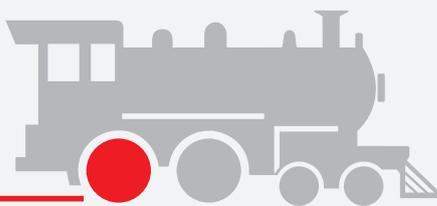


сетевое издание

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ СЕТЕВОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

В ВЫПУСКЕ

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Розенберг И.Н. «СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ОАО «НИИАС»

В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОАО «РЖД» НА ПЕРИОД 2017-2020 ГГ.»

Лёвин Б.А. «КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

И ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

Розенберг И.Н. «О единой транспортной политике»

Кужелев П.Д. «Принципы управления транспортом мегаполиса»

Цветков В.Я. «ЛОГИСТИКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ»

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

И СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ

Господинов Славейко «ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ И КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОИНФОРМАТИКА»

Дышленко С.Г. «ПРИМЕНЕНИЕ ГИС «ПАНОРАМА» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА»

СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Савиных В.П. «КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТОМ»

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ

НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Куприянов А.О. «ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И МОНИТОРИНГЕ ТРАСС»

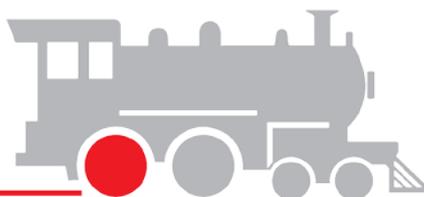
Замышляев А.М. «ЭВОЛЮЦИЯ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»

РАБОТЫ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Макаров С.О. «ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ»

№ 1

Март 2017



Стратегия развития железных дорог

Розенберг Игорь Наумович

Стратегические направления работ ОАО «НИИАС» в обеспечение инновационного развития ОАО «РЖД» на период 2017-2020 гг.

2

Лёвин Борис Алексеевич

Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры

14

Интеллектуальные системы и технологии на транспорте

Розенберг Игорь Наумович

О единой транспортной политике

22

Кужелев Павел Дмитриевич

Принципы управления транспортом мегаполиса

27

Цветков Виктор Яковлевич

Логистика информационных потоков в распределенных системах

34

Геоинформационные технологии и системы на транспорте

Господинов Славейко Господинов

Геодезическая астрономия и космическая геоинформатика

45

Дышленко Сергей Геннадьевич

Применение ГИС «Панорама» для решения задач в сфере транспорта

51

Спутниковые системы и дистанционное зондирование для железных дорог

Савиных Виктор Петрович

Космические технологии в управлении транспортом

63

Цифровые методы на железнодорожном транспорте

Куприянов Андрей Олегович

Цифровое моделирование при проектировании и мониторинге трасс

70

Замышляев Алексей Михайлович

Эволюция цифрового моделирования

82

Работы молодых специалистов

Макаров Станислав Олегович

Исследование цифрового нивелирования

92

УДК: 000.0

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ОАО «НИИАС» В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОАО «РЖД» НА ПЕРИОД 2017-2020 ГГ.

Розенберг И.Н. д.т.н., профессор, Генеральный директор, ОАО «НИИАС»,
E-mail: I.Rozenberg@vnias.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья посвящена стратегическим направлениям развития ОАО «НИИАС» и определению наиболее приоритетных, «прорывных» направлений, способствующих в наибольшей степени достижению основных целей развития холдинга ОАО «РЖД» на период до 2020 года с учётом имеющихся в институте компетенций, научно-технического и кадрового потенциала.

Ключевые слова: ОАО «НИИАС»; ОАО «РЖД»; стратегические направления; развитие до 2020 года.

STRATEGIC DIRECTIONS OF WORKS OF JSC «NIAS» IN SUPPORT OF INNOVATION DEVELOPMENT OF JSC «RZD» FOR THE PERIOD 2017-2020.

Rosenberg I.N. DofSci.(Tech), Professor, General Director, JSC «NIAS»,
E-mail: I.Rozenberg@vnias.ru, Moscow, Russia

Abstract. The article is devoted to the strategic directions of the development of JSC «NIAS» and the definition of the most priority directions that contribute to the greatest achievement of the main objectives of the development of the holding of JSC «RZD» for the period up to 2020, taking into account the competencies, scientific-technical and human resources.

Key words: JSC «NIAS»; JSC «RZD»; strategic directions; development up to 2020 Year

Российские железные дороги в настоящее время работают и развиваются в условиях динамичных изменений экономической ситуации и требований общества и государства, всё возрастающей конкуренции с иными видами транспорта, а также появления инновационных научно-технических решений, знаменующих переход к новому технологическому укладу.

Чтобы адекватно отвечать на возникающие вызовы, все структурные составляющие холдинга ОАО «РЖД» должны постоянно повышать эффективность своей деятельности, прежде всего на основе инновационного прорыва, поскольку направления экстенсивного развития и организационные рычаги повышения эффективности в значительной степени ограничены.

Являясь одной из ведущих научно-исследовательских и проектно-конструкторских дочерних структур ОАО «РЖД», наш институт за 60-лет своего существования достаточно чётко определил своё место в развитии отечественного железнодорожного транспорта.

Институтом накоплен огромный опыт и компетенции в сфере разработки, создания и внедрения техники и технологий, в таких предметных областях деятельности, как управление перевозочным процессом, управление инфраструктурой, обеспечение безопасности движения,

интеллектуальный железнодорожный транспорт, внедрение спутниковых и геоинформационных технологий, транспортная безопасность, кибербезопасность. Сегодня ОАО «НИИАС» является головной организации ОАО «РЖД» по этим важнейшим стратегическим направлениям развития отрасли (рис. 1).

Сейчас в Институте сформирован значительный кадровый потенциал – 1132 сотрудника, в том числе 18 докторов наук и 72 кандидата наук. Сформированы значительные нематериальные активы на основе объектов интеллектуальной собственности. ОАО «НИИАС» владеет исключительными правами патентообладателя на 192 единиц изобретений, промышленных образцов и полезных моделей. Кроме того, нематериальные активы включают также более 1000 способных к правовой охране технических решений, программных продуктов и баз данных, прошедших регистрацию в Роспатенте, что составляет более 24% от общего количества аналогичных объектов интеллектуальной собственности ОАО «РЖД».



Рис. 1. ОАО «НИИАС» и его место в научно-техническом обеспечении развития холдинга ОАО «РЖД».

В пользу ОАО «РЖД» оформлено 631 ед. правоохранных документов, что существенно больше, чем у иных научно-исследовательских и образовательных организаций, работающих в интересах Холдинга.

За долгие годы деятельности Института сложилась тесная научно-производственная кооперация с ведущими компаниями и исследовательскими центрами в России и за рубежом.

Имеющиеся компетенции и научно-технический потенциал ОАО «НИИАС» позволяют реализовывать в интересах ОАО «РЖД» полный цикл научных разработок от идеи и математических моделей до опытных образцов, проводить испытания новой техники и технологий, разрабатывать отраслевые и государственные стандарты, выполнять экспертизу конкретных технических, технологических и управленческих решений (рис. 2).

Основные цели развития холдинга ОАО «РЖД» чётко определены в «Комплексной программе инновационного развития холдинга ОАО «РЖД» на период до 2020 г.» и «Стратегии развития информационных технологий и связи холдинга ОАО «РЖД» до 2020 года», увязанных с базовыми целеполаганиями «Стратегии развития холдинга ОАО «РЖД» на период до 2030 года» (рис. 3).



Рис. 2. Комплексный подход ОАО «НИИАС» к созданию и внедрению инноваций в интересах холдинга ОАО «РЖД»

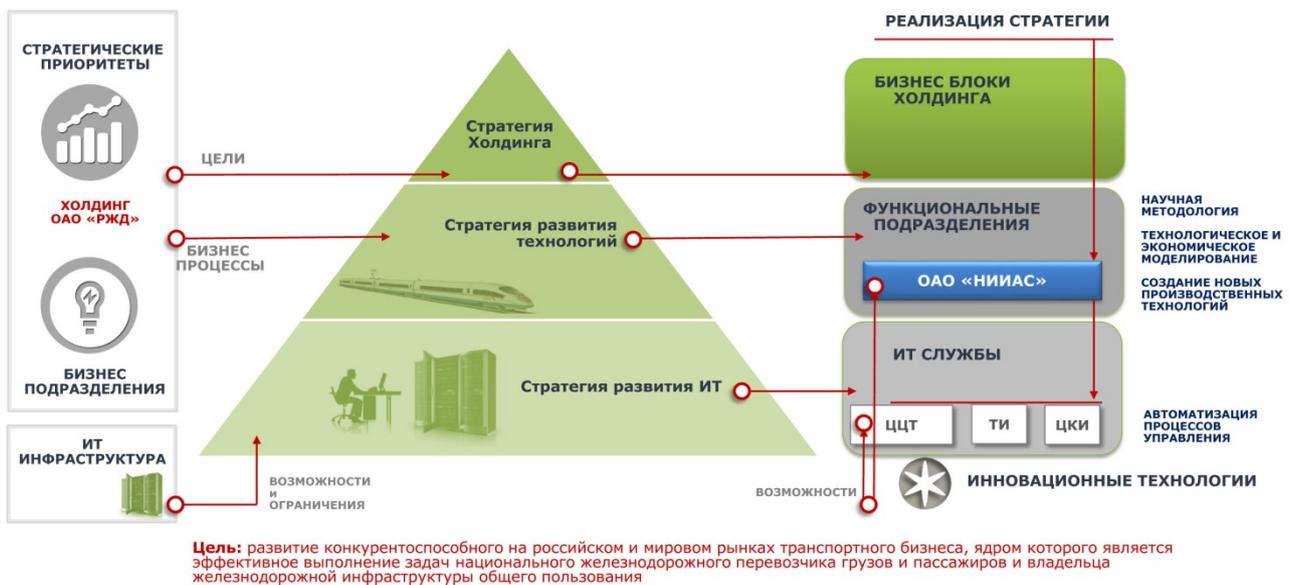


Рис. 3. Основные цели развития холдинга ОАО «РЖД» на период до 2020 г. и место ОАО «НИИАС» в их реализации

Главным образом, речь идет об «эффективном развитии конкурентоспособного на российском и мировом рынках транспортного бизнеса, ядром которого является эффективное выполнение задач национального железнодорожного перевозчика грузов и пассажиров и владельца железнодорожной инфраструктуры общего пользования».

При этом обеспечение устойчивой конкурентоспособности холдинга ОАО «РЖД» на глобальном рынке транспортных и логистических услуг должно быть осуществлено «за счет повышения уровня удовлетворенности потребителей сервисов на базе рационального и целесообразного с экономической и технологической точек зрения использования актуальных результатов научно-технической деятельности».

Проведенный анализ общего состояния научно-технического обеспечения отечественного железнодорожного транспорта и современного состояния рынка предлагаемых услуг в данной сфере деятельности позволяет сделать вывод о том, что для достижения целей, поставленных в вышеупомянутых документах, наиболее целесообразно на период до 2020 г. сконцентрировать усилия на таких инновационных направлениях, как создание:

- единой интеллектуальной системы управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ);
- комплексной системы управления и обеспечения безопасности движения поездов и контроля их технического состояния;
- системы управления инфраструктурой и энергоэффективностью;
- спутниковых и геоинформационных технологий применительно к задачам управления перевозками, обеспечения безопасности и содержания железнодорожной инфраструктуры;
- методологии и систем управления ресурсами, рисками и надежностью объектов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава на основе разработки и внедрения Единой корпоративной платформы (ЕКП УРРАН);
- системно-технических решений в области кибербезопасности, информационной и транспортной безопасности и их реализации при внедрении информационно-управляющих систем в структуре холдинга ОАО «РЖД».

Перечисленные направления полностью соответствуют определяющим векторам инновационного развития холдинга ОАО «РЖД» и, по сути дела, пронизывают всю структуру формируемых бизнес-блоков Холдинга в части их технико-технологического обеспечения для решения текущих бизнес-задач и достижения стратегических целей.

Следует особенно подчеркнуть, что Институту необходимо закрепить своё место, как головной организации холдинга ОАО «РЖД» по вышеперечисленным стратегическим направлениям деятельности, в реализации комплексного проекта «Цифровой железной дороги» (ЦЖД), который упомянутыми выше стратегическими документами определен в качестве основного драйвера инновационного развития Холдинга на период до 2020 г. (рис. 4).

В соответствии с общемировыми тенденциями развития железнодорожного транспорта, проект создания ЦЖД определен как реализация совокупности информационных технологий, процессов и стандартов взаимодействия, которые соответствуют цифровой модели бизнеса холдинга ОАО «РЖД». При этом сама цифровая модель бизнеса, рассматривается как система управления деятельностью предприятий Холдинга, основанная на бизнес-принципах полной согласованности; бизнеса в режиме онлайн; сервисного управления и применения современных механизмов обеспечения кибербезопасности (рис. 5).

Первоочередным шагом на пути перехода к ЦЖД, по замыслу Стратегии развития информационных технологий ОАО «РЖД» на период до 2020 года, является создание единой высокотехнологичной платформы с унифицированным описанием объектов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава на основе единого информационного пространства, гармонизированных отечественных и международных стандартов и с применением технологий Big Data и IoT – Интернета вещей (рис. 6).

Эффективное решение этой проблемы является залогом успешной реализации проекта цифровой железной дороги в целом. И именно на этом «прорывном» направлении необходимо целенаправленно использовать весь тот научно-технический задел и совокупность компетенций в данной сфере деятельности, которыми располагает Институт в настоящее время. Практически все упомянутые в структуре технологической платформы ЦЖД взаимосвязанные области функциональной деятельности холдинга ОАО «РЖД», в части обеспечивающих их технико-технологических разработок, относятся к предметной области деятельности и компетенциям ОАО «НИИАС».



Рис. 4. «Цифровая» железная дорога – драйвер инновационного развития холдинга ОАО «РЖД»



Рис. 5. Основные положения проекта создания «цифровой железной дороги»

В части управления грузовыми и пассажирскими перевозками создаваемая Институтом интеллектуальная система управления производственными процессами ОАО «РЖД» (ИСУЖТ), позволяет на основе применения технологий искусственного интеллекта преодолеть «узкие» места лоскутной автоматизации и выйти на более высокий уровень комплексного планирования и диспетчерского управления перевозочным процессом, обеспечивающий значительное снижение сроков доставки и повышения качества транспортных услуг, предоставляемых Российскими железными дорогами (рис. 7).

С помощью созданной нами системы «Автодиспетчер» осуществляется максимальная автоматизация процесса организации и управления движением пассажирских поездов, включая автоматические задания маршрутов с обеспечением безопасности в соответствии с твердым графиком движения или оперативным графиком при наличии конфликтных ситуаций.



Создание единой высокотехнологичной Цифровой платформы РЖД, базирующейся на формировании единого информационного пространства ведения бизнеса холдинга ОАО «РЖД» - залог успеха реализации проекта цифровой железной дороги в целом

Рис. 6. Создание единой высокотехнологичной цифровой платформы РЖД



Единая интеллектуальная система управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте станет основной автоматизированной системой управления на базе использования новейших научных разработок, ориентированной на повышение качества транспортного обслуживания и оптимизацию взаимодействия всех производственных подразделений ОАО «РЖД».

Функционал ИСУЖТ охватывает всю производственную деятельность ОАО «РЖД», включает в себя все существующие горизонты планирования перевозочного процесса от годового и месячного планирования до диспетчерского регулирования, автоматизирует сквозные процессы для дирекций управления движением, тяги, инфраструктуры и центра фирменного транспортного обслуживания.



Рис. 7. Внедрение ИСУЖТ – важнейшее направление инновационной деятельности ОАО «НИИАС» при создании «цифровой железной дороги»

ОАО «НИИАС» сохраняет лидирующие позиции в части создания комплексных систем управления и обеспечения безопасности движения поездов. Нашими специалистами созданы система автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН) с автостопом, а также принципиально новая и рассчитанная на широкое общесетевое внедрение система автоблокировки — АБТЦ-М, реализованная на базе микропроцессоров, работающая при всех видах тяги, позволяющая успешно заменить релейную и полупроводниковую технику.

Постоянно совершенствуются технико-технологические решения по созданию бортовых устройств безопасности БЛОК/БРУС с цифровым радиоканалом связи для передачи на борт ответственных команд.

Разработанные Институтом технологии интервального регулирования движения поездов по сигналам АЛС с передачей данных по цифровому радиоканалу без применения рельсовых

цепей, а также технико-технологические решения для систем управления движением с использованием цифрового радиоканала передачи ответственной информации, позволяют добиться повышения скоростей движения поездов по участкам пути.

Эффективность реализуемого институтом комплексного подхода к разработке систем управления и обеспечения безопасности движения поездов была наглядно продемонстрирована на пример Московского центрального кольца (МЦК) (рис. 9).

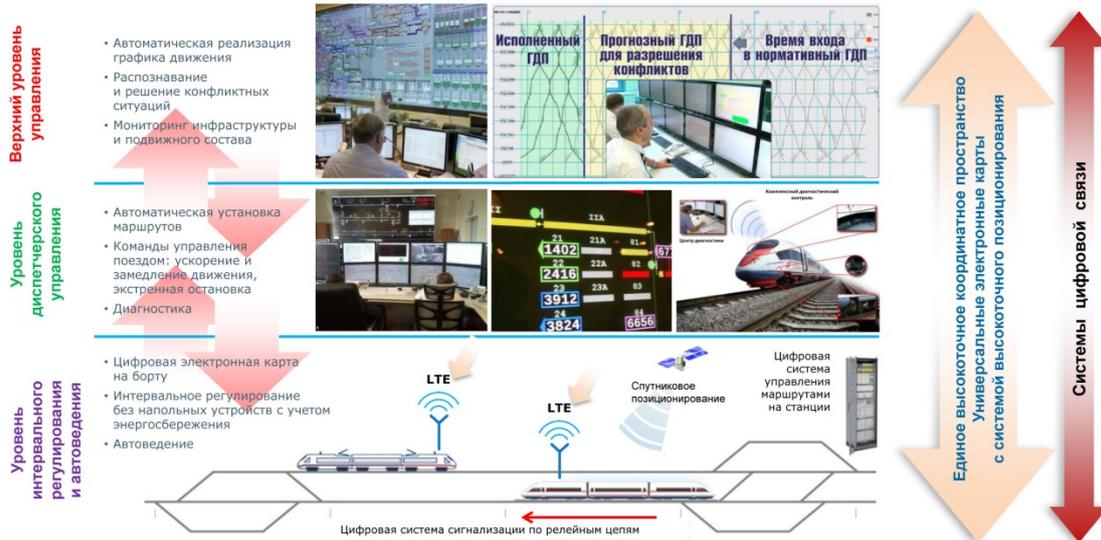


Рис. 8. Создание многоуровневой системы управления движением

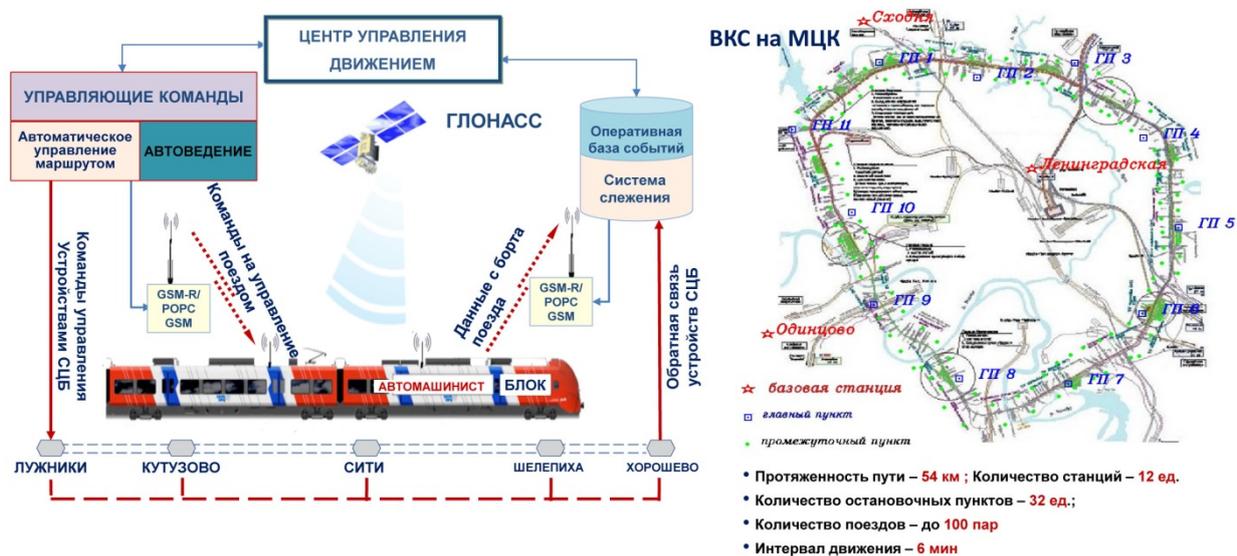


Рис. 9. Опыт внедрения комплексной системы управления движением на МЦК

Безопасность маневровой работы на станциях обеспечивается созданной в Институте системой МАЛС, реализованной на новейшей технической базе и способной одновременно контролировать до сорока маневровых локомотивов. Прорывным направлением последних лет стала разработка системы управления маневровым локомотивом без машиниста.

Важным достижением Института стала разработка комплексной системы автоматизации сортировочных процессов КСАУ СП, которая на сегодняшний день является единственной в России сертифицированной, серийно внедряемой отечественной системой автоматизации процесса роспуска составов на сортировочных горках.

В интересах управления инфраструктурным комплексом холдинга ОАО «РЖД» разработана методология, технические и технологические решения для систем управления ресурсами, рисками и надежностью объектов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава на этапах их жизненного цикла на основе разработки и внедрения Единой корпоративной платформы (ЕКП УРРАН). При этом осуществлена разработка модели единой технологической базы объектов инфраструктуры с привязкой данных измерений и обработки их с целью выявления критичных отклонений от нормативов и формирования предостережений с использованием методологии УРРАН (рис. 10), открывающая перспективы для целенаправленного внедрения новейших аппаратно-программных средств и IoT-технологий «Интернета вещей».



Рис. 10. Внедрение УРРАН – важнейший инструмент управления техническим содержанием объектов ЦЖД

Больших достижений Институт добился в развитии технологий информационного общества, направленных на снижение технических барьеров в международном сообщении и интеграции железнодорожного транспорта России в международные транспортные системы. Созданный в ОАО «НИИАС» и успешно функционирующий Удостоверяющий центр, стал практически ключевым звеном в эксплуатации систем юридически значимого электронного документооборота в ОАО «РЖД».

Создав и введя в действие в институте Центр кибербезопасности, Институт занял ведущее место в отрасли в решении проблем защиты от кибератак информационных систем холдинга ОАО «РЖД» (рис. 11).

В своей деятельности Институт всемерно старается соблюдать важнейший принцип импортозамещения – все системы управления и обеспечения безопасности движения на сети железных дорог ОАО «РЖД» должны быть отечественными. Это принципиальная позиция, вызванная необходимостью обеспечить российские железные дороги такими системами, которые позволят организовать безаварийное движение поездов. Ни одно бортовое устройство безопасности на сети дорог ОАО «РЖД» сегодня не работает по «чужой» технологии.

Следует особенно подчеркнуть, что при создании высокотехнологичной платформы ЦЖД в части формирования её единого информационного пространства мы можем эффективно применить имеющиеся у нас «ноу-хау» для формирования в его структуре единого координатно-временного пространства. Поскольку все производственные бизнес-процессы на железнодорожном транспорте реализуются в пространстве и во времени, то именно в едином координатно-временном пространстве сети железных дорог холдинга ОАО «РЖД» необходимо во взаимосвязи описать все взаимодействующие объекты железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава, в том числе и в режиме реального времени. При этом открываются возможности на принципах полной согласованности осуществить контроль бизнес-процессов и технологических операций в режиме онлайн, а также организовать сервисное управление с использованием анализа «больших данных» (Big Data).

В современных условиях такое координатно-временное пространство (рис. 12) формируется с помощью новейших глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС ГЛОНАСС и др.) и геоинформационных технологий с построенными на их основе высокоточными координатными системами (ВКС) и системами высокоточной временной синхронизации на основе сервисов ГЛОНАСС, а также с применением данных космического дистанционного зондирования. Это направление деятельности также относится к базовым компетенциям ОАО «НИИАС».

Уже сейчас, в части создания общего цифрового описания топологии сети железных дорог ОАО «РЖД», институтом разработана, введена в действие и эксплуатируется геоинформационная система ГИС РЖД. С помощью ГИС РЖД и развернутом на её основе Центре обработки навигационных данных ГЛОНАСС (ЦОН) осуществляется привязка к электронной цифровой геоподоснове в режиме реального времени любого объекта подвижного состава, оснащенного спутниковым навигационно-связным устройством. Описания объектов инфраструктуры и подвижного состава гармонизированы с базовыми функциональными АСУ причастных Департаментов ОАО «РЖД» и ЦНСИ.

С целью цифрового описания объектов инфраструктуры с координатной привязкой к единой ВКС при непосредственном участии ОАО «НИИАС» во взаимодействии с ОАО «Росжелдорпроект» и АО «Транспутьстрой» осуществлена разработка комплексной системы пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ), являющейся источником информации для управления инфраструктурой на всех стадиях её жизненного цикла, а также для построения цифровых моделей пути и электронных карт для устройств безопасности тягового и моторвагонного подвижного состава.

Все вышеизложенное показывает, что на основании имеющегося задела коллектив наших ученых и специалистов в соответствии с приоритетами инновационного развития холдинга ОАО «РЖД» может осуществить:

- создание единого комплекса взаимосвязанных интеллектуальных информационно-коммуникационных технологий между пользователем, транспортным средством, системой управления движением и инфраструктурой;
- внедрение клиентоориентированных информационных технологий, обеспечивающих максимальный уровень информированности пассажиров и интероперабельности транспортных систем;
- реализацию концепции «умный локомотив» и «умный поезд» с перспективу на замену машиниста на автоматическую систему управления в поездах;
- развитие отказоустойчивых и защищённых от кибератак интеллектуальных систем управления движением и грузо/пассажиропотоками, систем железнодорожной автоматики и связи;
- внедрение технологий цифрового мониторинга и «Интернета вещей» для объединения

информационных сигналов от различных установленных датчиков и измерительных систем, аналитических средств и управляющих воздействий в единое пространство, в котором технологические процессы выполняются с минимальным участием человека, а в перспективе и при полном его отсутствии.

Двигаясь в направлении достижения целей инновационного развития холдинга ОАО «РЖД» до 2020 года, мы в нашей текущей деятельности должны сконцентрировать усилия и на реализации ряда приоритетных проектов, отражающих первоочередные потребности нашего генерального заказчика – холдинга ОАО «РЖД» на ближайшую перспективу и обеспечивающих получение подтверждаемого экономического эффекта от внедрения создаваемых Институтом системно-технических решений, инновационных технологий и сервисов, направленных на повышение доходов ОАО «РЖД».



Рис. 11. Защита от кибератак информационных систем ЦЖД с использованием услуг Центра кибербезопасности



Рис. 12. Построение единого координатно-временного пространства ЦЖД с использованием ГЛОНАСС и геоинформационных технологий

К таким направлениям относится, например, проект повышения пропускной способности железнодорожных направлений, реализуемый не за счет осуществления капиталоемких проектов по строительству дополнительных главных путей, а путем внедрения современных интеллектуальных систем управления перевозочным процессом, интервального регулирования и возможностей полигонного управления на основе методологии ИСУЖТ.

Приоритет данного проекта определен поручениями Правительства Российской Федерации по направлениям актуализации Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года в рамках Генеральной схемы с целью сокращения общих капитальных затрат на развитие и содержание железнодорожной инфраструктуры.

Для решения поставленной задачи Институту необходимо будет осуществить комплексные проработки и, опираясь на методологию ИСУЖТ, найти технологические решения, позволяющие для повышения пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений гибко и оперативно реагировать на изменение маршрутов, объемов и номенклатуры предъявляемых к перевозке грузов, строить и актуализировать графики движения для различных горизонтов планирования, моделировать работу стыков и станций с разрешением конфликтных ситуаций, учитывать техническое состояние инфраструктуры при достижении определенного уровня количественных и качественных показателей. В данном проекте Институт сможет целенаправленно использовать опыт, накопленный при создании систем управления перевозочным процессом в Сочи к Олимпиаде-2014 и на МЦК.

Несомненно, важное место в таком проекте займут технологии интервального регулирования с подвижными блок-участками с применением современных микропроцессорных систем сигнализации, централизации и блокировки, спутниковых технологий позиционирования повышенной точности и цифрового радиоканала. Опыт работ на МЦК свидетельствует, что подобные технологии позволяют обеспечить движение с интервалом попутного следования пассажирских поездов 3-4 мин и грузовых 6-7 мин с учетом ограничений по тяговым возможностям.

При внедрении инновационных технологий интервального регулирования предстоит также разработать технические решения, позволяющие расширить такие «узкие места», как станционные лимитирующие факторы, поскольку в большинстве случаев именно они ограничивают величину межпоездного интервала. Для устранения этого препятствия необходима модернизация входных горловин и парков приема, конкретные параметры которой могут быть уточнены только по результатам детального моделирования работы участков сети, на основе разработанных в Институте методологических подходов и имитационных моделей (рис. 13).

Выполненные совместно с Институтом экономики и развития транспорта предварительные оценки позволяют предположить, что внедрение на магистральных направлениях системы автоведения поездов на основе вышеуказанных технико-технологических решений позволит увеличить провозную способность на однопутных железнодорожных линиях на 12–15 млн. тонн в год, на двухпутных – на 40–70 млн. тонн в год и повысить участковые скорости движения грузовых поездов на 5–7 км/ч.

Применение предлагаемых технологий в совокупности с комплексом мероприятий по формированию преимущественно грузовых и пассажирских железнодорожных направлений на базе существующей сети железных дорог позволит увеличить провозную способность на отдельных грузовых направлениях на 15–30 млн. тонн в год, сократить затраты на содержание инфраструктуры примерно на 15–20%.



Рис. 13. Комплексирование инновационных разработок ОАО «НИИАС» при реализации приоритетных проектов ОАО «РЖД»

На основе полученных в результате указанных разработок новых технологических возможностей управления движением на принципах ЦЖД в перспективе клиентам могут быть предложены услуги с новым уровнем качества. Например, скоростной транзит перевозки грузов из Китая в Европу по территории России. Это, несомненно, станет важным фактором повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта и наращивания транзитного потенциала сети ОАО «РЖД».

В целом, перечисленные выше стратегические направления работ ОАО «НИИАС» с учетом имеющихся компетенций и практического опыта работы на сети ОАО «РЖД», в сочетании с кадровым потенциалом ученых и специалистов института позволят в максимальной степени использовать уже сформированный в интересах холдинга ОАО «РЖД» научно-технический потенциал, задействовать все созданные объекты интеллектуальной собственности в данной сфере деятельности и обеспечить достижение поставленных целей инновационного развития Холдинга.

УДК: 338.24:332.143

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Лёвин Б.А. д.т.н., профессор, Московский государственный университет путей сообщения им. Императора Николая II, E-mail: tu@miit.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья описывает комплексный мониторинг объектов транспортной инфраструктуры. Показано, что многообразие этого мониторинга требует его дифференциации. Выделены информационные характеристики мониторинга объектов транспорта. Показана связь комплексного мониторинга с геоинформатикой. Приводится систематика видов космического мониторинга объектов транспорта.

Ключевые слова: мониторинг, космический мониторинг, транспорт, систематика, геоинформатика, инфраструктура.

THE COMPREHENSIVE TRANSPORT INFRASTRUCTURE MONITORING

Levin B.A. D.ofSci(Tech), Professor, Moscow State University of Railway Engineering them. Emperor Nicholas II, E-mail: tu@miit.ru, Moscow, Russia

Annotation. This article describes the complex monitoring of transport infrastructure. The article shows the diversity of the monitor and its differentiation. This article describes the characteristics of the monitoring information transmission facilities. This article describes the relationship of comprehensive monitoring with geo-informatics. This article describes the taxonomy of types of satellite monitoring of transport facilities.

Keywords: monitoring, satellite monitoring, transportation, systematics, geoinformatics, infrastructure

Введение. Развитие современного транспорта и инфраструктуры невозможно без применения мониторинга [1-3]. Для мониторинга применяют разные технологии [4-7]. Однако современный мониторинг является комплексным по применяемым технологиям и объектам наблюдения. Комплексность технологий связана с геоинформационным мониторингом и космическим мониторингом [8]. При этом следует отметить тенденцию интеграции геоинформатики и дистанционных методов [9]. Это и создает комплексность по технологиям. По масштабу мониторинг может быть: локальным (чаще наземный или геодезический); региональным (воздушный или космический); глобальный (космический и космический с наземной поддержкой). Кроме того комплексный мониторинг использует большое количество физических, математических, информационных, картографических и цифровых моделей. Это обуславливает необходимость обобщения опыта и дальнейшего его исследования как нового научного направления.

Информационные характеристики мониторинга – это характеристики, которые задают его инфологическую модель. При мониторинге выделяют следующие информационные факторы: цель мониторинга [8]; информационное поле мониторинга [10, 11], объект мониторинга, методы или технологии мониторинга, модель объекта мониторинга. Рис.1. Модель объекта мониторинга строят после проведения мониторинга. Объект мониторинга находится в поле, которое воздействует на него. Это воздействие надо учитывать путем построения модели поля мониторинга. При мониторинге используют разные технологии. Их выбор зависит от объекта мониторинга и цели мониторинга.

