

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОУ ВПО «СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»

ГЕО-СИБИРЬ-2010

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Сборник материалов
VI Международного научного конгресса

Новосибирск
СГГА
2010

УДК 528
С26

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор, ректор СГГА, Новосибирск

А.П. Карник

Профессор, проректор по инновационной деятельности СГГА, Новосибирск

В.А. Середович

С26 ГЕО-Сибирь-2010. Пленарное заседание : сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19–29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 148 с.

ISBN 978-5-87693-380-5

ISBN 978-5-87693-371-3

В сборнике опубликованы материалы пленарного заседания VI Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2010».

Печатается по решению Редакционно-издательского совета СГГА

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 528

ISBN 978-5-87693-380-5
ISBN 978-5-87693-371-3

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия», 2010

Уважаемые коллеги! Дамы и господа! Дорогие друзья!

Международный проект «ГЕО-Сибирь» динамично развивается благодаря слаженной работе команды, которая с каждым годом становится мобильнее и растет численно в геометрической прогрессии. В этом, 2010 году, мы проводим шестой Международный научный конгресс и выставку «ГЕО-Сибирь». А это уже целая история! И нам есть чем гордиться. Радует, что современная геодезия интегрирует вокруг себя смежные отрасли, которые не могут обойтись без геопространственных данных. Именно наш проект формирует правильное представление о современном геоинформационном обществе, которое является базовой основой реализации



государственных программ информатизации общества: «Цифровая Земля», «Электронное государство», «Электронное правительство». Приятно отметить большой вклад в развитие «ГЕО-Сибири» наших зарубежных партнеров и друзей. Благодаря их активной жизненной позиции и инициативе, нам удалось реализовать целый ряд интересных проектов в рамках международного научного конгресса и выставки. Ежегодно мы вместе с нашими зарубежными коллегами решаем новые задачи геоинформационного развития общества. Выражаю слова благодарности профессору Хорсту Борманну, профессору Йоргену Застрау, профессору Гюнтеру Шмитту, профессору Лотару Грюндигу, Хагену Греффу и другим. Именно эти замечательные люди заложили основы для создания фундамента «ГЕО-Сибири» вместе с нашими коллегами – профессорами Лесных И.В., Середовичем В.А., Татаренко В.И. Всем им, а также всем, кто принимает участие в работе международного научного конгресса и выставки, большое спасибо. Не могу ни отметить большой вклад в развитие проекта представителя президента РФ по СФО Квашнина А.В., заместителя губернатора Новосибирской области Сапожникова Г.А., Московского государственного университета геодезии и картографии в лице Савиных В.П., Малинникова В.А. и Ямбаева Х.К., и конечно, нашего близкого друга и партнера МВЦ «ИТЕ Сибирская ярмарка» в лице ее генерального директора Цоя С.В. и руководителя проекта Ненашевой Л.Ф. Всем большое спасибо за то, что вы вместе с нами!

С уважением, ректор академии Александр Карпик

СОДЕРЖАНИЕ

Карпик А.П., Лисицкий Д.В. Современная геодезия в эпоху глобализации. 6 Савиных В.П., Демьянов Г.В., Ямбаев Х.К. Проект геодинамического мониторинга территории Сочи-Краснополянского района олимпиады 2014.....	10
Ананич М.И. Модель инновационного развития региона	19
Лисицкий Д.В. От геодезии для экономики к геодезии для информационного общества	29
Джоел ван Кроненброк, Лазерко М.М. Новые перспективы и проблемы 3D ГИС. От автоматического построения здания до виртуальных городов. Способна ли N-пространственная ГИС представлять пространство пользователя?	37
Райнер Ягер, Мануэль Освальд, Питер Спон. VirtualGOCA – Google Earth – инструментальное средство для интерактивного проектирования виртуальных сенсорных сетей, обоснования модели и программного обеспечения, планирования и анализа сценариев геомониторинга.....	50
Карпик А.П., Сапожников Г.А., Дюбанов А.В. Реализация проекта наземной инфраструктуры глобальной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС» на территории Новосибирской области	57
Джоел ван Кроненброк. Современное состояние геодезического мониторинга инженерных сооружений	63
Ингольф Бурштедде. Управление муниципальной собственностью в развивающихся странах.....	72
Бучнев А.А., Пяткин В.П. Спутниковый мониторинг водных поверхностей и ледяных полей	79
Попугаев А.Е. Разработка ГНСС антенн в институте интегральных схем (ИИС) имени фраунгофера.....	86
Креймер М.А. Интеграция экологической сукцессии и категорий землепользования в совершенствовании освоения природных ресурсов и сохранения среды обитания человека	94
Антипов И.Т. Развитие фотограмметрии в России	102
Джоел ван Кроненброк. Геодезический мониторинг за состоянием конструкций моста йонджондо в южной Корее с применением GLONASS/GPS	138
Готтфрид Конечный. Обновление карт – актуальная проблема, оптимально решаемая современной технологией.....	145

CONTENTS

Karpik A.P., Lisitsky D.V. Modern geodesy in the epoch of globalization	6
Savinykh V.P., Demyanov G.V., Yambayev Kh.K. The project for the geodynamic monitoring of Sochi-Krasnopolyansky district of olympiad 2014.....	10
Ananich M.I. The model for the region innovation development	19
Lisitsky D.V. From geodesy for economics to geodesy for information-oriented society.....	29
Joël van Cranenbroeck, Lazerko Maria. New perspectives and challenges of 3D GIS. From automatic building generation to virtual cities, will the nd GIS be able to represent the user space?	37
Reiner Jäger, Manuel Oswald, Peter Spohn. VirtualGOCA – a Google Earth based tool for the interactive design of virtual sensor networks, for model and software validation, and for the planning and analysis of geomonitoring scenarios	50
Karpik A.P., Sapozhnikov G.A., Dyubanov A.V. Realization of glonass (global navigation satellite system) ground infrastructure project on the territory of Novosibirsk region	57
Joël van Cranenbroeck. State of the art in structural geodetic monitoring solutions	63
Ingolf Burstedde. Management of public properties in developing countries....	72
Buchnev A.A., Pyatkin V.P. Satellite monitoring of the water surfaces and ice fields	79
Popugaev A.E. Development of GNSS antennas at the fraunhofer IIS	86
Kreymer M.A. Integration of ecological succession and land-use categories for the improvement of natural resources development and human environment preservation	94
Antipov Ivan T. The development of photogrammetry in Russia.....	102
Joël van Cranenbroeck. Structural bridge health monitoring with GLONASS and GPS – the yeong-jong bridge in south Korea	138
Gottfried Konecny. Map updating – an urgent issue to be optimized with modern technology	145

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДЕЗИЯ В ЭПОХУ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

A.P. Karpik, D.V. Lisitsky

SSGA, Novosibirsk

MODERN GEODESY IN THE EPOCH OF GLOBALIZATION

Начало XXI века ознаменовалось переходом человеческой цивилизации на новый этап развития – в информационную эпоху. Этот переход означает, что главным, определяющим фактором развития общества в части экономики и социальной сферы становится **информационная деятельность**.

Информационная деятельность заключается в получении, преобразовании и использовании информационных ресурсов во всех сферах жизнедеятельности человека, а сами информационные ресурсы призваны отражать все аспекты жизни общества. В этом многообразии информации и информационных процессов важнейшая роль принадлежит **пространственно-координированной информации**, отображающей окружающий нас мир, и информационным процессам по ее получению и использованию **методами геодезии, картографии, дистанционного зондирования и геоинформатики**. Этот блок информационной деятельности является неотъемлемой частью практически всех видов человеческой деятельности и, в первую очередь, всех видов строительства (промышленного, гражданского, дорожного, мелиоративного, инженерных коммуникаций, гидротехнических сооружений, тоннелей, мостов и др.), территориального управления, функционирования систем обороны, охраны правопорядка, критических ситуаций, транспорта, поиска, разведки и добычи полезных ископаемых, монтажа и эксплуатации инженерных сооружений и технологического оборудования, землеустройства и кадастра, ведения сельского, лесного и водного хозяйства и многих других. Например, установлено, что не менее 70% всех управленческих решений, принимаемых органами власти и территориального управления, носят пространственный характер и основываются на пространственно-координированной информации.

Указанный информационный комплекс, который в дальнейшем будем обозначать обобщенным термином «геодезический», характеризуется общими особенностями получения, обработки, накопления, передачи, интерпретации, отображения и использования пространственного информационного ресурса. Наряду с этим, каждый указанный вид информационной деятельности обладает и специфическими характеристиками назначения, выходных результатов, условий функционирования, характера производственных процессов.

Геодезия обеспечивает создание и ведение единой территориальной координатно-временной системы, производство измерений геометрических параметров геопространства и находящихся в нём объектов, размещение в геопространстве и монтаж по координатам новых объектов строительства и технологического оборудования, осуществление навигации людей и транспорта по территории, контроль пространственного состояния инженерных сооружений и других объектов в процессе их эксплуатации и еще целый ряд работ. Геодезические процессы осуществляются непосредственно на объектах деятельности и связаны с нахождением и перемещением исполнителей на территории расположения этих объектов, т.е. **с полевыми работами**. Результатом геодезических работ является пространственно-координированная информация в виде координат точек, составительских оригиналов топографических карт и планов территории разной точности и детальности в аналоговой и цифровой форме.

Дистанционное зондирование обеспечивает получение пространственно-координированной информации об окружающем нас пространстве путем дистанционной съемки территории и находящихся на ней объектов с носителей аэрокосмического базирования и последующей обработки полученных данных. Большинство процессов дистанционного зондирования осуществляется **в камеральных условиях**, базируется на координатно-временной системе, созданной в процессе геодезических работ, и на методах компьютерной обработки пространственных данных. Результатом дистанционного зондирования также является пространственно-координированная информация в виде координат точек, составительских оригиналов карт и планов территории разной точности и детальности в аналоговой и цифровой форме.

Картография обеспечивает составление и создание издательских оригиналов, тиражирование карт, планов, атласов различного содержания, назначения точности, детальности в аналоговой и цифровой формах. Картографические процессы осуществляются **в камеральных условиях** преимущественно путем компьютерной обработки пространственно-координированных данных, полученных в процессе геодезических работ, дистанционного зондирования и цифрования карт.

Геоинформатика – сравнительно новый компонент геодезического комплекса – обеспечивает изучение, анализ и моделирование окружающего нас мира в пространственном аспекте, оценку его состояния и динамики, прогнозирование развития ситуации, выработку пространственных решений на основе переработки пространственно-координированной информации, полученной другими компонентами геодезического комплекса. Геоинформационные процессы осуществляются в камеральных условиях путем компьютерной обработки пространственно-координированных данных. Результатом геоинформационной обработки являются модели геопространства различного назначения, предметного содержания, точности и детальности, аналитические характеристики геопространства, пространственные решения для планирования и управления территориями и функционирующими на них

объектами жизнедеятельности человека, а также для использования природных ресурсов и объектов.

Каждый из компонентов геодезического комплекса базируется на соответствующей науке или научной дисциплине и требует соответствующего научного обоснования. При этом информационная общность, информационные связи и информационная взаимозависимость требуют объединения этих наук и научных дисциплин в общий тематический блок – блок геодезических наук. Этот блок должен обеспечить осуществление важнейшей системообразующей функции: **создание и функционирование единой для территории пространственно-координатной основы электронного геопространства** – интегрированной информационно-коммуникационной среды, обеспечивающей все потребности государства в геопространственной информации [1]. Решение этой задачи обеспечит сопряжение различных информационных ресурсов и деятельности на информационном уровне всех видов территориального мониторинга, планирования и управления. Такая тенденция проявляется в последние годы в различных странах мира и задачи интеграции разных видов геопространственной информации реализуются в проектах типа «цифровая Земля», «электронное государство», «цифровой мир», «единые инфраструктуры пространственных данных» и другие. Еще в большей степени государственная важность обеспечения информационной согласованности геопространственных ресурсов и интеграции геодезического информационного обеспечения обусловлена переходом человечества к эпохе информационного общества. И в мировом сообществе решению этой задачи уделяется особое внимание. Есть наглядный пример развития мировой геодезии под руководством и при участии Международной Федерации геодезистов, которая признана ООН на правительственном уровне.

В России значимость задачи согласования и интегрирования геопространственных информационных ресурсов является еще более важной в связи с громадностью территории и декларируемым руководством страны курсом на модернизацию экономики. Однако организационные решения, связанные с реорганизацией органов государственного управления, вступают в противоречие с указанной тенденцией создания единого информационного пространства и информационного общества. В результате этих решений российская геодезия, как отдельная отрасль, прекратила существование. Для России, которая претендует на роль Великой державы, это неблагоприятная ситуация. Наблюдаются попытки раздробить геодезию на отдельные сферы ее применения (строительство, изыскания, геология, геофизика и др.). Регулирование геодезической деятельности по отдельным отраслям экономики будет передано соответствующим СРО, а это, в свою очередь, приведет к разобщенности единства требований соответствующего геодезического обеспечения и непрофессиональным решениям. Как следствие, в такой ситуации осуществление государственных функций геодезии – создание и ведение единых геодезических и топографических основ, регулирование научно-технического уровня производства, регламентирование единых технических условий и требований, поддержание единой инфраструктуры пространственных данных и другие – будет ослабевать и может привести к необратимым процессам.

Назрела необходимость в интеграции усилий геодезического сообщества в целях создания некой общественной структуры по аналогии с Международной Федерацией геодезистов. Это решение предоставит возможность для возрождения и развития современной геодезической школы в интересах Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А.П., Лисицкий Д.В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – № 5. – 2009. – С. 41–44.

© А.П. Карпик, Д.В. Лисицкий, 2010

УДК 551.2/.3

В.П. Савиных, Г.В. Демьянов, Х.К. Ямбаев

Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва

ПРОЕКТ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИИ СОЧИ-КРАСНОПОЛЯНСКОГО РАЙОНА ОЛИМПИАДЫ 2014

V.P. Savinykh, G.V. Demyanov, Kh.K. Yambayev

Moscow State University of Geodesy and Cartography

THE PROJECT FOR THE GEODYNAMIC MONITORING OF SOCHI-KRASNOPOLYANSKY DISTRICT OF OLYMPIAD 2014

Изучение влияния оползневых явлений, селей, лавин и деформаций земной коры, как наиболее объективного показателя геодинамических процессов, в том числе процессов подготовки землетрясений, является важнейшей задачей современной геодезии и геофизики.

Одной из задач создания геодинамических полигонов по изучению деформаций земной коры под влиянием природных и техногенных явлений, в том числе и неотектонических причин является обеспечение безопасности функционирования наиболее ответственных сооружений инфраструктуры Сочинского горно-спортивно-климатического курорта по программе подготовки и проведения Зимней Олимпиады 2014 г.

Существует пространственная приуроченность критических деформаций инженерных сооружений к зонам тектонических нарушений, разрывов, что может быть обусловлено перераспределением напряженно-деформированного состояния блоков горных пород в процессе сброса напряжений при землетрясениях. Все эти причины аварий представляются реальными, однако достаточно регулярный мониторинг деформационных процессов до сих пор не осуществлен. Сегодня не вызывает сомнения, что значительная часть критичных деформаций сооружений различного назначения, в том числе объектов транспортных магистралей прямо или косвенно связана с влиянием активных разломов земной коры. Подавляющая часть из них перекрыта осадочной толщей; именно это обстоятельство затрудняет их прогнозирование с помощью традиционных геофизических технологий: сейсморазведки, гравиметрии и т.д.

Комплекс геофизических методов (и прежде всего его основа – сейсморазведка) несет основную информацию о геометрии и свойствах среды (скорости, плотности и т.д.). Однако эти методы мало что могут сказать о том, что нас интересует прежде всего – о современной (сегодняшней, сиюминутной) активности разломов, о характере микро- и макросмещений по ним, о вероятности нарушений сплошности верхней части геологического разреза, в которой располагаются инженерные объекты

Известны факты постепенного накапливания опасных для инженерных сооружений тектонических напряжений в зонах древних разломов, разрядка которых (например, в виде криппа) приводит к столь же нежелательным последствиям, что и однократные сейсмические события.

Геология устанавливает наличие деформаций в зонах разрывных нарушений в течение большого промежутка времени, несопоставимого со временем функционирования трубопроводов и транспортных сооружений и поэтому не может быть средством оперативного предсказания возможных разрывных деформаций.

Развитие современных спутниковых технологий в настоящее время позволяет создать непрерывный геодезический мониторинг деформационных процессов с обеспечением регистрации деформаций земной коры на уровне точности от $\pm(2\div 5)$ мм в зависимости от расстояния между пунктами. Причем эти измерения будут осуществляться на участках большой протяженности и, в масштабе близком к реальному времени, будут определяться те участки района, в которых эти деформации достигли критической величины.

В целях отработки новых технологий для изучения деформационных процессов и возможного моделирования деформационных процессов необходимо создание системы комплексного геодинамического мониторинга района размещения инфраструктуры сооружений Сочинского горно-климатического курорта и особенно наиболее ответственных спортивных сооружений и транспортных магистралей.

Основания для разработки и реализации системы геодинамического мониторинга региона развития г. Сочи:

- Обеспечение безопасности функционирования инфраструктуры спортивных, инженерных, транспортных и т.п. сооружений горно-спортивно-климатического комплекса и безопасности жизнедеятельности людей;
- Район относится к сейсмичным регионам, возможны землетрясения с магнитудой 7,5.
- В регионе Кавказа в настоящее время ведется геодинамический мониторинг, однако район развития г. Сочи не достаточно оснащен необходимыми элементами системы геодинамического мониторинга.

Цели и задачи

Район проектируемого комплексного Сочинского геодинамического полигона имеет очень сложную геотектоническую структуру, характеризуемую несколькими генеральными разломами, а также густой сетью региональных и локальных разломов, точное месторасположение которых следует определить.

Главной задачей при проектировании данного полигона является организация непрерывного мониторинга деформационных процессов, позволяющих одновременно определять деформации в единой системе координат на всем регионе Северо- Западного Кавказа. Несмотря на то, что все районы данного региона взаимосвязаны, наибольшее влияние следует уделить району развития горно-климатического курорта г. Сочи до 2014 года.

На этом геодинатическом полигоне дополнительно к пунктам GPS и нивелирным реперам необходимо установить и соответствующую геофизическую аппаратуру.

На основе предварительных (на стадии эскизной разработки) научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по непрерывному деформационному мониторингу территории предполагается выполнить следующий состав работ:

а) Анализ геолого-геофизических архивных и фондовых материалов с целью определения расположения разрывных нарушений и выбора наиболее опасного в отношении возможных деформаций участков.

б) Выявление ослабленных зон земной коры в разломных зонах с помощью комплексных геофизических исследований.

в) Создание GPS/ГЛОНАСС геодезической сети, с целью мониторинга деформационных процессов.

г) Закладка грунтовых, скальных и настенных реперов для организации трасс повторных высокоточных нивелировок между GPS/ ГЛОНАСС - пунктами.

д) Разработка комплексной технологии GPS – измерений и повторного нивелирования.

е) Разработка телекоммуникаций и организация диспетчерско-аналитического центра.

ж) Обработка полученных комплексных наблюдений в режиме реального времени.

з) Создание диспетчерской службы деформаций, их анализ и регистрация, оповещение о критических участках трассы.

и) Проведение режимных геофизических наблюдений. Регистрация и определение параметров землетрясений осуществляемых сетью сейсмических станций Кавказского региона.

В состав геодезическо-геофизического комплекса входят:

1. Высокоточный комплекс GPS/ГЛОНАСС измерений, обеспечивающий непрерывный мониторинг деформационных процессов на уровне точности $\pm (2-5)$ мм на расстояниях до 30 км.

2. Комплекс повторных высокоточных нивелировок I-II классов.

3. Деформационный мониторинг с помощью наклономеров и деформографов.

4. Гравиметрические исследования.

Разрабатываемый рабочий проект должен содержать так же описание геодезической и геофизической аппаратуры, технологию ее установки и последующей эксплуатации, а также технологию и средства трансляции измерительной информации в единый диспетчерский центр.

На первом этапе (в течение 2009-2010 г.г.) создания системы геодинатического мониторинга района развития. Г. Сочи (2006-2014 гг.) следует выполнить следующие виды работ:

- 1) Разработать инфраструктуру геодинимического полигона – определение местоположения GPS пунктов, реперных пунктов, геофизической аппаратуры на основании анализа сейсмической информации.
- 2) Установка аппаратуры и организации автоматизированной передачи измерительной информации по каналам телекоммуникационной связи.
- 3) Обустройство постоянно действующих пунктов GPS/ГЛОНАСС наблюдений и организация автоматизированной системы передачи измерительных данных в масштабе реального времени по каналам связи в аналитический диспетчерский центр (8÷12 пунктов).
- 4) Проектирование и закладка системы контрольных реперных пунктов для регулярных GPS наблюдений (80 пунктов) и повторного нивелирования.
- 5) Доставка и монтаж технологического оборудования.
- 6) Выбор места расположения и создание диспетчерского пункта.
- 7) Проведение обучения обслуживающего персонала.
- 8) Разработка методики и проведение контрольных испытаний деформационного геодезического мониторинга.

Принцип построения деформационного мониторинга

Развитие современных спутниковых технологий координатных определений на основе GPS/ГЛОНАСС измерений коренным образом изменяют принцип построения геодезических сетей на геодинимических полигонах с целью изучения деформаций земной коры. Эти изменения в основном сводятся к следующему:

- По результатам измерений на каждом пункте с высокой точностью определяются все три координаты, т.е. пространственное положение геодезического пункта;
- Возможна реализация непрерывных наблюдений и передачи информации в единый центр данных в масштабе реального времени (мониторинг), тем самым осуществляется регистрация деформации и оперативный контроль их критической величины;
- Анализ результатов непрерывных GPS измерений (как индикаторов динамики деформаций) является основой для регламентации частоты (цикличности) более подробных деформационных измерений повторными высокоточными нивелировками или GPS/ГЛОНАСС измерениями.
- Высокая степень свободы выбора местоположения пункта (возможность расположения непосредственно в ослабленных зонах по линии разлома и в то же время легко доступного);
- Возможность высокоточного определения взаимного положения точек физической поверхности Земли, удаленных друг от друга на значительные расстояния.

Таким образом, по результатам непрерывных GPS геодезических измерений определяются количественные характеристики деформаций земной коры в местах наиболее активных разломов (ослабленных зон); по результатам GPS –измерений, как деформационных индикаторов, определяется

необходимость, точность и цикличность повторных нивелировок, устанавливается специальная геофизическая аппаратура: деформографы, наклометры и др.

В результате будет создана практически автоматизированная система геодинамического мониторинга деформационных процесса, в том числе и регистрация величин деформаций в масштабе реального времени.

Эти новые возможности современных спутниковых геодезических технологий при изучении деформаций земной коры, дают следующие преимущества по сравнению с традиционными методами геодезии на геодинамических полигонах.

Экономическая эффективность

При использовании спутниковых технологий в зоне расположения активных тектонических разломов будут наблюдаться 8÷12 пунктов GPS/ГЛОНАСС измерений со специальной конструкцией центров, обеспечивающих принудительное центрирование спутниковых антенн. Общее количество реперных пунктов для района развития г. Сочи до 2014 будет составлять порядка 80.

Основные затраты будут связаны с начальным этапом создания непрерывного мониторинга при формировании общей инфраструктуры полигона: закупка оборудования, закладка специальных центров, прокладка телекоммуникаций, создание центрального диспетчерско-аналитического центра и т.п. капитальные работы и т.п. будет составлять 120÷150 млн. рублей.

В дальнейшем стоимость текущих геодезических и геодинамических работ будет составлять 6-8 миллионов рублей в год, и 3 млн. руб. в год на содержание диспетчерской службы и аналитического центра деформационного мониторинга.

Тем самым будет осуществлена реализация доставки информации в реальном масштабе времени в единый центр обработки данных через Internet.

При традиционных методах геодезических измерений на каждом из подобных геодинамических полигонов Роскартографии развивалась сеть из 20-30 пунктов триангуляции, расположенных, как правило, на вершинах гор или других труднодоступных местах. Эти условия расположения пунктов приводили к большим сложностям организационного характера и значительным экономическим затратам. Одновременно развивалась сеть нивелирных пунктов, как правило вдоль дорог или по долинам рек. Это приводило к тому, что сеть триангуляции и нивелирная сеть развивались независимо друг от друга, что затрудняет последующий анализ деформаций. Стоимость только одного цикла измерений с последующей обработкой на таком полигоне составляет порядка 25 миллионов рублей. Соответственно, для 80 пунктов Сочинского геодинамического полигона затраты на один цикл измерений составил бы около 75 млн. рублей. Мало того, в этом случае деформации будут определяться только на локальных участках этих полигонов, а максимальные деформации и в том числе землетрясения, могут быть на других участках этого региона.

Технологическая эффективность

При использовании классической (традиционной) схемы организации геодинимических работ организация повторных измерений на каждом полигоне возможна на интервале в лучшем случае в 1÷5 лет. Тем более, что организация одновременных измерений по всем пунктам полигона практически не возможна. Поэтому, вероятность уловить момент активизации деформационных процессов очень мала, а изучение же процесса подготовки возможных землетрясений практически не реально.

Построение непрерывного мониторинга деформационных процессов, основанного на применении современных спутниковых технологий, вовсе не означает отказ от использования уже накопленного информационного потенциала на основе традиционных геодезических методов. Все эти данные изучаются и используются при создании новых геодезических построений. Мало того, при создании системы контрольных реперных точек будут максимально использованы геодезические пункты (главным образом, нивелирные репера) уже созданные Роскартографией на территории Северо – Западного Кавказа. Метод повторного нивелирования был и остается наиболее точным, а следовательно наиболее объективным методом изучения вертикальных движений земной коры. В планах дальнейшего развития комплексного Сочинского геодинимического полигона предполагается выполнение работ по повторному нивелированию только с той цикличностью и на тех локальных участках, где по данным непрерывного GPS -мониторинга отмечают наиболее активные деформационные процессы.

В настоящее время одной из задач по безопасности функционирования инфраструктуры сооружений горно- климатического курорта Сочи является регистрация собственно деформаций и контроль их допустимых величин в масштабе реального времени. Разрушительные землетрясения происходят не так часто, а собственно процесс деформаций земной коры – это постоянный непрерывный процесс и их величины в районах тектонических разломов могут вывести из строя спортивные и другие сооружения и помимо землетрясений.

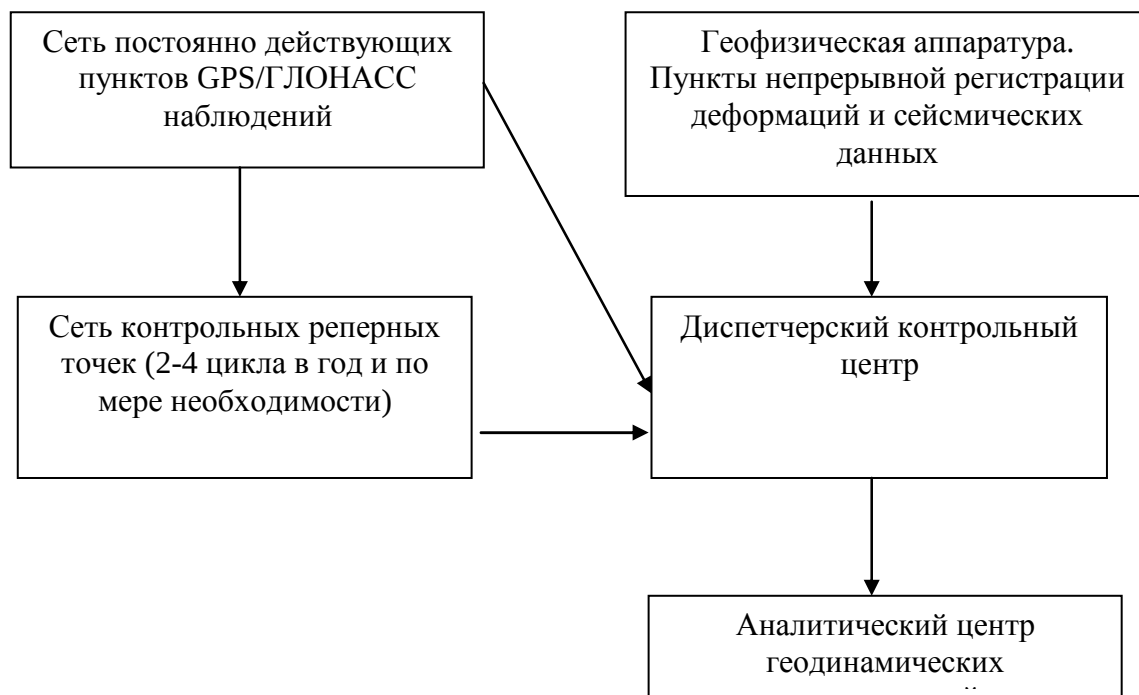
Центральным узлом всего процесса непрерывного мониторинга будет являться сеть из 8÷12 пунктов постоянных GPS/ГЛОНАСС наблюдений за деформациями, расположенных, как правило, в районе населенных пунктов, на железнодорожных станциях, порталов тоннелей, мостов и т.п. На этих постоянно действующих пунктах GPS/ГЛОНАСС наблюдений будут установлены спутниковые приемники для непрерывной регистрации практически с любыми интервалами. Данные наблюдений в масштабе реального времени будут передаваться в единый диспетчерский контрольный центр. В этом центре в автоматизированном режиме на основе специализированного программного обеспечения будут регистрироваться величины деформаций (изменения координат во времени по 4 составляющим X,Y,Z и H^G). Эти величины в виде непрерывных графиков во времени будут являться текущими контрольным отсчетным материалом диспетчерско-аналитического центра. На специализированном сайте центра будут помещаться сами результаты GPS/ГЛОНАСС измерений на постоянно действующих

пунктах. Это позволит в режиме постобработки выполнить высокоточные определения координат для задач кадастра, геодезического обеспечения строительства, топоъемок и т.п. многими организациями.

Файлы с измерениями на GPS- пунктах передаются с компьютеров на центральный сервер, установленный в диспетчерском центре по запросам, генерируемым ежесуточно в автоматическом режиме. На центральном сервере осуществляется фильтрация и первичная архивация данных, поступающих со станций, а затем предварительная обработка с помощью специализированного программного обеспечения (GAMIT/GLOBK) массива данных по всему региону Сочинского Геодинамического полигона (СГДП).

Ключевой фактор, определяющий результативность работы всей проектируемой системы геодинамических исследований - это стабильность закрепления наблюдательных пунктов относительно подстилающих слоев земной коры.

Структура деформационного мониторинга



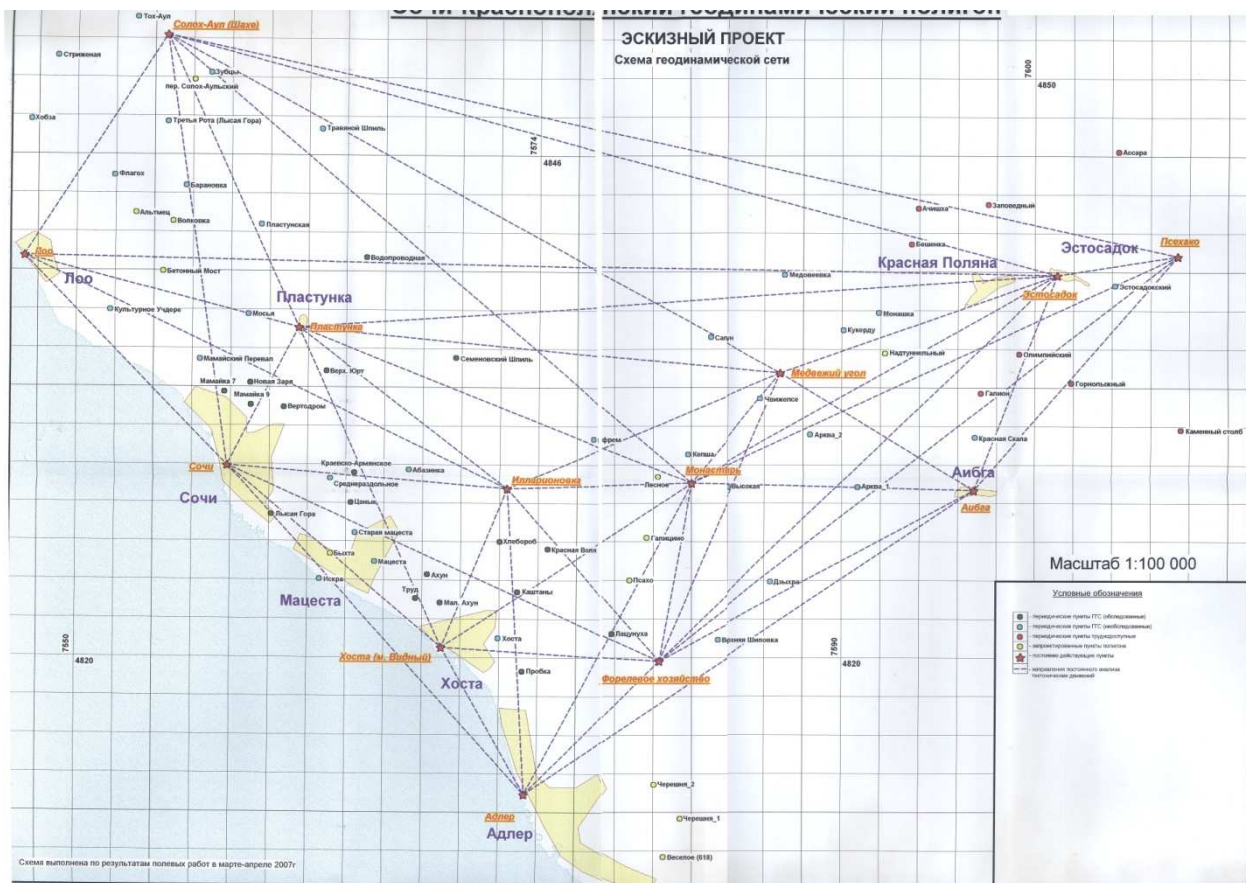
Данные анализа деформаций, выполняемого в аналитическом центре, будут являться критерием установки частоты повторных измерений на контрольных реперах, а в случае необходимости при активизации тектонических процессов установки дополнительных пунктов или дополнительных видов контрольно-измерительной аппаратуры.

Точность регистрации местоположения и его изменения во времени постоянно действующих пунктов будет составлять первые миллиметры

$$m_{x,e,z} = \pm 1-2 \text{ мм}$$

Эти данные измерений будут в автоматизированном режиме передаваться в аналитический диспетчерский центр.

Система постоянно действующих пунктов кроме основного назначения может быть использована также как опорная геодезическая основа для

[illegible]

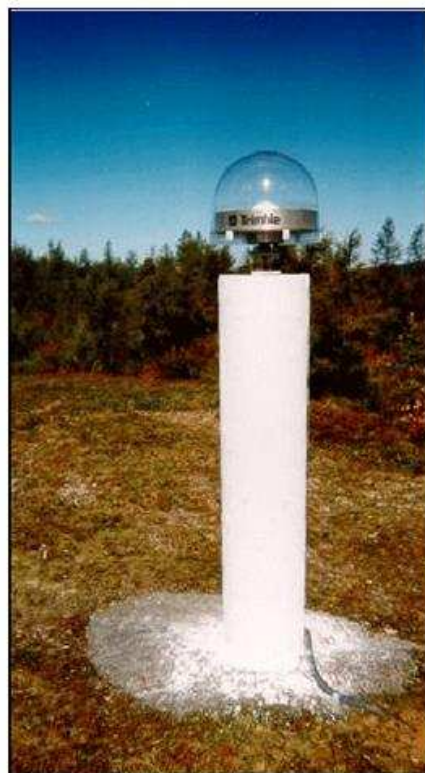
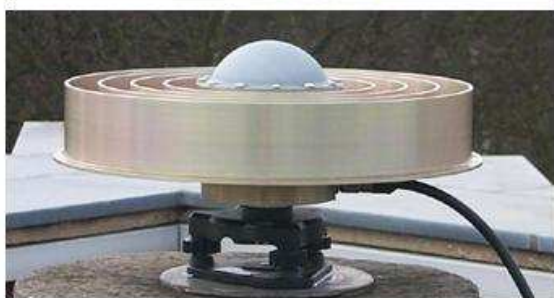
Наземные центры пунктов непрерывного геодезического мониторинга движений и деформаций земной поверхности

Наземный центр (справа)

Устройство

принудительного

центрирования (внизу)



© В.П. Савиных, Г.В. Демьянов, Х.К. Ямбаев, 2010

УДК 001:004(571.14)

М.И. Ананич

Департамент науки, инноваций, информатизации и связи Новосибирской области, Новосибирск

МОДЕЛЬ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

M.I. Ananich

The department of science, innovation, informatization and communication of Novosibirsk region, Novosibirsk

THE MODEL FOR THE REGION INNOVATION DEVELOPMENT

В основных задачах Стратегии социально-экономического развития Новосибирской области на период до 2025 года обозначена необходимость придания экономике региона инновационного качества развития, инвестиционной привлекательности и финансовой самодостаточности.

Новосибирская область является первым субъектом Российской Федерации, в котором в 1995 году принят закон о научной деятельности и научно-технической политике. Также на территории действует закон о политике Новосибирской области в сфере развития инновационной системы.

Научно-технический, образовательный и инновационный комплекс Новосибирской области представлен 46 высшими учебными заведениями, в том числе 28 государственными вузами и филиалами, 55 академическими институтами Российской академии наук, Российской академии медицинских наук и Российской академии сельскохозяйственных наук; наукоградом Кольцово с градообразующим предприятием - Государственным научным центром вирусологии и биотехнологии «Вектор», а также более чем 60 отраслевыми научно-исследовательскими, конструкторско-технологическими и проектными институтами, более чем 100 крупными и 1700 малыми предприятиями.

Инновационная инфраструктура области включает три научных городка, технопарк «Новосибирск», создаваемый технопарк новосибирского Академгородка, сеть инновационно-технологических центров, частных технопарковых структур, бизнес-инкубаторы, центры развития инновационных компетенций, молодежные творческие мастерские, Сибирский институт интеллектуальной собственности и многие другие организации.

Большинство наукоемких инновационных предприятий области объединено в ассоциации, среди которых «СибАкадемИнновация», «СибАкадемСофт», «Информация и технологии», «Силовая электроника Сибири», «Лидер-ресурс», «Сибирская промышленная гидравлика и пневматика» и др. Объединения фирм наукоемкого бизнеса содействуют решению характерных «техно-парковых» задач (консалтинг, патентование, таможенное оформление и др.), активно работают в сотрудничестве с вузами,

академическими институтами, промышленными предприятиями, отраслевыми НИИ, администрацией Новосибирской области и органами местного самоуправления, федеральными и региональными институтами развития.

Действует и развивается региональная инвестиционная сеть, оказывающая финансовую и организационную поддержку развитию инновационной деятельности: Новосибирский областной фонд поддержки науки и инновационной деятельности, Фонд развития малого и среднего предпринимательства Новосибирской области, Фонд содействия развитию венчурных инвестиций в малые предприятия в научно-технической сфере Новосибирской области, Агентство инвестиционного развития Новосибирской области, организации банковского сектора и др.

Среди основных приоритетов инновационным сообществом выделяется дальнейшая консолидация усилий всех субъектов инновационной деятельности и их системное взаимодействие на основе реализации инновационной (технопарковой) идеологии, суть которой определим следующим образом.

Инновационная (технопарковая) идеология - система представлений о развитии и функционировании общества, опирающаяся на ценностную ориентацию - создание экономики знаний, что предполагает:

- Формирование нового мышления, ориентированного на способность человека создавать новые знания и управлять ими на основе научного и творческого потенциала, престижности и ценности получения знания как такового;
- Развитие инновационной культуры на основе нового мышления как производителей инноваций, так и потребителей инновационных продуктов и услуг;
- Создание нового качества жизни, обеспечение роста привлекательности Новосибирской области не только для инвесторов, но, главное, и для ее жителей и тех, кто готов приехать в область на постоянное место жительства.

Естественно, экономика знаний и высоких технологий призвана обеспечить формирование значительной части валового регионального продукта в отраслях, непосредственно производящих высокотехнологичные товары и интеллектуальные услуги. При этом лидерские амбиции каждого субъекта инновационной деятельности и регионов в целом (с учетом их особенностей, потенциала и конкурентных преимуществ) в кооперации с ведомствами и федеральным центром позволяют, на наш взгляд, достичь положительного синергетического эффекта в короткие сроки. А фактор времени в инновационной сфере является одним из определяющих. При этом, естественно, требуется кропотливая работа, в том числе на основе технопарковой идеологии по преодолению у достаточно большой группы специалистов и коллективов психологического отставания от передовых тенденций, по формированию системы взглядов и действий, в первую очередь у лидеров, позволяющих по-новому оценивать ситуацию в комплексе, прогнозировать ее развитие и принимать эффективные решения.

Среди проблемных вопросов развития инновационной деятельности можно отметить:

- Недостаточное число конкурентоспособных разработок и технологий высокой степени готовности для трансфера;
- Уровень развития эффективных механизмов коммерциализации и трансфера новых технологий и разработок;
- Недостаточный уровень развития инновационной, в том числе финансовой, инфраструктуры в части разнообразия и доступности предоставляемых услуг, степени охвата сервисом субъектов инновационной деятельности;
- Недостаток кадров высокой компетенции, особенно топ-менеджеров, при формировании и реализации технологических кластеров для новой экономики, основанной на знаниях.

В целом требуется системное многоуровневое взаимодействие субъектов инновационной деятельности, обеспечивающее эффективное функционирование технологического коридора (продвижение инновации на всех этапах от ее создания до выхода на рынок) при соответствующем нормативно-правовом обеспечении. В этой связи следует особо отметить новый Федеральный закон от 02.08.2009 №217-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности», который привнес в инновационную деятельность принципиально новые возможности по повышению эффективности практического применения результатов интеллектуальной собственности путем создания хозяйственных обществ бюджетными научными учреждениями и высшими учебными заведениями.

Следует отметить слабую заинтересованность (в основном из-за недостатка инвестиционных средств) предприятий в инновациях. В свою очередь, производители инноваций недостаточно используют аутсорсинг, современные маркетинговые, консалтинговые и иные технологии, обеспечивающие высокую готовность проекта для инвестора и для производства.

Среди многих актуальных (не только для научной и инновационной деятельности) направлений выделим работу по отбору, подготовке и переподготовке молодых людей (старшеклассники, студенты, аспиранты, преподаватели, ученые, инноваторы, разного уровня специалисты), проявляющих лидерские способности. Они особенно востребованы в развитии инновационной активности, в процессе повышения восприимчивости общества к интеллектуальному труду, а предприятий и отраслей - к инновациям, в развитии частно-государственного партнерства, механизмов стимулирования и повышения мотивации участников рассматриваемой сферы деятельности.

