



П. Д. Кузелев

Геоинформационные технологии в управлении транспортом

В статье дается аналитический обзор применения геоинформационных технологий для управления транспортными объектами. Раскрыты принципы такого управления. Раскрыто содержание принципов управления с использованием геоинформационных технологий.

Ключевые слова: геоинформатика, управление, геоинформационные технологии, транспортные системы, подвижные объекты

P. D. Kuzhelev

Geoinformation technologies in the management of transport

The article provides an analytical overview of GIS technology to manage transport facilities. Revealed principles of such management. Disclosure of management principles using GIS technologies

Keywords: Geoinformatics, management, geographic information technology, transport systems, moveable objects

Введение

Современные системы управления транспортом служат основой развития национальной экономики. Транспорт обеспечивает системы поставок, функционирующие согласно концепциям "точно в срок" (JIT) и "точно в установленной последовательности" (JIS), все в большей степени нуждаются в надежных, гибких, оперативных и эффективных системах и технологиях управления [1]. Под воздействием спроса со стороны потребителя и глобализации производства и торговли транспортные сети и маршруты постоянно усложняются. Это обуславливает необходимость оценки сложности таких систем [2]. С другой стороны, при перемежении грузов на большие расстояния возрастает влияние пространственных факторов и пространственных отношений [3]. Данные факторы можно учесть только при использовании геоинформационных систем и технологий как инструментов управления. Отсюда вытекает актуальность рассмотрения геоинформационных технологий как инструмента управления транспортом [4].

Системы управления

Современное управление транспортом основано на развитии и применении систем управления транспортом [5] (Transportation Management System - TMS) [6], интеллектуальных транспортных систем (ИТС) (intelligent transport systems) [7] и интеллектуальных логистических

систем (ИЛС) (Intelligent Logistics Systems) [8], основой которых является геоинформация, геоинформационные технологии (ГИТ) и геоинформационные системы [4]. Обращает внимание то, что современное управление транспортом ориентировано на интеллектуальные технологии. Геоинформатика относится к направлениям, в которых методы искусственного интеллекта интенсивно развиваются [9].

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.

Таким образом, общее управление транспортом с большим участием человека осуществля-

ет TMS. Это человеко-машинная система. При высоком уровне сложности управление передают ИТС. В этой системе доминантой является управление *подвижными объектами* [10]. 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 [11], а в ИЛС управление многоцелевое [12].

Общие принципы управления

Геоинформатика интегрирует многие науки и технологии [13], а интеграция информатики и геоинформатики дает синергетический эффект. Основой геоинформационного моделирования, применяемого в ГИТ, служит информационное моделирование, информационные модели [14]. Методы геоинформатики служат основой инновационных решений [15] в сфере транспорта и управления им с использованием TMS, ИТС и ИЛС.

Использование ГИТ как интегрированной технологии для управления транспортом применяет следующие технологии. Информационное моделирование [14, 16], геоинформационное моделирование, ситуационное моделирование [17], применение геостатистики [18], геоинформационный мониторинг [19], когнитивные и интеллектуальные технологии, цифровые модели и цифровое моделирование, технологии поддержки принятия решений с помощью ГИТ.

Информационное и геоинформационное моделирование

Информационное моделирование включает построение информационных моделей разного назначения. Это модели подвижного объекта, модели ситуации в которой этот объект находится, и модели позиции которую объект занимает в данной ситуации [10]. Подчеркнем, что это чисто информационные модели. Еще одной особенностью информационного моделирования является использование для формирования различных информационных моделей базовых элементов. Эти базовые элементы представляют собой информационные единицы. Различают две группы информационных единиц: информационные единицы как носители информации и структуры информационных моделей; информационные единицы как носители семантического содержания и знания.

Геоинформационное моделирование [20] базируется на геоинформационном подходе. Согласно этому подходу создают графические модели и связывают их с моделями базы данных.

