Методика оценки размещения полей севооборотов в гис...	245
Карпик К.А., Трифонов К.Е. Применение геоинформационных систем в процессе оптимизации проектных параметров линейных объектов нефтегазового комплекса.....	249
Визгин А.А., Неволин А.Г. Оценка точности геодезических сетей моделированием погрешностей измерений.....	252
Полушина Е.В. Использование ГИС-технологий для картографирования засоленных почв	254
Бобылев А.В., Рассказова Н.С. Географическая информационная система реки Миасс	259
Малиновский П.Е., Щепелина Т.Н., Толкова Е.В. Оптимизация принятия управленческих решений по выделению участков лицензирования.	264

Буренков Д.Б., Мурзинцев П.П. Построение 3D-модели города, поселка, населенного пункта	269
Рассказова Н.С. Базы данных природного и культурного наследия: проблемы создания и перспективы использования	273
Тюшевский Е.Ю. Цифровой Нивелир	278
Неволин А.Г., Хатоум Т.С. Оценка точности геопространственных данных при трехмерном моделировании местности.....	281
Хатоум Т.С. Критерии оценки точности геопространственных данных ...	284
Басаргин А.А. Геостатистический анализ результатов наблюдения за осадками фундамента инженерного сооружения	290
Малышкин В.П. Когнитивный аспект в картографии	292
Корюгин Р.В., Канина Л.А. Оценка качества, допустимой графической точности и широты динамического диапазона изображения в целях картоиздания	297
Каретина И.П., Маслова Н.В. Компьютерное моделирование почвенного покрова земель населенных пунктов	304
Каретина И.П., Хайрудинова Н.Ш. Гидрологическая геоинформационная система Мало-Ульбинского водохранилища	307