В качестве положительных примеров по формированию в регионе среды, содействующей развитию лидерских способностей, назовем:

- Систему формирования технологических кластеров и крупных программ;
- Ведущие фирмы и объединения фирм наукоемкого бизнеса, выделяя деятельность ассоциаций «СибАкадемИнновация» и «СибАкадемСофт»;
- Систему отбора лидеров среди школьников с последующим обучением, например в физико-математической школе при Новосибирском государственном университете;
- Раннее вовлечение студентов в научную и инновационную деятельность, в том числе с участием созданных в ведущих вузах центров развития инновационных компетенций и молодежных творческих мастерских.

И конечно же нельзя не отметить опыт Президентской программы подготовки управленческих кадров, включая специализацию по инновационному менеджменту. Ассоциация выпускников программы «ЛИДЕР-РЕСУРС» активно участвует в реализации технопарковой идеологии. В частности, выпускники программы и ассоциации фирм содействуют разработчикам новых технологий в повышении инновационной культуры и компетенций, например, в сфере проект-менеджмента, обеспечивают квалифицированную подготовку и продвижение бизнес-проектов.

В этой связи все более актуальной становится задача формирования новой системы отношений между образовательными учреждениями профессионального образования и работодателями, объединениями работодателей. Получила дальнейшее развитие интеграция образовательных и научных учреждений, производственных предприятий в виде учебно-научно-производственных комплексов, ресурсных центров подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров для предприятий различных отраслей промышленности. Это позволяет системно решать задачи преемственных образовательных программ разного уровня, усилить связь образования, науки и промышленности, более полно и эффективно использовать имеющиеся материально-техническую базу, центры коллективного пользования, преподавательские кадры, финансовые ресурсы.

Особую роль здесь играют университеты, которые не только обеспечивают передачу знаний между поколениями (обучение), накопление и хранение знаний (научные школы, университетские библиотеки и издательства), выполняют исследования, но и воспитывают личность. Технопарковые структуры, как партнеры университетов, помогают вести ресурсоемкие межотраслевые исследовательские, технологические и инновационные проекты, и, естественно, заинтересованы в поиске и подготовке талантливых студентов и аспирантов.

В учебных планах всех уровней образования обучение проводится по сильно разобобщенным дисциплинам, что затрудняет для обучающихся соединение знаний на междисциплинарном (наддисциплинарном) уровне. Особенно это актуально для нанотехнологий, биотехнологий, вычислительных технологий и др. Это направление также обеспечивает формирование лидерских команд. Наблюдается недостаток

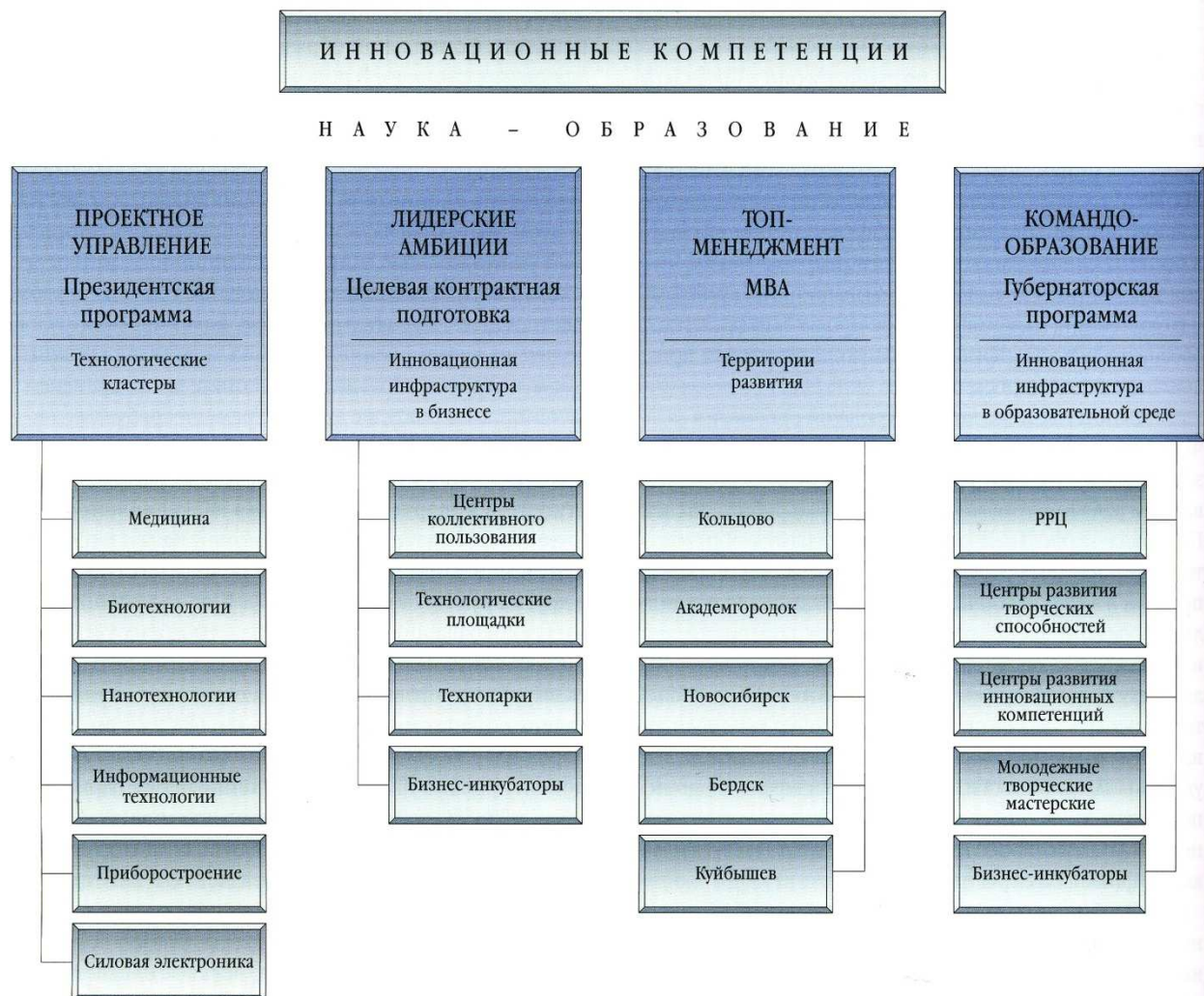
высококвалифицированных педагогов по естественно-научным дисциплинам в школах, что затрудняет качественное обучение выпускников на более высокой ступени в профессиональной школе.

Следует также отметить, что в учреждениях профессионального образования до 60% студентов обучается на платной основе, что, с одной стороны, привело к наращиванию выпуска дипломированных специалистов «рыночных» специальностей, с другой - сделало доступным образование для обеспеченных слоев населения вне зависимости от их подготовленности и способностей. Частично это обуславливает появление двойственного отношения к знаниям на всех уровнях образования: при высокой ценности формальной образованности низок престиж знания как такового. В результате наблюдается высокий спрос выпускников школ на высшее образование, в большей степени гуманитарного и экономического направления. Отмечается изменение критериев личностного продвижения в мире знаний у молодежи: до перестройки на первом месте отмечали хорошее образование, природный ум, трудолюбие, упорство и настойчивость. В переходный период, к сожалению: полезные связи на первом месте, далее - богатые родители, родственники-руководители, удача, умение рисковать и лишь на шестом месте – хорошее образование. Конечно, это со временем изменится, но опять же фактор времени требует активных действий. В Новосибирской области имеется положительный опыт по раннему и глубокому включению студентов в творческую работу (в НГУ при системной интеграции системы образования и науки исследовательские компетенции имеют более 75% студентов, в других вузах - в среднем 25%). К сожалению, отмечается сокращение усилий, направленных на учебу: по оценкам специалистов, чуть больше 20% обучающихся выражают готовность идти на ограничения ради овладения знаниями, при этом около 60% студентов собираются работать по профессии. Около 30% студентов ориентировано на обучение в аспирантуре, при этом лишь у 25-30% аспирантов защита диссертаций своевременна. Сохранение невысокой мотивации к обучению в аспирантуре (несмотря на повышение в РАН уровня средней заработной платы) преимущественно связано с низкой зарплатой в начале карьеры, недостатком знаний и опыта, отсутствием жилья, перспективы карьерного роста в короткий срок.

Важно, отвечая за производство и передачу знаний, осознавать полную меру своей ответственности и максимально эффективно демонстрировать привлекательность интеллектуальных профессий, формировать положительный имидж интеллектуального труда, новое мышление, ориентированное на способность человека создавать новые знания и управлять ими на основе научного и творческого потенциала, престижности и ценности получения знания как такового. Актуальным является формирование и реализация полноценных образовательных программ, рассчитанных на постдипломное образование, при соответствующем контроле их качества. Это позволит осуществить выбор индивидуальной образовательной траектории для человека в течение всей жизни. По данным Федеральной службы государственной

статистики (2007 год), доля экономически активного населения, участвующего в непрерывном образовании, в Австрии - 83%, Дании - 80%, Финляндии – 77%, Германии - 42%, Великобритании - 38%, России - 22-25%. При этом в странах с самой высокой активностью роль играют не экономические факторы, а сформированная в обществе ценность - образование как получение качественных знаний.

1



ОРИЕНТИР НА ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПРОИЗВОДСТВА И СЕРВИСА ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ

МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

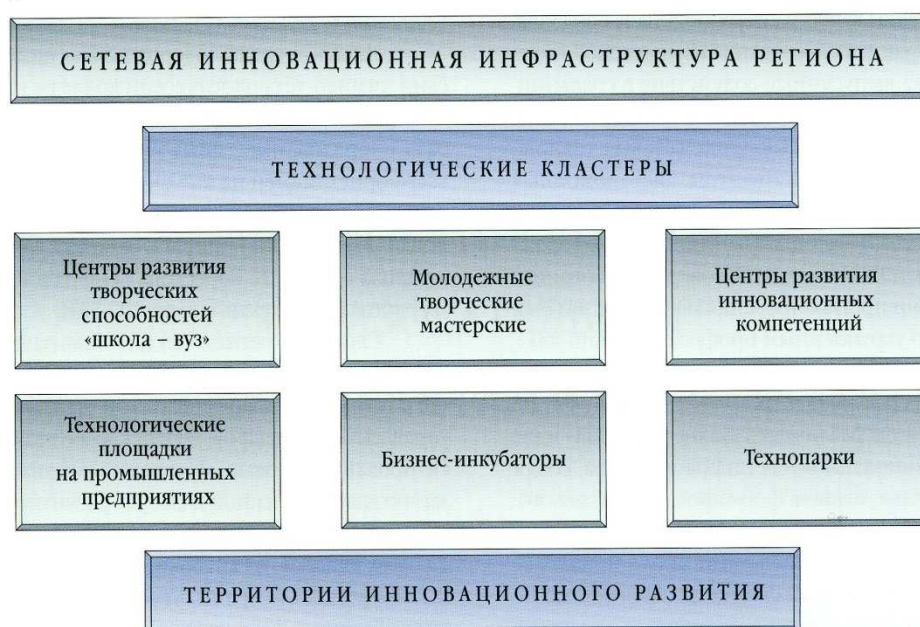
Анализ проблем показывает, что необходима новая концепция в формировании кадрового потенциала для экономики знаний, нацеленная на улучшение образовательной среды, принципиальное повышение качества всей системы образования, дающей человеку особые жизненные преимущества, реализуемые на рынке труда. Кроме того, формирование нового мышления в обществе, ориентированного на престижность получения реальных знаний, а не только формальной «корочки» позволяет

решать мировоззренческие проблемы в обществе, повышая конкурентоспособность региона и страны. Для этого требуется формирование и решение нового пакета задач для сферы образования.

Таким образом, отмеченные проблемы и имеющийся опыт актуализируют не только аспекты материального и организационного характера, но и развитие личности, ориентацию ее на успех и готовность ради него преодолевать барьеры и трудности. Следовательно, речь идет и о готовности, ответственности и лидерских амбициях. Вспомним высказывание Бекона: «Новое не может быть безобидным, так как оно уничтожает старое». Следовательно, разрабатывать, производить и продвигать новое успешнее будет личность с лидерскими амбициями, способная рисковать, быть впереди.

Развитие института лидерства предполагает существование системы или механизмов интеграции, формирующих плеяду лидеров различного масштаба и разнообразных качеств (личности, научные, экспертные и педагогические школы, группы, фирмы и т.д.), с более эффективными результатами деятельности, наличием ясной программы действий, отвечающей интересам группы, и целеполагания, волей к победе. За лидером признается право на принятие наиболее важных решений с точки зрения интересов группы, ее основных ценностей, что очень важно в инновационной деятельности, как наиболее рискованной, имеющей значительный период неопределенности перспективы состоящей из нескольких этапов деятельности (идея, научная разработка, инновационный проект, инновационный продукт, послепродажное сопровождение).

2



МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Для инновационной экономики, экономики знаний важным также является лидерство в производстве и продвижении инновационного продукта, лидерство в управлении этими процессами.

Инновационному региону необходимы высокопрофессиональные специалисты, готовые взять на себя ответственность за реализацию проекта, ориентированные на результат, способные использовать накопленные знания и обновлять их, системно мыслить. Следует отметить, что существуют определенные трудности в поиске и привлечении таких специалистов не только для инновационных фирм, но и для промышленных предприятий, государственных корпораций и органов власти.

Следовательно, одна из важнейших задач региона – наладить систему формирования кадрового потенциала с заданными компетенциями и личностными качествами, что отражено в модели региональной системы подготовки кадров для инновационной экономики Новосибирской области (рис. 1).

В настоящее время в Новосибирской области разработаны и внедряются концепции инновационного развития и развития образования, эффективного использования кадрового потенциала. Учитывая федеральную составляющую в развитии системы образования, необходимо усилить региональный уровень управления сферой образования, для которого основными задачами в реализации концепций становятся:

а. Внедрение новых форм управления и организационных структур: новые модели инфраструктурного развития профессионального образования и образовательных учреждений; развитие инновационной среды региона, межотраслевого экспертного сообщества; оптимизация сети образовательных учреждений; совершенствование практики партнерства образовательных и научных учреждений, бизнеса, органов государственной власти и местного самоуправления, в том числе на принципах частно-государственного партнерства; поддержка интегрированных проектов, использование принципов проектного управления; создание отраслевых центров сертификации, аккредитации и т.д.

2. Формирование идеологических основ реализации концепции: формирование нового мышления на основе развития инноваций в социокультурной среде и практики внедрения новых образовательных технологий, ориентации на получение качественных знаний, инновационной культуры; принципов интеграции, в том числе кластерного подхода; развитие интеллектуального потенциала региона; совершенствование системы стимулирования молодежи к научной, образовательной и инновационной деятельности; формирование положительного имиджа интеллектуального труда, а Новосибирской области - как интеллектуальной столицы Сибири и др.

3. Совершенствование методологических подходов в реализации: развитие механизмов обратной связи образования и общества, совершенствование системы оценки качества образования, укрепление основ гражданского общества и социальной активности; создание условий обеспечения преемственности образовательных программ разного уровня, междисциплинарных и компетентностных подходов в обучении; системы мониторинга с обновляемыми базами данных и прогнозными методами оценки

информации; использование рейтинговых систем оценки качества образования и образовательных технологий; создание комплексной оценки качества выпускника; содействие в создании отраслевых профессиональных стандартов подготовки кадров; использование сетевых технологий в развитии инфраструктуры, дистанционных форм взаимодействия и территориальных образовательных комплексов; маркетинговых подходов, рекламных и PR-технологий; совершенствование методологии прогнозирования потребностей рынка труда по укрупненным профессионально-квалификационным группам и формирования баланса трудовых ресурсов и др.

Важным шагом реализации «технопарковой» идеологии является инновационная инфраструктура, создающая благоприятные условия формирования кадрового потенциала для Новосибирской области, обеспечивающая командный подход в решении задач. В настоящее время особое внимание сконцентрировано на реализации сетевой модели (рис. 2), которая позволит обеспечить непрерывную систему подготовки кадров для инновационной экономики региона: от школы до технопарка и технологических площадок на предприятиях. Все структуры, входящие в региональную инновационную инфраструктуру, нацелены на формирование инновационных компетенций и лидерских качеств представителей передовой молодежи в создании и продвижении инноваций.

Несомненно, важную роль в выявлении и поддержке лидеров сыграли конкурсы образовательных учреждений, активно внедряющих инновационные образовательные программы, в рамках национального проекта «Образование». Например, в высшей школе укрепили позиции лидеры победители конкурса – Новосибирский государственный университет и Новосибирский государственный технический университет. Разрабатывая и реализуя программы развития, эти университеты получили возможность создать максимально успешные условия для генерации новых знаний и их освоения, формирования инновационной культуры в вузовской среде. Как результат, например, НГУ занимает лидирующие позиции: в рейтинге фонда Потанина в 2009 году - 1-е место среди вузов СФО; 3-е место по числу лауреатов премий фонда Сороса (6,5 тыс. студентов); 7-е место - в рейтинге российских вузов по научным достижениям агентства Рейтор (2009 год) и т.д.

Лидером среди лидеров можно назвать Новосибирский химико-технологический колледж имени Д.И. Менделеева - победитель двух конкурсов национального проекта «Образование», опыт которого интересен прежде всего ориентацией на внедрение в учебный процесс инновационных продуктов новосибирских производителей новых технологий - фирм «Эконова», «Мета», Института катализа имени Г.К. Борескова СО РАН и Института химии твердого тела и механохимии СО РАН.

Следует отметить, что администрация Новосибирской области реализует ряд совместных программ и проектов с участниками Президентской программы подготовки управленческих кадров, лидерские амбиции которых ориентированы на новые управленческие знания и их реализацию для собственной карьеры,

развития бизнеса и процветания региона. Например, ставшие традиционными форумы лидеров, на которых собираются представители многих регионов страны, чтобы обсудить вопросы успешности бизнеса, философии партнерства на зарубежных рынках, интеграции ресурсов.

И наконец, одним из эффективных инструментов формирования инновационной идеологии, нового мышления и поведения в молодежной среде можно признать Первый Международный инновационный форум «Интерра-2009», собравший представителей 30 стран, 60 регионов России и включивший в себя более 100 площадок, в работе которых достигнуты важнейшие цели форума - формирование имиджа Новосибирской области как инновационного центра Востока страны, а Новосибирска - как интеллектуальной столицы.

Для участников, экспертов форума и жителей города 10-12 сентября 2009 года Новосибирск стал «территорией вдохновения». В творческой атмосфере удалось продемонстрировать потенциал научно-образовательного комплекса и истории успеха инновационных фирм Новосибирской области; обсудить актуальные темы создания и продвижения технологий и инновационных разработок, проблемы и перспективы привлечения молодых ученых и специалистов к активной инновационной деятельности; провести мастер-классы, тренинги, игры; выявить победителей инновационных проектов, продуктов и идей и многое другое. Форум получил высокую оценку участников.

© М.И. Ананич, 2010

УДК 528:658:004

Д.В. Лисицкий

СГГА, Новосибирск

ОТ ГЕОДЕЗИИ ДЛЯ ЭКОНОМИКИ К ГЕОДЕЗИИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

В докладе рассматривается уровень применения геодезии в экономике и обществе, достигнутый к началу XXI века, новые функции, миссия и направления развития геодезии в постиндустриальном обществе. Формулируются основные проблемы и задачи, стоящие сегодня перед российской геодезией.

D.V. Lisitsky

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

FROM GEODESY FOR ECONOMICS TO GEODESY FOR INFORMATION- ORIENTED SOCIETY

The paper deals with the level of geodesy application in economics and in public use achieved by early XXI century. The new functions of geodesy and the directions of its development in post industrial society are also considered. The major problems and targets facing Russian geodesy today are emphasized.

При определении перспектив развития российской геодезии на современном этапе, разработке соответствующей Концепции, необходимо исходить из места и роли геодезии в обеспечении современных информационных потребностей общества.

Исторический экскурс в части постановки геодезических работ и организации геодезического производства в СССР, а затем в России в конце XX – начале XXI вв. показывает, что отечественная геодезия за этот весьма небольшой промежуток времени подверглась весьма существенным преобразованиям. Это происходило в достаточно полном соответствии с социально-экономическими преобразованиями самого общества и российского государства, а также в связи с переходом развитых стран, в том числе и России, в постиндустриальную эпоху. Однако, по нашему мнению, имели место и довольно нелогичные преобразования, перекосы, обусловленные явным недопониманием миссии и места геодезии в жизни современного общества.

Государственная служба геодезии и картографии неоднократно переориентировалась на выполнение хотя и важных, но не общегосударственных функций обеспечения нужд транспорта, кадастра недвижимости. При этом она постепенно теряла свой главный фокус в части создания и ведения

государственных геодезических и картографических основ, несколько раз реорганизовывалась, постепенно понижая свой государственный статус от самостоятельного ведомства до агентства и далее до структурного подразделения комплексной Федеральной службы.

Одновременно с этим, российская геодезия как самостоятельный вид деятельности претерпела существенные изменения, обусловленные общим ходом развития экономики и научно-техническим прогрессом.

Во-первых, появились и развили свои мощности предприятия негосударственных форм собственности, в результате чего произошло перераспределение функций и объемов геодезических работ между государственным и негосударственным секторами.

Во-вторых, осуществилось техническое перевооружение производства и освоение самых современных мировых технологий и средств, вследствие чего российская геодезия в техническом отношении практически сравнялась с высокоразвитыми странами.

В - третьих, резко расширились сфера и массовость применения геодезических методов и результатов геодезических работ в экономике и обществе, в том числе среди населения.

В-четвертых, появились новые задачи и процессы, связанные с коммерческим продвижением геодезических данных, геоинформации и услуг до потребителей, в том числе с использованием Интернет.

Но самое главное – перед российской и мировой геодезией появились принципиально новые задачи, обусловленные новым периодом развития человечества.

Начало XXI века ознаменовалось завершением индустриальной эпохи и переходом всего мирового сообщества в эпоху информационную, отличительной особенностью которой является придание приоритетной роли информационным ресурсам и коммуникационным процессам. В рамках этого направления получают все большее развитие проекты по формированию и реализации национальных программ создания глобальных компьютерно-ориентированных информационно-коммуникационных систем для осуществления государственной деятельности и жизнедеятельности общества. Это такие проекты, как «электронное государство», «электронное правительство», «электронное общество» и т.п. В России реализуется программа «Электронная Россия» и начинает развертываться программа «Информационное общество», в Китае «Цифровой Китай», в Германии «e-Government», в США выдвинута концепция «Цифрового мира» и др.

В России эти программы связываются с идеей глобальной модернизации экономики и социальных отношений, а это требует принципиально новых подходов к освоению и использованию окружающего нас геопространства. Кроме того, следует учитывать факт существенного изменения технологических и технических возможностей получения, накопления, передачи, обработки и использования геодезических данных, отображающих в своей совокупности геопространственные характеристики окружающей нас среды обитания. Это в

свою очередь существенно изменяет сущность и содержание геодезических работ.

Именно в соответствии с этим и необходимо рассматривать сегодня миссию геодезии в экономике, социальной сфере, политике, обороне, других сферах жизнедеятельности общества и ответить на ряд вопросов: каковы же роль и место геодезии в современных условиях, какие виды человеческой деятельности она призвана обеспечить, какие задачи должна решать, какие преобразования необходимы для ее эффективного использования, какие тенденции и перспективы просматриваются сегодня – и вообще, куда идет современная геодезия?

Для ответа на поставленные вопросы вначале целесообразно вспомнить и еще раз уточнить сущность геодезии, объект и предмет ее исследований (изучения), перечислить направления использования, сформировавшиеся к настоящему времени, проанализировать мировые тенденции ее развития [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Большинство современных определений геодезии сводятся к тому, что геодезия – это наука и вид человеческой деятельности по определению формы и размеров Земли как планеты, окружающего гравитационного поля, пространственных и гравитационных характеристик природных и техногенных (*искусственных*) объектов, явлений и процессов на ее поверхности, геометрии объектов окружающего геопространства, в том числе самого геопространства, а также установление закономерностей их пространственно-временных изменений.

Объектом исследования (изучения) геодезии является окружающее нас физическое пространство (геопространство), а предметом – геометрическая структура этого пространства [1].

Основываясь на приведенной целевой функции, достигнутый уровень и тенденции дальнейшего развития российской геодезии следует рассматривать в двух аспектах:

- С социально-экономической точки зрения обеспечения геодезическими методами решения современных задач, связанных с пространственными решениями и стоящих перед экономикой и обществом, в первую очередь модернизации государства;
- С технической и технологической точек зрения осуществления самих геодезических процессов по профильным направлениям деятельности.

В настоящее время традиционный перечень направлений использования геодезии включает в себя следующие виды деятельности:

- Определение геометрических и физических параметров Земли (и других планет), ее поверхности, объектов, явлений и процессов на ней;
- Создание и использование пространственной координатно-временной основы различного назначения;
- Производство наземных топографических съемок;

- Геодезическое обеспечение деятельности различных отраслей экономики и обороны (изысканий, проектирования, строительства, промышленности, сельского и лесного хозяйства, геологии, кадастров всех видов и др.);

- Изучение современных движений земной поверхности, деформаций зданий и сооружений с целью контроля их устойчивости, снижения риска и последствий природных и техногенных катастроф.

В последние годы начали активно формироваться новые направления геодезической деятельности:

- Создание и ведение навигационной инфраструктуры и систем определения местоположения и навигации *подвижных* объектов геопространства на суше, на воде и в воздухе, в том числе транспорта, людей, животных;

- Обеспечение мониторинга состояния окружающей среды (геомониторинг), в первую очередь опасных процессов и явлений, способствующих возникновению кризисных ситуаций;

- Создание, накопление, хранение и доведение до широкого круга потребителей геоданных и услуг (в том числе через Интернет) по определению местоположения объектов на местности;

- Участие в междисциплинарной деятельности по построению, актуализации и использованию единого геоинформационного пространства, в том числе созданию интегрированных пространственных моделей типа «цифровая Земля».

В конечном итоге эти новые направления развития геодезии сводятся к созданию интегрированной информационно-коммуникационной среды, как совокупности информационных георесурсов, компьютерной и другой электронной техники, программного обеспечения, технологий и систем – «электронного геопространства», обеспечивающего все потребности государства в пространственной информации и являющегося составной частью государственных программ информатизации общества и модернизации экономики.

Геодезия постепенно переходит от статуса самостоятельного производственного сегмента экономики к статусу неотъемлемого элемента целого ряда отраслей экономики и процессов жизнедеятельности общества. В этой связи геодезия становится важной частью глобальных общегосударственных и общечеловеческих проектов. Она является фундаментом пространственного представления всех объектов окружающего мира в единой системе координат, обеспечивает точность и целостность глобальных систем позиционирования. Геодезия создает, поддерживает и предоставляет координатную основу инфраструктуры пространственных данных, состоящей из различных слоев пространственно-координированной информации, отражающей все без исключения сферы человеческой

деятельности и окружающей природной среды (а это – информационная основа деятельности органов управления, в том числе электронного правительства и электронного государства!). Геодезия становится неотъемлемой частью жизнедеятельности современного общества в части каждодневного использования геоинформации, позиционирования, навигации. Кроме того, геодезия в комплексе с другими науками о Земле участвует в фундаментальных исследованиях твердой оболочки, океанов и атмосферы Земли, изучает их изменения в интересах всего человечества.

По нашему твердому убеждению геодезические возможности по определению местоположения в пространстве постепенно станут широко востребованы населением, подобно тому, как востребовано сегодня ориентация людей во времени. Современный человек сегодня не может существовать без часов и они окружают его в самых различных формах – ручные, настольные, настенные, в сотовых телефон, в компьютерах, в бытовой технике и т.д. Однако понадобились целые столетия, чтобы координата времени стала столь необходимой. Аналогично этому, координаты пространства также станут необходимыми и датчики местоположения станут таким же массовыми устройствами, как часы и сотовые телефоны. Люди будут планировать различные мероприятия, встречи с указанием не только времени, но и места.

В качестве примера одного из таких массовых и общественно значимых проектов можно предложить проект создания и функционирования территориальной (региональной, государственной и, возможно, глобальной) системы обеспечения безопасности человека.

Концепция такой системы предусматривает создание спутниковой системы наблюдения за каждым человеком, добровольно подключившимся к этой системе и снабженным специальным устройством, обеспечивающим непрерывное отслеживание и фиксацию его местоположения. Устройство в спокойной ситуации будет выключено и если человек осознает возможную опасность и включает его, то это будет сигналом для начала работы системы – т.е. командой типа «тревожной кнопки». Прибор будет включаться, когда человек начинает опасное путешествие, заступает на опасное дежурство, объявлено штормовое предупреждение и т.д. Выключение прибора позиционирования с применением личного пароля будет означать благополучное завершение опасной ситуации, в случае выключения без пароля будет выполняться спасательная операция силами специальных подразделений, например МЧС. К такой системе вначале могут подключаться люди потенциально опасных профессий – военные, геологи, пожарные, лесники, егеря, милиционеры, изыскатели и т.п., а также любители экстремальных видов спорта и отдыха – альпинисты, туристы, охотники, рыболовы и др. Система может быть построена на коммерческой основе с небольшой абонентской платой и оплатой основных расходов по времени нахождения прибора позиционирования во включенном состоянии, а также расходов на проведение спасательных мероприятий.

Технические возможности реализации указанной и других аналогичных проектов сегодня имеются и могут быть обеспечены средствами современной

геодезии. Соответствующие революционные изменения в методах, технологиях и технических средствах самой геодезии обусловлены все возрастающими потребности экономики и общества в сочетании с бурным прогрессом в области электроники и компьютерной техники. Современная геодезия стремительно уходит от использования наземных геодезических построений – сетей, ходов к автономным определениям координат и высот, от применения отдельных средств измерений – геодезических приборов и последующей камеральной обработки к системам координирования и съемок (системы глобального позиционирования, мобильные съемочные системы, системы лазерного сканирования, специальные системы инженерно-геодезических измерений и др.), обеспечивающим в перспективе получение конечных результатов в режиме реального времени.

Приведенный современный взгляд на геодезию в рамках дальнейшей информатизации экономики и общества позволяет сформулировать следующие тенденции развития, модернизации геодезии и новые стоящие перед ней задачи, в том числе и для России.

В области участия геодезии в общем комплексе хозяйственной деятельности и социальной жизни общества:

1. Развертывание постоянных маркетинговых исследований рынка и создание устойчивого маркетингового имиджа геодезии в экономике; подготовка специальных менеджеров-геодезистов;

2. Проведение политики создания и расширения сообщества постоянных потребителей геодезической инфраструктуры данных и услуг – органов правительства и территориального управления, отраслей экономики, корпораций, организаций, частных лиц и широких слоев населения;

3. Улучшение экономических показателей и повышение привлекательности для потребителей – повышение рентабельности, доступность по ценам, многократное использование геоданных, координация деятельности поставщиков геоданных и услуг и т.д.;

4. Массовое применение телекоммуникационных технологий доступа к геоданным и услугам;

5. Участие в комплексных междисциплинарных программах и проектах, в первую очередь в критически важных случаях, например, в мониторинге состояния окружающей среды, управлении в чрезвычайных ситуациях, наблюдениях за глобальными изменениями климата и др.

В области методологических, технических и технологических задач геодезии:

1. Уточнение параметров геоида с целью повышения точности определения высот средствами систем глобального позиционирования до 1 см;

2. Создание, развитие и использование высокоточной многомерной сети опорных геодезических пунктов (3-D) на территорию страны, обеспечивающей точность определения положения в трех измерениях порядка 1 см и возможность моделирования скорости движения земной коры с целью ее прогноза;

3. Создание и обеспечение функционирования постоянно действующей системы референчных станций, обеспечивающей получение информации круглосуточно и в реальном времени (т.е. без постобработки);

4. Широкое освоение производством съемочных мобильных систем и систем лазерного сканирования;

5. Интеграция с другими геонауками для создания и ведения инфраструктуры пространственных данных, комплексных моделей окружающего пространства типа «цифровая Земля», электронного геопространства, телекоммуникационных технологий использования пространственных ресурсов в различных системах мониторинга, навигации, определения местоположения.

Особая задача для России заключается в восстановлении государственного регулирования и управления геодезической деятельностью и централизованное выполнение геодезических функций правительства – поддержание государственной координатной системы, топографических основ, стандартов на геоинформацию и средства измерений, географических названий, положения государственных и административных границ и другие, предусмотренные действующим законодательством в части геодезической деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тетерин, Г.Н. История геодезии (до XX века) [Текст]. - Новосибирск: СГГА, 2008. – 300 с.

2. *Geodetic Journey - Geodesy in the future: GGOS 2020*. (Written by Bente Lilja Bye. Thursday, 26 July 2007) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncgs.state.nc.us/mission.html.

3. National Cartography and Geospatial Center. The U.S. Department of Agriculture (USDA). National Geospatial Report, June 2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncgs.state.nc.us/mission.html.

4. Rob Neleman Msc. The Council of European Geodetic Surveyors. Experience and future of Geodetic employment in the Netherlands [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncgs.state.nc.us/mission.html.

5. Chris Rizos. GGOS: a service for society (Ch4. “Maintaining a Modern Society”) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncgs.state.nc.us/mission.html.

6. National Oceanic and Atmospheric Administration. U.S. Department of Commerce. The National Geodetic Survey. Ten-Year Plan (Mission, Vision, and Strategy, 2008-2018) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncgs.state.nc.us/mission.html.

7. Final report revised January 2009. Prepared for the National Geodetic Survey. Socio-Economic Benefits Study: Scoping the Value of CORS and GRAV-D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncgs.state.nc.us/mission.html.

8. National Geodetic Survey: 2009 Strategic Plan. “Strategic Goals and Tactical Milestones Looking Forward 3 Years”. NGS Mission: To define, maintain, and provide access to the National Spatial Reference System to meet our nation’s

economic, social, and environmental needs” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncgs.state.nc.us/mission.html.

9. NCGS. Mission of the Geodetic Survey Section [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncgs.state.nc.us/mission.html.

© Д.В. Лисицкий, 2010

УДК 528.41.001:528.7

Джоел ван Кроненброк

Leica Geosystems AG, Швейцария

М.М. Лазерко

СГГА, Новосибирск

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ 3D ГИС. ОТ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ЗДАНИЯ ДО ВИРТУАЛЬНЫХ ГОРОДОВ. СПОСОБНА ЛИ N-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ГИС ПРЕДСТАВЛЯТЬ ПРОСТРАНСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ?

Joël van Cranenbroeck

Leica Geosystems AG, Switzerland

E-mail: joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com

Maria Lazerko

Siberian State Academy of Geodesy

Russian Federation

E-mail: plazma_space@mail.ru

NEW PERSPECTIVES AND CHALLENGES OF 3D GIS. FROM AUTOMATIC BUILDING GENERATION TO VIRTUAL CITIES, WILL THE ND GIS BE ABLE TO REPRESENT THE USER SPACE?

Key words: GIS, AEC, CAD, DB, 3D SDI, CityGML, spatial ontology, 3D urban model, 3D city model, Building, Exchange formats, Virtual Cities, Mapping, Architecture, Geodesy, HDS, LIDAR, Photogrammetric survey, Airborne sensors, Location Based Systems, GNSS, Cadastre, Cloud computing, RFID, Ubiquitous life, Internet, Wi-Fi.

SUMMARY

The questions the authors would like to address in that paper are about the perspectives and challenge that 3D and even 4D GIS are confronted to represent and manage the user space.

In our today and future society there is a growing interest and effective need of geospatial information to manage the space and the social life of people, to provide strategic data's to city planners and governmental agencies and also to address the disaster situations like the recent earthquakes in Haiti and Chile. On the other side, the users of such information systems are also willing to interface with their spaces and even to cross over those geospatial data's with their social networks.

With the long term experience the professionals have acquired in the formalism, the data structure and the semantic associated with the 2D GIS it would have been straight forwarded to extend the dimensions to the third and even the fourth one as "time" is an intimate component of the geospatial data. For those who doubt about

that the authors would simply refer to the cadastral information that are updated at least on a yearly basis and allow the administrators to setup the genealogy of the rights associated of a given parcel.

But it is definitively not the case. Some attempt has been made to upgrade the 2D GIS up to 2.5D GIS where the height would have been considered as an attribute of some objects like the buildings to derive a 3D representation of some limited spaces like cities and industrial areas.

The challenges posed by the 3D are of many natures and the fact that today the acquisition technologies (like HDS, LIDAR, Airborne sensors ...) allow easily to capture massively the data in 3D is one of the paradoxes.

In their conclusions, the authors will suggest a change of paradigm that would address those issues by considering that the geospatial data's must be accessible from the users and from their spaces. After all, the technology is now evolving to Cloud computing that utilizes software as a service (SaaS), such as Web 2.0 and other technology trends, all of which depend on the Internet for satisfying users' needs.

THE EXPECTATION

Dohyung Kim and Ilir Bejleri already quoted that many urban planning agencies involve the public in the development review process. In this process, the new development proposals are typically presented as a collection of reports, GIS maps, 2-dimensional plans, perspective drawings and photographs.

Frequently, participating citizens face difficulties in fully understanding the proposals due to lack of training in interpreting 2D plans and maps and inability to link all the pieces of information together. This can negatively affect the development approval, discourage future public involvement and may diminish the role of public participation in decision making.

The communication of information to the public can be facilitated by the use of 3-dimensional information, particularly for urban design projects. The 3D digital models, rendered in high realistic details can deliver clear representations of the information and can be successfully used to analyze the proposed developments in the context of the surrounding structures and for comparison of proposed design alternatives.

Moreover, the combination of 3D models with 2D GIS thematic data such as demographics, zoning and property information, provide the comprehensive information required for the understanding and analysis of the complex relationships in city planning.

Recent developments in GIS data structures with a focus in relational databases have created opportunities for a better integration of traditional 2D thematic GIS information with 3D urban models.

Also in our local cities and global economies today, Doug Eberhard in "A Model Vision of the Future" continues to see increased demand and democratization for richer information and communication moving from analogue to digital, 2D to 3D, to 4D and beyond.

So how will we envision and engage CAD, BIM, Geospatial, Analysis, Simulation, Visualization, Web Services and Collaboration tools in the future? How

can we work in a more informed, integrated and visual way, while maintaining the security and integrity of our designs, our data and our decisions? How will owners, agencies, businesses and the public interface with this process and information as it becomes more valuable and more available...or not? How will the people, the policies, the projects and the tools come together to help us better plan, design, construct and maintain a more sustainable world today and in the future?

WHY A 3D GIS SYSTEM IS MUCH MORE COMPLEXE?

To further understand the challenge of increasing the dimension of 2D GIS, we would like first to refer to the tasks or the functions of a GIS (Raper and Maguire, 1992) are: (1) Capture, (2) Structuring, (3) Manipulation, (4) Analysis and (5) Presentation, and can be summarised as follows:

- Capture is inputting spatial data to the system. Many different techniques and devices are available for both geometric and attribute data. The devices in frequent use for collecting spatial data can be classified as manual, semiautomatic or automatic and the output either vector or raster format.

- Structuring is a crucial stage in creating a spatial database using a GIS. This is because it determines the range of functions, which can be used for manipulation and analysis. Different system may have different structuring capabilities (simple or complex topology, relational or object-oriented).

- Manipulation, among important manipulation operations are generalisation and transformation. Generalisation is applied for reducing data complexity or to make the data presentation more legible. Transformation includes coordinate transformation to a specified map projection and scaling, etc.

- Analysis is the core of a GIS system. It involves metric, topological and/or order operations on geometric and attribute data. Primarily, analysis in GIS concerns operations on more than one set of data, which generates new spatial information of the data. Terrain analysis (e.g. inter-visibility), geometric computations (volume, area, etc), overlay, buffering, zoning, sorting are among typical analysis functions in GIS.

- Presentation is a final task in GIS. That is to present all the generated information or results such as in the form of maps, graphs, tables, reports, etc.

Ideally, a 3D GIS should have the same functions as 2D GIS and should be able to model, represent, manage, manipulate, analyse and support decisions based upon information associated with three-dimensional phenomena (Worboys, 1995).

The definition of 3D GIS is very much the same as for 2D system. In 2D GIS systems are common, widely used and able to handle most of the GIS tasks efficiently. The same kind of system may not be able to handle 3D data if more advanced 3D applications are demanded (Raper and Kelk, 1991; Rongxing Li, 1994) - such as representing the full length, width and nature of a borehole. 3D GIS system is not just a simple extension by another dimension (i.e. the 3rd dimension) on to 2D GIS. To add this third dimension into existing 2D GIS needs a thorough investigation of many aspects of GIS including a different concept of modelling, representations and aspects of data structuring.

Existing GIS packages are widely used and understood for handling, storing, manipulating and analysing 2D spatial data. Their capability and performance for 2D and for 2.5D data (that is also DTM) is generally accepted by the GIS community. However a GIS package, which can handle and manipulate 2D data and DTM, cannot be considered as 3D GIS system because DTM data is not real 3D spatial data. The third dimension of the DTM data only provides (often after interpolation) a surface attribute to features whose coordinates consist only of planimetric data or x, y coordinates. GIS software handling real 3D spatial data is rarely found. Although the problem has been addressed by several researchers such as Raper and Kelk (1991), Cambray (1993), Rongxing Li (1994), and Fritsch (1996), some further aspects particularly spatial data modelling using object-oriented techniques need to be investigated.

Further, works of Pilouk(1996), Abdul-Rahman(2000), and Zlatanova(2000) have investigated the problems and proposed some solutions to the problems. Pilouk's and Abdul-Rahman's works were focussed on suitable data structures for the system whereas Zlatanova's work looked on the use of Web and 3D city buildings.

The developments of 3D GIS is however driven also by the new application and Raper and Kelk (1991), Rongxing Li (1994), Förstner (1995), and Bonham-Carter (1996), Pilouk(1996), Abdul-Rahman(2000) present some of the three dimensional application areas in

GIS, including:

- Ecological studies
- 3D urban mapping
- Environmental monitoring
- Landscape planning
- Geological analysis
- Architecture
- Civil engineering
- Automatic vehicle navigation
- Mining exploration
- Archaeology
- Hydrographic surveying
- Marine biology

The above applications may produce much more useful information if they were handled in a 3D spatial system, but it appears that 3D spatial objects on the surface and subsurface demand more complex solutions (e.g. in terms of modelling, analysis, and visualization) than the existing systems can offer.

The difficulties in realising 3D GIS or 3D geo-spatial systems result mainly from:

- Conceptual model: although there are several data structures available for the 2.5D and 3D data, each of them has its own strong and weak points in representing spatial objects. Spatial data can be modelled in different ways. The conceptual 3D model integrates information about semantics, 3D geometry and 3D

spatial relationships (3D topology). The conceptual model provides the methods for describing real-world objects and spatial relationships between them. The design of a conceptual model is a subject of intensive investigations and several 3D models have already been reported (see Brisson 1990, Molenaar 1992, Cambray 1993, Pilouk 1996, Pigot 1995, Zlatanova 2000, Abdul-Rahman 2000, Pfund 2001).