При мониторинге используют разные информационные модели: информационную конструкцию [12] (обобщенная модель объектов и процессов), информационную модель ситуации; модель информационного взаимодействия; информационные единицы (процессов, представления, хранения и передачи информации).

Мониторинг применяют для решения разных задач: исследования экологического состояния [7]; контроль за движением транспортных средств; контроль за объектами недвижимости, анализ пожароопасных ситуаций, контроль за трубопроводным транспортом; контроль за транспортной инфраструктурой.

На рис.2 показан фрагмент транспортной инфраструктуры, полученный на основе комической съемки в оптическом диапазоне.

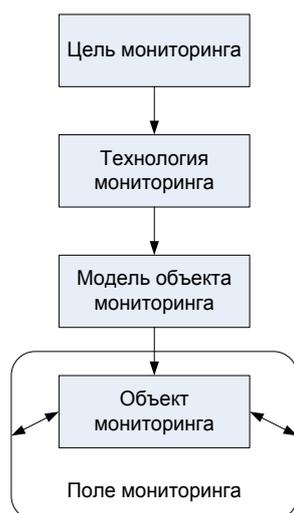


Рис.1. Информационные характеристики мониторинга



Рис.2. Фрагмент транспортной инфраструктуры (фото НИИ Аэрокосмос)

Это определяет специфику и дифференциацию мониторинга. Мониторинг включает не только наблюдение, но еще и систематизацию данных, обработку и интерпретацию. Дифференциация мониторинга обуславливает выбор канала электромагнитных волн как доминирующего источника данных. Например, при исследовании пожаров и пожароопасной обстановки необходим инфракрасный диапазон [13]. Он является основным индикатором ситуации. При исследовании арктических или антарктических территорий характерна либо полярная ночь, либо яркий белый фон забивающий оптический диапазон [14]. Это приводит к необходимости применения радиолокационных снимков высокого разрешения [15].

Множество проблем обуславливает необходимость применения комплексного космического мониторинга инфраструктуры и мониторинга подвижных объектов совместно. Эта технологическая схема приведена на рис.3 [16].

На рис.3 показано, что информацию при комплексном мониторинге получают от разных спутников. В единую систему мониторинга (объяснение кадров против часовой стрелки) включена:

1. транспортная инфраструктура;
2. скоростные поезда;
3. поезда для тушения пожаров (пожарные поезда);
4. перевозка опасных грузов;
5. поезда для восстановления аварий на дорогах (восстановительные поезда);
6. перевозка пассажиров;
7. передвижные средства диагностики дорог;
8. тяговый подвижной состав (электровозы, тепловозы).



Рис.3. Комплексный мониторинг транспорта и инфраструктуры

Комплексность и разнообразие задач космического мониторинга приводит к необходимости интеграции методов дистанционного зондирования и геоинформатики в единую систему [9]. Это приводит к необходимости применения геоданных (geodata), которые представляют собой согласованную систему и новый информационный системный ресурс [17].

Классификация мониторинга. Поскольку мониторинг применяют для разных целей, возникает необходимость классификации мониторинга в зависимости от его назначения и применения. В таблице 1 дана классификация космического мониторинга транспорта и инфраструктуры.

Таблица 1.

Классификация мониторинга транспортной инфраструктуры.

Критерий классификации мониторинга	Вид мониторинга
1. Состояние объекта мониторинга	
Динамическое	Оперативный
Статическое	Циклический
2. Поле мониторинга	
Локальное	Локальный
Региональное	Региональный
Глобальное	Глобальный
3. Цели мониторинга	
Контроль подвижных объектов	Мониторинг объекта
Анализ инфраструктуры	Мониторинг инфраструктуры
Анализ окружающей среды	Мониторинг среды
Комплексный анализ	Комплексный мониторинг
Управление подвижными объектами	Комплексный мониторинг
4. Технологии мониторинга	
Наземные	Наземный
Воздушные	Воздушный
Космические	Космический
Комплексные	Комплексный
5. Объект мониторинга	
Подвижный объект	Мониторинг объекта
Перевозимый груз	Мониторинг объекта
Материальный поток	Мониторинг потока
Объект инфраструктуры	Мониторинг объекта
График движения	Мониторинг потока
6. Влияние условий и среды, диапазон электромагнитных волн	
Пожарная опасность	Инфракрасный
Видимый объект	Оптический
Оптически не прозрачная среда	Радиолокационный
Скрытый объект	Радиодиапазон

Дадим кратко пояснение по видам мониторинга.

Признак 1. По состоянию объекта мониторинга выделяют: 1. Оперативный мониторинг. 2. Циклический мониторинг. Оперативный мониторинг означает, что мониторинга объект осуществляется оперативно по мере движения или изменения состояния объекта. Например, применение спутниковой аппаратуры на объектах транспорта и сообщение в диспетчерский пункт о местонахождении объекта является активным мониторингом. Циклический мониторинг включает периодическое наблюдение объекта. Например мониторинг деформаций осуществляется циклически путем наблюдения за деформационными марками.

Признак 2. По полю мониторинга выделяют: локальный, региональный, глобальный. Локальный мониторинг включает активное или пассивное наблюдение за неподвижным или подвижным объектом в определенной точке на поверхности Земли. Локальный мониторинг (мониторинг объектов) применяют к отдельным объектам (мегаполис), районам, локальным участкам морской поверхности или видам транспорта [18]. Контроль эффективного использования транспорта и транспортной инфраструктуры – важная задача локального мониторинга. Один из видов локального мониторинга предполагает установку бортового блока на транспортные средства. С помощью передачи сигналов спутников через сеть GSM система мониторинга считывает координаты местонахождения транспорта, что позволяет осуществлять контроль перемещения транспорта. Здесь следует отметить связь спутниковых и наземных мобильных технологий. Функция контроля маршрута транспорта дает возможность отслеживать нарушения в работе транспортных объектов в режиме реального времени и подключает так называемый индикационный мониторинг.

Контроль расхода топлива – одно из самых востребованных функций современных систем космического локального мониторинга транспорта. Для примера рассмотрим контроль расхода топлива GPS системы «АвтоТрекер» [19]. Датчик расхода топлива устанавливается в бак автомобиля, где он собирает информацию об объеме жидкости в баке и передает её на бортовой блок. Датчик расхода топлива в системе «АвтоТрекер» является беспроводным, что позволяет монтировать его в топливные баки любых форм и размеров и экономить средства на процессе монтажа. Датчик расхода топлива позволяет определять места и дату слива топлива, а также – точное время этого события.

Широко применяют локальный космический мониторинг транспорта для контроля инфраструктуры. Примером может служить программа "Безопасность в масштабах мегаполиса" [20]. Современный город представляет собой сложную структуру. Он включает множество подсистем, одной из основных среди которых считается транспортная подсистема. Все подсистемы функционируют и взаимодействуют между собой. Для контроля работы всех подсистем, обеспечения безопасности уязвимых точек городской инфраструктуры применяют комплексную информационную систему, интегрирующую данные, поступающие от множества источников, среди которых космическая информация играет важнейшую роль.

Региональный мониторинг включает активное или пассивное наблюдение за участком земной поверхности, соответствующему определенному региону. Региональный мониторинг применяют для наблюдения территориальных зон, которые входят в отдельные государства. Целью регионального мониторинга транспортных объектов является контроль за транспортом и перевозками внутри данного региона. оценка эффективности внутренних перевозок.

Глобальный мониторинг означает широкий диапазон наблюдения. Он включает наблюдение: места (пункта) погрузки, места (пункта) разгрузки, местоположения объекта на маршруте и характера движения объекта между этими пунктами. Глобальный мониторинг применяют для изучения процессов и явлений, протекающих в масштабе земного шара [21]. Он изучает планетарные изменения, осуществляет наблюдения за состоянием морей и океанов, а также за состоянием почвы, растительного и животного мира в целом всей планеты. Вопросы

организации глобального мониторинга окружающей природной среды осуществляется в рамках программ ООН и Всемирной метеорологической организации. Глобальный мониторинг широко применяют для глобального управления транспортными средствами. Это чаще всего проводка танкеров большого тоннажа.

Признак 3. По целям мониторинга выделяют: мониторинг объекта, мониторинг инфраструктуры, мониторинг среды, комплексный мониторинг (в аспекте наблюдения объекта и среды).

Признак 4. По технологиям мониторинга выделяют: наземный, воздушный, космический, комплексный (в аспекте разнообразия технологий, используемых для наблюдения).

Признак 5. По объекту мониторинга выделяют: мониторинг объекта и мониторинг потока.

Признак 6. По влиянию условий и среды применяют разные диапазоны электромагнитного излучения и выделяют: мониторинг в оптическом диапазоне, мониторинг в инфракрасном диапазоне, радиолокационный мониторинг, мониторинг в рентгеновском диапазоне, мониторинг в радио диапазоне

Космический мониторинг требует поддержки разными технологиями и системами обеспечения. По виду поддержки космического мониторинга выделяют. Космический мониторинг с наземной поддержкой (надводной поддержкой). Космический мониторинг с воздушной поддержкой. Комплексный космический мониторинг. Космический мониторинг без поддержки.

Для проведения мониторинга необходимо применять базу данных или базу геоданных. База данных космического мониторинга включает данные из разных источников информации. В базу данных входят космические снимки. В качестве дополнительной информации в базу данных включают воздушную фотосъемку и результаты воздушного лазерного сканирования. В базу данных входит координатная система для определения положения объектов и регулирования материальных потоков. В базу данных входит информация, получаемая с помощью мобильных измерительных систем. В базу данных входит специальная информация, получаемая с помощью георадаров. В базу данных входят все виды измерений дорожной инфраструктуры получаемые геодезическими или иными измерительными средствами.

В результате применения базы данных космического мониторинга возможно построение цифровой модели транспортной инфраструктуры (рис.4).

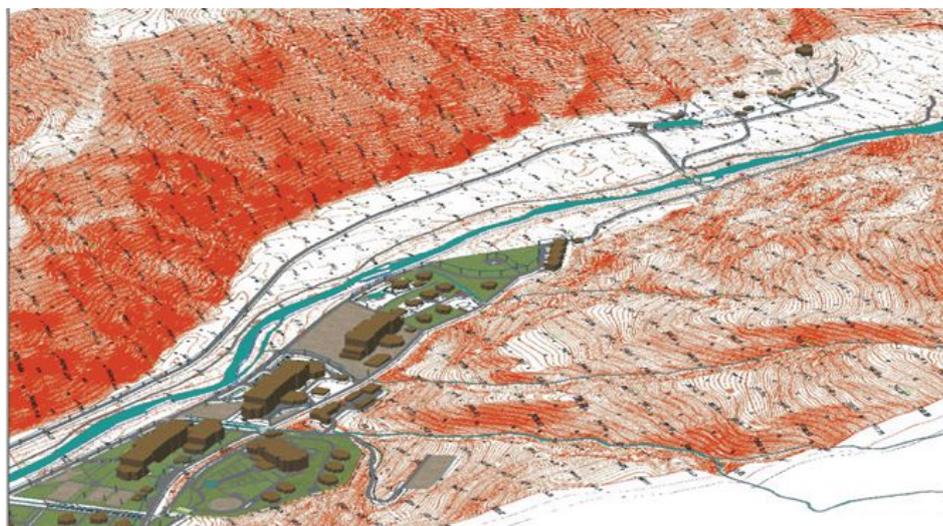


Рис.4. Цифровая модель инфраструктуры

Цифровая модель транспортной инфраструктуры не является цифровой картой. Карта является плоской моделью криволинейной поверхности Земли. Карта строится с использованием картографических преобразований и содержит искажения обусловленные этими преобразованиями. даже объемная карта в своем основании содержит искажения. Цифровая модель является трехмерной, поэтому она не содержит искажений которые имеет карта. Цифровая модель транспортной инфраструктуры является новым информационным продуктом. который позволяет решать задачи развития транспортной инфраструктуры.

Заключение. Комплексный мониторинг охватывает все виды мониторинга с технологических позиций и все виды объектов наблюдения с позиций объекта наблюдения. Это делает его эффективным средством контроля интермодальных перевозок. Современный комплексный мониторинг объектов транспортной инфраструктуры использует методы космической геоинформатики и может быть рассмотрен как новое научное направление. Комплексный мониторинг является широким понятием и исследует не только отдельные объекты, но их инфраструктуру, среду и ситуацию движения включая прогноз состояния подвижного объекта. Комплексный мониторинг решает ряд важных задач: контроль состояния автодорог, расход горючего, контроль за эксплуатацией вагонного парка, контроль перевозки особо важных грузов. комплексный мониторинг использует большое число математических моделей, что пока затрудняет создание общей теории мониторинга. Комплексный мониторинг объектов транспорта и транспортной инфраструктуры является технологической частью развития общества и требует дальнейших научных исследований.

Список литературы

1. Ашпиз Е.С. Мониторинг земляного полотна при эксплуатации железных дорог. – М.: Путь-пресс, 2002
2. Бондур В.Г., Цветков В.Я. Дифференциация космического мониторинга объектов транспорта. //Перспективы науки и образования. – 2015. – №5. – с.130-135.
3. Кужелев П.Д. Геоинформационный мониторинг на железнодорожном транспорте // Науки о Земле. – 2014. – № 3. – с.83-90
4. Бондур В.Г. Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. Реальности и перспективы // В книге: Аэрокосмические технологии в нефтегазовом комплексе Материалы Международной научно-технической конференции. 2009. С. 55-57
5. Бондур В.Г., Старченков С.А. Методы и программы обработки и классификации аэрокосмических изображений// Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2001. № 3. С. 118-143
6. Цветков В.Я. Анализ применения космического мониторинга // Перспективы науки и образования. – 2015. – №3. – с.48-55.
7. Затыгалова В.В. Геоэкологический мониторинг загрязнений моря по данным дистанционного зондирования // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. – №5(8). – с.94-99.
8. Бондур В.Г., Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космический мониторинг транспортных объектов. Учебное пособие. – М.: МГУПС, 2015. – 72с
9. Савиных В.П., Цветков В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // Информационные технологии. – 1999. – №10. – с.36-40.

10. Бондур В.Г. Информационные поля в космических исследованиях // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. – №2 (10). – с.107-113.
11. Цветков В.Я. Спутниковое навигационное поле// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. – №3. (часть 3) – с.502
12. Tsvetkov V. Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design, 2014, Vol (5), № 3. – p.147-152
13. Бондур В.Г. Актуальность и необходимость космического мониторинга природных пожаров в России//Вестник Отделения наук о Земле РАН.-2010. – Т2. с.1-15.
14. Савиных В.П. Исследование северных территорий по материалам ДДЗ // Славянский форум. – 2012. – 2 (2). – с.64-67.
15. Бондур В.Г., Чимитдоржиев Т.Н. Анализ текстуры радиолокационных изображений растительности // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2008. – № 5. – С.9-14.
16. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Космический мониторинг объектов транспортной инфраструктуры // Транспортно Строительство Инфраструктура. – 2015. – №12. – с.56-63 (Болгария).
17. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук, 2014, том 84, № 9, с. 826–829.
18. Бармин И. В., Савиных В. П., Цветков В. Я., Затыгалова В. В. Мониторинг загрязнений моря судами по данным дистанционного зондирования // Морской сборник. 2013. – т.1998. – №9. – с.41-49.
19. Сатовский Б. Система «Автотрекер»: возможности и эффективность // Логистика. – 2008. – №. 4. – С. 24-25.
20. http://www.itv.ru/verticals/homeland_security/.
21. Tsvetkov V. Ya. Global Monitoring // European Researcher. – 2012. – Vol.(33). – №11-1. – p.1843-1851.

УДК: 338.47

О ЕДИНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ПОЛИТИКЕ

Розенберг И.Н. д.т.н., профессор, Генеральный директор, ОАО «НИИАС»,
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья описывает особенности создания и развития единой транспортной политики в ЕС и евразийском экономическом союзе. Акцентировано внимание на сферу железнодорожного транспорта. Статья показывает значение интеграции в системе ЕТП. Статья описывает основные проблемы создания и применения единой транспортной политики.

Keywords: транспорт, управление, единая транспортная политика, железнодорожный транспорт.

ON A COMMON TRANSPORT POLICY

Rosenberg I.N. DofSci.(Tech), Professor, General Director, JSC «NIAS»,
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Moscow, Russia

Annotation. The article describes the peculiarities of creation and development of the common transport policy in the EU and the Eurasian economic Union. The attention is focused on the field of railway transport. The article shows the integration value in the system ETP. The article describes the main problems of creation and application of the common transport policy.

Keywords: transport, management, common transport policy, rail transport.

Введение. В современный период осуществления масштабных интеграционных проектов возрастает значение транспорта как важного фактора прогресса и развития общества. Транспорт является рычагом воздействия на общее хозяйственно-экономическое развитие стран, инструментом формирования- стратегии развития регионов и стран в целом. Внутренние транспортные пути являются важным показателем экономического и военного потенциала государств и их союзов. Практика показывает, что для создания надежно работающей, экономичной, безопасной и экологичной транспортной системы необходимо наличие общих принципов развития транспортной системы и отдельных ее элементов, признанных властными и общественными институтами. Это приводит к необходимости создания и развития транспортной политики.

Международные транспортные коридоры являются важным фактором мировой политики. Поэтому транспортная политика является важным фактором международного развития государства. В Евросоюзе происходило становлений единой транспортной политики параллельно с процессом европейской интеграции вместо разрозненных и негармонизированных действий национальных правительств. Актуальность транспортной политики привела к созданию журнала «транспортная политика» (Transport Policy) [1, 2]. Этот международным реферативный журнал нацелен на преодоление разрыва между теорией и практикой в области транспорта. Его тематические области отражают важность технических, технологических и организационных решений на транспорте, промышленности, для общественных организаций и обеспечивают независимый, оригинальный и строгий анализ,

чтобы понять, каким образом были приняты решения в области развития транспорта, контролировать их последствия и предложить, меры по их улучшению

Транспортный комплекс ЕС

Начиная с середины 1950-х гг. начала формироваться единая транспортная политика (ЕТП) Евросоюза. Выяснилось, что без ЕТП невозможно добиться функционирования единого рынка товаров в рамках Евросоюза.

Единая транспортная политика решает несколько задач: интеграцию транспортных потоков, устранение параллелизма в транспортных системах, устранение противоречий и несогласованности разных транспортных систем, согласование деятельности разных видов транспорта, согласование регламентов и стандартов, разработку интегрированной логистики, выработку экономических критериев эффективности в интересах государства, а не в интересах отрасли, которые могут противоречить с общими интересами.

На основе работ области ЕТП к 2000-м годам ЕС имел: развитую транспортную инфраструктуру; единый технический регламент; единую тарифную сетку, при наличии конкуренцией на всех видах транспорта. В рамках ЕС была создана уникальная система наднационального регулирования транспортной отрасли. Благодаря развитию и работам в области ЕТП Евросоюз обладает одним из самых развитых в мире региональных транспортно-логистических комплексов.

Ввиду малых расстояний перевозок и высокой плотности дорог, автотранспорт в ЕС занимает 1-ое место по грузообороту. По данным Еврокомиссии за 2012 г., по грузообороту автотранспорта, включая каботажные операции, лидируют ФРГ (307,0 млрд т/км), Польша (222,3 млрд т/км) и Испания (199,3 млрд т/км). По числу зарегистрированных грузовых и специализированных транспортных средств в первую тройку входят Франция (5,4 млн шт.), Испания (5,1 млн шт.) и Италия (4,1 млн шт.) [3].

Значительная часть морской перевалки грузов осуществляется через портовые системы Роттердама (395,5 млн т), Антверпена (164,5 млн т) и Гамбурга (113,5 млн т). При этом в 2012 г. перевалка контейнеров в Роттердаме составила 10,9 млн двадцатифутового эквивалента (TEU), 8,8 млн TeU в Гамбурге и 8,1 млн TEU в Антверпене. По грузообороту на внутреннем водном транспорте лидируют ФРГ (58,5 млрд т/км), Нидерланды (47,5 млрд т/ км) и Румыния (12,5 млрд т/км). На эти страны приходится около 79% всего грузооборота ЕС внутренним водным транспортом [3].

Лидерами на рынке ж/д перевозок ЕС являются ФРГ (110,1 млрд т/км), Польша (48,9 млрд т/км) и Франция (32,6 млрд т/км). По числу грузового парка вагонов лидируют ФРГ (104,4 тыс. шт.), Румыния (72,6 тыс. шт.) и Польша (62,2 тыс. шт.) [3].

Наибольший объем грузооборота трубопроводной системы ЕС приходится на Польшу (19,4%), ФРГ (14,1%) и Францию (13,2%) [3].

Среди современных тенденций транспортной политики следует отметить растущее применение интеллектуальных методов на транспорте [4-6], применения космических методов для управления транспортом [7-9] и пространственного управления на транспорте [10].

Транспорт как крупный сектор экономики, который обеспечивает около 10% ВВП ЕС. [11]. Это определяет значение транспортной политики не только как сферы транспорта. Но и как индустрии влияющей на общее экономическое положение ЕС.

В 2001 году Европейская Комиссия приняла «Белую книгу» по транспорту с названием «Европейская транспортная политика до 2010 года: время решений» [12]. В документе сформулированы четыре главные задачи транспортной политики ЕС: изменение баланса между различными видами транспорта; устранение «узких мест» в транспортной инфраструктуре;

ориентация транспортной политики на ее пользователей; получение эффекта от глобализации транспорта. Коротко требования к транспортной политике ЕС можно сформулировать следующим образом: эффективность, безопасность, защита окружающей среды. Для осуществления таких масштабных задач в «Белой книге» были предложены конкретные меры по улучшению работы транспорта.

В 2006 году Европейская Комиссия одобрила пересмотр среднесрочных перспектив развития транспорта в ЕС и представила Белую книгу, в которой сделан акцент на общие для всех стран ЕС подходы и совместный диалог по проблемам транспорта. Документ содержит план развития отрасли до 2020 года [13].

ЕТП в железнодорожном транспорте. К моменту создания ЕЭС железнодорожные системы шести стран-членов ЕС были в государственной собственности и были защищены объёмным пакетом мер от конкуренции. Но уже к середине 1970-х железнодорожный транспорт стал проигрывать более открытому автотранспорту по объёмам перевозок. Развитие железнодорожного транспорта, как сложной геотехнической системы [14], самоорганизация транспортных систем [15] ведет к возрастанию динамики и сложности ситуаций в управлении движением. Процесс модернизации ж/д отрасли в ЕС начался в 1991 г. и закончился к середине 2000-х.

С 1980-1990-х гг. проблемой при разработке единой политики ЕС в области железнодорожного транспорта был выбор пути развития отрасли: рыночного, как, например, в Великобритании и Швеции, или патерналистского как во Франции. Была обеспокоенность того, что либерализация отрасли приведёт к неконтролируемому износу инфраструктуры и снижению уровня безопасности, что в итоге привело к созданию сбалансированного плана развития ж/д отрасли в рамках Евросоюза.

Ввиду организационных особенностей, железнодорожный транспорт остаётся наименее подверженным влиянию рыночных механизмов Единого рынка. Объективная ограниченность пропускной способности железнодорожной инфраструктуры, а также необходимость огромных вложений в создание новых транспортных проектов и впредь будут тормозить установление полноценной конкурентной среды в отрасли.

Опыт ЕТП для Евразийского Экономического Союза (ЕАЭС). Особенностью создания ЕАЭС была высокая политизация, что наложило отпечаток на транспортно-логистическую область. Поэтому опыт по созданию ЕТП может, хотя и с учетом региональной специфики, служить основой для наднационального органа на постсоветском пространстве - Евразийской Экономической Комиссии (ЕЭК).

Началом евразийской интеграции к созданию собственной ЕТП принято считать Решение №284 ЕЭК от 25 декабря 2012 г. «О согласованной транспортной политике государств-членов Таможенного союза и Единого экономического пространства». Необходимость проведения скоординированной региональной политики в области транспорта и логистики очевидна, но на практике не всегда результативна, хотя потенциал такого сотрудничества велик. Так, по данным ЕЭК, к 2030г. совокупный мультипликативный эффект от транспортной интеграции может составить для России более 5 млрд. долл. или +0,1% ВВП, для Казахстана более 4 млрд долл. или +0,7% ВВП, а для Беларуси 1,5 млрд долл. или 1,5% ВВП [16].

Существует ряд факторов, которые тормозят внедрение единых механизмов в транспортно-логистическую отрасль ЕАЭС. В 2013 г. на Россию, Казахстан и Беларусь, приходилось менее 1% от международных торговых потоков «Восток-Запад», в то время как в 1982 г. на долю СССР приходилось до 20%, при том, что существующий объём товарооборота между Европой и Азией оценивается в 850 млрд долл., а к 2015 г. ожидается на уровне 1,2 трлн долл. [3, 17].

Кроме того, более 70% всей транспортно-логистической инфраструктуры ЕАЭС технически и морально устарели, а усреднённый вклад отрасли в ВВП трёх стран оценивается на уровне 6-7%, тогда как в Ирландии этот показатель равняется 14,2%, Сингапуре - 13,9%, Гонконге - 13,7%, а в ФРГ - 13% [18].

В-третьих, доля транспортно-логистических расходов в стоимости товаров для стран ЕАЭС составляет в среднем 16-20%, в то время как соответствующий агрегированный показатель для членов ЕС находится на уровне 5%. Более того, уровень контейнеризации транспортных операций, отражающий качество инфраструктуры отрасли, в ЕАЭС равняется 37 контейнерам на 1 тыс. населения против 127 шт. в ЕС [19].

Однако наибольшим упущением при разработке ЕТП ЕАЭС является неспособность договаривающихся сторон перейти к единым механизмам регулирования рынка. И именно здесь наднациональные наработки ЕС по данному вопросу могут пригодиться кстати.

На сегодняшний день наибольшая степень согласованности в регулировании перевозок в рамках ЕАЭС достигнута на железнодорожном транспорте. 1 января 2013 г. вступил в действие единый железнодорожный тариф трёх стран и было достигнуто решение о поддержке контр-трейлерных перевозок через морской порт Санкт-Петербурга, что приведёт к снижению транспортных расходов для не имеющего выхода к морю Казахстана в среднем на 15-20%. Также в 2014 г. правительствами России, Казахстана и Беларуси путём передачи активов своих контейнерных перевозчиков была образована Объединённая Транспортная и Логистическая Компания (ОТЛК), которая должна обеспечить внутренний рынок ЕЭП услугой сквозной перевозки контейнеров с последующим выходом на международный рынок, тем самым став краеугольным камнем всей ЕТП объединения. Ожидается, что к 2022 г. ОТЛК удастся достичь объёма перевозок контейнеров в 1-1,5 млн (TEU), замкнув на себе 2-3% контейнерных потоков между ЕС и Китаем [20]. При этом геоинформатика является связующим звеном при интеграции экономики и пространственного управления [21].

Заключение. Одно из стратегических направлений развития транспорта в ЕС - создание транспортных коридоров с севера на юг и с запада на восток. Еще в Маастрихтском договоре были положения о создании трансевропейских сетей и роли Сообщества в их разработке и реализации [22]. Развитие трансевропейских транспортных сетей (TEN-T) направлено на ликвидацию «узких мест» в единой Европе и способствовать решению не только непосредственно транспортных задач, но служить социальным и экологическим целям и в целом экономическому развитию территории Европы [23]. Единая транспортная политика включает это направление. Большое значение в ЕТП приобретает пространственная информация, геоинформационные системы и интеллектуальные системы.

Список литературы

1. Bamberg S. et al. Behaviour theory and soft transport policy measures //Transport policy. – 2011. – V.18. – №. 1. – p.228-235.
2. Stanley J., Vella-Brodrick D. The usefulness of social exclusion to inform social policy in transport //Transport Policy. – 2009. – V. 16. – №. 3. – p.90-96.
3. Шемятенков В.Г. Европейская интеграция. - М. Международные отношения, 2003. -400 с.
4. Ададунов С.Е, Гапанович В.А, Лябах Н.Н., Шабельников А.Н. Железнодорожный транспорт: на пути к интеллектуальному управлению. – Южный научный центр РАН, НИИАС.: Ростов-на Дону, 2010 – 322с
5. Савиных В.П., Цветков В.Я. Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике // Транспорт Российской Федерации. – 2010. –№ 5. – с.41-43

6. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Применение мультиагентных систем в интеллектуальных логистических системах. // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. - №6. – с.107-109
7. Розенберг И.Н., Тони О.В., Цветков В.Я. Интегрированная система управления железной дорогой с применением спутниковых технологий // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 6. – с.54-57.
8. Бондур В.Г., Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космический мониторинг транспортных объектов. - М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 72с
9. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космическая геоинформатика: Учебное пособие. - М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 72с
10. Розенберг И.Н. Пространственное управление в сфере транспорта // Славянский форум, 2015. - 2(8) - с.268-274.
11. Europe at a crossroads. The need for sustainable transport. European Commission, 2003, p.5
12. White Paper. European transport policy for 2010: time to decide. Commission of the European Communities. Brussels, 12.09.2001. COM(2001) 370 final
13. Bulletin Quotidien Europe № 9210
14. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система //Успехи современного естествознания. –2009. – №4. – с. 52.
15. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов - М.: Изд-во АСВ. – 2005
16. Евразийская Экономическая Комиссия [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/nae/news/Pages/08-12-2014-1.aspx>.
17. Баймухамедова Г.С., Алмагамбетова Ш.Т. Железнодорожный транспорт и экономика Республики Казахстан//Проблемы Права и Экономики. 2014. Выпуск 6. № 2. С. 8-11
18. Кузьмина Л.В. Повышение конкурентоспособности экономики на основе создания региональных транспортно-логистических центров // Проблемы экономики, организации и управления в России и мире: Материалы III международной научно-практической конференции (22 октября 2013г.) / отв. редактор Уварина Н.В. - Прага: World Press, 2013. С. 139-143
19. Pak Y., Sarkisov S. Ideals and realities of the transport complex of the Single Economic Space (SES)//The International Journal of Interdisciplinary Global Studies. 2014. No. 8. p. 15-27.
20. Tsvetkov V., Zoidov K., Medkov F. Problems of economic security in Russian transportation and intermediate carrier infrastructureZ // Экономика Региона. - 2012. - №1. – p.100-109.
21. Цветков В.Я. О пространственных и экономических отношениях // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. - №3. – с.115-117.
22. Договор о Европейском Союзе. Раздел XII. Трансевропейские сети. Ст. 29b, 29c, 29d// Документы Европейского Союза, т.2. Под ред. Ю.А.Борко, М.В.Каргаловой, Ю.М. Юмашева. Москва, 1994, стр.92-94.
23. Gutiérrez J. et al. Evaluating the European added value of TEN-T projects: a methodological proposal based on spatial spillovers, accessibility and GIS //Journal of Transport Geography. – 2011. – V.19. – №. 4. – p.840-850.

УДК: 528; 004.8.

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ МЕГАПОЛИСА

Кужелев П.Д. к.т.н, доцент, Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II, E-mail: miigaiknir@yandex.ru, Москва, Россия

Аннотация. В статье дается анализ управления транспортом мегаполиса. Рассмотрены особенности транспорта мегаполиса как объекта управления. С системных позиций транспорт мегаполиса рассмотрен как сложная организационно-техническая система и субсидиарная система. Рассмотрено экологическое управление транспортом мегаполиса. Статья содержит вывод о необходимости комплексного управления. Показана необходимость включения субсидиарного управления в систему управления транспортом мегаполиса.

Keywords: транспорт, управление, мегаполис, сложные системы, комплексное управление.

MEGALOPOLIS TRANSPORT MANAGEMENT PRINCIPLES

Kugelev P.D. Ph.D., Associate Professor, Moscow State University of Railway Engineering (МИИТ), E-mail: miigaiknir@yandex.ru, Moscow, Russia

Annotation. The article analyzes the traffic management principles metropolis. This article describes the features of transport megalopolis as a control object. Transport megalopolis considered a system approach as a complex of organizational and technical system and subsidiary system. This article describes the environmental management of transport metropolis. The article contains a conclusion about the necessity of integrated management. The article shows the need to include the subsidiary management in megalopolis traffic management system.

Keywords: transport, management, metropolis, complex systems, integrated management.

Введение. Увеличение численности городского населения, формирование мегаполисов - городов с населением более одного миллиона человек является признанной мировой тенденцией. Темпы увеличения численности городского населения превышают темпы роста населения в целом, что приводит к нарушению структуры экономики. В 1950 г. только один город в мире – Нью-Йорк имел численность населения более 10 млн. чел., а в 1975 году таких городов стало 3, в 2005 – 20, в которых сосредоточилось 9,5% городского населения в мире. Прогнозируется, что к 2025 году 23 города преодолют этот рубеж [1]. В 2008г. на планете сформировались 459 агломераций с население более одного миллиона человек, в которых проживает 2/5 всех горожан и 1/5 населения планеты [2]. Управление транспортом мегаполиса непосредственно сталкивается с проблемой «больших данных». Транспорт мегаполиса как объект управления представляет собой сложную систему по разным параметрам: по статике структуре, по потокам, по динамике структуры, по динамике ситуаций и пр. Это делает актуальным исследование проблем управления транспортом мегаполиса.

Транспорт мегаполиса как объект управления. Транспорт мегаполиса как объект управления имеет разные аспекты рассмотрения: системные, экономические,

организационные, технические, юридические, информационные, управленческие. Поэтому решение задачи управления такого объекта должно быть комплексным [3]. Мегаполисы возникли как результат глобализации. Глобализация [4] характеризуется формированием крупных городов и формированием мегаполисов. Это повышает актуальность оптимизации управления социально-экономическими процессами в таких образованиях, включая управление транспортом. Оптимизация управления сложной системой требует широкого использования современных научных форм и методов управления. современное управление сложными системами включает: информационные методы управления [5], интеллектуальные методы управления [6, 7], математические методы [8], семиотическое управление [9], когнитивное управление, управление с применением метода прецедентов. Мегаполис и транспорт мегаполиса представляет собой пространственную распределенную систему. Для управления такими системами необходима пространственная информация [10, 11]. При сложных ситуациях необходимы геознания [12, 13], как основа интеллектуального управления.

