

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОРПОРАТИВНЫЕ ГИС ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Рыльский И.А. Email: Rylskiy693@scientifictext.ru

Рыльский Илья Аркадьевич – кандидат географических наук, старший научный сотрудник,
Региональный центр Мировой системы данных,
географический факультет,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Аннотация: современные фотограмметрические системы постепенно эволюционируют благодаря техническому прогрессу. Ранее существовавшие технологические ниши широкоформатной, среднеформатной и узкоформатной съемки существенно трансформировались, при этом возможности, которые ранее были доступны только широкоформатным (и крайне дорогим) изделиям, теперь стали доступны гораздо более бюджетным решениям, создаваемым на базе среднеформатных камер. Данное обстоятельство способно в ближайшие годы полностью изменить рынок авиационных съемок. В то же время, существует группа устойчивых стереотипов о невозможности сколько-нибудь серьезного сравнения широко- и среднеформатных съемочных систем.

Ключевые слова: пространственные данные, геоинформатика, ГИС, трубопроводы.

AL MODELLING AND CORPORATE GIS FOR PROJECTING PIPELINE SYSTEMS

Rylskiy I.A.

Rylskiy Ilya Arkadievitch – PhD in Geography, Senior Researcher,
WORLD DATA SYSTEM,
GEOGRAPHICAL FACULTY,
MOSCOW STATE UNIVERSITY NAMED AFTER M.V. LOMONOSOV, MOSCOW

Abstract: modern photogrammetric systems are gradually evolving due to technological progress. The previously existing technological niches of wide-format, medium-format and narrow-format surveys have substantially transformed, while the opportunities that were previously available only for large-format (and extremely expensive) products have now become available to much more budgetary solutions created on the basis of medium-format cameras. In the coming years, this circumstance is capable of completely changing the market for aerial surveys. At the same time, there is a group of stable stereotypes about the impossibility of any serious comparison of wide and medium format shooting systems.

Keywords: LIDAR, spatial data, geoinformatics, UAV, virtual modelling.

УДК 004.67:910.27(075.8)

Введение. В последние годы экономика России, переживающая сложный этап, во многом зависит от экспорта нефти и газа. Строительство крупных нефтепроводов для экспорта нефти является задачей особой важности и затрагивает интересы государства. Любой магистральный трубопровод является сложным и очень дорогим сооружением; ошибка или неточность оборачиваются огромными издержками. Нитка трубопровода проходит огромные расстояния по территориям с разными условиями строительства. Одними из наиболее сложных задач последнего времени являются проекты трубопроводной системы Россия - Китай.

Подобные проекты, выполняемые в течение десятилетий, позволяют реализовать концепцию транспортно-экономических коридоров. Это обеспечит долговременное устойчивое развитие регионов Сибири и Дальнего Востока (решение социально-экономических проблем, развитие промышленности с попутными поставками нефти) и позволит избежать транзита через третьи страны (Монголия). В дальнейшем подключение северных месторождений позволит обеспечить рост поставок и использовать морские пути транспортировки (через Находку).

На сегодняшний день каждый проект предполагает рассмотрение многих вариантов прокладки трубопровода, однако ни один из них не является однозначно выигрышным. Наиболее важным при проектировании является этап ТЭО, при котором положение трассы трубопровода в пространстве должно быть определено достаточно точно; цена каждой ошибки здесь чрезвычайно высока. Проектирование на этапе ТЭО должно охватывать огромный спектр данных о территории строительства. Необходимо учитывать как природные факторы, так и антропогенные и социально-экономические.

Постановка задачи. Человеческий мозг не в состоянии адекватно сопоставить такое количество факторов одновременно. Однако настоящее время России проектирование трубопроводов с использованием средств ГИС ведется недостаточно широко.

В ходе проведенных нами исследований была разработана методика использования ГИС для автоматизированного трассирования между любыми двумя точками на тестовой территории с учетом природных и антропогенных факторов осложнения строительства. К ним относятся: рельеф, грунты, гидрографическую сеть, растительность, опасные явления и процессы, антропогенные объекты, запретные для строительства территории. Результаты были сопоставлены с имеющимися данными классического трассирования на этой же территории, на основании чего делались выводы о качестве автоматизированного трассирования.

Выбор тестового полигона. В качестве тестового полигона для отработки методики автоматизированного трассирования с использованием ГИС была выбрана территория в Прибайкалье размером 80 на 140 км, где встречается наибольшее количество разнообразных факторов, способных усложнить строительство. Известно, что при трассировании не применялись ГИС; проектирование велось по классической технологии группой экспертов-трассировщиков

Для оценки качества разрабатываемой методики уже находящуюся в работе трассу сравнивали с трассой, полученной по разработанной ГИС-методике; на основании этого делались выводы о ее сравнительном качестве. Использованы следующие материалы: топокарты, данные о грунтах, геологическом строении и разломах, сейсмичности региона [1, с. 98]. Для обновления и уточнения информации, полученной с топографических карт, использовались ДДЗ с разрешением 15 м. Основной рабочий масштаб - 1:200 000, что достаточно для решения всех задач на этапе ТЭО [2, с. 147].

Данные о конкретных стоимостях прокладки являются коммерческой тайной и не были предоставлены. Вместо этого использованы относительные величины стоимости прокладки относительно идеальной территории.

Построение поверхности относительной стоимости прокладки. Для выполнения работ по трассированию на заданном полигоне потребовалось создание корпоративной ГИС, в которой данные увязаны между собой, находятся в единой проекции. Предусмотрена возможность обработки этих данных и оперирование ими с целью поддержки принятия решения о строительстве трассы. ГИС включает в себя следующие блоки информации:

I. Растровые и векторные данные: топографические карты (1:200 000 – 1:500 000), геологические карты (1:200 000), карты грунтов (1:500 000); данные обновления топографических карт по материалам спутниковой съемки (Landsat). Данные о грунтах рассматривались с точки зрения их прочности при подземной прокладке трубопровода.

II. Данные дистанционного зондирования: (LANDSAT), геопривязанные и ортофототрансформированные, разрешение на местности – 15 м.

III. ЦМР тестового полигона с пространственным разрешением 100 м, производные от ЦМР карты: углов наклона, экспозиции склонов, кривизны поверхности, высотных ступеней, проч. По ЦМР был выделен водосборный бассейн оз. Байкал, учитывавшийся при оптимизации.

IV. Данные о транспортной доступности местности. Тематический слой транспортной доступности создавался методом факторного анализа и с учетом таких факторов проходимости, как рельеф, углы наклона, растительность, гидрография и ряд других [3, с. 29]. Транспортная доступность также учитывалась как один из факторов, усложняющих строительство.

V. Поверхности распределения: поверхности сложности строительства по каждой группе факторов, оказывающих влияние на стоимость строительства (более 70 поверхностей); результирующая поверхность распределения величины стоимости прокладки на территории.

VI. Трассы трубопроводов: существующая трасса трубопровода, альтернативная трасса трубопровода, проходящая по ГИС-оптимизированной траектории.

VII. Данные сравнительного анализа характеристик каждой из трасс.

Работы производились с использованием средств ArcView (ГИС-анализ), ArcGIS (построение ЦМР, обработка векторных данных), ERDAS IMAGINE (обработка ДДЗ).

Нахождение оптимального пути по поверхности распределения весов сложности строительства. В настоящее время наиболее распространены алгоритмы нахождения пути по регулярной прямоугольной сетке, где из каждого узла возможно движение в 8 направлениях. Математическое решение оптимизации движения на местности – задача, решаемая однозначно. Для нахождения оптимального пути движения по поверхности были использованы средства Arc View 3.2 из модуля Spatial Analyst (функция COST PATH). В качестве входных данных использовалась поверхность распределения весов сложности, представленная в виде регулярной сетки, в которой координаты X и Y соответствуют координатам данной точки на местности, а координата Z - весу данной ячейки с точки зрения осложнения строительства (т.е. во сколько раз стоимость строительства на данной территории превышает минимальную стоимость).

Таблица 1. Сравнение трасс, полученных по классической и новой технологиям

Параметры сравнения трасс	Классическая трасса (А)	Новая методика (В)	А - В
---------------------------	-------------------------	--------------------	-------

Длина, км	116,66	107,97	8,69
Средний угол наклона	7,17	5,58	1,59
Максимальный угол наклона	31,60	31,60	0,00
Длина участков с углами наклона более 18 градусов, км	8,75	1,73	7,02
Длина участков с углами наклона 8 - 18 градусов, км	33,01	26,13	6,89
Длина участков с углами наклона более 8 градусов, км	42,00	27,86	14,14
Средняя крепость пород	2,45	2,41	0
Длина участков со средней прочностью пород более 4	24,85	21,16	3,69
Количество пересеченных разломов	2,00	2,00	0,00
Средняя транспортная доступность, км	1,37	1,29	0,08
Длина участков, удаленных от дороги более чем на 400 м	70,04	55,06	14,98
Длина участков, удаленных от дороги более чем на 5000 м	5,02	3,56	1,45
Максимальная транспортная удаленность	16,55	5,65	10,90
Площадь леса, подлежащего рубке, га	456,45	478,00	-21,55
Количество переходов через очень крупные реки	2,00	1,00	
Количество переходов через крупные реки (30 - 100 м)	0,00	2,00	
Количество переходов через мелкие реки (менее 30)	17,00	22,00	
Пересечений дорог с усоверш. покрытием	1,00	1,00	
Пересечений дорог с покрытием	0,00	0,00	
Пересечений дорог без покрытия	1,00	1,00	
Пересечений дорог грунтовых проселочных	6,00	3,00	

Нетрудно видеть, что трасса, полученная по описанной методике (трасса В), превосходит трассу, полученную классическим методом (трасса А) почти по всем показателям, кроме 3. Оставшиеся преимущества классической трассы оказывают на общую стоимость строительства незначительное влияние. Весьма значительная часть классической трассы (свыше 45 процентов) проходит в пределах водоохранной зоны оз. Байкал, причем в некоторых местах данная трасса вообще подходит к Байкалу ближе 40 км, что недопустимо.