При управлении транспортными объектами обязательным условием является использование методов дистанционного зондирования [21]. Геоинформационное моделирование включает понятие геотехнической системы и рассматривает транспортные объекты и транспортные сети как геотехнические системы [22]. Ситуационное моделирование может быть рассмотрено как частный случай геоинформационного моделирования [17]. Оно включает построение информационных моделей ситуации и позиции. Оценку на этой основе состояния объекта, динамики объекта и динамики среды. Именно такой комплекс оценок позволяет осуществлять многофункциональное управление.

Геоинформационный мониторинг транспортных объектов

Управление транспортным объектом предполагает его непрерывное изучение, то есть геоинформационный мониторинг транспортных объектов и среды, в которой они находятся. Это определяет динамическую модель такого объекта в системе управления. Геоинформационный мониторинг опирается на геоинформационный подход [20]. Это означает группировку геоданных по категориям «место» «время» «тема» и интеграция их в единую информационную основу. Геоинформационный мониторинг опирается на интеграцию технологий и функций. Интегрирующей функцией обладают цифровые модели и цифровые карты, что создает возможность объединять разнородные информационные ресурсы.

Геоинформационный мониторинг включает наблюдение за объектом, наблюдение его взаимодействия с окружающей средой, оценку и прогноз взаимодействия объекта и среды, подготовка информации по выработке управляющих решений. Главная цель мониторинга - управление транспортным объектом.

Визуальное моделирование является ключевым в представлении, интерпретации и обработке данных геоинформационного мониторинга. Снижение информационной нагрузки на пользователя достигается использованием визуальных средств представления и анализа геоинформации. К ключевым факторам геоинформационного мониторинга относят: геоданные, ассоциативную связь, базы геоданных, глобальные навигационные спутниковые системы [22], коррелятивный анализ, информационное моделирование [16], динамические модели данных.

Геоинформационный мониторинг направлен на выявление и использование связей и отношений, среди которых ведущую роль играют пространственные. В геоинформационном мониторинге функция наблюдения включает сбор информации и ее унификацию. Все подсистемы мониторинга используют различные наборы моделей, что упрощает работу специалиста в предметной области и исключает разработку про-

граммного обеспечения для оценок и решений. В результате выработки управляющего решения оказывается воздействие на объект управления.

Цифровое моделирование в геоинформационных технологиях управления транспортом

В геоинформатике при цифровом моделировании выделяют два типа цифровых моделей: статические и динамические. На практике чаще применяют статические модели. Примерами таких моделей являются модели неподвижных объектов, например: цифровая модель автодорожной или железнодорожной трассы, цифровая модель инженерного сооружения, цифровая модель подвижного объекта и пр. Такие цифровые модели описывают неподвижные объекты. Для них не является существенным фактор времени и динамика состояния. С позиций управления эти модели описывают объекты транспортной инфраструктуры. Они отражают среду, в которой перемещаются объекты.

Второй тип цифровых моделей — это модели, для которых временной фактор необходимо учитывать. Это динамические цифровые модели, например: модели для контроля за деформациями и осадками инженерных и жилых сооружений; модели для мониторинга оползневых процессов; модели перемещения транспортных объектов; модели динамических процессов (наводнения, пожары, землетрясения) и пр. Такие модели называют динамическими, поскольку фактор времени является изменяющейся переменной и изменение ситуации существенно влияет на состояние объекта.

Основная функция динамических цифровых моделей — *отражать тенденцию изменения состояния* с течением времени или описывать динамический процесс, характеризующий состояние объект (исследований или изысканий) на определенный временной интервал. Статическая и динамическая цифровые модели дополняют друг друга. Если состояние объекта неизменно, то необходимость в динамической цифровой модели отпадает.

Геоинформационные технологии позволяют собирать информацию для формирования этих моделей и управлять этими моделями с использованием геоданных. Следует подчеркнуть, что только геоинформационные технологии решают эту задачу, так как они включают фактор позиционирования объекта в реальном пространстве. Поэтому управление подвижными объектами в реальном пространстве возможно только с помощью геоинформационных технологий.