Среди факторов оптимизации управления транспортом мегаполиса интеллектуальный и информационный факторы становятся определяющими. В работе [8] доказано, что математические модели позволяют эффективно прогнозировать изменения, к которым приводят управляющие воздействия. Технологии математического моделирования позволяют выявлять тенденции, оценивать риски, формировать управляющие воздействия, направляющие ход событий в желаемое направление [8].

Важным в управлении транспортом мегаполиса является выбор индикаторов и критериев управления [14]. Различие между ними в том что индикаторы сигнализируют и служат оценкой ситуации или состояния объекта управления, а критерии служат инструментом воздействия на объект управления.

Для сложных систем типа транспорта мегаполиса, показатели, как правило, являются комплексными или интегрированными. Критерии управления могут быть скалярными, векторными, матричными или многомерными. Скалярные критерии управления представляют собой совокупность критериев, относительно не зависящих друг от друга. Векторные критерии можно представить как компоненты некоего вектора в пространстве параметров. Они увязаны между собой, а их совокупность дает синергетический эффект, то есть служит дополнительным источником информации для оценки управленческих действий. именно поэтому векторные методы эффективны при многоцелевом управлении [7, 15], которое является характерным для управления сложными системами, включая мегаполисы. Рост компонент управления приводит к матричной модели и к многомерной.

Выработка адекватной системы критериев возможна только при условии точного описания, корректной формализации управляемых процессов и последствий для них управленческих актов. Это возможно лишь при правильном выборе методов научного исследования, наиболее точно отражающих существо управляемого объекта и процессов в нем, а также механизмы влияния на них управленческих воздействий [16]. В работе [16] обоснован системный подход для выбора критериев управления. С этим можно полностью согласиться, так как транспорт мегаполиса является естественной сложной системой. Он обладает системными свойствами, учет которых обязателен для управления.

Транспорт мегаполиса как субсидиарная система. Мегаполис является сложной распределенной организационно-технической системой. Сложная организационно-техническая система (СОТС) [17] характеризуется основными признаками: зависимостью от когнитивного фактора; изменчивостью во времени собственной структуры; неполным соответствием своей структуры, изменяющимся во времени целям системы; отсутствием формальных критериев для

принятия решений при появлении новых ситуаций; необходимостью по поддержанию целостности и развития системы; множеством альтернатив действий, которые могут не соответствовать запланированным ранее целям [18]. Все компоненты и элементы мегаполиса как СОТС являются управляемыми на основе интеллектуальных ресурсов и информации, хранящимися в базе данных и базе знаний.

Функционирование транспорта мегаполиса протекает при непредсказуемом воздействии внешней среды. В связи с этим в системе управления транспортом мегаполиса первоначально формируются две основные группы целей: противодействия среде и выполнение функционального назначения транспорта мегаполиса [18], включая развитие транспорта мегаполиса [3, 16]. Эти группы целей порождают во времени два основных информационных потока оперативно решаемых задач. Очевидно, что если все управленческие ресурсы расходуются на противодействие внешним воздействиям, то эффективность такой системы будет равна нулю. Такая система не будет жизнестойкой. Если все управленческие ресурсы расходуются на функциональное назначение, то противодействие внешней среде будет отсутствовать. Такая транспортная система будет неустойчивой и не эффективной.

Отсюда третьей группой целей транспортной системы является оптимизация выбора целей по первой и второй группе, а также резервирование ресурсов системы управления с учётом возможного возрастания «давления» среды или наращивания темпов развития транспорта мегаполиса.

Кроме этого все цели делятся на категории: системные или глобальные цели транспортной системы; частные цели элемента или компонента транспортной системы. Глобальные цели направлены на выполнение миссии и задач всей транспортной системы. Частные цели реализуют функции элемента или компонента мегаполиса.

В силу распределенности и сложности мегаполис относится к субсидиарным системам [19, 20]. Субсидиарный принцип управления – это организационный и правовой принцип, согласно которому задачи управления должны решаться на удалённом от центра уровне, на котором их решение более эффективно [20]. К областям данного принципа относятся теория государства и права, политология, менеджмент, кибернетика, информатика. Этот принцип стал частью Права Европейского союза как один из основных механизмов сдерживания централизации [21]. Современное управление широко использует информацию и информационные ресурсы в распределенных системах. Субсидиарность широко применяется в распределенных системах и в боевых действиях.

Классическое иерархическое управление включает следующие этапы:

- 1 интерпретация (Ио1) оператором ситуации на месте;
- 2 передача сообщения (ПС1) в центр управления;
- 3 понимание (Пцу) и интерпретация (Им) полученной информации в центре управления;
- 4 если информация неясна посылается повторный запрос оператору;
- 5 анализ ситуации (А) в центре управления
- 6 принятие решений (ПР) в центре управления;
- 7 передача сообщения (ПС2) с управленческим решением оператору на место;
- 8 понимание (По1) оператором управленческого решения и интерпретация (Ио2) оператором принятого сообщения
- 9 если решение не понято посылается запрос в центр управления на разъяснение решения
- 10 реализация оператором принятого и понятого решения (РР).

Субсидиарное управление включает следующие этапы:

- 1 интерпретация (Ио1) оператором ситуации на месте;
- 2 анализ ситуации (А) на месте;
- 3 принятие решений (ПР) на месте.

Этот вид управления намного оперативней. Но он возможен при передаче полномочий из центра на место. В условиях мегаполиса при перевозке грузом такое управление означает право водителя (перевозчика) на отклонение от маршрута или графика движения при возникновении непредвиденных или не запланированных ситуаций.

Основные принципы субсидиарного управления транспортом мегаполиса включают две группы [17].

Первая группа – *принципы описания транспортных систем (мегаполиса)*, в которых протекают процессы управления: транспортная система, система управления транспортом, лицо принимающее решение, система коммуникации, система ситуационного моделирования, информационная инфраструктура системы управления, интеллектуальные и информационные ресурсы системы управления транспортом мегаполиса.

Вторая группа – *принципы описания процессов*: процесс управления, функция управления, вектор цели управления, вектор состояния (текущего) контрольных параметров, вектор ошибок управления, качество управления, оптимальный процесс управления, общесистемная мера, структурный способ управления, бесструктурный способ управления, режим управления, решение, контур управления, цикл управления, информационный ресурс, специальное математическое обеспечение управления, наблюдение, осведомление, информационное соответствие, синхронизация, сотрудничество, информационные потребности, информационное воздействие.

Экологическое управление транспортом мегаполисом. Экологическое управление транспортом является специфическим видом управления характерным для крупных городов. Оно является объективной необходимостью, так как способствует созданию нормальной среды обитания для населения и сохранение окружающей среды.

Для экологического управления необходим сбор достоверной информации о состоянии экологии в мегаполисе и влиянии транспорта на экологию. Это требует применения оперативного и регулярного мониторинга состояния окружающей среды в крупных городах и городских агломерациях для уменьшения риска ухудшения качества жизни и экологической ситуации. Такие технологии являются комплексными или интегрированными и включают ряд специальных технологий и направлений исследования.

Прежде всего необходимо изучение ситуации и структуры мегаполиса. Такие исследования в настоящее время опираются на модели информационных ситуаций [22]. Важным фактором является пространственная информация как источник знаний и основа управления [10]. Для разработки управления необходим выбор и обоснование технических и технологических решений для оценки экологического состояния в крупных городах по данным мониторинга. Это приводит к дополнительной задаче при управлении мегаполисом - создание системы комплексного мониторинга за состоянием экологии и транспорта. Для такой системы мониторинга необходимы не только наземные, но космические средства мониторинга и управления [23].

Для получения наземных данных необходим анализ и обоснование технологических цепочек для получения различных видов наземной информации для оценки качества состояния окружающей среды. Целесообразно применять технические средства для организации удаленного доступа к данным наблюдений за состоянием атмосферы. Результаты наблюдений необходимо хранить в базе данных дистанционных и наземных наблюдений за состоянием атмосферы на урбанизированных территориях. Это ставит задачу создания интегрированной базы данных для хранения данных о состоянии окружающей среды в мегаполисе и его инфраструктуре.

Актуальность исследований подтверждается европейским проектом Emissions, urban, regional and Global Atmospheric POLLution and climate effects, and Integrated tools for assessment and mitigation (MEGAPOLI), выполняемого по направлению «Окружающая среда» 7-ой Рамочной программы научных исследований и технологических разработок Европейского Союза.

Геоинформационное управление транспортом мегаполиса. Транспорт мегаполиса образует интегрированную систему повышенной сложности. При его управлении необходимо использовать пространственную информацию [10] и геоинформатику [24]. При его управлении необходимо использовать интеллектуальные методы [25] и интеллектуальные транспортные системы [26].

Современное управление транспортом, особенно в мегаполисе, основано на развитии и применении систем управления транспортом [27] (Transportation Management System - TMS), интеллектуальных транспортных систем (ИТС) (intelligent transport systems) и интеллектуальных логистических систем (ИЛС) (Intelligent Logistics Systems). Основой для анализа и обработки в таких системах является геоинформация, геоинформационные технологии (ГИТ) и геоинформационные системы. Обращает внимание то, что современное управление транспортом ориентировано на интеллектуальные технологии. Геоинформатика относится к направлениям, в которых методы искусственного интеллекта интенсивно развиваются.

Термин «системы управления транспортом» не имеет устойчивой аббревиатуры в русском языке, поэтому для его обозначения будем использовать зарубежное обозначение – TMS. Два другие термина распространены в российской литературе, также как и их аббревиатуры.

Системы управления транспортом имеют аналог, который раньше называли АСУ транспорта. Как правило, такие АСУ имели отраслевое и региональное значение, а также использовались на крупных транспортных предприятиях. На небольших предприятиях регулирующую роль выполнял диспетчер. В настоящее время все диспетчера имеют в качестве инструмента поддержки принятия ГИС или навигационную систему с картографической информацией (специализированную ГИС). Следовательно, все современные системы управления транспортом и диспетчерские службы используют геоинформационные технологии. В настоящее время эти технологии интегрированы со спутниковыми технологиями и включают космическое управление транспортом [28].

Геоинформационные технологии управления транспортными объектами позволяют по новому решать известные задачи, связанные с управлением транспортными объектами. К таким задачам относятся, например: геоинформационный мониторинг подвижных объектов, поддержка принятия решений с использованием геоданных; оперативный анализ пространственной информации и др. Геоинформационные технологии управления транспортными объектами позволяют решать новые задачи, связанные с управлением транспортными объектами. К ним относятся: построение и применение динамических цифровых моделей; геоинформационное ситуационное моделирование; создание подсистем поддержки и обеспечения транспортных систем; создание координатной среды для управления; создание логистических карт и пр.

Таким образом, общее управление транспортом с большим участием человека осуществляет TMS. Это человеко-машинная система. При высоком уровне сложности управление передают ИТС. В этой системе доминантой является управление *подвижными объектами* [18]. ИТС используют в основном транспортные предприятия и корпорации.

При решении логистических задач применяют ИЛС. В этой системе доминантой является управление *процессами и потоками*. ИЛС используют не только транспортные предприятия, но все организации заинтересованные в получении и передаче грузов и связанные с цепочками поставок. Кроме различия в объекте управления, между ИЛС и ИТС существует различие по целям. В ИТС управление, как правило, одноцелевое, а в ИЛС управление многоцелевое [7, 15].

Интеллектуальное управление транспортом в мегаполисе является субсидиарным. Общая

стратегия управления является единой для всего мегаполиса. но в силу сложности объекта управления и многоаспектности его задач, оперативное и тактическое управление разделяется по субсидиарному принципу и основано на элементах самоорганизации. что в итоге дает синергетический эффект [29, 30].

Заключение. Транспорт мегаполиса играет существенное значение в экономическом развитии не только мегаполиса, но и страны в целом . Например, по статистическим данным только на долю Москвы приходится 20% суммарного ВРП всех субъектов Российской Федерации, на Санкт-Петербург - около 4%. [1]. Современный транспорт мегаполиса должен рассматриваться как новая пространственная распределенная система, механизмы которой требуют специального изучения. Выделяют ряд приоритетных направлений развития мегаполиса, обеспечивающих развитие человеческого потенциала в мегаполисе, включающая тринадцать подсистем [1]: безопасность, жильё, здравоохранение, информация и телекоммуникации, инженерное обеспечение и ЖКХ, образование, торговля, транспорт, энергетика, строительство, продовольственное обеспечение, экология, бытовое обслуживание. Поэтому транспорт является неотъемлемой частью развития мегаполиса и развития экономики страны.

Учитывая сложность мегаполиса как распределенной системы, необходимо создание систем комплексного мониторинга для управления транспортом мегаполиса. Этот комплексный мониторинг обязательно должен включать космический мониторинг и спутниковые технологии. В комплекс управления транспортом мегаполиса обязательно должно входить экологическое управление. Управление транспортом мегаполиса требует привлечения информационных методов управления и интеллектуальных методов управления.

Управление мегаполисом требует применения наборов информационных моделей ситуации. среды и объекта управления. Подобные модели являются основой планирования, отражающей основные факторы развития и существования мегаполиса. Подобные модели допускают использование прямого и субсидиарного управления, что создает основу самоорганизации транспорта мегаполиса как синергетической системы. Транспорт мегаполиса является частью национальной транспортной системы и это повышает его значение как фактора транспортного развития страны.

Список литературы

1. Еремеев С. Г. Мегаполис как пространственная структура национальной инновационной системы. / дисс. на соиск. уч. ст. д. э. н. Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (региональная экономика; управление инновациями и инвестиционной деятельностью). - М.: Всероссийская государственная налоговая академия Министерства финансов Российской Федерации, 2009. - 314с.
2. География мирового развития. Вып. 1.- М.: Институт географии РАН. 2009. - 44с.
3. Кужелев П.Д. Комплексное управление мегаполисом // Государственный советник. – 2015. - №3. – с14-18.
4. Цветков В.Я. Глобализация и информатизация // Информационные технологии, 2005, - №2 - с.2-4.
5. Елсуков П.Ю. Управление с использованием информационных методов // Государственный советник. – 2015. - №2. – с29-33.
6. Александров А.В. Интеллектуальное управление // Славянский форум, 2016. -1(11). – с.15-22
7. Кужелев П.Д. Интеллектуальное многоцелевое управление// Государственный советник. – 2014. - №4. – с65-68

8. Малинецкий Г. Системный анализ и математическое моделирование развития мегаполиса // Управление мегаполисом. – 2009. – С. 18-29.
9. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Семиотическое управление транспортными системами // Славянский форум, 2015. - 2(8) - с.275-282
10. Бахарева Н.А. Пространственная информация в региональном и муниципальном управлении // Государственный советник. – 2013. - №4. – с39-42.
11. Цветков В.Я. О пространственных и экономических отношениях // Международный журнал экспериментального образования. - 2013. - №3. - с.115-117.
12. Савиных В.П. Геознание. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 132с.
13. Кулагин В. П., Цветков В. Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии. - 2013. - №12. - с.2-9.
14. Гапанович В.А., Розенберг И.Н. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. 2011. № 4. С. 5-11.
15. Tsvetkov V. Ya. Multipurpose Management// European Journal of Economic Studies 2012, Vol.(2), № 2 p.140-143.
16. Глущенко В. М., Сивков К.В. Оценка эффективности управления мегаполисом (методологические вопросы обоснования системы критериев) // Управление мегаполисом. – 2010. – №. 2. - с.43-49.
17. Корнаков А.Н. Модель сложной организационно-технической системы // Перспективы науки и образования. - 2015. - №2. – с.44-50.
18. Tsvetkov V. Ya. Information Management of Mobile Object // European Journal of Economic Studies, 2012, Vol.(1), №1. – p.40-44.
19. Логинова А.С. Оценка применимости субсидиарного управления // Актуальные проблемы современной науки. - 2015. - № 3. - с. 297-301.
20. Цветков В.Я. Применение принципа субсидиарности в информационной экономике // Финансовый бизнес. -2012. - №6. – с.40-43
21. Shaw D., Nadin V., Seaton K. The application of subsidiarity in the making of European environmental law // European Environment. 2000. Vol. 10, No. 2. p.85-95.
22. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012, Vol.(36), № 12-1, p.2166- 2170.
23. Бондур В.Г., Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космический мониторинг транспортных объектов. Учебное пособие. - М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 72с.
24. Кужелев П.Д. Геоинформационные технологии в управлении транспортом // Перспективы науки и образования- 2014. - №4. – с.157-161.
25. Безгубова Ю. О. Мультиагентное управление распределенными информационными потоками // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №1(9). – с.113-119.
26. Коваленко Н.И. Извлечение знаний для интеллектуальных транспортных систем // Перспективы науки и образования- 2014. - №5. – с.45-52.
27. Hayden S. R., McMullen G. G. Total transportation management system : пат. 7219067 США. – 2007
28. Майоров А.А. Применение космических технологий для управления // Государственный советник. – 2014. - №3. – с38-41.
29. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Информатика и синергетика. Учебное пособие – М.: МГУПС 2015. – 88с
30. Лебедева М., Сергеев В. Мегаполис как актор мировой политики // Космополис. Зима. – 2004. – Т. 2005. – №. 4. – С. 10

УДК: 004.65(075)

ЛОГИСТИКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

Цветков В.Я. д.т.н., профессор, зам. руководителя Центра, ОАО НИИАС,
E-mail: cvj2@mail.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья описывает логику информационных потоков в распределенных системах. Дается обобщенный анализ и типизация логистики, раскрыто содержание информационной логистики. Анализируются распределенные системы. Определены два направления развития распределенных систем. Раскрыто содержание распределенных информационных систем первого и второго рода. Анализируются информационные распределенные системы. Описаны технологии управления потоками в транспортных сетях. Раскрывается содержание и дается классификация задач управления маршрутизацией транспорта. Описаны методы решения задачи маршрутизации транспорта.

Keywords: логистика, материальные потоки, информационные потоки, транспортные потоки, транспорт, распределенные системы, оптимизация

LOGISTICS FLOW OF INFORMATION IN DISTRIBUTED SYSTEMS

Tsvetkov V.Ya. D.ofSci.(Tech), Professor, deputy head of Center, JSC "NIIAS",
E-mail: cvj2@mail.ru, Moscow, Russia

Annotation. This article describes the logistics flow of information in distributed systems. The article analyzes the concept of logistics, the typing of logistics, the content of information logistics. The article analyzes the distributed systems. This article describes two areas of distributed systems. The article reveals the contents of distributed information systems of the first and second kind. The article analyzes the information distributed systems. This article describes the flow control technology in transport networks. The article reveals the contents and a classification of routing transport management tasks. This article describes methods for solving the transport routing.

Keywords: logistics, material flow, information flow, traffic flow, transportation, distributed systems, optimization.

Введение. Анализ зарубежной и отечественной литературы [1-6] показывает, что сегодня под логистикой понимается:

- направление в организации доставки грузов;
- интеграция перевозочного и производственного процесса;
- управление физическим распределением продукта;
- инфраструктура экономики;
- научное направление, связанное с разработкой оптимальных методов управления материальными и информационными потоками;
- наука о рациональной организации производства и распределения.

Несмотря на определенные различия, понятия логистики содержат один общий элемент – рациональность и точный расчет. Логистика в настоящее время занимается средствами и методами совершенствования управления экономическими процессами. Логистика – это научная дисциплина, методы которой наиболее полно отвечают задачам глубокой и всесторонней интеграции производственно-хозяйственной деятельности и поиска оптимальных управленческих решений на различных этапах и уровнях управления производством. Ключевым показателем в современной логистике является понятие материального и информационного потока. Материальные потоки могут протекать между различными предприятиями или внутри одного предприятия. Материальный поток включает операции погрузки, разгрузки, транспортировки, комплектации и другие. Соответствующий материальному потоку, информационный поток включает операции по сбору, обработке и передаче информации. Всю совокупность видов современной логистики можно разделить на четыре группы [7]: транспортная логистика, распределительная логистика, производственная логистика, информационная логистика.

Отличием современного логистического подхода от ранее существовавшего является интеграция отдельных звеньев логистических цепочек в единую систему (интеграция техники, технологии, экономики, методов планирования и управления потоками), способную обеспечивать устойчивость при воздействии внешней среды. Это сближает логистику с геоинформатикой [8], которая также основана на интеграции технологий. По мере усложнения систем производства и доставки появилась необходимость управления логистикой [9, 10]. Развитие информационной логистики [11] привело к переносу логистических методов управления в информационное управление [12, 13]. Это создало возможность логистического анализа информационных, телекоммуникационных и управленческих систем. Это создает новое направление применения логистических методов анализа в информационных и управленческих системах.

Применения методов логистики и их трансформация в информационную сферу. В практике встречаются многообразные применения и дифференциация логистики: логистика маркетинга, логистика снабжения, логистика производства, логистика распределения товаров, транспортная логистика, логистика инфраструктуры и т.п. Однако за рубежом не делают детальной дифференциации логистики на транспортную, производственную и прочие. Логистика представляется в обобщенной форме – в виде интегральной логистики [6], рассматривающей три потока: первый (и главный) – финансовый, второй – информационный, третий – физическое распределение материальных ресурсов (товаров). Из этого следует, что доминирующей характеристикой логистики считают потоки.

В 60-х и в начале 70-х годов в странах с развитой рыночной экономикой установили, что *рационализация распределения* и доставки продукции позволяет *снизить ее себестоимость* без дополнительных капитальных вложений. Исследования показали, что в стоимости продукта, попавшего к конечному потребителю, более 70% составляют расходы на логистику, то есть на транспортировку, хранение, упаковку и т.д. [7, 8]. Главные причины, по которым, начиная с 60-х годов в экономически развитых странах имело место возрастание интереса к логистической идее, заключаются в следующем:

- Логистические методы обеспечивают снижение себестоимости, что создает конкурентные преимущества при транспортировке и улучшении качества поставок;
- Энергетический кризис привел к росту транспортных расходов и переоценке стоимости перевозок, что наложило отпечаток на стоимость продукции и теснее связало ее со стоимостью транспортных расходов;
- Развитие науки и технологий, в первую очередь, информатизация и интеллектуализация управления создали новые возможности для анализа и решения задач управления, решение которых ранее считались невозможным;

- Возрастание роли и возможностей информационного управления потребовало трансформации логистических методов в информационные и потребовало широкого применения информационных моделей и моделирования в логистике;
- Возрастание значения интеллектуального управления потребовало трансформации логистических методов в интеллектуальные технологии и системы и потребовало широкого применения интеллектуальных моделей в логистике.

Все это в большой степени опирается на информационные технологии и модели, которые служат основой управления и создания интеллектуальных технологий. Это также повышает значение информационной логистики [7, 8, 11], как логистики, работающей с информационными потоками.

Информационная логистика. Информационная логистика связана с анализом и рациональным распределением информационных потоков [11, 14, 15]. Однако она имеет два разных направления развития.

Первое направление развития информационной логистики связано с применением информационных технологий для поддержки логистики материальных потоков. То есть поддержка классической транспортной и распределительной логистики. Это направление развития информационной логистики можно характеризовать внешней направленностью на обслуживание внешних систем. В этом направлении информационные потоки обслуживают материальные.

Второе направление развития информационной логистики связано с использованием логистических методов для оптимизации информационных потоков, безотносительно к тому имеют они отношение к транспортировке и доставке или являются чисто информационными. Второе направление развития информационной логистики можно характеризовать внутренней направленностью на организацию и самоорганизацию системы информационных потоков: телекоммуникационной или управленческой. В этом направлении информационные потоки направлены на саморазвитие и повышение надежности функционирования логистической системы.

Управление предприятием можно представить в виде логистической цепи, по которой проходят информационные потоки от руководства до всех уровней производства и обратно. Информационные потоки проходят разные уровни структуры организации и преобразуются на этих уровнях. Информационные потоки имеют разные качества и назначения. Например, директивные информационные потоки трансформируются в материальные действия и производство. Проектные информационные потоки трансформируются в изделие. Изыскательские информационные потоки трансформируются в проекты. Информационные потоки о состоянии объекта управления трансформируются в управленческие решения. Статистические информационные потоки трансформируются в ретроспективные и прогностические модели.

По критерию возникновения информационные потоки делятся на первичные и вторичные.

Первичные информационные потоки превращаются в узлах сети: в материальные и информационные потоки, материальные и информационные продукты; в материальные и информационные ресурсы. В процессе информационной логистики создаются дополнительные материальные и информационные ресурсы.

Задача информационной логистики на предприятии (первое направление развития) – обеспечение конкурентоспособности и устойчивого развития всего предприятия.

Задача информационной логистики в информационных, телекоммуникационных системах, базах данных (второе направление развития информационной логистики) – обеспечение оптимального распределения информационных потоков в распределенной логистической системе, снижение отказов и сбоев при передаче информации и управленческих воздействий.

Частные задачи информационной логистики включают:

- обеспечение оптимальной доставки и использования материальных и информационных ресурсов;
- обеспечение оптимального функционирования внутренних и внешних информационных потоков;
- повышение эффективности системы управления предприятием, обеспечивающей внутреннюю устойчивость и удовлетворение потребностей рынка;
- способствование созданию оптимальных запасов материальных и информационных ресурсов;
- обеспечение высокой адаптивности предприятия;
- сокращение длительности логистических циклов.

Информационная логистика используется при решении структурированных и неструктурированных задач. Решение хорошо структурированных задач осуществляется по созданным алгоритмам, не требует участия дополнительных ресурсов. Для решения неструктурированных задач требуются дополнительные методы и ресурсы, например методы когнитивного анализа [16] или применение мультиагентных систем [17].

Информационная логистика может быть реализована как технологическая система (ТС) или как специализированная логистическая информационная система (ЛИС). Обе эти системы нуждаются в поддержке: информационной, модельной и экспертной. Информационная поддержка предназначена для обеспечения ЛИС (ТС) необходимыми данными. Составляющая информационной поддержки предусматривает непрерывное оперативное обновление информации.

Модельная поддержка предназначена для обеспечения ЛИС (ТС) адекватными моделями информационных взаимодействий. Основной функцией модельной компоненты является формирование информационных моделей проблемных ситуаций возникающих в реальном окружении предприятия и его внутренней структуре.

Экспертная поддержка предназначена для обеспечения ЛИС (ТС), правилами и знаниями, методами формирования вывода и экспертного анализа - для выбора эффективных вариантов решения управления и принятия решений [18]. Основными функциями экспертной поддержки являются:

- построение моделей информационной ситуации;
- построение сценариев развития ситуации;
- получение решений экспертных задач типа "Как сделать, чтобы?", "Что будет, если?", и др.;
- адекватная качественная и количественная интерпретация результатов оценки состояний и тенденций развития;
- оперативная подготовка и корректировка ограничений на управление и принятие решений.

Таким образом, современное управление и производство предприятий использующих информационные потоки, требует обязательного использования информационной логистики, которая является обязательной при автоматизированном управлении и промежуточным звеном при переходе к интеллектуальному управлению и производству [18].

Распределённые системы. На сегодняшний день существует большое количество определений понятия «распределённая система». Выделяют два направления: структурно распределённая система (СРС), предназначенная для решения различных прикладных задач [18-21] или распределённая система первого рода; телекоммуникационная распределённая система, связанная с передачей информационных потоков [22, 23] или информационная распределённая система (ИРС), или распределённая система второго рода.

В первое направление попадают и распределенные алгоритмы [18], территориально распределенные хозяйствующие системы [20, 21], логистические системы, транспортные сети, системы поддержки принятия решений, системы кадастра, транснациональные корпорации, отраслевые системы, региональные кластеры и многое другое.

С точки зрения формализации и описания наиболее развиты телекоммуникационные распределенные системы или системы второго рода. Для этих распределенных систем одно из определений предложил A.S. Tanenbaum [24]: «Распределенная система (ИРС) – это набор независимых компьютеров, который воспринимается его пользователями как единственная последовательная система». Другое определение предложено в работе [25]: Распределенными системами называются программно-аппаратные системы, в которых исполнение операций (действий, вычислений), необходимых для обеспечения целевой функциональности системы, распределено (физически или логически) между разными исполнителями. В вычислительной сфере под ИРС понимают программно-аппаратную систему, созданную для конкретного практического применения, функционал которой распределён на различных узлах.

По существу распределенная система - это система имеющая сетевую топологию с разной функциональной нагрузкой на узлы сети и разными функциями управления потоками (материальными или информационными). Классифицировать любые распределённые системы можно по различным признакам: по количеству узлов в системе, по степени организации, по типу предоставляемых ресурсов, по типу функций на узлах, по типу связей и ряду иных признаков. По типу предоставляемых ресурсов среди ИРС различают:

- распределённые вычислительные системы (Computational Grid);
- распределённые информационные системы (Data Grid);
- семантический Грид (Semantic Grid);
- облачные платформы и сервисы.

Основная характеристика вычислительных систем (Computational Grid) заключается в том, что в качестве основного ресурса предоставляется вычислительная мощность всей системы. Основное направление развития систем подобного типа заключается в наращивании вычислительных мощностей системы, посредством увеличения числа вычислительных узлов. Примером распределённых вычислительных систем являются кластеры.

Распределённые информационные системы (Data Grid) предоставляют вычислительные ресурсы для обработки больших объёмов данных, для задач не требующих больших вычислительных ресурсов. Семантический Грид предоставляет не только отдельные вычислительные мощности (базы данных, сервисы), но и совокупность вычислительных систем и информационных систем, для каждой конкретной предметной области [7].

По количеству и качеству узлов в системе [25] различают распределённые системы: кластер, распределенная система корпоративного уровня, глобальная система. Распределённая система является кластером, если общее количество элементов не превышает несколько десятков. Распределенная система корпоративного уровня содержит в своём составе уже сотни, а в некоторых случаях, и тысячи элементов. Глобальной системой называется распределённая система с количеством элементов, входящим в её состав, более 1000. При этом, зачастую, элементы таких систем глобально распределены. Примером глобальной распределённой сети является Интернет, где в качестве предоставляемого ресурса является информационное поле. Основными требованиями, предъявляемыми к распределённым системам, являются: прозрачность, открытость системы, безопасность, масштабируемость РС, надёжность.

Управление потоками в транспортных сетях. Транспортные сети являются классическим примером распределенных систем первого рода. Их актуальность в последнее время продиктована тенденцией снижения пропускной способности магистралей [26]. В зарубежной

практике управления транспортными потоками уделяется внимание разработке новых принципов и норм управления магистралями, в условиях высокой плотности транспортных потоков. В теоретическом плане это управление связано с многоцелевым управлением и фактически является логистическим. В таких условиях возникают новые технические задачи управления, которые разделяются на два направления.

Первое направление - traffic signal management, включает модернизацию светофорных объектов. По данным института инженеров автомобильного транспорта (ИТЕ) только в США около 75% светофорных объектов требуют модернизации, включая оптимизацию режимов работы, что позволит значительно повысить эффективность и безопасность функционирования транспортной системы.

Второе направление - access management, система классификаций и стандартов, направленных на управление правом выезда/въезда на магистральные улицы с граничащих территорий и прилегающих улиц, включая проектные, архитектурно-планировочные вопросы разделительных полос. Регламентирование въездов/выездов на основную проезжую часть и обратно рассматривается по многим позициям. Существующие нормы на размещение примыканий местных проездов, в первую очередь, учитывают количество и характер конфликтных точек, возникающие помехи движению основного транспортного потока снижение пропускной способности и рассматриваются как принципы управления доступом.

Управление доступом транспортных средств решается при проектировании комплексных схем организации существующего дорожного движения. Система управления светофорными объектами реализуется при проектировании дорожного движения. Выделяют ряд характерных задач управления потоками в распределенных системах.

Решение сетевых задач. В аспекте транспортных систем решение сетевых задач связано с задачей маршрутизации транспорта (ЗМТ). В своей классической форме данная задача может быть поставлена следующим образом: необходимо найти кратчайший путь (тур) для продавца, начиная с определённого города, далее необходимо посетить каждый город из указанной группы городов, а затем вернуться в начальную точку отправления [27]. Такую задачу часто называют «задачей коммивояжера».

Задача управления маршрутизацией транспорта является актуальной для мегаполисов и пригородов [28]. В классическом варианте ЗМТ имеется только пространственная компонента, то есть при решении ЗМТ важен только наиболее короткий (оптимальный) маршрут обслуживания. На практике возможны иные критерии решения оптимизационной задачи. Например, [29] по времени, по затратам, по степени рискованных ситуаций и др.

При решении практических задач возможно наличие ряда ограничений, таких как временные интервалы обслуживания клиентов, максимальный объём груза, который возможно поставить агентом, возможность отмены заказа одним из клиентов и другие. Кроме того, в зависимости от наличия или отсутствия ограничений маршруты транспортных средств могут разрабатываться статически или динамически.

При статическом варианте маршруты разрабатываются заранее с учётом известных и предполагаемых ограничений. В ходе обслуживания клиентов перерасчёт маршрута не происходит. При динамическом варианте первоначальное решение разрабатывается также до начала обслуживания, далее, при наличии ограничений, возникающих в ходе обслуживания агентами клиентов, происходит перерасчёт предполагаемого маршрута, и обслуживание клиентов происходит по новому маршруту.