- Data collection: Modelling in 3D drastically increases the cost of data acquisition, as compared with 2D. Despite the progress in automatic object detection and 3D reconstruction (see Gülch et al 1999, Lang and Forstner 1996), the manual work is still predominant. Methods for constructing the model combining data from various sources, automatic techniques for data acquisition (geometry and images for texturing), rules and algorithms for ensuring consistency of data, algorithms for the automatic building of 3D topology, etc., are the topics still widely discussed in the literature.

- Spatial analysis: Whilst thematic analysis and 2D spatial analysis are well studied, research on 3D spatial analysis is still at an intensive stage. Spatial relationships are the fundament of a large group of operations to be performed in GIS, e.g. inclusion, adjacency, equality, direction, intersection, connectivity, and their appropriate description and maintenance is inevitable. Similar to 2D variants, 3D GIS should be capable to perform metric (distance, length, area, volume, etc), logic (intersection, union and difference), generalisation, buffering, network (shortest way) and merging operations. Except metric operations, most of them require knowledge about spatial relationships.

- Visualisation, navigation and user interface: Advances in the area of computer graphics have made visual media a major ingredient of the current interface and it is likely that graphics will play a dominant role in the communication and interaction with computers in the future. 3D visualisation within 3D GIS requires a number of specific issues to be investigated, e.g. appropriate means to visualise 3D spatial analysis result, tools to effortlessly explore and navigate through large models in real time, and texture the geometry. Observations on the demand for 3D City models (see Gruber et al 1995) show user preferences for photo-true texturing, due to improved model performance in terms of detail and orientation. Trading photo-true texture raises new topics for research, i.e. collection (methods, automation), storage (original images vs. separate pieces) and mapping onto the "geometry". Specific functions of objects modelled in VR systems, and referred to as behaviours; gain an increased popularity as tools for walking through the model, exploring particular phenomena and improving the cognitive perception.

- Internet access: Remote access to 3D spatial information is one of the newest research topics. The Web has already shown a great potential in improving accessibility to 2D spatial information (raster or vector maps) hosted in different computer systems over the Internet. New Web standard (VRML, DML) have created the ability to distribute and navigate in 3D virtual worlds. The research on spatial query and 3D visualisation over the Web has resulted in a few prototype systems (see Coors et al 1998, Lindenbeck et al 1998). The design criteria, however, are visualisation- rather than spatial analysis-oriented.

Research works attempt to address these major issues by investigating the possible uses of several data structures (including some 2D structures), the construction of these data structures, the utilisation of these structures in spatial modelling, the topological relationships of the 2D, 2.5D, and 3D spatial objects, the development of a database from the spatial data and the implementation of them in the form of a software which can be seen as component of 3D GIS.

THE CASE STUDY OF 3D BUILDING MODELS

The rapid development of multi-sensor and multimedia technologies has made it possible to construct and visualise detailed 3D city models. 3D city models are typically rendered as central perspectives with rich depth cues and a self-explaining character. They offer an intuitive organisation of spatial objects that replicates or reflects the real world, thus utilising the viewer's natural perception and memory of space as well as spatial relationships (Mallot et al., 2002; Germanchis and Cartwright, 2003).

Indeed 3D city models have been increasingly applied as communication languages and working tools in a growing number of fields such as architecture, construction, archaeological reconstruction, urban planning, tourism, civil engineering, mobile telecommunication, energy supply, navigation, facility management, disaster simulation, spatial cognition and computer game industry.

Although these application fields share the common demand for 3D information, their special requirements considerably differ with regard to precision, actuality, spatial coverage and interoperability.

In other words, what is needed is not one single solution, but rather a number of 3D city models, which can be (1) different resolutions of a city model, (2) different updates of a city model, or (3) interoperable models of different cities spread over a large region. While case (2) and (3) deal with the research issues of spatial-temporal data acquisition and modelling, case (1) focuses on the study of 3D objects in the scale space.

The scale space of 3D buildings is essentially a linear continuum, along which an arbitrary number of milestones can be said to exist referred to as Levels of Detail (LoD). Each LoD corresponds to a certain degree of generalisation. Unlike the 2D topographic maps that have standard official scale series, there are no generally agreed LoDs for 3D buildings.

At its finest Level of Detail (LoD), a building object can be typically described by its external components, roof surface, roof element, external wall surface, wall element, and internal components, floor surface, internal wall, shared wall surface, ground surface and ceiling surface.

Typically associated with its cadastral footprint, a building hull can be assigned a number of general attributes describing the various qualities of the building. Each storey level can be further attributed for example by information about the occupancy. Finally, every internal or external component can be integrated with application-specific attributes such as incident solar energy, temperature or building construction material.

3D building data can be acquired using a variety of terrestrial and non terrestrial techniques.

Among others, aerial photogrammetry, aerial laser scanning, terrestrial measurement, close range photogrammetry, terrestrial laser scanning and official cadastral information have been widely applied.

- Aerial photogrammetry is able to economically capture the roof landscape and ground texture of a large built-up area. The limited resolution of aerial images, however, does not allow the detection of small roof elements. Neither are façade structures acquirable as they are mostly invisible from the air.

- Aerial laser scanning based on LIDAR (Light Detection And Ranging) technology can be used for direct acquisition of 3D building surfaces. LIDAR scanning can take place day or night, as long as clear flying conditions are present. The cost of laser scanning is usually more expensive than photogrammetric methods, but the directly available 3D surface characterised by a point cloud allows for straightforward data processing.

- Terrestrial measurement is a complementary method for the acquisition of fine details, especially the individual structure points that cannot be observed from the air. The high precision of this method requires laborious field work since terrestrial details are usually selected and measured on site.

- Close range photogrammetry is an economic method for the geometric documentation of complex buildings and texture registration of façades. The result of stereophotogrammetric analysis is usually a precise 3D line drawing composed of the visually characteristic edges and points on building surfaces. Areas between the edges, however, can hardly be interpreted in fine detail.

- Terrestrial laser scanning or ground-based LIDAR technology is used to capture 3D models of complex and irregular buildings. It is relatively expensive and requires large storage capacity since the footprint contains many measure points that do not belong to the building structure. The 3D scanning does not reach as high a precision on structural edges of buildings as close range photogrammetry or terrestrial but its surface-based working principle allows a precise interpretation of the surface areas between characteristic edges.

- The geometric and semantic attributes of buildings documented in cadastral databases and maps provide rich sources for the derivation of building models of different LoDs. Information such as ground plan, the number of storeys and the hypothetical assumptions about the average storey height can easily lead to a block model. Further information such as ridge and eave lines and their terrestrially measured heights can extend the block model to include roof forms. An important advantage of seamlessly available cadastral data is that individual building models from different cities can be easily sewed together to form a value-added 3D model covering a large region.

All these existing methods can be combined to construct high-fidelity and photorealistic 3D building models.

Although methods for the acquisition of 3D building geometries has been constantly improving with regard to precision, reliability, degree of automation and

processing speed, a fully automated procedure for constructing high fidelity 3D building models is not yet in sight.

The existing approaches, even in combination, are too time intensive and expensive for 3D data acquisition and updating. The lack of access to actual and extensive building models in various LoDs has hindered the integration of thematic information of different granularities. Moreover, the existing different LoDs of 3D buildings within a limited spatial scope are often captured separately, using different methods. The missing linkages result in a high maintenance cost and difficulties for the user in conducting multi-scale spatial analysis.

Adding the third dimension has dramatically increased the complexity of a building model in both a geometric and a semantic sense. While a large-scale 2D building is represented by its cadastral ground plan, the appearance of a 3D building is characterised by a lot more surface elements. Consequently, it can take many possible forms. The meaning of a 2D building is usually expressed by a number of semantic attributes attached to its ground plan. In 3D space, however, every surface element of a building can be described by special semantic attributes in addition to its more general attributes.

Bearing in mind the complexity of a 3D building model, cartographers are confronted with the challenging task of deriving constraints for model generalisation from the interdependencies among building parts, neighbourhood relationships among individual buildings, and spatial structures of settlement blocks.

So far the knowledge and conceptual models necessary to support these structures are still largely missing and still fields of research.

TOWARD THE CREATION OF A GENERIC META 3D URBAN SPATIAL INFORMATION META-MODEL

The need of 3D urban spatial data infrastructure (3D SDI) is now almost commonly accepted. However, their implementation suffers from a lack of standardisation. This is usually due to an underestimation of the initial conceptual step, where modelling options should be clearly stated.

Roland Billen, François Laplanche, Siyka Zlatanova and Ludvig Emgard (2008) used an ontological approach inspired by their experience in spatial data acquisition techniques.

The starting point of that ontology is to consider that the universe is composed by free space and occupied space where their interface is the only measurable feature. On that basis, a generic 3D urban spatial information meta-model is elaborated and compared to the CityGML standard through the study of the building object. Except from some Level of Detail (LoD) issues, both models are compatible.

TO RESTORE THE SPACE TO THE PEOPLE - A CHANGE OF PARADIGM

To achieve the integration a 3D geospatial data infrastructure has to be built in order to connect the existing information islands created by traditional disciplines such as architecture, civil engineering and GIS but with different focus.

Usually GIS is used to represent the current status of a whome city for administrative purposes while in contrast, planning and construction professionals

focus on the future shape and status of a relatively small part city or just individuals buildings in very high detail.

Due to the historic development of domain specific applications, systems and formats, the different data sources are not interoperable per se. Döllner and Hargerdom (2007) have shown an integration of these data on visualization level using a service-based 3D viewer based on the OGC Web Service initiative 4 (OWS-4).

However, new challenge such as disaster management, sustainable development, and energy-efficiency require do not only require an integration on visualization level, but an integration and convergence on data model level to enable intelligent data processing on city scale level.

When those information systems will be available the question of the availability to the users of the users will still most probably stay as a serious issue.

The strategic goal for 2010 set for Europe is “to become the most competitive and dynamic knowledge-based economy in the world, capable of sustainable economic growth with more and better jobs and greater social cohesion.” (Lisbon European Council, 2000)

This new style of society is defined as the ‘Information Society’, in which low-cost information and Information Communication Technologies (ICTs) are in general use. E-Government has been defined as one of the most important goals in achieving the Information Society (European Commission, 2005a), which intends to provide the public with the services of government.

As one of the most important section of e-Government, e-Planning is about using ICTs to facilitate the urban planning process, with the support of government policy (Communities and Local Government, 2004). The aim of e-Planning is to enable easy access to information, guidance and services that support and assist planning applicants, and streamlined means of sharing and exchanging information among key players. As traditional planning process, socio-economic, environmental and natural resource issues need to be considered in e-Planning to ensure urban sustainable development and to enhance the quality of human life.

The public is the most essential stakeholder in urban planning and should be considered carefully in the urban planning process, since they consist of the most un-powered group (Vasconcelos et al., 2000). It is no doubt that efficient public participation can help government officials and other professionals to create better planning alternatives. In the context of e-Government and e-Planning, one of main aims of the Information Society is to enhance the dialogue between the public and authorities, based on the sharing of information and the genuine participation of social groups at various levels (European Commission, 2004).

In order to achieve this aim, an important concept, the ‘e-Inclusion’, is introduced by the umbrella strategy of i2010 launched by the European Commission, which “ensures all people, especially the poor, the uneducated and the unskilled ones have access to this new society and benefit equally from ICTs for network strengthening, information sharing, creating knowledge resources and developing skills necessary for life/work in the new digital environment” European Commission, 2005b).

The authors suggest a dramatic change of paradigm in the way the spatial information would be capture and distribute to restore the space to the people.

TECHNOLOGY CONVERGENCE ASKS FOR A CHANGE OF PARADIGM

From the difficulties to represent the user's space using geospatial infrastructure to one of the final goal to make that information available to the street people the authors believe that a change of paradigm is the future step.

The digital cities issue from the digital earth concept (Vice President US Al Gore, January 31, 1998 in California Science Centre, Los Angeles – California) highlighted the goal:

“We have an unparalleled opportunity to turn a flood of raw data into understandable information about our society and out planet. This data will include not only high-resolution satellite imagery of the planet, digital maps, and economic, social, and demographic information. If we are successful, it will have broad societal and commercial benefits in areas such as education, decision-making for a sustainable future, land-use planning, agricultural, and crisis management. The Digital Earth project could allow us to respond to manmade or natural disasters - or to collaborate on the long-term environmental challenges we face.

A Digital Earth could provide a mechanism for users to navigate and search for geospatial information - and for producers to publish it. The Digital Earth would be composed of both the "user interface" - a browsable, 3D version of the planet available at various levels of resolution, a rapidly growing universe of networked geospatial information, and the mechanisms for integrating and displaying information from multiple sources.

A comparison with the World Wide Web is constructive. [In fact, it might build on several key Web and Internet standards.] Like the Web, the Digital Earth would organically evolve over time, as technology improves and the information available expands. Rather than being maintained by a single organization, it would be composed of both publicly available information and commercial products and services from thousands of different organizations. Just as interoperability was the key for the Web, the ability to discover and display data contained in different formats would be essential.”

What has changed from January 1998 is that China for instance took share in that project and now it's hundreds of large cities that are organizing themselves digitally and with the emergence of powerful communication infrastructure and broadband wireless Internet, South Korea has also launched their “Ubiquitous” government programs where the RFID (Radio Frequency IDentification) technology will play an important role.

RFID (radio frequency identification) is a technology that incorporates the use of electromagnetic or electrostatic coupling in the radio frequency (RF) portion of the electromagnetic spectrum to uniquely identify an object, animal, or person. RFID is coming into increasing use in industry as an alternative to the bar code. The advantage of RFID is that it does not require direct contact or line-of-sight scanning. An RFID system consists of three components: an antenna and transceiver (often combined into one reader) and a transponder (the tag). The antenna uses radio

frequency waves to transmit a signal that activates the transponder. When activated, the tag transmits data back to the antenna. The data is used to notify a programmable logic controller that an action should occur. The action could be as simple as raising an access gate or as complicated as interfacing with a database to carry out a monetary transaction. RFID is sometimes called dedicated short range communication (DSRC).

DSRC (Dedicated Short Range Communications) is a short to medium range communications service that supports both Public Safety and Private operations in roadside to vehicle and vehicle to vehicle communication environments. DSRC is meant to be a complement to cellular communications by providing very high data transfer rates in circumstances where minimizing latency in the communication link and isolating relatively small communication zones are important.

Positioning technologies have also evolved and if GNSS receivers can provide location to the users where the signals are available, other technologies are under development to provide indoor and outdoor coverage. That is the advent of the LBS (Location Based Services)

A location-based service (LBS) is an information and entertainment service, accessible with mobile devices through the mobile network and utilizing the ability to make use of the geographical position of the mobile device. LBS services can be used in a variety of contexts, such as health, work, personal life, etc. LBS services include services to identify a location of a person or object, such as discovering the nearest banking cash machine or the whereabouts of a friend or employee. LBS services include parcel tracking and vehicle tracking services. LBS can include mobile commerce when taking the form of coupons or advertising directed at customers based on their current location. They include personalized weather services and even location-based games. They are an example of telecommunication convergence.

And the last but not least information step is today the large emergence of social networks.

A social network service focuses on building and reflecting of social networks or social relations among people, e.g., who share interests and/or activities. A social network service essentially consists of a representation of each user (often a profile), his/her social links, and a variety of additional services. Most social network services are web based and provide means for users to interact over the internet, such as e-mail and instant messaging. Although online community services are sometimes considered as a social network service in a broader sense, social network service usually means an individual-centred service whereas online community services are group-centred. Social networking sites allow users share ideas, activities, events, and interests within their individual networks.

There have been some attempts to standardize these services to avoid the need to duplicate entries of friends and interests (see the FOAF standard and the Open Source Initiative), but this has led to some concerns about privacy.

Although some of the largest social networks were founded on the notion of digitizing real world connections, many other networks as seen in the List of social networking websites focus on categories from books and music to non-profit business to

motherhood as ways to provide both services and community to individuals with shared interests.

So technology convergence asks for a change of paradigm in the way the geospatial infrastructure will be not only distributed but also organize.

The authors at that stage suggest that the geospatial objects be “animated” in a way that any of those objects would be able to not only carry their own “story” (attributes) but can also be capable of answering solicitations. The so-called “Animated Geospatial Objects” will be loaded from the data capture specialists such as surveyors (a new role for them) and from the existing GIS database.

In our vision, anyone would be able to ask his environment about itself and create in mobile device such as we have today (mobile phone with positioning services and RFID reader) the representation needed to navigate and better communicate through his social network.

That is obviously a change of paradigm! All the geospatial industry would be hit by that concept as well as all the telecommunication operators.

This is from the author’s opinion an amazing vision that needs to be further developed knowing that if actually the 3D GIS failed to migrate from the initial 2D GIS it’s essentially because the formal meta-models have not been reviewed. We shouldn’t make the same mistake and the authors believe that this change of paradigm will represent an opportunity to re-align most of our geospatial technologies.

The “Animated Geospatial Objects” will bring a new vision of our world but also a better understanding of our environment and our neighbourhoods. Last not least that concept will be the vehicle for building a better world. That is our wish.

References

- [1] C.Coskun AYDIN, Osman DEMIR and Mustafa ATASOY, Third Dimension (3D) in Cadastre and Its Integration with 3D GIS in Turkey. FIG Working Week 2004, Athens, Greece, May 22-27, 2004
- [2] Roland BILLEN, François LEPLANCHE, Siyka ZLATANOVA and Ludvig EMGARD, Vers la Creation d’un Meta-Modèle Générique de l’Information Spatiale 3D Urbaine. Revue XYZ, n°114 – 1er trimestre 2008.
- [3] DOHYUNG Kim and Ilir BEJLERI, 3D GIS Database Framework for Facilitating Public Participation in City Planning. URISA Public Participation GIS (PPGIS) Conference, 2004.
- [4] Ryan STRYNATKA, Erdas Consultant. Tech Convergence: Integrated 3D GIS, A Reality.
- [5] Alias Abdul RAHMAN, Sisi ZLATANOVA and Morakot PILOUK. The 3D GIS Software Development: Global Efforts from Researchers and Vendors.
- [6] Liqiu MENG and Andrea FORBERG. 3D Building Generalisation. Chapter 11 of Challenges in the Portrayal of Geographic Information. Elsevier Science Ltd.
- [7] V. COORS. On the Convergence of 3D-GIS, CAD and 3D Simulation. Stuttgart University of Applied Science. Research projects on renewable energy management in buildings, “Solar Optimized Passive Buildings”. UAS, 2001-2004.

CONTACTS

Joël van Cranenbroeck

Business Development Manager for Geodetic Monitoring

Leica Geosystems AG, GSR EMEA

Rue du Tienne de Mont, 11

BE-5530 MONT – YVOIR

Belgium, Europa

E-mail: Joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com

Maria Lazerko

Siberian State Academy for Geodesy

Novosibirsk, Russia Federation

E-mail: plazma_space@mail.ru

© Джоел ван Кроненброк, М.М. Лазерко, 2010

УДК 528.2:629.78

Райнер Ягер, Мануэль Освальд, Питер Спон

Университет прикладных наук Карлсруэ (HSKA), Германия

VIRTUALGOCA – GOOGLE EARTH – ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ, ОБОСНОВАНИЯ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ПЛАНИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СЦЕНАРИЕВ ГЕОМОНИТОРИНГА

Программа VirtualGOCA предназначена для начального этапа процесса геомониторинга, состоящего из сбора данных (сеть геодезических датчиков и обмен данными), моделирования (статистические вычисления, прогноз, обнаружение изменений в процессах), отчетности (протоколы, виртуальное моделирование датчиков, web-визуализация) и реагирования (системы оповещения). Поддерживаемая Google-Earth®, VirtualGOCA генерирует данные (сигналы) виртуального сенсора. Таким образом, VirtualGOCA позволяет эффективно и с меньшими затратами контролировать мониторинг таким ПО как GOCA (www.goca.info), или MONIKA (www.monika.ag).

Для генерации непротиворечивых виртуальных данных сенсора в геометрическом и гравиметрическом пространстве описываются математические модели для тахеометра (горизонтальное проложение, угол наклона и зенитное расстояние), для геометрического или гидростатического нивелирования (высота) и для GNSS аппаратуры (базовые линии). Установленные в VirtualGOCA виртуальные массивы геомониторинга, визуализация ситуации на местности и результатов анализа деформации внедрены в среду GoogleEarth. Применение VirtualGOCA показано на примере геомониторинга трех плотин, расположенных в области горного массива Gotthard в Швейцарии. Виртуальная обработка данных и анализ деформации (моделирование) и реагирование (сигналы тревоги) выполнены в ПО по анализу деформаций, основанном на сети датчиков GOCA и других GOCA-модулей.

Благодаря открытому формату файлов GKA, VirtualGOCA может использоваться для любой методики геомониторинга и с любым другим программным обеспечением. Благодаря VirtualGOCA, можно проверять и оптимизировать весь процесс геомониторинга. Кроме того может быть проверена правильность “демо-версии” спроектированных пользователем сценариев геомониторинга и технологических цепочек.

Reiner Jäger, Manuel Oswald, Peter Spohn

University of Applied Sciences Karlsruhe (HSKA), Germany

VIRTUALGOCA – A GOOGLE EARTH BASED TOOL FOR THE INTERACTIVE DESIGN OF VIRTUAL SENSOR NETWORKS, FOR MODEL

AND SOFTWARE VALIDATION, AND FOR THE PLANNING AND ANALYSIS OF GEOMONITORING SCENARIOS

The software VirtualGOCA is placed at the start of a geomonitoring chain, which is composed of the components data acquisition (geosensor-network and data communication), modelling (computation of state variables, prediction, detection of process changes), reporting (protocols, virtual sensor modelling, web-/visualization) and reaction (alerting measures). Supported by Google-Earth®, VirtualGOCA generates virtual sensor data. In that way VirtualGOCA enables an efficient and essentially cost-reduced development of monitoring software like GOCA (www.goca.info) or MONIKA (www.monika.ag).

The mathematical models to generate consistent virtual sensor data for total stations (directions, zenith-angles, distances), for levelling or hydrostatic levelling (height differences) and for GNSS instrumentation (baseline vectors) in geometry and gravity space are described. The set up of virtual geomonitoring arrays in VirtualGOCA and the visualization tool GOCAEarth of the array situation and deformation analysis results (reporting) are embedded into the GoogleEarth environment. A VirtualGOCA example is given by the set up of the virtual geomonitoring array for three existing dams situated in the present tunnelling area of the Gotthard massif in Switzerland. The virtual sensor data processing and the deformation analysis (modelling) and reaction (alarming) are done by the network-adjustment based GOCA deformation analysis software and further GOCA-modules.

Due to the open sensor data interface GKA, VirtualGOCA can be used for any geomonitoring concept and with any other software. Based on VirtualGOCA the complete geomonitoring chain can be tested out and optimized. Further the “proof-of-concept” of projected geomonitoring scenarios can be provided, as well as the validation of geomonitoring software and of a correct work of the process flow.

О программе

С понятием геомониторинг связаны разнообразные задачи изучения Земли, предупреждения катастроф и раннего оповещения о чрезвычайных ситуациях. На каждом этапе мониторинга совместно используются методы различных дисциплин, как например, на этапе сбора данных (создание и эксплуатация сенсорных сетей, обмен данными), моделирования (редуцирование, вычисление и статистическая оценка геореференцированных величин состояния объекта, прогнозирование, выявление отклонений в текущих процессах), документирования (протоколирование, визуализация виртуальных сенсорных моделей) и реагирования (составление плана оповещения).

Программные пакеты VirtualGOCA и GOCAEarth (визуализация параметров деформаций в GoogleEarth), разработанные в рамках научно-исследовательского проекта GOCA, предназначены соответственно для первого и третьего этапов процесса мониторинга, описанного выше.

VirtualGOCA генерирует в режиме online «сырые» данные сенсоров с учетом взаимосвязи геометрии пространства и гравитационного поля, и

предоставляет их в открытом формате GKA (www.goca.info) со штампом времени. С помощью этих данных, максимально приближенных к реальности, можно выполнять - с произвольным конфигурированием виртуального массива пунктов геомониторинга в GoogleEarth - экономически эффективную разработку и сертификацию математических моделей уравнивания и деформационного анализа. Благодаря VirtualGOCA, перечисленные выше этапы мониторинга (моделирование, документирование, реагирование) могут тестироваться и оптимизироваться согласовано. В будущем VirtualGOCA позволит выполнять «обоснование концепции мониторинга», а также сравнительную экспертизу качества, как программного обеспечения, так и методики выполнения геомониторинга.

Получение данных от сенсоров в VirtualGOCA

а) Горизонтальное проложение, угол наклона и зенитное расстояние являются скалярными функциями вектора наблюдений, параллельного горизонтальной оси прибора и призмы (см.рис 1).

Для удобства вектор измерений l_{ij} выражен в системе координат станции. Матрицы вращения D_i и D_j содержат углы поворота геоцентрической системы координат относительно локальных систем станции и отражателя, а также параметры отвесной линии φ и λ (см. справа сверху).

Следующее выражение действительно при переходе от единой географической системы координат $P(x,y,z)$ к локальной (LAV) системе координат станции $P(u,v,w)$:

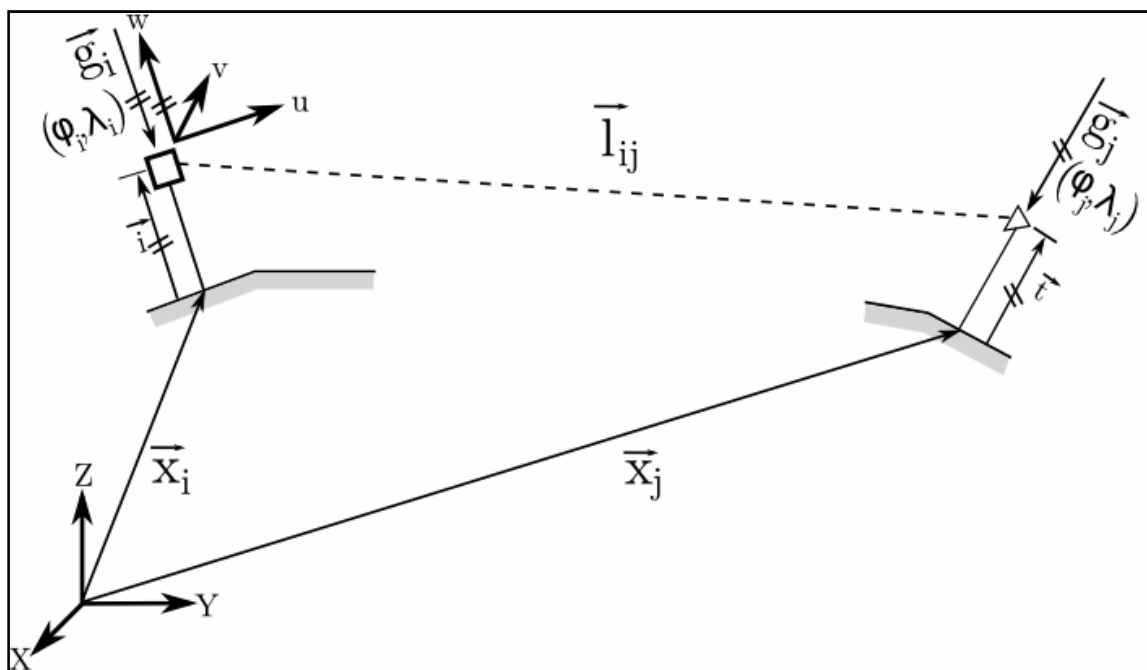


Рис. 1. Вектор наблюдения, системы координат станции и отражателя, а также геоцентрическая картезианская система координат

$$\vec{l}_{ij} = \begin{pmatrix} \Delta u \\ \Delta v \\ \Delta w \end{pmatrix} = D_i \cdot \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ i \end{pmatrix} + D_{ij} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ t \end{pmatrix}$$

вычисление вектора наблюдений
в системе координат станции

Тогда скалярные измеряемые величины на станции Р определяются простым способом как

$$s_{ij} + v_{ij}^s = \sqrt{\Delta u^2 + \Delta v^2 + \Delta w^2} \quad \begin{array}{l} \text{горизонтальное} \\ \text{проложение} \end{array}$$

$$r_{ij} + v_{ij}^r = \arctan\left(\frac{\Delta v}{\Delta u}\right) - o \quad \text{угол наклона}$$

$$z_{ij} + v_{ij}^z = \arctan\frac{\sqrt{\Delta u^2 + \Delta v^2}}{-\Delta w} - \frac{s_i}{2f} \quad \text{зенитное расстояние}$$

o : неизвестный угол ориентирования, R : радиус Земли, k : коэффициент рефракции.

б) Базовые линии ГНСС генерируются как разности координат в геоцентрической картезианской системе координат. Преобразование географических координат $P(B, L, h = H + N)$ в $P(x, y, z)$ сопровождается увеличением количества ошибок, поэтому моделируются разные значения точности в плане и по высоте:

$$C_{XYZ} = F \cdot \begin{pmatrix} \sigma_B^2 & & \\ & \sigma_L^2 & \\ & & \sigma_h^2 \end{pmatrix} \cdot F^T$$

$$F = \begin{pmatrix} -(M+h) \cdot \sin B \cdot \cos L & -(N+h) \cdot \cos B \cdot \sin L & \cos B \cdot \cos L \\ -(M+h) \cdot \sin B \cdot \sin L & -(N+h) \cdot \cos B \cdot \cos L & \cos B \cdot \sin L \\ (M+h) \cdot \cos B & 0 & \sin B \end{pmatrix}$$

с) Превышения абсолютных высот ΔH (геометрическое и гидростатическое нивелирование) могут непосредственно формироваться между геореференцированными пунктами мониторинга $P(B, L, h = H + N)$.

Модель поверхности относимости (квазигеоид)

GoogleEarth предоставляет только географические плановые координаты B и L . Для пространственной привязки наблюдений на пунктах геомониторинга или между ними, также необходимы абсолютные высоты H и превышение квазигеоида над референц-эллипсоидом N . N получают методом интерполяции из цифровой модели земной поверхности (ETOPO1). Высота квазигеоида N вычисляется по теореме Брунса и теореме Молоденского из геопотенциала W и гравитационного поля U референц-эллипсоида GRS80:

$$N = \frac{(W - U)_P}{\gamma_Q} = \frac{T_P}{\gamma_Q}$$

Теорема Брунса и высота квазигеоида N
по Молоденскому

В качестве W могут использоваться модели EIGEN04C (см.рис. 2) или EGM 2008. Для параметров отвесной линии ϕ и λ действительны - исходя из пространственной привязки пункта P в глобальных координатах $P(B,L,h)$ - следующие уравнения необходимых поправок в углы наклона и/или зенитные расстояния за уклонение отвеса, в зависимости от модели уравнивания:

$$\xi = \phi - B \quad \text{Уклонение отвеса с севера на юг}$$

$$\eta = (\lambda - L) \cos B \quad \text{Уклонение отвеса с востока на запад}$$

Аналитическое определение параметров уклонения отвеса (ϕ, λ), необходимых для генерации TPS-наблюдений, в VirtualGOCA происходит с помощью геопотенциальной модели EIGEN04C или EGM2008 как:

$$\phi = \arctan \left(\frac{-W_z}{\sqrt{W_x^2 + W_y^2}} \right), \quad \lambda = \arctan \left(\frac{W_y}{W_x} \right) \quad \text{параметры уклонения отвеса}$$

Следующий рисунок показывает превышения квазигеоида N над референц-эллипсоидом, вычисленные по теореме Брунса с использованием геопотенциальной модели EIGEN04C от GFZ.

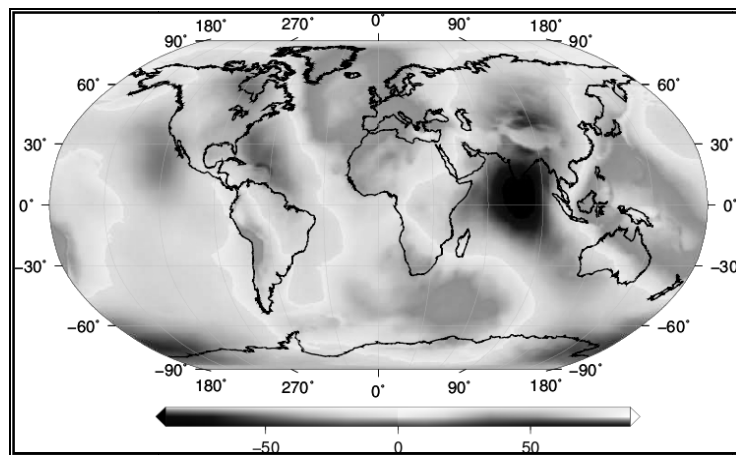


Рис. 2. Графическое представление превышения квазигеоида N [m] согласно модели EIGEN04C от GFZ

VirtualGOCA

Сырые данные от виртуальных геодезических сенсоров формируются на основе геопотенциальной модели EIGEN04C от GFZ или EGM 2008 и цифровой модели поверхности ETOPO1 от NGDC, и предоставляются пользователю в виде файлов формата GKA. Это базовые линии, горизонтальные проложения, углы наклона, зенитные расстояния и превышения вместе с соответствующими стохастическими моделями.

Положение сенсоров задается в Google Earth приближенно к реальному и через kml-интерфейс передается в VirtualGOCA, где осуществляется конфигурация сети геомониторинга. Дополнительно пользователь может задавать величину точности для отдельных типов сенсоров. При оценке надежности какой-либо концепции геомониторинга или программного обеспечения для уравнивании сети и анализа деформаций, пользователем может

задаваться генерация грубых ошибок („Количество грубых ошибок измерений в час“). Наряду с режимами наблюдений реальное время и интервал времени VirtualGOCA предлагает выбор деформационной модели, которая может симулироваться – например, оползень.

Независимо от индивидуальных концепций, моделей и программ, т.е. с нейтральным интерфейсом Virtual GOCA служит для обучения выполнению всех этапов геомониторинга. В режиме нейтрального предоставления данных сенсоров l_{ij} на пунктах геомониторинга произвольного участка местности, VirtualGOCA может применяться для независимых производственных расчетов, а также для оценочных тестов и в рамках сертификации систем геомониторинга (см. рис. 3, 4).

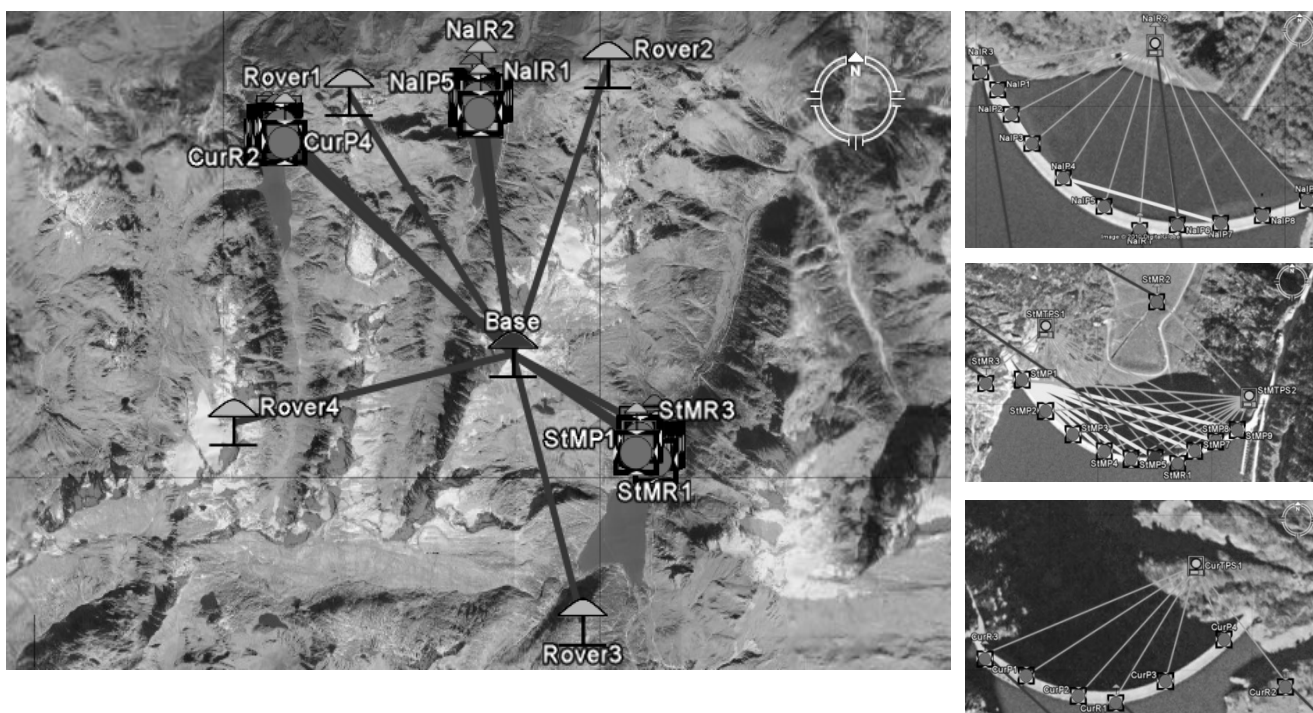
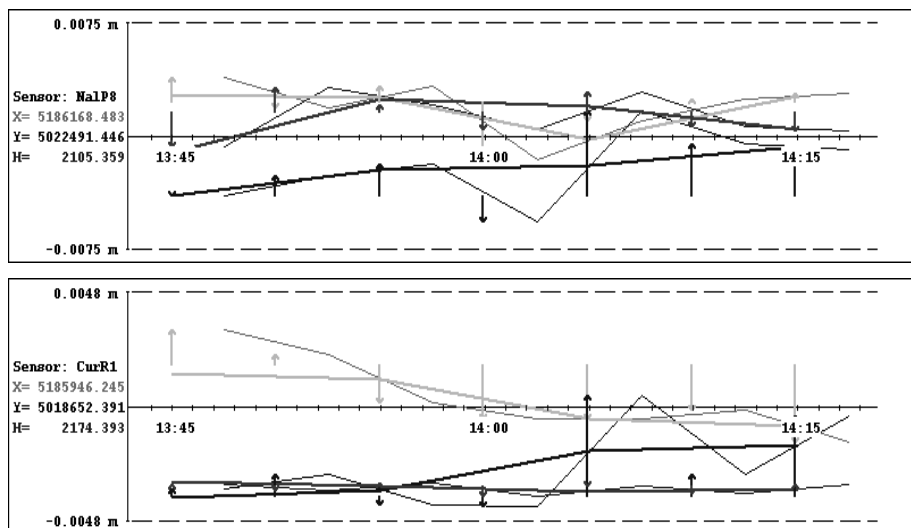


Рис.3. Сеть сенсоров, расположенных на горном массиве Gotthard (слева).
Схемы расстановки призм на плотинах (справа)



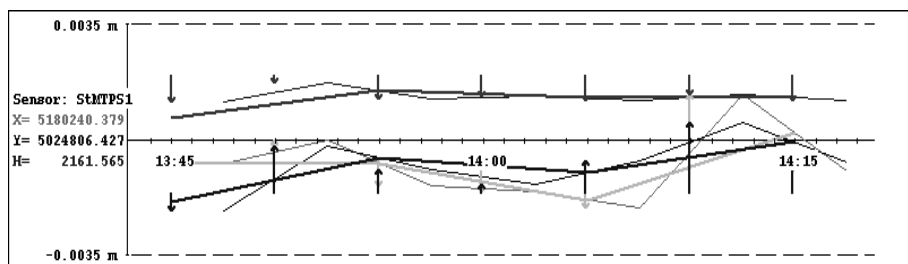


Рис. 4. Временные ряды наблюдений в геомониторинговой системе GOCA

GOCAEarth

Результаты анализа деформаций, выполненного в GOCA (Этап 2: fin-файлы, Этап 3: mve- и sht-файлы) должны визуализироваться в GoogleEarth как векторы смещений (в плане и по высоте). Поэтому, для правильного отображения положения, в GOCA встроена функция трансформации всех данных в форматы GoogleEarth и ее собственную координатную систему. Этим обеспечивается корректное отображение даже локальных сетей. Необходимые контрольные пункты передаются в GOCAEarth в формате kml. Под трансформацией здесь имеется ввиду двумерное преобразование соответствующих координат. Для каждого типа данных, а также для позиции сенсора создается собственный kml-файл, который затем передается по так называемой сетевой ссылке в GoogleEarth. Эта ссылка также обеспечивает обновление отображения kml-файлов, так что GOCAEarth только периодически переписывает соответствующий файл. Пользователь может контролировать правильность перенесения отдельных типов данных в свойствах пунктов объекта в табличной форме (см. рис. 5).

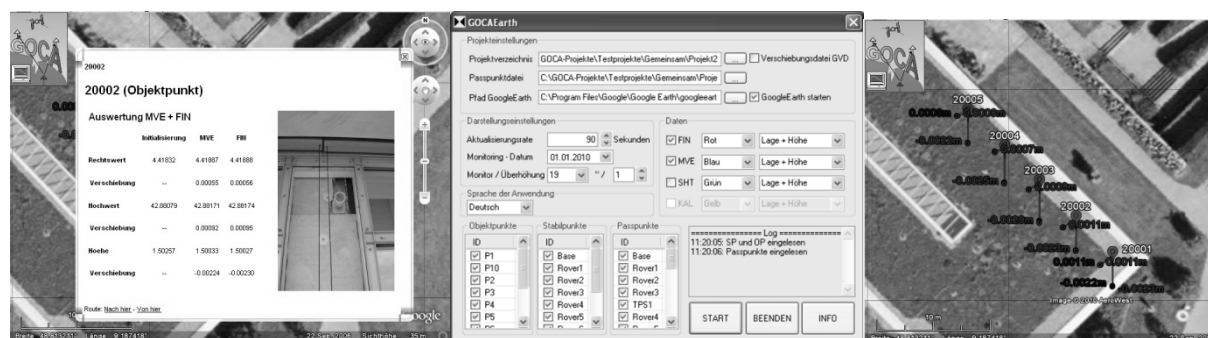


Рис. 5. Интерфейс пользователя GOCAEarth (слева). Визуализация деформаций (в середине). Таблица состояния деформаций (справа)

УДК 528:629.783(571.14)

А.П. Картик

СГГА, Новосибирск

Г.А. Сапожников

Администрация НСО, Новосибирск

А.В. Дюбанов

ГУВД, Новосибирск

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА НАЗЕМНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ «ГЛОНАСС» НА ТЕРРИТОРИИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

A.P. Karpik

SSGA, Novosibirsk

G.A. Sapozhnikov

The Department of Science, Innovation, Informatization and Communication of
Novosibirsk region, Novosibirsk

A.V. Dyubanov

GUVD, Novosibirsk

REALIZATION OF GLONASS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM) GROUND INFRASTRUCTURE PROJECT ON THE TERRITORY OF NOVOSIBIRSK REGION

Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации, утвержденная Президентом РФ от 07.02.08 № ПР-212, определяет современные подходы к предоставлению государственных услуг на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий для обеспечения широкого доступа к ним населения, повышение уровня информационной открытости исполнительных органов государственной власти и повышение эффективности управления территориями. В мировом сообществе формируется глобальная информационно-коммуникационная система. Анализ мирового опыта показывает, что 70 % управленческих решений основываются на пространственно-временной информации, которая позволяет формировать современную модель геопространства территории в виде цифровой Земли, города, государства и т. д. Россия обладает большой территорией и насчитывает в своем составе 88 субъектов Федерации, эти обстоятельства затрудняют работы по созданию единого электронного геопространства на всю его территорию. Правительство РФ делегировало значительную часть полномочий по созданию единой цифровой основы для устойчивого развития территорий субъектам Российской Федерации, и это правильное решение. На территории Новосибирской области в рамках программы развития территориальной информационной системы, утвержденной губернатором, выполняется целый

комплекс работ по созданию единого геопространства Новосибирской области, как основы эффективного управления районными центрами и муниципальными образованиями. Прежде всего, в соответствии с постановлением Правительства РФ от 3 марта 2007 года № 139 «Об утверждении Правил установления местных систем координат», в соответствии с законом «О геодезии и картографии» на базе ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия» была создана рабочая группа при участии представителей ПО «Инжгеодезия», «Роснедвижимости в Новосибирской области» и Западно-Сибирского УГК, которая разработала положение о местной системе координат, устанавливаемой в отношении Новосибирской области. Данный проект выполнялся в рамках гранта департамента науки и инноваций администрации Новосибирской области для обеспечения высокой точности определения пространственного положения объектов недвижимости и границ земельных участков, формирования основы для создания единой электронной картографической продукции регионального значения, оперативности проведения на территории Новосибирской области геодезических и топографических работ, а также для формирования и обеспечения использования наземной инфраструктуры областного сегмента глобальной наземной инфраструктуры ГЛОНАСС в интересах социально-экономического развития Новосибирской области. Положение о местной системе координат, устанавливаемой в отношении Новосибирской области, утверждено Постановлением губернатора от 25 декабря 2009 года № 471-па. Данный документ имеет государственное значение и является основой для единства геодезических измерений и отображения объектов на единой цифровой картографической основе. Впервые удалось преодолеть отраслевую разобщенность и прийти к единому решению.