Поддержка принятия решений с помощью ГИТ

Существующий опыт в сфере управления говорит о том, формирование принимаемых решений по конкретным классам объектов управления должно начинаться с определения ограничений и допущений, обусловленных тре-

бованиями к управлению данным объектом [23]. Следующим шагом является анализ ресурсов управления, необходимых для достижения цели управления. управления и, как следствие, — осознание нового уровня понятия наблюдаемости систем, явлений, процессов или объектов, являющихся предметом управления

Геоинформационные системы обладают всеми свойствами АСУ [24] и могут быть использованы как управленческий ресурс, как системы управления транспортными объектами и как системы многоцелевого управления [12]. Это распространяется и на управление транспортом, но с некоторыми особенностями. Воспользуемся двумя гипотезами работы [25], которые, на наш взгляд, важны для управления транспортными объектами.

«Первая гипотеза состоит в том, что *все, что необходимо знать для управления, может быть выражено в виде совокупности текстов на обычном естественном языке.*

Вторая гипотеза состоит в том, что *система управления исследуемого типа принципиально не может быть замкнутой.* Эта система принципиально открыта и процесс ее обучения управлению никогда не завершается созданием окончательной формализованной модели...”.

В переводе на язык информационного моделирования первая гипотеза трактуется как необходимость формирования дескриптивной модели для описания объекта и ситуации, в которой он находится. Вторая гипотеза требует учета изменения, неопределенности или противодействия внешней среды. В зависимости от состояния внешней среды и информированности ЛПР принятие решений классифицируется на три категории: в условиях стохастической неопределенности и риска; в условиях динамической изменчивости среды; при противодействии среды или конкурентов.

Поведение систем в условиях противодействия сложнее прогнозировать, в условиях неопределенности, то есть в стохастических системах. В стохастических системах неопределенность имеет случайный характер и представляет собой шум, статистические характеристики которого можно оценить.

Принципы принятия решений в ГИС [4] основаны на многомерном анализе информации, сочетании эвристических, аналитических и визуальных методов. Создание интегрированных систем для поддержки принятия решений при управлении является актуальной проблемой. Такие интегрированные системы включают базы и банки данных, банки моделей, систему информационной поддержки и позволяют проводить экспертные и аналитические оценки при принятии решений.

Современные системы управления транспортом включают специализированные подсистемы. Таких подсистем четыре: подсистема реализа-

ции цели, управляющая подсистема, обеспечивающая подсистема и обслуживающая подсистема. При создании обеспечивающей подсистемы необходимо решить проблемы: обеспечение единства времени, обеспечение единства координат, обеспечение функционирования системы управления в реальном времени, реализацию координатной среды измерений. Все эти факторы играют существенную роль при управлении транспортными объектами с применением ГИТ.

За рубежом системы управления транспортом TMS создаются на основе специального программного обеспечения, предназначенного для управления транспортными операциями. С этих позиций ГИТ также можно рассматривать как такое программное обеспечение, но имеющее ряд дополнительных возможностей по представлению транспортных сетей в виде топологических моделей, а реальные трассы и маршруты в виде картографических моделей.

Выводы

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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимашев А., Кучеров А. Точно в срок... и с минимальными затратами // Логистика. 2010. № 4. С. 53.
2. V. Ya. Tsvetkov. Complexity Index // European Journal of Technology and Design, 2013, Vol.(1), № 1, p. 64-69.
3. Цветков В.Я. Пространственные отношения в геоинформатике // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». 2012. № 1. С.59-61.
4. Кужелев П.Д., Цветков В.Я. Применение ГИС на железнодорожном транспорте // Успехи современного естествознания. 2009. №4. С. 43-44.
5. Маркелов В.М. ГИС как системы управления транспортом // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. №2. С.85-87.
6. Hayden S.R., McMullen G.G. Total transportation management system: пат. 7219067 США. 2007.
7. James W. Intelligent transport system: пат. 6810817 США. 2004.
8. Tzeng G.H., Huang C.Y. Combined DEMATEL technique with hybrid MCDM methods for creating the aspired intelligent global manufacturing & logistics systems // Annals of Operations Research. 2012. Т. 197. №. 1. С. 159-190.
9. Савиных В.П., Цветков В.Я. Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 5. С.41-43.
10. V. Ya. Tsvetkov. Information Management of Mobile Object // European Journal of Economic Studies, 2012, Vol.(1), №1. P. 40-44.
11. Поляков А.А., Цветков В.Я. Информационные технологии в управлении. М.: МГУ факультет государственного управления. 2007. 138 с.
12. V. Ya. Tsvetkov. Multipurpose Management // European Journal of Economic Studies. 2012, Vol.(2), № 2, p.140-143.
13. Майоров А.А. Состояние и развитие геоинформатики // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». 2012. № 3. С.11-16.
14. Цветков В.Я. Модели в информационных технологиях. М.: Макс Пресс, 2006. 104 с.
15. Цветков В.Я. Информатизация, инновационные процессы и геоинформационные технологии // Геодезия и аэрофотосъемка. 2006. №4. С.112-118.
16. Поляков А.А., Цветков В.Я. Прикладная информатика. М.: Янус-К, 2002. 392 с.
17. Цветков В.Я., Маркелов В.М. Пространственный ситуационный анализ // Вестник МГТУ МИРЭА. 2013. №1 (1). С. 103-116.
18. Цветков В.Я. Геоистатистика // Геодезия и аэрофотосъемка. 2007. №3. С. 174-184.
19. V. Ya. Tsvetkov. Global Monitoring // European Researcher, 2012, Vol.(33), № 11-1, p.1843-1851.
20. Майоров А.А., Цветков В.Я., Маркелов В.М. Геоинформационный подход в логистике // Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. №6. С. 93-97.
21. Савиных В.П. Использование методов дистанционного зондирования для управления транспортом // Международный научно-технический и производственный журнал "Науки о Земле". 2012. № 2. С. 58-61.
22. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система // Успехи современного естествознания. 2009. №4. С. 52.
23. Савиных В.П., Соловьёв И.В., Цветков В.Я. Развитие национальной инфраструктуры пространственных данных на основе развития картографо-геодезического фонда Российской Федерации // Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. №5. С.85-91.
24. Монахов С.В., Савиных В.П., Цветков В.Я. Методология анализа и проектирования сложных информационных систем. М.: Просвещение, 2005. 264 с.
25. Лачинов В.М., Поляков А.О. Инфодинамика или путь к Открытому миру. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. 432 с.

REFERENCES

1. Timashev A., Kucherov A. Just in time... and with minimal cost. *Logistika - Logistics*, 2010, no.4, p. 53 (in Russian).
2. V. Ya. Tsvetkov. Complexity Index. *European Journal of Technology and Design*, 2013, Vol.(1), no.1, pp. 64-69 (in Russian).
3. Tsvetkov V.Ia. Spatial relationships in Geoinformatics. *Nauki o Zemle - Earth Science*, 2012, no.1, pp.59-61 (in Russian).
4. Kuzhelev P.D., Tsvetkov V.Ia. Application of GIS in rail transport. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia - Successes of modern natural science*, 2009, no.4, pp. 43-44 (in Russian).
5. Markelov V.M. GIS as a system of transport management. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziia i aerofotos'emka - proceedings of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography*, 2013, no.2, pp.85-87 (in Russian).
6. Hayden S.R., McMullen G.G. Total transportation management system: пат. 7219067 SShA. 2007.
7. James W. Intelligent transport system: пат. 6810817 SShA. 2004.

8. Tzeng G.H., Huang C.Y. Combined DEMATEL technique with hybrid MCDM methods for creating the aspired intelligent global manufacturing & logistics systems. *Annals of Operations Research*, 2012, V. 197, no.1, pp. 159-190.
9. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. Development of artificial intelligence methods in Geoinformatics. *Transport Rossiiskoi Federatsii - Transport of the Russian Federation*, 2010, no.5, pp.41-43 (in Russian).
10. V. Ya. Tsvetkov. Information Management of Mobile Object. *European Journal of Economic Studies*, 2012, Vol.(1), №1. P. 40-44.
11. Poliakov A.A., Tsvetkov V.Ia. *Informatsionnye tekhnologii v upravlenii* [Information technology in management]. Moscow, MGU, 2007. 138 p.
12. V. Ya. Tsvetkov. Multipurpose Management. *European Journal of Economic Studies*, 2012, Vol.(2), no.2, pp.140-143.
13. Maiorov A.A. State and development of Geoinformatics. *Nauki o Zemle - Earth Science*, 2012, no.3, pp.11-16 (in Russian).
14. Tsvetkov V.Ia. *Modeli v informatsionnykh tekhnologiakh* [Models in information technology]. Moscow, Maks Press, 2006. 104 p.
15. Tsvetkov V.Ia. Informatization innovation processes and geo-information technology. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziia i aerofotos'emka - proceedings of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography*, 2006, no.4, pp.112-118 (in Russian).
16. Poliakov A.A., Tsvetkov V.Ia. *Prikladnaia informatika* [Applied Informatics]. Moscow, Ianus-K, 2002. 392 p.
17. Tsvetkov V.Ia., Markelov V.M. PSpatial situational analysis. *Vestnik MGTU MIREA - Vestnik MSTU MIREA*, 2013, no.1 (1), pp. 103-116 (in Russian).
18. Tsvetkov V.Ia. Geostatistics. *Geodeziia i aerofotos'emka - Geodesy and aerial photography*, 2007, no.3, pp. 174-184 (in Russian).
19. V. Ya. Tsvetkov. Global Monitoring. *European Researcher*, 2012, Vol.(33), no.11-1, pp.1843-1851.
20. Maiorov A.A., Tsvetkov V.Ia., Markelov V.M. GIS-based approach in logistics. *Geodeziia i aerofotos'emka - Geodesy and aerial photography*, 2012, no.6, pp. 93-97 (in Russian).
21. Savinykh V.P. Use of remote sensing methods for transport management. *Nauki o Zemle - Earth Science*, 2012, no.2, pp. 58-61 (in Russian).
22. Tsvetkov V.Ia., Kuzhelev P.D. Railway geotechnical system. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia - Successes of modern natural science*, 2009, no.4, p. 52 (in Russian).
23. Savinykh V.P., Solov'ev I.V., Tsvetkov V.Ia. The development of the national spatial data infrastructure through the development of cartographic-geodetic Fund of the Russian Federation. *Geodeziia i aerofotos'emka - Geodesy and aerial photography*, 2011, no.5, pp.85-91 (in Russian).
24. Monakhov S.V., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. *Metodologiya analiza i proektirovaniia slozhnykh informatsionnykh sistem* [Methodology for the analysis and design of complex information systems]. Moscow, Prosveshchenie, 2005. 264 p.
25. Lachinov V.M., Poliakov A.O. *Infodinamika ili put' k Otkrytomu miru* [Infodynamics or the path to the Open world]. Saint Petersburg, SPbGTU, 1999. 432 p.

Информация об авторе

Кужелев Павел Дмитриевич
(Россия, Москва)

Доцент, кандидат технических наук
Московский государственный университет
геодезии и картографии
E-mail: miigaiknir@yandex.ru

Information about the author

Kuzhelev Pavel Dmitrievich
(Russia, Moscow)

Associate Professor, PhD in Technical Sciences
Moscow State University
of Geodesy and Cartography
E-mail: miigaiknir@yandex.ru