Классическая задача маршрутизации транспорта [30] может быть определена на неориентированном графе $G = (V, E)$ с набором узлов $V = \{0, 1, \dots, N\}$ и множеством ребер $E = \{(v_i, v_j) \mid v_i, v_j \in V; i \neq j\}$. Узел 0 представляет собой депо, в котором находятся множества

гетерогенных транспортных средств с ограниченной грузоподъемностью. Узлы $V=\{1,\dots,N\}$ обозначают обслуживаемых клиентов. Также дано:

C – матрица неотрицательных расстояний (неотрицательной стоимости) c_{ij} между обслуживаемыми клиентами v_i и v_j ;

R_i – маршрут для i -го транспортного средства;

m – число транспортных средств.

q_i – объем груза, поставляемый i -му клиенту

Важно отметить, что при $c_{ij}=c_{ji}$ для всех $(v_i, v_j) \notin E$ задача становится симметричной. При этом множество рёбер E заменяется на $A=\{(v_i, v_j) \mid v_i, v_j \in V; i < j\}$, то есть, количество возможных маршрутов становится вдвое меньше.

В зависимости от условия решения задачи можно дать обобщённую классификацию ЗМТ.

- Задача маршрутизации транспорта (VRP – Vehicle Routing Problems).
- ЗМТ с ограниченной вместимостью транспортных средств (CVRP – Capacitated VRP). Транспортные средства, используемые при обслуживании клиентов ограничены либо по максимальному объёму поставок, либо – по грузоподъемности транспорта.
- Задача маршрутизации транспорта с временными окнами (Vehicle Routing Problems with Time Window). Каждый клиент должен быть обслужен агентом в определенном временном интервале.
- Задача маршрутизации транспорта с множеством депо (MDVRP – Multiple Depot VRP). Предприятие использует множество депо для снабжения клиентов.
- Задача маршрутизации с возможностью возврата товара на склад (VRPPD – VRP with Pick-Up and Delivering). Во время обслуживания клиент может отказаться от товара. Должна быть предусмотрена возможность возврата товара.
- Периодическая маршрутизация (PVRP – Periodic VRP). Обслуживание клиентов может происходить через некоторое время после поступления заявки на обслуживание.
- ЗМТ со стохастическими данными (SVRP – Stochastic VRP). Некоторые данные, например, количество клиентов, время агента в пути, время обслуживания и так далее, являются случайными.

Рисунок 1 показывает основные типы задач и их взаимосвязи, которые были описаны Toth and Vigo [29]. Стрелки означают переход задач, например, то, что, например, CVRP при наличии множества депо становится задачей MDVRP и т.д.

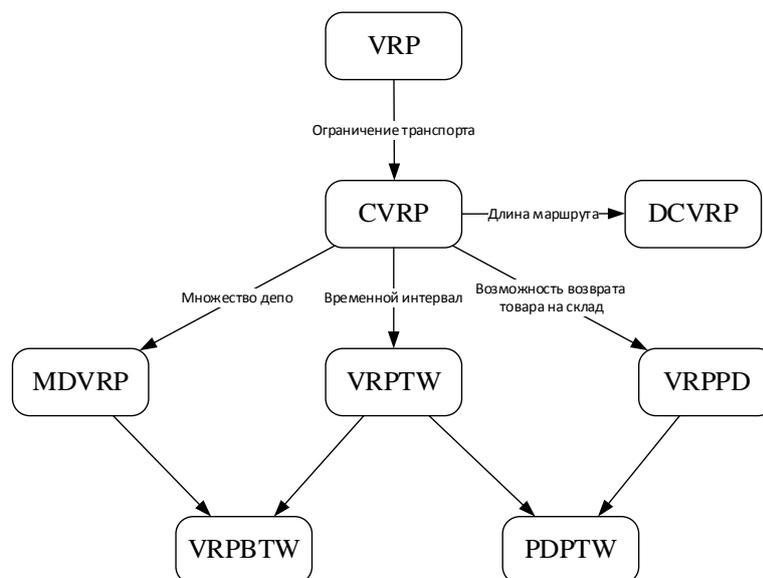


Рис. 1 Классификация ЗМТ и их взаимосвязи по Toth and Vigo [29].

Данная классификация не является единственной. В отличие от классической задачи ЗМТ, современная задача использует информационные методы и включает два важных аспекта: эволюцию данных и анализ качества информации. Эволюция (динамика) данных означает возможность их изменения во время выполнения обслуживания клиента. анализ качества информации включает оценку вероятности недостоверности поступающих данных и оценку риска на этой основе. Например, требование клиента об обслуживании в определённое время, известно только как оценка диапазона его реального требования. Учитывая данные аспекты, авторы работы [30] дали обобщённую классификацию ЗМТ в зависимости от входных данных. В таблице 1 представлена эта классификация.

Большинство исследований решений ЗМТ сосредоточены в основном на решении статического варианта задачи. Статический вариант ЗМТ характеризуется тем, что все маршруты обслуживания клиентов известны (рассчитываются) заранее и никакие ограничения, возникающие во время обслуживания, не учитываются. Это даёт возможность планировать обработку поступающих заявок до начала обслуживания клиентов. При динамическом варианте ЗМТ необходимо реагировать в ходе работы на возникающие ограничения, например, такие как появление новых запросов на обслуживание клиентов и т.д. Как было отмечено, ЗМТ является объединением двух задач комбинаторной оптимизации: задачи коммивояжёра; задачи о ранце [31].

Таблица 1

Систематика ЗМТ по динамике данных и анализу качеству информации

		Качество информации	
		Детерминированные данные	Стохастические данные
Динамика данных	Входные ограничения известны заранее	ЗМТ со статическими ограничениями и детерминированными данными	ЗМТ со статическими ограничениями и стохастическими данными
	Входные ограничения изменяются в течение долгого времени	ЗМТ с динамическими ограничениями и детерминированными данными	ЗМТ с динамическими ограничениями и стохастическими данными

При определённых ограничениях ЗМТ может сводиться, либо к решению только задачи коммивояжёра, либо к решению задачи о ранце (упаковке рюкзака). Задача маршрутизации автотранспорта приводится к решению задачи коммивояжера, если принять грузоподъёмность автотранспортного средства бесконечной (достаточной). Аналогично, задача маршрутизации автотранспорта приводится к решению задачи о ранце, если принять расстояния между точками маршрута равными 0, либо постоянной величиной, то есть все подходящие решения будут одинаково эффективны. На практике, наиболее часто, задача маршрутизации транспорта сводится к задаче коммивояжёра, принимая грузоподъёмность транспорта достаточной. На сегодняшний момент существует несколько подходов к решению ЗМТ:

- решение с помощью точных методов.
- решение с помощью методов комбинаторной оптимизации, которые в свою очередь делятся на:
 - решение с помощью эвристических методов;
 - решение с помощью мета эвристических методов (глобальные эвристики).

В настоящее время внимание исследователей сосредоточено в основном на использовании методов комбинаторной оптимизации, в связи со сложностью решения задачи с использованием точных методов, так как они не дают оптимальных решений за полиномиальное время.

Точные методы. Данный класс методов решения ЗМТ основаны на полном переборе всех возможных решений. К точным методам решения ЗМТ относятся:

- полный перебор,
- метод ветвей и границ (branch and bound),
- усечённый метод ветвей и границ (Branch and Cut),
- поиск с возвратом (Backtracking).

Данные методы целесообразно применять при количестве обслуживаемых клиентов $k < 100$. Несомненным достоинством данных методов является возможность получения точных результатов. Основным недостатком данных методов является невозможность получения результатов за полиномиальное время при количестве обслуживаемых клиентов $k > 100$.

Эвристические методы. Под эвристическими методами решения ЗМТ понимают совокупность технологических приёмов, которые направлены на сокращение перебора всех возможных вариантов решений. Основным достоинством данных методов является возможность получения приближённого решения за полиномиальное время. Основным недостатком данных методов является приближённость полученного решения, а также, при определённых условиях, возможное ухудшение результатов на последних итерациях работы алгоритма. Основные эвристические методы разделяются на 2 класса: конструктивные методы, двухфазные алгоритмы.

Мета эвристические методы. Применение мета эвристических алгоритмов при решении задач маршрутизации направлено на получение более качественных решений, чем при использовании классических эвристик. При мета эвристических методах решение задачи происходит в несколько этапов:

На первом этапе происходит предварительное формирование начального решения, например, одним из эвристических алгоритмов. На втором этапе осуществляется оценка полученного решения и его дальнейшая модернизация. На третьем этапе происходит селекция лучшего решения из текущего решения и модифицированного. Этапы второй и третий выполняются до тех пор, пока не будет достигнута требуемая точность, либо пока не превышено число итераций. К основным метаэвристическим методам относятся:

- муравьиный алгоритм (ACO – ant colony optimization) [32];
- генетический алгоритм (Genetic Algorithms);
- поиск с запретами (Tabu search);
- программирование в ограничениях (Constraint Programming).

Заключение. Обеспечение эффективного управления в рыночной экономике требует развития технологий управления потоками [33]. Наиболее развитыми распределёнными системами являются логистические системы второго рода, то есть ИРС. Однако существует семантический разрыв между управлением СРС и ИРС. Методы логистики практически не применяют в ИРС и разрабатывают самостоятельные подходы и алгоритмы.

И, наоборот, опыт анализа и оптимизации сетевых потоков в телекоммуникационных системах практически не используется в транспортной и распределительной логистике. Поэтому особое значение в настоящее время приобретают методы расчета и оптимизации

транспортных систем. Приобретает значение использование информационного пространства как инструмента управления распределенными системами. Возрастает значение методов моделирования при оптимизации транспортных потоков [34]. Анализ показывает, что только комплексное [35] использование оптимизационной и пространственной моделей обеспечивает высокую эффективность управления распределенными транспортными системами. На этой основе следует строить системы поддержки принятия решений и системы управления транспортом.

Список литературы

1. Ellram L. M. The use of the case study method in logistics research // *Journal of business logistics*. – 1996. – V 17. – №. 2. – p.93.
2. Bramel J., Simchi-Levi D. *The logic of logistics*. – Springer, 1997.
3. Родников А.Н. *Логистика. Терминологический словарь*. – М.: ИНФРА-М, 2000
4. Bowersox D. J., Closs D. J., Cooper M. B. *Supply chain logistics management*. – New York, NY : McGraw-Hill, 2002
5. Уотерс Д. *Логистика. Управление цепью поставок*. – М. : Юнити-Дана, 2003.
6. Christopher M. *Logistics & supply chain management*. – Pearson Higher Ed, 2016.
7. Алесинская Т.В. *Основы логистики. Функциональные области логистического управления* Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. 79 с.
8. Маркелов В. М. *Геоинформатика и логистика*. - LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2015. -177с.
9. Lambert D. M., Stock J. R., Ellram L. M. *Fundamentals of logistics management*. – McGraw-Hill/Irwin, 1998.
10. Stock J. R., Lambert D. M. *Strategic logistics management*. – Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin, 2001.
11. Майоров А.А., Цветков В.Я. Информационная логистика // *Славянский форум*, 2012. - 2(2) - с.208- 210.
12. Васютинская С.Ю. Развитие информационного управления // *Образовательные ресурсы и технологии*. – 2015. - №2 (10). – с.113-119
13. Цветков В.Я. *Информационное управление*. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany, 2012 -201с.
14. Deiters W., Löffeler T., Pfennig Schmidt S. The information logistics approach toward user demand-driven information supply // *Cross-media service delivery*. – Springer US, 2003. –p.37-48.
15. Meissen U. et al. Context-and situation-awareness in information logistics // *International Conference on Extending Database Technology*. – Springer Berlin Heidelberg, 2004. – С. 335-344.
16. Болбаков Р.Г., Жигалов А.А., Мордвинов В.А., Цветков В.Я. *Когнитивное моделирование. Монография* - М.: МаксПресс , 2015. - 76с
17. Маркелов В.М. Применение мультиагентных систем для управления логистическими системами // *Славянский форум*. - 2014. – 2 (6). - с.82 -87.
18. Фролов Ю.В. *Интеллектуальные системы и управленческие решения*. М.: МГПУ, 2000. - 294с.
19. Ириков В. А., Тренев В. Н. *Распределенные системы принятия решений*. – М.: Наука, 1999.
20. Гилев С. Е., Леонтьев С. В., Новиков Д. А. *Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием* // *ИПУ РАН*. – 2002. – Т. 54. – С. 24.
21. Нефедов Л. И. и др. Синтез пространственно-распределенной логистической информационной системы ВУЗа // *Коммунальное хозяйство городов*. – 2004. – №. 55. – С. 209-214.

22. Цветков В.Я., Алпатов А.Н. Проблемы распределённых систем // Перспективы науки и образования- 2014. - №6. – с.31-36.
23. Таненбаум Э. и др. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. – 2003.
24. Tanenbaum A., Van Steen M. Distributed systems. – Pearson Prentice Hall, 2007.
25. Алпатов А.Н. Развитие распределенных технологий и систем // Перспективы науки и образования. - 2015. - №2. – с.60-66.
26. Цветков В.Я., Алпатов А. Н. Управление распределенными транспортными потоками // Государственный советник. – 2014. - №3. – с55-60.
27. G. B. Dantzig, D. R. Fulkerson and S. M. Johnson, Solution of a large-scale Traveling-Salesman Problem, Journal of the Operations Research Society of America 2 (1954), 393–410.
28. Кужелев П.Д. Комплексное управление мегаполисом // Государственный советник. – 2015. - №3. – с14-18.
29. Болбаков Р.Г, Маркелов В.М., Цветков В.Я. Топологическое моделирование на геоданных // Перспективы науки и образования- 2014. - №2. – с.34-39.
30. Toth P., Vigo D. (ed.). The vehicle routing problem. – Siam, 2001
31. Pillac V. et al. A review of dynamic vehicle routing problems //European Journal of Operational Research. – 2013. – V 225. – №. 1. – С. 1-11.
32. Чирков А. Ю., Шевченко В. Н. О приближении оптимального решения целочисленной задачи о ранце оптимальными решениями целочисленной задачи о ранце с ограничением на мощность //Дискретный анализ и исследование операций. – 2006. – Т. 13. – №. 2. – С. 56-73.
33. V.Ya. Tsvetkov. Structural Analysis Based on Living Systems Algorithms // Biogeosystem Technique, 2016, Vol.(7), Is. 1, pp. 87-95. DOI: 10.13187/bgt.2016.7.87 www.ejournal19.com.
34. Крылатов А. Ю. Оптимальные стратегии управления транспортными потоками на сети из параллельных каналов //Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. – Т. 10. – С. 121-130.
35. Семенов В. В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса //Препринты Института прикладной математики им. МВ Келдыша РАН. – 2004. – №. 10. – С. 34-38.
36. Маркелов В.М. Создание картографических логистических моделей логистике // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». Выпуск 03-2012.- с.54-58.

УДК: 004.8, 004.91

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ И КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОИНФОРМАТИКА

Господинов С.Г. д.геодезии, профессор, проректор, Университет архитектуры, строительства и геодезии, E-mail: sgospodinov@mail.bg, София, Болгария.

Аннотация. Статья анализирует информационные взаимодействия в прикладной геоинформатике. Показано различие между информированием и информационным воздействием. Показано различие между информационным воздействием и информационным взаимодействием. Статья описывает три вида информационного взаимодействия. Раскрыто содержание требований к информационному взаимодействию. Эти требования следующие: целевая определенность, временное согласование, структурное соответствие, коммуникационное соответствие, цикличность

Keywords: прикладная геоинформатика, информационное взаимодействие, информирование, информационное воздействие, целевая определенность, структурное соответствие.

GEODETIC ASTRONOMY AND SPACE GEOINFORMATICS

Gospodinov S.G. Ph.D., Prof., vice-rector, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, E-mail: sgospodinov@mail.bg, Sofia, Bulgaria.

Annotation. The article analyzes the information interaction in Applied Geoinformatics. The article shows the difference between awareness and information exposure. The article shows the difference between the impact of information and information interaction. This article describes three types of information exchange. The article describes the content requirements for the information interaction. These requirements include the following characteristics: Target certainty, temporary alignment, structural correspondence, communications line, the cyclical.

Keywords: applied informatics, communication, information, information influence, the target uncertainty, structural correspondence.

Введение. За период более ста лет [1] Геодезическая астрономия (Geodetic astronomy) прошла достаточно длинный путь развития [2-17] и занимает приоритетное место среди комплекса основных научных дисциплин. Астрономия (astronomy) [18] одна из древнейших наук. Древние цивилизации оставили после себя многочисленные астрономические артефакты, подтверждающие знание ими закономерностей движения небесных тел. Исторически астрономия включала в себя астрометрию, навигацию (по звездам), наблюдательную астрономию. Для решения задач управления транспортом и перемещения большое значение имеет навигация. В наши дни профессиональная астрономия включает радиоастрономию [19]. Астрономические определения совместно с результатами геодезических и гравиметрических измерений позволяют: установить исходные геодезические даты; обеспечить ориентировку осей референц-эллипсоида в теле Земли; определить параметры земного эллипсоида; определить высоты относительно референц-эллипсоида. Потребность в геодезических измерениях, сопоставлении астрономических измерений с земными, трансформации астрономических измерений в земные – привела к появлению геодезической астрономии.

Особенности геодезической астрономии. Если рассматривать геодезическую астрономию как учебную дисциплину [20], то в результате изучения этой дисциплины учащиеся должны знать:

- геометрию небесной сферы, механику суточного движения звезд;
- координатные системы [21] и системы измерения времени [22];
- основные задачи и решения астрометрии;
- организацию Служб определения параметров вращения Земли и координат полюса;
- теорию астрономических редуций координат;
- создание звездных каталогов;
- теорию и практику астрономических определений;
- точные способы определения астрономических координат и азимутов, их назначение

При выборе системы отсчета выбирают сферу наблюдения. В зависимости от выбора центра небесной сферы, различают: топоцентрическую небесную сферу - центр находится на поверхности Земли; геоцентрическую небесную сферу - центр совпадает с центром масс Земли; гелиоцентрическую небесную сферу - центр совмещен с центром Солнца; барицентрическую небесную сферу - центр находится в центре тяжести Солнечной системы.

Для определения сферической системы координат на сфере выбирают два взаимно перпендикулярных больших круга, один из которых называют основным, а другой - начальным кругом системы. В геодезической астрономии применяют такие системы сферических координат: горизонтальная система координат; первая и вторая экваториальные системы координат; эклиптическая система координат. Название систем обычно соответствует названию больших кругов, принятых за основной круг.

В геодезической астрономии определяют астрономические широту и долготу, φ и λ , а также астрономический азимут направления A .

Астрономическая широта φ есть угол между плоскостью экватора и отвесной линией в данной точке. Широта отсчитывается от экватора к северному полюсу от 00 до +900 и к южному полюсу от 00 до -900.

Астрономическая долгота λ – определяется как двугранный угол между плоскостями начального и текущего астрономических меридианов. Долгота отсчитывается от гринвичского меридиана к востоку (λ_e - восточная долгота) и к западу (λ_w - западная долгота) от 00 до 1800 или, в часовой мере, от 0 до 12 часов (12^h). Иногда долготу считают в одну сторону от 0 до 3600 или, в часовой мере, от 0 до 24 часов. Астрономический азимут направления A – определяется как двугранный угол между плоскостью астрономического меридиана и плоскостью, проходящей через отвесную линию и точку, на которую измеряется направление.

В геодезической астрономии применяют системы звездного и солнечного времени, основанные на вращении Земли вокруг оси. Это периодическое движение является в высшей степени равномерным, не ограниченным во времени и непрерывным на протяжении всего существования человечества. Кроме того, в астрометрии и небесной механике используются системы эфемеридного и динамического времени, как идеальное построение равномерной шкалы времени; система атомного времени - практическая реализация идеально равномерной шкалы времени.

Особенности использования результатов астрономических определений следующие.

Определение из астрономических наблюдений составляющих отклонения отвесной линии позволяет устанавливать связи между геодезической и астрономической системами координат;

Астрономические определения азимутов направлений на земные предметы контролируют угловые измерения, ограничивают случайные и систематические погрешностей в угловых измерениях;

Астрономические определения географических координат служат средством определения положений объектов, движущихся относительно земной поверхности на море и в воздухе. Это важный фактор для управления транспортными системами;

Астрономические определения географических координат и азимутов направлений используют для контроля угловых измерений в полигонометрических ходах и других угловых построениях, при топографо-геодезическом обеспечении войск.

Методы астрономических определений делят на точные и приближенные. Точными называют методы, позволяющие при современном состоянии теории геодезической астрономии и ее инструментальной базы получить с максимальной точностью значения широт, долгот и азимутов направлений. Приближенные методы определяют астрономические координаты с точностью от 1" до 1'. Общими отличительными особенностями приближенных методов являются: прямое измерение наблюдаемых величин, небольшое число приемов наблюдений, фиксация моментов наблюдений не точнее 1s, частое использование в качестве объекта наблюдений Солнца, применение упрощенных методик наблюдений и упрощенных формул обработки.

Космическая геоинформатика как интегратор наук. Космическая геоинформатика как новое научное направление возникло и развивается на основе комплекса интеграций различных научных направлений [23, 24]. В качестве первой надо отметить интеграцию геоинформатики с технологиями дистанционного зондирования [25, 26]. В качестве второй интеграции надо отметить интеграцию трансформированных наук о Земле в квазикосмические дисциплины (левый столбец рис.1) в единый комплекс. Основой интеграции в этом направлении является геодезическая астрономия [20] как наиболее сложившаяся исторически наука среди рассмотренных наук. В качестве третьей интеграции надо выделить интеграцию космических дисциплины (космическая фотограмметрия, обработка радиолокационных снимков, обработка тепловых снимков, лидарные методы) в единый комплекс. Все эти три комплекса, в свою очередь, интегрировались в космическую геоинформатику. Космическая геоинформатика способствует развитию наук и требует введения новых подходов и методов для решения новых задачами Ее особенностью является комплексный подход к исследованию окружающего мира. На рис.1 при ведена интеграция различных наук в космической геоинформатике.

Космическая геоинформатика, как и геодезическая астрономия, обеспечивает на уровне данных сопоставимость и анализ. Но геодезическая астрономия решает задачи связи между астрономией и геодезией. Космическая геоинформатика решает задачи связи для большего числа наук.

Космическая геодезия [27] служит основой переноса геодезических методов измерений в космос. На рис.1 левый столбец показывает интеграцию наук в космическую геоинформатику. Правый столбец обозначает науки, которые трансформировались в космические для выполнения исследований в рамках космической геоинформатики. Особняком стоит сравнительная планетология [28], которая дифференцирует направление исследования малых небесных тел. На уровне технологий космическая геоинформатика интегрирует технологии и методы анализа и обработки. При этом она является инструментом междисциплинарного переноса знаний. На уровне познания космическая геоинформатика аналогична земной геоинформатике способствует интеграции наук [29].

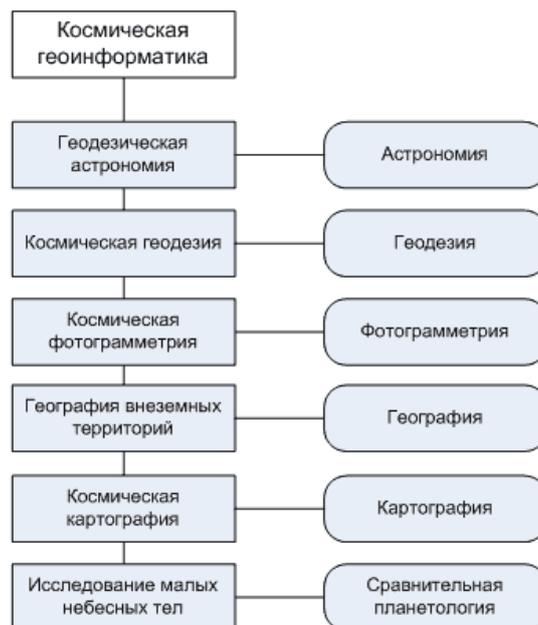


Рис.1. Интеграция наук в космической геоинформатике.

Как инструмент познания, космическая геоинформатика извлекает информацию из информационного поля [30], изучает и создает пространственное знание [31], включая геознание [32]. Как средство формирования картины мира, космическая геоинформатика дополняет другие науки и научные направления.

Информационная составляющая современного общества является основой развития. Значение космической геоинформатики и геодезической астрономии заключается не только в обработке информации, а в том, насколько расширяется при этом модель мира и общества. Значение космической геоинформатики в сфере научных исследований заключается в том, насколько новые модели космической геоинформатики адекватны реальной среде проживания человека и способствуют развитию цивилизации.

Рассматривая процесс освоения пространства как процесс познания мира, можно считать, что космическая геоинформатика расширяет пространство исследования земной геоинформатики до пространства геодезической астрономии. Если рассмотреть систему вложенных пространств (рис. 2), приведенную в работе [33], то космическая геоинформатика охватывает все пространства.

Методы исследований геодезической астрономии и космической геоинформатики перешагнули земные рамки и распространились на исследование космического пространства.

Заключение. Геодезическая астрономия и космическая геоинформатика связаны между собой и представляют собой новые научные направления. Общим для них является перенос методов земных наук при исследовании космического пространства и интеграции этих исследований в земные науки. Различие состоит в масштабах. Геодезическая астрономия является синтезом геодезии и астрономии. Геодезическая астрономия является основой интеграции земных наук, трансформированных в науки о космических исследованиях.



Рис.2. Космическое пространство как совокупность вложенных пространств.

Масштаб геодезической астрономии определяется применением геодезии в космических исследованиях и трансформации методов геодезии для космических исследований. Применительно к задачам транспорта геодезическая астрономия служит для ориентации не скоростных транспортных объектов и для ориентации объектов транспортной инфраструктуры. Геодезическая астрономия и интегрированные на ее основе науки входят как составная часть в космическую геоинформатику. Космическая геоинформатика имеет более широкий спектр приложений. Она позволяет получать пространственное знание и применяет это знание для управления транспортными объектами. Космическая геоинформатика позволяет контролировать и управлять скоростными объектами. Космическая геоинформатика применяется в интеллектуальных транспортных системах и интеллектуальных логистических системах. В отличие от геодезической астрономии, космическая геоинформатика позволяет решать экономические и управленческие задачи.

Список литературы

1. Hayford J. F. A text-book of geodetic astronomy. – J. Wiley, 1910.
2. Hoskinson A. J., Duerksen J. A. Manual of geodetic astronomy. – US Government Printing Office, 1947.
3. Hoskinson A. J., Duerksen J. A. Manual of geodetic astronomy; determination of longitude, latitude and azimuth //Washington, US Govt. Print. Off., 1947 [ie 1948]. – 1947. – Т. 1.
4. Duerkson A. J. H. J. A. Manual of Geodetic Astronomy //US Department of Commerce. Coast and Geodetic Survey. Special Publication. – 1952. – №. 237.
5. Кузнецов А. Н. Геодезическая астрономия: Учебное пособие. – Недра, 1966.
6. Robbins A. R. Field and geodetic astronomy. – HM Stationery Office, 1976.
7. Sigl R. Geodatische Astronomie //Karlsruhe: Wichmann, 1978. 2., uberarb. Aufl. – 1978.
8. Уралов С. С. Курс геодезической астрономии: Учебное пособие. – Недра, 1980.
9. Thomson D. B. Introduction to geodetic Astronomy. – Department of Surveying Engineering. University of New Brunswick, 1981.
10. Hlibowicki R. Higher geodesy and geodetic astronomy - PWN, Warszawa. – 1981.

11. Абалакин В. К., Краснорылов И. И., Плахов Ю. Ю. Геодезическая астрономия и астрометрия: справочное пособие //М.: Картцентр-Геодезиздат. – 1996.
12. Glavcheva R. How Plovdiv became involved in the 1759 Thessaloniki earthquake series and on the series itself. Warsaw Univ. of Technology, Inst. of Geodesy and Geodetic Astronomy //Reports on Geodesy. – 2000. – Т. 48. – №. 3. – С. 43-50.
13. Korakitis R. Lecture notes on Geodetic Astronomy //NTUA, School of Rural and Surveying Engineering (In Greek). – 2002.
14. Hirt C., Bürki B. Status of Geodetic Astronomy at the Beginning of the 21st Century //Festschrift Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. hc Günter Seeber anlässlich seines. – 2006. – Т. 65. – С. 81-99.
15. Hirt C., Bürki B. Status of Geodetic Astronomy at the Beginning of the 21st Century //Festschrift Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. hc Günter Seeber anlässlich seines. – 2006. – V.65. – С. 81-99
16. Пандул И. С. Геодезическая астрономия применительно к решению инженерно-геодезических задач //СПб.: Политехника. – 2010.
17. Гиенко Е. Г., Канушин В. Ф. И Геодезическая астрономия. Учебное посо. –Новосибирск.: СГГА, 2010.
18. Jeans J. H. Astronomy and cosmogony. – 1928.
19. Kraus J. D. Radio astronomy - New York: McGraw-Hill, 1966.
20. Славекко Господинов, Северина Джордова. Геодезическая астрономия.- Военно географична служба (Болгария), 2011. -264с.
21. Розенберг И.Н. Цветков В.Я. Координатные системы в геоинформатике – МГУПС, 2009 - 67с.
22. Robbins A. R. Time in geodetic astronomy //Survey Review. – 1967. – V. 19. – №. 143. – p.2-19.
23. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космическая геоинформатика: Учебное пособие. - М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 72с.
24. Савиных В.П. О космической и земной геоинформатике // Перспективы науки и образования. - 2015. - №5. - с.21-26.
25. Савиных В.П., Цветков В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // Информационные технологии. - 1999. - №10. - с.36-40.
26. Савиных В.П., Цветков В.Я. Интеграция технологий ГИС и систем дистанционного зондирования Земли // Исследование Земли из космоса.- 2000. - №2 - с.83-86
27. Глушков В. В., Насретдинов К. К., Шаравин А. А. Космическая геодезия: методы и перспективы развития //М.: Институт политического и военного анализа.–2002.–448 с.
28. Савиных В.П., Цветков В.Я. Сравнительная планетология. – М.: МИИГАиК, 2012, -84с.
29. Савиных В. П., Цветков В. Я. Геоинформатика как система наук // Геодезия и картография. – 2013. - №4. - с.52-57.
30. Бондур В.Г. Информационные поля в космических исследованиях // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №2 (10). – с.107-113.
31. Цветков В.Я. Формирование пространственных знаний: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2015. – 68 с
32. Кулагин В. П., Цветков В. Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии. - 2013. - №12. - с.2-9.
33. I.V. Varmin, V.P. Kulagin, V.P. Savinykh, V.Ya. Tsvetkov. Near_Earth Space as an Object of Global Monitoring // Solar System Research, 2014, Vol. 48, No. 7, pp. 531–535. DOI: 10.1134/S003809461407003X.

УДК: 332.14:004.9.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС «ПАНОРАМА» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА

Дышленко С.Г. к.т.н., начальник отдела, КБ Панорама, E-mail: dishlenko@yandex.ru, Москва, Россия.

Аннотация. Статья анализирует возможности отечественной геоинформационной системы для решения задач в сфере транспорта. Описаны основные принципы и возможности ГИС. Описаны направления использования ГИС «Панорама» в сфере транспорта. Описана ГИС как справочно – информационная система. Описаны форматы данных, применяемые в ГИС. Описана возможность применения информации (карт и снимков) получаемых в глобальной системе Google Earth для трансформации в форматы электронной карты ГИС.

Keywords: транспорт, информатика, геоинформатика, геоинформационная система, геоданные, электронная карта, дорожная сеть

THE USE OF GIS "PANORAMA" FOR SOLVING PROBLEMS IN THE FIELD OF TRANSPORT

Dyshlenko S.G. Ph.D., Head of Department, KB Panorama, E-mail: dishlenko@yandex.ru Moscow Russia

Annotation. The article analyzes the possibilities of the national geographic information system to meet the challenges in the field of transport. This article describes the basic principles and GIS capabilities. This article describes the uses of GIS "Panorama" in the transport sector. This article describes how to reference the GIS - information system. This article describes the data formats used in the GIS. The paper describes the possibility of using the information (maps and photographs) obtained in the global system of Google Earth for the transformation of electronic GIS map formats.

Keywords: transport, informatics, geoinformatics, geoinformation system, geodata, electronic map, the road network.

Введение. Транспортные системы являются распределенной геотехнической системой [1, 2]. Для управления пространственными распределенными системами нужна пространственная информация. Это приводит к понятию пространственного управления [3]. Геотехнические системы изучают методами геоинформатики [4], поэтому в настоящее время возрастает роль геоинформатики [5, 6] как средства формирования пространственной информации и средства управления [7]. Усложнение транспортных систем [8, 9] ставит задачи многоцелевого управления [10, 11] и специальные задачи управления подвижными объектами. Непосредственное применение многих математических моделей в практике управления транспортом невозможно из-за отсутствия необходимых пространственных данных. Недостаток соответствующей теоретической базы требует применения ГИС как программный инструмент оптимизации транспортных сетей [12]. Решение прикладных задач с помощью

ГИС связано с отбором полезной информации из огромных информационных массивов, накопление которых идет непрерывно. Эти задачи решает ГИС «Панорама» [13, 14], которая позже стала называться ГИС «Карта» [15, 16].

Общие принципы ГИС «Панорама». Среди большого разнообразия геоинформационных систем на Российском рынке ГИС «Панорама» занимает особое место. Ее отличает не только то, что это отечественная полнофункциональная разработка ГИС, но то, что она ориентирована на решение конкретных практических задач с учетом требований и нормативов отечественного производства.

На протяжении более 20 лет компания "КБ "Панорама" развивает технологии обработки, обновления, передачи и представления геоданных. В течение этого периода появлялись различные версии. На текущий момент одним из востребованных геоинформационных продуктов на отечественном рынке является ГИС Карта 2011.

