

СОЗДАНИЕ МАСШТАБНОГО ПЛАНА В ГИС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ БПЛА

Максим Александрович Алтынцев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-66, e-mail: mnbcv@mail.ru

Иван Владимирович Щербаков

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, кандидат технических наук, ведущий инженер научно-исследовательской лаборатории диагностики дорожных одежд и земляного полотна, тел. (913)795-33-33, e-mail: sibdorproect@bk.ru

Марина Анатольевна Алтынцева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, инженер кафедры картографии и геоинформационных систем, тел. (383)361-06-35, e-mail: als.mm@yandex.ru

Масштабный план – это один из основных видов продукции в железнодорожной отрасли. Для создания электронных версий таких планов все чаще применяются ГИС, позволяющие объединить разнородные данные, полученные геодезическими приборами и съемочными комплексами. ГИС обладают широким функционалом и позволяют его расширить за счет возможности разработки пользовательских программных модулей, благодаря чему возможно значительно ускорить процесс обработки данных геодезическим съемок с целью создания масштабных планов. В статье описаны результаты формирования масштабного плана по данным съемки с помощью АПК «Профиль-М» и БПЛА. Обсуждается, что данные БПЛА способны сократить объем полевых измерений, выполняемых с помощью АПК, а также стать источником контрольных измерений для наземной съемки.

Ключевые слова: ГИС, железнодорожный путь, масштабный план станции, аэрофото-съемка, БПЛА.

CREATING A SCALE PLANE IN GIS USING UAV DATA

Maxim A. Altyntsev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo, Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D, Associate Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (383)343-29-66, e-mail: mnbcv@mail.ru

Ivan V. Shcherbakov

Siberian Transport University, 191, D. Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia, Ph. D, Leading Engineer of the Research Laboratory for Diagnostic of Road Surfacing and Roadbed, phone: (913)795-33-33, e-mail: sibdorproect@bk.ru

Marina A. Altyntseva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo, Novosibirsk, 630108, Russia, Engineer, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (383)361-06-35, e-mail: als.mm@yandex.ru

A scale plan is one of the main products in the railway industry. For creating electronic versions of such plans, GIS allowing to combine heterogeneous data obtained by surveying instruments and survey complexes is increasingly being used. GIS has a wide functionality and allows its expanding due to the possibility of developing user software modules, thanks to which it is possible to significantly speed up the process of surveying data processing in order to create scale plans. The results of generating the scale plan according to the survey data obtained with a hardware-software system "Profile-M" and UAV are described. It is discussed that UAV data can reduce the amount of field measurements performed by the hardware-software system, as well as become sources of control measurements for terrestrial surveying.

Key words: GIS, railway track, scale plan of the station, aerial photography, UAV.

Введение

В настоящее время геоинформационные системы (ГИС) активно применяются в различных сферах деятельности и представляют собой информационные системы, которые обеспечивают сбор, обработку, хранение, анализ, а также отображение пространственных и связанных с ними непространственных данных. На основе хранящихся в ГИС данных возможно получать сведения о взаимосвязях объектов в пределах географического пространства [1].

Для дальнейшей обработки ГИС позволяют объединить в один массив разнородные данные, сформировать отчетные материалы в соответствии с определенными нормативными требованиями. Как правило, уже базовый комплект ГИС обладает широким инструментарием, способным работать с разнородными данными. Преимуществом ГИС является также то, что для решения самых разнообразных дополнительных задач возможна разработка собственных инструментов и программных модулей [2–4].

Одними из основных видов данных, хранящихся и обрабатываемых в ГИС, являются результаты геодезических съемок, на основе которых создаются различные картографические материалы, в том числе карты и планы местности. Например, по результатам геодезической съемки железнодорожных станций в ГИС могут создаваться масштабные планы, содержащие большой объем атрибутивной информации. Подгрузив в ГИС вспомогательные данные, такие как аэроснимки или созданные на их основе ортофотопланы, можно извлечь дополнительную информацию для создания планов [5–8].

Создание масштабных планов станции в ГИС

Одной из самых известных на сегодняшний день ГИС является ArcView. Данная ГИС используется большим числом организаций, в том числе научно-исследовательской лабораторией «Диагностика дорожных одежд и земляного полотна» Сибирского государственного университета путей сообщений. В ArcView выполняется формирование масштабных планов железнодорожных станций посредством применения как базовых инструментов, так и представленных в виде дополнительно разработанного программного модуля. В таких планах масштаб по

горизонтали часто отличается от масштаба по вертикали, ориентирование системы координат обычно выполняют вдоль направления станционных путей. Выбор масштаба и направления осей системы координат определяется площадью станции, количеством и длиной рельсовых путей [9–10].

Для формирования масштабных планов в ГИС подгружаются данные, полученные с помощью различной съемочной аппаратуры: спутниковые приемники, электронные тахеометры, аппаратно-программный комплекс (АПК) «Профиль-М». Все переданные данные приводятся к единой структуре и обрабатываются по методике, описанной в [11]. Основная суть данной методики заключается в том, что сначала в соответствии с ведомостью путей формируется каждый станционный путь отдельно, в процессе чего выполняется удаление избыточной информации и сглаживание данных. Затем налаживаются топологические связи между соприкасающимися путями и наносятся искусственные сооружения по отмеченной специальным кодом точке пересечения оси пути и оси сооружения. Далее рассчитывается пикетаж по привязке к оси выбранного искусственного сооружения и на каждом пикете автоматически определяются междупутные расстояния и габариты приближения строений. В конце выполняется окончательное оформление масштабного плана станции [11–13]. На рис. 1 показан фрагмент оформленного по описанной методике плана станции Камень-на-Оби.

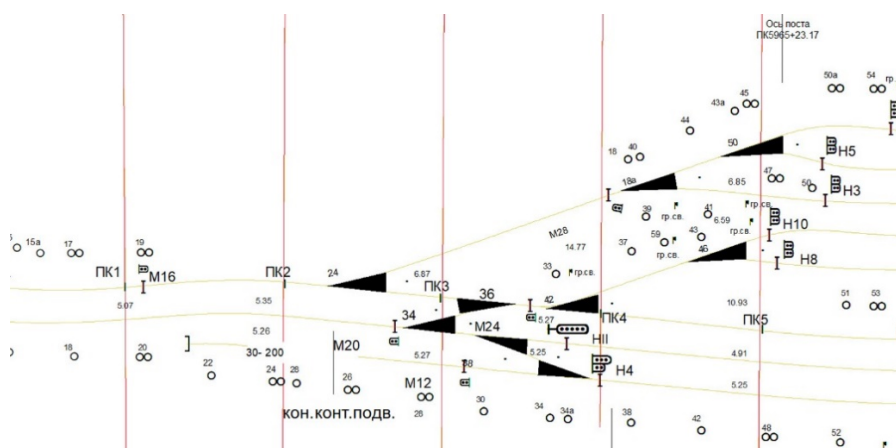


Рис. 1. Фрагмент масштабного плана станции Камень-на-Оби

Применение данных аэрофотосъемки при формировании масштабных планов

Особенностью создания масштабных планов по данным съемок с помощью спутниковых приемников, электронных тахеометров и АПК «Профиль-М» является то, что для отображения каждого искусственного сооружения в процессе полевой работы соответствующему пикету необходимо присваивать определенный код. Также в процессе измерений существует вероятность ошибочного отображения сооружений на масштабном плане вследствие неправильного назначения кода пикету или неверного определения его координат [12].

Снизить объем полевых работ и исключить возможность появления ошибочных измерений возможно путем осуществления дополнительной съемки с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Выполнив обработку результатов аэрофотосъемки с БПЛА, на территорию железнодорожных станций и перегонов можно получить ортофотопланы, которые будут являться как источником новой информации для отображения на масштабных планах, так и одним из видов контрольных измерений [14–17].

В [18] было описано, что привязка данных БПЛА выполняется по опорным точкам, в качестве которых выступают пикетные и километровые столбы. Координаты опорных точек измеряются с помощью АПК «Профиль-М». Выполнив привязку данных БПЛА по пикетным и километровым столбам, можно сократить объем полевых измерений с помощью АПК за счет того, что измерение координат всех остальных сооружений будет выполняться в камеральных условиях по привязанному ортофотоплану. Также результаты оценки точности привязанного по опорным точкам ортофотоплана могут свидетельствовать о надежности полевых измерений с помощью АПК [19]. Наибольшие ошибки привязки ортофотоплана могут свидетельствовать об ошибочном измерении координат пикета с помощью АПК. Подтвердить этот факт можно путем перевода предполагаемого измерения из разряда опорного в разряд контрольного.

На рис. 2, а показан результат построения ортофотоплана на территорию станции Камень-на-Оби и прилегающего перегона с наложенными рельсовыми путями. Обработка данных БПЛА была выполнена в программном обеспечении Agisoft Metashape [20]. На рис. 2, б показан окончательный вид отображения рельсовых путей на масштабном плане. Чтобы перейти от вида плана, показанного на рис. 2, а к виду, показанному на рис. 2, б, осуществлялись операции поворота и изменения горизонтального масштаба. Нанесение всех сооружений на план всегда должно осуществляться до данных преобразований.

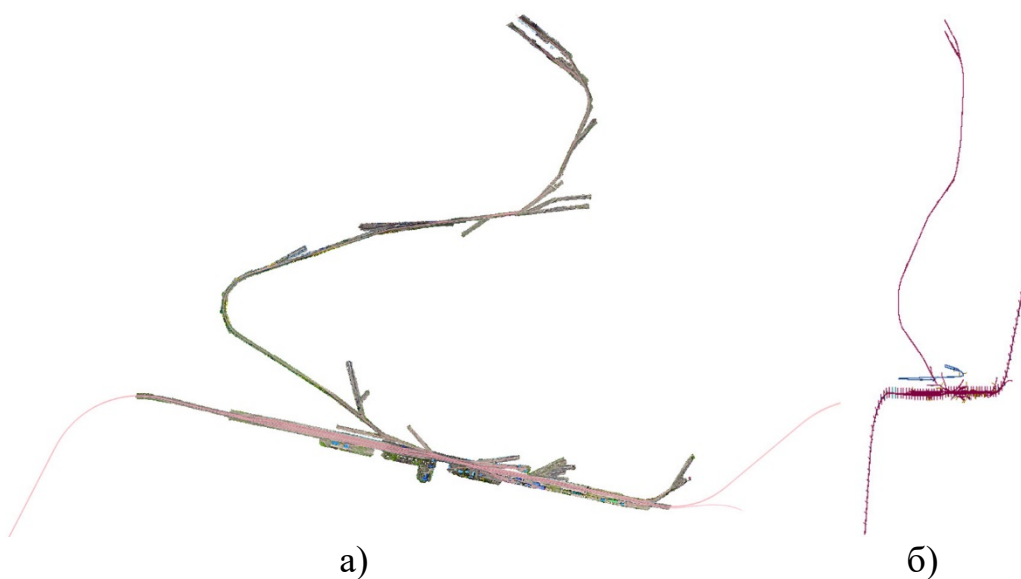


Рис. 2. Результаты съемки станции Камень-на-Оби

а) рельсовые пути с наложенным ортофотопланом;

б) рельсовые пути на масштабном плане

Ортофотоплан экспортировался в ГИС ArcView. На рис. 3 и 4 показаны примеры отображения условных знаков железнодорожных объектов, измеренных с помощью АПК и наложенных на ортофотоплан, до операции поворота и масштабирования. Участок, показанный на рис. 3, соответствует участку, показанному на рис. 1, ориентирование условных знаков соответствует на обоих рисунках. На рис. 3 ориентирование условных знаков выполнено вдоль станционных путей.

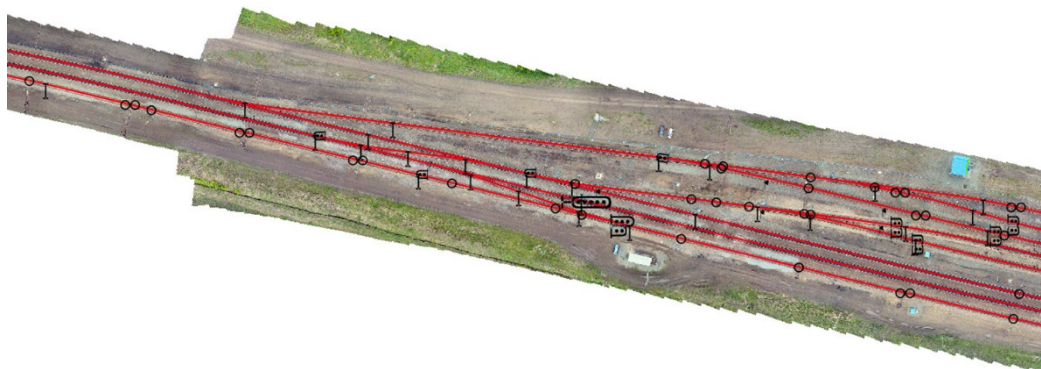


Рис. 3. Фрагмент ортофотоплана № 1 с отображением условных знаков железнодорожных объектов



Рис. 4. Фрагмент ортофотоплана № 2 с отображением условных знаков железнодорожных объектов

Сдача материалов заказчику может быть выполнена в обоих формах:
– метрической с отображением условных знаков и подложкой в виде ортофотоплана;
– масштабной с отображением условных знаков.

Преимуществом метрической формы является большая наглядность и возможность осуществления любых дополнительных измерений по ортофотоплану. Масштабная форма позволяет представить план в компактном виде и разместить его на меньшем количестве листов при печати, но без возможности всех дополнительных измерений в любой части плана, так как часто невозможно выполнить изменение масштаба ортофотоплана по одной оси с сохранением положения условных знаков на нем по причине того, что некоторые стационарные пути могут быть изображены отдельно от остальных.