Другим важным проектом, который выполняется в рамках программы ТИС НСО, является наземная инфраструктура для обеспечения эффективного использования глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС на территории Новосибирской области. Генеральным подрядчиком по реализации данного проекта является ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». На рис. 1 приведены основные элементы наземной инфраструктуры ГНСС.



Рис. 1. Структура активной геодезической сети

Проектируемый объект представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из сети активных базовых станций (АБС), вычислительного центра со специализированным программным обеспечением (ВЦ) и линий связи, объединяющих сеть АБС, ВЦ и пользователей инфраструктуры. На территории НСО запроектирована сеть, состоящая из 19 активных базовых станций (рис. 2).

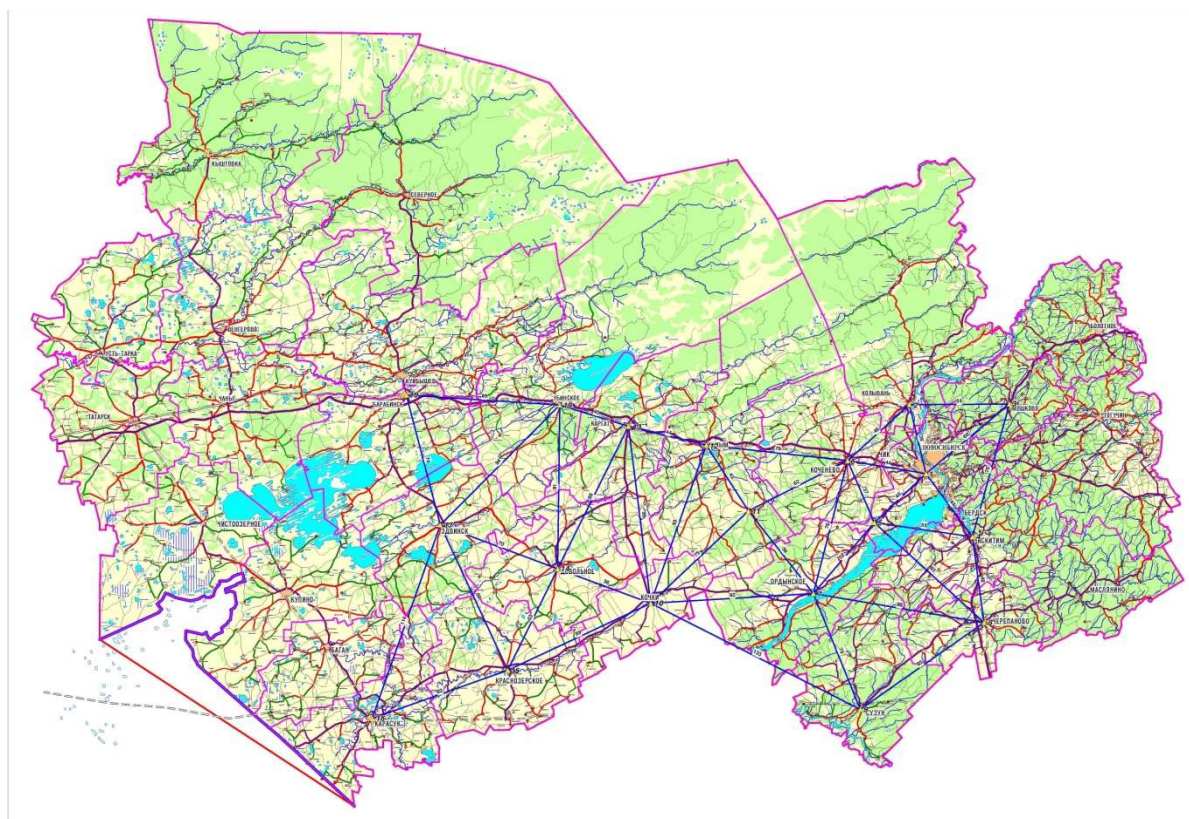


Рис. 2. Схема сети АБС на территории Новосибирской области

Представленная сеть охватывает автомагистрали М-51 (от Барабинска до Новосибирска), М-52 (от Новосибирска до Черепаново и границы области с Алтайским краем) и М-53 (от Новосибирска до Болотного, Мошково и границы с Кемеровской областью). Кроме того, обеспечиваются сервисами инфраструктуры железнодорожные магистрали, водные пути реки Обь и Новосибирского водохранилища. Данная сеть на 100 % обеспечивает территорию города Новосибирска и пригородные территории.

Пункты АБС заложены в соответствии с требованиями на крышах зданий ГУВД. Общий вид базовой станции показан на рис. 3.

В настоящее время завершены работы по созданию ВЦ, установлено серверное оборудование и проведено оптоволокно, объединяющее в информационное поле все 19 активных базовых станций и ВЦ, который расположен в СГГА. Выполняются работы по привязке пунктов АБС к 12-15 пунктам ГГС, расположенных в информационном поле каждого пункта АБС. Затем предстоят работы по уравниванию сети и расчету параметров геоида Новосибирской области. Обработка совместных спутниковых измерений будет выполняться с привлечением продуктов Международной ГНСС службы (IGS) и Международной службы вращения Земли (IERS). Привлечение дополнительных продуктов вызвано большими расстояниями до пунктов, имеющих координаты в геоцентрической системе. В качестве исходного пункта сети назначается АБС, закладываемая в г. Новосибирске.



Рис. 3. Общий вид базовой станции (АБС)

Наземная инфраструктура, размещаемая в Новосибирской области, отвечает основным требованиям:

1. Зона обслуживания должна охватывать наиболее развитые в экономическом отношении территории НСО.
2. Точность позиционирования: высокоточный геодезический режим 1–5 см, ГИС режим – субметровая точность, навигационный режим для решения различных транспортных задач – 1-3 метра, в том числе точная навигация для специального транспорта.
3. Режим функционирования должен обеспечить работу пользователей в любой момент времени.
4. Целостность системы должна обеспечиваться дублирующими элементами и службами оповещения о сбоях.
5. Надежность системы должна иметь высокую степень автоматизации и высокое качество составляющих элементов.

Основными сферами применения навигационной инфраструктуры ГНСС Новосибирской области являются:

1. Кадастр объектов недвижимости и мониторинг земель, в том числе определение координат поворотных точек границ административных образований, земельных участков, координат объектов недвижимости, координатное обеспечение аэрофотосъемки и создание крупномасштабных кадастровых карт, планов и другие кадастры.
2. Геодезия и картография, в том числе создание геопространства территорий, как единой основы отображения процессов и явлений.
3. Планирование территорий, геодезическое информационное обеспечение градостроительной деятельности, в том числе определение или вынос в натуру границ поселений, красных линий, проектно-изыскательские работы, исполнительные съемки.
4. Строительство промышленных объектов, аэропортов, железнодорожных и автомобильных магистралей, мостов и других сооружений на дорогах, нефте- и газопроводах, подъездных путей, линий электропередачи и связи.
5. Использование природных ресурсов, в том числе проектно-изыскательские работы, разработка карьеров, координирование скважин и других ресурсодобывающих объектов, исполнительные съемки, природоохранные мероприятия.
6. Коммунальное хозяйство – вынос объектов в натуру, исполнительные съемки, крупномасштабное картографирование объектов (колодцев, задвижек, коллекторов и т. д.), отыскание колодцев и других объектов в трудных условиях, например, зимой под снегом.
7. Сельское хозяйство, в том числе точная навигация сельскохозяйственных машин в период посевной для повышения урожайности.
8. Геодинамика и мониторинг геологической среды, деформаций инженерных объектов, высотных зданий, мостов, особо важных объектов в режиме реального времени в любое время суток.

9. Позиционирование специального транспорта (с ошибкой 1 м и менее), позиционирование дорожно-транспортных происшествий, локомотивов и вагонов на железнодорожных узлах с целью диспетчеризации их перемещений, мониторинг железнодорожного полотна по данным ремонтных платформ.

10. Координирование военной инфраструктуры в мирное время.

11. Обслуживание аэропортов – тестирование систем точной посадки самолетов, мониторинг состояния взлетно-посадочных полос, координирование объектов инфраструктуры аэропортов.

Завершение работ по привязке пунктов АБС к пунктам ГГС, ее совместное уравнивание планируется на летний период 2010 года. После этого будет проведена ее сертификация и осуществлен ввод в эксплуатацию. На наш взгляд, реализация данного проекта позволит решать задачи геодезического информационного обеспечения граждан и территорий Новосибирской области на современном информационном уровне. В руках администрации появится современный инструмент эффективного управления различными инфраструктурами и территориями. Круг задач, решаемых с помощью ГНСС, будет неограниченным: от точных геодезических измерений и навигации специального транспорта до туризма, охоты, рыбалки и многого другого – и потребует определенных ресурсов для проведения просветительской работы среди широкого круга пользователей. Новосибирская область одна из первых в России делает шаг к созданию единой цифровой основы геопространства для эффективного управления территориями и цивилизованного функционирования общества.

© А.П. Карпик, Г.А. Сапожников, А.В. Дюбанов, 2010

УДК 528.48

Джоел ван Кроненброк

Leica Geosystems AG, Швейцария

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Joël van Cranenbroeck

Leica Geosystems AG, Switzerland

E-mail: joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com

STATE OF THE ART IN STRUCTURAL GEODETIC MONITORING SOLUTIONS

Key words: Structural Health Analysis, GLONASS, GPS, Centralized Processing, RTK, Total Stations, Inclinometers, Least Squares Adjustment, Automatic Target Recognition, Geodetic Monitoring.

SUMMARY

The technical field of structural monitoring has made major progress in the recent years. New developments were driven by the need to keep engineering infrastructures in service beyond their expected lifetime due to limited funds for their replacement (typical case for bridges where the today traffic loads are far above the parameters that have been used to design them) or because the projects are so exceptional and the designers have not yet gained experience on the long term (Burj Dubai eg).

Actually the term “Structural Health Monitoring” is more and more often used and refers to methods witch access the health status and safety of a structure and make estimation of its remaining lifetime.

However, structures can only be kept in service if they do not put the safety of the users at risk. Critical parts of a structure as well as global behaviour have to be monitored in continuous intervals with high precision.

The aim of deformation analysis has shifted and nowadays experts are not even looking if critical points of a structure have moved (and by the way due to thermal loads every structure is moving) but well is some patterns have significantly changed to be alerted and lead more investigations ...

With highest resolution and highest recording rate of today's instruments the small deformations caused by the daily temperature changes, wind loading etc. can be observed.

The paper will review the performances of new geodetic sensors and analysis methods regarding the context of a solution that would address the today interests of the experts. Key successful projects will be used to illustrate that topic.

FACING NEW CHALLENGES

Engineering companies and contractors are facing challenges never experienced before. They are being charged with – and being held liable for – the health of the structures they create and maintain.

To surmount these challenges, engineers need to be able to measure structural movements to millimetre level accuracy. Accurate and timely information on the status of a structure is highly valuable to engineers. It enables them to compare the real-world behaviour of a structure against the design and theoretical models.

When empowered by such data, engineers can effectively and cost efficiently measure and maintain the health of vital infrastructure. The ability to detect and react to potential problems before they develop helps in the reduction of insurance costs and the prevention of catastrophic failures that may result in injury, death or significant financial loss.

A structural monitoring system will help reduce both the current and long term maintenance cost associated with structural movement and will reduce risks, as data analysis can be used to aid the understanding of current and future implications of structural movements. Safety and structural integrity concerns can be minimized. Contractors can reduce their risk exposure before, during and after a construction project by continuously monitoring the project as it progresses through its lifecycle. Potential problems can be detected and rectified before a critical situation develops.

DYNAMIC STRUCTURES IN A MOVING WORLD

Modern cable-supported bridges carry enormous loads across great distances. By design they are dynamic structures that move due to the loads imposed by traffic, wind, heating and cooling, corrosion and other environmental conditions.

Each year landslides cause millions of dollars of damage and loss of revenue to mines, residential and commercial properties, motorways and railway lines.

Cities throughout the world are becoming denser and higher than ever before. The costs of base materials are rising, driving engineers to develop novel construction techniques. They need timely information on any departures from design during the critical stages of construction, such as concrete jetting, deep excavation and support walls. This ensures the integrity of the construction site and the safety of people. They have to provide ongoing verification and documentation of the compliance to construction and design tolerances.

Large earth fill and concrete dams are a critical infrastructure for continuous water supply and power generation. Loading and unloading forces on a dam cause stress on the structure and must be monitored. The stress can be due to fluctuations in the water level, settlement of the structure, nearby landslides or seismic activity. Early detection of a potential problem allows repairs or remedial measures to be taken before a disaster occurs. Even if repair is not possible, with the early warning of a problem action may be taken to mitigate its effects.

New and existing buildings can be affected by daily movements (solar effects, heavy rainfalls), long period movements (settlement) and dynamic movements (resonance, wind and loads). They may also be built in flood or earthquake zones and

therefore at risk of being damaged by natural events. Many buildings are aging and their construction materials deteriorating due to time and weathering.

Nothing is static. Buildings and dams settle bridges flex and vibrate rock masses shift, mud slides, glaciers flow and volcanoes erupt. Whether by human activity such as mining or by natural processes such as erosion, the world in which we live is continually changing.

Management of this change is essential for social and economic advancement. Failure of a bridge can isolate communities and restrict commerce. A landslide can cause financial and human loss, stop mining operations and even impact world mineral prices. Economies and our daily lives are dependent upon the health of bridges, dams, tunnels, elevated road systems, dams, mines and high-rise buildings. Engineers, geologists and other professionals are trusted to prevent such disasters.

For the solutions to manage and monitor these structures, they rely more and more on geodetic monitoring solutions.

FROM AUTOMATIC SURVEYING TO PRECISE CONTINUOUS MONITORING

Based on surveying sensors like GNSS receivers and Automatic Total Stations, Geodetic Monitoring solutions are integrating also wireless communication tools, acquisition software's, PC servers, accessories, power supply, solar panels, weather station, warning sensors, web interfaces and analysis to become complex systems. And if the engineers today are considering often the surveying instrumentation just like "sensors" to be plugged and connected to even their real time analysis software's, they shouldn't forget that the key for succeeding in their monitoring projects is first to consider instrumentation and equipments that can deliver high accurate and reliable measurements 24 hours a day and 365 days a year through any communication media under any weather conditions and remotely controlled.

Advanced Automatic Total Station Designed for Geodetic Monitoring.

Since the beginning of the 19th century, Leica Geosystems has always provided engineers with the latest, revolutionary and most accurate technologies and solutions achieving the highest accuracies possible.

More than 75 years ago, the precision 0.5"-theodolite Wild T3 was introduced. It attracted great interest in the geodetic monitoring community due to its highly precise measurements. In the 1970s, the time arrived where electronics and automation evolved in survey engineering products. At the beginning of the 1980's, Leica Geosystems released its first total station – the TC2000 – to combine highest precision and highest quality measurements along with automation to survey engineers. The TC2000 was equipped with the first high precision electronic angle measurement system developed by Leica Geosystems. Continuing to provide the best equipment for survey engineers, Leica Geosystems released the total station TCA2003 in the mid 1990s. The TCA2003 was the next generation of 0.5"-total stations to fully integrate electro-optical distance measurements (EDM). In addition, the measurement efficiency was significantly improved by the automation of the measurement process due to automatic target recognition (ATR). The latest

generation of highest precision total stations from Leica Geosystems – the TM30 – has reached the pinnacle.

The TM30 allows very quick, highly accurate and precise measurements. It is specifically designed for the highest measurement quality of automated measurement processes.

The newly developed direct drives using piezo technology enable very quick and efficient automated measurements. The rotation speed of the alidade and telescope is up to 200 gons per second. The TM30 is more than four times faster than total stations with conventional drives. Its direct drives alone result in a significant increase of automated measurements possible per hour. One of the key components is the Automatic Target Recognition (ATR) on passive reflector up to a range of 3000 m which means that operations that would never been envisioned before the release of the TM30 can now be realized as well as totally new applications.

The TM30 R1000 Electronic Distance Meter measures to natural targets at ranges of more than 1000m.

The TM30 potential is fully enhanced by Leica Geosystems' GeoMoS Monitoring software.

GLONASS & GPS L1 single frequency up to GNSS multiple-constellation antennas and receivers.

The Leica GMX901 is a compact, robust and precise single frequency receiver designed specifically for monitoring applications. Sensitive structures such as dams, rock slopes, mine walls and buildings can be monitored around the clock for the smallest of movements. Leica GMX901 streams precise single frequency code and phase data up to 1 Hz, providing the basis for highly accurate position determination and deformation analysis.

Designed with a focus on the essential – low power consumption, high quality measurement, simplicity, durability the Leica GMX901 is an ideal sensor for monitoring. It has a robust housing that is water, heat, cold and vibration resistant and which can be easily mounted on the infrastructure to be monitored.

The Leica GMX902 GG is a high-performance GPS + GLONASS receiver, specially developed to monitor sensitive structures such as bridges, mines or high rise buildings and crucial topographies such as land slides or volcanoes. It provides precise dual frequency code and phase data up to 20 Hz, enabling precise data capture as the basis for highly accurate position calculation and motion analysis.

As with the other receivers in the GMX900 family, the GMX902 GG has been designed and built purely for monitoring applications. The key characteristics of the GMX900 family are low power consumption, high quality measurement, simplicity, durability.

The Leica GMX900 family connects seamlessly to the Leica GNSS Spider advanced GNSS automatic processing software for coordinate calculation and raw data storage. The Leica GeoMoS monitoring software can be used to provide integration with other sensors, analysis of movements and calculation of limit checks. Third party analysis software can also be easily integrated via the standard NMEA interface of Leica GNSS Spider.

The more precise dual axis inclinometer

The Leica Nivel210/Nivel220 precise inclination sensor for simultaneous measurement of inclination, direction of inclination and temperature is based on an optoelectronic concept. That inclinometer fits well for large structure monitoring and engineering constructions such as dams, bridges and high-rise buildings where high precision information about the inclination and the direction of movements is needed. Two-axis tilt measurements with a resolution of 0.001 mm/m, highly accurate measurements and long-range stability, real-time data on a continuous basis connectable to the Leica GeoMoS monitoring software are certainly the main characteristics of that instrument.

All those geodetic instruments can be combined in various systems where GNSS antennas collocated with 360° reflector are acting as “Active Control Points” for Automatic Total Stations networked. If multiple total stations are able to make measurements to a common set of prisms, the measurements can be combined in a mathematically optimal way known as network adjustment. By combining the measurements in a network adjustment it is possible to increase the precision of the solution and determine a common reference frame for all total stations even in the case that some of total stations cannot observe stable control points or are themselves unstable.

It has been proved also that the combination of a very precise inclinometer with a GNSS receiver can consist of a stand-alone basic monitoring station for high rise building monitoring and that the performances of the Leica dual-axis inclinometer can fairly compete in the frequency domain with an accelerometer.

Recently the benefit of GNSS Network RTK corrections to provide unbiased positioning information from GPS and GNSS monitoring receivers has been demonstrated for several monitoring projects in Hong Kong.

AUTOMATIC NETWORK ADJUSTMENT AND DEFORMATION ANALYSIS

Continuous Geodetic Monitoring systems must also have the capacity to process in timely manner the huge amount of data gathered in a central computing centre to deliver in simple ways (graphically and with clear reports) the reliable warnings and alarms. Leica GeoMoS Adjustment provides an automatic least squares network adjustment, the single epoch automatic deformation analysis based on a rigorous statistical approach and can be used for designing a monitoring project to match the accuracy requirements.

The combination of measurements from multiple geodetic automatic instruments is handled by a robust adjustment ensuring the highest precision and reliability. The detection of outliers is based on multi-level statistical hypothesis tests as well as the detection of unstable fixed points. It is essential for geodetic monitoring applications to have a complete system that can distinguish movement of the structure from problems in the reference frame and can identify which reference points are stable and which are not.

It is also of the prime importance for the engineers managing monitoring projects to have the tool to design the setup of the instruments in such a way that the

ensemble will fit with the expected accuracy. Leica GeoMoS Adjustment can simulate the mathematical geometry to optimize the network accuracy and reliability.

CASES STUDIES

Several projects will be reviewed to illustrate the state of art of Geodetic Monitoring.

Permanent Monitoring during Urban Excavation.

During 2007 and 2008 a new residential house was constructed in the middle of a built-up area. The construction project required the excavation of soil sediment layers as well as lowering of the surface groundwater. It was a concern that these actions might endanger the surrounding infrastructure and construction site. Therefore, a permanent monitoring system was required to ensure the safety of surrounding buildings and construction workers. Automatic monitoring, operating 24hrs a day was installed to monitor the adjacent wall. Measurements were taken twice an hour and automatic alert triggers were configured to alert engineers of exceeded thresholds. Based on the long monitoring period immediate corrective measures could be initiated to protect the existing buildings and construction site before serious damage occurred. The effectiveness of the corrective measures was immediately visible due to the continuous monitoring.

Burj Dubai – Rising High with GPS Network.

Burj Dubai is now the world's tallest building, nearly twice the size of New York's Empire State Building and higher than the current title holder, the Taipei Financial Center (Taipei 101) in Taiwan. The final height has been kept secret during the construction stage. Not a secret, on the other hand, was the unique monitoring system the author developed together with Douglas Hayes, Chief Surveyor of Burj Dubai. Reaching top of concrete for the Burj tower at Level 156, at level 585.7 m, Douglas Hayes was impressed: "We have used our Leica GX1200, TPS1201 and Nivel 220 systems all the way - the system has proven to be fantastic. Vertical walls are straight, lift shafts are too - standard deviations of concrete core walls are generally around 7mm. At the very top, I have computed the mean displacement of all core walls: delta Easting = 0mm, delta Northing = 5mm from design position. Of course this quality has come about due to a lot of effort on all sides - not just survey. But for our part I am very pleased with the way things have gone! The system has also allowed me to monitor the structure continuously and remotely, from a dynamic perspective as well as from a long term one, to quite amazing accuracy."

The Kowloon Southern Link Monitoring Project.

The Kowloon Southern Link project is a 3.8 km extension of KCRC's West Rail Link from Nam Cheong Station connecting to East Tsim Sha Tsui Station of KCRC's East Rail Link. There is about 1.2km of the new extension area located very closely to the existing Airport Express Rail and MTRC Tung Chung Line. In order to ensure the construction works do not have serious structural effect and distributing daily operation and safety of the Airport Express Rail, an Automatic Deformation

Monitoring System is deployed mainly to continuously monitor settlement along the affected rail track. The 1.2km track is divided into three different sections (600m, 210m and 400m) for continuously monitoring where cover ballasted section, trough section and tunnel section. A pair of mini prisms with tailor-made protection is installed in every 13 m interval along the rail track. TCA2003 Total Station that are driven remotely via a data communication network by Leica GeoMoS software at the Control Centre measure the positional change of each target prism automatically in every 2 hours interval. To get the best line of sight for measurement, those Total Stations are installed at various locations including tunnel wall, roof of rail station and structure along the track.

Jiangyin Bridge, China – GPS RTK Bridge Monitoring.

The Jiangyin Yangtze River Highway Bridge is the first super-large steel box-girder suspension bridge that spans more than one kilometre in China. It is the longest steel box girder suspension bridge in China, the fourth longest in the whole World. It services a superhighway which is the national key trunk route crossing the Yangtze River. The Jiangyin Yangtze River Highway Bridge is the second suspension bridge that was constructed over the Yangtze River. It lies between Jiangyin and Jingjiang of Jiangsu Province, at the lower reaches of Yangtze River. The upgrade and modification of the superstructure health monitoring system of Jiangyin Yangtze River Highway Bridge was completed using the Leica Geosystems' GPS monitoring system that focused on the monitoring of the girder geometric form and the displacement of the bridge towers. The challenge was to provide a cost effective and innovative solution for delivering 3D positioning information at 20 Hz from several GPS Monitoring stations to advanced analysis application software developed by the engineering company in charge of the whole structural monitoring project.

Northern Italian Reservoir.

Many of the hydroelectric reservoirs located in the Alps of Northern Italy are built in narrow valleys which are orientated North-West / South-East. Due to the valley's orientation, only one side is exposed to the sun and is subject to significant temperature differences within short periods of time. In many cases this situation has caused a different geological structure in the two sides of the valley. In one of the valleys a double-sweep arc-gravity dam was constructed in the years 1950-1960. In June 1997, a Leica TCA2003 Automated total station was installed near the dam, on the stable right slope, to permanently monitor, with the greatest accuracy, the position of 16 reflectors located on the left slope, with elevations varying from 1730 metres to 2100 metres. The distance from measurement station to target ranges from 170 to 1500 metres. Each of the reflectors is located on a concrete pillar and protected from inclement weather. Two of the 16 targets, located on the left and right side of the basin, are fixed points. The measurement station consists of Leica TCA2003 Automated total station and APS system software. The TCA2003 is located on a very stable pillar enclosed in a building equipped with special glass windows. The application processor is also housed in the shelter. The APS system software controls the measurement procedure based on a point selection made by the operator during a "learn" procedure. The measurement procedure

can be easily modified by the operator if necessary. ENEL configured their system so that several measurements cycles would be made every day, starting at selected time intervals. Measurement sequences are defined to begin and end on non-moving control points which have known coordinates.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to express their gratitude to the people who has adopted and supported Leica Geosystems geodetic monitoring solutions. It is all the time and for every project a team work to find the best combination of instruments, processing software's to design the most appropriated solutions for standard, critical or challenging projects. The authors know also that in geodetic monitoring there is simply no "traditional" project.

References

- [1] Brown, N., Kaloustian, S., Roeckle M. (2008). Monitoring of Open Pit Mines using Combined GNSS Satellite Receivers and Robotic Total Stations.
- [2] Brown, N., Troyer Lienhart, Zelzer, O., Van Cranenbroeck, J. (2006). Advanced in RTK and Post Processed Monitoring with Single Frequency GPS. Journal of Global Positioning Systems, Vol 5, N°. 1-2:145-151
- [3] Van Cranenbroeck, J., Brown N. (2004). Networking Motorized Total Stations and GPS Receivers for Deformation Measurement. FIG Working Week, Athens, Greece.
- [4] Zog, H-M., Lienhart, W., Nindl D. (2009). Leica TS30 – The Art of Achieving Highest Accuracy and Performance.
- [5] Van Cranenbroeck. J., Aschroft. N. (2007). Single to Multi Frequency GNSS Signal Processing Solutions for Engineering Structure Monitoring Applications. The International Global Navigation Satellites Systems Society Inc. (IGNSS) IGNSS2007 Symposium – The University of New South Wales, Sydney Australia.
- [6] Van Cranenbroeck. J., Lui. V., Wu. X. (2007). ICE 5th International Conference Bridge – Beijing, supported by the FIG Commission 6 WG4.
- [7] Van Cranenbroeck. J. (2007). Continuous Beam Deflection Monitoring Using Precise Inclinoimeters. Strategic Integration of Surveying Services FIG Working Week, Hong Kong SAR, China.
- [8] Van Cranenbroeck, J. (2007). An Integrated Geodetic Measurement and Analysis System for Large Dams Monitoring. Hydropower & Dams issue 2 : INSTRUMENTATION SYSTEMS FOCUS.
- [9] Van Cranenbroeck, J. (2006). Core Wall Survey Control System. Opening paper – 3rd IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, 12th FIG Symposium on Deformation Measurement.
- [10] Lienhart, W. (2007). Analysis of Inhomogeneous Structural Monitoring Data. Engineering Geodesy – TU Graz, Austria. Shaker Verlag

CONTACT

Joël van Cranenbroeck

Business Development Manager for Geodetic Monitoring

Leica Geosystems AG, GSR EMEA
Rue du Tienne de Mont, 11
BE-5530 MONT – YVOIR
Belgium, Europa
E-mail: Joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com

© Джоел ван Кроненброк, 2010

УДК 528.44

Ингольф Бурштедде

Ibu Consult Ltd., Берлин, Германия

E-mail: ibu@gmx.com

УПРАВЛЕНИЕ МУНИЦИПАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ

Ingolf Burstedde

Ibu Consult Ltd., Berlin, Germany

E-mail: ibu@gmx.com

MANAGEMENT OF PUBLIC PROPERTIES IN DEVELOPING COUNTRIES

Key words: importance of property management, property management as a business process, components of property management, practical experiences

SUMMARY

Property management is the process of inventory, valuation, use, strategic portfolio reviews, reporting and auditing of public properties as part of the decision making process of local government. It is a business process, which supports other government processes like strategic planning, mapping, operational planning, budgeting, project implementation, documentation and maintenance with important basic data. Property management can be divided into 5 different components: legal management, data management, business system management, financial management and system management.

In many developing countries there are serious gaps between a professional property management system in theory and the actual conditions found in practice. These gaps are mainly lying in the fields of data completeness, data currency, data availability, data maintenance, business processes, government procedures, and capacity of staff, skills of staff, lack of commitment from the decision makers, lack of organisation, unclear responsibilities and technical infrastructure. Property management is often (mis-)understood as just “listing the inventory”.

Property management in developing countries is a challenging field of activity for geodesists.

ZUSAMMENFASSUNG

„Property Management“ (Eigentumsverwaltung) ist der Prozess der Inventarisierung, der Bewertung, der Nutzung, der Berichterstattung und Auditierung des öffentlichen Eigentums als Teil des Entscheidungsprozesses in öffentlichen Verwaltungen. Property Management ist ein Geschäftsprozess, der andere wichtige Verwaltungsprozesse wie z.B. die strategische Planung, die Kartierung, die operationelle Planung, die Budgetierung, die Projektabwicklung, die Dokumentation

und die Unterhaltung mit wichtigen Basisdaten versorgt. Property management kann in 5 Komponenten aufgeteilt werden: Rechtsmanagement, Datenmanagement, Prozessmanagement, Finanzmanagement und Systemmanagement.

In vielen Entwicklungsländern gibt es jedoch größere Lücken zwischen einem professionellen System zur Eigentumsverwaltung und der Situation, die man vor Ort anfindet. Diese Lücken liegen hauptsächlich in den Feldern der Datenvollständigkeit, der Datenverfügbarkeit, der Datenpflege, der Geschäftsprozesse, der Personalkapazität, der Personalausbildung, der fehlenden Bekenntnis von Entscheidungsträgern, Schwächen in der Aufbau- und Ablauforganisation, unklaren Verantwortlichkeiten und schließlich der technischen Infrastruktur (Hardware, Software, Netze). Property management wird oft als nur “Auflistung des Inventars” (miß-) verstanden.

Property management in Entwicklungsländern ist ein herausforderndes Arbeitsgebiet für Geodäten.

1. IMPORTANCE OF PROPERTY MANAGEMENT

... for Government Finance and Development

For strategic, operational and financial reasons, property management is an important area of decision making for local governments.

New demands for better service provision, trends towards decentralized systems of public sector management in emerging economies, potential synergies and changing roles in the public and private sectors create the need for better management and accountability of government resources.

Open and effective management and reporting of public property resources is an important aspect of public trust. There is a new and heightened interest in the strategic role that property management can have for governments and their residents. As the processes of decentralization, urbanization and economic development in the cities continue in developing economies, there is growing need to provide better living and working conditions for rapidly growing populations through better service provision and improved access to amenities.

A review of successful cases of government management indicates that effective use of the property base is an important factor contributing to increases in government revenues and successful performance.

Property management is the process of inventory, valuation, use, strategic portfolio reviews, reporting and auditing of public assets and, in some cases, state properties as part of the decision making process of local government.

The main benefits of an effective property management system are to help local governments: provide local residents with improved services based on public asset use (such as infrastructure, water systems, schools, hospitals, parking, etc.); increase revenues and/or decrease costs; improve the overall credit rating for the local government; attract more domestic and foreign investors; improve land valuation (for example, through relocation of public properties, sale and leases, and improvements in infrastructure such as better roads) that make land assets attractive for productive and real estate purposes and finally enhance the environment and improve quality of life.

2. PROPERTY MANAGEMENT IN THEORY

Property Management is not just “listing” the public properties. It is considered to be an important administrative “process” in all business fields of local governments such as: infrastructure, health, education, public transportation, energy supply, etc. It supports other government processes like strategic planning, mapping, operational planning, budgeting, project implementation, documentation, maintenance etc. with important basic data. Fig.1 shows a generalized model for this interrelation.

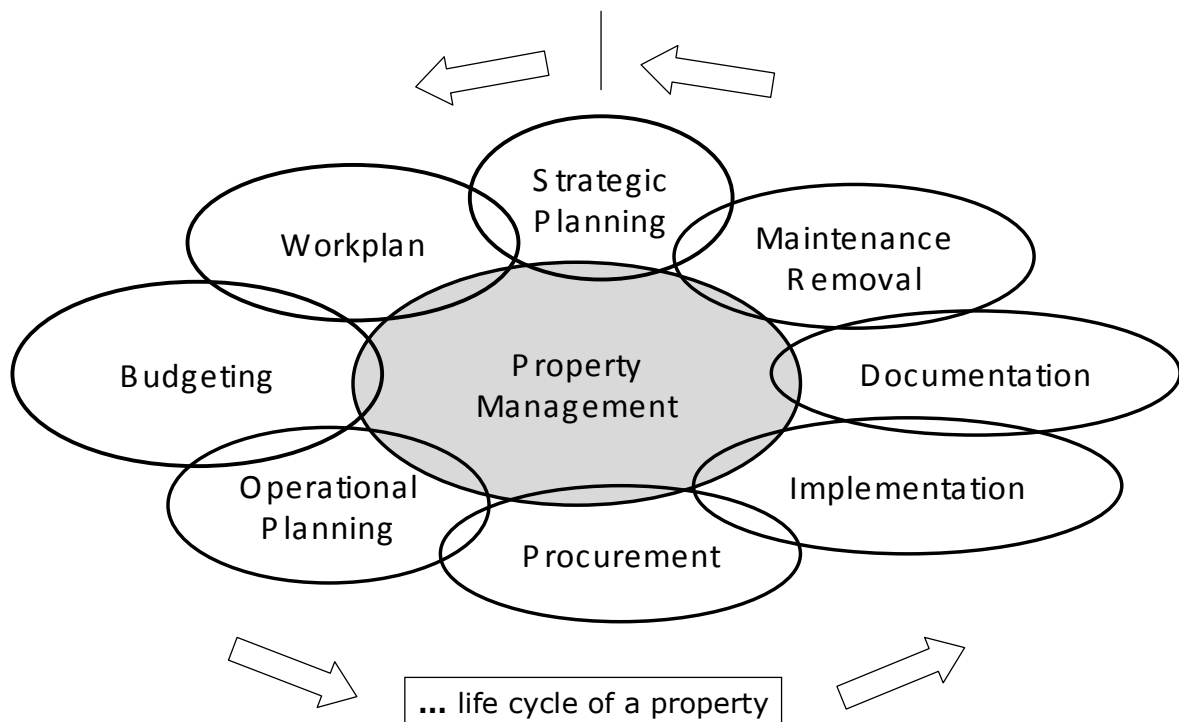


Fig. 1. Processes around property management

Property management can be divided into five different components, i.e. different areas of knowledge:

2.1 Legal Management

National and local governments need a common legal and regulatory framework that clearly establishes the authority of local government over its properties.

Like any other system of government, the property management functions have to be understood in the context of the social and political environment. The laws and regulations will, to some extent, reflect these realities.

The legal and administrative framework consists of the applicable laws and regulations that affect the ownership and management of public properties. The legal systems can define property ownership including rights and responsibilities, sale and registration differently.

2.2 Data Management

The cornerstone of property management is a well functioning inventory system. The system should contain the information to be able to assess quickly what the government owns, the type of properties and their location, as well as an up-dated value indicating the methodology used to assess the value. A first step for government officials is to review whether there is an inventory of their property base and a transparent system for data retrieval.

2.3 Business System Management

This aspect of property management has to respond well to the local strength and the administrative processes of the local government. Local governments need well established offices and personnel in charge of property management. Their experience should contribute to improvement of the system inputs.

Since property management is both a financial management as well as a local physical planning function, a property management unit, integrating the contributions of different relevant departments, helps achieve the objectives of developing an improved and coordinated property management system.

Defining a professional property management system requires the knowledge of the “client processes” around the inner circle in Fig.1. What is the purpose of this and that particular process? Who is responsible for the different processes? What are the inputs and outputs of these processes? How are the intersections to each other defined?

2.4 Financial Management

Financial reporting is one of the strategic building blocks of local government capacity that can help attract investors, lenders and to explore real investment options strategically. A systematic review of the accounting standards and financial reports can provide useful feedback for improvement or strengthening of the system. The accounting standards and practice determine when and how transactions and economic events are reflected in the financial statements.

The purpose of the valuation and appraisal should be to give both the local government as well as citizens of the jurisdiction and beyond, access to valuable information for the purposes of planning, approval, negotiation, execution and monitoring of performance for municipal governments of the use of public properties. The valuation methods should link services provided with net revenues or costs associated with the management of particular public assets.

2.5 System Management

The data volumes and report generation requires to ensure satisfactory performance of a computer based (ICT) solution. As with the other categories, it is important for the systems management strategy to be appropriate to the organization, and different government units will have different levels and capabilities in their technical ICT infrastructure.

When choosing an appropriate software solution, each government should consider its current and future needs. The impact of this can be ameliorated by adopting a modular approach to the systems design.

3. PROPERTY MANAGEMENT IN PRACTICE

In many developing countries there are major gaps between a professional property management system in theory and the actual conditions found in practice. The main gaps are described below. They are based on the author's experiences in different countries:

3.1 Legal Management

Although laws may have been published, there can be, in many instances, areas of contradiction and lack of clarity that potentially discourage local governments in their asset decision making initiatives.

Compliance of laws, rules and regulations is difficult due to lack of capacity. Regulations can be inconsistent and contradictory. Sometimes the situation of asset ownership status and conditions is not known or unclear.

3.2 Data Management

Often the necessary data are not available, not updated or not reliable. It is difficult sometimes to find a complete data set without constraints. Furthermore existing data sets may have a low level of integration for different applications. If graphical data are available, they are mostly derived from stand alone GIS systems.

Usually the data problem is more serious than the lack of computers, software or technical networks. A paper based property management system with complete, updated and reliable data would help much more than modern computerized system where no data are available.

3.3 Business System Management

Property Management is often (mis-)understood as just “listing the inventory”. In fact it should be understood as an important administrative process, which supports other government processes like strategic planning, mapping, operational planning, budgeting, project implementation, documentation and maintenance with basic data. The important budgeting process, for example, will not work well when the property management data are not presented in an adequate form due to its specific financial needs.

In practice the processes of data exchange are often ponderous; interfaces are not defined; only the complete inventory is transferred to the “clients” without any selection or evaluation. These deficits in the information flow mainly have organizational reasons.

Furthermore the staff problem has to be mentioned. The existing personnel for property management is either not enough or not well skilled.

3.4 Financial Management

In practice property management and financial management are treated mostly as two separate processes. In effect both processes should be part of an integrated system. As already said in chapter 2.4 financial reporting is one of the strategic building blocks of local government. The property management unit in a local government should prepare and evaluate the property data for the specific needs of their colleges of the finance department. To fulfil this requirement it is necessary to define precisely the interface between the property and the financial data and optimize their exchange.

The activity of valuation and appraisal is often carried out by independent consultants because there is no adequate knowledge in the local government. This field of action should be or become a scope of responsibility of the property management units in local governments making many government decisions easier and safer.

3.5 System Management

In many developing countries property management is a paper based system, ICT systems are still under development and the IT infrastructure is still poor. Often there is no central IT-function in the administration and the equipment for IT (hardware, software, networks) is still on a low level.

Conclusion

The gaps between property management in theory and property management in practice are evident. They are mainly lying in the fields of data completeness, data currency, data availability, data maintenance, business processes, government procedures, staff (capacity and skills), and lack of commitment from decision makers, lack of organisation, unclear responsibilities and technical infrastructure.

Property management is a challenging field of activity for geodesists.

BIOGRAPHICAL NOTES

Studies:

- Studies of geodesy at the Technical University of Berlin

Professional stations:

- German Development Institute, Berlin
- CERN, European Centre of Nuclear Research, Geneva, Switzerland
- UNESCO, Yogyakarta, Indonesia
- Technical University, Berlin
- German Society for Retreatment of Nuclear Waste, Hannover
- Stadtwerke Düsseldorf AG, Düsseldorf
- IBU Consult Ltd., Berlin

Academic degrees:

- Dipl.-Ing. (TU Berlin)
- Dr.-Ing. (TU Berlin)
- Prof. h.c. (SSGA, Novosibirsk, Russian Federation)

Memberships:

- VGB - Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V., Essen (Chairman of the Committee „Surveying“; 1984-93)
- AIV - Architekten- und Ingenieurverein Düsseldorf e.V. (Member of the Executive Committee; 1999-2005)
- DVW - Deutscher Verein für Vermessungswesen, Landesverband Berlin - Brandenburg

Publications:

- Various publications about geodetic networks and information systems

Actual activities:

- Lecturing (SSGA, Novosibirsk, Russian Federation)
- Consulting (e.g. Iran, Russia, Namibia, Albania, Indonesia)

CONTACTS

Prof.h.c. Dr.-Ing. Ingolf Burstedde

Ibu Consult Ltd.

Leistikowstraße 6, 14050 Berlin

Germany

Tel: +49 / 30 / 3641 0552

Fax: +49 / 30 / 3641 0553

E-mail: ibu@gmx.com

© *Ингольф Бурштедде, 2010*

УДК 528.852

А.А. Бучнев, В.П. Пяткин

ИВМиМГ СО РАН, СГГА, Новосибирск

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ЛЕДЯНЫХ ПОЛЕЙ

В статье представлено описание программных технологий для спутникового мониторинга водных поверхностей и ледяных полей. Эти технологии включают: трансформирование спутниковых изображений в картографическую основу (геокодирование); монтаж мозаик из трансформированных изображений; тематическую обработку с использованием кластерного анализа и контролируемой классификации; построение векторных полей перемещений водных масс и ледяных поверхностей; оформление результатов обработки.

A.A. Buchnev, V.P. Pyatkin

ICM&MG SB RAS, SSGA, Novosibirsk

SATELLITE MONITORING OF THE WATER SURFACES AND ICE FIELDS

The description of the software technologies for the satellite monitoring of the water surfaces and ice fields is presented in this article. This technologies consists of: transformation of the images into map (geocoding); forming of mosaics from transformed images; data thematic processing with using of the clustering and supervised classification; forming vector fields of the water masses and ice surfaces moving; forming of the processing results.

Современные технологии мониторинга состояния водных поверхностей и ледяных полей включают обработку и анализ изображений, полученных со спутников дистанционного зондирования Земли, в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах электромагнитного спектра. В ходе спутникового мониторинга морских акваторий и речных стоков решаются следующие задачи [1-3]:

1. Оперативное картирование параметров состояния и загрязнений (береговых, судовых и биогенных) водной среды.
2. Анализ метеорологической обстановки и ее влияния на распространение загрязнений.
3. Изучение закономерностей прибрежной циркуляции воды и их влияния на распространение загрязнений.
4. Выявление различных ситуаций распределения загрязнений в прибрежных водах.

5. Определение гидрологических характеристик и отслеживание динамики затоплений речных пойм.

6. Определение параметров морского льда (возраст, сплоченность, обобщенные характеристики).

Задачи 2-5 находятся в тесной взаимосвязи, т.к. загрязнения, попадая в водную среду, становятся частью этой среды и развиваются вместе с ней под воздействием метеорологических и гидрологических факторов. Выходной продукцией мониторинга являются карты загрязнения водных поверхностей пленками поверхностно-активных веществ, распределения фитопланктона и водорослей, концентрации хлорофилла, температуры поверхности воды, переноса водных масс, сплоченности льда, дрейфа ледяных полей и др. Соответствующие программные технологии, разработанные в ИВМиМГ СО РАН совместно с НИЦ «Планета» Росгидромета РФ [4], включают в себя следующие процедуры:

1. Трансформирование спутниковых изображений в картографическую основу.

2. Монтаж мозаик из трансформированных изображений.

3. Тематическую обработку с использованием кластерного анализа и контролируемой классификации.

4. Построение векторных полей перемещений водных масс и ледяных поверхностей.

5. Оформление результатов обработки в виде тематических карт и файлов данных заданного формата (BMP, GeoTiff).

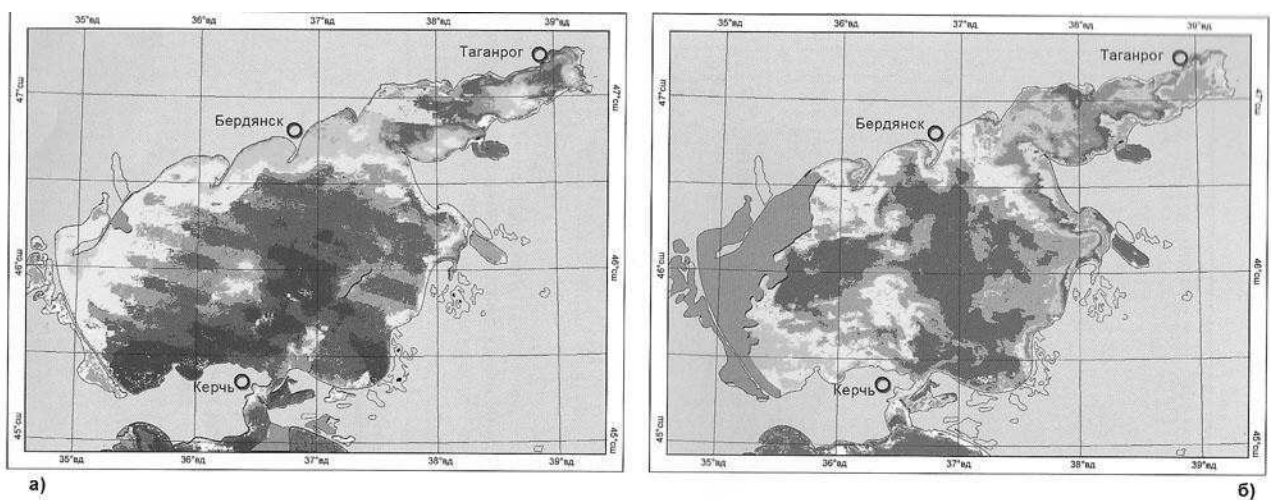
Трансформирование спутниковых изображений в картографическую основу является геометрическим преобразованием, отображающим весь снимок либо его часть на заранее подготовленную растровую географическую карту соответствующей территории. Карта строится в выбранной географической проекции с использованием различных баз данных (в том числе шейп-файлов ГИС ArcView) для нанесения на лист карты контурных элементов пространственных объектов. Отображение снимка на карту основано на использовании идентичных опорных точек снимка и карты. Возможно использование одного из двух типов отображений: на основе применения семейства кусочно-аффинных преобразований, которые строятся на множестве треугольников снимка и карты, получаемых в результате триангуляции выпуклой оболочки множества опорных точек снимка, и на основе отображающего полинома заданной степени (первой, второй или третьей). Мозаики спутниковых изображений формируются путем объединения трансформированных на единую картографическую основу изображений. Трансформированные изображения, имеющие область пересечения, объединяются с использованием интерполяции значений пикселей изображений. Интерполяция проводится с использованием весовых коэффициентов, значения которых зависят от степени удаленности пикселей от

краев снимков. В результате такого объединения граница пересечения снимков становится незаметной.

Характеризуя методы кластеризации в целом, следует отметить, что в основном они отыскивают в данных не те структуры, которые там реально существуют, а те, для поиска которых они предназначены [5]. Поэтому надежность результатов кластеризации часто можно оценить лишь сравнением нескольких вариантов обработки. Система кластерного анализа в программных технологиях обработки спутниковых данных представлена двумя алгоритмами – методом K -средних и методом анализа мод многомерной гистограммы, а также гибридным методом, объединяющим метод анализа мод многомерной гистограммы с последующей иерархической группировкой. Как отмечается в обзоре алгоритмов кластеризации [6], метод K -средних является наиболее эффективным для разбиения больших наборов данных на кластеры. Качество разбиения в алгоритме K -средних определяется функцией ошибок, являющейся суммой расстояний векторов измерений до центров кластеров, в которые попадают эти векторы. Алгоритм K -средних является итерационной процедурой, на каждом шаге которой значение функции ошибок уменьшается. Алгоритм работает до тех пор, пока значение функции ошибок не стабилизируется. Известны два варианта алгоритма – метод Мак-Квина и метод Ллойда. Эти варианты отличаются методикой пересчета центров кластеров во время выполнения итераций. Расстояние векторов измерений до центров кластеров определяется выбранной метрикой. Мы используем следующие метрики: евклидово расстояние, сити-блок расстояние, расстояние Чебышева и расстояние Махаланобиса. Выбор метрики определяет форму получаемых кластеров: эквидистантные поверхности являются гиперсферами для евклидова расстояния, гипергексаэдрами для сити-блок расстояния, гиперкубы для расстояния Чебышева и гиперэллипсоиды для расстояния Махаланобиса. Известно также (см., например, [7]), что результаты кластеризации методом K -средних зависят от выбора начальных центров кластеров, а в некоторых случаях даже от порядка, в котором расположены входные данные. В настоящем программном обеспечении реализованы варианты выбора начальных центров кластеров, основанные на дисперсии компонент векторов измерений и случайном распределении векторов измерений по кластерам. Дополнительные возможности системы кластеризации состоят в управлении данными: с помощью файлов-масок можно исключать из набора векторов измерений целые области, не представляющие интереса (например, при анализе прибрежных акваторий таковой является суша), а также исключать влияние на результат кластеризации шумовых составляющих набора данных, ограничивая расстояние векторов измерений до вектора средних. Метод анализа мод многомерной гистограммы, а также гибридный метод, позволяет получать разбиение набора векторов измерений на кластеры произвольной геометрической формы. Эксперт-исследователь, используя различные возможности системы кластеризации, может получить целый спектр решений и выбрать среди них лучшее, анализируя разделимость получаемых кластеров.

Результатом кластеризации является раскрашенное в условные цвета одноканальное изображение (карта классификации), пикселями которого являются номера кластеров. Рис. 1 демонстрирует результат применения кластеризации для анализа мутности воды Азовского моря.

Система контролируемой классификации состоит из семи классификаторов (одного поэлементного классификатора и шести объектных), основанных на использовании байесовской стратегии максимального правдоподобия для нормально распределенных векторов признаков, и двух объектных классификаторов, основанных на минимуме расстояния [5, 8]. Под объектом мы понимаем блок смежных векторов квадратной или крестообразной формы. Поскольку физические размеры реально сканируемых пространственных объектов, как правило, больше разрешения съемочных систем, между векторами данных существуют взаимосвязи.



Тематические карты состояния водной среды Азовского моря, полученные с помощью автоматизированного распознавания многозонального спутникового изображения за 4 августа (а) и 11 августа 2006 г. (б).

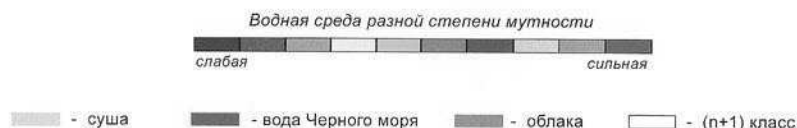


Рис. 1

Использование информации подобного рода дает возможность повысить точность классификации, если пытаться распознавать одновременно группу смежных векторов (объект). Априорные вероятности классов могут быть получены из результатов предварительной кластеризации. Приведенные ниже рисунки иллюстрируют работу системы контролируемой классификации при решении задачи оценки паводковой ситуации в части территории бассейна реки Оби в районе Усть-Чарышской Пристани. Космический снимок этой территории представлен на рис. 2. и получен с ИСЗ «Метеор-3М» 29 мая 2004 года. На рис. 3 представлен результат классификации: выделено пять классов.



Рис. 2

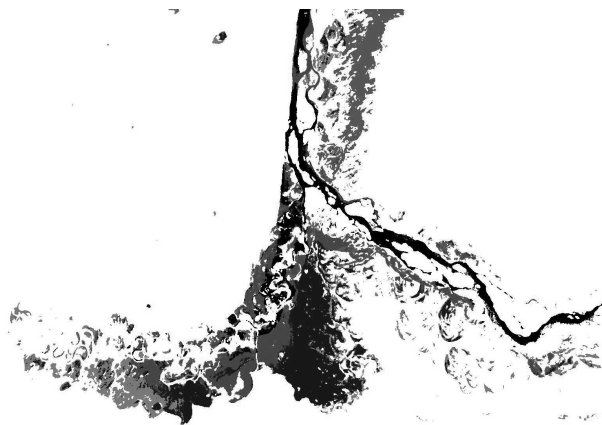


Рис. 3

После выполнения классификации тем или иным способом может возникнуть необходимость в генерализации (объединении) полученных классов. Мы используем для этой цели следующий подход. Одноканальное изображение (карта классификации) с помощью скользящего окна размером 2*2 преобразуется в четырехканальное следующим образом:

$$\begin{pmatrix} p_1 & p_2 \\ p_3 & p_4 \end{pmatrix} \Rightarrow (p_1, p_2, p_3, p_4). \text{ Тип скользящего окна является входным параметром:}$$

– Окно с перекрытием, которое работает следующим образом:

$$\begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \end{pmatrix} \Rightarrow (p_{11}, p_{12}, p_{21}, p_{22}), (p_{12}, p_{13}, p_{22}, p_{23})$$

(размеры четырехканального изображения уменьшаются на 1 по сравнению с исходным);

– Окно без перекрытия, которое работает следующим образом:

$$\begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \end{pmatrix} \Rightarrow (p_{11}, p_{12}, p_{21}, p_{22}), (p_{13}, p_{14}, p_{23}, p_{24})$$

(размеры четырехканального изображения уменьшаются в 2 раза по сравнению с исходным).

Далее вызывается одна из процедур кластеризации полученного четырехканального изображения: либо кластеризация по методу К-средних, либо кластеризация по методу анализа мод многомерной гистограммы.

При анализе ледовой обстановки возникает потребность (например, в связи с добычей полезных ископаемых на морских шельфах) в построении карты сплоченности льда на основе карты классификации. Изображение карты классификации сканируется окном заданного размера. При сканировании могут учитываться маски суши и облаков. В текущем положении окна сканирования определяется значение кода сплоченности льда:

$$kod = \frac{pix_ice}{S} \cdot (K_Levels - 1),$$

где S – площадь окна, pix_ice – количество пикселей с кодом льда, K_Levels – требуемое количество уровней сплоченности. В результате формируется

одноканальное изображение, пикселами которого являются либо коды сплоченности льда в интервале $[0, K_Levels-1]$ (линейная функция), либо коды из заданной таблицы а также код суши K_Levels и код облаков $K_Levels+1$. На рис. 4 приведено изображение карты классификации льда в акватории Каспийского моря, а на рис. 5 – результат построения карты сплоченности льда (размер окна сканирования $7*7$, количество уровней сплоченности льда 12).

В технологии построения векторных полей перемещений водных масс и ледяных полей (полей дрейфа) по разновременным спутниковым изображениям предусмотрено использование одного из двух режимов:

1. Метод построения полей дрейфа по визуально опознаваемым изменениям позиций некоторых объектов-эталонов на разновременных спутниковых изображениях.

2. Метод построения полей дрейфа, основанный на автоматическом выявлении объектов-эталонов на первом изображении с последующим определением смещения этих эталонов на втором изображении с помощью корреляционно-экстремальных методов.

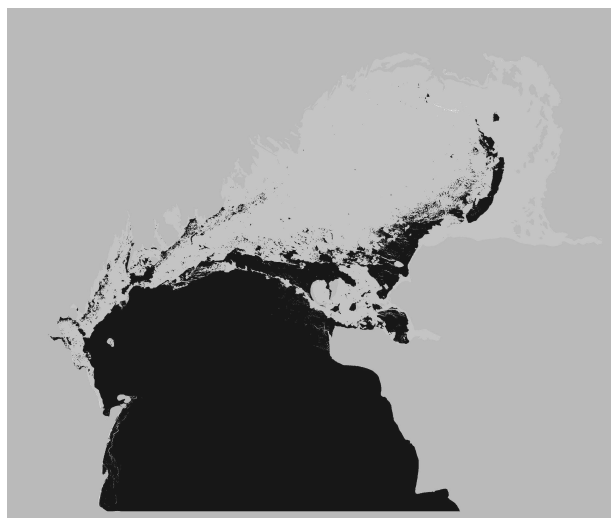


Рис. 4

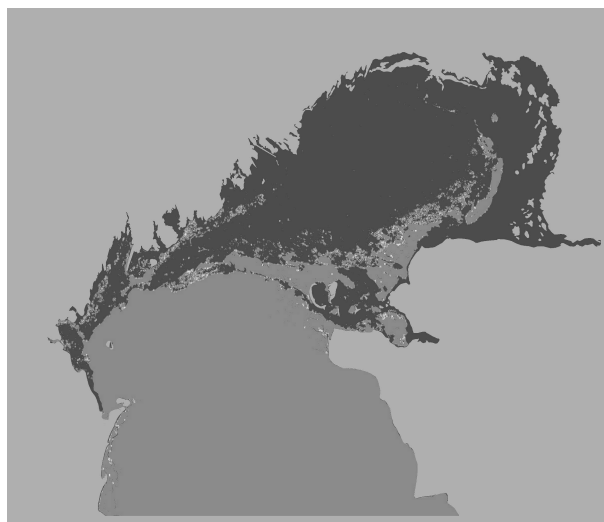


Рис. 5

В обоих случаях векторные поля перемещений строятся как результат смещения узлов некоторой регулярной сетки под действием семейства кусочно-аффинных преобразований, получаемых после построения триангуляции Делоне на множестве исходных позиций объектов-эталонов. Предусмотрено построение функций распределения (гистограмм) векторов дрейфа по направлениям (азимутам) и скоростям перемещения.

Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-07-00131).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.В. Асмус, В.А. Кровотынцев, О.Е. Милехин, И.С. Тренина. Исследование многолетней динамики морского льда в Арктике по спутниковым радиолокационным данным. В сб. Вопросы обработки и интерпретации данных

дистанционного зондирования Земли. Гидрометеиздат, Санкт-Петербург, 2005, стр. 155 – 172.

2. О.Н. Григорьева, Н.В. Елисеев, В.А. Кровотынцев, В.Ф. Усачев. Мониторинг затоплений Волго-Ахтубинской поймы на основе космической информации. Там же, стр. 196 – 206.

3. В.В. Асмус, В.А. Кровотынцев, В.П. Пяткин. Космический мониторинг ледяного покрова Арктики. Труды Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20-24 апреля 2009, Новосибирск, Россия, т.4, ч.1. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология», стр. 101 – 107.

4. Асмус В. В., Бучнев А.А., Пяткин В.П. Программный комплекс для обработки данных дистанционного зондирования Земли // Труды XXXII Международной конференции “Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе IT+SE’2005”, 20-30 мая 2005 г., Украина, Крым, Ялта-Гурзуф, с. 229-232.

5. Асмус В. В., Бучнев А.А., Пяткин В.П. Кластерный анализ и классификация с обучением многоспектральных данных дистанционного зондирования Земли. Журнал Сибирского Федерального Университета, Техника & Технологии, 2009, т. 1, №2.

6. Rui Xu, Donald Wunsch II. Survey of Clustering Algorithms. IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 16, No. 3, 2005, pp. 645-678.

7. Pena J.M., Lozano J.A., Larranaga P. An empirical comparison of four initialization methods for the K-Means algorithm. Pattern Recognit. Lett., vol. 20, pp. 1027-1040, 1999.

8. Асмус В. В., Бучнев А.А., Пяткин В.П. Контролируемая классификация данных дистанционного зондирования Земли. Автометрия, 2008, т. 44, № 4, с. 60-67.

© А.А. Бучнев, В.П. Пяткин, 2010

УДК 621.396.67

А.Е. Попугаев

ИИС им. Фраунгофера, Эрланген, Германия

РАЗРАБОТКА ГНСС АНТЕНН В ИНСТИТУТЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ (ИИС) ИМЕНИ ФРАУНГОФЕРА

Описана новая дешевая в изготовлении активная четырехсистемная ГНСС антенна 3G+C для высокоточных измерений. Оптимальная форма диаграммы направленности обеспечивает максимальное количество видимых спутников и хорошее подавление многолучевости. Антенну отличают также высокий коэффициент усиления (4 дБ) и стабильный фазовый центр.

А.Е. Popugaev

Fraunhofer Institut fuer Integrierte Schaltungen (IIS)

Am Wolfsmantel 33 91058 Erlangen, Germany

DEVELOPMENT OF GNSS ANTENNAS AT THE FRAUNHOFER IIS

A new active low cost four constellation GNSS antenna 3G+C for high-precision applications is described. The optimal shape of the radiation pattern maximizes the number of visible satellites and allows a good multi-path rejection. Antenna exhibits a high antenna gain of 4 dBic and a stable phase center.

ВВЕДЕНИЕ

Модернизация уже существующих (русская GLONASS и американская GPS) и появление новых (европейская GALILEO и китайская COMPASS) Глобальных Навигационных Спутниковых Систем (ГНСС) требует разработки и новых антенн для высокоточных геодезических приложений, способных принимать сигналы всех четырех систем. Соответствующие диапазоны частот показаны на рис. 1.

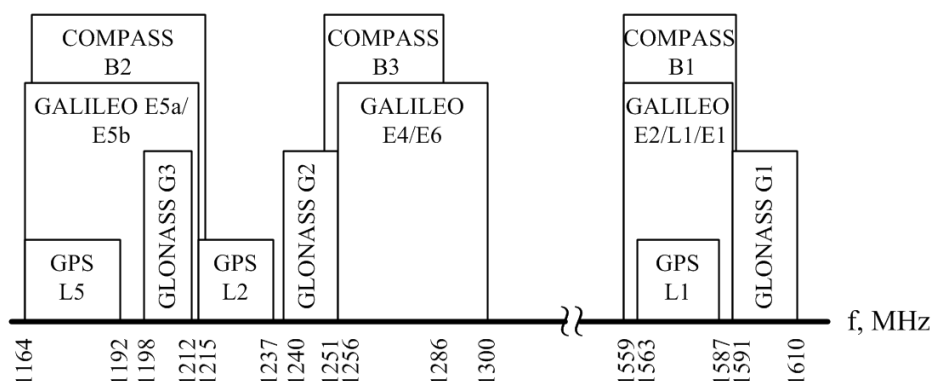


Рис. 1. Частоты сигналов Глобальных Навигационных Спутниковых Систем

По своему прямому назначению всякая приемная антенна преобразует падающие на нее электромагнитные волны в направляемые волны фидерного тракта, которые (после усиления) подводятся ко входу приемника. Для эффективного функционирования ГНСС антенна должна удовлетворять определенным требованиям.

Антенна должна реагировать на падающее электромагнитное поле по определенному закону, т.е. иметь заданную диаграмму направленности (ДН). Для ГНСС требуется способность принимать сигналы с правой круговой поляризацией (RHCP англ. аббр. от Right Hand Circular Polarisation) в определенном секторе углов и с коэффициентом усиления (КУ) не менее 3 децибел (дБ). Под коэффициентом усиления (пассивной, т.е. без усилителя) антенны в данном случае понимается ее направленность. Оптимальным с точки зрения точности определения координат является вариант ДН с шириной лепестка не менее 150° и не более 180° по уровню 10 дБ в верхней полусфере. В этом случае достигается компромисс между количеством видимых спутников и подавлением отраженных сигналов из нижней полусферы. Особенно высок уровень переотражений от металлических поверхностей, что имеет место при установке антенны на крыше машин и механизмов, зданий. В общем случае амплитуда и фаза отраженного сигнала зависят как от угла падения так и от материала отражателя. Соответственно вносятся различные изменения в спектр принимаемого сигнала. Поэтому важно уже на этапе разработки антенны учитывать этот фактор и свести к минимуму уровень лепестка заднего излучения.

В данной статье описана новая ГНСС антенна 3G+C для высокоточных приложений, разработанная в Институте Интегральных Схем им. Фраунгофера (Fraunhofer Institut fuer Integrierte Schaltungen) г. Эрланген, Германия. 3G+C — это четырехсистемная GLONASS/GPS/Galileo плюс Compass антенна, обеспечивающая прием E1, E2, E4, E5, E6, L1, L2, L5, G1, G2, G3, B1, B2, B3 и имеющая встроенный малошумящий усилитель сигнала (МШУ).

ГЕОМЕТРИЯ АНТЕННЫ

Основная проблема при разработке ГНСС антенн для высокоточных приложений заключается в достижении требуемой характеристики направленности. Приведем наглядное пояснение. ДН изотропного излучателя (гипотетической антенны) имеет вид сферы, т.е. такая антенна принимает сигналы со всех направлений одинаково и не имеет направленности. ДН любой реальной антенны отличается от сферы и может быть представлена как результат деформации сферической поверхности определенным образом. При этом объем, заключенный внутри этой поверхности остается постоянным. Очевидно, если сжимать такую оболочку в определенном направлении, то произойдет неизбежное ее расширение в другом. В подавляющем большинстве случаев ДН антенны имеет свойство сужаться с увеличением частоты, что сопровождается увеличением направленности антенны. Так как ГНСС антенна должна работать в достаточно широкой полосе частот (1,16 – 1,61 ГГц), то этот эффект будет особенно хорошо замечен. В итоге, как показано в [1], в случае

простой конфигурации антенны при КУ >3 дБ достигается в данном частотном диапазоне ДН шириной $180^\circ - 130^\circ$ вместо требуемых $180^\circ - 150^\circ$. Если же попытаться подобрать размеры излучателя так, чтобы достичь ширины луча не менее 150° , то получается низкий КУ порядка 1 дБ в нижнем диапазоне, требуемый КУ > 3 дБ.

Было найдено и запатентовано [2] оригинальное решение этой проблемы. Геометрия антенны представлена на рис. 2.

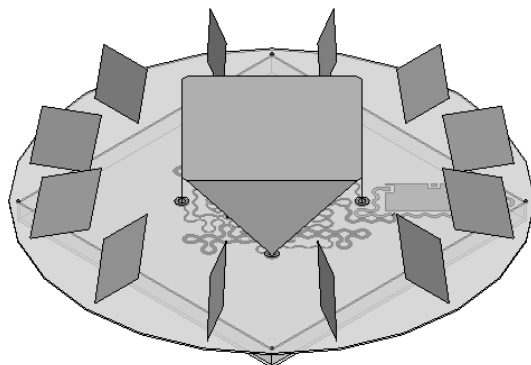


Рис. 2. Трехмерная модель антенны (без активных компонентов): высота от подложки до верхней границы излучателя 25 мм, диаметр 146 мм

Антенна состоит из излучателя, расположенного над круглым экраном на верхней стороне подложки (Rogers 3008, 0,508 мм) и питаемого в четырех точках. Излучатель может быть изготовлен из дешевого материала, например тонкой жести. Отличительной особенностью этой антенны от других ГНСС антенн является наличие равномерно распределенных вокруг излучателя паразитных элементов в виде пластинок, служащих для формирования ДН. Благодаря такому сочетанию излучателя и паразитных элементов удалось достичь ширины ДН $180^\circ - 150^\circ$ и КУ 4 дБ.

Схема питания излучателя для реализации необходимого амплитудно-фазового распределения с целью достижения правой круговой поляризации выполнена в микрополосковом (печатном) исполнении и расположена на нижней части подложки. Структура схемы возбуждения антенны и возможность ее миниатюризации показана на рис. 3.

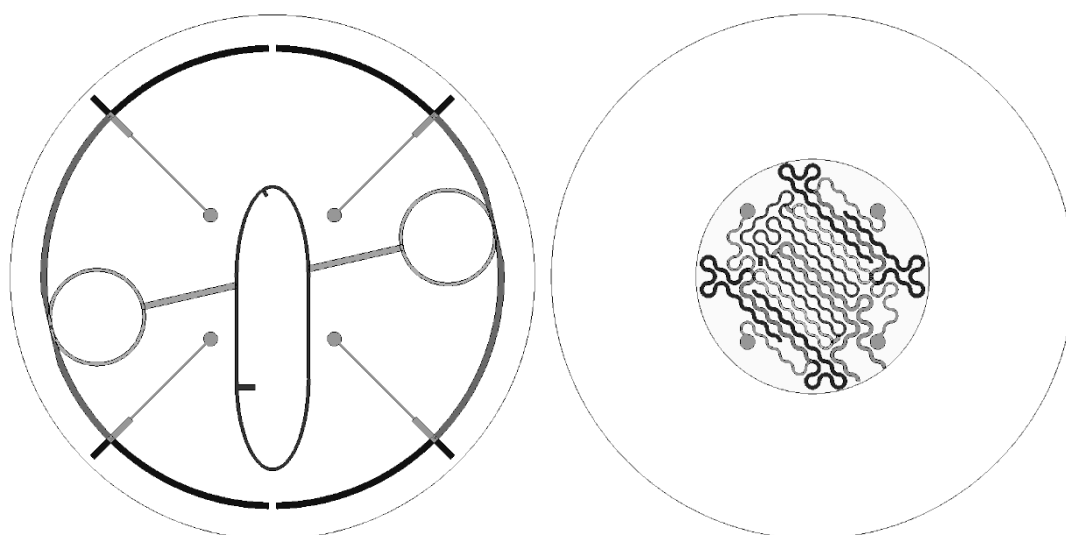


Рис. 3. Миниатюризация схемы питания антенны

Слева приведен вариант схемы питания антенны круговой поляризации, использованный в первой версии антенны (пассивной). Схема включает в себя гибридное кольцо, два резистивных делителя; согласование антенны выполнено с помощью трансформаторов и шлейфов, подробнее см. в [1]. Затем была предпринята попытка миниатюризации печатной схемы с целью интеграции МШУ. Именно на этом этапе разработки ГНСС антенны возникла идея разработать новую универсальную методику миниатюризации сложных микрополосковых схем. Такая методика большей частью уже разработана автором статьи и успешно развивается в ИИС. Подробное описание методики можно найти в [3]. Как видно из рис. 3, предложенная техника миниатюризации позволяет "сжать" печатную схему по занимаемой площади примерно в 5 раз.

Окончательный вариант схемы с интегрированным МШУ показан на рис. 4. Для фильтрации сигналов ГНСС был специально разработан четырехсистемный двухдиапазонный частотный сепаратор (диплексер), представляющий собой два определенным образом включенных керамических фильтра. Для его включения в миниатюризированной схеме питания предусмотрены два входа.

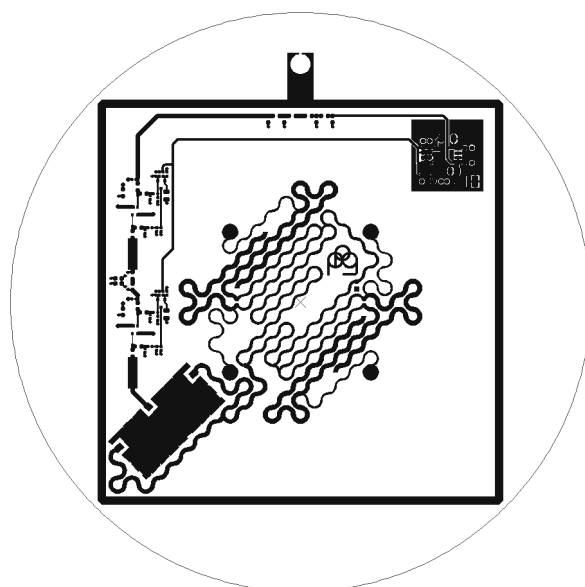
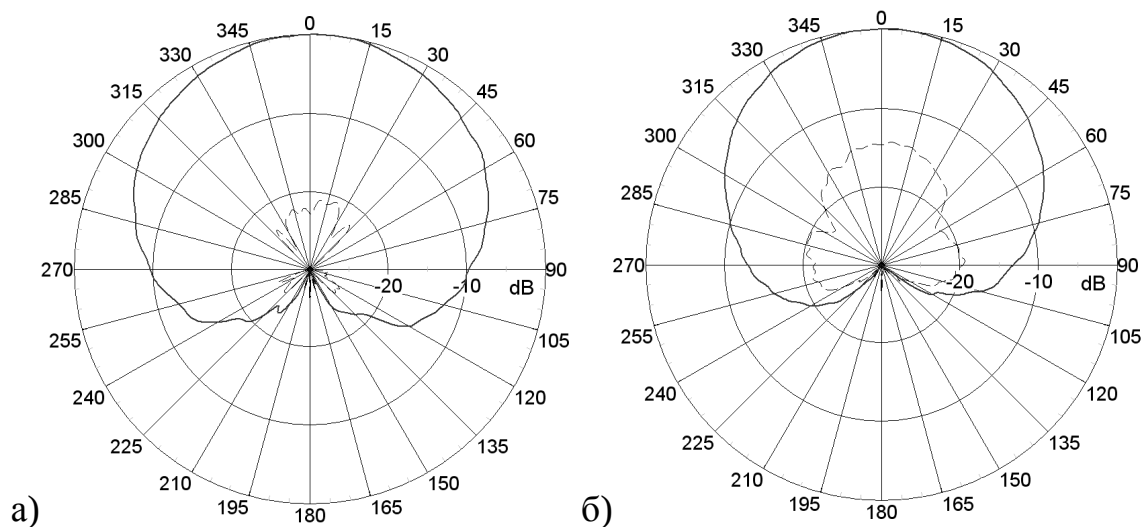


Рис. 4. Интеграция активных компонентов в схему питания антенны

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Характеристики направленности антенны измерялись в безэховой камере ИИС. Результаты измерений на крайних частотах диапазона ГНСС представлены на Рис. 5. Ширина ДН по уровню 10 дБ на 1,16 ГГц составляет 180° (а), уменьшаясь до 150° при 1,61 ГГц (б). При этом КУ остается примерно постоянным и равным 4 дБ. В горизонтальной плоскости ДН практически не зависят от азимута даже при низких углах склонения (в) и (г). Также из Рис. 5 видно хорошее подавление ортогональной левой поляризации (LHCP англ. аббр. от Left Hand Circular Polarisation) больше чем на 15 дБ.



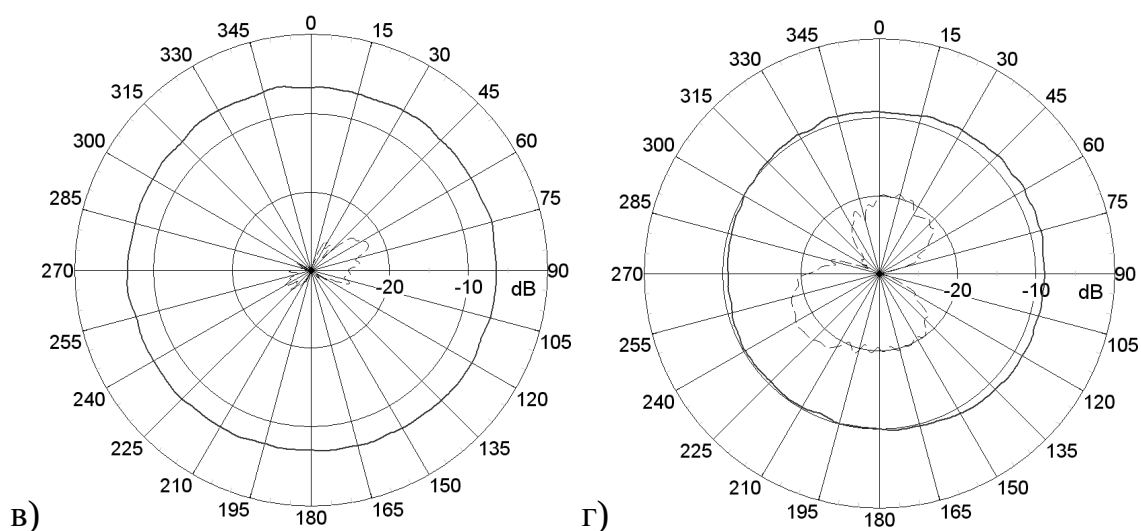


Рис. 5. Измеренные диаграммы направленности (—RHCP, --LHCP), нормировка 4 дБ:

а) в вертикальной плоскости на частоте 1,16 ГГц, б) в вертикальной плоскости на частоте 1,61 ГГц, в) в горизонтальной плоскости на частоте 1,16 ГГц, 15° от уровня горизонта г) в горизонтальной плоскости на частоте 1,61 ГГц, 15° от уровня горизонта

Другой важной характеристикой ГНСС антенны является стабильность положения ее фазового центра, т.е. точки, относительно которой эквиfazные поверхности в дальней зоне представляют собой сферы. Результаты калибровочных измерений представлены на рис. 6. Как видно из графиков, вариация положения фазового центра не превышает 8 мм, что является очень хорошим показателем и обеспечивает высокую точность определения координат (не хуже 2 см). Следует отметить, что эти измерения были проведены для протипа, излучатель и паразитные элементы которого были вырезаны лазером из жести и изогнуты вручную, с ограниченной точностью. На момент написания статьи антенна находилась на заключительном этапе подготовки к серийному производству. В результате механизации процесса изготовления комплектующих антенны возрастет точность ее изготовления и сборки, что позволяет ожидать от серийной антенны еще лучших характеристик относительно стабильности ее фазового центра.

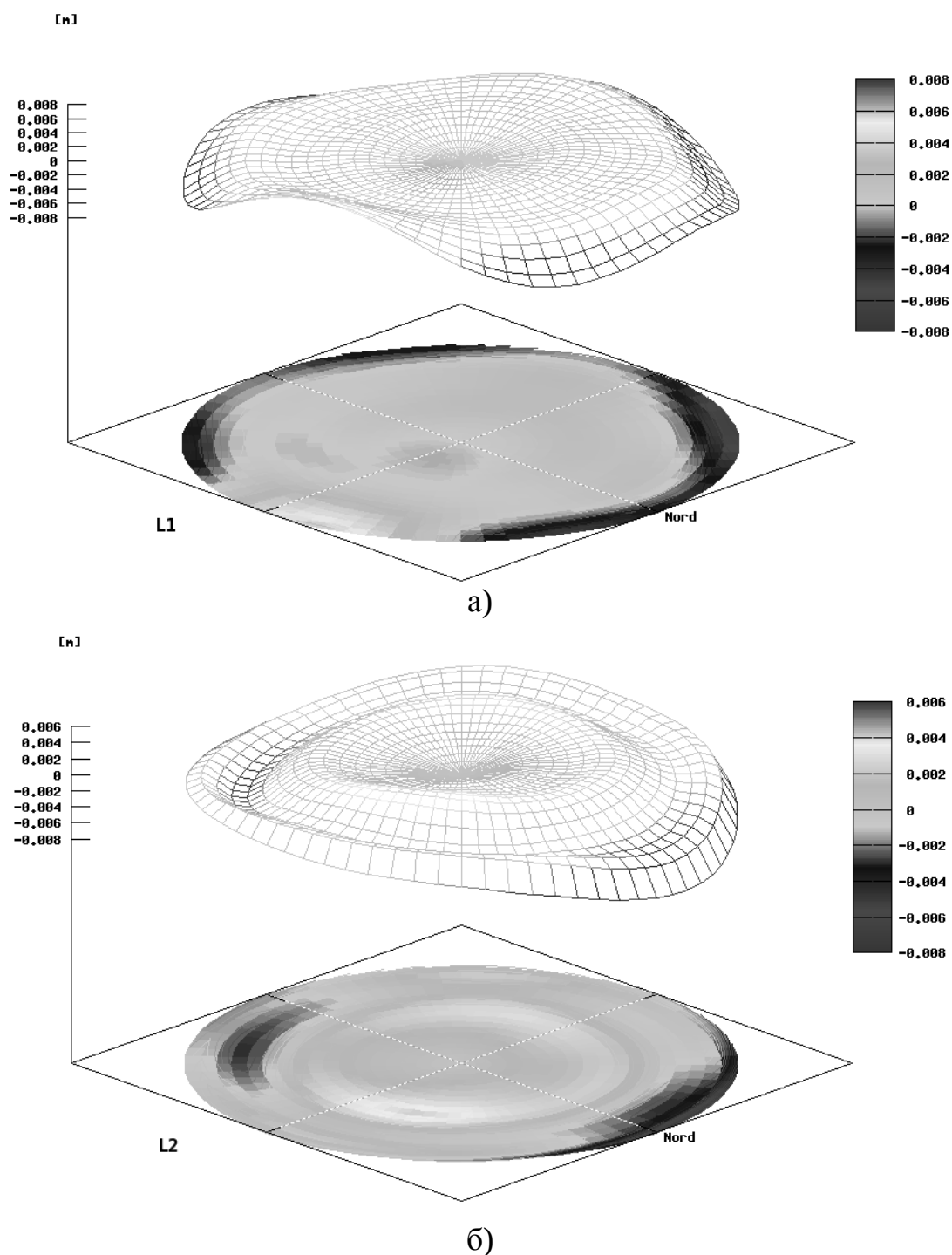


Рис. 6. Положение фазового центра антенны в диапазоне L1 (а) и L2 (б)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье описана новая четырехсистемная активная ГНСС антенна 3G+C. Благодаря запатентованной геометрии излучателя и паразитных элементов достигнута оптимальная ДН, обеспечивающая максимальное количество видимых спутников и подавляющая многолучевость. В отличие от некоторых других коммерческих ГНСС антенн не используются дорогие и тяжелые керамические подложки. Излучающие элементы выполнены из изогнутой жести. Конструкция корпуса антенны обеспечивает хорошую

виброустойчивость и позволяет использовать антенну 3G+C на различных машинах и механизмах.

С помощью разработанной новейшей техники миниатюризации печатных схем удалось разместить пассивные и активные компоненты схемы питания на одном слое и отказаться от использования дорогих многослойных плат.

Таким образом, простота конструкции антенны, а следовательно и ее надежность, в сочетании с превосходными техническими характеристиками и малой стоимостью изготовления делают 3G+C особенно привлекательной для геодезистов во всем мире, в том числе и в России.

Антенна 3G+C, разработанная в Fraunhofer-IIS (Эрланген) и производимая фирмой navXperience GmbH (Берлин) – отличный выбор для тех, кто ценит настоящее немецкое качество по доступной цене.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. A.E. Popugaev, R. Wansch and S. F. Urquijo, "A Novel High Performance GNSS Antenna for High Precision Applications," 2nd European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2007). Proceedings. CD-ROM: 11 - 16 November 2007, EICC, Edinburgh, UK, 11-16 Nov. 2007, 5 pp.
2. (WO/2008/092592) Antenna Apparatus for Transmitting and Receiving Electromagnetic Signals
3. A.E. Popugaev, R. Wansch "A Novel Miniaturization Technique in Microstrip Feed Network Design," 3rd European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2009). Proceedings. CD-ROM: 23 - 27 March 2009, Berlin, Germany. Berlin: VDE-Verlag, 2009, pp. 2309-2313.

© А.Е. Попугаев, 2010

УДК 504

М.А. Креймер

СГГА, Новосибирск

ИНТЕГРАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СУКЦЕССИИ И КАТЕГОРИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И СОХРАНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Предложено совершенствовать экологические аспекты категорий землепользования на основе их интеграции с моделью экологической сукцессии Ю. Одума и санитарно-эпидемиологическим законодательством о безопасности жизнедеятельности.

M.A. Kreymer

SSGA, Novosibirsk

INTEGRATION OF ECOLOGICAL SUCCESSION AND LAND-USE CATEGORIES FOR THE IMPROVEMENT OF NATURAL RESOURCES DEVELOPMENT AND HUMAN ENVIRONMENT PRESERVATION

The author suggests improving ecological aspects of land-use categories by integrating them with Eu. Odum's model of ecological succession and sanitary-hygienic legislation on life safety.

К числу актуальных проблем устойчивого развития относится научно-методическое наполнение содержания экологической составляющей в природопреобразовательных и природопользовательских проектах с учетом понимания экологических закономерностей природных комплексов [1]. В настоящее время используется множество моделей экосистемы. Как пишет Ф.Я. Шипунов [2], биосферу можно представить в виде следующих уровней организованности: а) термодинамический и физический, б) химический, в) биологический и парагенетический, г) энергетический и д) круговорота вещества биосферы. На землях промышленности, как предвидел В.И. Вернадский, человек создает аналогичные уровни организованности на основе миграции атомов 1 и 2 рода и совершенно новые на основе миграции атомов 3 рода.

Развитие экосистемы Ю. Одум предложил называть экологической сукцессией. Модель экологической сукцессии по Ю. Одуму (табл. 1) оценивается по 24 показателям, характеризующим следующие «стандартные» факторы биосферы: энергетика и структура сообщества, её жизненный цикл и круговороты биогенных веществ, давление отбора и всеобщий гомеостаз. Поэтому развитие экосистемы Ю. Одум предлагает определять по следующим

трем параметрам: «1) это упорядоченный процесс развития сообщества, связанный с изменениями во времени видовой структуры и протекающих в сообществе процессов; он определенным образом направлен и, таким образом, предсказуем; 2) сукцессия происходит в результате изменения физической среды под действием сообщества, т. е. сукцессия контролируется сообществом, несмотря на то, что физическая среда определяет характер сукцессии, скорость изменения, а часто и устанавливает пределы, до которых может дойти развитие; 3) кульминацией развития является стабилизированная экосистема, в которой на единицу имеющегося потока энергии приходится максимальная биомасса (или высокое содержание информации) и максимальное количество симбиотических связей между организмами».

Таблица 1. Модель экологической сукцессии.

Тенденции, которых следует ожидать в развитии экосистем [3, с. 325]

Показатели биосферы	Развивающиеся стадии	Зрелые стадии
Энергетика сообщества		
1. Отношение P/R (отношение валовой продукции к дыханию)	$> 1 <$	~ 1
2. Отношение P/B (отношение валовой продукции к урожаю на корню)	Высокое	Низкое
3. Отношение В/Е (биомасса, поддерживаемая единицей потока энергии)	Низкое	Высокое
4. Урожай (чистая продукция сообщества)	Высокий	Низкий
5. Пищевые цепи	Линейные, преимущественно пастбищные	Ветвящиеся (пищевые сети), преимущественно детритные
Структура сообщества		
6. Общее органическое вещество	Мало	Много
7. Неорганические биогенные вещества	Экстрабиотические	Интрабиотические
8. Видовое разнообразие — компонент многообразия	Мало	Велико
9. Видовое разнообразие — компонент выравнивания	Мало	Велико
10. Биохимическое разнообразие	Мало	Велико
11. Ярусность и пространственная гетерогенность (структурное разнообразие)	Слабо организованы	Хорошо организованы
Жизненный цикл		
12. Специализация по нишам	Широкая	Узкая
13. Размеры организма	Небольшие	Крупные
14. Жизненные циклы	Короткие и простые	Длинные и сложные
Круговороты биогенных веществ		
15. Круговороты минеральных веществ	Открытые	Замкнутые
16. Скорость обмена биогенных веществ между организмами и средой	Высокая	Низкая
17. Роль детрита в регенерации биогенных веществ	Незначительная	Значительная

Давление отбора		
18. Характер роста	На быстрый рост («г-отбор»)	На регуляцию обратной связью («К-отбор»)
19. Продукция	Количество	Качество
Всеобщий гомеостаз		
20. Внутренний симбиоз	Не развит	Развит
21. Сохранение биогенных веществ	С потерями	Полное
22. Стабильность (устойчивость к внешним возмущениям)	Низкая	Высокая
23. Энтропия	Высокая	Низкая
24. Информация	Мало	Много

Учитывая масштабы природы и общества можно признать, что действия общества специфичны, а реакция природы должна быть стандартной. Поэтому показатели развивающейся экосистемы имеют полуколичественные критерии, свидетельствующие о тенденции природных процессов. В некоторых случаях зрелое состояние можно считать плохим процессом развития для одних явлений, а для других – хорошим. Сейчас нет научных выводов, позволяющих принять более точные критерии устройства экосистемы, на основании которых бы осуществлялась оценка ущерба окружающей среде, принятого в гражданском кодексе, или вреда, принятого в законе об охране окружающей среды, и построение экологического мониторинга. Этому препятствует, как установил Ю. Одум, упорядоченный процесс развития сообщества и контроль со стороны сообщества.

Через 20 лет после выхода работ по экологии Ю. Одума на конференции ООН (Рио-де-Жанейро, 3 – 14 июня 1992 г.) была утверждена Декларация по окружающей среде и развитию, включающая 27 рекомендательных принципов, целью которых является установление нового, справедливого глобального партнерства, обеспечивающего уважение интересов всех и защиту целостности глобальной системы окружающей среды и развития, признание комплексного и взаимозависимого характера Земли. Для реализации принципов Конференцией ООН также была принята «Повестка дня на XXI век». В документе из 40 глав при решении экологических проблем дан приоритет социально-экономическим механизмам в виде разработки национальных стратегий, планов и формирования политики устойчивого развития.

Для реализации международных экологических принципов с учетом сложившейся модели природопользования в Российской Федерации предлагается следующая интеграция категорий землепользования с классификацией экосистем по Одуму на основании их функциональных характеристик (табл. 1). С функциональной точки зрения О. Одум [3, с. 17] предлагает экосистемы анализировать в следующих направлениях: 1) потоки энергии; 2) пищевые цепи; 3) структура пространственно-временного разнообразия; 4) круговороты питательных элементов (биогеохимические круговороты); 5) развитие и эволюция и 6) управление (кибернетика).

Интеграция функциональной характеристики экосистемы со складывающимися категориями землепользования позволяет выйти на природный территориальный (акваториальный) комплекс, рассматривать как ландшафт –

«участок территории или акватории, условно выделяемый вертикальными границами по принципу относительной однородности и горизонтальными — по принципу исчезновения влияния того фактора, на основании которого данный комплекс выделен» [4].

В табл. 2 предложена схема развития регулируемых отношений на основе объединения природного территориального комплекса, (в части измеряемой ландшафтной сферы), с экосистемой, используемой в виде семи категорий землепользования. Функциональные характеристики должны быть систематизированы в закономерности таким образом, чтобы они могли быть доведены до законов в соответствующей системе кодексов. Функциональные характеристики экосистемы, представленные в виде юридических статей, устанавливают баланс между интересами человека в лице активного бизнеса и государства и «безответной» окружающей средой.

Таблица 2. Развитие регулируемых отношений с учетом принципов, на основе которых построено управление категорией землепользования

Функциональная характеристика экосистемы (по Одуму)	Земли					
	особо охраняемых территорий и объектов	лесного фонда	водного фонда	населенных пунктов	сельскохозяйственного назначения	промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения
	поток энергии			Максимальный	Пропорционально численности населения	Возрастающий
	пищевые цепи			Замкнутые	Не замкнутые	
	структура пространственно – временного разнообразия	Классическая экология	Интенсификация перераспределения водорастворимых химических соединений	Снижение экологических факторов до уровня санитарно – гигиенических нормативов.	Интенсификация естественного плодородия за счет монокультур	Реализация технологии планетарного, клеточного и атомного масштаба
	круговороты питательных элементов	По В.И. Вернадскому: на основе газовых, концентрационных, окислительно-восстановительных и биохимических функций	Сбор и удаление отходов жизнедеятельности биосферы	Биогеохимическая функция человека. Миграция атомов 2 рода	Увеличение миграции атомов 1 рода	Создание техногенных ресурсных циклов и миграции атомов 3 рода

развитие и эволюция	геологическое			историческое	
управление (кибернетика)	Сохранение генетического фонда биосферы	Среда реализации моделей биосферы	Сохранение круговорота воды в природе	Гигиенические и культурологические критерии	Технико-экономические критерии
Реализация основных экологических интересов территории с учетом категорий землепользования и функций экосистемы					
Классификация экосистемы	Преимущественно биосфера			Преимущественно техносфера	
Упорядоченность процесса развития	Связана с изменениями во времени видовой структуры и протекающих в сообществе процессов.			Связана с изменениями этнических процессов	Связана с изменениями в технологии и видах перевода энергии из одних форм в другие (атом, химия, механика)
Контроль сукцессии	Сукцессия контролируется сообществом в рамках свойств физической среды			политическими интересами, не ограниченными физическими свойствами среды	Валовой внутренний продукт
Критерии стабилизации	По Одуму: максимальное количество биомассы на единицу энергии и максимальное количество симбиотических связей между организмами.			Качество жизни	Производительность труда
Кодексы	Природный			Градостроительно-гигиенический	Ресурсный
Исходные интегрируемые документы	Об особо охраняемых природных территориях. от 14.03.1995 г. №33-ФЗ. Лесной кодекс Российской Федерации. от 4.12.2006 г. № 200-ФЗ Водный кодекс Российской Федерации Федеральный закон от 3.06.2006 г. № 74-ФЗ. О животном мире Федеральный закон Российской Федерации от 24 апреля 1995 г. №52-ФЗ Об особо охраняемых природных территориях. Федеральный закон от 14.03.1995 г. №33-ФЗ			Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. от 30.03.1999 г. №52-ФЗ	О недрах. Закон Российской Федерации от 21.02.1992 г. №2395-1 О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994 г. №68-ФЗ О промышленной безопасности опасных производственных объектов. от 21. 07.1997 г. № 116-ФЗ

Повестка дня на XXI век	10. Комплексный подход к планированию и рациональному использованию земельных ресурсов 11. Борьба с обезлесением 12. Рациональное использование уязвимых экосистем: борьба с опустыниванием и засухой 13. Рациональное использование уязвимых экосистем: устойчивое развитие горных районов 15. Сохранение биологического разнообразия 17. Защита океанов и всех видов морей, включая замкнутые и полузамкнутые моря, и прибрежных районов и охрана, рациональное использование и освоение их живых ресурсов	3. Борьба с нищетой 4. Изменение структур потребления 5. Динамика населения и устойчивое развитие 6. Охрана и укрепление здоровья человека 7. Содействие устойчивому развитию населенных пунктов 8. Учет вопросов окружающей среды и развития в процессе принятия решений	9. Защита атмосферы 14. Содействие устойчивому ведению сельского хозяйства и развитию сельских районов 16. Экологически безопасное использование биотехнологии 18. Сохранение качества ресурсов пресной воды и снабжение ею: применение комплексных подходов к освоению водных ресурсов, ведению водного хозяйства и водопользованию 19. Экологически безопасное управление использованием токсичных химических веществ, включая предотвращение незаконного международного оборота токсичных и опасных продуктов 20. Экологически безопасное удаление опасных отходов, включая предотвращение незаконного международного оборота токсичных и опасных отходов 21. Экологически безопасное удаление твердых отходов и вопросы, связанные с очисткой сточных вод 22. Безопасное и экологически обоснованное удаление радиоактивных отходов 34. Передача экологически чистой технологии, сотрудничество и создание потенциала
--------------------------------	--	---	--

Для реализации устойчивого развития территории с учетом категорий землепользования и функций экосистемы предлагается три синтетических кодекса.

Природный кодекс применяется для категорий землепользования, выполняющих преимущественно функции биосферы. Такое упрощение обусловлено тем, что биосфера является испытываемой частью природно-территориального комплекса, как источник ресурсов, так и объект охраны в интересах будущих поколений. Третий биогеохимический принцип В.И. Вернадского сообщает, что количество живого вещества, как набор химических элементов на планете, с определенного времени является постоянным и не важно, из каких биологических объектов он будет складываться.

Градостроительно-гигиенический кодекс применяется для категории землепользования в интересах не только бизнеса, но и различных слоев населения, проживающих в населенном пункте. Все граждане населенного пункта имеют равные права на благоприятную среду обитания. Однако наличие источников негативного влияния на здоровье и санитарно-гигиеническая неоднородность территории приводят к социально-гигиенической дифференциации общества. Сиюминутная прибыль бизнеса сопровождается негативными отдаленными последствиями для индивида, различных социальных групп и общества в целом.

Ресурсный кодекс применяется для категорий землепользования, интенсифицирующих природные процессы. Потребность в ресурсном кодексе определяется проблемами устойчивого развития для настоящих и будущих поколений. Биосфера является буфером, где отходы техносферы, включаясь в биогеохимические циклы, переводятся из активных форм в среде жизнедеятельности человека в инертное состояние. Поэтому количество «биосферы» должно быть равно возрастающим ресурсным циклам, особенно создаваемым миграцией атомов 3 рода.

Приведенные три проекта кодексов вместе с гражданским должны образовывать экологическое законодательство Российской Федерации. Только в такой совокупности действия основных кодексов, как законодательных актов, содержащих систематизированные нормы с учетом интересов всех слоев населения и поколений, возможны природопреобразовательные и природопользовательские проекты, без последующих кризисных явлений и революционных преобразований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алимов А.Ф. Об экологии всерьез // Вестник Российской Академии наук, 2002, – т. 72, – № 72. – С 1075 – 1080. (С. 1077).
2. Шипунов Ф.Я. Организованность биосферы. М.: Наука, 1980. – 291 с.
3. Одум Ю. Основы экологии. Пер. с 3-го англ. изд. под ред. и предисл. Н.П. Наумова. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
4. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте (Основы теории и логико-математические методы) – М.: Мысль, 1975. – 287. (С. 12).

© М.А. Креймер, 2010

УДК 528.4Т

И.Т. Антипов

СГГА, Новосибирск

РАЗВИТИЕ ФОТОГРАММЕТРИИ В РОССИИ

Ivan T. Antipov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10, Plakhotnogo Ul., 630108, Novosibirsk, Russian Federation,

e-mail: antipov@online.nsk.su

THE DEVELOPMENT OF PHOTOGRAMMETRY IN RUSSIA

В России интерес к фотограмметрии проявился в конце XIX века. В этом направлении работали многие энтузиасты – ученые, инженеры, изобретатели. С первых шагов развитие фотограмметрии пошло как путем заимствования иностранного опыта, так и за счет разработки собственных оригинальных решений и оборудования.

В 1885г. в России была создана Воздухоплавательная команда, командиром которой назначен военный инженер А.М. Кованько. В мае 1886г. он выполнил в первое в России фотографирование с воздушного шара во время полета над Санкт-Петербургом. Для съемки с шара использовалась специальная камера, сконструированная В.И. Срезневским. С 1887 г. фотографирование осуществлялось на фотопленку.

Первая фототеодолитная съемка была сделана Н.О. Виллером на Кавказе в 1891 году.

Крупным пропагандистом фотограмметрии являлся Р.Ю. Тиле, который получил образование в Дрездене, а впоследствии работал в Министерстве путей сообщения России. В 1896г. Р.Ю. Тиле посетил ряд стран Европы и США, где изучил опыт практического применения фотограмметрических методов. Под руководством и при непосредственном участии Р.Ю. Тиле в 1897г. была выполнена фототопографическая съемка для проектирования линии, связывающей железные дороги Забайкалья и Маньчжурии. Составленный план с нанесенной на него запроектированной железнодорожной линией экспонировался на Парижской Всемирной выставке.

В последующие годы Р.Ю. Тиле осуществил ряд других съемок для изыскания железных дорог и строительства крупных сооружений, используя при этом как фототеодолит, так и съемку с воздушного шара. В 1899г. Р.Ю. Тиле сконструировал специальный фотоаппарат – «панорамограф», в котором вокруг центральной камеры с отвесной оптической осью размещалось еще шесть камер с отклоненными оптическими осями, что позволяло получить полное панорамное изображение местности. Панорамограф был снабжен специальным устройством, позволявшим затворам камеры одновременно срабатывать только

при горизонтальном положении прикладной рамки центральной камеры. В 1902г. путем перемещения аэростата с установленным на нем панорамографом была выполнена первая в России маршрутная фотосъемка.

В 1908-1909гг опубликована трехтомная монография Р.Ю. Тиле «Фототопография в современном развитии». В ней были проанализированы наземная фотограмметрия, стереофотограмметрия и воздушная съемка, описаны все известные в то время приборы, методы обработки фотоснимков, области применения фотограмметрии.

Велика роль и других специалистов, много сделавших в начале XIX века для становления фотограмметрии в России. Так В.Ф. Найденов выполнил первые работы по построению планов по воздушным снимкам. Он сконструировал фототрансформатор для преобразования наклонных снимков в горизонтальные. В 1908г. издана его книга «Измерительная фотография и ее применение в воздухоплавании».

Как и во всем мире, мощный толчок развитию фотограмметрии в России принесло становление авиации. Много внимания аэрофотосъемке и фотограмметрии стали уделять военные ведомства. В русской армии была создана аэрофоторазведовательная служба. В 1913г. военным инженером В.Ф. Потте был изобретен пленочный аэрофотоаппарат для маршрутной и площадной съемки с самолета. В период первой мировой войны все крупные военные операции на фронтах сопровождались проведением аэрофотосъемки. Аэрофотоснимки рассматривались и как средство для разведки, и как исходные данные для исправления топографических карт и создания новых планов для военных целей.

В 1917г. в России произошли две революции, за которыми последовала гражданская война. В результате в стране была свергнута монархия, на смену которой пришел новый общественно-политический строй. В границах прежней страны образовался Союз Советских Социалистических Республик (СССР), ядром которого стала Россия. Одним из первых декретов новой власти было учреждено Высшее геодезическое управление, на которое были возложены функции государственной геодезической и картографической службы. В задачи этой службы входили и регулярные топографические съемки территории страны. В последующие годы государственная геодезическая и картографическая служба неоднократно реформировалась, с 1992г. она именуется Роскартография.

Период развития фотограмметрии в СССР, охватывающий 1917-1991гг, можно условно называть советским. Хотя СССР объединял несколько республик, основные процессы, определявшие лицо советской фотограмметрии, связаны с Россией. В 1991г. СССР распался на 15 независимых государств, в которых вновь изменились социальные и экономические законы. На своей территории Россия приняла на себя все наследие СССР, в том числе и в области фотограмметрии. Поэтому есть все основания рассматривать историю фотограмметрии в России, как одно целое с советским периодом.

Уже с осени 1918г. началось проведение аэрофотосъемки для картографических целей. Примерно в то же время в военно-воздушных войсках была организована Аэрофотограмметрическая школа с отделениями аэрофотосъемки, фотолабораторной обработки и фотограмметрии. Вскоре фотограмметрию стали преподавать и в других учебных заведениях: с 1920г. – в Московский межевой институте, с 1921г. – в Военно-инженерной академии (впоследствии Военно-инженерный университет), с 1923г. – в Военно-топографическом училище (впоследствии Санкт-Петербургский филиал ВИУ). В 1925г. в Московском межевой институте была организована кафедра фотограмметрического профиля, руководство которой возложено на Н.М. Алексапольского. Впоследствии эта кафедра разделилась на две – кафедру фотограмметрии и кафедру аэрофотосъемки. К преподаванию были привлечены В.С. Цвет-Колядинский и П.П. Соколов. Здесь начали свою педагогическую деятельность А.С. Скиридов и Ф.В. Дробышев. Забегая вперед, отметим, что в 1930г. Московский межевой институт разделился на два самостоятельных высших учебных заведения – Московский геодезический институт (МИИГАиК) и Московский институт землеустройства (ныне Государственный университет по землеустройству). В составе последнего имелась кафедра аэрофотогеодезии. В 1932г. кафедра фотограмметрии была организована также в Военно-инженерной академии. Первым заведующим этой кафедры стал Н.М. Алексапольский.

С 1920г. началось создание аэрогеодезических предприятий, за каждым из которых была закреплена определенная территория. Предприятиям вменено в обязанность производство всех топографо-геодезических работ на закрепленной территории. В состав каждого предприятия вошли фотограмметрические цеха. Постепенно сеть аэрогеодезических предприятий расширилась до трех десятков. В своей деятельности предприятия руководствовались едиными общегосударственными нормативами и планами.

В 1923г. было создано добровольное общество Добролет, а в его системе – государственное бюро аэросъемки во главе с М.Д. Бонч-Бруевичем, летносъёмочный отдел в котором возглавил В.С. Цвет-Колядинский. Кроме того, был создан отдел аэросъемки при Укрвоздухпуть. Позднее оба это подразделения слились в единое государственное предприятие Госаэросъемка, которое вошло в систему Высшего геодезического управления.

В 1923–1924 гг. советское правительство отпустило значительные средства на изготовление отечественных приборов, а также на приобретение за границей новейшего оборудования для летносъёмочных и фотограмметрических работ. Но огромная площадь страны не позволяла ориентироваться только на дорогостоящие, сложные и высокоточные стереофотограмметрические приборы типа стереопланиграфа. Было ясно, что для быстрого топографического картографирования необходимы более простые и более производительные фотограмметрические методы.

Прежде всего, внимание ученых и производителей привлёк комбинированный метод съёмки. При этом для получения контурной нагрузки топографической карты изготавливался фотоплан, который затем

дешифрировался в поле, а рельеф местности отображался путем мензульной съемки. Опорные точки, необходимые для трансформирования снимков и монтажа фотоплана, в первое время определялись из полевых геодезических измерений, а с 1929 г. для этого стали использовать графическую фототриангуляцию. Для трансформирования фотоснимков применялись фототрансформатор Русиля (Франция) и немецкий фототриасформатор Люфтбильд, усовершенствованный Н.М. Алексапольским и П.П. Соколовым. Кроме того, использовались трансформаторы МГИ (Московского геодезического института) и профессора П.П. Соколова. Для приведения к нужному масштабу сетей фототриангуляции и увязки их был налажен выпуск редукторов Н.А. Попова.

Большая заслуга в разработке и внедрении комбинированного метода принадлежит профессору Н.М. Алексапольскому. Помимо последнего, пионерами применения графической фототриангуляции в стране стали Ф.В. Дробышев и М.Д. Коншин, опиравшиеся на теоретические исследования С. Финстервальдера (Германия) и Г.П. Жукова.

Предпринимались попытки заменить графическую фототриангуляцию более совершенным вариантом. В 1929г. В.Ф. Дейнеко разработал аналитический вариант фототриангуляции. Завод «Аэрогеоприбор» выпустил несколько экземпляров надир-триангулятора Ф.В. Дробышева. Этот прибор позволял выполнять такие же операции, как и радиал-триангулятор фирмы «Карл Цейсс». Но все же графическая фототриангуляция долгое время оставалась основным методом планового сгущения. Лишь много лет спустя начали использовать фотополигонометрию, хотя принцип ее был предложен Ф.В. Дробышевым еще в 1930г.

Наряду с топографическим картографированием, в конце 20-х годов прошлого века аэрофотосъемку и фотограмметрию стали применять и для решения задач, связанных с исследованием и использованием природных ресурсов. В 1925г. под руководством П.М. Орлова и В.М. Платона была выполнена опытная аэросъемка леса в Тверской губернии. Сравнение фотосхем с планшетами традиционной к тому времени наземной съемки показало, что фотоснимки дают более детальную информацию о состоянии леса. В том же году была создана организация, взявшая на себя заботы об аэрофотосъемке для нужд землеустройства. В 1926-1927гг. под руководством В.Ф. Дейнеко и Н.Н. Веселовского были выполнены первые опытно-производственные работы по аэросъемке городов. Была также проведена съемка участка реки Волга с целью изучения фарватера реки и перекаатов на ней. На большой площади проведена аэросъемка для изыскания трассы Туркестано-Сибирской железной дороги. Полученный опыт и разработанные методики перечисленных работ легли в основу последующих аналогичных съемок.

Понятно, что комбинированный метод топографической съемки, опиравшийся на мензулу, был неприемлем для съемки горных районов. Поэтому в 1929-1937гг на большой район Памира карты масштаба 1:100000 были созданы с помощью наземной стереофотограмметрической съемки. Но комбинированный метод не мог обеспечить оперативное отображение рельефа и

на обширнейших равнинных территориях страны. В 1928г. в Москве был создан Государственный институт геодезии и картографии (ныне ЦНИИГАиК), а в следующем году – Научно-исследовательский институт аэрофотосъемки в Ленинграде (ныне Санкт-Петербург). Впоследствии эти два института были объединены. Специалисты этих институтов вместе с учеными из Научно-исследовательского института Военно-топографической службы занялись поиском эффективных способов съемки рельефа по аэрофотоснимкам. Работы в этом направлении проводились и в высших учебных заведениях.

Хотя весьма ограниченно, но нашел применение универсальный способ, предусматривающий обработку снимков на аналоговых стереофотограмметрических приборах. Но на долю его приходились лишь единичные проценты всей площади аэрофототопографических съемок. Теоретические исследования по этому направлению, обобщающие и обогащающие зарубежный опыт, выполнены профессором А.С. Скиридовым. Им предложен метод продолжений, позволявший обрабатывать последовательные стереопары маршрута. По его инициативе установлена светящаяся цветная измерительная марка на приборе, получившем название «стереоуниверсал», который выпускался в небольшом количестве в 1931-1935гг.

Однако Государственная геодезическая и картографическая служба страны не располагала в то время приборостроительными предприятиями, способными наладить широкий выпуск сложных фотограмметрических приборов. Единичные же образцы универсальных фотограмметрических приборов, закупленные за рубежом, не могли решить задачу картографирования страны. Поэтому усилия специалистов были направлены на создание более простых способов съемки рельефа местности.

Применительно к топографическим съемкам в масштабах 1:50000 и 1:100000 с сечением рельефа 10 метров и более начало одному из упрощенных способов положил Г.Ф. Гапченко, предложивший выполнять рисовку с помощью стереоскопа. Предварительно на стереомодели необходимо было определить высоты большого числа пикетных точек, размещая их на характерных точках рельефа. Для определения высот пикетов требовалось выполнить фотограмметрическое сгущение в пределах стереопары.

Для всего масштабного ряда задачу рисовки рельефа по паре снимков решил Ф.В. Дробышев, предложивший сравнительно простой прибор – топографический стереометр. Начало выпуска топографических стереометров на заводе «Аэрогеоприбор» относится к 1933г. Этот прибор представлял собой измерительный стереоскоп с каретками снимков и визирными марками в виде нитей. В каретки укладывались контактные отпечатки. Прибор имел коррекционные механизмы, которые контролировали взаимное перемещение кареток и измерительных нитей. При надлежащей установке коррекционных механизмов отсчет по винту продольных параллаксов оставался постоянным для всех точек стереомодели, имеющих одинаковую высоту. Исходными данными для ориентирования снимков на топографическом стереометре служили точки с известными высотами, размещенными по стандартной схеме. Затем для каждой горизонтали подсчитывался нужный отсчет по

параллактическому винту и точки горизонтали отмечались на правом снимке карандашом в местах, где пространственная измерительная нить пересекала поверхность стереомодели.

Первоначально топографический стереометр предназначался для рисовки рельефа при сравнительно небольших разностях продольных параллаксов, не превосходящих нескольких миллиметров. Но позже по рекомендации М.Д. Коншина в прибор были введены дополнительные коррекционные механизмы, что раздвинуло границы области применения прибора вплоть до обработки снимков горных районов.

Для переноса горизонталей на плановую основу снимок с горизонталями фотографировался с уменьшением и полученный негатив затем трансформировался с помощью специального проектора. В необходимых случаях трансформирование осуществлялось по зонам.

Для определения высот точек, необходимых для правильного ориентирования снимков стереопары на топографическом стереометре, было высказано несколько предложений.

И в настоящее время сохраняет теоретический интерес «способ прямой линии», разработанный Г.В. Романовским. Способ позволял определять высоты точек по фотоснимкам с помощью измерительного стереоскопа. Для реализации этого способа Ф.В. Дробышев предложил параллактические синусные линейки. Идея способа базировалась на положении, по которому искажения координат и параллаксов для близко расположенных точек снимков почти одинаковы. Поэтому разности координат и параллаксов таких точек можно, до некоторой степени, считать правильными. Выбирая определяемую точку рядом с прямой линией, соединяющей две исходные опорные точки, можно получить высоту определяемой точки, измерив разность параллаксов между этой точкой и ближайшему к ней пункту прямой линии, а также интерполируя на ближайший пункт высоты исходных опорных точек.

Г.В. Романовский и М.Д. Коншин разработали для фотограмметрического сгущения «способ неискаженной модели». Этот способ основывался на положении, по которому в системе координат стереопары существует зависимость между поперечными параллаксами и искажениями продольных параллаксов их. Измерив поперечные параллаксы ряда точек стереопары, можно с их помощью ввести поправки в продольные параллаксы, а следовательно – получить неискаженные высоты точек. Для реализации этого способа потребовались стереокомпараторы и было налажено производство их, причем в конструкции прибора нашли отражение предложения Г.В. Романовского. Использовался также «прецизионный стереометр» Ф.В. Дробышева. Этот прибор, по сути дела, представлял собой стереокомпаратор, снабженный коррекционными механизмами.

Методы прямой линии и неискаженной модели не получили большого распространения. Предпочтение было отдано варианту, разработанному в ЦНИИГАиК. Процесс сгущения по высоте распадался на множество операций.

Прежде всего, определялись элементы взаимного ориентирования снимков по результатам измерений стереопар на стереокомпараторе. Аналитическое

решение задачи взаимного ориентирования было сформулировано А.С. Скиридовым еще в 1928г. Впоследствии Г.П. Жуков дал простые формулы для решения этой задачи, пригодные для вычислений посредством таких средств, как арифмометр или логарифмическая линейка.

Через элементы взаимного ориентирования подсчитывались угловые элементы внешнего ориентирования снимков в условной системе координат маршрута. Затем в абсциссы точек снимков вводились поправки за углы наклона снимков, для чего использовались специальные палетки, построенные для типовых фокусных расстояний и каких-то заранее обусловленных значений углов. Величины поправок, снятые с таких палеток, наложенных на снимок, уточнялись за отличие фактического угла наклона снимка от заранее обусловленного значения. В итоге таких действий исправлялись продольные параллаксы и подсчитывались высоты точек. Далее стереопары объединялись в свободную высотную сеть, которая внешне ориентировалась с одновременным устранением деформации. Положение точек в плане, необходимое для внешнего ориентирования высотной сети, давала графическая фототриангуляция.

Отработанные ранее приемы получения контурной нагрузки карты, один из вариантов сгущения по высоте, рисовка рельеф на топографическом стереометре с последующим переносом горизонталей на план стали основой для формирования дифференцированного способа аэрофототопографической съемки. Теоретическое обоснование этого способа принадлежит М.Д. Коншину и Г.В. Романовскому. Способ широко применялся более двух десятков лет, благодаря чему за это время удалось успешно завершить грандиозную задачу создания топографической карты масштаба 1:100000 на всю территорию СССР. Одновременно проводились съемки обширных районов и в более крупных масштабах.

Успешному картографированию содействовал и выпуск более совершенного оборудования для воздушного фотографирования и в первую очередь – аэрофотоаппаратов с широким углом зрения. Расчетам объективов для них содействовали исследования выдающегося ученого-оптика М.М. Русинова. Опираясь на открытое им в 1938г. явление абберационного виньетирования, он нашел конструктивную схему широкоугольных объективов, обладавших малой дисторсией и улучшенным, по сравнению с прежними объективами, распределением освещенности по всему полю кадра.

Применявшиеся в то время аэрофотоаппараты фирмы «Карл Цейсс» не могли быть использованы для установки новых объективов. Поэтому в ЦНИИГАиК под руководством С.П. Шокина и Г.Г. Гордона выполнена модернизация их. В результате были созданы новые широкоугольные аэрофотоаппараты АФА ТЭ с форматом кадра 180x180мм и фокусными расстояниями 100мм и 70мм, а в последующем – даже 55мм и 36мм. Выпускались также аэрофотоаппараты и с другими фокусными расстояниями (140, 200, 350 и 500мм).

Идеи, сформулированные М.М. Русиновым, были восприняты и в других странах. В 1972г. Академия наук Франции присудила ему премию Э. Лосседа.

Для АФА ТЭ с фокусными расстояниями 70, 100 и 200 мм была разработана стабилизирующая установка Н-55 с гироскопами. Она позволяла выдерживать углы наклона около 15' при предельном их значении не более 1°.

Много внимания уделялось методам и приборам для определения элементов внешнего ориентирования аэрофотоснимков. К.П. Бычковский и Ю.С. Доброхотов разработали несколько моделей статоскопов. И.Л. Гиль создал радиовысотомер РВ-10, а А.И. Грузинов – радиогеодезическую систему.

Перечисленные и другие работы по совершенствованию аэросъемочного оборудования, проводившиеся под руководством Г.В. Романовского, а также применение новых самолетов и переход на инструментальное самолетовождение позволили заметно повысить качество аэрофотоснимков, а также рационализировать отдельные процессы сгущения опорной сети в плане и по высоте. Все это снижало необходимый объем полевых геодезических работ.

Важным событием этого периода являлась разработка В.И. Семеновым конструктивной схемы щелевого аэрофотоаппарата (1936г.). М.М. Русинов создал для него широкоугольный объектив с полем зрения 126°. В этом аппарате фотографирование производилось через узкую щель надвигающуюся фотопленку. По сути, это был предвестник будущих сканирующих камер. Таким образом, начало развитию щелевой съемки положено именно работами В.И. Семенова. В США подобные камеры появились шестью годами позже.

Учитывая возросшую роль фотограмметрии, основы ее как один из разделов геодезии или как самостоятельную дисциплину стали преподавать и во многих высших учебных заведениях страны (строительных, транспортных, сельскохозяйственных, горных, политехнических и др.). В некоторых из них появились кафедры фотограмметрии. На таких кафедрах постепенно сформировались самостоятельные научные школы, возглавлявшиеся первоклассными педагогами. В качестве примера можно назвать профессоров В.Я. Финковского (Львовский политехнический институт), В.И. Павлова (Ленинградский горный институт), А. Бухольца (Рижский политехнический институт). Кстати, А. Бухольц в 1947-1960гг. работал в Дрезденской высшей технической школе (Германия). Эти кафедры вели как академическую, так и научную деятельность, и вырастили многих специалистов.

В 1939г. геодезический факультет Новосибирского инженерно-строительного института преобразован в Новосибирский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (НИИГАиК), впоследствии переименованный в Сибирскую государственную геодезическую академию (СГГА). Это было второе после МИИГАиК высшее учебное заведение геодезического профиля в стране. Постепенно развиваясь, НИИГАиК привнес свою структуру, перечень факультетов и кафедр, а также материальную базу и преподавательский коллектив к состоянию, аналогичному с МИИГАиК. Кафедра фотограмметрии была организована в НИИГАиК в 1943г.

В стране действовали также несколько техникумов (колледжей), в которых по всем геодезическим специальностям, в том числе и по фотограмметрии, подготавливались специалисты со средним техническим образованием. В

производственных предприятиях, как правило, все ответственные технологические операции выполняли инженеры или техники.

Новые технические средства и методы фотограмметрических работ, появившиеся в аэрогеодезических предприятиях Государственной геодезической службы, сразу же заимствовались организациями лесной, землеустроительной и других отраслей. Координацию исследований по применению аэрофотосъемки и фотограмметрии при изучении природных ресурсов осуществляла «Лаборатория аэрометодов», входившая в состав Академии наук СССР. Важное значения имели научные конференции («Всесоюзные совещания по аэросъемке»), которые с 1929г. регулярно проводились этой лабораторией и на которых принимались коллективные решения, определявшие направление дальнейшего развития аэрофотосъемки и фотограмметрии.

В период Великой отечественной войны 1941-1945гг, которую СССР вел против Германии и ее союзников и которая стала частью Второй мировой войны, важнейшей задачей аэрофотосъемки и фотограмметрии было обеспечение советской армии достоверными картами и фотоснимками на фронтовую полосу и оборону противника. Военно-топографическая служба страны успешно справилась со своими обязанностями и ей принадлежит немалая заслуга в достижении победы.

В послевоенный период основной топографической картой страны была избрана карта масштаба 1:25000, а для ряда районов страны – карта масштаба 1:10000. При этом для равнинных районов предусматривалась высота сечения рельефа 1м. Дифференцированный способ аэрофототопографической съемки не мог обеспечить точность, установленную для таких карт. Поэтому внимание ученых-фотограмметристов обратилось на универсальные фотограмметрические приборы.

Первый опыт работы с такими приборами приобретен через мультиплексы, выпуск которых был налажен в стране. Мультиплексы широко использовались как для пространственного фототриангулирования, так и для создания оригинала карты. Для дальнейшего развития этого опыта была изготовлена небольшая партия стереопланиграфов, аналогичных прибору С-5 фирмы Карл Цейсс, но существенные принципиальные недостатки этого прибора быстро охладили интерес к нему.

Стереопланиграфы, как и другие известные к тому времени универсальные приборы, были рассчитаны на точное восстановление связей проектирующих лучей, существовавших в момент фотографирования, т.е. на полное равенство элементов внутреннего ориентирования проектирующих камер обрабатывающего прибора и аэрофотоаппарата. Это требование сильно усложняло конструкцию прибора или ограничивало область его применения.

Исследования по обработке снимков с преобразованными, аффинными связками проектирующих начал М.Д. Коншин в 1944г. При горизонтальных снимках преобразование связей приводит к различию вертикального и горизонтального масштаба восстановленной геометрической модели, что легко учитывается и не создает никаких трудностей для обработки. Но при

наклонных снимках в связках проектирующих лучей, ориентированных с точным соблюдением правил трансформирования, надирные проектирующие лучи, которые при фотографировании были вертикальны, отклоняются от вертикали. Поэтому при наличии рельефа нельзя восстановить одну общую геометрическую модель местности без учета этой особенности.

Один из вариантов решения этой проблемы дал А.Н. Лобанов, предложивший децентрировать каждый снимок в своей проектирующей камере на величину, вдвое большую той, что требуется при строгом трансформировании с аффинной связкой. В результате двойной децентрации надирные проектирующие лучи связок принимали в приборе отвесное положение и геометрическая модель хотя бы приближенно, но восстанавливалась. Применительно к своему решению А.Н. Лобанов создал полевой стереопланиграф, а М.Д. Коншин – стереоскопический рисовальный прибор. Но названные приборы были изготовлены, как экспериментальные образцы.

Геометрически правильное решение для ориентирования аффинных связок реализовал Ф.В. Дробышев в своем фотокартографе. Это был аналоговый прибор с оптической засечкой, в котором предусматривались специальные направляющие линейки, по которым перемещались каретки, несущие измерительные марки. В процессе ориентирования снимков в приборе направляющие линейки выставлялись вдоль наклонных надирных лучей. Тем самым для каждой проектирующей связки как бы вводилась своя собственная ось Z .

В ходе названных исследований стало очевидно, что оптимальным был бы прибор с механической засечкой, в котором перед восстановлением каждого проектирующего луча связки в соответствующую точку снимка вводятся поправки, устраняющие искажения координат этой точки, вызванные углами наклона снимка. Такой принцип моделирования проектирующих лучей был реализован Г.В. Романовским в стерепроекторе СПР. В этом приборе координатная каретка каждого снимка была связана с соответствующим объективом наблюдательной системы посредством коррекционного механизма. Коррекционный механизм сдвигал визирную ось наблюдательной системы на нужные величины вдоль радиус-вектора, соединявшего наблюдаемую точку снимка с точкой нулевых искажений. Таким образом, при перемещении каретки со снимком на отрезки, соответствующие координатам точки геометрической модели на горизонтальном снимке, на визирной оси прибора оказывалась точка реального, наклонного снимка.

По иному пути пошел Ф.В. Дробышев. Идея созданного им стереографа СД сводилась к тому, что наклонный снимок как бы рассекался бесчисленным множеством горизонтальных плоскостей. При этом каждая точка реального наклонного снимка рассматривалась как точка виртуального горизонтального снимка, имеющего свое фокусное расстояние. Плавное изменение фокусных расстояний проектирующей системы прибора задавалось посредством коррекционных плоскостей, на которые опирались карданы, связанные с координатными каретками снимков. Коррекционным плоскостям требовалось

придать наклоны относительно двух осей, пропорциональные продольным и поперечным углом снимков. В результате этого фокусные расстояния в каждой ветви проектирующей системы прибора непрерывно менялись.

Поскольку в обоих названных приборах (СПР и СД) связки проектирующих лучей восстанавливались как бы по горизонтальным снимкам, эти приборы были пригодны для обработки снимков с любыми фокусными расстояниями. Установка коррекционных узлов в нужное положение на этих приборах осуществлялась путем взаимного ориентирования снимков и внешнего ориентирования созданной модели местности. Эти процессы, как и на приборах с подобными связками проектирующих лучей, осуществлялись по стандартным схемам, хотя и с учетом некоторой специфики. Так вместо поворотов проектирующих камер менялись установки коррекционных механизмов на СПР или наклоны коррекционных плоскостей на СД. Следовало также принимать во внимание различие горизонтального и вертикального масштабов созданной на приборе модели.

Очень быстро и на долгие годы СПР и СД стали основными приборами фотограмметрических цехов производственных предприятий. На базе этих приборов сформировался универсальный способ аэрофототопографической съемки. Вполне логично, что переход к этому способу сопровождался отказом от прежних приемов раздельного сгущения геодезического обоснования в плане и по высоте и замене их пространственным фототриангулированием на аналоговых универсальных приборах. В разработке и совершенствовании различных аспектов фотограмметрического сгущения опорной сети принимали участие многие специалисты. Особо отметим роль А.С. Скиридова, которому принадлежит идея учета дополнительных условий при построении сети.

В этот период активно развивались и другие направления фотограмметрии. Составление фотопланов на горные районы началось с использования принципа трансформирования не на плоскость, а на поверхность, представлявшую обратную модель рельефа местности. Но в 1954г. по предложению Г.П. Жукова и Г.И. Колонтарова был создан целевой фототрансформатор ФТЩ-2. В 1973г. начат выпуск ортофотопроекторов, За базу для этого прибора был принят стереограф Ф.В. Дробышева.

Не была забыта и наземная стереофотограмметрическая съемка, хотя роль ее существенно снизилась. Областью ее применения были, в основном, инженерные изыскания различного рода, для чего использовались фототеодолитные комплекты, выпускавшиеся в стране. Но следует отметить, что одно время при картографировании высокогорных районов по предложению П.Н. Рапасова посредством фототеодолитной съемки определяли координаты точек, которые затем служили опорными для фотограмметрической обработки аэрофотоснимков.

Появление электронных вычислительных машин в корне изменило большинство процессов фотограмметрической обработки снимков. Переход к аналитическим методам начался с пространственной фототриангуляции, чему способствовали труды Н.А. Урмаева, который занимался этой проблемой еще в предвоенные годы. В 1941г. была опубликована его книга «Элементы

фотограмметрии», в которой дано математическое описание для аналитического решения основных задач фотограмметрии, связанных с ориентированием снимков и построением модели местности.

Теоретические положения аналитической обработки фотоснимков, заложенные в работах Н.А. Урмаева, были подхвачены и развиты А.Н. Лобановым. Первая программа аналитической фототриангуляции была составлена под его руководством в 1956-1957 гг. на кафедре фотограмметрии Военно-инженерной академии. Вскоре к этой тематике обратились и многие другие специалисты. Вокруг А.Н. Лобанова сформировалась целая научная школа, совместными усилиями которой исследованы различные аспекты аналитической фототриангуляции. Среди них – построение маршрутной и блочной фототриангуляции с приближенным и строгим уравниванием, учет дополнительных данных, устранение влияния систематических ошибок, уравнивание фототриангуляции с самокалибровкой и др. Одновременно разрабатывались и соответствующие программы, началось интенсивное внедрение аналитической фототриангуляции в топографо-геодезическое производство, и в короткие сроки она стала основным способом создания планово-высотной основы.

С 1968г. наибольшее признание в производственных коллективах получили программные комплексы аналитической обработки результатов фотограмметрических измерений, составленные под руководством И.Т. Антипова. Им сформулированы предложения и по ряду общих вопросов. Обобщению многолетних исследований по аналитической фототриангуляции посвящена его книга «Математические основы пространственной аналитической фототриангуляции», опубликованная в 2003г. В 2008г. он обосновал одновременное использование при уравнивании нескольких систем координат для снимков, отличающихся от системы координат, принятой для точек местности. Это позволяет строить по снимкам замкнутые фототриангуляционные сети в виде кольца или сферы. Помимо использования при съемке со всех сторон каких-то инженерных или лабораторных объектов, потребность в таком варианте может возникнуть, например, при картографировании небесных тел.

Внедрение аналитической фототриангуляции не могло быть эффективным без соответствующего технического обеспечения. Эта задача была решена разработкой и серийным производством автоматизированных стереокомпараторов. В начале 1970-х годов был разработан стереокомпаратор СКА-18, а затем – СКА-30. Преимуществом этих приборов была высокая точность (2-3 мкм) и автоматизация процесса измерения снимков и регистрации результатов.

Вместе с тем совершенствовались и традиционные технологии, модернизировалось техническое обеспечение. К концу 1980-х годов разработаны аэрофотоаппараты с компенсацией сдвига изображения. В 1988г. началось серийное производство АФА-ТК-10/18 с фокусным расстоянием 100мм, а спустя несколько лет – аппаратов с другими фокусными расстояниями. Проведены исследования по сопряжению аэрофотоаппаратов с приемниками

сигналов GPS, что было необходимо для определения положения точек фотографирования.

Успехи в развитии фотограмметрических методов позволили завершить составление карты масштаба 1:25000 на всю территорию страны в 1988г.

Нельзя не отметить, что быстрому завершению съемок во многом способствовало хорошее техническое оснащение аэрогеодезических предприятий, которые были насыщены фотограмметрическими приборами Ф.В. Дробышева. Жизнь Ф.В. Дробышева была наполнена множеством интересных событий. Так в годы Первой мировой войны (1914-1916 гг.) в качестве военного топографа он служил на русско-немецком фронте, где принимал участие в боевых действиях и получил тяжелое ранение. За проявленную воинскую доблесть и мужество он был награжден орденом. С 1926г. по 1986г. Ф.В. Дробышев был связан с МИИГАиК. Здесь им созданы оригинальные приборы буквально для всех направлений фотограмметрии. Его творческие успехи неоднократно отмечались высокими наградами, а за создание топографического стереометра СТД и стереографа СД, которые стали самыми массовыми приборами, он был дважды удостоен Государственной премии – высшей в СССР награды за творчество.

Ф.В. Дробышева щедро передавал опыт и знания своим ученикам-аспирантам, многие из которых впоследствии сами стали маститыми профессорами. Среди его аспирантов можно назвать А.Н. Лобанова, упомянутого выше, и Л.Н. Васильева, который одним из первых сосредоточился на автоматизации процесса распознавания образов, используя теорию фрактальности и самоподобия в окружающей среде. Одним из его аспирантов был И.Т. Антипов, помогавший своему руководителю создавать стереограф СД. Кандидатская диссертация И.Т. Антипова была переведена в Германии и по этой диссертации видные немецкие специалисты изучали принципы обработки снимков с преобразованными связками проектирующих лучей и реализацию этих принципов в российских аналоговых фотограмметрических приборах.

Ф.В. Дробышев был высокообразованным, одухотворенным человеком, любившим музыку и сам сочинявшим камерные произведения. Его сочинения благосклонно воспринимались профессиональными музыкантами, и он был принят в Союз советских композиторов.

В последнюю четверть XX века бурное развитие средств электронной вычислительной техники дало жизнь новому виду продукции аэрофототопографической съемки, а именно – цифровым моделям местности и цифровым картам. Исследования в этом направлении начались примерно в одно время с переходом на аналитическую фототриангуляцию. Технической основой для сбора цифровой информации о местности по снимкам служили программно-аппаратные комплексы. Первым из них в стране был комплекс Аналит, начало производственных испытаний которого относится к 1977г. С 1979г. началось использование в производстве аналитического стереопроектора СПА, а с 1984 г. – автоматизированного аналитического комплекса «Оромат». Однако названные комплексы функционировали под управлением достаточно громоздких ЭВМ и количество их было незначительно. Ситуация изменилась с

появлением персональных компьютеров. В 1991г. начат серийный выпуск аналитического фотограмметрического прибора – стереоанаграфа, разработанного в ЦНИИГАиК под руководством Г.А. Зотова, а в 1995 г. по лицензии фирмы «Лейка» освоен выпуск аналитического прибора SD-20, который являлся полным аналогом прибора SD-2000.

В 1992г. одним из основных направлений общегосударственных работ Роскартографии признано создание цифровых карт. Для решения этой задачи образован главный и несколько региональных геоинформационных центров. Наряду с оцифровкой имеющихся картографических материалов, цифровые карты стали создавать и по фотоснимкам, для чего использованы стереоанаграф, аналитический фотограмметрический прибор SD-20 и другая техника.

К этому времени несколько творческих коллективов в стране активно вели разработку цифровых фотограмметрических рабочих станций (ЦФРС), открывших пути к полной автоматизации всех фотограмметрических процессов по сбору и обработке цифровой информации о местности.

Саму идею такой станции обычно связывают с именем финского ученого У. Хелавы. Полностью признавая его выдающуюся роль, можно отметить, что на много лет раньше идею автоматизации стереоскопических измерений высказал А.С. Скиридов. Еще в 1927-1933гг он получил несколько авторских свидетельств на разработки по автоматическому вычерчиванию горизонталей путем сравнения плотностей вокруг идентичных точек пары фотоизображений. В 1937г. А.С. Скиридов писал, что «...нужно призвать на помощь фотоэлектрический эффект и им заменить человеческий глаз с его стереоскопией при рисовке рельефа...».

Первые российские ЦФРС были представлены на конгрессе МОФДЗ, проходившем в 1996г. в Вене. В дальнейшем выделились два типа станций, наиболее полно отвечающих всем требованиям производства.

Одна из них – ЦФРС «Дельта» – создана в результате творческого сотрудничества фотограмметрического отдела ЦНИИГАиК и коллектива фирмы «Геосистем», сложившегося в городе Виннице на Украине, ставшей независимым государством после распада СССР. Общее руководство работами над этой станцией осуществляли Г.А. Зотов и С.В. Олейник. К подготовке программного обеспечения привлекались и другие специалисты. В частности – для задачи построения и уравнивания фототриангуляции осуществлена глубокая интеграция технологического пакета ЦФРС с комплексом аналитической обработки результатов фотограмметрических измерений, составленным И.Т. Антиповым и хорошо проверенным к тому времени за годы широкого применения в производственных предприятиях.

Другая ЦФРС, получившая название «Фотомод», является продуктом российской фирмы «Ракурс».

Обе названные станции широко распространены не только России и странах, входивших ранее в СССР, но и за их пределами. Эти станции позволяют решать все задачи построения цифровых моделей и составления

цифровых карт как по аэрофотоснимкам, так и по изображениям, полученным с искусственных спутников Земли.

Выпуск прецизионных фотограмметрических сканеров ФС-30, предназначенных для преобразования аналоговых изображений в цифровую форму, налажен на Экспериментальном оптико-механическом заводе ЦНИИГАиК. Этот сканер обеспечивал разрешение до 2300 dpi, геометрическую точность 3 мкм и позволял сканировать фотоснимки, имевшие формат до 30х30 см.

Новое направление в фотограмметрии возникло в связи с запуском искусственных спутников, зарождением космического фотографирования и использованием его результатов для решения практических задач.

Впервые космическая съемка Луны была выполнена в октябре 1959 г. с автоматической станции «Луна-3». На борту этой станции находились малоформатные фотокамеры, оборудование для фотохимической обработки пленки, а также устройства для считывания и передачи изображения. Была сфотографирована почти половина поверхности Луны, причем две трети снимков приходились на невидимую сторону ее.

Затем съемка участков Луны многократно выполнялась в 1966-1973 гг. как со спутников серий «Луна» и «Зонд», облетавших Луну, так и с автоматических самоходных аппаратов, опускавшихся на поверхность Луны. В итоге были получены изображения трех типов: фототелевизионные, радиолокационные и обычные фотографические, сделанные со спутников «Зонд». После облета Луны эти спутники возвращались к Земле и экспонированная фотопленка доставлялась на землю.

К обработке снимков привлекались сотрудники МИИГАиК, ЦНИИГАиК, Астрономического института Академии наук СССР и других организаций. В итоге были составлены карты на разные участки как видимой, так и обратной стороны Луны. Масштаб карт, полученных по спутниковым снимкам, колебался в пределах от 1:1М до 1:10М (М – миллион). Первая полная карта Луны имела масштаб 1:5М. Был изготовлен также полный глобус Луны. На ограниченные участки удалось составить планы очень крупного масштаба по данным самоходных аппаратов.

В конце 1971 г. советские космические аппараты «Марс-2» и «Марс-3», на которых были установлены фототелевизионные съемочные системы, начали передачу изображений поверхности Марса, в том числе цветных. В 1974 г. спутники «Марс-4» и «Марс-5» продолжили съемку. По полученным изображениям в ЦНИИГАиК составлены карты масштабы 1:5М, а на отдельные участки – в 10 раз крупнее. По изображениям краев диска планеты удалось также построить профили рельефа ее.

Эксперименты, связанные с составлением карт поверхности планеты Венера, были приурочены к запуску автоматических межпланетных станций серии «Венера» в 1974-1983 годах. Из-за плотной облачности, закрывающей планету, для съемки принят радиолокационный метод. Практическими результатами этих работ, проводившихся в ЦНИИГАиК совместно с Академией наук СССР, являются гипсометрические карты в масштабе 1:5М и атлас

поверхности планеты. В атласе детально представлены исходные материалы съемки, а также результаты их обработки и интерпретации.

Развитию космических съемок способствовало решение ряда теоретических проблем, в том числе разработка геометрической модели формирования радиолокационных изображений и использование их в фотограмметрических задачах. Сюда же относятся методы калибровки съемочной аппаратуры, координатной привязки материалов съемки, уточнения орбитальных и навигационных параметров автоматических станций, законы стереоскопического восприятия перекрывающихся радиолокационных изображений. Обобщение выполненных исследований дано в монографии Ю.С. Тюфлина «Космическая фотограмметрия» (1986г.) и в книгах других авторов.

Планомерное фотографирование Земли с пилотируемых и автоматических космических аппаратов начато в 1960-х годах. В 1973 г. был образован Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа», которому поручена разработка методов, средств и технологий получения, обработки, хранения, распространения и использования аэрокосмической информации.

С целью получения материалов для решения задач природоведения, тематического и топографического картографирования было создано несколько поколений космических специализированных комплексов «Ресурс-Ф», в которых, в отличие от ряда спутников других стран, за основу получения информации был принят принцип традиционного фотографирования. С 1974г. осуществлено более 100 запусков короткопериодических спутников. С каждого такого спутника по заданной программе выполнялась съемка, а затем материалы фотографирования посредством спускаемого аппарата доставлялись на Землю. Кроме того, были созданы и выводились на орбиту космические комплексы серии «Космос». Все оригинальные, первичные фотоматериалы направлялись в Госцентр «Природа», фонд космической информации в котором достиг примерно 2 млн снимков земной поверхности (многозональных, спектрзональных и панхроматических). Снимки серии «Ресурс-Ф» с разрешением 5-10 м распространялись более чем в 80 странах, а число потребителей этих снимков превышало одну тысячу.

Для космического фотографирования служили фотоаппараты ТК-350 и ТК-1000. Фотоснимки этих фотоаппаратов, обладали высокими измерительными и дешифровочными свойствами. Они, а также другие материалы и данные составили информационную основу, которая реализовывалась сложными аппаратно-программными средствами и технологиями создания и обновления цифровых топографических карт до масштаба 1:10000 включительно. По этим снимкам осуществлялось также комплексное картографирование природных ресурсов и картографический мониторинг состояния и динамики различных природных и антропогенных процессов.

Большой вклад в успехи Госцентра «Природа» внесли Ю.П. Киенко и Е.А. Решетов.

Работы по наблюдению за природной средой выполнялись не только по российским, но и по международным программам. Так в 1996-1999гг. на

пилотируемой космической станции «Мир» работал модуль «Природа». Прием информации осуществлялся в городах Обнинск (Россия) и Нойштерлиц (Германия). По этой информации проведены разнообразные исследования и эксперименты. Среди них: изучение гидрологического состояния почвы и атмосферы (совместно Болгарией, Италией, США, Германией); распределения малых газовых составляющих в атмосфере (совместно с США и Францией); экологических проблем (совместно с Казахстаном). В итоге, помимо решения конкретных задач, отработана методика комплексных космических наблюдений и квазисинхронных подспутниковых измерений.

Хотя в СССР и России в XX веке не запускались спутники для дистанционного зондирования Земли с оптико-электронными сенсорами высокого разрешения, Госцентр «Природа» проявил интерес к изображениям, полученным не только фотографическими, но и цифровыми камерами. И в первые годы XXI века в Роскартографии взят курс на переход от фотографических к оперативным оптико-электронным космическим методам получения информации. Начата подготовка к приему и обработке информации с новых высокоэффективных аппаратов дистанционного зондирования Земли типа «Ресурс-ДК» и «Монитор-Э». Первые такие спутники, позволяющие решать совокупность картографических и природоведческих задач, введены в строй в 2006г. Перспективными планами предусмотрено создать космическую группировку искусственных спутников, обеспечивающих общий обзор всей Земли с заданной периодичностью, с разным пространственным разрешением и во всех возможных диапазонах электромагнитного спектра.

Роль посредников по распространению в России изображений, со спутников других стран, взяли на себя отдельные коммерческие организации. Например, компания «Совзонд», организованная в 1992г., стала официальным дистрибьютором для десятка мировых лидеров в области поставки данных дистанционного зондирования. Через эту компанию могли получать данные с большинства действующих спутников, в том числе обладающих наивысшим разрешением, не только заказчики из России, но и из стран, выделившихся из СССР.

В своей деятельности компания «Совзонд» опиралась на сотрудничество с высшими учебными заведениями. Так подготовка и переподготовка специалистов по цифровым методам и технологиям обработки аэрокосмической информации посредством программных комплексов ENVI и ERDAS осуществлялась в инновационном центре «СГГА-Совзонд».

К 2008г. более половины территории России было покрыто снимками высокого разрешения со спутников WorldView, QuickBird, Ikonos, OrbView. В этот период все компании-дистрибьюторы отмечали ежегодный рост заказов на изображения со спутников других стран. Заказчиками, в основном, являлись организации, связанные с изучением состояния окружающей среды или эксплуатацией природных ресурсов. В научной литературе страны, в сборниках различных конференций, в трудах высших учебных заведений публиковалось множество статей, рассказывающих об успешном решении различных задач по данным дистанционного зондирования Земли.

К концу XX века относятся и первые эксперименты по аэросъемке с лазерным сканированием. Одним из пионеров работ в этом направлении был Е.М. Медведев, крупный специалист по лазерно-локационным и другим новым аэросъемочным средствам и программному обеспечению для них. Он активно пропагандировал метод воздушной лазерной локации в статьях и выступлениях на различных научных конференциях. Практически применять метод лазерной локации начали при инженерных изысканиях, для которых требовалась цифровая модель рельефа повышенной точности.

Важную роль в обмене научной информацией в XXI веке стали играть ежегодные Международные конгрессы «Гео-Сибирь», инициатива проведения которых исходила от СГГА. По содержанию конгрессы охватывали все науки о Земле, в том числе и фотограмметрию как средство для документации состояния поверхности земли. Хотя, как следует из названия конгрессов, территориально они охватывали лишь часть России от Уральских гор до озера Байкал, тем не менее активными участниками конгрессов были известнейшие в профессиональных кругах деятели из МОФДЗ, ведущие ученые из крупных университетов Европы и Азии, а также представители ведущих мировых и российских фирм, связанных с фотограмметрическими работами, разработкой программного обеспечения или оборудования. Кафедра фотограмметрии СГГА, которую с 1991г. возглавлял А.П. Гук, на каждом очередном конгрессе представляла свои новые разработки. Вес и авторитет кафедры значительно выигрывал от того, что такие видные ученые Сибирского отделения Академии наук страны, как Л.К. Зяткова, В.П. Пяткин, Ю.И. Кузнецов, вели преподавание на кафедре, т.е. фактически были ее сотрудниками.

Посредством конгрессов начали складываться партнерские отношения между МИИГАиК, СГГА и рядом университетов Европы, Азии и Америки, наметились общие подходы к совершенствованию высшего образования в области всех наук о Земле, и в первую очередь – геодезии, фотограмметрии и картографии. Ряду крупных ученых из зарубежных университетов присвоены звания почетных профессоров СГГА. Среди получивших это звание был выдающийся деятель международного фотограмметрического сообщества Г. Конечный. Он и Ф. Аккерман стали также почетными профессорами МИИГАиК.

До 1966г. советские специалисты по фотограмметрии принимали участие в социальных, научных и общественных мероприятиях, имевших место внутри страны, в рамках Всесоюзного астрономо-геодезического общества. Затем был образован Национальный комитет фотограмметристов СССР (НКФ), принявший на себя координирующие функции на правах общественной организации. В 1968г. НКФ вошел в Международное фотограмметрическое общество (МФО) как действительный член.

В 1976г. на XII конгрессе МФО, проходившем в столице Финляндии, Национальному комитету фотограмметристов СССР было доверено руководство технической комиссии III «Математический анализ данных», а президентом комиссии избран И.Т. Антипов. Международный симпозиум этой комиссии был проведен в Москве в 1978г. В 1980г. на XIII конгрессе в Гамбурге, где МФО

переименовано в Международное общество фотограмметрии и дистанционного зондирования (МОФДЗ), И.Т. Антипов избран вторым вице-президентом общества. По поручению тогдашнего совета общества И.Т. Антипов составил проекты новых Status и By-Laws. Эти документы были приняты обществом на очередном конгрессе в Rio de Janeiro, причем предварительная независимая экспертиза констатировала, что подготовленные проекты превосходят аналогичные документы других организаций, сотрудничающих с МОФДЗ. С 2004г. И.Т. Антипов является членом «Клуба белых слонов», существующего при МОФДЗ.

В 1996г. в России сформировалась еще одна общественная организация, а именно «Российское общество содействия развитию фотограмметрии». Первым президентом его избран Ю.С. Тюфлин. Это общество также вступило в МОФДЗ (на правах ассоциированного члена) на конгрессе, проходившем в том же году в Вене. Кстати, на этом конгрессе Ю.С. Тюфлин удостоен золотой медали Брока за вклад в решение теоретических вопросов картографирования небесных тел Солнечной системы.

Еще одна награда МОФДЗ присуждена представителю России в 2004г. на конгрессе в Анкаре. Этим представителем был В.П. Савиных, выпускник МИИГАиК, ставший впоследствии летчиком-космонавтом и участвовавший в трех космических полетах. После окончания своей летной карьеры он в течении 19 лет был ректором МИИГАиК, где многое сделал для подготовки инженеров по всем специальностям, в том числе и по фотограмметрии. При нем МИИГАиК получил статус университета. В 2007г. В.П. Савиных стал президентом этого университета. Как выдающийся деятель, В.П. Савиных получил награду Гембла.

В целом, состояние фотограмметрии в России полностью отвечало этапам ее развития в передовых странах Европы и Америки. Научные исследования российских ученых соответствовали мировому уровню, а по ряду направлений российские специалисты лидировали. Были созданы оригинальные приборы, технологии и иные средства, позволявшие эффективно решать производственные задачи. Количество специалистов с высшим и средним образованием, ежегодно выпускавшихся учебными заведениями, полностью удовлетворяло потребности страны. Применение же фотограмметрических методов в России в XX веке по размаху и масштабам решаемых задач беспрецедентно.

Распад СССР отрицательно сказался на всех отраслях экономики и условиях жизни многих граждан страны. Снизились ежегодные государственные заказы на объемы топографо-геодезических работ, в том числе на обновление карт. Уменьшилось финансирование научных исследований. Упал престиж должностей преподавателей высших учебных заведений и научных сотрудников. В результате уменьшился приток молодых специалистов в науку, и наметилось старение ряда научных коллективов. Все это снизило темпы развития фотограмметрии в стране. Но в истории России не раз возникали трудные периоды, однако страна всегда выходила из них окрепшей. Российские народы

сохранили уверенность в том, что в XXI веке страну ждет благополучие и процветание.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тюфлин Ю.С. Развитие отечественной фотограмметрии. Журнал «Геодезия и картография», 1994, № 3.
2. Краснопевцев Б.В. Основные события истории фотограмметрии, аэро- и космической съемки в нашей стране после 1917г. Журнал «Геодезия и картография», 2000, №№ 5, 6 и 7.
3. Хрущ Р.М. Этапы становления и развития фотограмметрии в России. Журнал «Геодезия и картография», 2003, № 7.
4. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: Энциклопедия. В 2-х томах. М.: Геодезиздат, 2008.

In Russia some interest in photogrammetry was first revealed at the end of the XIX century. Many enthusiasts (scientists, engineers and inventors) worked in this field. At its earliest stage photogrammetry developed both on the basis of the experience taken from abroad and that of the home original decisions and equipment.

In 1885 Aeronautical crew was formed in Russia under the command of the military engineer A.M. Kovanko. In May 1886 he became the first in Russia to take a photograph from the balloon during a flight over St.-Petersburg. Special camera constructed by V.I. Sreznevsky was used for this purpose. Since 1887 photographic film was used in aerial cameras.

The first phototheodolite mapping was conducted by N.O. Willer in the Caucasus in 1891.

R.Yu. Tile was one of those who made much for popularization of photogrammetry. He got education in Dresden and later worked at the Ministry of Railways in Russia. In 1896 R.Yu. Tile visited some countries of Europe and the USA where he studied the practice of photogrammetric methods. In 1897 R.Yu. Tile took part in phototheodolite surveying (being at the head of it) for projecting the line connecting the railroads of Transbaikalia and Manchuria. The topographic map with the projected railway line was exhibited at the Paris World Fair.

In the years that followed, R.Yu. Tile carried out some more topographic surveys for railroads and large engineering constructions using both phototheodolite and photography from the balloon. In 1899 R.Yu. Tile designed a special photocamera – “panoramograph”, incorporating six cameras with declined optical axes around the central camera with a vertical optical axis. This device allowed receiving a complete cycloramic terrain image. The panoramograph was supplied with a special device to let all the camera shutters act simultaneously only when the focal plane-plate of the central camera was horizontal. In 1902 the first strip photography in Russia was performed from the balloon supplied with panoramograph.

In 1908 -1909 the three-volume monograph “Phototopography in Modern Development” by R.Yu. Tile was published. It analyzed terrestrial and aerial photogrammetry and described all the instruments, methods of image processing and the range of photogrammetry application known at that time.

There were also other specialists who made a great contribution to the development of photogrammetry in Russia at the beginning of the XIX century. As, for example, V.F. Naydenov, who was the first to make topographic maps by aerial images. He constructed phototransformer for converting oblique images into vertical ones. In 1908 his book “Measuring Photography and Its Use in Aeronautics” was published.

In Russia, likewise all over the world, a great impact to the development of photogrammetry was made by the advent of aviation. Great attention was paid to the aerial photographic survey and photogrammetry by military departments. A reconnaissance survey was established in the Russian army. In 1913 a military engineer V.F. Potte invented a film camera for strip and block aerial photography. During the World War I all significant military operations at the fronts were supported by aerial photography. Images served both for reconnaissance and as initial data for topographic maps updating, as well as for making new maps for military purposes.

In 1917 two revolutions took place in Russia, which were followed by the Civil war. The events resulted in dethronement of the monarchy replaced by the new social and political system. Instead of the former country the Union of Soviet Socialist Republics (USSR) was formed with Russia as its core. According to one of the first decrees of the new government the Main Geodetic Administration (MGA) with the functions of the geodetic and cartographic survey was established. It was also charged to conduct regular topographic surveys of the country. In the years that followed, the MGA was reformed time and again. Since 1992 it has been called Roscartographia.

The period of 1917-1991 of the photogrammetry development in USSR may be conventionally called a Soviet one. Though the USSR united several republics, the most important processes reflecting the state of the Soviet photogrammetry took place in Russia. In 1991 the USSR disintegrated into 15 independent states, which established their own social and economic regulations. As concerns Russia, it inherited everything connected with the Soviet photogrammetry on its territory. Thus there are total reasons to consider the history of Russian photogrammetry as a single whole with the Soviet period.

As far back as in autumn 1918 the aerial survey for topographic mapping was started. Approximately at the same time the Military Air Forces established the school of aerial survey including special departments for aerial photography, photolaboratory processing and photogrammetry. A short time later photogrammetry was started to be taught in other educational institutions: since 1920 – in Moscow surveying institute, since 1921 – in Military-engineering academy (later Military-engineering university), since 1923 – in Military-topographic school (later Saint-Petersburg branch of the Military-Engineering University). In 1925 the department of photogrammetry was established at Moscow Surveying Institute, with N.M. Alexapolsky at the head. Afterwards it was subdivided into photogrammetry department and that of aerial survey. The specialists like V.S. Tsvet-Kolyadinsky and P.P. Sokolov were invited to teach there. A.S. Skiridov and F.V. Drobyshhev started their teaching career just at this department. Running ahead, it should be noted, that

in 1930 Moscow surveying institute was divided into two independent higher educational establishments: the Moscow Institute of Engineers for Geodesy, Aerial Photography and Cartography (MIIGAiK) and the Moscow Institute of Land Management (now the State University of Land Management). The latter included the department of aerial photographic survey. In 1932 the department of photogrammetry was organized at Military-Engineering Academy as well, with N.M. Alexapolsky being the first head of it.

1920 saw an appearance of aerogeodetic enterprises with certain territories assigned to them. The enterprises were charged to carry out all the topographic and surveying works on their territories. Each enterprise incorporated a photogrammetry department. Before long the number of aerial survey enterprises amounted to thirty. Their activities were guided by the unified state standards and plans.

In 1923 a voluntary association Dobrolet was formed, which incorporated the state bureau for aerial survey, headed by M.D. Bontch-Bruyevitch. The department of aerial photography of the bureau was headed by V.S. Tsvet- Kolyadinsky. In addition to the above mentioned, the department of aerial survey was established at Ukrvozduhoput. Later the two subdivisions joined to form the state enterprise Gosaerosyomka (State aerial survey) which became a part of the Main Geodetic Administration.

In 1923-1924 the Soviet government allotted significant funds on both manufacturing domestic instruments and buying the latest equipment abroad to be used in aerial surveys and photogrammetric works. But expensive complicated high-precision streophotogrammetric instruments like stereoplanigraph did not suffice for the Soviet Union with its huge territories. It was clear that to promote topographic mapping, simpler and more efficient methods of photogrammetry were needed.

First of all, the attention of scientists and manufacturers was drawn to the combined method of surveying. In this case, to receive planimetric components of the map, the photomap was made which was later interpreted in the field, and the relief was mapped by means of the plane-table survey. The picture control points to be used for rectification of images and mosaicking originally were determined through geodetic surveys. Beginning with 1929 graphical phototriangulation came into use for this purpose. For image rectification, photorectifiers of Russil (France) and Luftbild (German) were used, moreover the last one was improved by N.M. Alexapolsky and P.P. Sokolov. In addition to the mentioned the rectifiers of the Moscow Institute of Geodesy and those of professor Sokolov were employed. To scale and adjust phototriangulations networks, the production of N.A. Popov magnifiers was started.

A lot of the credit must go to professor N.M. Alexapolsky for the development and introduction of the combined method. In addition to the latter, F.V. Drobyshchev and M.D. Konshin became pioneers in using graphical triangulation in the country on the basis of the research of Finsterwalder (Germany) and G.P. Zhukov.

Efforts were made to replace a graphical triangulation by some more efficient one. In 1929 V.F. Deyneko developed an analytical version of phototriangulation. The plant "Aerogeopribor" produced several copies of F.V. Drobyshchev nadir-triangulator. The device was capable of doing the same operations as "Karl Zeiss" radial-triangulator. Still graphical phototriangulation remained the basic method for

extension of horizontal control for a long time. Many years had passed before photopoligonometry came into use though the principle was offered by F.V. Drobyshev as early as in 1930.

At the end of the 20s of the last century alongside with topographic mapping, aerial photography and photogrammetry came into use for natural resources exploration. In 1925 a trial aerial forest survey guided by P.M. Orlov and V.M. Platon was conducted in the Tver region. As compared with the field maps of the ground survey traditional at that time, the aerial mosaics provided more detailed information on the forest state. In the same year a special organization was established to deal with aerial surveying for land management. In 1926-1927 V.F. Deyneko and N.N. Veselovsky were in charge of the pilot aerial surveying of the cities. The survey of the Volga tract was also conducted in order to study its waterway and rifts. An aerial survey of the large area was conducted for routing Turkestan-Siberian railway. The experience acquired and the techniques, developed for the above mentioned works, provided the basis for the subsequent surveys of the kind.

It is obvious that the combined method of topographic surveying based on the plane-table was inappropriate for surveying mountainous areas. That is why in 1929 - 1937 the 1:100,000 scale maps of the large Pamir area were made by means of the ground stereophotogrammetric survey. But the combined method could not provide prompt mapping of the country vast plane territories as well. In 1928 the State Institute of Geodesy and Cartography (now Central Research Institute of Geodesy, Aerial Survey and Cartography, TSNIIGAiK) was established in Moscow and a year later – the research institute of aerial survey in Leningrad (now Saint-Petersburg). Consequently the two institutes were united. The specialists of the two institutes together with the scientists of the Research Institute of Military Topographic Survey had to look for the efficient methods of relief survey by means of aerial photography. This kind of research was conducted at higher educational establishments as well.

Though the universal method of image processing by means of analogue stereo restitution-devices was not in common practice, it was still used. Unfortunately the share of stereo-restitution techniques was negligible to cover the vast territories under survey. The theoretical investigations in this direction, conducted by professor A.S. Skiridov, enriched and summarized the experience of other countries. He offered the method of extension which permitted to process successive stereopairs of the strip. On his initiative the light colour floating mark was installed in the instrument called “stereouniversal”, produced in a small batch in 1931-1935.

Unfortunately there were no instrument-making plants at that time to start mass production of complex photogrammetric instruments to meet the demands of the State topographic survey. On the other hand, the unique samples of foreign analog photogrammetric instruments could not help with the map coverage of the country. That is why the efforts of specialists were to be focused on finding some simpler methods of ground survey.

As concerns topographic surveys of 1:50,000 and 1:100,000 scales with contour interval minimum 10 m, one of the simplified methods was initiated by G.F. Gapochko who offered drawing contour lines by means of a stereoscope. Preliminary on a stereoscopic model it was necessary to define heights of the big number of

surveying stakes, placing them on the features of the terrain relief. For definition of elevations it was necessary to conduct photogrammetric extension of control points for the stereopair.

For all plotting scales the problem of photogrammetric contouring was solved by F.V. Drobyshev who offered rather a simple instrument - a topographic stereometer. The production of topographic stereometers was started at "Aerogeopribor" plant in 1933. The instrument comprised a measuring stereoscope with photo carriages and threads as the floating marks. The photoprints were placed into carriages. The instrument had correction mechanisms to control mutual displacement of carriages and threads. With properly adjusted correction mechanism the horizontal parallaxes screw reading remained constant for all the stereoscopic model points of equal heights. The points with the known heights, distributed in a standard scheme, served as initial data for images orientation in a topographic stereometer. Then the necessary parallax screw reading was calculated for each contour and the points of the contour were penciled on the right photograph where the spatial measuring threads crossed the surface of the stereoscopic model.

Originally the topographic stereometer was designed for drawing relief with rather small horizontal parallax differences. But later, as recommended by M.D. Konshin, additional correction mechanisms were introduced that enhanced the application field of the instrument as far as processing images of mountainous regions.

To transfer the contours to the map, the photograph was reduced and the received negative was rectified with a special projector. When necessary, rectification was conducted by zones.

Several suggestions were made on how to determine elevations of the points for proper orientation of stereopairs by a topographic stereometer.

"The method of the direct line", developed by G.V. Romanovsky, is of interest even nowadays. It permitted determination of points elevation in photographs using a measuring stereoscope. F.V. Drobyshev suggested to use parallactic sine bars to realize the method. The idea of the method was based on the statement that the deformations of coordinates and parallaxes are nearly equal for closely spaced picture points. Thus the parallax and coordinate differences of such points may be considered correct to some degree. Choosing the identifiable point, close to the direct line, connecting two initial control points, one can find the height of the chosen point by measuring the parallax difference between this point and the nearest point of the direct line, as well as by interpolating the heights of the initial control points to the nearest point.

G.V. Romanovsky and M.D. Konshin developed the method of "undistorted model" to be used for photogrammetric extension of control points. It was based on the statement according to which in a stereopair coordinate system there is an interdependence between vertical parallaxes and deformations of horizontal ones. Thus, when vertical parallaxes of some stereopair points are measured, it is possible to apply corrections for the horizontal parallaxes and consequently receive undistorted heights of the points. For realisation of this method stereocomparators were required and their manufacture has been adjusted, and Romanovsky's

suggestions were used in an instrument design. «The precision stereometer» of F.V. Drobyshev was also used. This device, as a matter of fact, was conceptually identical with a stereocomparator completed with correction mechanisms.

The methods of the direct line and undistorted model were not widely recognized. Preference was given to the techniques developed at the Central Research Institute of Geodesy, Aerial Survey and Cartography. The process of extension of a vertical control was partitioned into a number of operations.

First of all, the elements of images relative orientation were determined by means of stereocomparator measurements. The analytical solution of the relative-orientation problem was found by A.S. Skiridov as far back as 1928. Later G.P. Zhukov derived simple formulae for solving this problem, using for calculation an arithmometer or a slide-rule.

Through the elements of relative orientation angular elements of images exterior orientation were calculated in the conventional coordinate system of the strip. Then corrections for tilt were applied to abscissas of the points. Special measuring transparencies made for the typical focal distances and some preset angle values were used for the purpose. The values of the corrections taken from the transparencies overlaying the picture were specified for the difference between the actual tilt and the preset value. As a result horizontal parallaxes were got and the points' elevations were calculated. Then the stereopairs were united into the free vertical control net, which subsequently was externally oriented with simultaneous elimination deformations. Horizontal positions of the points needed for the external orientation were achieved by graphical phototriangulation.

The techniques used before for receiving planimetric components of maps, one of the variants of vertical control extension, relief drawing by topographic stereometer which was followed by transferring contours onto the map provided the basis for the differential method of aerial phototopography. The theoretical basis for the method was made by M.D. Konshin and G.V. Romanovsky. The method used for more than twenty years was an aid in solving the urgent problem of making topographic map (scale 1:100,000) for the whole territory of the USSR. At the same time the surveys of the vast areas were conducted even for larger scales.

Production of the upgraded equipment for aerial photography, primarily, wide-angle aerial cameras, made a great contribution to mapping. Computation of camera lenses was facilitated by the research of the eminent scientist-optician M.M. Rusinov. Guided by the phenomenon of aberration vignetting (discovered by him in 1938) he worked out the construction diagram for the wide-angle lens with low distortion and improved (compared to the former lenses) illumination distribution all over the frame.

The Karl Zeiss aerial cameras of that time did not suit for the new lenses. That is why they were upgraded at the Central Research Institute of Geodesy, Aerial Survey and Cartography under the supervision of S.P. Shokin and G.G. Gordon. As a result the new wide-angle aerial cameras АФА ТЭ with 180x180mm frame, focal distances 100mm and 70mm (later 55mm and 36mm) were produced. Aerial cameras with focal distances 140, 200, 350, and 500mm were also produced.

The ideas put forward by M.M. Rusinov were supported in other countries as well. In 1972 the French Academy of sciences awarded him with E. Lossed prize.

For АФА ТЭ with focal distances 70, 100 and 200 mm the stabilizing platform H-55 with gyroscopes was developed. It made possible standing the tilt angle of about 15', with the limiting value of 1°.

Much attention was paid to the techniques and devices used for the determination of the images exterior orientation elements. K.P. Bychkovsky and Yu.S. Dobrokhotoy developed some models of statoscopes. I.L.Gil created radio altimeter PB-10 and A.I. Gruzinov – radiogeodetic system.

The above mentioned and some other works on upgrading the aerial photography equipment guided by G.V. Romanovsky as well as the use of new aircrafts and the transition to the instrumental air-navigation made it possible to improve the quality of aerial photographs and rationalize some processes of horizontal and vertical control extension. All this resulted in the reduction of the field works volume.

Of great importance for that period was the construction diagram for the aerial slit-camera developed by V.I. Semyonov (1936). M.M. Rusinov designed a wide-angle lens for it, with angular field of 126°. In this camera the photographs were taken through the narrow slit to the continuously moving film. Conceptually it was the prototype of scanning cameras. Thus, it was the works by V.I. Semyonov that initiated the development of slit photography. In the USA this kind of cameras appeared only six years later.

The role of photogrammetry constantly growing, its fundamentals were introduced and taught as one of the sections of geodesy or as a special discipline in many higher educational establishments of the country (those specializing in civil engineering, transport, agriculture, mining, and polytechnic). The departments of photogrammetry appeared in some of them. Little by little independent scientific schools headed by qualified scientists were formed at these departments. Professors V.Ya. Finkovsky (the Lvov Polytechnic Institute), V.I. Pavlov (Leningrad Mining Institute) and A. Bukholts (Riga Polytechnic Institute) were among them. By the way, in 1947 -1960 A. Bukholts worked in Drezden Higher Technical School (Germany). These departments were engaged both in academic and research work. Many specialists were trained by them.

In 1939 the faculty of geodesy of the Novosibirsk Civil Engineering Institute was reorganized into the Novosibirsk Institute of Engineers for Geodesy, Aerial Photography and Cartography (NIIGAiK), later renamed into the Siberian State Academy of Geodesy (SSAG). It was the second (after the Moscow Institute of Engineers for Geodesy, Aerial Photography and Cartography) higher educational establishment in the country specializing in geodesy. Little by little the institute arranged its structure, faculties, departments, teaching staff and material base like those in MIIGAiK. The char of photogrammetry was founded in 1943.

There appeared some colleges of specialized secondary education as well, which trained specialists in all the geodetic specialities including photogrammetry. At the production enterprises, as a rule, all the important technological operations were carried out by engineers or technicians.

New photogrammetric equipment and techniques which appeared at the aerogeodetic enterprises of the State geodetic service were adopted at once by the organisations of land and forestry management as well as in other branches. The coordination of researches on aerial photography and photogrammetry application for earth resources exploration was carried out by "Laboratory of Aeromethods", affiliated into the USSR Academy of Sciences. Significant was the role of scientific conferences ("The All-Union conferences on aerial survey") regularly (since 1929) held by this laboratory. Collective decisions were taken which determined the line of further development for aerial photography and photogrammetry.

During the Great Patriotic War (1941-1945), which the USSR waged against Germany and its allies and which became the part of the World War II, the most important problem faced by aerial photography and photogrammetry was providing support to the Soviet army with reliable photographs and maps both of the front zones of action and the enemy's defended localities. The military topographic service of the country was successful in implementing the task, thus making a great contribution to the victory.

In the after-war period the basic topographic map of the country was chosen that of 1:25000 scale, and for some regions it was 1:10000. At that, the contour interval for the flat areas was 1 meter. The differential method of aerial surveying could not ensure the accuracy required for this type of maps. That made the scientists involved in photogrammetry to draw attention to the analog plotting instruments, universal photogrammetric devices.

The first experience of using such instruments was acquired through the multiplexes whose production had been started in the country by that time. They were used both for stereotriangulation and for compilation of original maps. To promote the practice, a small batch of stereoplanigraphs was produced. They were analogous to Carl Zeiss C-5 instrument, but had some essential fundamental drawbacks which quickly cooled interest to them.

Stereoplanigraphs like all the analog instruments known by then were designed for the reconstruction of projecting rays bundles existing at the time of exposure, i.e. the elements of the internal orientation of the projecting cameras of the plotting instrument and the aerial camera ought to be exactly equal. This requirement made the construction of the instrument too complicated, or limited its application field.

The research on rectification of images with anamorphic affine bundles of projecting beams was started by M.D. Konshin in 1944. For vertical photographs the application of affine bundles results in difference between the vertical and horizontal scales of the restituted geometrical model, which is easily treated. But for tilted photographs, in projecting beams bundles oriented according to the strict rules of rectification, the nadir beams, which were vertical at the time of exposure, deflect from the vertical. Therefore the general geometric model of the terrain cannot be created without taking into account this feature.

One way of solving this problem was given by A.N. Lobanov who suggested decentering every photograph in the projecting camera by the value twice as great as that required for rigorous rectification of the affine bundle. As a result of the double decentration, the nadir projecting beams took vertical position in the instrument and

the geometrical model was restituted, if only approximately. As applied to his solution, A.N. Lobanov made a field stereoplanigraph, and M.D. Konshin constructed a stereoscopic drawing device. But these instruments were made as just experimental samples.

The geometrically correct solution for orientation a pair of affine bundles was realized by F.V. Drobyshev in his photocartograph. It was an analogue instrument with optical projection and special guide lines for sliding the carriages with floating marks. In the process of a stereopair orientation in the instrument, the guide lines were set along the oblique nadir rays. Thus it looked as if eigen axis Z was introduced for each projecting bundle.

In process of the above mentioned investigations it became obvious that the optimal device would be that with mechanical projection. Before restituting each projecting ray of the bundle, it was necessary to introduce the corrections into the corresponding image point to eliminate its coordinates distortions due to the image tilts. This principle of projecting beams modeling was realized by G.V. Romanovsky in stereoprojector (SPR). In this plotter the coordinate carriage of each photograph was connected with the corresponding lens of the observation system by means of the mechanical rectifier. This mechanism [shifted](#) the observing line on the needed value along the radius-vector, connecting the visualized point of the photograph with the isocenter. Therefore when the photo carriage was moved to the position corresponding to the coordinates of the geometrical model point on the vertical photograph, the point of the real tilted photograph appeared on the observing line of the plotter.

Another way was chosen by F.V. Drobyshev. The idea of his stereograph SD was that of the inclined photograph was as if dissected with an infinite set of horizontal planes. In this case each point of the photograph was considered as the point of the virtual horizontal image with its own focal length. Smooth variation of focal lengths of the instrument projection system was implemented by means of the correcting plates with feelers connected with the cardans of space projecting rods and the photographs coordinate carriages. The correcting plates were to be tilted relative to the two axes in proportion to the tilts of the photographs. As a result the focal distances of each branch of the projection system were continuously varied.

As in both above mentioned instruments (SPR and SD) the bundles of projecting rays were restituted in (as if) vertical photographs, these devices were suitable for any focal distances. The correction units were set in a proper position on these devices by means of images relative orientation and exterior orientation of the restituted terrain model. These processes, like those on the plotters with similar projecting beams bundles, were realized in a standard way, though some special features were taken into account. Thus instead of rotating projecting cameras, the setting of the correction mechanisms on SPR or the tilt of the correcting plates on SD were changed. The difference between the horizontal and vertical scales of the model developed by the instrument was also to be taken into account.

It did not take long for SPR and SD to become basic devices in photogrammetric workshops of the production enterprises. On the basis of these devices the universal method of aerophototopography was developed. It is quite reasonable that in favor of

the new method former techniques were abandoned as concerns separate control extension both horizontal and vertical. They were substituted for the spatial phototriangulation by means of analogue instruments. Various aspects of photogrammetric extension of control points were developed and improved by many scientists. Of special note is the role of A.S. Skiridov who put forward the idea of taking into account some additional conditions in geodetic control.

At the same period some other lines of photogrammetry were being developed. Making photomaps of mountainous areas started with the principle of rectification not into the plane surface, but into the reverse model of the terrain. In 1954 the first russian slit orthoprojector was constructed at the suggestion of G.P. Zhukov and G.I. Kolontarov. In 1973 the production of orthoprojectors was started on the basis of Drobyshev stereograph.

The role of the terrestrial stereophotogrammetry reduced significantly, but the method was not abandoned. It was used mostly for all types of engineering surveys with phototheodolite complexes produced in the country. It should be noted, that at one time, as suggested by P.N. Rapasov, the points coordinates determined by phototheodolite surveying of mountainous areas were then used as control points for photogrammetric processing.

The advent of computers profoundly changed most of the photogrammetric restitution processes. The transition to analytical methods started with aerial triangulation based on the works of N.A. Urmayev, who investigated the problem as far back as the pre-war years. In 1941 his book "The elements of photogrammetry" was published, which presented mathematical description of analytical treatment of photogrammetry as concerns photographs orientation and terrain models creation.

The theoretical provisions for the analytical procedures presented in the works of N.A. Urmayev were caught up and developed by A.N. Lobanov. The first program of analytical phototriangulation was worked out under his supervision at the department of photogrammetry of the Military engineering academy in 1956-1957. Soon many other specialists got interested in the subject. A scientific school was formed by A.N. Lobanov, with joint efforts of the scientists being aimed at the investigation of different aspects of analytical phototriangulation. They included strip- and block triangulation with approximate and fine adjustment; additional data to be taken into account; elimination of systematic errors effect; adjustment of triangulation with self-calibration, etc. At the same time the corresponding programs were developed, and analytical air triangulation was efficiently introduced into topographic and geodetic production. Before long it became the main technique for horizontal and vertical control.

Since 1968 the program complexes for analytical treatment of image measurement developed under the supervision of I.T. Antipov were widely recognized by the production enterprises. He put forward some suggestions on general problems as well. His book "Mathematical Aspects of Analytical Aerial Triangulation" published in 2003 summarizes investigations of many years concerning analytical phototriangulation. In 2008 he substantiated simultaneous use of several coordinate systems (in adjustment) for the photographs different from those accepted for the ground points. This allows establishing phototriangulation nets

in the form of a ring or a sphere. The technique may be used when photographs of some engineering or laboratory objects were taken from all sides. It may be suitable for mapping celestial bodies as well.

Introduction of analytical phototriangulation could not be efficient without proper instrumentation. The problem was solved due to the development and mass production of the automated stereocomparators. At the beginning of 1970s stereocomparator CKA-18 and later CKA-30 were developed. The instruments features were high precision (2–3 microns) and automated image measurement and recording.

In parallel with the above mentioned the traditional technologies were improving, with hardware being upgraded. By the end of 1980s aerial cameras with image-motion compensation had been developed. In 1988 mass production of AΦA-TK-10/18 with focal distance 100 mm was started, and a few years later those with other focal distances. The research on aerial cameras conjugation with GPS-receivers was conducted. That was necessary for definition of position of projection centers.

The success of photogrammetric methods permitted completing the mapping in scale 1:25000 for all territory of the country in 1988.

It should be noted that the surveys were successfully completed mostly due to the good instrumentation of aerogeodetic enterprises, namely Drobyshev photogrammetric instruments. The life of F.V. Drobyshev was full of many interesting events. In the years of the World War I (1914-1916) he served as a military topographer at the Russian-German front. He took part in military operations and was [heavy](#) wounded. He was awarded the order for military valour and courage. Since 1926 to 1986 F.V. Drobyshev was [connected](#) with MIIGAiK. He developed original devices for all the directions of photogrammetry. His creative activities were marked with many government rewards including the two State prizes (the highest in the USSR).

F.V. Drobyshev was generous at sharing his experience and knowledge with his post-graduate students. Many of them became prominent professors later on. From among his post-graduate students it is possible to name A.N. Lobanov already mentioned above, and L.N. Vasilev who one of the first has concentrated on automation of processes of image understanding and pattern recognition, having applied the theory of fractality and self-similarity in an environment. One of post-graduate students was I.T. Antipov who assisted his teacher in developing stereograph SD. His candidate's degree dissertation was translated into German and the outstanding German specialists came to know about the principles of image processing with the affine bundles of rays and the realization of these principles in Russian analogue photogrammetric instruments.

F.V. Drobyshev was a highly educated and creative person, he liked music and composed chamber music himself. His works were highly appreciated by the professional musicians and he has been accepted the Union of the Soviet composers.

At the end of the XX century rapid development of computer engineering resulted in the new products of aerial photography, i.e. digital terrain models and digital maps. Investigations in this field started at approximately the same time with the transition to analytical phototriangulation. Hardware-software complexes made

the technical basis for collecting digital information on the terrain from images. The first of them was Analyt complex, its production testing started in 1977. In 1979 the production use of analytical stereoprojector SPA was started, and in 1984 – that of the automated analytical complex “Oromat”. But the above mentioned complexes were operated by rather bulky computers and their quantity was negligible. The situation changed for the better with the advent of PCs. In 1991 serial production of analytical photogrammetric instrument – stereoanagraph was started. It was developed at TSNIIGAiK under the supervision of G.A. Zotov. In 1995 by the licence of “Leika” the production of the analytical plotter SD-20 was started, the latter was a complete analog of SD-2000 instrument.

In 1992 one of the priority directions of Roskartographia national-scale works was digital-maps production. To meet the demand, the main geoinformation centre and some regional ones were established. Alongside with the digitization of the existing map materials, digital maps were derived from aerial photographs, using stereoanagraphs, analytical plotters SD-20 and other equipment.

By that time several creative-minded teams of the country were developing digital photogrammetric workstations (DPW) which opened the way to complete automation of all the photogrammetric processes as concerns collection and processing of digital data on the terrain.

The idea of the station is usually ascribed to the Finnish scientist U. Helava. Giving credit to his contribution, it should be noted that many years before him the idea of automated stereomeasurements was put forward by A.S. Skiridov. As far back as 1927-1933 he received several author's certificates on devices for automatic drawing of contours by comparing the grey level around the identical points of stereopairs. In 1937 A.S. Skiridov wrote that “... we should turn to photoelectric effect and substitute a human eye (with its stereoscopy) for it when drawing the relief ...”.

The first Russian DPWs were presented at the congress ISPRS held in Vienna in 1996. Later the two types of stations which met the production demands best of all came forth.

One of them, DPW “Delta” was a result of cooperation of the department of photogrammetry of TSNIIGiK and the team of “Geosystem” company, formed in Vinnitsa, Ukraine (now, after dissociation of the USSR, independent state). The general guidance of the research on this station was provided by G.A. Zotov and S.V. Oleynik. Some other specialists were also attracted for the software development. In particular, to solve the problem of analytical phototriangulation adjustment, the technology package of DPW was thoroughly integrated with the complex of analytical image processing, developed by I.T. Antipov. This complex was time-proved, as it was widely used many years at the production enterprises.

Another DPW, entitled “Photomod”, was the product of the Russian company “Rakurs”.

Both stations were widespread not only in Russia and former republics of the USSR, but beyond their boundaries. The stations permit solving the problems of digitization by deriving digital models and digital maps from aerial photographs and the Earth satellite images.

The experimental optomechanical plant of the Central Research Institute of Geodesy, Aerial Survey and Cartography started producing precision photogrammetric scanners PhS-30, designed for converting analogue images into digital ones. The scanner ensured resolution up to 2300 dpi, geometrical accuracy 3 microns, and allowed scanning of images up to 30x30 sm.

The new trend of photogrammetry appeared with the advent of the artificial satellites, space photography images and their practical application.

The first satellite photograph of the Moon was taken from unmanned station “Luna-3” in October 1959. On board the station there were miniature cameras, equipment for film photoprocessing, and the devices for image scanning and transfer. Nearly half of the Moon surface was photographed, with the two-thirds of the images being those of its averted hemisphere.

In 1966-1973 different parts of the Moon were photographed many times both from satellites series “Luna” and “Zond”, which flew round the Moon, and from descent modules on its surface. As a result, three types of images were received: phototelevision-, radar- and usual satellite photographic images taken from “Zond”. After orbiting the Moon the satellites returned to the Earth with the exposed film.

Involved in image processing were the specialists from the Moscow Institute of Engineers of Geodesy, Aerial Survey and Cartography, the Central Research Institute of Geodesy, Aerial Survey and Cartography, the Institute of Astronomy of the USSR Academy of Sciences, and other organizations. Their efforts resulted in the maps of different parts of the Moon, both visible and far side. The scale of the maps derived from satellite images ranged from 1:1M to 1:10M (M – million). The first complete map of the Moon was of 1:5M scale. The complete globe of the Moon was also made. On the basis of the self-propelled robot data, large-scale maps were made for some limited areas.

At the end of 1971 the Soviet spacecrafts “Mars-2” and “Mars-3”, with photo- and television cameras mounted on them, started transmitting images of the Mars surface, including colour ones. In 1974 the satellites “Mars-4” and “Mars-5” continued surveying. From the received images three maps of 1:5M scale and for some areas 10 times as large were derived at TSNIIGAiK. The images of the planet disk edges allowed constructing profiles of its relief.

The experiments of Venus surface mapping were dated for the launching of unmanned interplanetary stations, series “Venus”, in 1974-1983. Because of the opaque clouds, hiding the planet, radar surveying was chosen for the purpose. The bottom line of the works, carried out by TSNIIGAiK and the USSR Academy of sciences, were hypsographical maps, scale 1:5M, and the atlas of the planet surface. The atlas presented the detailed information on the initial surveying materials as well as the processed and interpreted data.

Satellite surveying was promoted by theoretical investigations including the development of geometrical models for radar imagery and their application for photogrammetric treatment. Significant contribution was also made by the methods of camera calibration, coordinate referencing of radar data, refinement of unmanned stations orbital and navigation parameters and the laws of overlapping radar images

stereovision. The conducted investigations were summarized in the monograph "Space Photogrammetry" by Yu.S. Tyuflin, and the books by other scientists.

Regular satellite surveying of the Earth (both manned and unmanned) started in 1960s. In 1973 the State research and production centre "Priroda" (Nature) was established to deal with the development of techniques and technologies for aerospace data acquisition, processing, storage, distribution and application.

In order to receive the material to be applied to the problems of nature study, thematic and topographical mapping, several generations of specialized space complexes "Resurs-F" were created. As opposed to a number of foreign satellites their principle of data accessing was that of a traditional photographing. Since 1974 more than 100 short-term satellites have been launched. Each of them conducted the survey according to the set program. The images were delivered to the Earth by the lander. In addition to the above mentioned, space complexes of "Cosmos" series were created and orbited. All the original satellite images were sent to the State center "Priroda", whose stock of the space information amounted to nearly 2 million images of the Earth's surface (multispectral, spectrozonal and panchromatic). The images of "Resurs-Φ" series with 5 - 10 m resolution were distributed in more than 80 countries, with the number of their users surpassing one thousand.

For satellite imagery cameras TK-350 and TK-1000 were used. Photographs of these cameras possessed high measuring and deciphering characteristics, with images exhibiting high measurability and identification characteristics. They and many other materials and data formed the information base to be realized by complex hardware-software techniques and the technologies for making and updating digital topographic maps up to the scale of 1:10,000 inclusive. These images were also used for complex mapping of natural resources and monitoring of the state and dynamics of various natural and anthropogenic processes.

Great contribution to the development of the State centre "Priroda" was made by Yu.P. Kiyenko and Ye.A. Reshetov.

The environmental monitoring was conducted in accordance with both Russian and international programs. Thus in 1996-1999 the "Priroda" module worked on the manned space station "Mir". The information was received in Obninsk (Russia) and Neustrelits (Germany) and applied for various investigations and experiments, including studies of soil and atmosphere hydrological conditions (in cooperation with Bulgaria, Italy, the USA and Germany); distribution of minor gas components in the atmosphere (together with the USA and France); ecological problems (with Kazakhstan). Besides contributing to the concrete problems solution, the investigations resulted in the developed techniques for complex space exploration and quasi-synchronous ground-truth observations.

In spite of the fact that in the XX century the USSR and Russia did not launch satellites with high-resolution opto-electronic sensors for remote sensing of the Earth, the State centre "Priroda" became interested in the images taken not only by photocameras but also by digital ones. In the first years of the XXI century Roskartographia started switching from photography to the on-line optoelectronic satellite imagery. It was getting ready for reception and processing of the information from the new high-performance remote sensors of the Earth, types "Resurs-DK" and

“Monitor-E”. The first satellites of this type, capable of solving the variety of problems concerning mapping and nature investigation, were launched in 2006. The long-term plans foresee creating the artificial satellites constellation to provide general view of the Earth with preset periodicity, different spatial resolutions in all possible ranges of the electromagnetic spectrum.

Some proprietary organizations became intermediaries in distributing the satellite images of other countries in Russia. For instance, the “Sovzond” company, established in 1992, became an official distributor for the ten world leaders in the field of remote sensing data supply. It is through this company that the customers in Russia and the former republics of the USSR could obtain most of the satellite images, including those with highest resolution.

The “Sovzond” company’s activities were based on the cooperation with higher educational institutions. Thus the innovation centre “SSAG-Sovzond” trained and retrained specialists in digital techniques for aerospace information processing by means of program complexes ENVI and ERDAS.

By 2008 more than the half of Russian territory was covered by high-resolution satellite images from WorldView, QuickBird, Ikonos and OrbView. During this period all the distributing companies reported annual growth of orders for satellite images from other countries. The customers were mostly the organizations dealing with environment and earth resources exploration. The scientific books, collected works of various conferences and scientific works of higher educational establishments, published in Russia, included many articles on the remote sensing of the Earth and these data application for the successful solution of different problems.

The first experiments in aerial photography using laser scanning were started at the end of the XX century. One of the pioneers in this field was Ye.M. Medvedev, a prominent specialist in laser location and some other new techniques of aerial photography and pertinent software. He did his best to make the method of airborne laser scanning popular. He wrote a number of articles and took part in scientific conferences on the subject. In practice laser location began to apply in engineering prospecting, which demanded digital models of extended precision.

In the XXI century the scientific information exchange was promoted by the annual International congresses “Geo-Siberia” initiated by SSAG. The subjects of the congresses embraced all the Earth sciences, including photogrammetry as a technique for the earth surface state documentation. These congresses, as the name implies, primarily covered only some part of Russia, i.e. its territory from the Urals to lake Baikal. Nevertheless at these congresses took part a lot of the most famous professionals of ISPRS, the most prominent scientists from the largest universities of Europe and Asia, and the representatives of the leading world and Russian companies dealing with photogrammetry, development of software or equipment. The chair of photogrammetry of SSAG, headed by A.P. Guk since 1991, presented its new research results at each congress. The influence and the authority of the chair significantly gained owing to the fact that outstanding scientists of the Siberian division of Russian academy of sciences, including L.K. Zyatкова, V.P. Pyatkin, Yu.I. Kuznetsov, many years delivered lectures at the chair, actually being its members.

By means of the congresses partner relations started to develop between MIIGAiK, SSAG a number of universities of Europe, Asia and America. The general approaches were outlined for perfection of higher education in the field of all sciences about the Earth, and first of all - geodesies, photogrammetry and cartography. To a number of large scientists from foreign universities ranks of honourable professors SSAG are appropriated. Among those who received this rank there was G. Konecny – an outstanding figure of the international photogrammetric community. He and F. Akkerman became also honourable professors of MIIGAiK.

Until 1966 Soviet specialists in photogrammetry took part in social and scientific events of the country within the framework of the All-union astronomical and geodetic society. Then the National Committee of Photogrammetrists of the USSR was established, which assumed coordinating functions as a public organization. In 1968 the National Committee joined the International Society of Photogrammetry as an ordinary member.

In 1976 at the XII congress of the International Society of Photogrammetry (ISP), which was held in the capital of Finland, the National Committee of Photogrammetrists of the USSR was entrusted to head the technical commission III “Mathematical Analysis of Data”. I.T. Antipov was elected its president. The international symposium of this commission was held in Moscow in 1978. In 1980 at the XIII congress in Hamburg the IPS was renamed into the International Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS). I.T. Antipov was elected the second vice-president of the society. On the instructions of that time council of the society, I.T. Antipov elaborated the projects of new Status and By-Laws. The documents were adopted by the society at the regular congress in Rio de Janeiro. The preliminary independent expertise stated that the presented projects surpassed the analogous documents of other organizations, cooperating with ISPRS. Since 2004 I.T. Antipov has become a member of “The White Elephants Club” of ISPRS.

In 1996 one more public organization was established in Russia, i.e. “Society for Contributing Development of Photogrammetry and Remote Sensing”. Yu.S. Tyufin was elected its first president. This society also joined ISPRS (as an associate member) at the congress held in Vienna in the same year. At that congress Yu.S. Tyufin was awarded the Brock gold medal for his contribution to the solution of the theoretical problem of mapping the Solar System celestial bodies.

One more ISPRS award was given to the representative of Russia at the congress in Ankara in 2004. It was V.P. Savinykh, a graduate from MIIGAiK, who later became a space-pilot and took part in three space flights. On finishing his space career he was a rector of the institute, he graduated from, for about 19 years. He made a great contribution to training engineers for all the specialities including photogrammetry. Under his rectorship the institute got the status of the university. In 2007 V.P. Savinykh became the president of this university. As an eminent personality V.P. Savinykh was granted the Samuel Gamble Award.

On the whole the state of photogrammetry in Russia was in agreement with the development level of that in the leading countries of Europe and America. The research works of the Russian scientists were corresponding to the world standards, and in some directions even above them. Some original devices, technologies and

techniques were developed which allowed to solve production goals effectively. The annual number of graduates from higher educational establishments and technical colleges met the demands of the country in full. As concerns application of photogrammetric techniques in Russia in the XX century, the scope and scales of solved problems was unprecedented.

The dissolution of the USSR had a negative effect on all the branches of the economy and living conditions of many citizens of the country. The amount of the annual state orders for topographic and geodetic works, including map updating, decreased. Financing of scientific research was cut down. The posts of teachers of higher educational establishments and research workers were no longer prestigious. As a result, the influx of young specialists into the field of science decreased, with the scientific personnel of many institutions ageing. The situation like this resulted in a lower rate of photogrammetry development in the country. But in history of Russia there were difficult periods, however the country always left them got stronger. The people of Russia keep being sure, that in the XXI century the country is going to flourish.

REFERENCES

1. Yu.S. Tyuflin. Development of Domestic Photogrammetry. Journal "Geodesy and cartography", 1994, #3.
2. B.V. Krasnopevtsev. Main events in the history of photogrammetry, aerial- and satellite survey in our country after 1917. Journal "Geodesy and cartography", 2000, ##5,6,7.
3. R.M. Khrushch The stages of Russian photogrammetry formation and development. Journal "Geodesy and cartography", 2003, #7.
4. Geodesy, cartography, geoinformatics, cadastre: Encyclopedia. Two volumes. M.: Geodezizdat, 2008.

© *И.Т. Антипов*, 2010

УДК 528.48

Джоел ван Кроненброк

Leica Geosystems AG, Швейцария

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗА СОСТОЯНИЕМ КОНСТРУКЦИЙ МОСТА ЙОНДЖОНДО В ЮЖНОЙ КОРЕЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ GLONASS/GPS

Joël van Cranenbroeck

Leica Geosystems AG, Switzerland

E-mail: joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com

STRUCTURAL BRIDGE HEALTH MONITORING WITH GLONASS AND GPS – THE YEONG-JONG BRIDGE IN SOUTH KOREA

Key words: Structural Health Analysis, GLONASS, GPS, Bridge, Centralized Processing, RTK, Geodetic Monitoring

SUMMARY

The New Airport Highway Co., Ltd. – Republic of Korea requested to renew the complete monitoring system installed on the Yeong-Jong bridge that links up Sicheon Island with Soul city.

Leica Geosystems was willing to provide a cost effective and innovative solution for delivering 3D positioning information at 20Hz from 10 GNSS Monitoring stations to advanced analysis application software developed by the engineering company in charge of the whole structural monitoring project.

The installation has been finalized in October 2008 and included Leica GNSS GRX1200 GG Pro Reference station, Leica GNSS GMX902 GG Monitoring station, Leica GNSS AX1202 GG Geodetic Antenna and Leica GNSS AT504 GG Choke ring Antenna. In the control facility the software installed on dedicated PC servers were Leica GNSS Spider software including positioning option and the Leica GNSS QC data analysis software including the Advanced Coordinate Analysis option.

The author designed the GNSS monitoring network and organized the pre-analysis that consisted to evaluate the contribution of the possible multi-path's errors induced by the environment (pylons and cables) and therefore to select the ideal monitoring points. The installation of the GNSS stations including monuments, accessories, communication and cabling has been carried out by the expert people from Leica Geosystems Korea. They also organized the measurement of control points to define a local transformation from WGS-84 to the bridge coordinate system.

The installation of Leica GNSS Spider software, the connection to the optic fibre communication network, the configuration and the interface to the analysis software, training and maintenance has been realized by the Leica Geosystems Korea

support team jointly with BT-Consultant – the Leica Geosystems partner in Seoul Korea.

INTRODUCTION

The Yeong-Jong New Airport Highway Bridge is the steel double deck box-girder suspension bridge which links Incheon International Airport to Seoul city as a real gateway to Korea.

It is the world first 3D self-anchored suspension bridge which services a highway on the upper and lower deck, and railway on the lower deck crossing the sea between Yeong-Jong Island and Incheon city. It lies between Kyeongseo-dong (Changdo) and Unbuk-dong (Yeong-Jong Island) of Incheon city on the Yellow Sea.

Construction began in December 1993 and the bridge was finally opened to traffic in November 2000. The total length of the bridge and main span of suspension bridge is 4,420m and 550m respectively. The bridge width is 35m and there are 49 piers. The east and west towers are 107m high. The bridge type is divided into three parts such as suspension bridge (550m), steel truss (2,250m) and steel deck (1,620m) bridge.

The Bridge Monitoring Center was built at east side of the bridge (New Airport Highway office), equipped with fiber optic communication system, closed circuit television, information management system, message sign system, emergency call system, broadcast system.

Monitoring sensors were also installed to mainly detect deformation, deflection, temperature, seismic impact, dual axis inclination and acceleration.



Fig. 1. The gateway to Korea – The Yeong-Jong New Airport Highway Bridge

In 2007 Leica Geosystems was invited to perform the loading test with GPS RTK by the New Airport Highway Company and that method was able to complete the test smoothly while even alternated proposals couldn't get acceptable results.

With that advanced RTK technology, impressive test accuracies at the 1cm level were achieved.

This loading test convincingly vindicated the superiority of GPS based bridge monitoring. After this, the upgrade and modification of the superstructure health monitoring system was completed using GLONASS and GPS monitoring system that focused on the monitoring of the girder geometric form and the displacement of the bridge towers.



Fig. 2. One of the GLONASS and GPS Reference station on the roof top of NAH office

GLONASS AND GPS BRIDGE MONITORING SOLUTION

The GLONASS and GPS Bridge monitoring system consists of GNSS receivers, communication links, processing, management and analysis software, and accessories.

All of the above components form an integrated system. In the design stage, the environmental situation has been considered as the predominant error source in the bridge environment. Multipath is caused by signals arriving at the antenna which have been reflected by nearby metal objects, ground or water surfaces. The error is different in each measuring site and cannot be eliminated by differential techniques.

At the reference station site, the position of the antenna has been selected to avoid such reflections. Leica Geosystems' AT504 GG choke ring geodetic GNSS antenna helps to mitigate the multipath effects. The advanced dual-frequency GNSS Reference Stations comprising two Leica GRX1200 GG Pro and two AT504 GG choke ring antenna. The monitoring system included ten GMX902 GG receivers and ten AX1202 GG antennas.

The Leica GNSS Spider software with the positioning option and GNSS QC with advanced coordinate analysis option were adopted as the software of this system.

A GNSS reference station should be established in a stable area. As the start point of each baseline, the reference station must have precise coordinates within the local coordinate system.

One Reference Station was installed on the roof top of the Bridge Monitoring Center and the other Reference Station was installed at the west side of the bridge on the top of another NAH facility.

To show to maximum effect of the distortions and dynamic characteristic of the bridge, the ten GNSS monitoring antennas have been installed at the maximum flexure location of the main span, at the 1/9, 2/9, 4/9, 8/9 and 9/9 points of the bridge and on the cable.

Finally, based on the transformation parameters provided by the user, the system is delivering three dimensional dynamic displacement results within the bridge coordinate system.

Leica GNSS Spider software also provides an interface to other analysis software over serial RS-232 interface and with the TCP/IP protocol. Any analysis software that uses the standard NMEA format can be used.

The engineering partner of Leica Geosystems, the company BT Engineering, provided that kind of solution. With real time bridge coordinates, third party analysis software may perform dynamic display of real time distortion curve, storage, statistical analysis and warning.

Moreover, Leica GNSS QC quality analysis software can be used to perform the quality analysis and research on the results. This is an indispensable tool for checking data and results in the design and operational stages

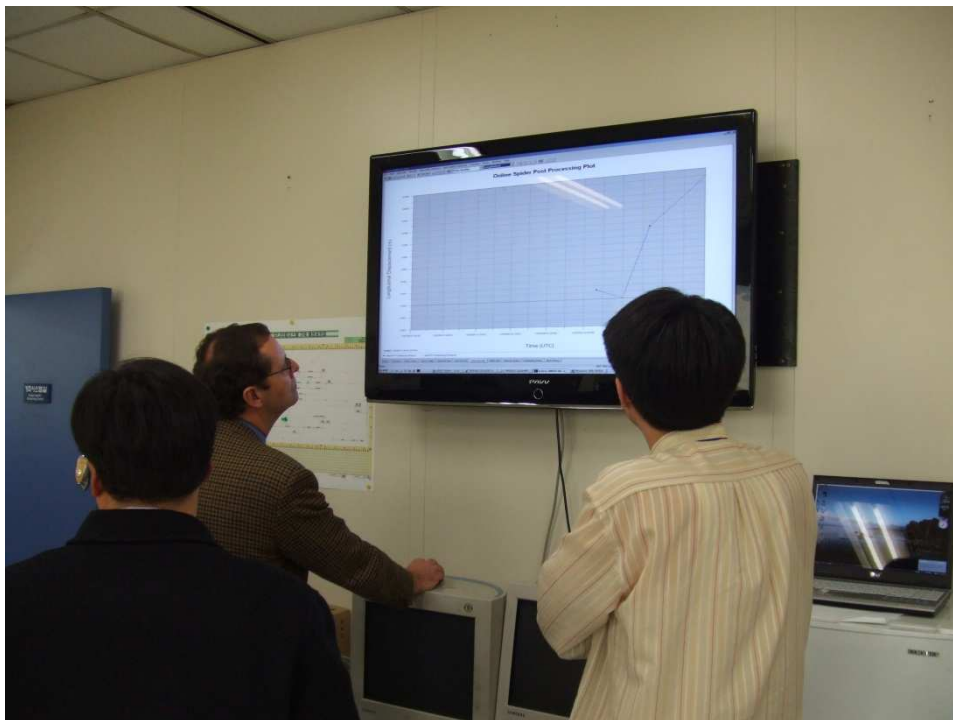


Fig. 3. Monitoring display in NAH office

THE ADVANTAGES OF USING CENTRALIZED RTK FOR BRIDGE MONITORING

The advanced GLONASS and GPS Spider Bridge monitoring solution with centralized RTK functionality developed by Leica Geosystems is superior to the traditional RTK solution. The communication requirements are greatly simplified and multiple Reference Stations can be used. The receiver equipment can be remote controlled and monitored, and the status of the system can be obtained at anytime.

With the standardized output interface, it can be easily connected with third party analysis software. Operating at a 20Hz measurement rate, the bridge monitoring system is able to detect high frequency vibrations.

According to the recommendation by Leica Geosystems to enhance the reliability of the system, Yeong-Jong Bridge established two reference stations. Leica GPS Spider supports multiple reference stations to provide redundant checks. If the communication to one reference station breaks down, other reference station can be used as backup for processing any combination of baseline.

Leica GNSS Spider can process the observations of L1 single-frequency GPS receiver and L1+L2 dual-frequency GLONASS and GPS receivers. Thus single-frequency GPS receiver also can be used for the bridge monitoring application if they are located on the slow motion places like the top part of the pylons.



Fig. 4. Monitoring station on the cable



Fig. 5. Monitoring station on the top of pylon

CONCLUSIONS AND PROSPECTIVES

With GLONASS and GPS RTK technology, the geometric form of the bridge can be monitored in real time and in all weather conditions. The three dimensional displacement of the towers, main span and suspension cables can be measured directly. All of this characteristic information that reflects the bridge's health can be combined with structural models to analyze the internal forces affecting the main components of the bridge.

The reliability of the bridge health monitoring and evaluation can be increased and the risk of the potential damage to the structure bridge can be detected. Therefore, GNSS monitoring can improve the efficiency and effectiveness of the maintenance work, provide the quantification information to the management and decision making of the traffic and structure safety of bridge, and make reliable assessment of the safety of the bridge.

With the ongoing development and improvement of GNSS hardware, processing algorithms and software GNSS monitoring systems will be applied widely to the structural monitoring such as bridges, building and other structure. Meanwhile, the Yeong-Jong Bridge's structure health monitoring system will play an active role in the promotion and development of the digital and intelligent bridge engineering.

CONTACT

Joël van Cranenbroeck

Business Development Manager for Geodetic Monitoring
Leica Geosystems AG, GSR EMEA

Rue du Tienne de Mont, 11
BE-5530 MONT – YVOIR
Belgium, Europa
E-mail: Joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com

© *Джоел ван Кроненброк, 2010*

УДК 528.7:528.8:528.91

Gottfried Конечный

Ганноверский университет им. Лейбница, Германия

ОБНОВЛЕНИЕ КАРТ – АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА, ОПТИМАЛЬНО РЕШАЕМАЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

Gottfried Konecny

Emeritus Professor

Leibniz University Hannover, Germany

MAP UPDATING – AN URGENT ISSUE TO BE OPTIMIZED WITH MODERN TECHNOLOGY

1. Introduction – the Global Mapping and Updating Problem

In history mapping has always been recognized as an important tool for navigation, and the location of important objects of the human economic and cultural environment. However, precise mapping beyond the aims of navigation could not start, before precise surveying and mapping tools were developed. The French Academy of Sciences played an important role in the 18th century to determine size and shape of the earth, which made way to cover the earth with chains or networks of triangulation onto which a more precise georeferenced mapping by terrestrial plane table became possible. In this way at least the continent of Europe was able to establish cadastral mapping and registration systems and to use the geometric base for generation of topographic maps in the 19th century. But the precise map coverage achieved by these rather crude methods was very restricted in area.

The situation did not change until mapping became possible by the use of aerial photography in the 20th century. While the conservative survey methods used in Central Europe first made resistance to the wide spread of aerial photogrammetry, World War II, in which large parts of the continents of Europe, Asia and Africa were mapped by the military forces of opposed countries independently. The Americas had also already started their aerial mapping programs, as it was clear, that the huge continents of North and South America could only be mapped by photogrammetric means. Also in the former Soviet Union, the largest country in the world, mapping was declared important by Lenin, and photogrammetric mapping was developed independently.

It was Willem Schermerhorn, a pre World War II photogrammetrist, who had been active in the former Dutch colonies in Asia, who as a retiring prime minister of the Netherlands convinced the Dutch government to establish the ITC as a technical assistance venture to the developing countries in Africa, Asia, Latin America and Oceania. The more than 15 000 graduates of the ITC introduced the photogrammetric mapping technologies in their home countries.

At the end of the 20th century the United Nations published a summary of the mapped areas of the globe at different scales:

Table 1. Status of World Mapping 1990

Scale range	1:25,000	1:50,000	1:100,000	1:200,000
Africa	2.9 %	41.4 %	21.7 %	89.1%
Asia	15.2 %	84 %	56.4 %	100 %
Australia and Oceania	18.3 %	24,3 %	54.4 %	100 %
Europe	86.9 %	96.2 %	87.5 %	90.9 %
Former USSR	100 %	100 %	100 %	100 %
North America	54.1 %	77.7 %	37.3 %	99.2 %
South America	7 %	33 %	57.9 %	84.4 %
World	33.5 %	65.6 %	55.7 %	95.1 %

There is no recent information on the status of areas mapped, unless it is extrapolated. The table shows, that still only Europe and the former USSR are adequately mapped at the scale 1:25 000. North America and Asia are completing their 1:50 000 coverage, while Africa and South America have severe deficiencies at that scale. The 1:200 000 scale is the existing map scale covering the globe.

The UN documents still differentiate what was in digital data form and what was still on paper at that time. Nowadays it can be assumed that all analog data have been scanned into digital form for GIS use.

No information is given on the larger scale coverages between 1:1000 and 1:10 000.

As has been realized by photogrammetrists, vector line mapping is a tedious and costly process, which most developing countries still cannot afford at medium and larger scales. But instead orthophoto mapping has proven to be only 20% of the cost of line mapping, and it can be produces also in about 1/5 of the time.

This is the reason why novel companies such as Google and Microsoft have concentrated on products such as Google Earth and Microsoft Virtual Earth to provide information on the basis of existing imagery.

While they use aerial imaging orthophoto products for densely populated urban centres, especially in Europe, North America or Australia, where they can purchase orthophotos produced for mapping purposes, they use satellite imaged of various resolutions from ground sample sizes of 15m down to 0.5m for other, more remote areas of the globe.

The timely obtainability of images is yet another reason, why aerial and satellite images are preferred over line mapping.

The United Nations has at the UN Cartographic Conference of Beijing in 1964 published another summary of world updating rates for maps:

Table 1.2. Update Rates of World Mapping

Scale range	1:25,000	1:50,000	1:100,000	1:200,000
Africa	1.7%	2.2 %	3.6 %	1.4%
Asia	4.0 %	2.7 %	0.0 %	1.9 %
Australia and Oceania	0 %	0.8 %	0 %	0.3 %
Europe	6.6 %	5.7 %	7.0 %	7.5 %
Former USSR	0 %	0 %	0 %	0%
North America	4.0%	2.7%	0.0 %	6.5 %
South America	0 %	0.1 %	0 %	0.3 %
World	5.0 %	2.3 %	0.7 %	3.4 %

In 1990 the update rate of 1:25 000 maps for Europe was about 15 years, in North America 25 years and the word average for a 1:50 000 map was about 45 years. No wonder, that Google Earth is preferred in Africa over outdated maps, even though it is not properly georeferenced and the date of imagery is not known.

This is illustrated by the images of a topographic map of Nairobi 1:50 000, a Google Earth image and the fast changes of the urban structures from decade to decade.



Fig.1. Topo Map 1:25 000



Fig.2. Google Earth Image

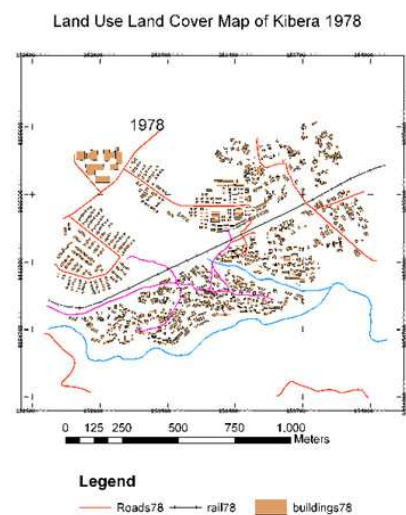


Fig.3. Kibera 1978

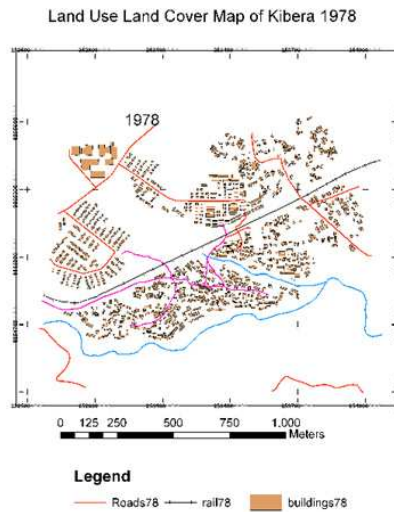


Fig.3. Kibera 1978

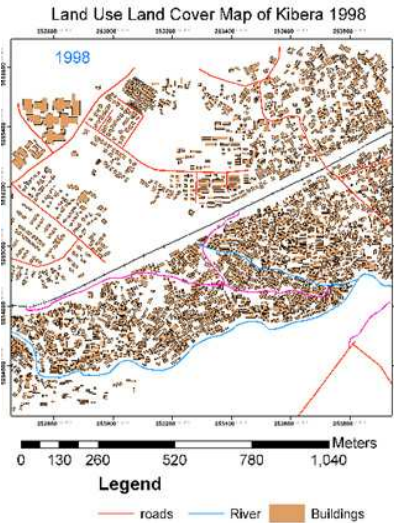


Fig.4 Kibera 1998

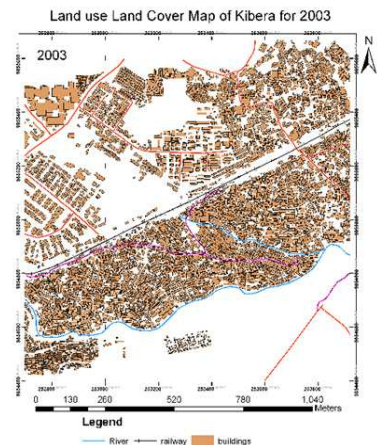


Fig.5 Kibera 2003

2. Mapping from Space

Mapping from space is the obvious answer for the global mapping and updating problem.

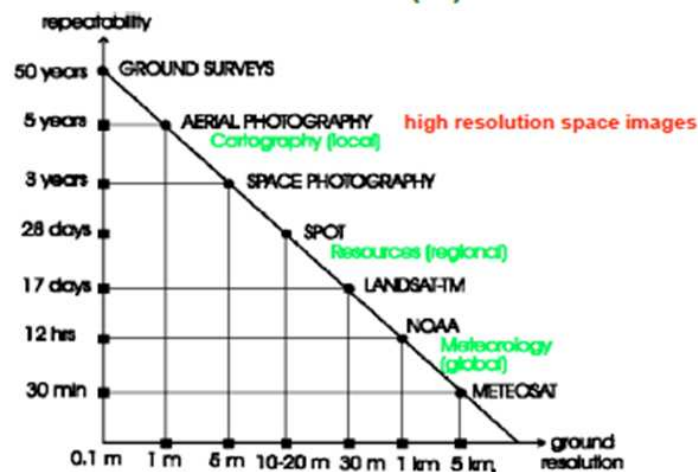


Fig. 6 Satellite Sensor Resolution and Repetitiveness

While the high repetitiveness meteorological satellites imaging every half hour only permit resolutions of 1km GSD, optical satellite sensors of up to 0.5m GSD permit successfully to compete with aerial imaging.

The history of civilian earth observation began with Landsat in 1972 with 80m GSD. Civilian higher resolution imagery in stereo was demonstrated with the German Metric Camera in 1983 on Space Shuttle with 10m GSD. The French Spot followed with 10m GSD in 1986. In 1993 the German MOMS-02 stereo scanner was demonstrated on the D2 Space Shuttle Mission and later on the MIR priroda Platform. It basically contained the elements of modern commercial satellite scanners, such as Ikonos, Quickbird, World View and Geo Eye, which now operate

with up to 0.5m GSD. Satellite systems of many nations, such as Israel, India, Russia, China, Korea and Taiwan now offer high resolution capabilities.

It can be concluded, that mapping from space is necessary, and that it is also possible.

The Institute of Photogrammetry and Geoinformation of the Leibniz University of Hannover has undertaken many comparative studies in ISPRS working groups chaired by K. Jacobsen between the different satellite image sensor systems for the possibilities of object extraction, comparing mapping capability and updating capability at different GSD sizes, and also taking into account the influences of radiometric resolution, the sun angle and the pan sharpening of multispectral with higher resolution panchromatic channels.

While line map products from aerial photos for mapping are in general qualitatively better, these can only be applied, if the higher expense and time spent for obtaining the vector products do not play a role, as is the case in highly urbanized areas of Europe and North America. In the developing countries mapping from space with appropriate sensor systems is possible up to a mapping scale of 1:4000.

3. Updating Issues

The updating capability is feature dependent. Area based features, such as industrial areas, built up residential areas, agricultural areas and forests can be extracted by hierarchical supervised texture based classification.

The updating of roads consists of the extraction of lines. Christian Heipke, the director of the Institute for Photogrammetry and Geoinformation of the Leibniz University of Hannover has initiated a number of doctoral dissertations for the automatic recognition and verification of different mapping features, such as the delineation of field boundaries (Butenuth), the extraction and verification of roads (Gerke), the extraction of pavement boundaries (Ravanbaksh). The automatic extraction was tested for different image scales and features in different types of terrain (Germany, Brazil, Africa).

It became obvious, that a fully automatic extraction is not possible. But the verification could establish the reliability of the extraction with the reliable ones gained by automatic means and the unreliable ones, which needed visual interpretation. This reduced the manual effort required by a factor of 3.

What is also very interesting, is that the reliability of area based features for high resolution satellite images was 72% with 1m GSD for Ikonos, while aerial RGB orthophotos with 0.3m GSD yielded slightly worse results with 68% reliability.

The corresponding values for road extractions were 62% for Ikonos imagery and 65% for 0.3m GSD RGB aerial images.

4. Conclusions

Already today the capabilities with high resolution space images offer a great potential for mapping and map updating of basic mapping information. With new satellite systems by many different countries these possibilities will improve.

Small satellites give rise in hopes that the conditions for space imaging will improve and that cost will be lowered.

The visual interpretation of images will with concentrated efforts lead to more efficient automated possibilities of feature extraction for GIS uses. This is a new challenge for photogrammetrists.

© *Готтфрид Конечный, 2010*