Данная система включает возможности ввода, нанесения, обновления и импорта / экспорта информации из других источников. Основные области применения - навигация, построение графов дорог, отображение растровых данных с общедоступных источников (maps.google.com и т.д.). Большое внимание уделяется совершенствованию и развитию программных средств по работе с такими форматами векторных данных, как KML, PFM, GDF.

На рис. 1 показана одна из технологий сбора информации по данным космической съемки.

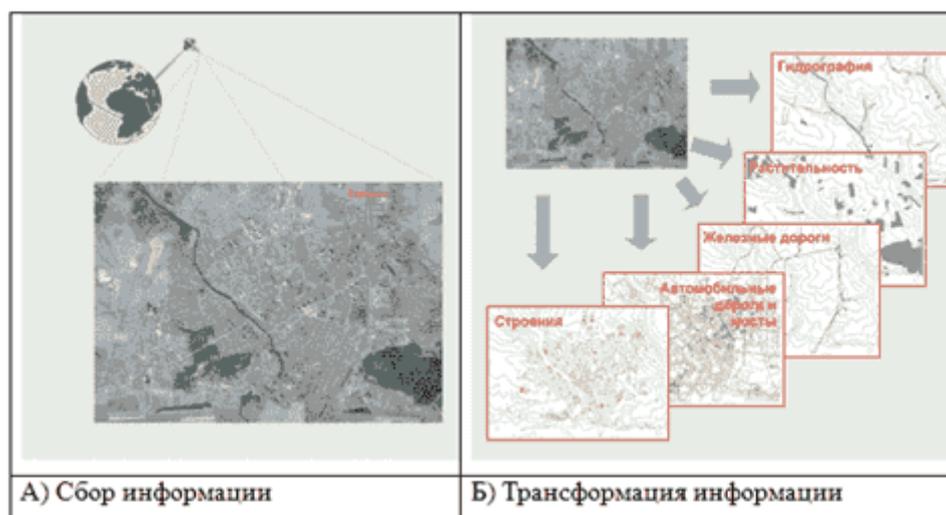


Рис.1. Сбор и трансформация информации по материалам космической съемки.

ГИС «Панорама» обладает возможностью ввода космической информации как с фотоносителей, так и по приемникам ГНСС.

Результатом сбора информации является стратифицированная многослойная информация, пример которой представлен на рис.2.

При использовании ГИС «Панорама» задачи решают эвристически либо с применением специальных методик, основанных на применении специального программного обеспечения. Начальным шагом решения всегда является отбор полезной информации.

Особенностью ГИС «Панорама» является организация на ее основе специализированных баз данных и банков данных. Как следует из рис.2 ГИС дает возможность решения широкого круга задач в сфере управления и землепользования и транспорта.



Рис.2. Стратифицированная информация, как результат сбора и организации геоданных [17] в ГИС «Панорама»

Одной из задач Гис является возможность создания электронных карт применительно к объекту управления. На рис.3 представлена электронная карта, полученная средствами ГИС «Панорама».

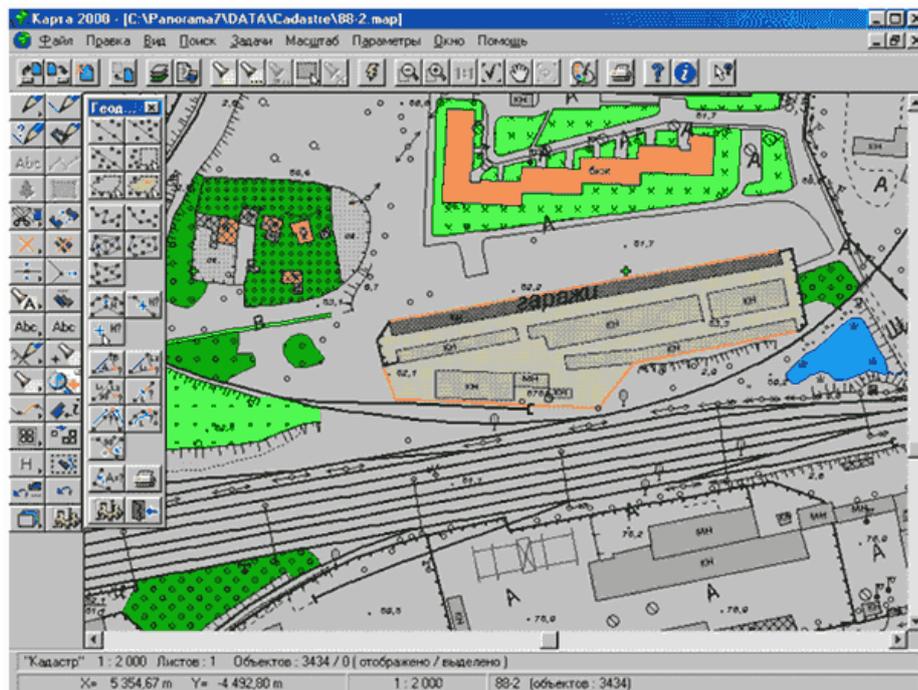


Рис.3. Электронная карта транспортной инфраструктуры, полученная средствами ГИС «Панорама»

Направления использования ГИС «Панорама» в сфере транспорта

Выделяют пять крупных направлений применения ГИС «Панорама» в сфере транспорта: руководство центрального аппарата; планирование и развитие отрасли; поддержку аварийных служб; поддержку эксплуатационных и ремонтных служб; диспетчерское оперативное и стратегическое управление объектами транспорта и перевозкой грузов.

1. Руководство центрального аппарата поддерживается следующими возможностями: управление основными фондами отрасли, мониторинг информационной и пространственной ситуации, управление материальными и информационными ресурсами, управление филиалами и организациями отрасли, информационно-аналитическая поддержка принятия управленческих решений на основе пространственного анализа, включая методы геостатистики.

2 Планирование и развитие отрасли и отдельных предприятия включает следующие функциональные возможности создаваемые ГИС: выбор оптимальных трасс новых дорог, проведение изыскательских работ, решение задачи размещения новых объектов транспортной инфраструктуры, выбор оптимального положения новых объектов, обеспечивающих обслуживание дорог с учетом особенностей местности, экологических проблем, распределения потребителей сегодняшних и прогнозируемых, демографической и экономической ситуаций, наличия существующей и перспектив транспортной сети

3. Поддержка аварийных служб средствами ГИС включает следующие возможности: оперативное отображение и анализ состояния дорог с помощью электронных карт, подготовка принятия оперативных решений методом прогностического моделирования, оптимальное районирование зон обслуживания аварийных и эксплуатационных служб с учетом удаленности, технической оснащенности, статистики по аварийности и т.п., оперативное реагирование при аварийных и плановых мероприятиях (подъезды, обеспеченность техникой, материалами и т.п.)

4. Эксплуатационные и ремонтные службы обеспечиваются следующими возможностями ГИС: пространственное управление распределенной производственной инфраструктурой, мониторинг состояния объектов, систематизированное хранение документации в БД по объектам и инженерным сооружениям, топографо-геодезическое обеспечение служб.

5. Диспетчерское оперативное и стратегическое управление объектами транспорта и перевозкой грузов включает решение следующих пространственных задач: - диспетчерское перераспределение транспортных потоков при аварийных, ремонтных и др. ситуациях, отслеживание перемещения спецтранспорта, оптимизация и контроль маршрутов специальных перевозок (ценные, опасные, крупногабаритные), планирование текущих ремонтов, реконструкций и пр.

Кроме задач управления ГИС решает справочно информационные задачи. Такая задача основана на построении информационной модели ситуации [17], анализа этой ситуации и выдачу справочной информации на основе анализа. Например, получение справочной картографической информации о дороге, что включает: вычисление протяженности дорожной сети; - вычисление протяженности участка дороги; - вычисление расстояния между объектами (мосты, города и др.); - показ участков дорожной сети в укрупненном масштабе [18]. Справочно информационная поддержка опирается на использование базы данных, интегрированной в ГИС, что позволяет визуально представлять и анализировать справочную информацию базы данных. На рис.4. представлена совместная информация дорожной структуры и базы данных описывающей фрагмент такой структуры.

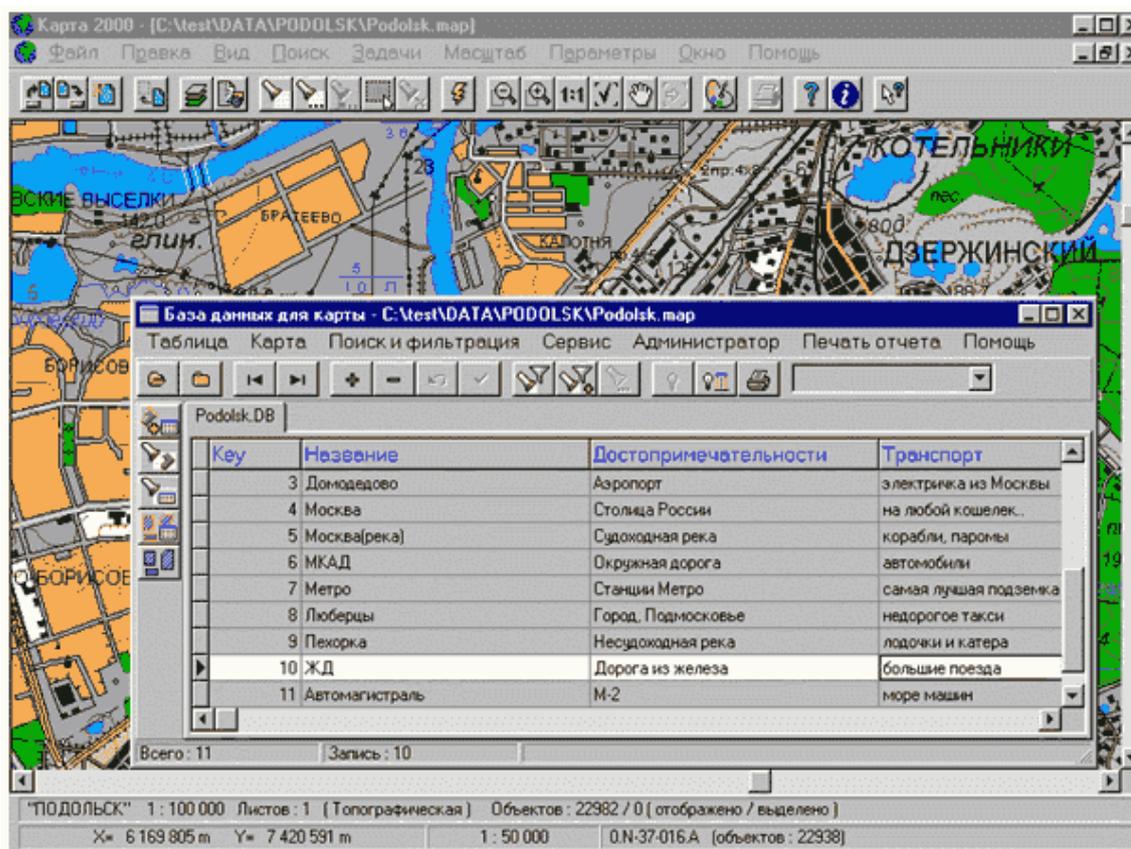


Рис.4. Справочная информация о дорожной инфраструктуре.

При решении информационно справочных задач применяют формат KML - (*Keyhole Markup Language* язык разметки Keyhole) [19]. Он представляет собой язык разметки на основе XML для представления трёхмерных геоданных в программе Google Earth. Стоит отметить, что по своей структуре KML напоминает стандарт географического языка разметки GML. Данный язык достаточно прост для понимания и легко расширяем.

KML-файлы обычно распространяются в ZIP-архиве: KMZ. KML-файл определяет собой структурированный набор информации, в которой содержится один или несколько объектов для отображения. Получение информации из программы Google Earth возможно несколькими способами. Во-первых, это файлы KML, распространенные в интернете, во-вторых, это непосредственное создание тех же файлов с помощью простейшего инструментария программы Google Earth, и в-третьих, это экспорт векторных данных в формат KML из системы ГИС Карта 2011. С помощью функции обработки данных в формате KML пользователи получают возможность визуальной оценки пространственного расположения объектов электронных карт и планов городов, созданных в ГИС «ГИС Карта 2011», путем формирования трехмерных моделей Google Earth.

Кроме непосредственного применения готовых карт в формате KML, средства импорта данных позволяют использовать средства векторизации объектов местности, имеющиеся в Google Earth, для оперативного обновления электронных карт в ГИС «ГИС Карта 2011». Обновление объектов карты осуществляется по следующей методике:

- активизация режима Google Earth на главной панели инструментов в ГИС «ГИС Карта 2011»;
- выбор нужного объекта на карте, в результате чего выполняется автоматическая загрузка Google Earth и позиционирование снимка в нужной точке;
- векторизация изменений средствами Google Earth и сохранение файла в формате KML.

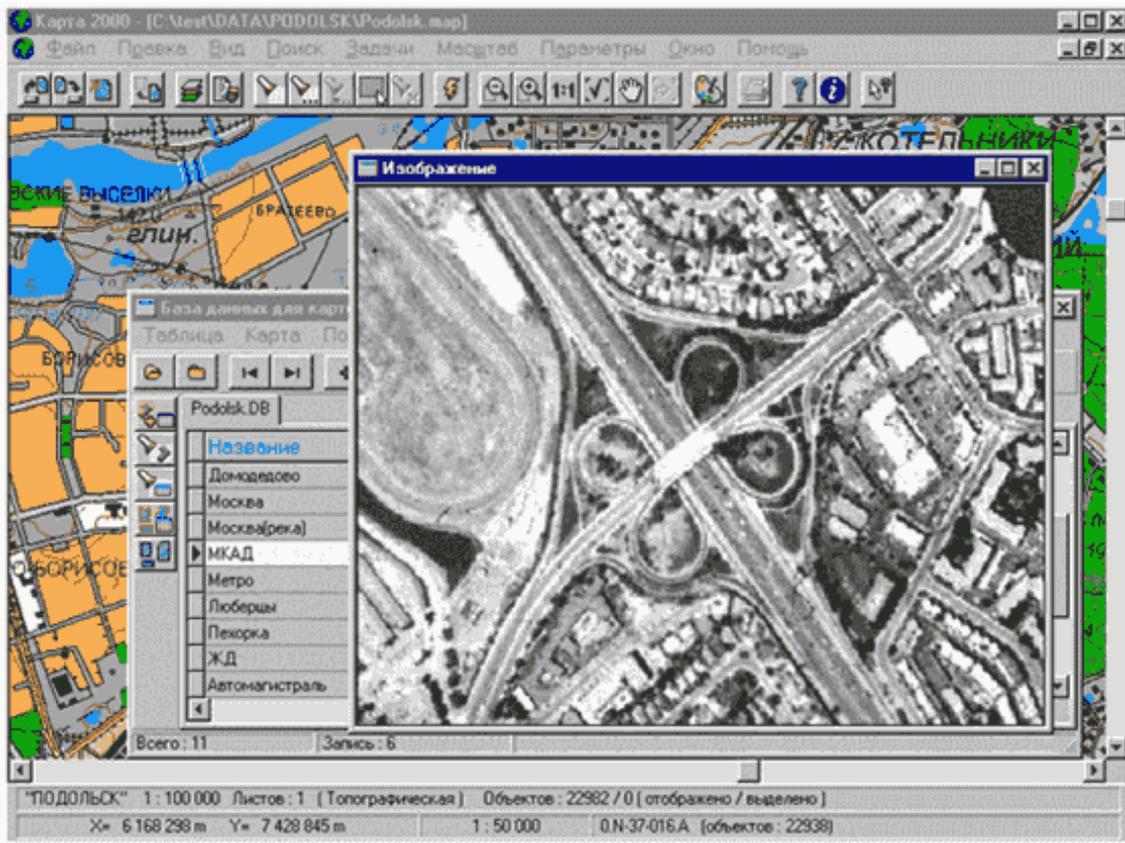


Рис.5. Просмотр информации о дороге.

ГИС обладает возможностью просмотра информации о транспортной сети на основе космической информации. На рис.5 приведена иллюстрация просмотра фрагмента дороги с помощью электронной карты и фотограмметрической информации

Поддержка цифрового моделирования. В настоящее время цифровое моделирование широко применяется при моделировании рельефа [20, 21], при проектировании [22] и при решении транспортных задач [23-26].

ГИС «Панорама» имеет встроенный механизм позволяющий решать задачи цифрового моделирования. Первый этап цифрового моделирования включает набор пикетов точек, которые задают базовую модель местности (рис.6). В данной работе точки набирались на предмет дорожного строительства и выноса проекта в натуру. На рисунке 7 представлено развитие проекта в виде построения линий дорожного полотна с использованием ГИС и цифровой модели.

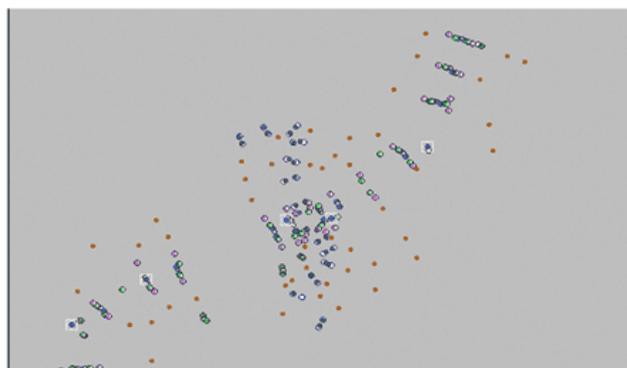


Рис.6. Набор пикетов цифровой модели местности в зоне будущего дорожного строительства

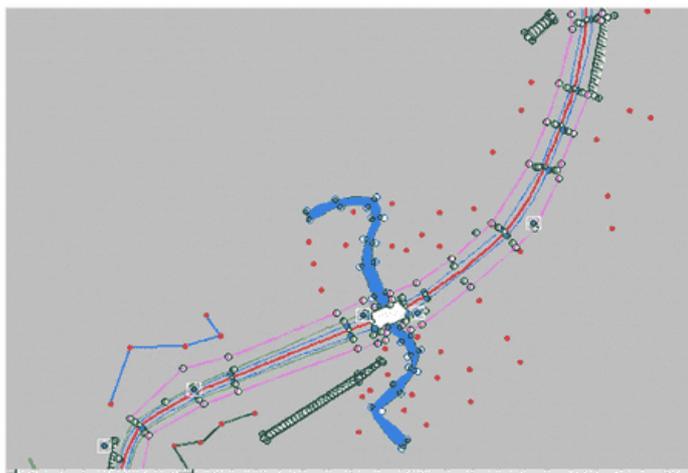


Рис.7. Результат построения линий дорожного полотна с использованием ГИС и цифровой модели

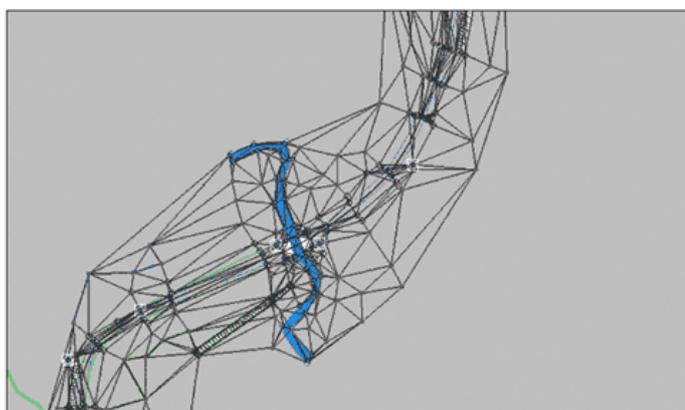


Рис.8. Построение триангуляции пикетов

На рис.8 дано развитие проекта в виде триангуляции пикетов. Это позволяет осуществлять уравнивание и повышает точность определения точек выноса в натуру.

На рис.9 дано наложение проекта дороги на рельеф местности и создание комбинированной цифровой модели местности с проектируемым объектом. Вынос проекта в натуру можно назвать прямой задачей. Возможно решение обратной задачи построение модели по уже существующему дорожному полотну. Эта ситуация представлена на рис.10.

Использование ГИС Карта 2000 для кадастрового учета. ГИС «Панорама» ориентирована на решение кадастровых задач и имеет встроенное программное обеспечение для решения этих задач. Особенно эффективна визуальная поддержка в виде электронной карты, на которой четко выделены объекты кадастрового учета. На рис.11 приведен фрагмент кадастровой карты, полученной в ГИС «Панорама».

Для транспортных задач в ГИС применяют специальный формат GDF. **GDF** – (Geographic Data File (ISO/DIS 14825)) - файл географических данных. Данный формат представляет международный стандарт для определения и обмена географическими дорожными базами данных, описывает полную концептуальную модель данных, а именно организацию деталей (дорог, развязок и других навигационных элементов), их тематическую, физическую и атрибутивную информацию.

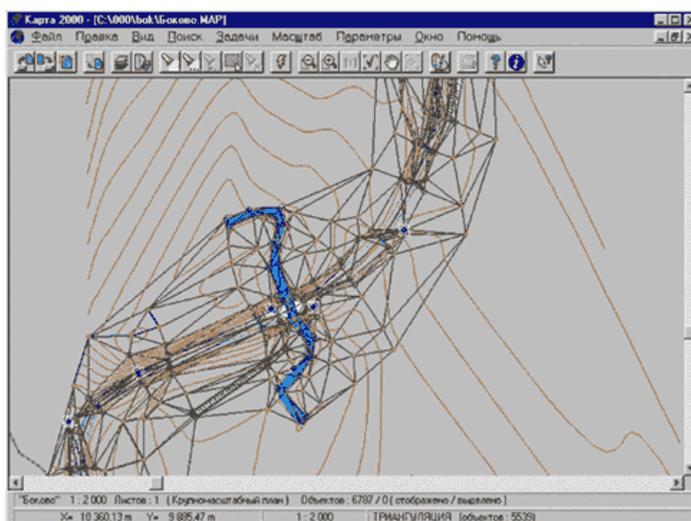


Рис. 9. Наложение проекта на реальный рельеф и построение комбинированной модели местности.

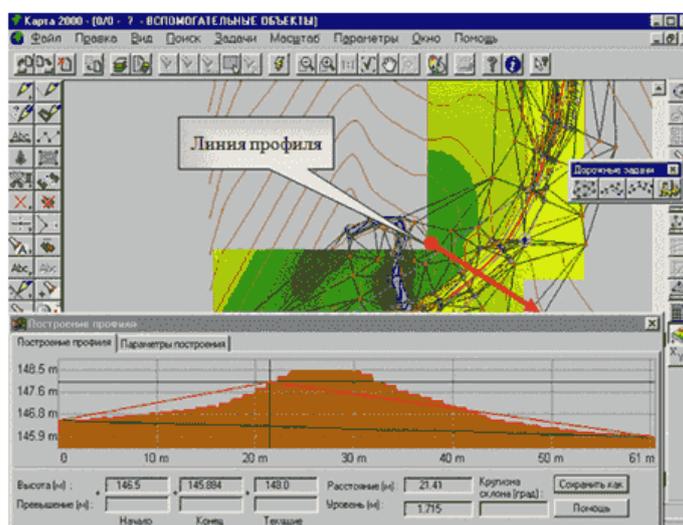


Рис.10. Построение модели верхнего строения пути и построение профиля

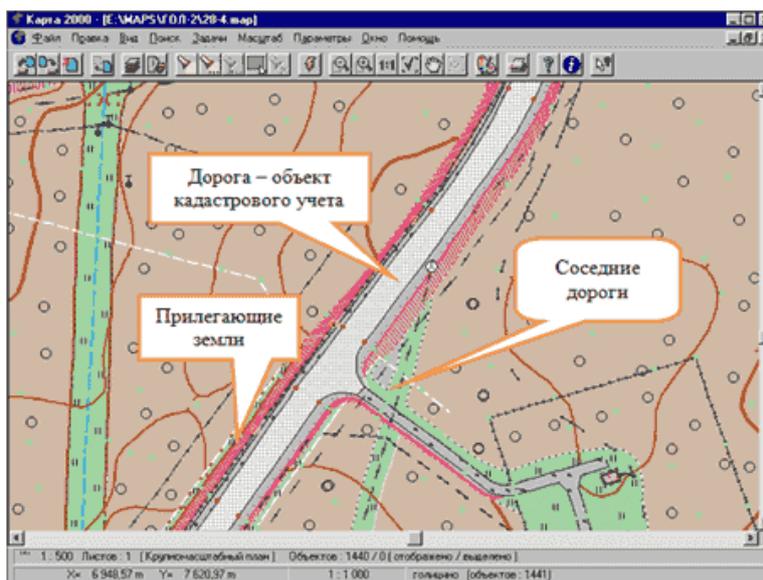


Рис.11. Дорожный кадастр на электронной карте

В более ранних версиях ГИС Карты была создана задача по построению графа дорог, но она могла оперировать только с данными ГИС Карты. Тогда было принято решение о необходимости взаимодействия этой задачи с другими данными. Так была разработана задача экспорта/импорта данных в/из международного файла географических данных. Пример карт, получаемых с помощью данной прикладной задачи, представлен на рисунке 12.

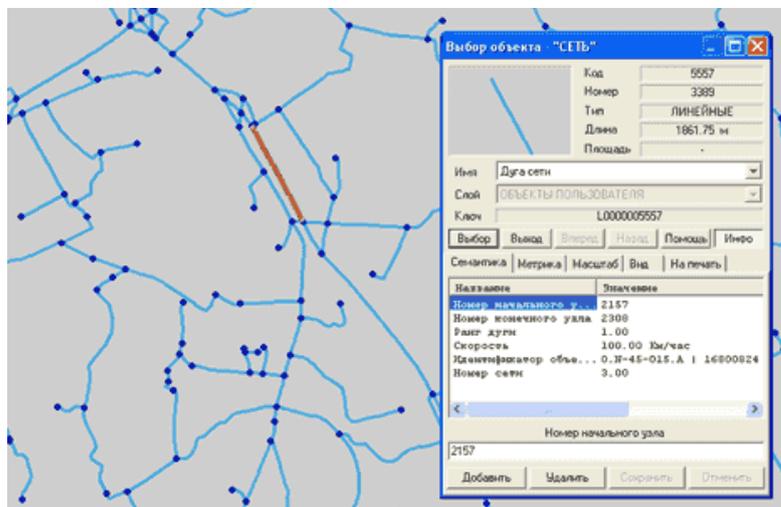


Рис. 12. Пример карты GDF

Стоит отметить еще одну прикладную задачу – Просмотр снимков Google, предназначенную для отображения растровых данных (изображений (спутниковых снимков)), используемых в программе Google Earth или находящихся в свободном доступе на сайте maps.google.com. Принцип работы предельно прост: на карте выбирается необходимая для загрузки область, площадной или линейный объект, программа соединяется с сервером спутниковых снимков и загружает необходимые снимки, затем происходит их трансформация и привязка к выбранной области. Пример растров, получаемых с помощью данной прикладной задачи, представлен на рисунке 13 и 14.

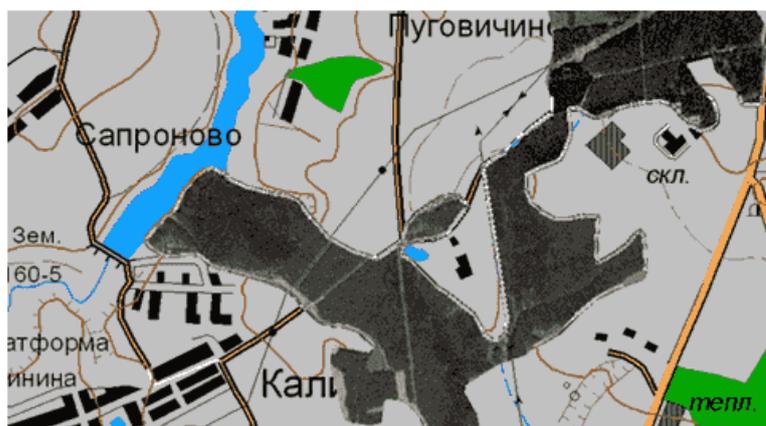


Рис.13. Пример загруженных карт

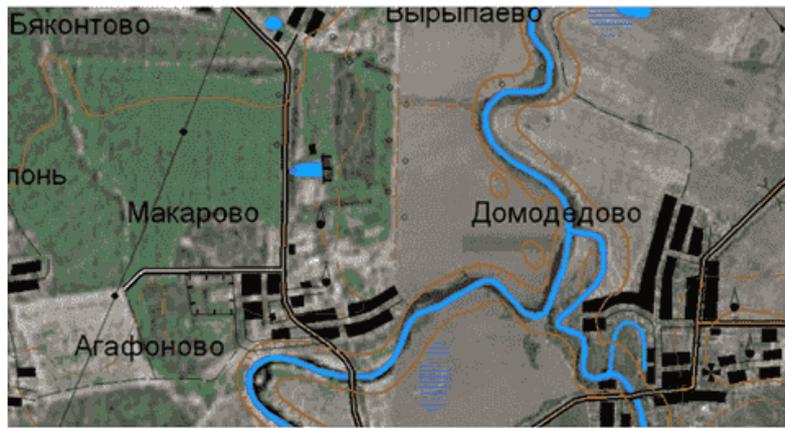


Рис.14. Пример загруженных снимков

Другим важным направлением, которому уделяется большое внимание, является разработка программных средств геоинформационного обеспечения и обработки пространственных данных для включения в автоматизированные корпоративные системы управления. При этом большое значение в современных версиях уделяется трехмерному моделированию.

Заключение. Профессиональная ГИС «Панорама» имеет широкий спектр применения. Ее можно рассматривать как новый инструментальный информационный ресурс [27], позволяющий решать сложные задачи и даже преодолевать проблему «больших данных» [28]. Большие возможности имеет эта система также при изысканиях и дорожном строительстве. Программное обеспечение этой ГИС регулярно обновляется и модернизируется. В целом «профессиональная ГИС Карта» представляет собой универсальную геоинформационную систему. Эта система имеет средства создания и редактирования электронных карт, выполнения различных измерений и расчетов, оверлейных операций, построения 3D моделей [29], обработки растровых данных, средства подготовки графических документов в электронном и печатном виде, а также инструментальные средства для работы с базами данных. Система обеспечивает создание векторных, матричных и растровых электронных карт, их накопление, обработку и отображение.

База данных электронных карт имеет иерархическую структуру. На нижнем уровне хранится информация об отдельных объектах карты. Объекты могут объединяться в группы, слои и листы карт. Совокупность листов карт одного масштаба и вида составляет район работ - отдельную базу данных электронных карт. Описание отдельного объекта состоит из метрических данных (координат на местности), семантических данных (свойств объекта), текстовых справочных данных, иллюстративных графических данных и других данных, включая уникальный номер объекта, через который осуществляется логическая связь с внешними реляционными СУБД. Объем отдельной базы данных электронных карт может составлять несколько терабайт (Тб). Обновление базы выполняется в режиме выполнения транзакций, что обеспечивает восстановление при сбоях и откат на любое число шагов назад. Система управления поддерживает высокопроизводительный алгоритм индексации данных, что обеспечивает максимальную скорость поиска и отображения объектов карты на стандартных технических средствах. Это позволяет проводить информационный анализ [30], уменьшать информационную неопределенность [31], проводить эффективную единую транспортную политику [32] и проводить эффективную оценку инвестиций на транспорте [33]. Все это создает ГИС «Панорама» широкие возможности, позволяющие пользователям решать различные прикладные и экономические задачи в сфере транспорта.

Список литературы

1. Дьяконов К. Н. Становление концепции геотехнической системы // Вопр. географии. – 1978. – №. 108. – С. 54-63/
2. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система // Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - с. 52.
3. Розенберг И.Н. Пространственное управление в сфере транспорта // Славянский форум, 2015. - 2(8) - с. 268-274.
4. Цветков В.Я. Изучение геотехнических систем методами геоинформатики // Международный научно-технический и производственный журнал «НАУКИ О ЗЕМЛЕ». - №3-2012.- с.17-19
5. Кузнецов О. Л., Никитин А. А. Геоинформатика. – М.: Недра. – 1992. – 302с.
6. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии. - 2013. - № 11. – с.2-7.
7. Розенберг И. Н. Ситуационное управление в сфере транспорта // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №2 (10). – с.42-48/
8. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов - М.: Изд-во АСВ. – 2005.
9. Бутов А. В. и др. Транспортные системы. Моделирование и управление. СПб // Судостроение. – 2001.
10. Хоменюк В. В. Элементы теории многоцелевой оптимизации. – М.: Наука, 1983.
11. Tsvetkov V. Ya. Multipurpose Management// European Journal of Economic Studies 2012, Vol.(2), № 2 p.140-143.
12. Розенберг И. Н. Геоинформационные системы на железнодорожном транспорте // Международный научно-технический и производственный журнал «НАУКИ О ЗЕМЛЕ». - №4-2012.- с. 86-90.
13. Цветков В.Я., Дышленко С.Г. Применение ГИС «Панорама» при инженерных изысканиях. // Инженерные изыскания. -2009. - № 12. - с.46-48
14. Дышленко С.Г., Демиденко А.Г., Железняков В. А., Цветков В.Я. Новые возможности ГИС "Панорама // Кадастр недвижимости. – 2010. - №3(20). – с.101-103
15. Фадеев А. Н. Применение ГИС «Карта 2003» в лесном хозяйстве//Геопрофи.-2006.- С. 25-26
16. Беленков О. В. Реализация технологии сетецентрического управления в АСУ войсками и оружием на базе ГИС «Карта 2011»[Электронный ресурс] // Режим доступа: www.gisinfo.ru/item/91.htm.
17. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012, Vol.(36), № 12-1, p.2166- 2170.
18. Маркелов В.М. Применение топологических моделей геоданных для оптимизации транспортных маршрутов // Славянский форум. - 2012. – 2 (2). - с.56-61.
19. Цветков В.Я., Дышленко С.Г. Особенности проектирования ГИС-пользователя на основе базового комплекта ГИС «Карта 2010» // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. - 2010. -№ 8. С.79-84.
20. Дышленко С. Г. Развитие информатики // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №2 (10). – с.71-75.
21. Павлов А.И. Цифровое моделирование пространственных объектов // Славянский форум, 2015. - 4(10) – с.275-282.
22. Цветков В.Я. Использование цифровых моделей для автоматизации проектирования // Проектирование и инженерные изыскания. - 1989. - № 1. - с. 22 -24.
23. Розенберг И. Н. О единой транспортной политике в сфере железнодорожного транспорта // Славянский форум, 2015. - 3(9) - с.244-250.