Заключение

Современные ГИС объединяют в себе большое количество разнородных данных. Одной из таких ГИС является ArcView. ArcView обладает большим количеством инструментов, способных значительно ускорить процесс обработки материалов геодезической съемки, а также аэрофотосъемки с помощью БПЛА. Ортофотоплан, построенный по данным БПЛА, позволяет проконтролировать результаты геодезических измерений, являющихся основой масштабного плана, а также сам служит источником измерений. Ортофотоплан, представленный в ГИС как результат измерений совместно с масштабным планом, значительно повышает визуальное восприятие информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кашенко Н. А., Попов Е. В., Чечин А. В. Геоинформационные системы : учеб. Пособие для вузов. – Н. Новгород : ННГАСУ, 2012. – 130 с.
2. Журкин И. Г., Хлебникова Т. А. Цифровое моделирование измерительных трехмерных видеосцен : монография. – Новосибирск : СГГА, 2012. – 246 с.
3. Хлебникова Т. А., Оприцова А. О. Экспериментальные исследования современных программных продуктов для моделирования геопространства // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Вып. 1 (том 22). – С. 119–131.
4. Методические указания по составлению масштабных планов железнодорожных станций от 17.12.2008 № ЦПТ-54/27. – 25 с.
5. Хлебникова Т. А., Архипова О. Б. Комбинированный способ создания цифровых топографических планов для инженерно-геодезических изысканий инженерных сооружений. Сложности и пути решения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – Новосибирск : СГГА, 2014. – С. 92–97.
6. Алтынцев М. А., Иптышева М. А. Совместная обработка данных мобильного лазерного сканирования и цифровой наземной фотосъемки для построения единого массива точек // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 87-95.
7. Хлебникова Т. А., Оприцова О. А. Экспериментальные исследования точности построения плотной цифровой модели по материалам беспилотной авиационной системы // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Вып. 2 (том 23). – С. 119–127.
8. Хлебникова Т. А., Оприцова А. О. Экспериментальные исследования технологии моделирования геопространства по материалам // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар.

науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 16-20.

9. Щербаков И. В., Семиженов А. С. Геометрические методы определения геометрических параметров рельсовой колеи // Сб. материалов ХLI международной научно-практической конференции КазАТК им. М. Тынышпаева на тему: «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика» – Т. 1. – Алматы: КазАТК им. М. Тынышпаева, 2017. – С. 366-370.

10. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути, утверждённые распоряжением ОАО "РЖД" № 75р от 18.01.2013.

11. Жидов В. М., Ковалева О. В. Создание электронной версии масштабных планов железнодорожных станций // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск : сб. материалов в 9 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» . – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 1. – С. 184–189.

12. Щербаков И. В. Аппаратно-программный комплекс «Профиль-М» для определения пространственных и геометрических параметров рельсовой колеи // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Вып. 3 (том 22). – С. 60–71.

13. Земерова А. А. Методика создания электронных проектов по данным натурной съемки АПК «Профиль» // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – С. 78-82.

14. Wu Y., Qin Y., Wang Z., et al. (2018). A UAV-based visual inspection method for rail surface defects. *Applied sciences*, vol. 8, 1028. <https://doi.org/10.3390/app8071028>.

15. Flammini F., Pragliola C., Smarra G. (2016). Railway infrastructure monitoring by drones. *International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC)*. DOI: 10.1109/ESARS-ITEC.2016.7841398.

16. Kovacevic M. S., Gavin K., Stipanovic Oslakovic I., et al. (2016). A new methodology for assessment of railway infrastructure condition. *Transportation research procedia*, vol. 14, 1930–1939.

17. Kaćunić D. J., Librić L., Car M. (2016). Application of unmanned aerial vehicles on transport infrastructure network. *Gradjevinar*, vol. 4, 287-300. DOI: 10.14256/JCE.1382.2015. DOI: 10.14256/JCE.1382.2015.

18. Алтынцев М. А., Щербаков И. В., Третьяков С. А. Применение беспилотных летательных аппаратов для исполнительной съемки железных дорог // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск : сб. материалов в 9 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 1. – С. 111–118.

19. Villanueva J. K. S., Blanco A. C. (2018). Optimization of ground control point (GCP) configuration for unmanned aerial vehicle (uav) survey using structure from motion (SfM). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-4/W12, 2019 5th International Conference on Geoinformation Science – GeoAdvances 2018, 10–11 October 2018, Casablanca, Morocco, 167–174. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W12-167-2019>.

20. Agisoft Metashape Professional Edition – Руководство пользователя. Версия 1.5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf.

© М. А. Алтынцев, И. В. Щербаков, М. А. Алтынцева, 2020