

Реализация методов геоинформационного описания техногенных объектов железнодорожного транспорта в экспериментальном программно-техническом комплексе, обеспечивающим геоинформационную поддержку управления перевозочным процессом*

С. К. Дулин¹, Д. А. Якушев¹
skdulin@mail.ru; yakush.d@gmail.com

¹Федеральный исследовательский центр “Информатика и управление” Российской академии наук, 119333, Москва, Вавилова, д. 44, кор. 2

Одним из важнейших результатов проекта явилось создание цифровой модели пути, представляющей из себя формализованное математическое и семантическое описание геометрических характеристик и пространственного положения железнодорожного пути и других объектов инфраструктуры, получаемое в результате обработки данных геодезических измерений в высокоточном координатном пространстве. Цифровая модель пути активно используется для формирования оптимального проектного положения пути в едином координатном пространстве и соответственно существует возможность точного сравнения проектного положения пути с фактическими данными до и после ремонта. основополагающим моментом здесь является факт точной координатной привязки всех измерений между собой, однако существуют нюансы. Централизованным хранилищем цифровых моделей пути является комплексная система пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта, обладающая также инструментарием, позволяющим производить сравнение проектных и фактических данных, загруженных в систему или преобразованных системой в виде цифровой модели пути.

Ключевые слова: анализ пространственных данных, геоинформационное описание, цифровая модель пути.

DOI: 10.21469/22233792.4.5.04

1 Введение

Высокоточные съемочные работы в настоящий момент покрывает пространственными данными несколько тысяч километров эксплуатационной длины железнодорожного пути. Данные привязаны к единой высокоточной железнодорожной системе координат и загружены в комплексную систему пространственных данных, находящуюся в промышленной эксплуатации. Пространственные данные включают в себя облако точек лазерных отражений от объектов инфраструктуры, трехмерные цифровые модели пути, ортофотопланы в полосе отвода железнодорожного пути и используются при решении функциональных задач в сферах [1]:

- обеспечения высокоточного контроля геометрических и прочих существенных характеристик (параметров) пути и иных объектов железнодорожной инфраструктуры, направленного на своевременное обнаружение их деформаций и повреждений, а также проведения ремонтных работ выправочной техникой в едином координатном пространстве с диагностическими, измерительными средствами;

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 17-20-02205, и _м_РЖ5).

- обеспечения возможности сравнения различных поколений пространственных данных, получаемых в результате регулярного инструментального мониторинга состояния объектов железнодорожной инфраструктуры с целью выявления отклонений от проектных характеристик и нормативов содержания;
- формирования производных информационных продуктов и услуг в виде цифровых моделей пути (ЦМП), электронных карт для приборов безопасности, информации для интервального регулирования движения поездов и т.д.;
- информационной поддержки процессов проектирования, строительства, ремонта, реконструкции, текущего содержания и эксплуатации, а также мониторинга пути и объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта за счет создания единого информационного обеспечения пространственными данными всех причастных служб железнодорожного транспорта.

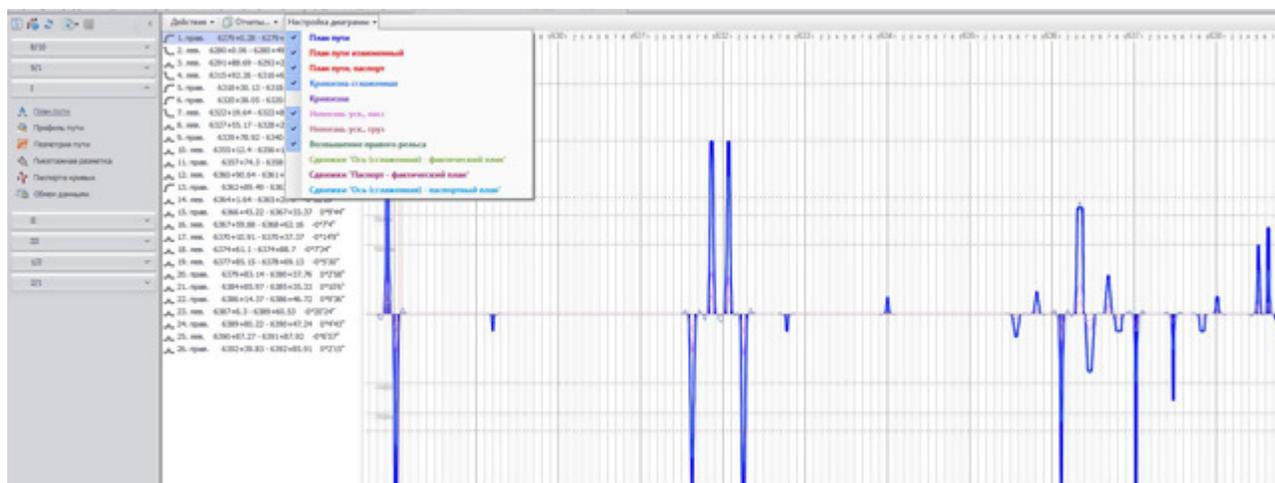


Рис. 1 Цифровая модель проектного пути

2 Методы геоинформационного описания объектов железнодорожного транспорта

Одним из важнейших результатов проекта явилось создание цифровой модели пути (ЦМП), представляющей из себя формализованное математическое и семантическое описание геометрических характеристик и пространственного положения железнодорожного пути и других объектов инфраструктуры, получаемое в результате обработки данных геодезических измерений в высокоточном координатном пространстве [2].

ЦМП активно используется для формирования оптимального (проектного) положения пути в едином координатном пространстве и соответственно существует возможность точного сравнения проектного положения пути с фактическими данными до и после ремонта. Основополагающим моментом здесь является факт точной координатной привязки всех измерений между собой, однако существуют нюансы.

Централизованным хранилищем цифровых моделей пути является комплексная система пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ), обладающая также инструментарием, позволяющим производить сравнение проектных и фактических данных, загруженных в систему (или преобразованных системой)

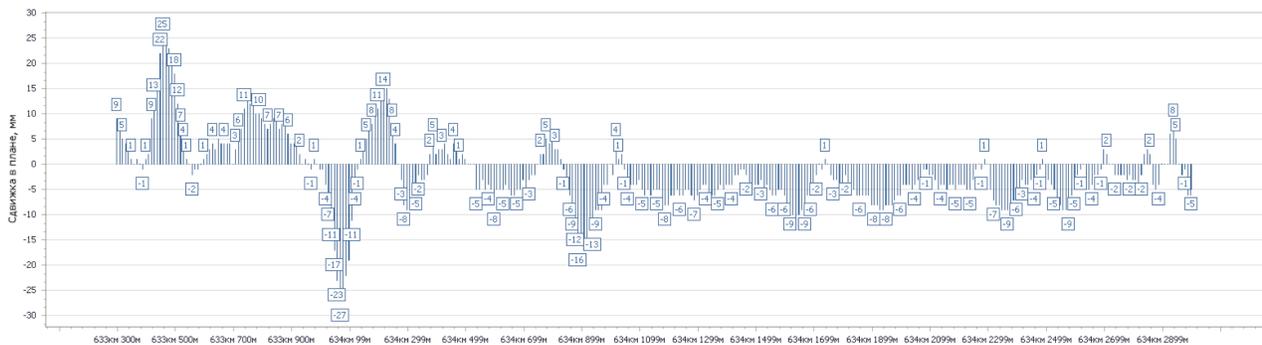


Рис. 2 Результат сравнения фактического положения пути после выправки относительно проекта модернизации в плане

в виде ЦМП. На рис. 1 представлен фрагмент ЦМП где синим цветом отмечены кривые участки пути, радиус указан по вертикальной оси.

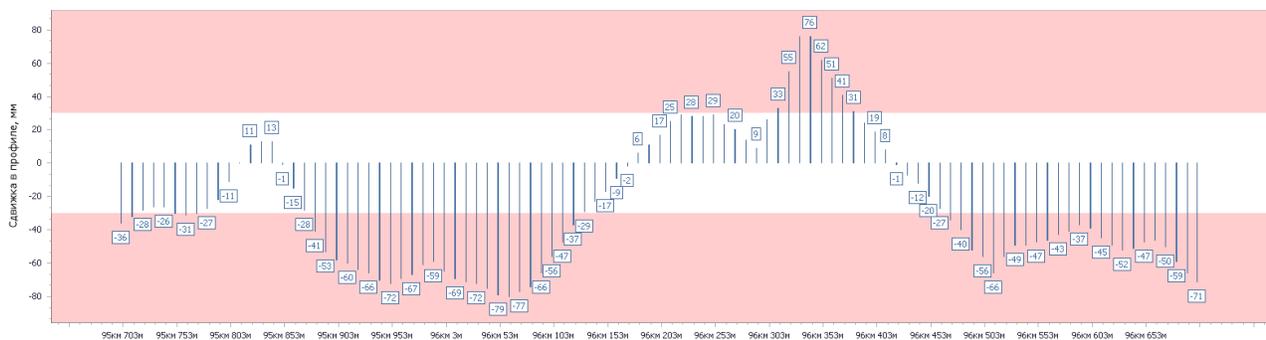


Рис. 3 Результат сравнения фактического положения пути после выправки относительно проекта модернизации в профиле

В случае корректного представления проектных и фактических данных результат сравнения представляется в графическом виде (рис. 2, 3). Примечание к рисункам:

- вертикальная ось — расхождения проект-факт в мм;
- горизонтальная ось — линейный пикетаж;
- красным цветом отмечена зона с расхождениями более 30 мм.

Данные сравнения можно экспортировать в табличный вид и произвести сравнение поколения данных, либо данных выполненных на одном участке пути различными методами. На рис. 4, 5 приведены графики сравнения проекта модернизации со съемками фактического положения пути, выполненными до реализации проекта методами мобильного лазерного сканирования в 2016 г (голубой цвет на графике) и методом традиционной геодезии в 2017 г (фиолетовый цвет на графике). А также исполнительная съемка, выполненная путеизмерительной тележкой сразу после постановки пути в проектное положение в 2017 г и спустя год эксплуатации в 2018 г. Результаты сравнения позволяют оценить качество постановки пути в проектное положение с использованием координатных методов.

Однако основные проблемы сравнения проектных и фактических данных проявляются в случае если они выполнены в разных системах координат, либо вообще без привязки к



Рис. 4 Сравнение проекта модернизации со съемками до реализации проекта и после, в плане

системе координат, либо один и тот же участок модернизации выполняемый разными службами использовал различные геодезические данные.

Игнорирование действующими нормативами принципа единого координатно-временного пространства и отсутствие требований обязательности соблюдения проектного положения в пространстве с заданной точностью ведет к разработке проектов в относительных величинах, используя в качестве точек отсчета не пункты съемочного обоснования, а опоры контактной сети, платформы, рельсы смежного пути. При этом само определение положения объектов инфраструктуры (опор, рельсов, платформ) в пространстве определяется с точностью используемого топографического материала.

В случае отсутствия координатной привязки проекта сравнение возможно только после трансформации данных проекта в систему координат исполнительной съемки. Традиционный вариант вычисления коэффициентов пересчета для аффинного преобразования заключается в наборе пар точек, соответствующих положению опор контактной сети по исполнительной съемке и в проекте, который необходимо преобразовать (удобнее указывать плановую отметку, а высотную затем выставлять по уровню земли) [3, 4]. В настоящее время ведутся работы по автоматизации процесса сравнения данных исполнительной съемки и проекта, выполненного без координатной привязки, либо с привязкой к местной (областной) системе координат с использованием анализа параметрических параметров (прямая, переходная кривая, кривая) железнодорожного пути.

3 Заключение

Основной акцент в проекте 17-20-02205 офи-м-РЖД сделан на способах, методике, технологии получения качественной, непротиворечивой исходной информации, являющейся фундаментом для последующих аналитических задач.

Геоинформационное описание техногенных объектов позволяет объективно оценить качество реализации проекта по их модернизации или реконструкции с целью обеспечения максимально эффективного управления перевозочным процессом на конкретном участке пути. Использование координатных методов при создании цифровых моделей объектов инфраструктуры с последующей привязкой к моделям различного рода информации из АСУ инфраструктурных хозяйств, центров диагностики инфраструктуры и обследо-

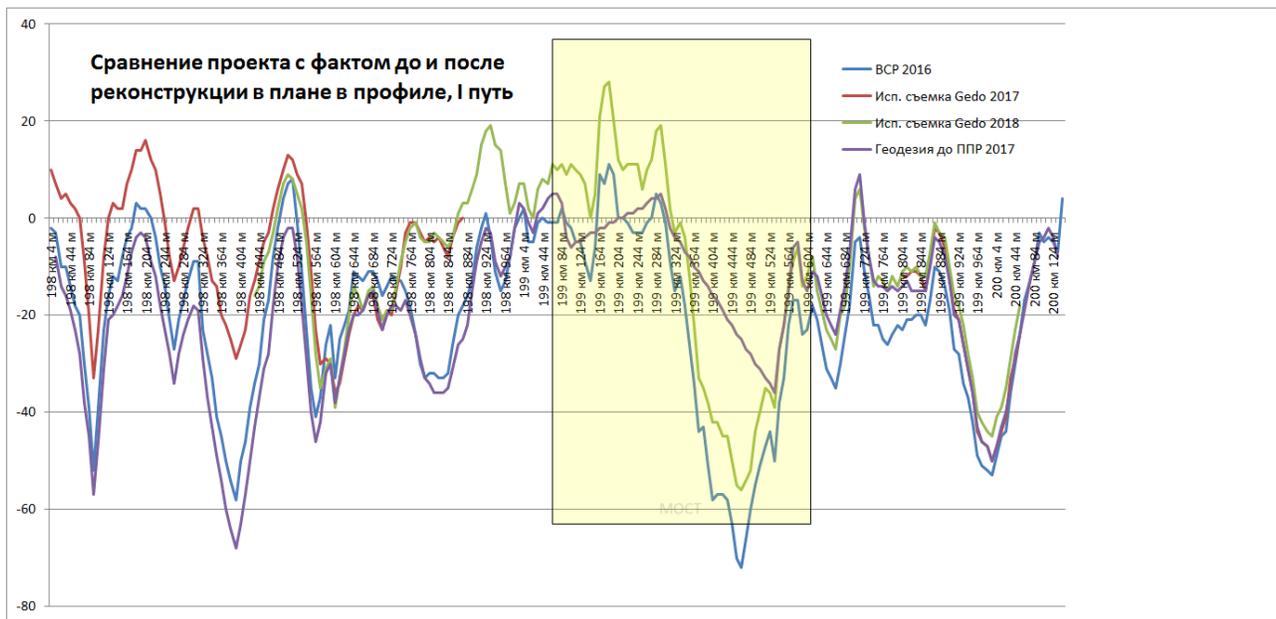


Рис. 5 Сравнение проекта модернизации со съемками до реализации проекта и после, в профиле тельских комплексов и объединением их в единую систему КСПД ИЖТ, предоставляет возможность комплексного информационного моделирования содержания дистанции инфраструктуры в проектном (идеальном) положении.

Литература

- [1] Уманский В. И. Технология построения трехмерных моделей железнодорожного полотна в высокоточном координатном пространстве // Сборник докладов 6-ой Международной научно-практической конференции Геопространственные технологии и сферы их применения, 2010. С. 66–67.
- [2] Дулина Н. Г., Уманский В. И. Структуризация проблемы улучшения пространственной согласованности баз геоданных // Сообщения по прикладной математике ВЦ РАН, 2009. С. 3–22.
- [3] Мельников С. Р. Лазерное сканирование. Новый метод создания трехмерных моделей местности и инженерных объектов // Горн. пром-сть 2001, 5. С. 3–5.
- [4] Means J.E., Hopkins P.F., Jensen J.R. et al. Industry and academia explore remote sensing applications // J. For., 2001, 99(6). P. 4–6.

Поступила в редакцию 19.11.2019

Implementation of methods of geoinformation description of technogenic objects of railway transport in the experimental

software and hardware complex, providing geoinformation support for the management of the transportation process *

*S. K. Dulin*¹, *D. A. Yakushev*¹

skdulin@mail.ru; yakush.d@gmail.com

¹Federal research center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Science, 119333 Moscow Ulitsa Vavilova 44

One of the most important results of the project was the creation of a digital railway model, which is a formalized mathematical and semantic description of the geometric characteristics and spatial position of the railway track and other object of infrastructure, obtained as result the processing of geodetic measurements in high-precision coordinate space. A digital railway model is actively used to form the optimal design position of the railway track in a single coordinate space and, accordingly, it is possible to accurately compare the design position of the track with the actual data before and after repair. The fundamental point here is the fact of the exact coordinate reference of all measurements with each other, but there are nuances. A central repository of digital railway models is the integrated railway infrastructure spatial data system, which also has the tools to compare design and actual data loaded into the system or converted by the system in the form of a digital railway model.

Keywords: *spatial data analysis, geographic information system, digital railway model.*

DOI: 10.21469/22233792.4.5.04

References

- [1] Umansky V.I. Tekhnologiya postroyeniya trekhmernykh modeley zheleznodorozhnogo polotna v vysokotochnom koordinatnom prostranstve. [Technology of construction of three-dimensional models of a railway track in high-precision coordinate space] // *Proceedings of the 6th International scientific and practical conference Geospatial technologies and their applications*, 2010. P. 66–67. (In Russian)
- [2] Dulina N. G., Umansky V. I. Strukturizatsiya problemy uluchsheniya prostranstvennoy soglasovannosti baz geodannykh [Structuring the problem of improving the consistency of the spatial geodatabase] // *Notices on applied mathematics*. Computer center RAS, 2009. P. 3–22. (In Russian)
- [3] Melnikov S. R. Lazernoye skanirovaniye. Novyy metod sozdaniya trekhmernykh modeley mestnosti i inzhenernykh ob'yektov [Laser scanning. A new method of creating three-dimensional models of terrain and engineering objects] // *Gornaya promyshlennost' [Mining]*, 2001, 5. P. 3–5. (In Russian)
- [4] Means J.E., Hopkins P.F., Jensen J.R. et al. Industry and academia explore remote sensing applications // *J. For.*, 2001, 99(6). P. 4–6.

Received November 19, 2019

* The research was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 17-20-02205).