24. Markelov V.M. Geoinformation Modeling in Logistics // European Journal of Technology and Design, 2013, Vol.(2), № 2, p.129-133.
25. Markelov V. M. Situational Modeling in Logistics // European Journal of Economic Studies, 2013, Vol.(6), № 4- p204-209.
26. Markelov V.M. Geoinformation Modeling in Logistics // European Journal of Technology and Design, 2013, Vol.(2), № 2, p.129-133.
27. V.Ya. Tsvetkov. Information Models and Information Resources // European Journal of Technology and Design, 2016, Vol.(12), Is. 2, pp. 79-86. DOI: 10.13187/ejtd.2016.12.79 www.ejournal4.com.
28. Павлов А.И. Большие данные в фотограмметрии и геодезии // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №4 (12). – с.96-100.
29. Цветков В.Я, Дышленко С.Г. Трехмерное геоинформационное моделирование в ГИС «КАРТА 2011»// Инженерные изыскания. -2012. - № 10. - с.45-47.
30. Цветков В.Я. Полисемия информации // Информационные технологии. – 2016 - Том 22.- №4. – с. 298—302.
31. Коваленко Н.И. Учёт неопределённости при управлении транспортным комплексом // Государственный советник. – 2014. - №3. – с50-54.
32. Розенберг И. Н. О единой транспортной политике в сфере железнодорожного транспорта // Славянский форум, 2015. - 3(9) - с.244-250.
33. Жичин А.М., Романов И.А. Особенности оценки инновационных проектов на транспорте // Славянский форум. - 2012. – 2 (2). - с.51-56.

УДК: 332.1

КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТОМ

Савиных В. П. д.т.н., профессор, Член-корреспондент РАН, президент, МИИГАИК, E-mail: vp@miigaik.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья описывает методы и технологии дистанционного зондирования и геоинформатики, применяемые в управлении. Статья раскрывает понятие космического управления транспортом. Статья раскрывает значение информационных полей в космических исследованиях и управлении. Статья описывает принципы построения информационного управляющего пространства на основе космических технологий. Статья раскрывает содержание информационного управляющего пространства. Статья отмечает проблему «больших данных» как фактора обработки космической информации и управления.

Keywords: транспорт, управление, космические технологии, дистанционные исследования, информационное пространство, информационное поле, модели, пространственные модели.

SPACE TECHNOLOGY IN TRANSPORTATION MANAGEMENT

Savinych V.P. D.ofSci. (Tech.), Prof., Vice-President of RAS, President, Moscow State University of Geodesy and Cartography, E-mail: vp@miigaik.ru, Moscow, Russia

Annotation. This article describes the methods and techniques of remote sensing and geoinformatics, applied management. The article reveals the concept of space traffic management. The article reveals the importance of information in the fields of space research and management. The article describes the principles of information control of the space-based space technology. The article reveals the contents of the control information space. The article points out the problem of "big data" as a processing factor space data and control.

Keywords: transport, management, space technologies, remote research, information space, information field, models, spatial models.

Введение. Человек получает информацию об окружающем мире в реальном пространстве. Мир можно рассматривать как систему систем, вложенных друг в друга [1]. Эти совокупности систем можно строить по-разному исходя из самой мелкой системы до самой крупной. Рассматривая процесс освоения космического пространства как процесс познания мира, можно связать его с построением научной картины мира [2, 3]. Научная картина мира помогает осуществлять управление реальными объектами. Большую роль в познании окружающего мира играют информационные технологии. Космические исследования связаны с информационными и геоинформационными технологиями двойственно. С одной стороны применение информационных технологий существенно помогает в исследовании Земли из космоса [4]. С другой стороны космические исследования служат основой информационного обеспечения научных и прикладных исследований [5], а также основой управления [6, 7] на основе

космической информации. Следует также отметить, что геоинформатика изучает три пространства, связанные с управлением земными объектами, это: подземное пространство, наземное пространство и околоземное космическое пространство. Следует отметить тенденцию увеличения границы околоземного пространства от поверхности Земли, что обусловлено постоянным освоением космического пространства. В настоящее время происходит трансформация геоинформатики [8] в сторону космических исследований и появляется новое направление – космическая геоинформатика [9, 10].

Информационные поля как источник управленческой информации. Процессы глобализации [11, 12] привели к понятию глобального управления [7]. Развитие современного транспорта и инфраструктуры невозможно без глобального управления. Особенностью глобального управления является то, что оно является информационным [13] и основано на использовании космических технологий [14]. Космические исследования являются важным источником получения информации. Технологии дистанционного зондирования (ДЗ) получают информацию в полной зоне спектра электромагнитных волн. Технологии ДЗ в настоящее время являются целостной системой, позволяющей дублировать и дополнять информацию, получаемую по разным каналам. Большое значение космические методы занимают при создании и эксплуатации интеллектуальных транспортных систем и интеллектуальных логистических систем.

Космические исследования направлены на изучение пространственных объектов и явлений. Они изучают реальные взаимосвязи между объектами окружающего мира. Необходимо подчеркнуть различие между информационным полем [14, 15] и информационным пространством [16]. Пространство является оболочкой информационного поля. Информационное поле вложено в соответствующее информационное пространство. Информационное пространство является формальным отображением окружающего мира. Информационное поле является физическим отображением реального мира

Информационное поле содержит некие характеристики типа полевой переменной [15]. Оно может быть естественным и искусственным. Естественное информационное поле отражает внешний мир и служит источником информации и знаний для человека. Изучение этого поля осуществляется на основе технологий, которые создает человек. Это не только ограничивает исследование естественного поля, но и вносит искажения в его описание. По существу искусственное информационное поле представляет собой модель естественного поля. Это определяет моделирование в большом. Моделирование в малом представляет создание моделей на отдельные объекты в информационном поле.

Искусственное информационное поле можно рассматривать как антропогенную систему, содержащую связанные системы; информационные ресурсы, технологии их обмена и использования; хранилища информационных ресурсов; систему согласованных стандартов информационного обмена и технологий. Примером искусственного информационного пространства является навигационное поле, задаваемое глобальной навигационной спутниковой системой ГЛОНАСС или GPS.

В информационном поле и информационном пространстве существуют пространственные отношения между объектами управления и между объектами и окружающей средой. Информационные отношения являются обязательным фактором информационного поля и пространства.

Управление с помощью космических технологий осуществляется в широком спектре. Это: транспорт, региональное управление, в земельный и лесной кадастре, недропользование и многое другое. Космические технологии имеют ряд преимуществ, к главным из которых

относятся [2, 7, 10, 17, 18]: - большая обзорность космических средств; оперативность получения информации; возможность наблюдений в любых труднодоступных районах; возможность получения информации в широком диапазоне электромагнитных волн; возможность передачи космической информации потребителям различных уровней

При космических технологиях управления выделяют следующие факторы управления: цель управления; поле управления, объект управления, методы или технологии управления, модель объекта управления, информационную ситуацию в которой находится объект управления. Объект управления находится во внешнем поле, которое воздействует на него. Это воздействие надо учитывать путем построения модели поля управления. При глобальном управлении используют разные технологии. Их выбор зависит от объекта управления и цели управления.

При космических технологиях управления используют разные информационные модели: информационную конструкцию (обобщенная модель объектов и процессов), информационную модель ситуации; модель информационного взаимодействия; информационные единицы (процессов, представления, хранения и передачи информации).

Механизм управления основан на измерении положения объекта в реальном пространстве (система глобальных земных координат) и использование этих измерений для принятия решений и управления. Особенность этих технологий также в том, что они опираются на методы космической геодезии и космической геоинформатики и на специальные данные, называемые геоданными [19, 20]. Процесс измерения осуществляется с помощью аппаратуры вынесенной в околоземное космическое пространство, что и позволяет проводить глобальные измерения, которые не возможны при использовании наземных методов. Инструментарием управления служат глобальные навигационные космические системы или ГНСС [21, 22] и динамические модели управления [23].

Принципы построения информационного управляющего пространства. Основой глобального управления является информационное управляющее пространство, которое создается на основе космических технологий и систем типа ГНСС [22]. Информационное управляющее пространство может быть рассмотрено как сложная система, содержащая связанные информационной сетью элементы пространства; информационные ресурсы, технологии их обмена и использования; хранилища информационных ресурсов; систему согласованных стандартов информационного обмена и технологий.

Информационное управляющее пространство должно строиться на основе интеграции геоинформационных технологий и технологий дистанционного зондирования [24, 25]. При этом базисной основой должны быть геоданные как системный ресурс [19] и структурированная система данных. Соответственно базовыми информационными моделями в реальном пространстве управления должны быть пространственные модели [26]. При этом системный подход требует организации таких моделей как сложных систем на основе применения специальных элементов – информационных единиц [27]

Формирование информационного управляющего пространства основано на применении единой координатной системы [28] и применение динамических моделей [23] которые описывают не только состояние, но и перемещение объектов в реальном пространстве.

Информационное управляющее пространство основано на моделях, которые включают информационно-ресурсную, организационную, технологическую – составляющие. Эти принципы построения должны быть представлены описаниями соответствующих типов структур информационного управляющего пространства (ИУП): логической, ресурсной, функциональной, системной и физической. Под логической структурой понимается представление ИУП в виде логической структуры, которая позволяет осуществлять

верификацию на основе логических процедур в автоматизированной режиме без участия человека.

Функциональная структура ИУП означает, что функции управления должны быть согласованы и представлять в совокупности собой сложную взаимосвязанную систему основных и вспомогательных функций, обладающую свойством целостности и эмерджентности. Тем более, должны быть исключены противоречия и несогласованность в таких функциях.

Ресурсная структура ИУП основана на использовании и создании согласованных информационных ресурсов, которые обеспечивают внутренние информационные потребности ИУП и его пользователей. Системная архитектура идентифицирует технологические стандарты, правила и системные отношения. Техническая архитектура идентифицирует все типы аппаратных и программных средств.

Функциональная структура ИУП представляет собой согласованную систему функций управления и поддержки управления. Опыт показывает, что согласование удобно осуществлять на основе модулей.

Системная структура ИУП основана на согласовании ресурсной, логической и функциональных структур, для достижения наибольшей эффективности управления [29]. Системная структура решает задачи информационной совместимости, взаимодействии элементов и подсистем, а также на порядке и последовательности информационных взаимодействий. В рамках этой архитектуры типизируются и структурируются функциональные элементы (информационные функциональные единицы), выделяются подсистемы, регламентируются основные связи между ними.

Физическая структура ИУП задается техническими средствами, в основном системой ГНСС. Под физической структурой понимается его представление в виде взаимосвязанных аппаратных средств, предоставляющих возможность реализации информационных процессов. Физическая структура включает транспортную инфраструктуру [30]. Инфраструктура включает аппаратно-программные средства и платформы, реализующие элементы и подсистемы информационного пространства.

Основным образующим объектом сферы транспорта является железная дорога. Железная дорога является геотехнической системой [31], имеющей внутреннюю структуру и инфраструктуру, активно взаимодействующую с внешней средой и решающую важные экономические и социальные задачи страны. Одной из особенностей транспортной сферы является ее протяженность и распределенность в пространстве. Это приводит к необходимости учета пространственных и экономических отношений, которое достижимо за счет применения геоинформатики при организации управления ЖД.

Основным способом получения оперативной информации о состоянии дороги, грузопотоков на ней и окружающей среды является космическое зондирование. Для управляющих органов необходим регулярный мониторинг геотехнических систем (ГТС), обеспечивающий оперативное получение и обобщение данных на разных уровнях.

Особенность управления транспортной сферой состоит в том, что объектом управления в ней являются грузопотоки, для чего используются информационные потоки. Оперативное управление транспортной сферой в современных условиях возможно только на основе единого информационного пространства. Это определяет необходимость создание ЕИП, в котором основными объектами являются информационные потоки. В этом пространстве объединены различные информационные потоки: оперативная информация диспетчерских служб, электронный документооборот, ситуационный анализ в ситуационных комнатах, информационные потоки спутниковых навигационных систем и др.

Для решения задач оперативного управления на больших территориях необходим глобальный мониторинг [17] который эффективен только при использовании навигационных систем. Интеграция различных информационных потоков и систем данных позволило создать интегрированную информационную основу единого информационного пространства. Эта основа дает возможность нового комплексного анализа информации, что в свою очередь повышает качество и планирования перевозочным процессом.

Для реализации управления транспортом необходимо формировать систему управления в реальном режиме. Управление транспортом осуществляется через ситуационные комнаты. Именно ситуационная комната является инструментом управления в транспортной сфере. Одной из важных проблем при глобальном управлении транспортом является проблема «больших данных» [32, 33]. Она требует привлечения методов специальной обработки информации, включая когнитивное управление [34].

Сущность когнитивного управления заключается в том, что бы помочь эксперту разработать наиболее эффективную стратегию управления, основываясь на своем опыте и, главное, на упорядоченном и верифицированном знании об объекте управления. Когнитивное управление применяется в слабоструктурированных ситуациях и при больших объемах управленческой информации. Сфера применения когнитивного управления расширяется и начинает включать транспорт. В первую очередь это принятие решений в условиях аварий, чрезвычайных ситуациях и при моделировании различных рисков и последствий рисков. Эти решения обеспечивают информационную устойчивость систем управления и объектов управления в сложных ситуациях.

Заключение. Вопросам космического управления не уделяется достаточно внимания. Большинство исследований в этой области выполняются фрагментарно при решении частных и прикладных задач. Чаще всего космические методы применяют как инструмент информационной поддержки, но не как инструмент управления. Глобальное космическое управление повышает качество, оперативность и эффективность управления транспортом. Однако, для глобального управления в транспортной сфере необходимо создавать информационное управляющее пространство, включающее функции и механизмы реального управления. Особенностью ИУП транспортной сферы является то, что оно вложено в информационное координатное пространство. Обязательной частью механизмов ИУП являются космические технологии, основанные на применении навигационных систем. При переходе к интеллектуальному управлению с использованием интеллектуальных транспортных систем или интеллектуальных логистических систем необходимо создавать системы поддержки управления и применять новый вид знания – геознание [35, 36]. Важной формой геознания и инструментом получения пространственного знания является геореференция.

Список литературы

1. Цветков В.Я. Космический мониторинг: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2015. – 68с
2. Савиных В.П. Космические исследования как средство формирования картины мира // Перспективы науки и образования- 2015. - №1. – с.56-62.
3. Tsvetkov V. Ya. Worldview Model as the Result of Education // World Applied Sciences Journal. -2014. - 31 (2). - p211-215
4. Савиных В.П. Применение информационных технологий в исследовании Земли из космоса // Перспективы науки и образования. - 2016. - №1. - с.22-25.
5. Савиных В.П. Информационное обеспечение научных и прикладных исследований на основе космической информации//Перспективы науки и образования. -2015. - №2. – с.51-59.

6. Майоров А.А. Применение космических технологий для управления // Государственный советник. – 2014. - №3. – с.38-41
7. Розенберг И.Н. Космические технологии как инструмент глобального управления // Славянский форум, 2016. -1(11). – с.161-168.
8. Савиных В.П. Развитие космической геоинформатики // Славянский форум, 2016. -2(12). – с.223-230.
9. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космическая геоинформатика: Учебное пособие. - М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 72с.
10. V. G. Bondur, V. Ya. Tsvetkov. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // European Journal of Technology and Design, 2015, 4. Vol. 10, Is. 4, pp. 118-126, DOI: 10.13187/ejtd.2015.10.118 www.ejournal4.com
11. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформатика как инструмент изучения процессов глобализации// Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». 2011. — №003-04. с.31-38
12. Цветков В.Я. Глобализация и информатизация // Информационные технологии. – 2005. - №2. - с. 2-4.
13. Цветков В.Я. Развитие информационного управления. // Информатизация и связь. – 2016. - №1. – с.40-43
14. Бондур В.Г. Информационные поля в космических исследованиях // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №2 (10). – с.107-113.
15. Цветков В. Я. Естественное и искусственное информационное поле// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. -2014. - №5, ч.2. – с.178 -180
16. Ожерельева Т.А. Об отношении понятий информационное пространство, информационное поле, информационная среда и семантическое окружение // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 10 – с. 21-24
17. V.Ya. Tsvetkov. Global Monitoring // European Researcher, 2012, Vol.(33), № 11-1, p.1843- 1851.
18. Савин А.И., Бондур В.Г. Научные основы создания и диверсификации глобальных аэрокосмических систем // Оптика атмосферы и океана. 2000. Том 13. № 1. С. 46–62.
19. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Geodata As a Systemic Information Resource. ISSN 1019_3316, Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014, Vol. 84, No. 5, pp. 365–368.
20. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - с.50-51.
21. Куприянов А.О. О перспективах использования интегрированных спутниковых ГИС-технологий в России // Кадастровый вестник. – 2006. – №2. – С. 42–43.
22. Куприянов А.О. GPS/GIS-нового поколения// Геодезия и картография. 2005. -№ 6. - с.17-18
23. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Создание динамической пространственно-временной модели управления железной дорогой // Геодезия и картография. – 2010. - №8. – с. 48-51
24. Савиных В.П., Цветков В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // Информационные технологии. - 1999. - №10. - с.36-40.
25. Розенберг И. Н. Геоинформационные системы на железнодорожном транспорте // Международный научно-технический и производственный журнал «НАУКИ О ЗЕМЛЕ». - 2012.- №4 - с.86-90
26. Маркелов В.М. Пространственная информация как фактор управления // Государственный советник. – 2013. - №4. – с34-38.
27. Ozhereleva T. A. Systematics for information units // European Researcher, 2014, Vol.(86), № 11/1, pp. 1894-1900. DOI: 10.13187/er.2014.86. 1900/

28. Розенберг И.Н. Цветков В.Я. Координатные системы в геоинформатике – МГУПС, 2009 -67с.
29. Розенберг И.Н. Когнитивное управление транспортом // Государственный советник. – 2015. - №2. – с.47-52.
30. Розенберг И.Н. Инфраструктура интеллектуальных транспортных систем // Славянский форум. - 2012. – 1(1). –с.242-245.
31. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система // Успехи современного естествознания. –2009. – №4. – с. 52-54.
32. Бондур В.Г. Современные подходы к обработке больших потоков гиперспектральной и многоспектральной аэрокосмической информации // Исследование Земли и космоса. - 2014. - №1. - с.4-16.
33. Павлов А.И. Большие данные в фотограмметрии и геодезии. // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №4 (12). – с.96 -100
34. Болбаков Р. Г. Основы когнитивного управления // Государственный советник. – 2015. - №1. – с45-49.
35. Кулагин В. П., Цветков В. Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии. - 2013. - №12. - с.2-9.
36. Савиных В.П. Геознание. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 132с.

УДК: 528.2/.5 528.8; 528.02

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И МОНИТОРИНГЕ ТРАСС

Куприянов А.О. к.т.н., профессор, зав. кафедрой, МИИГАИК, E-mail: gnss@miigaik.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья анализирует применение цифрового моделирования при проектировании и мониторинге трасс. Раскрыто содержание геоинформационного цифрового моделирования. Показано различие между геодезическим цифровым моделированием и геоинформационным цифровым моделированием. Введено понятие коэффициента информативности цифровой модели ситуации. Показано многообразие задач, решаемых геоинформационным цифровым моделированием.

Keywords: транспорт, трассы дорог, моделирование, цифровое моделирование, цифровые модели местности, железнодорожный путь.

DIGITAL SIMULATION IN DESIGN AND MONITORING OF ROUTE

Kupriyanov A.O. PhD., Professor, Head of Department, Moscow State University of Geodesy and Cartography, E-mail: gnss@miigaik.ru, Moscow, Russia

Annotation. The article analyzes the use of digital simulation in the design and monitoring of roads. The article reveals the contents of the digital geoinformation modeling. The article shows the difference between the geodesic digital modeling and simulation of digital geographic information. The article introduces the concept of informativeness coefficient digital model of the situation. This article describes the variety of tasks undertaken geoinformation digital simulation.

Keywords: traffic routes, modeling, digital simulation, digital terrain models, railway track

Введение. Использование геоинформационных технологий позволяет обеспечить поддержку принятия решений на всех стадиях проектирования дорог. Обеспечение поддержки принятия решений требует применения цифровых методов и цифрового моделирования. В условиях проектирования трассы дорог процесс цифрового моделирования может быть организован по-разному. В частности, цифровое моделирование на коротких участках трассы может быть реализовано с применением программного обеспечения САПР [1, 2]. Цифровое моделирование на протяженных участках может быть реализовано с применением геоинформационных систем [3-5]. Геоинформатика осуществляет интеграцию данных и технологий [6, 7]. Интеграция технологий и данных позволяет решать сложные комплексные задачи, которые другими методами не решаются. Геоинформатика привела к новому использованию методов цифрового моделирования. Основное отличие в ведении и использовании понятия геоданных [8, 9] как нового информационного ресурса [10, 11]. Геоданные, и построенная на их основе цифровая модель, представляют собой систему данных и содержат системную информацию. Цифровую модель при этом получают интегрированными методами, что ускоряет процесс обработки пространственной информации и повышает качество обработки.

Геодезическое цифровое моделирование. Процесс построения цифровой модели геодезическими методами включал: измерение, синтез измерений, построении пространственной модели, анализ модели, оценку модели в соответствии с требованиями технического задания (проектирование, контроль, мониторинг). Цифровые модели в геодезии содержат в основном метрическую информацию о точках объекта и вспомогательную кодировку этих точек, по которой впоследствии осуществляют анализ и сравнение. Понятие «информационная ситуация» в геодезии отсутствует. Геодезическое цифровое моделирование оперирует с метрическими измерениями в первую очередь и поэтому служит основой поддержки решений, применяемых с помощью САПР. Эффективность применения САПР, в этих случаях, зависит от уровня проектирования и методов проектирования [12].

Другой особенностью является то, что геодезическое цифровое моделирование использует в основном только геодезические приборы. При этом, для горизонтальных измерений используют один тип приборов, для вертикальных измерений - другой [13, 14]. Тем не менее, геодезическое цифровое моделирование в сочетании с технологиями САПР позволяет весьма эффективно выявлять явление дилатации. Явление дилатации было открыто О. Рейнольдсом в 1885 г. Оно представляет собой изменение объема грунта дороги под воздействием внешних сил, обусловленных перемещением транспортных средств. Объем грунта, подвергнутого сдвигу, в процессе эксплуатации автодороги может уменьшаться и увеличиваться [13]. Это приводит к необходимости постоянного мониторинга дорог в процессе их эксплуатации. Это явление исследуется также и при геоинформационном цифровом моделировании.

Геодезическое цифровое моделирование при строительстве трасс дорог включает комплекс работ [15], из которых первичной является геодезическое обоснование. Геодезическое обоснование создаётся для обеспечения точного перенесения в натуру проекта всех сооружений, входящих в комплекс строительства трассы и подразделяется на плановое и высотное. Геодезическое плановое и высотное обоснования трассы туннеля можно условно разделить на две части: геодезическое обоснование на поверхности и геодезическое обоснование в самой трассе.

До недавнего времени основным плановым геодезическим обоснованием на поверхности для вынесения в натуру проекта трассы служила триангуляция. Такая триангуляция могла быть заменена трилатерацией или линейно-угловыми построениями. Общая схема планового геодезического обоснования на поверхности приведена на рис. 1. Триангуляция представляет собой вытянутую вдоль трассы цепочку треугольников или геодезических четырёхугольников, со связующими углами не менее 40° . В качестве базисов используют непосредственно стороны, расположенные на концах цепочки, а при длинных участках трассы и в середине. Для получения исходных координат один из пунктов привязывают к пунктам государственной геодезической сети.

При создании триангуляции трассы или дорожной триангуляции обязательно предусматривается возможность передачи дирекционных углов. Пункты сети стремятся располагать ближе к трассе, но вне зоны возможных деформаций, возникающих под влиянием дорожных работ. Все измерения в сети производят дважды с перерывом в один месяц.

Разряд и технические характеристики дорожной триангуляции зависят от длины строящейся трассы. Так при длине участка трассы от 2 до 5 км следует принять третий разряд триангуляции с длинами сторон от 1,5 до 5 км. Средняя квадратическая ошибка измеренного угла в такой сети, подсчитанная по невязкам в треугольниках должна быть не хуже $1,5''$, а относительная ошибка измеренной длины базиса должна быть не ниже 1:400000.

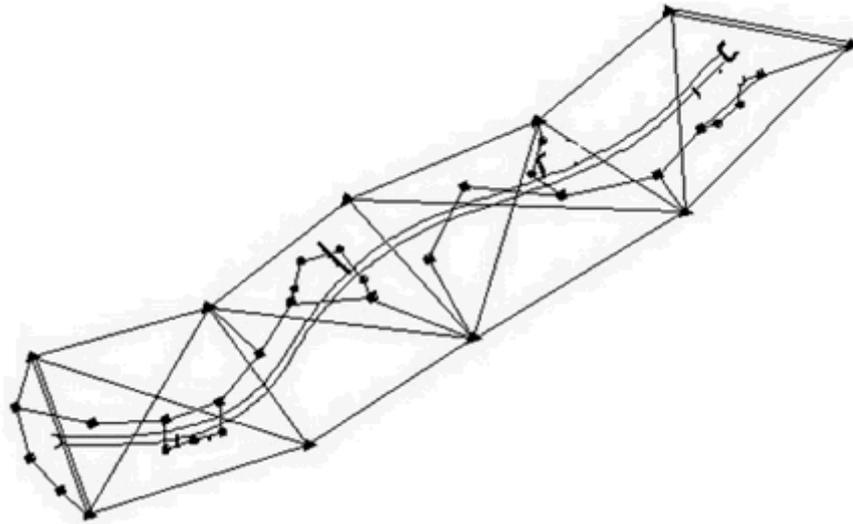


Рис. 1. Схема планового геодезического обоснования трассы дороги, где:
 ▲ - пункт дорожной полигонометрии; ● - пункт исходной полигонометрии;
 ■ - пункт основной полигонометрии.

В качестве второй ступени приведённой схемы планового обоснования трассы выступает основная полигонометрия, главное назначение которой – передача координат от пунктов триангуляции в район трассы. Её создают вдоль трассы вытянутыми ходами или полигонами, опирающимися на пункты дорожной триангуляции. При длине участка трассы менее 1 км она может служить первичным плановым обоснованием. Длины ходов между пунктами триангуляции допускаются до 4 км, а между узловыми точками – 1 км. Длины сторон находятся в пределах 150 – 500 м. Измерения в полигонометрических ходах целесообразнее выполнять электронными тахеометрами. До недавнего времени стороны в полигонометрии измерялись инварными проволоками или фазовыми светодальномерами, а горизонтальные углы теодолитами Т2. Относительная невязка полигонометрического хода не должна превышать 1:30000, а угловая невязка определяется по формуле $f_B = 6\sqrt{n}$.

На строительных площадках для передачи проектных координат создают подходную полигонометрию в виде замкнутых полигонов или ходов с узловыми точками. Подходная полигонометрия должна опираться на пункты основной или дорожной полигонометрии. Длины ходов не допускаются более 300 м, а стороны менее 30 м. Углы измеряют со средней квадратической ошибкой 4". Допустимая угловая невязка в ходах и полигонах определяется по формуле $f_B = 8\sqrt{n}$. Относительная ошибка измерения сторон не должна превышать 1:20000.

Применение электрооптических светодальномеров и электронных тахеометров позволило заменить метод триангуляции методом полигонометрии. Пункты дорожной полигонометрии рекомендуется закладывать вне зоны возможных деформаций и не далее 1 км от трассы.

Серьёзные изменения претерпела схема планового геодезического обоснования трассы в связи с внедрением спутниковых технологий [16-18]. Используя спутниковые определения, с некоторыми обобщениями и упрощениями схему построения планового обоснования трассы на поверхности можно представить следующим образом.

Вблизи трассы, вне зоны возможных деформаций строится сеть из пунктов GPS определений. Количество и расположение пунктов выбирают таким образом, чтобы в образовавшейся фигуре можно было проконтролировать геометрические связи, выполнив традиционные измерения длин сторон и горизонтальные углы. Кроме того, проложив полигонометрический ход между пунктами GPS, можно судить о точности построения

планового обоснования на поверхности, и, таким образом, гарантировать надёжные исходные данные для ориентирования наземных сооружений.

Геоинформационное цифровое моделирование. Цифровые модели (ЦМ) в геоинформатике содержат различные типы информации [19-22]. По аспекту пространственных отношений выделяют метрическую и атрибутивную типы информации. По аспекту семиотического анализа выделяют семантическую и синтаксическую составляющие. Цифровое моделирование в геоинформатике включает моделирование пространственных объектов и моделирование проектируемых объектов. Кроме того цифровое моделирование в геоинформатике позволяет накладывать цифровую модель проекта трассы на реальную цифровую модель местности.

Геоинформационное цифровое моделирование позволяет решать задачи оптимизации и формировать модели информационной ситуации и информационной позиции. Геодезическое цифровое моделирование эти задачи не решает.

Атрибутивная информация в ЦМ дает возможность определять принадлежность точек или объектов к определенному классу. Она описывает свойства объектов и их частей, задает взаимосвязи и условия обработки, условия воспроизведения и т.п. также как и во всей геоинформатике она решает главную задачу нахождения пространственных отношений

Семиотический аспект позволяет, рассматривая ЦМ как информационную модель, вводит известные в информатике оценки коэффициент информативности [23] и коэффициент содержательности цифровой модели. Семантическая часть информации определяет ее содержательную сторону, она связана с кодированием данных. Синтаксическая информация определяет набор правил и отношений работы с цифровой моделью как с обычной информационной моделью. Она связана с классификацией и правилами построения моделей.

В геоинформатике применяют разные цифровые модели: цифровые модели объекта (ЦМО), цифровые модели ситуации (ЦМС), цифровые модели местности (ЦММ), цифровые модели рельефа (ЦМР), цифровые модели окружающей среды (ЦМОС), цифровые модели трассы (ЦМТ), цифровые модели проекта (ЦМПр), цифровые динамические модели (ЦДМ), цифровые модели материальных потоков (ЦММП), цифровые модели явлений (ЦМЯ), цифровые прогностические модели (ЦПМ).

Можно ввести коэффициент информативности (CI) цифровой модели ситуации, который определяется как:

$$CI=NO/V$$

Здесь NO – количество полезных объектов или явлений в данной информационной ситуации; V – информационный объем данной информационной модели.

Логическая структура при геоинформационном цифровом моделировании определяется в виде совокупности логических схем, описывающих данную цифровую модель. Она может включать схемы связей частей ЦМ в природе, в базе данных, схемы взаимосвязи свойств ЦМ и схемы построения ЦМ. Элементом логической структуры ЦМ является логическая запись. Физическая структура ЦМ определяется способом реализации логической ЦМ на конкретной технической основе. Она задает формат записи данных, размеры кластеров, слов и т.д. Элементом физической структуры ЦМ является физическая запись.

Наибольшее применение в САПР и геоинформатике находит цифровая модель местности. Цифровая модель местности (ЦММ) (digital terrain model, *DTM*), отображает объекты местности и содержит информацию о местности, в виде в дискретных наборов данных. Цифровая модель местности (ЦММ) - информационная дискретная модель местности, предназначенная для хранения и обработки в компьютерных технологиях, которая должна содержать несколько основных свойств, вытекающих из ее определения. Эти свойства

следующие: информационные, семиотические, цифровые, классификационные, подобию, прикладные.

1. Как информационная модель ЦМ должна содержать полную (в рамках решаемых задач) информацию об объекте моделирования. В этой части говорят о семантической составляющей или семантике цифровой модели. Это свойство означает, что ЦММ должна содержать описания и характеристики моделируемых объектов.
2. Семиотическое свойство ЦММ состоит в том, что она должна включать три части: синтаксис - правила построения и использования; семантику - содержательную часть об объекте моделирования; прагматику - быть полезной, иметь меру оценки полезности.
3. Цифровые свойства сводятся к тому, что ЦММ должна быть оптимально организована и удобна при работе с компьютером. Это означает, что для полной ее реализации должна быть определена ее даталогическая и физическая составляющая. Она должна быть представлена в цифровом коде на машиночитаемом носителе информации..
4. Классификационные свойства ЦММ состоят в том, что она должна быть классифицирована на известном классе моделей. Это означает, что она должна в качестве логической основы содержать одну из базовых моделей данных, а также удовлетворять требованиям и обладать общими свойствами моделей соответствующего класса безотносительно к предметной области ее применения.
5. Свойства подобию ЦММ состоят в том, что она должна отражать объекта объект моделирования (ситуацию, рельеф, явление) и содержать его конкретное назначение и функции.
6. Прикладные свойства ЦММ состоят в том, что она должна обладать потребительскими свойствами в заданной предметной области. Прикладные свойства задают разнообразие применения ЦММ. С целью повышения потребительской полезности ЦММ в базе данных должна быть информативно переопределена, чтобы ее можно было использовать для решения не одной, а нескольких задач. В этой части можно говорить о прагматической составляющей ЦММ.