Проведенные оценки и сравнение трасс, построенных с применением ГИС, показывают однозначное превосходство ГИС-методов. Кроме качества трассировки, преимуществом ГИС-проектирования являются:

быстрота и однозначность результатов. Время, затрачиваемое на перестроение модели, составляет от нескольких часов до 3 - 4 дней; точная количественная оценка характеристик предлагаемых трасс, проходящих по заданной территории.

Необходимость использования КоГИС. В описанной работе на тестовом полигоне небольшого размера была проверена состоятельность методов ГИС-трассирования при проектировании трубопроводных систем. Однако при решении производственных задач необходимо использование ГИС не в роли инструмента, а в качестве идеологической платформы для информационного обеспечения проектов – корпоративной ГИС (КоГИС). При этом для автоматизированного трассирования должна использоваться картографическая информация обо всем регионе строительства в целом. Данный подход предполагает рост затрат на информационное обеспечение (на начальном этапе). Однако уже на этапе рабочего проектирования большая гибкость используемых данных позволит значительно удешевить весь комплекс проектных работ.

Применение КоГИС обеспечит информационную поддержку принятия решений на всех этапах работ: от декларации о намерениях до строительства и эксплуатации [6, с. 387]. Различие в задачах на разных этапах работ (ОИ, ТЭО, рабочее проектирование, строительство) требует использования данных от 1:1000 000 на этапе ОИ до 1:1000 на этапе строительства. И здесь мы неизбежно сталкиваемся с проблемой наполнения КоГИС актуальными данными с детальностью, соответствующей каждому этапу.

В данный момент развитие технологий дистанционного зондирования (космической и аэросъемки) позволяют в короткие сроки произвести обновление или создание заново топографических материалов масштаба 1:200 000 – 1:1000, и наполнить КоГИС необходимой информацией [4, с. 301]. При этом картографирование в масштабах крупнее 1:10 000 производится с использованием комплексной съемки,

включающей лазерное сканирование, тепловую и аэрофотосъемку местности; услуги данного рода предлагаются рядом российских организаций. Широкое использование методов ДЗ позволяет весьма снизить стоимость изыскательских работ. Идеальной схемой ведения работ по трассированию в рамках концепции КоГИС является следующая:

По данным масштаба 1:100 000 – 1:200 000 (полное покрытие всего региона) производится предварительное трассирование (этап ТЭО). На этом этапе возможны различные оперативные изменения трасс в соответствии с какими-либо дополнительными критериями. Результат: трасса А. На буферную полосу 3-10 км по трассе А подбираются архивные материалы или производятся съемки масштаба 1:25000. Проводится повторная оптимизация трассы В БУФЕРНОЙ ЗОНЕ. Результат: трасса В.

Вдоль выбранной трассы В производится съемка местности (ширина полосы съемки – 300 – 500 м) 1:1000 и полевые изыскания. По полученным материалам производится третья итерация автоматизированного трассирования. Результат: итоговая трасса С, используемая при строительстве. В настоящее время технологические и методологические разработки позволяют начать практическое внедрение концепции КоГИС на предприятиях.

Роль виртуального моделирования. Виртуальному моделированию и трехмерной визуализации в концепции КоГИС отводится значительная роль. Основное назначение КоГИС – поддержка оптимальных решений. Окончательные решения принимаются руководящим составом, который обычно не имеет картографической или ГИС-подготовки; в ряде случаев решение может быть не очевидным, а предлагаемые методы решения проблем – не общепризнанными. Типичный пример: демонстрация условий строительства и особенностей территории; показ возможных сценариев развития событий; визуальная демонстрация новых решений [5, с. 112].

При этом виртуальное моделирование, основанно не на субъективном восприятии, а на пространственной информации, хранящейся в структуре КоГИС.

Выводы. Как видно из приведенного сравнения, имеющиеся технические возможности, методологические наработки и ГИС-инструменты позволяют уже сейчас на практике добиться существенной оптимизации прокладки трасс трубопроводов на этапе ТЭО за счет использования крупных пространственных массивов однородных данных в составе корпоративных геоинформационных систем. Использование технологий виртуального моделирования в данном случае призвано улучшить и ускорить процесс принятия решений, полученных автоматизированным путем.

Список литературы / References

1. Берлянт А.М. Картография, 2001. С. 1-336.
2. Бородавкин П.П. Проектирование подземных трубопроводов, 1982. С. 1-386.
3. Бородавкин П.П., Сунарчин А.Х. Строительство магистральных трубопроводов в сложных условиях, 1965. С. 1-247.
4. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С., под редакцией Тикунова В.С. Геоинформатика: учебник для студентов высших учебных заведений, 2010. С. 1–432.
5. Карманов А.Г. Фотограмметрия. Учебное пособие. 2012. С. 1-171.
6. Тикунов В.С., Капралов Е.Г., Кравцова В.И. Информатика в географии, экологии и природопользовании, 2013. С. 1–572.