Одной из разновидностей ЦММ является цифровая модель рельефа. Эта модель используется для отображения рельефа местности. Одним из методов решения этой задачи является использование изолиний.

Изолинии - линии, которые используются для отображения некоего явления или процесса с частично сохраняющимися свойствами. Представляют собой пространственные линии, соответствующие равному значению какой либо величины, распределенной в пространстве.

Например, это могут быть линии равных высот (*горизонталы*) на местности или линии, характеризующие глубину водоема, (*изобаты* от изо ... и греч. bathos - глубина), которые отображаются на географических картах.

Цифровая модель объекта (ЦМО) - информационная дискретная модель объекта, предназначенная для хранения и обработки в компьютерных технологиях. Включает совокупность координат точек, характеризующих объект, связи между точками, информацию о свойствах объекта

Цифровая модель явления (ЦМЯ) - дискретная модель пространственного явления, предназначенная для хранения и обработки в компьютерных технологиях. Ее особенностью является то, что она формируется в виде наборов данных, образующих временной ряд. Это дает возможность осуществлять мониторинг и осуществлять получение прогнозных оценок. ЦМЯ подобно ЦММ может изображаться в виде различных изолиний описывающих разные процессы и явления.

Цифровые модели железнодорожного пути. Различают два качественных вида цифровых моделей железнодорожного пути это цифровые модели верхнего строения пути и цифровые

модели нижнего строения пути.

Верхнее строение пути предназначено для восприятия нагрузок от колес подвижного состава и передачи их на нижнее строение пути, а также для направления движения колес по рельсовой колее. Оно включает рельсы, рельсовые скрепления, подрельсовые опоры и балластную призму [14]. К верхнему строению относят также элементы соединений и пересечений путей (стрелочные переводы и др.). Верхнее строение пути обеспечивает безопасное движение поездов с установленными максимальными скоростями; его элементы должны быть прочными и устойчивыми в работе.

К нижнему строению относятся земляное полотно (насыпи, выемки, полунасыпи, полувыемки, полунасыпи-полувыемки) и некоторые искусственные сооружения. Земляное полотно железной дороги - комплекс инженерных сооружений из грунтов, служащее основанием для верхнего строения пути. Земляное полотно обеспечивает выравнивание земной поверхности и необходимые план, профиль и устойчивость ж.д. пути, воспринимает нагрузки от рельсошпальной решетки, балласта и подвижного состава, равномерно распределяя их на нижележащий естественный грунт. Основные типы земляного полотна - насыпи, выемки, полунасыпи, полувыемки, полунасыпи-полувыемки, нулевые места (рис. 2) [24].

Все эти виды полотна имеют свои частные цифровые модели, отражающие специфику полотна. Отсюда комплексная модель полотна включает все частные цифровые модели полотна. Однако цифровое моделирование как технология является общим для частных цифровых моделей. Полотно имеет сопутствующие устройства, предназначенные главным образом для сбора или отвода воды: у насыпей – *бермы*. Полотно имеет продольные каналы или *резервы* (из резервов берется грунт для возведения насыпей), у выемок - кюветы, банкетты и забанкетные каналы (для отвода воды с обреза выемки), кавальеры (для складирования лишнего грунта), нагорные каналы. Высота насыпей или глубина выемок составляет от 1-2 до 25-30м.

При больших рабочих отметках насыпи обычно заменяют виадуками, а выемки - тоннелями. Полунасыпи, полувыемки и полунасыпи-полувыемки сооружают в основном в горных районах. Основная площадка полунасыпи располагается полностью на насыпном грунте, полувыемки - на естественном грунте. В связи с тем, что у полунасыпи-полувыемки из-за неодинаковых условий прочности полотна под обеими рельсовыми нитями трудно обеспечить устойчивость откосов насыпной части, этот тип земляного полотна применяется редко.

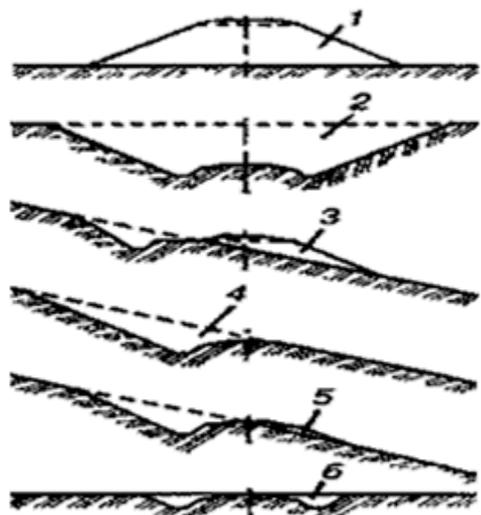


Рис. 2. Типы земляного полотна: 1 – насыпь; 2 – выемка; 3 – полунасыпь; 4 – полувыемка; 5 – полунасыпь-полувыемка; 6 – нулевое место [24].

Земляное полотно сооружается по типовым или по индивидуальным проектам. В настоящее время основой такого проекта является комплексная цифровая модель земляного полотна. Такая цифровая модель строится большей частью с применением САПР и ГИС. Таким образом, одно из применений цифрового моделирования железнодорожного пути - это решение задач проектирования и строительства.

Важной задачей цифрового моделирования является мониторинг земляного полотна. Дефекты и деформации земляного полотна возникают из-за отклонений конструкций земляного полотна от современных норм. Их причиной могут быть несовершенства технологий и ошибок, допущенных при строительстве дороги. Они могут быть причиной неудовлетворительного состояния верхнего строения пути, недостаточной прочности грунтов, отсутствия или малой работоспособности защитных и укрепительных сооружений и т. п. В соответствии с принятой классификацией дефекты и деформации земляного полотна в зависимости от места проявления, причин возникновения и характера повреждений подразделяются на восемь групп [25-27]. Это определяет то, что по результатам мониторинга земляного полотна выявленные дефекты и смещения надо классифицировать к одной из этих групп.

Основой для цифрового моделирования железнодорожного полотна являются геоданные [8-10]. Особенно эффективно их применение для сложных проектов, например при строительстве туннелей [1].

В отличие от других моделей, цифровые модели дают возможность исследовать не только состояние и ситуацию вокруг железнодорожного пути, но и исследовать динамику ситуации [28]. Современные цифровые модели, построенные как реализации информационных конструкций [29], позволяют оценивать взаимодействие между земляным полотном и окружающей средой. По существу они позволяют проводить оценку взаимодействия в информационных терминах и моделях. Динамические цифровые модели позволяют осуществлять управление транспортом [30] с использованием спутниковых технологий.

Применение цифрового моделирования для комплексного мониторинга земляного полотна. Комплексный мониторинг земляного полотна опирается на цифровое геодезическое и геоинформационное моделирование [31]. Это обусловлено тем, что возникает необходимость контроля не только его формы полотна, но и внутреннего состояния [13]. Технологическая система мониторинга земляного полотна на сети дорог включает построение цифровых моделей полотна и явлений, а также комплекс различных методов диагностики и геодезических наблюдений

При комплексном мониторинге земляного полотна применяют методы диагностики, основанные на геологоразведочном бурении и шурфовании, а также различные геофизические методы. Применяют также технологии дифференциального спутникового позиционирования [18] в комплексе с наземными стационарными и мобильными информационно-измерительными системами на объектах железнодорожного транспорта. Система комплексного мониторинга железнодорожного пути с использованием ЦМ позволяет проводить объективный анализ состояния пути, что способствует предупреждению аварий и снижению рисков на железных дорогах.

Использование спутниковых технологий позволяет создать единую систему цифровых моделей железной дороги и на этой основе постоянно и глобально [32] контролировать все объекты железной дороги: рельсовые пути, инфраструктуру, подвижный состав и окружающую среду

Комплексный мониторинг земляного полотна на основе применения цифрового моделирования - научное направление, связанное с определением фактического состояния земляного полотна, качественной и количественной оценкой изменений, происходящих в нем

под воздействием динамических поездных нагрузок и влиянием природно-климатических факторов, а также с периодическим контролем земляного полотна в процессе эксплуатации ж.д. пути [31]. При этом большое значение в последнее время приобрели космические методы мониторинга [33]. Эксплуатируемое земляное полотно с позиций мониторинга подразделяется на следующие категории:

I категория - аварийное земляное полотно, участки, где произошли крупные деформации и остановлено движение поездов (например, сплывы откосов, разрушение насыпей, карстовые провалы). В этом случае происходит срочное восстановление земляного полотна и одновременно оперативно выполняется обследование не только разрушенного участка, но и смежных с ним участков земляного полотна;

II категория - эксплуатируемые участки с обнаруженными деформациями земляного полотна, на которых действуют предупреждения об ограничении скоростей движения поездов;

III категория - участки земляного полотна, расположенные в сложных инженерно-геологических условиях, поэтому требующие повышенного внимания из-за возможности проявления на них деформаций (районы распространения карста, болот, оползней, вечной мерзлоты);

IV категория - высокие насыпи из глинистых грунтов, которые, как правило, потенциально ненадежны;

V категория - стабильное земляное полотно, но его состояние необходимо оценить при назначении сроков ремонта пути.

В зависимости от категории состояния земляного полотна и эксплуатационных условий диагностические исследования полотна (изучение признаков, характеризующих его техническое состояние) подразделяются на детальные, рекогносцировочные (предварительные) и режимные. Детальная диагностика проводится на объектах земляного полотна с уже обнаруженными или с явными признаками проявления деформаций (I, II, III категории) и имеет своей целью получение исходных данных для разработки мероприятий по усилению земляного полотна.

Рекогносцировочная диагностика выполняется с целью предварительной оценки состояния объекта и определения необходимости его дальнейшего детального обследования (III, IV и V категории). Режимная диагностика объекта (мониторинг его технического состояния) проводится периодически в процессе эксплуатации пути для выявления аномальных и сомнительных по состоянию участков (в дальнейшем они детально обследуются) и определения сроков и очередности выполнения ремонтных работ. Они применяются для всех категорий земляного полотна, но прежде всего для IV и V категорий.

Система мониторинга содержит традиционные и новые методы, основанные на различных физических принципах (геофизические методы), и специально разработанные передвижные диагностические комплексы. Традиционные методы включают эксплуатационные наблюдения (визуальный осмотр, учет выправок пути, замеры смещений масс грунта по маякам и маркам, проверка положения и роста трещин); геодезические методы (нивелирование по точкам створов и головкам рельсов, проверка сдвижки пути, съемка поперечных и продольных профилей земляного полотна); инженерно-геологические методы (бурение скважин, устройство шурфов, прорезей, расчисток, отбор проб грунта и их лабораторные испытания для определения физико-механических свойств).

В отдельных случаях применяются специальные механические методы испытаний грунтов в массиве. Методы эксплуатационных наблюдений и геодезические методы характеризуют внешние

признаки проявления деформаций; инженерно-геологические методы определяют внутреннее строение и состояние грунтов земляного полотна; механические методы позволяют оценивать прочностные характеристики грунтов в массиве без отбора проб. При применении только традиционных методов и существующих темпах их использования задача своевременного выявления опасных для движения поездов участков земляного полотна не может быть решена в ближайшем десятилетии. Геофизические методы составляют основу современной системы диагностики земляного полотна, базируются на изучении закономерностей изменения различных физических полей в грунтах земляного полотна в зависимости от их сложения, свойств и состояния.

Физические поля в земляном полотне могут возникать от направленных воздействий постоянного или переменного электрического тока через забитые в грунт электроды; от воздействия ударных нагрузок по грунту (сейсмический метод); от движущегося поезда (вибрационный метод); от излучения электромагнитных высокочастотных зондирующих сигналов. Общая схема применения геофизических методов состоит в следующих этапах: возбуждение физических полей в земляном полотне прием и преобразование ответных сигналов, регистрация сигналов измерительной аппаратурой, автоматизированная система обработки полученной информации, интерпретация и инженерно-геологическое истолкование результатов.

Геофизические методы, как правило, применяются в комплексе с небольшим объемом контрольного бурения (обычно 10-15% от общего объема бурения, выполняемого при традиционном обследовании), что необходимо для более достоверной интерпретации и инженерно-геологического истолкования полученных данных. Ниже приведена краткая характеристика геофизических методов, которые применяются также при диагностике земляного полотна.

Электрометрический метод с использованием профилирования, вертикального зондирования позволяет обнаруживать деформации основной площадки в виде балластных углублений и увлажненных зон грунта; определять карстовые полости; оценивать величину осадки насыпи на болотах; выявлять границы мерзлых грунтов в теле насыпей и их основании, а также решать ряд других задач.

Наряду с электрическими измерениями по методикам профилирования и зондирования, когда измерения проводятся на поверхности земляного полотна, разработана модификация электрометрического метода - электродинамическое зондирование (ЭДЗ). Сущность ЭДЗ состоит в том, что в массив грунта на исследуемую глубину забивается ударами эталонного груза металлический зонд, состоящий из нескольких соединенных между собой труб. По мере погружения зонда в земляное полотно через определенные интервалы по глубине измеряется сила тока, пропускаемого в грунт через электроды, находящиеся на конце зонда. Метод ЭДЗ позволяет получать не только литологический разрез земляного полотна, но и данные о прочностных характеристиках песчано-глинистых грунтов до глубины порядка 5-7 м.

Сейсмический метод в модификации профилирования, продольного (вдоль пути) и кругового (на откосах насыпей) зондирования, просвечивания (сейсмотомографии) тела насыпи с противоположных откосов позволяет решать подавляющее большинство задач, которые встречаются при всех видах диагностических исследований земляного полотна. Среди них детальные исследования внутреннего строения земляного полотна, определение водонасыщенных зон в насыпях и уровня грунтовых вод в их основании; оценка показателей свойств грунта и определение ослабленных по прочности зон в насыпях и их основании; обследование земляного полотна, эксплуатируемого в сложных инженерно-геологических условиях.

Вибрационный метод применяют для диагностики насыпей, которые рассматриваются в виде

системы, преобразующей входное динамическое воздействие в выходную реакцию изменяющихся во времени колебательные процессы. Каждому состоянию эксплуатируемой насыпи соответствует своя цифровая модель. В результате исследований на эталонных объектах земляного полотна разработана классификация диагностических признаков для различных видов деформаций. Существенным преимуществом такого метода является возможность оценивать динамическое состояние насыпи во время ее функционирования, т. е. в процессе воздействия подвижного состава.

Радиолокационный метод основан на использовании излучаемых радиопередатчиком коротких электромагнитных сигналов, проникающих в грунт через передающую антенну. Отражаясь от слоев грунта, имеющих различные электромагнитные свойства, сигналы с информацией о состоянии среды улавливаются приемной антенной. По времени запаздывания между зондирующим и отраженным сигналами определяется глубина залегания отражающего контакта. Скорость распространения радиоволн зависит от диэлектрической проницаемости грунтов (ϵ). Различие величин ϵ для разных типов грунтов позволяет стратифицировать слои грунта в земляном полотне и обнаруживать различные неоднородности. Стратификация одна из основных процедур геоинформатики и цифрового моделирования.

Радиолокационный метод характеризуется большой разрешающей способностью, технологичностью и высокими технико-экономическими показателями. Это объясняется возможностью непрерывных бесконтактных измерений с использованием транспортного средства.

Для обследования сравнительно небольших по протяженности участков используется перемещающийся по рельсовому пути радиолокационный комплекс «Геодефектоскоп», созданный на базе георадара (транспортного средства типа дефектоскопной тележки) и другого вспомогательного оборудования. Измерительный комплекс «Геодефектоскоп» предназначен для оценки состояния верхней части земляного полотна на глубинах 1,5-2м с привязкой к конкретным пикетам. Решаемые задачи: выявление балластных углублений в основной площадке, определение границ промерзания и оттаивания грунта, выделение участков с балластными выплесками и др. Измерения выполняются непрерывно по длине пути со скоростью передвижения оператора 3-4км/ч. Принципиально возможно размещение георадиолокационной системы в вагоне - путеизмерителе и получение комплексной информации о диагностируемых параметрах верхнего строения пути и земляного полотна.

Эти методы используются в цифровом геоинформационном моделировании для анализа результатов и связывания метрической части цифровой модели с динамикой ситуации и физическими процессами. Методы цифрового моделирования в расширенном понимании включают анализ не метрических данных. Они используются при диагностике земляного полотна на стадии рекогносцировочных обследований или мониторинга технического состояния пути для обработки путеизмерительных лент. Все перечисленные методы передают информацию в цифровую модель, которая служит основой комплексного анализа.

Заключение. Современное геоинформационное цифровое моделирование отличается от геодезического цифрового моделирования. Цифровое моделирование позволяет описывать не только геометрию железнодорожного пути, но и окружающую среду и явления, происходящие в этой среде. Это обусловлено возможностью геоинформационных цифровых моделей, интегрирующих в себя различные виды информации и различные свойства. Применение цифрового моделирования трасс позволяет проводить комплексную обработку и комплексный анализ, которые другими методами проводить нельзя.

Список литературы

1. Куприянов А.О Геодезическое обеспечение при строительстве трассы туннелей // Науки о Земле" № 1-2013 – с.32-38
2. Цветков В.Я. Использование цифровых моделей для автоматизации проектирования // Проектирование и инженерные изыскания. - 1989. - № 1. - с. 21 -23
3. Омельченко А. С. Геоинформационная база данных транспортных объектов большой протяженности. Дис., к.т.н.. Спец. 25.00.35, 05.22.06. – М.:МИИТ, 2006. -171с.
4. Цветков В. Я., Омельченко А.С. Особенности построения моделей объектов большой протяженности в геоинформатике. // Фундаментальные исследования. - 2006. - №4. - с.17.
5. Цветков В. Я., Омельченко А.С. Особенности построения моделей объектов большой протяженности в геоинформатике. // Современные проблемы науки и образования. - 2005. - №1. - с.39-40.
6. Ehlers M. Geoinformatics and digital earth initiatives: a German perspective //International journal of digital earth. – 2008. – V. 1. – №. 1. – p.17-30.
7. Sinha A. K. et al. Geoinformatics: transforming data to knowledge for geosciences //GSA Today. – 2010. – V.20. – №. 12. – p.4-10
8. Омельченко А. С. Геоданные как инновационный ресурс // Качество, инновации, образование. - 2006. - №1. - с.12- 14
9. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - с.50-51.
10. Цветков В.Я., Домницкая Э.В. Геоданные как основа цифрового моделирования // Современные наукоёмкие технологии. - 2008. -№4. - с.100-101.
11. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук, 2014, том 84, № 9, с. 826–829. DOI: 10.7868/S0869587314090278.
12. Лисицын И.М. Совершенствование методов автоматизированного проектирования трассы железной дороги. Дис., к.т.н.. Спец. 05.22.06. – М.:МИИТ, 2007. -136с.
13. Афанасьев А.А. Совершенствование методов геодезических измерений сдвигов, осадок и деформация зданий и покрытий автодорог. Дис., к.т.н.. Спец. 05.22.06. – Ростов-на-Дону.: РИСИ, 2007. -126с.
14. Куприянов А. О. Цифровое моделирование при подземных геодезических работах // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №4 (12). – с.57-65.
15. СНиП 3.01.03.84. Геодезические работы в строительстве.
16. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Т. 1, 2.- М.: ФГУП «КАРТГЕОЦЕНТР», 2006.- 360 С.
17. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02, ЦНИИГАиК, 2002 г11
18. Куприянов А.О., Цветков В.Я. Применение ГНСС в прикладной геоинформатике // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - 1 (13). – с.135-144.
19. Павлов А.И. Цифровое моделирование пространственных объектов // Славянский форум, 2015. - 4(10) – с.275-282.
20. Цветков В.Я. Цифровое моделирование. - М. МАКС Пресс, 2016. -72с.

21. Омельченко А. С. Информационные модели пространственных объектов в геоинформационных системах // Качество, инновации, образование. - 2006. - №3. - с.14- 17
22. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №4. (часть 2) – с.348-351.
23. Номоконов И.Б., Цветков В.Я. Многоаспектность информативности. // Дистанционное и виртуальное обучение– 2015. - №12. - с.74-80
24. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Конарев.— М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — 559с
25. Моченов Г. М., Титов В. П. Дефекты, повреждения и разрушения земляного полотна железных дорог (классификация) - М.: Транспорт, 1972.
26. Kurgan D. M., Bondarenko I. O. Model'naprâženno-deformirovannogo sostoâniâ železnodorožnogo puti na osnove volnovoj teorii rasprostraneniâ naprâženij //Problemy Kolejnictwa. – 2013.
27. Долгий А. И., Хатламаджиян А. Е. Гибридная модель интерпретации деформаций в балластной призме и основной площадке земляного полотна на основе целевого преобразования Хафа и нейронной сети Кохонена //Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2007. – Т. 77. – №. 2.
28. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Создание динамической пространственно-временной модели управления железной дорогой // Геодезия и картография. – 2010. - №8. – с. 48-51
29. Дешко И.П. Информационное конструирование: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2016. – 64с. ISBN 978 -5-317-05244-7
30. Розенберг И. Н., Цветков В. Я., Романов И. А. Управление железной дорогой на основе спутниковых технологий // Государственный советник. – 2013. - №4. – с43-50.
31. Ашпиз Е.С. Мониторинг земляного полотна при эксплуатации железных дорог. М.: Путь-прес, 2002. - 112 с.
32. Tsvetkov V. Ya. Global Monitoring // European Researcher, 2012, Vol.(33), № 11-1, p.1843- 1851.
33. Бондур В.Г., Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космический мониторинг транспортных объектов. Учебное пособие. - М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 72с.

УДК: 519.876.5

ЭВОЛЮЦИЯ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Замышляев А.М. д.т.н., зам. генерального директора, ОАО НИИАС,
E-mail: a.zamyshlyayev@vniias.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья описывает эволюцию цифрового моделирования из простой технологии в новое научное направление. Дается анализ появления и развития термина «цифровой». Описаны области применения цифровых технологий. Показано, что технология цифрования по существу решает задачи получения стандартизированной информации из не стандартизированной. Отмечено значение работ К.Э Шеннона и Найквиста в этой области.

Keywords: информация, моделирование, информационные модели, цифровые модели, пространственные модели, цифровая связь, пространственное моделирование.

THE EVOLUTION OF DIGITAL SIMULATION

Zamyshlyayev A. M. D.ofSci.(Tech), Deputy Director-General, JSC "NIAS",
E-mail: a.zamyshlyayev@vniias.ru, Moscow, Russia

Annotation. The article describes the evolution of digital simulation of simple technology in a new scientific direction. The article analyzes the emergence and development of the term "digital". This article describes the application of digital technologies. The article shows that digitizing technology essentially solves the problem of obtaining standardized information from non-standardized. The article notes the importance of the works K.E. Shannon and Nyquist in this area.

Keywords: information modeling, information models, digital models, spatial models, digital communication, spatial modeling.

Введение. Термин «цифровые» имеет два периода применения. Первоначально он был связан с появлением цифровых вычислительных машин. Затем получил «второе рождение» после четвертой информационной революции, которую также называют «цифровой». Четвертая информационная революция [1–3] привела к появлению ряда терминов, включающих характеристику «цифровые»: «цифровые данные», «цифровая информация», «цифровые технологии», «цифровые методы», «цифровые системы» «цифровая телефонная связь», «цифровое телевидение» и др. [4–10]. Цифровая революция привела к появлению различных цифровых моделей и цифрового моделирования [11–20].

Среди областей применения цифровых моделей и моделирования выделяют разные направления. В радиосвязи цифровые модели применяют только для передачи сигналов [6, 21]. В ряде прикладных наук цифровые модели обозначают соответствие аналитической модели, предназначенной для обработки на компьютере. В науках о Земле цифровые модели используют для описания пространственных объектов, чаще всего рельефа или пространственных явлений. Поэтому для выделения этого вида моделирования необходимо применять термин «пространственное цифровое моделирование», подчеркивая различие между

этим видом моделирования и другими видами моделирования.

Цифровые системы и технологии обработки пространственной информации делятся на два больших класса: обработка двумерной информации и обработка трехмерной информации [23]. В свою очередь, обработка двумерной информации разделяется на два подкласса: обработку изображений [23-25] и обработку координат [26]. Разница между этими подклассами в том, что для обработки изображений используют, как правило, целочисленные координаты [26] и целочисленную шкалу целых чисел. Для обработки координат используют вещественные числа и интервальную шкалу [27, 28].

Термин «цифровой» применительно к компьютерной обработке. Термин "цифровые" получил широкое распространение из названия "цифровые вычислительные машины" (ЦВМ). На ранних этапах развития вычислительной техники применяли два типа вычислительных машин аналоговые и цифровые [2]. Аналоговые вычислительные машины (АВМ) обрабатывали непрерывные аналоговые сигналы. Алгоритм обработки прошивался в переходную характеристику такой машины. Переходная характеристика такой вычислительной машины соответствовала алгоритму обработки. Это обеспечивало высокое быстродействие, но ограничивало методы обработки.

Цифровые вычислительные машины были основаны на другом принципе. Они обрабатывали дискретные стандартизованные сигналы, а программа вводилась перед обработкой данных.

Для обработки информации с помощью ЦВМ она должна преобразовываться или должна быть дигитализована (digital - цифра). Это означало преобразование ее преобразована в цифровой дискретный код. Это требование привело к появлению технологии, которая хотя и называется «цифрование» (digitizing, digitising, digitalization), но фактически осуществляет преобразование произвольной (не стандартизованной) аналоговой информации в дискретную (цифровую) форму, которая является стандартизованной. Это один из шагов который направлен на стандартизацию вычислений и обработки в информатике и информационных технологиях.

В настоящее время аналоговые вычислительные машины не применяются за исключением специальных устройств анализа данных. термин «вычислительная машина» заменен на термин «компьютер» (вычислитель). Все персональные компьютеры являются цифровыми и поэтому данный термин не употребляют по отношению к компьютерам.

Исторически и эволюционно термин «цифровые вычислительные машины» ЦВМ был заменен на термин «электронные вычислительные машины» (ЭВМ), а затем его сменил термин «компьютер». Но сам по себе термин "цифровой" сохранился как характеристика для некоторых данных и систем (цифровые методы, цифровые снимки, цифровые фотокамеры, цифровые данные, цифровая информация). В настоящее время этот термин означает, что данные или информация в этих данных и системах содержится в дискретной форме и предназначена ил и может быть обработана с помощью современных компьютерных технологий. рисунок 1 показывает процесс эволюции вычислительных средств.

Термин «цифровой» в информатике является полисемическим. В зависимости от контекста он трактуется как «дискретный», «кодированный», «пространственно-дискретный», «компьютерно ориентированный на обработку», «ориентированный на хранение в БД».

Цифровой подход применяется при цифровой телефонии и цифровом телевидении. В геоинформатике и геодезии термин «цифровое моделирование» означает пространственное моделирование с использованием пространственных дискретных моделей. Различие при этом в размерности таких цифровых моделей. В коммуникации применяют одномерные дискретные цифровые модели. В пространственном моделировании и геоинформатике применяют двухмерные и трехмерные цифровые модели.

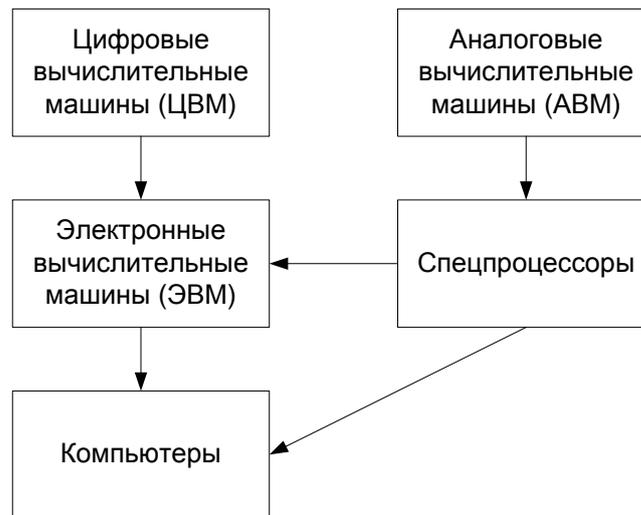


Рис.1. Схема эволюции вычислительных систем.

Применение цифровых моделей и цифровое моделирование не являются синонимами. В широком смысле цифровое моделирование можно рассматривать как синоним термина «компьютерное моделирование». В узком смысле, в аспекте пространственного моделирования цифровое моделирование можно рассматривать как синоним термин «компьютерное пространственное моделирование».

Содержательно термин "цифровые" связан с работами Клода Элвуда Шеннона, в частности, с введенным им принципом импульсно кодовой модуляции (ИКМ) [29, 30]. В процессе этого преобразования аналоговый сигнал преобразуется в дискретный как по времени, так и по амплитуде. Непрерывный сигнал заменяется импульсами, а амплитуда импульсов принимает дискретные значения. Это задает стандартизованность таких сигналов.

Достоинство дискретных сигналов в том, что существует возможность передачи таких дискретных (цифровых) сигналов без потери информативности. В 1927 году Найквист определил, что число независимых импульсов, которые могут быть переданы в единицу времени без искажений, ограничено двойной шириной частотного диапазона канала связи. Найквист опубликовал свои результаты в статье «Определённые Проблемы Теории Телеграфной Передачи» [31] (1928). Это правило отражено известной теоремой осчетов Найквиста- Шеннона. Аналогичные результаты получены русским учёным Котельниковым [32, 33] (1933), и в русскоязычной литературе называют теоремой Котельникова

Шеннон, как и Найквист являлся сотрудником лаборатории Bell Telephone Laboratories. Он показал и доказал, что на основе дискретных (цифровых) сигналов можно восстанавливать исходные сигналы с большей помехозащищенностью, чем при передаче аналоговых сигналов. Именно на этом принципе работает цифровое телевидение и цифровая телефонная связь. С цифровым моделированием связан процесс получения и использования цифровых моделей

Цифровая амплитудно-временная модель К.Э. Шеннона. В процессе исследований К.Э. Шеннон разработал технологию получения дискретной модели, которую назвал импульсно-кодовой модуляцией. Целью разработки такой модели была не аппроксимация поверхности, а передача информационных сообщений. Но тогда речь шла о дискретной форме, которая только теперь называется цифровой. Термин «цифровой» в новых информационных технологиях означает *дискретный и кодированный*

Период, когда Шеннон писал свою фундаментальную работу «A Mathematical Theory of Communication» [29] соответствует периоду между третьей и четвертой информационными революциями. Еще не был изобретен персональный компьютер, информация не

рассматривалась как важный экономический и производственный ресурс. Поэтому проблемы связи были много важнее, чем проблемы теории информации или информатики.

Хотя в то время еще не употреблялся термин «цифровой» и «цифровая информация», но по существу именно за счет использования цифровой информации Шеннон и получил свои результаты. В начале 40-х связь была строго технической дисциплиной, с небольшой научной теорией для ее поддержки. Особенность состояния научного направления в области связи того времени состояла в том, что не было единой теории, объединяющей разные подходы в области связи.

К тому времени использовались следующие системы, характеризующие разные направления связи: телеграф (1830), телефон (1870), беспроводный телеграф (1890), радио (1900), телевидение (1930), телетайп (1930), системы частотной модуляции (1930), импульсно кодовая модуляция (ИКМ) (1930), вокодер (1930) и др. Теория для объединения этих разных направлений не было. Шеннон поставил перед собой цель — создание научной теории связи, которая могла бы стать по возможности универсальной для объединения разных направлений в теории связи (того времени).

Некоторые компоненты разных направлений в теории связи стали ключевыми в научной теории связи, разработанной К. Э. Шенноном. Первый из этих элементов - код Морзе. Он был в использовании, начиная с ранних дней возникновения и эксплуатации телеграфа. В подавляющем большинстве работ по информатике, как правило, обращают внимание на этот код как пример способа кодирования символьной информации.

Но К. Э. Шеннон выделил другой, не менее важный для передачи аспект, а именно, код Морзе, важен, потому что заложенная в его основу система кодирования принимает во внимание частоту символов, чтобы эффективно осуществлять передачу информации. Но в то время речь шла о связи. Таким образом, Шеннон выявил и использовал в своей теории следующий компонент теории связи: *связь системы кодирования со скоростью передачи кодовых знаков*. Вторым важным компонент, который использует К. Э. Шеннон - *импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)*.

Код Морзе, моделирует источник информации таким образом (а тогда таковым был английский язык и соответственно его алфавит), чтобы максимизировать скорость передачи набора символов. Такая модель информационного источника комплиментарна [34] с Шенновской концепцией обобщенного информационного источника.

На рис. 2 приведена схема обобщенной коммуникационной системы по Шеннону. На нем приведена схема передачи *дискретной цифровой информации*, а только такую рассматривает К. Э. Шеннон в своей теории. Слабым местом в этой схеме является канал связи. Напомним, что каналом связи в узком смысле слова понимают:

1.) Совокупность технических устройств, обеспечивающих передачу сообщений любого вида от отправителя к получателю, осуществляемую с помощью сигналов, распространяющихся по проводам или другим путем;

2) Полосу частот, время передачи или иной физической ресурс, выделяемый в данной системе связи для передачи определенного сообщения.

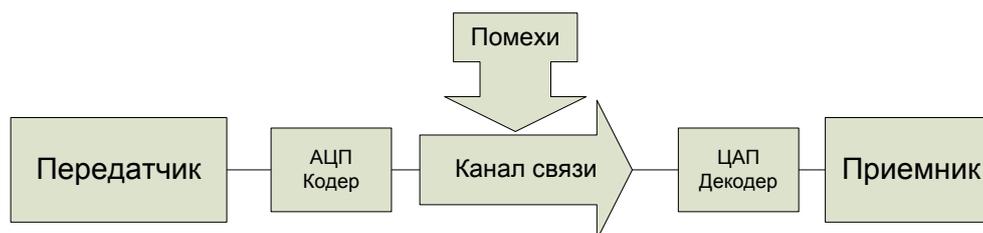


Рис.2. Схема передачи сообщений с применением цифрового моделирования.

По К. Э. Шеннону канал - просто среда для передачи сигнала с трансмиттера на получатель (рис.2). Это может быть пара проводов, коаксиального кабеля, полоса частот радио и т.д. В тот период К. Э. Шеннон мог констатировать следующие недостатки канала связи:

- во-первых, он *ограничивает спектр* передаваемого аналогового сигнала;
- во-вторых, он подвержен влиянию умышленных и случайных помех;
- в третьих, он имеет ограничения по объему и скорости передаваемых сигналов.

Для устранения этих недостатков Шеннон использовал следующие идеи:

- оптимизация кода сообщения для повышения скорости передачи по каналу связи (заимствована из кода Морзе);
- применение импульсно-кодовой модуляции (pulse-code modulation - PCM) при передаче сигналов по каналу связи для повышения помехозащищенности и сужения спектра передаваемых сигналов.

Говоря современным языком, импульсно-кодовая модуляция это способ получения стандартизированной *цифровой информации* или *цифровой модели передаваемой информации*. Таким образом, важным шагом в теории К. Э. Шеннона был переход от аналоговой (не стандартизированной) формы передачи информации к дискретной (цифровой стандартизированной) форме.

Этот переход выполняется за счет аналогово-цифрового преобразования с определенными условиями. Во время написания статьи его называли импульсно кодовой модуляцией, но сущность этого преобразования состоит в трансформации непрерывного сигнала в дискретный. На рис. 3. изображен непрерывный сигнал (сплошная линия) и показан принцип ИКМ.

Этот принцип, который основан на дискретизации аналогового сигнала в фиксированные моменты времени (t) и дискретном кодировании амплитуды (A) сигнала с помощью двоичного кода. Для деления амплитуды (A) сигнала используют термин «квантование». Для создания импульсов разделенных во времени используют термин дискретизация. Хотя по существу они в этом аспекте равнозначны.

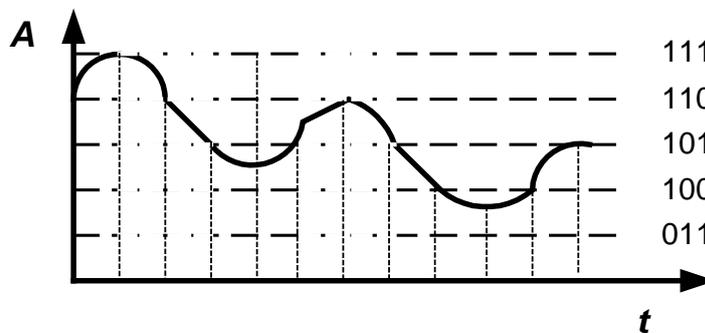


Рис. 3. Импульсно-кодовая модуляция или аналогово-цифровое преобразование [35]

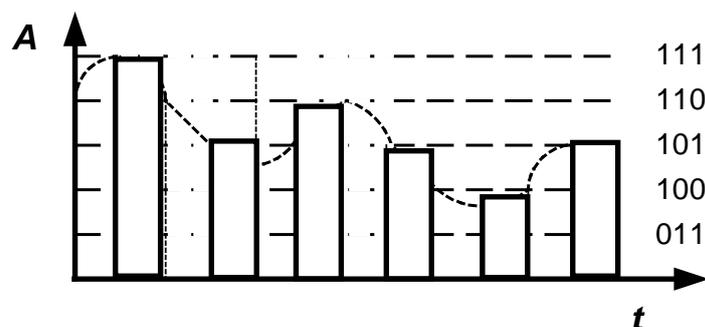


Рис. 4. Цифровой код [35].

На рис. 4 Приведен цифровой сигнал, полученный из непрерывного сигнала на рис 3. На нем непрерывный аналоговый сигнал заменен дискретной последовательностью заданной частоты.

Произвольные значения амплитуды сигнала заменены на стандартизованные дискретные значения амплитуды. Формально происходит «огрубление» аналогового сигнала по амплитуде и частоте.

Очевидно, что с энергетической точки зрения сигнал на рис 4 является менее мощным в сравнении с сигналом на рис.3. В настоящее время такой подход называют цифровым представлением информации. Однако и шум, который попадает в зону сигнала тоже существенно ниже. Преимущество такого подхода в существенном уменьшении полосы пропускания принимаемого сигнала, что уменьшает влияние шума на три четыре порядка. Знание тактовой частоты и значений квантования амплитуды позволяет создавать фильтры, восстанавливающие полезный сигнал. Устройства, которые осуществляют такое преобразование, называют аналого-цифровыми преобразователями. Термин «цифровой» явно входит в эту технологию. Процесс получения импульсного кода можно назвать цифрованием.

Однако, в теории связи такой термин не закрепился и в ней используют термин импульсно-кодовая модуляция и импульсный код. Этот импульсный код используют в технологиях цифрового телевидения и цифровой телефонии, а также в технологиях спутниковых радионавигационных систем.

Модель, полученная К.Э.Шенноном, может быть названа как цифровая амплитудно-временная модель. Она отражает факторы амплитуды и времени. Кроме того, такую модель можно дополнить характеристикой «регулярная». В математическом моделировании регулярными называют модели, у которых шаг аргумента является постоянной величиной. В этом случае временные интервалы получения импульсов являются постоянными, время является аргументом. Это дает основание считать такую модель регулярной в отношении аргумента.

Цифровой подход имеет ряд преимуществ, среди которых следует отметить:

- Унификация представления всех видов передаваемой информации;
- Сужение спектра передаваемого сигнала;
- Возможность восстановления при наложении больших помех;
- Возможность создания специальных помехозащищенных кодов;
- Возможность качественного по сравнению с аналоговым сигналом восстановления принятой информации;
- Повышенная селекция принимаемого сигнала.

Проанализируем подход К.Э. Шеннона применительно к геодезии и геоинформатики. На рис.2 параметром дискретизации является время. Но если мы вместо этого параметра (t) возьмем расстояние, например одну из плановых координат (x или y), а вместо амплитуды сигнала рассмотрим аппликату (z), то процесс дискретизации можно осуществить точно также. Следовательно, подход К.Э. Шеннона дает возможность построения дискретных цифровых пространственных моделей.

Можно ли на основе теории К.Э. Шеннона воссоздавать аналоговые объекты? Ответ положительный. В теореме Шеннона-Котельникова показаны условия, при которых дискретизация, то есть цифрование, не уменьшает информативность сигнала. Это дает возможность восстановления аналогового объекта по цифровой модели без потери информативности.

Виды цифрового моделирования. В настоящее время применяют разные виды цифрового моделирования (рис.5). Основой является импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), которая использует аналого цифровые преобразователи (АЦП) и цифро аналоговые преобразователи (ЦАП) [36]. В геоинформатике [37] этим процедурам соответствует векторизация и растровизация.

Векторизация представляет собой технологию построения векторной модели (изображения) по растровой модели (сканированная карта или цифровой снимок.). Растеризация представляет собой обратный процесс получения растровой модели на основе векторной, что используется для отображения векторных моделей на мониторе компьютера.

Цифровое моделирование делится на две большие категории (рис.5): цифровое моделирование (обработка) сигналов [38, 39] и пространственное цифровое моделирование [40, 41]. Первое направление связано с обработкой сигналов $U=f(t)$.

В настоящее время цифровые модели широко применяют в технологиях коммуникаций, и это позволило выделить особое направление - цифровая связь [21]. Цифровые методы применяют в программировании, потому что современные компьютеры по сути остались цифровыми вычислительными машинами, использующими импульсно кодовую модуляцию сигналов. Однако, на практике этот аспект не выделяют при разговоре о цифровом моделировании. Это обусловлено тем, что при компьютерных вычислениях моделирования нет, там используют стандартизированные цифровые сигналы для процесса вычислений.

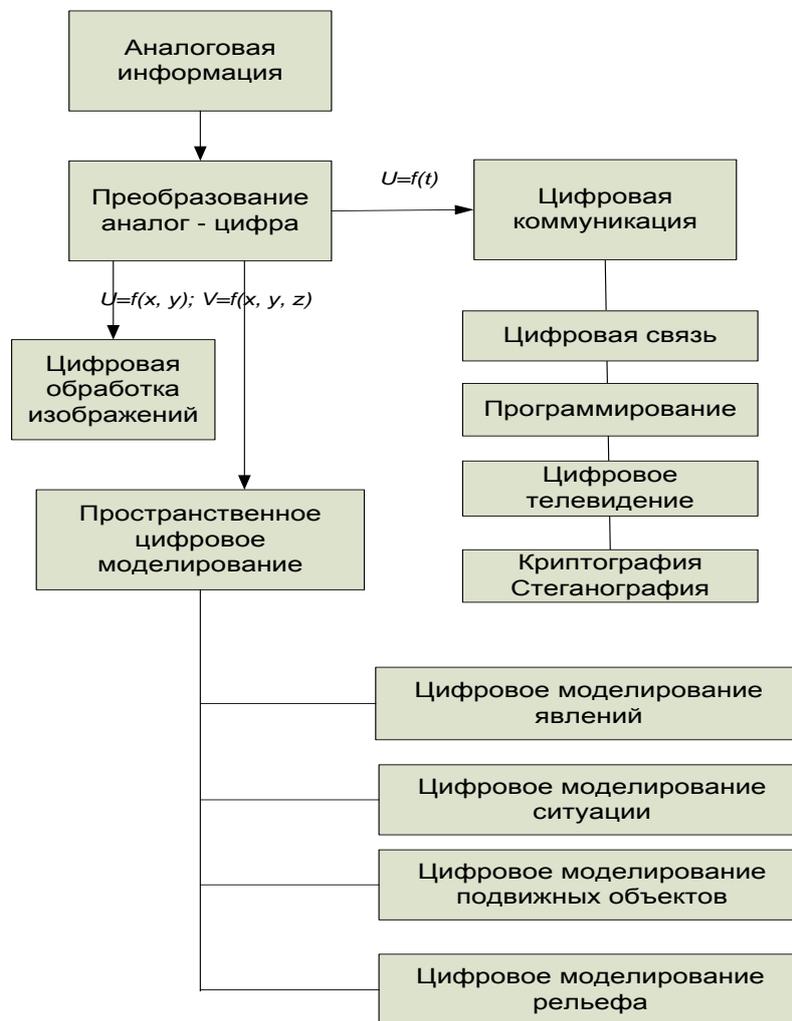


Рис.5. Виды цифрового моделирования.

Цифровое телевидение [42] в полной мере использует цифровое моделирование как для передачи сигнала, так и для его восстановления, что выражается в более четком, качественном телевизионном изображении, получаемом по цифровым каналам. Цифровое моделирование

широко применяется в криптографии [43] и стеганографии.

Другая категория цифрового моделирования связана с координатным цифровым моделированием или с пространственным цифровым моделированием.

$$U=f(x, y); V=f(x, y, z)$$

В этой категории выделяются также два направления: цифровое моделирование в системах автоматизированного проектирования (САПР) и цифровое моделирование в геодезии, картографии, геоинформатике и кадастре. Цифровое моделирование в САПР использует только декартовы координаты и поэтому может применяться в топографических работах только в крупных масштабах (до 1 : 10 000). Цифровое моделирование в геоинформатике использует, как декартовы координаты, так и криволинейные координаты. Оно применяется в любом масштабном ряду: для крупных масштабов, для мелких масштабов, для средних масштабов.

Пространственное цифровое моделирование применяют для моделирования объектов, явлений, информационных полей (рельеф или кригинг [44]), для моделирования динамики объектов и процессов, например в транспортной сфере [45].

На рисунке 5 показано применение пространственного цифрового моделирования в обработке изображений. Таким образом, пространственное цифровое моделирование широко применяется в разных сферах.

Заключение. Можно выделить коммуникационное и пространственное применение цифрового моделирования. Возникнув как простое аналогово-цифровое преобразование, в настоящее время цифровое моделирование превратилось в новое научное направление с многочисленными приложениями. Наиболее ярко это проявляется в управлении, цифровой картографии и цифровом трехмерном моделировании. В настоящее время цифровое моделирование является основой виртуальных технологий и мультимедийных технологий, включая обучение. Большое значение в последнее время стали занимать методы цифровой геостатистики. Их применяют в экологии, в геологии, и в управлении. Важное направление развития цифрового моделирования связано с получением геознания [46].

Список литературы

1. Rosenberg M. J. E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age. – New York : McGraw-Hill, 2001. – V.3.
2. Поляков А.А., Цветков В.Я. Прикладная информатика. Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по специальности «прикладная информатика» (по областям) и другим междисциплинарным специальностям: В 2-х частях: / Под общ.ред. А.Н. Тихонова-М.: МАКС Пресс. Том 1. 2008. -788с
3. Brynjolfsson E., McAfee A. Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy. – Brynjolfsson and McAfee, 2012.
4. Macchi A. et al. Three-dimensional digital modeling and setup //American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. – 2006. – Т. 129. – №. 5. – p. 605-610.
5. Kezunovic M. et al. The role of digital modeling and simulation in power engineering education //IEEE transactions on power systems. – 2004. – V.19. – №. 1. – p. 64-72.
6. Hayes M. H. Statistical digital signal processing and modeling. – John Wiley & Sons, 2009.
7. Цветков В.Я. Глобализация и информатизация // Информационные технологии, 2005, - №2 - с.2-4.
8. Варганова Е. Л. Человек и цифровая революция в СМИ: вызовы и проблемы //Человек как субъект и объект медиапсихологии.—М.: Изд-во Моск. ун-та. – 2011. – С. 11-38.
9. Зуев А., Мясникова Л. Впереди цифровая революция //Свободная мысль-XXI. – 2003. – №.

5. – С. 55-63.
10. Tsvetkov V. Ya. Information objects and information Units // European Journal of Natural History. 2009. - №2. - p.99
11. Bykov V. V. Digital modeling in statistical radio engineering //NASA STI/Recon Technical Report N. – 1973. – V. 75. – p. 10294.
12. Зайцева О. В. Развитие цифрового моделирования // Славянский форум, 2015. - 3(9) - с.105-112
13. Хромых В. В., Хромых О. В. Цифровые модели рельефа. – Томск : ТМЛ-Пресс, 2007.
14. Яковченко С. Г., Жоров В. А., Постнова И. С. Создание и использование цифровых моделей рельефа в гидрологических и геоморфологических исследованиях. – Кемерово : Ин-т угля и углехимии СО РАН, 2004.
15. Цветков В. Я., Маркелов В.М. Применение цифровых моделей в логистике // Геодезия и картография. – 2013. - №7. -С 59-62.
16. Bird P. An updated digital model of plate boundaries //Geochemistry, Geophysics, Geosystems. – 2003. – Т. 4. – №. 3.
17. Номоконов И.Б. Цифровая обработка рентгеновских изображений // Славянский форум, 2015. - 4(10) – с.244-251
18. Павлов А.И. Цифровое моделирование пространственных объектов // Славянский форум, 2015. - 4(10) – с.275-282
19. Куприянов А. О. Цифровое моделирование при подземных геодезических работах // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №4 (12). – с.57-65.
20. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №4. (часть 2) – с.348-351.
21. Быков В. В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике. – Советское радио, 1971.
22. Дышленко С.Г. Трехмерное моделирование в ГИС // Перспективы науки и образования- 2014. - №2. – с.28-33
23. Костюк Ю. Л., Кон А. Б., Новиков Ю. Л. Алгоритмы векторизации цветных растровых изображений на основе триангуляции и их реализация //Вестник Томского государственного университета. – 2003. – №. 280.
24. Виноградов Б. В. Индикационные функции при дешифрировании увлажнения по аэрокосмическим изображениям //Труды Государственного ордена Трудового Красного Знамени гидрологического института. – 1981. – Т. 285. – С. 13
25. Аникина Г.А., Поляков М.Г., Романов Л.Н., Цветков В.Я. О выделении контура изображения с помощью линейных обучаемых моделей. // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. -1980. - № 6. - с.36-43.
26. Tsvetkov V. Ya. Integer Coordinates as an Nanotechnological Instrument // Nanotechnology Research and Practice. -2014, Vol. 4, No. 4, pp. 230-236. DOI: 10.13187/ejnr.2014.4.230.
27. Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Методы и системы поддержки принятия решений. - М.: МаксПресс, 2001. -312с
28. Иванников А.Д., Тихонов А.Н., Цветков В. Я. Основы теории информации - М.: МаксПресс, 2007. - 356с
29. С.Е. Shannon, A Mathematical Theory of Communication, Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379–423 & 623–656, July & October, 1948.
30. Цветков В. Я. Клод Элвуд Шеннон, как основоположник цифрового моделирования // Перспективы науки и образования- 2014. - №1. – с44-50
31. Н. Nyquist, "Certain topics in telegraph transmission theory", Trans. AIEE, vol. 47, pp. 617–644, Apr. 1928 Reprint as classic paper in: Proc. IEEE, Vol. 90, No. 2, Feb 2002

32. V.A. Kotelnikov, "On the carrying capacity of the ether and wire in telecommunications", Material for the First All-Union Conference on Questions of Communication, Izd. Red. Upr. Svyazi RKKA, Moscow, 1933 (Russian). (english translation, PDF)
33. Котельников В. А. О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи — Всесоюзный энергетический комитет. // Материалы к I Всесоюзному съезду по вопросам технической реконструкции дела связи и развития слаботочной промышленности, 1933. Репринт статьи в журнале УФН, 176:7 (2006), 762—770.
34. Цветков В.Я. Комплементарность информационных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №2. - с.182-185
35. Цветков В.Я. Цифровое моделирование: Учебное пособие - М. МАКС Пресс, 2016. -72с.
36. Цветков В.Я. Информационно измерительные системы и технологии в геоинформатике. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 94с.
37. Sinha A. K. (ed.). Geoinformatics: data to knowledge. – Geological society of America, 2006. – 397p
38. Борзов А. Б., Соколов А. В., Сучков В. Б. Цифровое моделирование входных сигналов систем ближней радиолокации от сложных радиолокационных сцен //Успехи современной радиоэлектроники. – 2004. – №. 9/10. – С. 38-62.
39. Солонина А. И. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций. 2 изд. – БХВ-Петербург, 2012.
40. Коновалов Н. Е. Цифровое моделирование топографических условий местности для проектирования линейных сооружений //Тр. ГипродорНИИ. – 1974. – №. 8. – С. 21-33.
41. Алябьев А. А., Сосновский А. В. Цифровое трехмерное моделирование местности на основании результатов спутниковой стереоскопической съемки //Геодезия и картография. – 2008. – №. 8. – С. 23-27.
42. Карякин В. Л. Цифровое телевидение. – М. : СОЛОН-Пресс, 2008.
43. Мао В. Современная криптография: теория и практика. – Издательский дом Вильямс, 2005/
44. Зайцева О. В. Применение геостатистики при управлении территориями // Науки о Земле. - № 1-2013 – с.69-73.
45. Розенберг И.Н. Пространственное управление в сфере транспорта // Славянский форум, 2015. - 2(8) - с.268-274
46. Савиных В.П. Геознание. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 132 с.

УДК: 528

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Макаров С.О. лаборант, Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II, E-mail: makstas96@yandex.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья анализирует применение цифрового нивелирования как новую информационную и цифровую технологию. Статья описывает эксперимент применения электронного теодолита. Проведено исследование точности электронного нивелира Sokia SDL30. Исследования показали эффективность применения этого нивелира для сбора информации. Эксперимент показал эффективность цифровой технологии с применением электронного теодолита.

Keywords: геодезия, измерения, геодезическое обеспечение, цифровое моделирование, электронный теодолит.

RESEARCH DIGITAL LEVELING

Makarov S.O. assistant, Moscow State University of Railway Engineering (МИИТ), E-mail: makstas96@yandex.ru, Moscow, Russia

Annotation. The article analyzes the digital technologies of spatial information. The article analyzes the use of digital leveling. The article describes an experiment using an electronic theodolite. This article describes a study of precision electronic leveling Sokia SDL30. Studies have shown the effectiveness of leveling to gather information. The experiment showed the efficiency of digital technology with the use of electronic theodolite.

Keywords: surveying, measuring, surveying software, digital simulation, electronic theodolite.

Введение. В настоящее время широко применяют цифровые методы и цифровое моделирование в разных сферах деятельности [1-4]. В компьютерной сфере цифровые методы это дискретные методы обработки информации. В аппаратной сфере цифровые методы также используют дискретную обработку, основанную на применении цифровых и интегральных схем. В измерительной технике цифровые методы являются основой информационно-измерительных систем. В геодезии используют цифровые методы, технологии и аппаратуру для получения информации о местности [5]. В общем выделяют цифровое пространственное моделирование [6] и цифровое моделирование в радиосвязи, телефонной связи и телевидении. Цифровые методы широко применяют в глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС). Цифровые методы обладают универсальностью и помогают осуществлять междисциплинарный перенос методов и знаний.

Результатом цифрового моделирования являются цифровые модели и цифровые карты [7]. Целью данной работы является исследование технологии выполнения высокоточного инженерно-геодезического нивелирования с применением электронного нивелира Sokia SDL30 с использованием прочной фиброоптической рейки со специальным РАВ-кодом [8]. Это направление исследований относится к геодезическому обеспечению цифрового моделирования [9].

Особенности геодезического обеспечения цифрового моделирования. Современная геодезическая наука развивается достаточно быстро. В настоящий момент для геодезического обеспечения цифрового моделирования, производят много электронных приборов, например, электронные нивелиры. Электронные нивелиры могут быть использованы для высокоточного нивелирования (I и II класс).

Электронные нивелиры быстро нашли свое место в решении геодезических задач. С помощью них, можно быстро выполнять геодезические работы: построение продольного и поперечного профилей, прокладка нивелирных ходов.

Как всегда при замене аналоговых приборов на цифровые возникает вопрос оценки точности новых приборов. В данной работе делается попытка выполнить оценку точности нивелирования цифровым нивелиром. В последние годы в нашей стране и за рубежом стали широко изготавливать цифровые нивелиры и штрих-кодовые рейки к ним. При длине визирного луча более 40 метров, точность измерения падает. Создание высокоточных нивелирных сетей всегда рассматривалась как сложная профессиональная задача. В инструкциях к электронным нивелирам, указывается, что высокая точность может быть достигнута, при прокладывании двойного хода. Двойной ход основан на двойном измерении, иными словами туда-обратно. Допустимая невязка рассчитывается по следующей формуле:

$f_{\text{доп}} = 20 * \sqrt{L}$, где L – длина хода. Этой формулой рекомендуется пользоваться в лесной местности.

$f_{\text{доп}} = 50 * \sqrt{N}$, N – количество станций в полигоне. Формулой можно пользоваться на равнинной местности.

Для выполнения измерений достаточно навестись на специальную рейку и нажать клавишу, после чего геодезический прибор вычислит превышение и измерит расстояние. Результаты измерений выводятся на экран и могут быть сохранены в памяти прибора.

Существует методика проведения метрологической поверки системы «цифровой нивелир - штрих-кодовая рейка» в лабораторных и полевых условиях. Высокоточное и точное геометрическое нивелирование применяется при нивелировании в высотных сетях I, II, III и IV классов, при сгущении этих сетей, создании специального высотного обоснования, при решении большого круга инженерных научно-технических задач, связанных с изучением деформаций земной поверхности и инженерных сооружений, монтаже технологического оборудования и др. Так, нивелирование в сетях I и II классов относят к высокоточному, а в сетях III и IV классов - к точному.

Характеристика электронного нивелира Sokia SDL30

1. Точность на 1 км двойного хода	1.5
2. Увеличение зрительной трубы, крат	28x
3. Дальность измерения, м	1–100
4. Время измерения, сек	менее 3.
5. Рабочая температура, °C	-20 – +50

Результаты работ

В ходе проведенных работ были выполнены исследования точности определения превышений цифровым нивелиром с использованием штрих-кодовой рейки. Для этого использовался высокоточный нивелир НА-1 и 4-х метровая инварная рейка. Нивелир прецизионный, высокоточный, относится к классу глухих нивелиров с плоскопараллельной

пластинкой, контактными цилиндрическим уровнем и элевационным винтом [10]. Предназначен для геометрического нивелирования I, II классов [11].

Характеристика высокоточного нивелира НА-1

1. Средне квадратическая ошибка на 1 км хода	1.00 мм
2. Увеличение зрительной трубы	41.8х
3. Наименьшее расстояние визирования	3.5 м
4. Цена деления крестообразного уровня	4' на 0.2 мм
5. Цена деления цилиндрического уровня	4'' на 0.8 мм

Поверки электронного нивелира (Sokkia SDL 30). Поверки и исследования высокоточных нивелиров и реек, как и других геодезических инструментов, выполняют с целью получения данных по пригодности их для выполнения нивелирных работ требуемого класса точности, а также для приведения нивелира в рабочее состояние. Для штриховых инварных нивелирных реек, предназначенных для нивелирования I и II классов, контрольные испытания заключаются в следующем:

1. Поверка степени натяжения инварных полос:

Поверка выполняется перед компарированием рейки: с помощью точного динамометра измеряют силу натяжения инварных полос, которая должна быть равна (20 ± 1) кГ.

Определение стрелки прогиба рейки:

Для определения стрелки прогиба рейку укладывают горизонтально на боковое ребро, затем натягивают тонкую металлическую проволоку или нить между концами рейки и при помощи линейки или миллиметровой бумаги измеряют расстояния от натянутой нити до инварной полосы около делений 2, 30 и 58 рейки. По измеренным расстояниям определяют величину стрелки прогиба, которая не должна превышать 3 мм.

$$f = a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2}$$

где f — стрелка прогиба; a_1 , a_2 , a_3 — расстояния от натянутой нити до инварной полосы, соответственно, возле делений 2, 30, 58. Поверку выполняют 1 раз в два месяца во время полевых работ.

2. Поверка перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки и определение разностей высот нулей шкал реек. Эти поверки выполняют 1 раз в год перед выездом на полевые работы. Порядок выполнения первой части поверки включает следующие этапы:

1. Устанавливают нивелир на расстоянии 15 м от костыля с овальной головкой.

2. Берут последовательно отсчеты по по основной и дополнительной шкалам реек, устанавливаемой на костыль различными точками пятки (2 постановки по левому краю, 2 — по правому краю и одна постановка по центру пятки). Разность отсчетов при различных постановках рейки должна быть ≤ 0.10 мм

3. При определении разности высот нулей шкал реек, используемых в комплекте, забивают 3 костыля, в 15 м от которых устанавливают нивелир. Затем берут отсчеты по рейкам, последовательно устанавливая их на 3 костыля. Разность высот нулей шкал реек, используемых в комплекте должна быть ≤ 0.10 мм.

4. Поверка установочного круглого уровня на рейке (поверяют ежедневно перед началом работ при помощи отвеса, укрепленного на рейке или по вертикальной нити нивелира).

5. Определение ошибок делений инварных реек:

Данное исследование является одним из наиболее важных. Поэтому разберем его подробнее.

Штрихи на шкалах инварных реек наносят двумя способами:

- а) путем фотографического копирования образцовых шкал;
- б) с помощью тщательно изготовленных бумажных трафаретов шкал.

Оба эти способа далеко несовершенны, а инструкция по нивелированию требует, чтобы ошибки наименьших (5мм) делений реек и ошибки длины любого метрового интервала рейки были, соответственно, не более 0,05мм и 0,10мм. Точное положение любого i -ого штриха рейки задается расчетным расстоянием l_i между начальным и текущим штрихом. Фактическое расстояние штрихов рейки характеризуется расстоянием l'_i . Разность $D_i = l_i - l'_i$ представляет собой поправку за неточность нанесения штриха. Фактически нам нужно знать эту поправку для каждого штриха рейки. Но это достаточно трудоемкая задача. Поэтому на практике задачу исправления превышений за ошибки нанесения штрихов рейки решают только в первом приближении. Для этого на компараторе на каждой шкале входящих в комплект реек измеряют дециметровые и метровые интервалы, вычисляя для каждой рейки среднее значение метра l'_1 и l'_2 . Затем находят среднюю длину одного метра комплекта реек

$$l' = \frac{1}{2}(l'_1 + l'_2),$$

а отличие средней длины метра комплекта реек от номинальной определяется как разность

$$e = l - l'$$

где e – отличие средней длины метра комплекта реек от номинала;

$l = 1000,000$ мм — номинальная длина; l' – фактическая средняя длина метра комплекта реек, полученная при компарировании.

Отклонение e (в мм) приходится на каждый метр превышения, измеренного между реперами. Поэтому поправка $dh_{(мм)}$ в измеренное превышение h за отличие средней длины метра комплекта реек от номинальной будет равна

$$dh_{(мм)} = e \cdot h$$

СКО определения поправки δh вычисляется по формуле:

$$m_{dh} = \sqrt{m_e^2 \cdot h^2 + m_h^2 \cdot e^2}$$

Эталонирование штриховых инварных реек (определение отклонения средней длины метра комплекта реек от номинала) выполняют два раза в год (до начала полевого сезона и после его окончания) либо на компараторах типа МК-1.

Исследование точности прибора. Для исследования точности выбирались 2 точки, расстояние между которыми порядка 50 м, и производились определения превышений между точками многократно. Из середины нивелирования SDL30 с использованием штрих-кодовой рейки; нивелиром НА-1 с использованием 4-х метровых инварных реек. Результаты определения приведены в таблицах 1 и 2.

Данные измерений обрабатывались по способу наименьших квадратов. *Метод наименьших квадратов* – один из методов теории ошибок для оценки неизвестных величин по результатам измерений, содержащим случайные ошибки. Метод наименьших квадратов применяется также для приближённого представления заданной функции другими (более простыми) функциями и часто оказывается полезным при обработке геодезических измерений.

Метод наименьших квадратов содержит в себе 2 основных способа: **коррелятный** и **параметрический**, которые при строгом уравнивании дают одинаковые результаты. Выбор способа обычно зависит от объема вычислений, определяемого в основном количеством совместно решаемых уравнений, т.е. конфигурацией сети. Коррелятный способ более оптимален для свободных сетей и сетей с небольшим числом исходных пунктов и большим

числом определяемых – поскольку количество уравнений равно числу избыточных измерений. Параметрический способ, наоборот, выгоден для сетей с большим числом исходных и малым числом определяемых, поскольку количество уравнений будет равно числу необходимых измерений.

Таблица 1.

Результаты определения превышений нивелиром Sokia SDL30

№, измерения	превышения	δl_i , мм	V_i , мм	V_i^2 , мм
1	-51.0	-7.5	-4.5	20.25
2	-50.4	-6.9	-3.9	15.21
3	-44.4	-0.9	+2.1	4.41
4	-46.5	-3	0	0
5	-46.7	-3.2	-0.2	0.04
6	-44.7	-1.2	+1.8	3.24
7	-46.9	-3.4	-0.4	0.16
8	-45.5	-3.0	+1.0	1.0
9	-43.5	0	+3.0	9.0
10	-46.1	-0.6	+0.4	0.16
11	-47.2	-3.7	-0.7	0.49

$$m' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} = 2.32 \text{ мм} \quad m = k_{n-1} * m' = 2.38 \text{ мм}$$

Таблица 2.

Результаты определения превышений высокоточным нивелиром НА-1

№, измерения	превышения	δl_i , мм	V_i , мм	V_i^2 , мм
1	-50.1	-6.6	-3.2	10.24
2	-50.0	-6.5	-3.1	9.61
3	-50.0	-6.5	-3.1	9.61
4	-46.5	-3.0	+0.4	0.16
5	-46.7	-3.2	+0.4	0.16
6	-44.7	-1.4	+2.2	4.84
7	-46.9	-3.4	0	0
8	-43.5	0	+3.4	11.56
9	-43.5	0	+3.4	11.56
10	-46.1	-2.6	+0.8	0.64
11	-47.2	-3.7	-0.3	0.09

$$m' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} = 2.42 \text{ мм} \quad m = k_{n-1} * m' = 2.5 \text{ мм}$$

Заключение. Исходя из проделанной работы, можно сделать выводы: В экспериментальных данных систематические погрешности отсутствуют. Точность определения превышений с использованием цифрового нивелира с использованием штрих-кодовых реек и высокоточным нивелиром НА-1 с использованием 4-х метровых инварных реек практически одинаковы, и цифровые нивелиры типа SDL30 можно использовать для высокоточного нивелирования. Применение электронного нивелира Sokkia SDL30 повышает производительность работ и создает комфортные условия для цифрового моделирования.

Список литературы

1. Павлов А.И. Цифровое моделирование при мониторинге деформаций // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №4 (16). – с.98-106.
2. Куприянов А. О. Цифровое моделирование при подземных геодезических работах // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №4 (12). – с.57-65.
3. Цветков В.Я. Использование цифровых моделей для автоматизации проектирования // Проектирование и инженерные изыскания. - 1989. - № 1. - с. 22 -24.
4. Куприянов А.О. Цифровое моделирование железнодорожного пути // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - 3 (15). – с.104-114.
5. Цветков В.Я., Шлапак В.В. Современные методы получения геодезической информации. // Инженерные изыскания. -2013. - № 4. - с.14-17.
6. Павлов А.И. Цифровое моделирование пространственных объектов// Славянский форум, 2015. - 4(10) – с.275-282.
7. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №4. (часть 2) – с.348-351.
8. <http://www.rusgeocom.ru/catalog/tsifrovyye-niveliryi/sokkia/nivelir-sdl30.html>
9. Господинов С.Г. Геодезическое обеспечение цифрового моделирования // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №4 (16). – с.121–130.
10. http://theodoliteclub.com/?page_id=3908.
11. ГКИНП 03-010-02 Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов.