

УДК 528.94:004.4

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-1-83-96

РЕШЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ TRACKING ANALYST В СОСТАВЕ ARCGIS

Андрей Александрович Басаргин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: abaspirant@mail.ru

Петр Юрьевич Бугаков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: peter-bugakov@yandex.ru

Станислав Юрьевич Кацко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: s.katsko@ssga.ru

Своевременность и точность принятия пространственных решений основаны на получении, обработке, анализе и визуализации геопространственных данных с помощью современных программных продуктов. Информация, поставляемая и обрабатываемая в режиме реального времени, делает доступным динамическое моделирование и быструю реакцию на чрезвычайные ситуации. В первую очередь это относится к службам быстрого реагирования, изучения и мониторинга окружающей среды, транспортным службам, сфере обороны.

В статье рассматриваются возможности программного модуля Tracking Analyst для анализа данных в режиме реального времени. Кроме того, представлена структура геопространственных данных для их визуализации и выполнен мониторинг объектов в режиме реального времени при помощи Tracking Analyst. В качестве практического обоснования приведено решение логистической задачи на основе модуля Tracking Analyst, входящего в состав геоинформационной системы ArcGIS.

Ключевые слова: режим реального времени, визуализация, временные события, навигация, мониторинг, Tracking Analyst, ArcGIS, логистические задачи, геопространственные решения.

Введение

В настоящее время технологии принятия решений, связанные с анализом пространственных данных, основываются на различных геоинформационных технологиях. Уже не одно десятилетие активно применяется геоинформационный анализ данных и геопространственное моделирование. Однако этот факт не уменьшает важности исследования возможностей применения геоинформационных систем для решения пространственных задач на основе данных дистанционного зондирования (ДДЗ), а также связанных с ними математических методов и алгоритмов и других вычислительных технологий.

На сегодняшний день во многих сферах деятельности важную роль играет своевременность принятия решений. Безусловно, для этого необходимо вовремя получать информацию, интересующую пользователя (или клиента). Информация, предоставляемая в режиме реального времени, делает доступным динамическое моделирование и быструю реакцию на возникающие ситуации, что особенно важно при работе во время чрезвычайных происшествий. В первую очередь это относится к службам быстрого реагирования, изучения и мониторинга окружающей среды, транспортным службам, сфере обороны.

Помимо оперативного получения данных большую роль играет наглядность представления (визуализация) геопространственной информации, а также результатов ее обработки. В связи с этим возникает потребность в использовании геоинформационных технологий, обладающих возможностями визуализации и проведения анализа.

Можно отметить, что исследованиям в области применения ГИС-технологий для оперативного принятия решений в режиме реального времени посвящен ряд публикаций и монографий как российских авторов, так и их зарубежных коллег [1–5].

Среди проанализированных работ выделяется ряд исследований, посвященных применению геоинформационных систем и технологий для управления транспортными потоками и логистикой [1–7]. В частности, в указанных работах приведены примеры успешного использования различных модулей геоинформационной системы ArcGIS, которая является одной из наиболее профессиональных геоинформационных систем (ГИС) в мире.

На российском рынке систем мониторинга автомобильного транспорта существует множество готовых программных решений: «Автоскоп», «Автотрекер», «СКАУТ», «ANTOR MonitorMaster». Это программное обеспечение имеет схожие функции, которые позволяют видеть перемещение транспортного средства в режиме реального времени, отображать на карте положение, скорость, направление движения и пройденный маршрут.

Модуль Tracking Analyst входит в состав ArcGIS и является профессиональным программным инструментом. Основными задачами модуля являются визуализация и анализ данных на основе сочетания параметров времени, местоположения и атрибутов. Помимо этого можно отображать и изучать динамику развития различных событий или явлений, создавать системы слежения за объектами в режиме реального времени, планировать ход развития событий в привязке к пространству и времени, обеспечивать управление и координацию оперативных действий, а также осуществлять мониторинг и управление транспортными сетями.

Составные объекты, обрабатываемые Tracking Analyst, объединены в общую топологическую структуру, и даже если такой объект показывается на карте в виде одной точки, его внутреннее состояние и структура могут влиять на возможности маршрутизации по сети. На детальном уровне составной объект – это целый набор объектов различных классов, составляющих вместе один

сложный транспортный объект. Другими словами, на генерализованном уровне объект – это лишь точка, «черный ящик», имеющий входы и выходы.

Учитывая перечисленные преимущества программного модуля Tracking Analyst, именно его мы можем рекомендовать использовать при решении пространственных транспортных и логистических задач в режиме реального времени [8]. В подтверждение этого рассмотрим использование Tracking Analyst на практическом примере.

Структура геопространственных данных для анализа в режиме реального времени

Модуль Tracking Analyst поддерживает данные из источников, предоставляющих данные в режиме реального времени (Tracking Server), а также данные в формате шейп-файл (Shapefile).

Временные данные включают информацию относительно события, описывающего наблюдение объекта или группы объектов через определенный промежуток времени. В Tracking Analyst эту информацию можно представить с помощью простых и сложных временных событий [9].

Рассмотрим примеры простых и сложных событий.

Простое событие содержит всю информацию, необходимую для обработки и отображения, в одном сообщении или записи – компоненте временного наблюдения («temporal observation component»). Эта компонента включает в себя дату и время, а также может содержать различные атрибутивные данные. Для простого события все данные содержатся в одной таблице. Пример структуры данных представлен в табл. 1.

Таблица 1

Структура данных для простого события

ID	Время	Координаты	Статус
1	T1	X1,Y1	Зеленый
2	T2	X2,Y2	Зеленый
1	T3	X3,Y3	Зеленый
2	T4	X4,Y4	Зеленый
3	T5	X5,Y5	Зеленый
2	T6	X6,Y6	Зеленый
1	T7	X7,Y7	Зеленый
1	T8	X8,Y8	Красный

Поле «ID» содержит идентификатор объектов, наблюдаемых во времени. Это значение может использоваться, чтобы объединить различные наблюдения одного объекта для целей анализа и отображения.

Например, можно отслеживать в течение рабочего дня несколько грузовых автомобилей, каждый с собственным значением ID.

В приведенном примере структуры данных простого события также содержатся сведения о времени (столбец «Время»), положении объекта («Координаты») и статусе объекта («Статус»). Статус объекта в данном случае отображается разными цветами и меняется в зависимости от настроек программы. Например, обозначение объекта на карте будет иметь зеленый цвет, если он находится в границах определенной территории. Но как только объект пересекает указанную в программе границу, цвет значка меняется на красный.

Сложное событие включает компоненту наблюдения и компоненту временного объекта («temporal object component»). Если компонента временного наблюдения не содержит всю необходимую информацию для объекта, дополнительная информация может находиться в компоненте объекта.

Содержание этой компоненты будет зависеть от того, наблюдается ли объект в реальном времени. Чтобы создать полную картину информации, по каждому объекту, производится слияние двух компонент посредством идентичного поля «ID» в обеих таблицах (рис. 1).



Рис. 1. Объединение двух компонент сложного события по колонке «ID»

Сложное событие является динамическим, если географическое положение объекта постоянно изменяется. В этом случае в таблицах будут содержаться координаты объекта на определенную дату и время. К этому виду событий относится, например, слежение за автомобилями службы доставки в режиме реального времени. В этом случае компоненты могут содержать дополнительные данные, такие как номер экипажа («Номер»), фамилия водителя («Водитель»), скорость движения и т. п.

В том случае, если временные данные хранятся на диске, то эти компоненты имеют вид файлов или таблиц. Для данных, получаемых в режиме реального времени, как в простых, так и сложных событиях, компоненты временного наблюдения автоматически объединены.

Решение навигационной задачи при помощи Tracking Analyst

Одной из задач анализа пространственных данных, в решении которых может участвовать модуль ArcGIS Tracking Analyst, является управление парком транспортных средств. Эта задача стоит перед коммерческими перевозчиками, осуществляющими транспортировку грузов и пассажиров, перед сетевыми торговыми компаниями, сбытовыми подразделениями нефтяных компаний, а также компаниями, осуществляющими продажи по каталогам и через интернет-магазины. Целью создания системы управления парком транспортных средств (ТС) является снижение общих расходов на транспортировку и сокращение сроков выполнения заказов (классическая задача транспортной логистики) [10].

Помимо планирования движения транспортных средств, в настоящее время востребована задача оперативного мониторинга (в режиме реального времени) транспортных средств и грузов. Сейчас для ее решения предлагается несколько технологий и готовые комплекты для установки на подвижные объекты и в центры мониторинга. Любая такая система состоит из бортовых устройств, сервера сообщений и программного обеспечения оператора.

Наиболее простые бортовые устройства определяют свое положение в пространстве и передают цифровые сообщения с координатами по общедоступным каналам связи. Более совершенные устройства могут также передавать телеметрию (параметры состояния транспортного средства или груза), вести автономную запись на встроенный носитель данных, в том числе обеспечивать диалог водителя и диспетчера. Транспортные предприятия, желающие создать систему оперативного мониторинга парка ТС или грузов, сегодня могут выбирать оборудование среди уже довольно широкого спектра предложений различных производителей – как зарубежных, так и российских.

Передаваемые бортовыми устройствами координаты в конечном итоге поступают на сервер сообщений, ведущий оперативную базу данных. Входящие сообщения сортируются и обрабатываются для построения индивидуальных журналов движения и параметров объектов мониторинга. Эти журналы могут просматриваться операторами центра мониторинга, а хранящиеся в них траектории – отображаться на картах [11].

Для оборудования центра мониторинга в линейке серверных продуктов ESRI имеется продукт Tracking Server. Он состоит из двух компонент – сервера сообщений и веб-службы картографической визуализации. База данных мониторинга формируется сервером сообщений и хранится под управлением ArcSDE. Визуализация может осуществляться через стандартный веб-браузер («тонкий» клиент) или с помощью модуля Tracking Analyst для ArcGIS Desktop («толстый» клиент). Отметим, что возможности модуля Tracking Analyst значительно шире, чем у браузерного клиента [12].

Помимо возможностей визуализации ArcGIS Tracking Analyst может использоваться для решения задач навигации транспорта. Данный модуль осуще-

ствяет такие функции, как запись траектории и дальнейший анализ движения объектов. При использовании другого модуля ArcGIS – Network Analyst – также возможно построение маршрутов. Преимуществом указанного программного обеспечения является то, что оно, в отличие от замкнутых бортовых навигационных систем, открыто для взаимодействия с другими приложениями и может решать множество сопутствующих пространственных задач.

Исходными данными указанного в работе практического примера применения модуля Tracking Analyst послужили результаты наблюдений за движением грузовых автомобилей, производящих доставку товара клиентам в Новосибирске.

Исходные данные (точки доставки товара) были нанесены на карту Новосибирска красными флажками (слой «Delivery Locations»). Желтая линия обозначает границу той части Новосибирска, в которой осуществляется доставка товара (слой «Delivery Service Area»). В нашем случае линией обозначена граница Заельцовского района. Карта Новосибирска представлена на слое «Street map» (рис. 2).

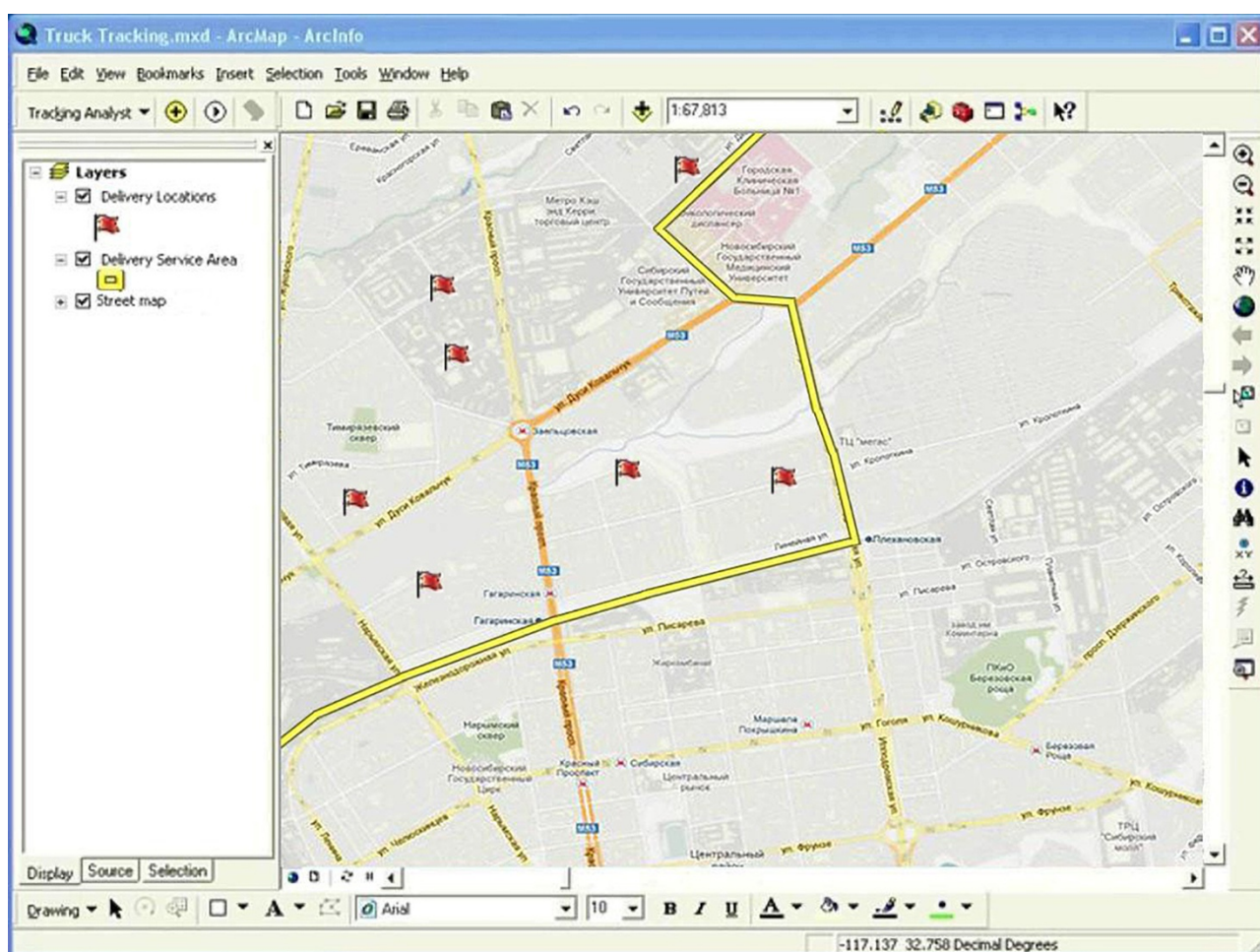


Рис. 2. Начальный вид окна приложения ArcMap с исходными данными на карте Новосибирска

Следующим шагом является добавление данных на карту. Для этого необходимо использовать инструмент «Tracking Analyst» (рис. 3) [13].



Рис. 3. Кнопка добавления данных для работы в модуле Tracking Analyst

На экране появляется диалоговое окно добавления данных «Add Data». В окне, среди соединений с Tracking Server («Tracking Server Connection»), выбираем необходимое – «Delivery_Trucks».

Теперь на карте в режиме реального времени на карте отображается движение грузовиков (рис. 4).

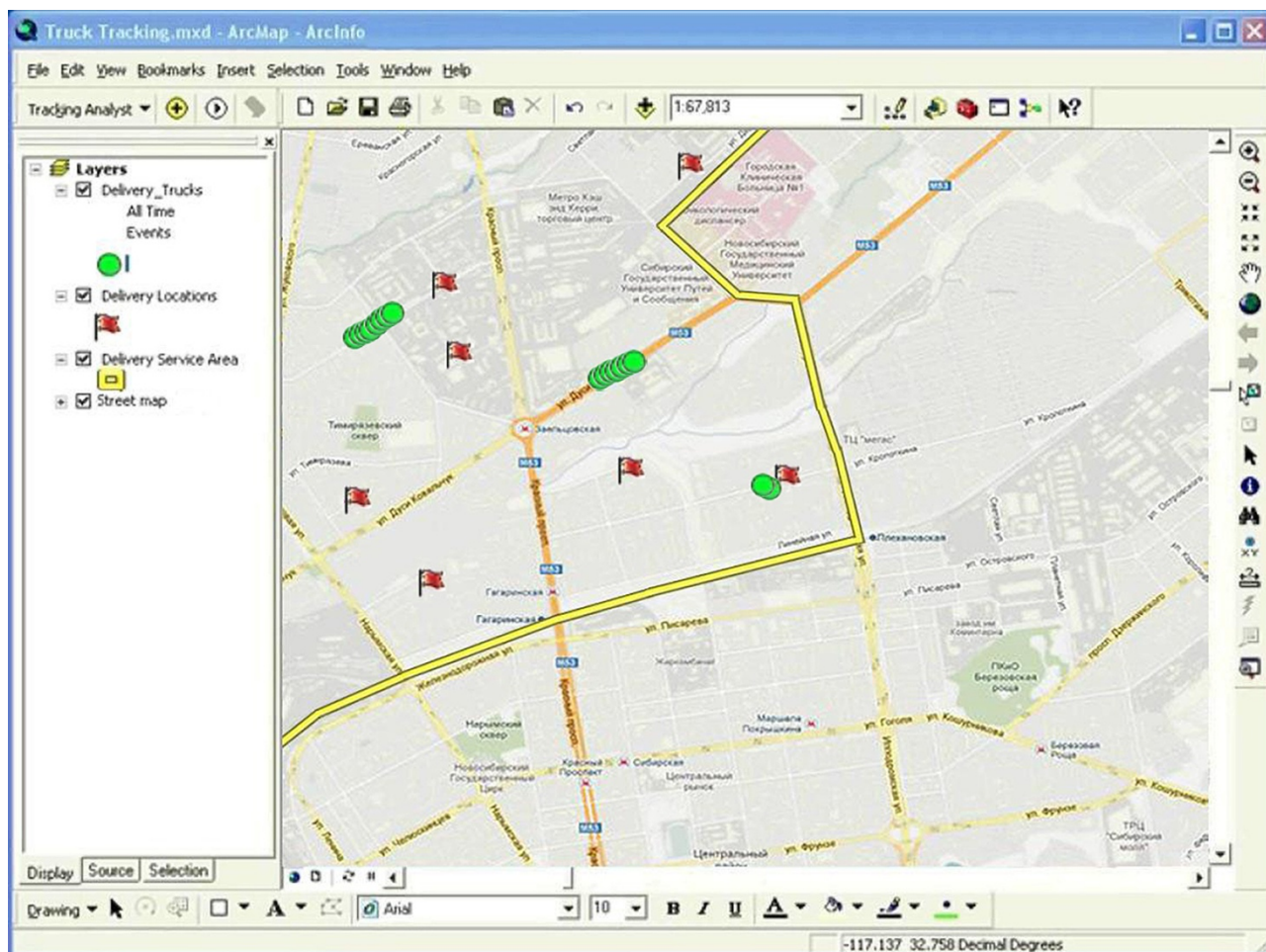


Рис. 4. Отображение движения грузовиков службы доставки на карте

Символы отображения объектов мы можем менять по своему усмотрению. Это может быть стандартный значок, как показано на рис. 4 (зеленый круг),

так и более наглядный символ – схематичное изображение грузовика с его номером (рис. 5).

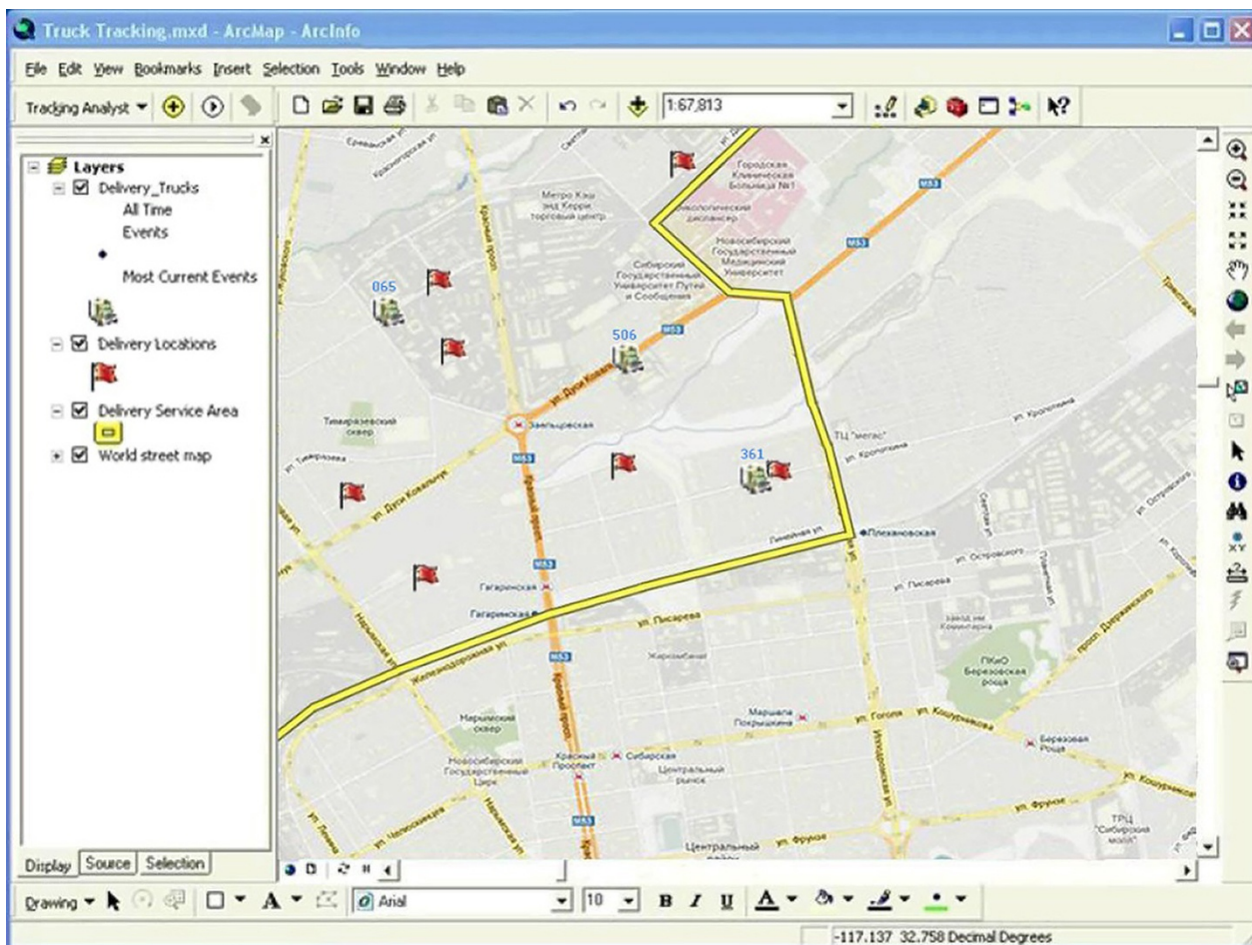


Рис. 5. Отображение движения грузовиков с помощью наглядных символов

При отображении грузовиков стандартными символами на карте будет видна вся траектория движения, так как значки сохраняются в каждой точке при обновлении данных. Значки грузовиков, напротив, отображаются именно на том месте, где сейчас они находятся [14, 15].

Действия в модуле Tracking Analyst служат инструментом для анализа данных. Они выполняются на основе атрибутивных данных или пространственных взаимосвязей объектов. Для добавления действия требуется настроить «Свойства» («Properties») для слоя с добавленными данными – «Delivery_Trucks».

В появившемся окне было установлено название для нового действия «Вне зоны обслуживания» («Out of Service Area») и тип создаваемого действия «Выделение/Скрытие» («Highlight/Suppression»).

В диалоговом окне «Symbol Selector» производился выбор символа, с помощью которого действие выделяется на карте. Внешний вид символа, в част-

ности, его изображение и параметры (цвет, размер, угол поворота) устанавливаются пользователем программы. Очевидно, что чем ярче и заметнее символ выделения на карте, тем нагляднее процесс визуализации данных.

После этого на вкладке «Действия» («Actions») в списке действий, заданных для слоя «Delivery_Trucks», появилось созданное нами действие «Вне зоны обслуживания» («Out of Service Area») [16].

В соответствии с указанными настройками на карте красным кругом были выделены объекты, вышедшие за границы службы доставки. Например, если компания практикует бесплатную доставку товара в пределах определенного района, то подсветка машины, покинувшей данную территорию, поможет контролировать, насколько правильно была взята оплата с клиента, а также избежать отъезда водителя за пределы ограниченной территории. Сигнал с бортовых устройств автомобиля всегда будет показывать точные координаты объекта. По имеющимся данным видно, что в момент простоя грузовиков с номерами «065» и «361» автомобиль под номером «506» покинул границу Заельцовского района и продолжает движение в Калининском (рис. 6).

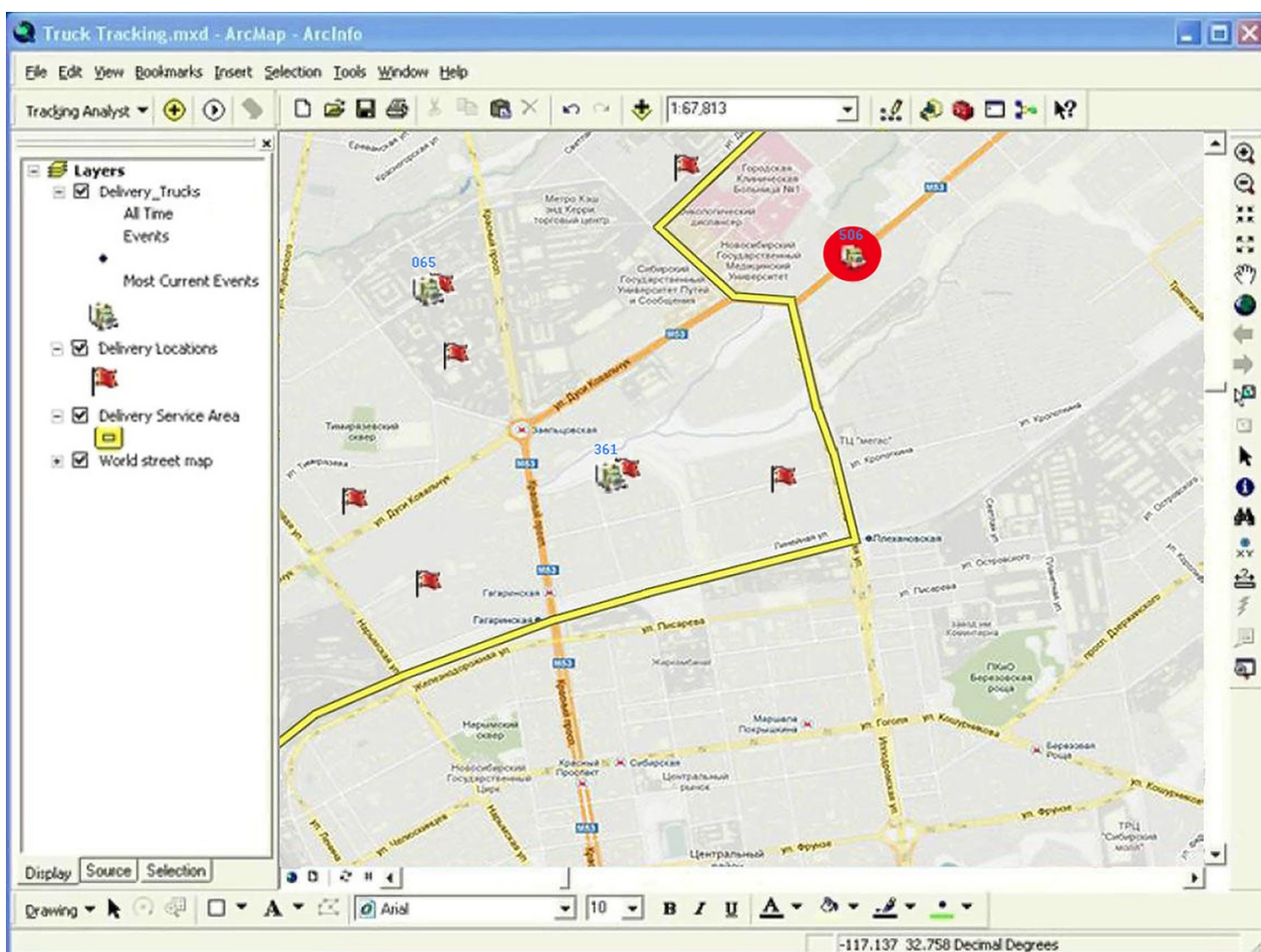


Рис. 6. Выделение на карте грузовика, пересекающего границу Заельцовского района

Во время установления соединения программа производит запись данных. Это позволяет, используя инструмент «Playback Manager», наблюдать движение объектов во времени.

Вызов инструмента «Playback Manager» осуществляется нажатием кнопки со значком воспроизведения на панели инструментов (рис. 7) [17, 18].



Рис. 7. Кнопка активации инструмента «Playback Manager»

После появления окна «Playback Manager» можно «проигрывать» данные за прошедшее время назад и вперед до момента вызова данного инструмента, что позволяет подробнее изучить события, произошедшие с объектами на экране, а также узнать соответствующее им точное время и дату (рис. 8).

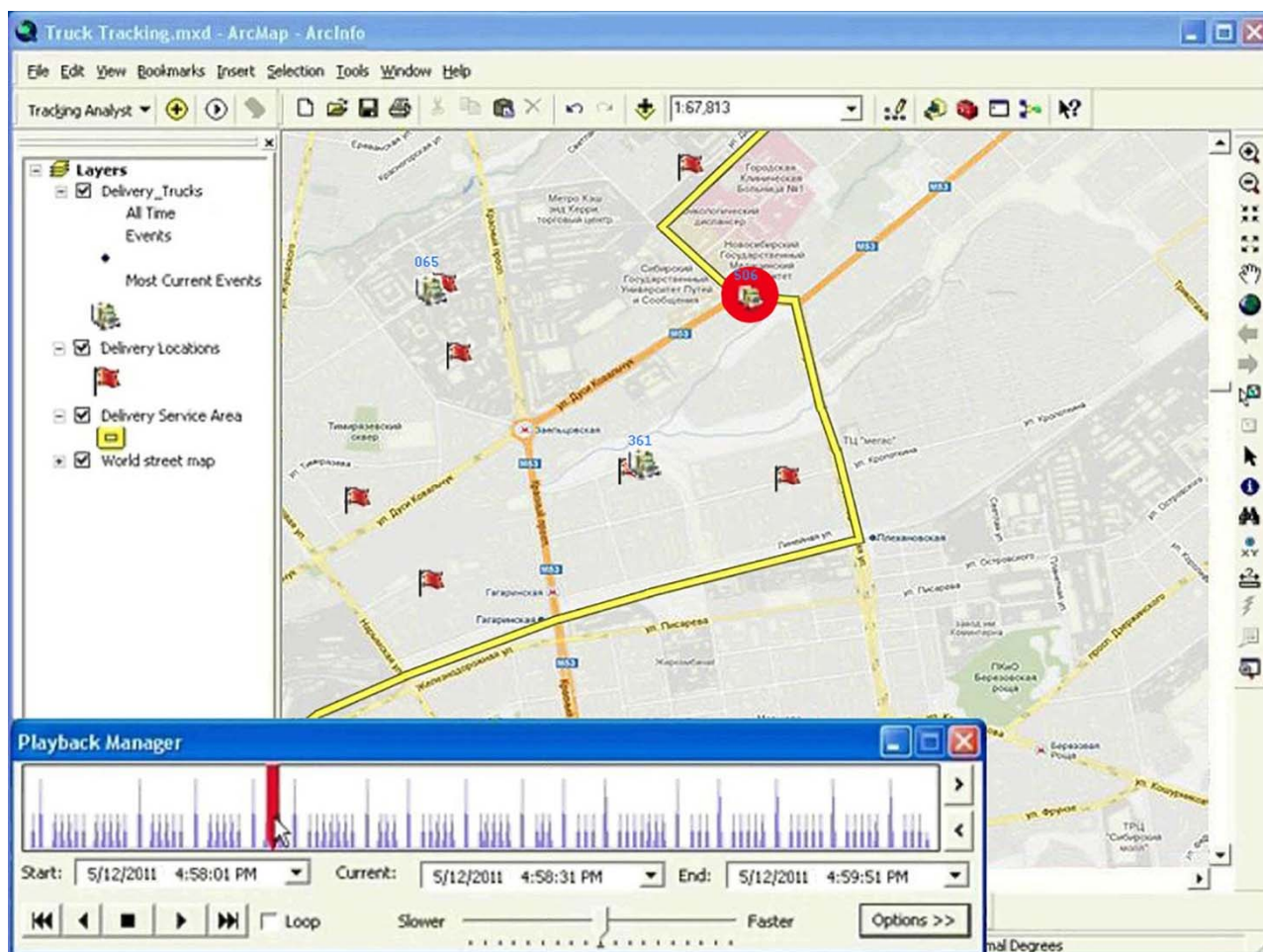


Рис. 8. Использование «Playback Manager» для наблюдения за произошедшими событиями

Рассмотренные выше задачи, решаемые с помощью модуля Tracking Analyst, позволяют вести навигационные наблюдения за транспортными объектами в режиме реального времени и анализировать их действия.

Заключение

В статье была рассмотрена структура геопространственных данных, как поступающих в модуль Tracking Analyst как в режиме реального времени с сервера, так и хранящихся на диске. В результате были выбраны оптимальные параметры для анализа данных в режиме реального времени.

Кроме того, был рассмотрен процесс получения данных в режиме реального времени для их визуализации и проведения пространственного анализа. Возможности анализа рассматривались на примере решения навигационной задачи перемещения грузовых автомобилей. Использование модуля Tracking Analyst при наблюдении за автомобилями службы доставки в режиме реального времени позволило визуализировать движение служебного транспорта, а также осуществить контроль за действиями водителей.

В дальнейшем полученные результаты исследования аналитических возможностей Tracking Analyst могут использоваться логистическими компаниями, организациями, занимающимися транспортными перевозками, службами быстрого реагирования, для своевременного принятия управленческих решений. Кроме того, они найдут применение в научных изысканиях, касающихся обработки динамических пространственных и временных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГИС – важный инструмент почтовых операторов и логистических компаний [Электронный ресурс] // ArcReview. – 2018. – № 1 (84). – Режим доступа: <https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=25824>.
2. ГИС в решении транспортных проблем [Электронный ресурс] // ArcReview. – 2016. – № 1 (76). – Режим доступа: <https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=23327>.
3. ГИС для управления активами и планирования маршрутов грузоперевозок в компании Werner Enterprises [Электронный ресурс] // ArcReview. – 2016. – № 1 (76). – Режим доступа: <https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=23333>.
4. ГИС и транспорт [Электронный ресурс] // ArcReview. – 2007. – № 3 (42). – Режим доступа: <https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=1366>.
5. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.
6. Карпик А. П., Осипов А. Г., Мурзинцев П. П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе : монография. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 280 с.
7. Геоинформация в кризисном менеджменте / Д. В. Лисицкий, С. Ю. Кацко, А. А. Колесников, П. Ю. Бугаков // ГЕО-Сибирь-2010. Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. Т. 3. – С. 195–199.
8. Лисицкий Д. В., Комиссарова Е. В., Колесников А. А. Теоретические основы и особенности мультимедийной картографии // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 72–87.

9. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
10. Лисицкий Д. В., Хорошилов В. С., Бугаков П. Ю. Картографическое отображение трехмерных моделей местности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 98–102.
11. Мультимедийное направление в картографии / Д. В. Лисицкий, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, П. Ю. Бугаков, В. С. Писарев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 3. – С. 40–44.
12. Ромичева Е. В. Методы обработки и визуализации больших данных // Аллея науки. – 2017. – Т. 3. – № 16. – С. 976–982.
13. Хорошилов В. С., Кацко С. Ю. Геоинформационное пространство и виртуальная географическая среда // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 256–260.
14. Что такое Tracking Analyst? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/extensions/tracking-analyst/000-what-is-tracking-analyst.htm>.
15. ArcGIS в моделях транспортных систем мегаполисов [Электронный ресурс] // ArcReview. – 2013. – № 1 (64). – Режим доступа: <https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=9994>
16. ArcGIS Tracking Analyst [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.esri-cis.ru/products/trackinganalyst/detail/review/>.
17. Bill Franks. Taming the big data tidal wave: finding opportunities in huge data streams with advanced analytics. – John Wiley & Sons, Inc., 2012. – 336 p. – DOI: 10.1002/9781119204275.
18. Dr. Arvind Sathi. Big Data Analytics: Disruptive Technologies for Changing the Game. – MC Press Online, LLC, 2012. – 91 p.

Получено 01.11.2018

© А. А. Басаргин, П. Ю. Бугаков, С. Ю. Кацко, 2019

LOGISTIC TASKS SOLUTION ON BASE OF GEOSPATIAL DATA PROCESSING USING MODULE TRACKING ANALYST IN ARCGIS

Andrei A. Basargin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Applied Informatics and Information Systems, phone: (383)343-18-53, e-mail: abaspirant@mail.ru

Petr Yu. Bugakov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Applied Informatics and Information Systems, phone: (383)343-18-53, e-mail: peter-bugakov@ya.ru

Stanislav Yu. Katsko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Applied Informatics and Information Systems, phone: (383)343-18-53, e-mail: s.katsko@ssga.ru

The timeliness and accuracy of spatial decision-making are based on obtaining, processing, analyzing and visualizing geospatial data using modern software. Information delivered and processed in real time makes dynamic modeling and fast response to emergencies available. First of all, this concerns the services of rapid response, the study and monitoring of the environment, transport services, and the sphere of defense.

The article discusses the capabilities of the software module Tracking Analyst for real-time data analysis. In addition, the structure of geospatial data for their visualization is presented and objects are monitored in real time using Tracking Analyst. As a practical justification, the solution of the logistic problem is given on the basis of the Tracking Analyst module, which is part of the geographic information system ArcGIS.

Key words: real time mode, visualization, time events, navigation, monitoring, Tracking Analyst, ArcGIS, logistic tasks, geospatial solutions.

REFERENCES

1. GIS is an important tool for postal operators and logistics companies. (2018). *ArcReview*, 3(42). Retrieved from <https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=25824> [in Russian].
2. GIS in solving transport problems. (2016). *ArcReview*, 3(42). Retrieved from <https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=23327> [in Russian].
3. GIS for asset management and freight planning in Werner Enterprises. (2016). *ArcReview*, 3(42). Retrieved from <https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=23333> [in Russian].
4. GIS and transport. (2007). *ArcReview*, 3(42). Retrieved from http://www.dataplus.ru/arcrev/Number_42/1_terr.html [in Russian].
5. Karpik, A. P., & Lisitsky, D. V. (2009). Electronic geographic environment - essence and concept. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 5, 41–44 [in Russian].
6. Karpik, A. P., Osipov, A. G., & Murzintsev, P. P. (2010). *Upravlenie territoriei v geoinformatsionnom diskurse [Territory Management in geoinformation discourse]*. Novosibirsk: SSGA Publ., 280 p. [in Russian].
7. Lisitsky, D. V., Katsko, S. Yu., Kolesnikov, A. A., & Bugakov, P. Yu. (2010). Geoinformation in crisis management. In *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2010: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya [Proceedings of GEO-Siberia-2010: International Scientific Conference: Vol. 3. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 195–199). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
8. Lisitskiy, D. V., Komissarova, E. V., & Kolesnikov, A. A. (2017). Theoretical bases and features of multimedia cartography. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(3), 72–87 [in Russian].
9. Lisitsky, D. V. (2013). Prospects for the development of cartography: from the system "Digital Earth" to the virtual system geo-reality. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(22), 8–16 [in Russian].
10. Lisitsky, D. V., Khoroshilov, & V. S., Bugakov. (2012). Cartographic visualization of three-dimensional terrain models. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 2/1, 98–102 [in Russian].
11. Lisitsky, D. V., Kolesnikov, A. A., Komissarova, E. V., Bugakov, P. Ju., & Pisarev, V. S. (2014). Multimedia direction in cartography. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 3, 40–44 [in Russian].
12. Romicheva, E. V. (2017). Methods of processing and visualization of big data. *Alleya nauki [Science Alley]*, 3(16), 976–982 [in Russian].
13. Khoroshilov, V. S., & Katsko, S. Yu. (2015). Geoinformation environment and virtual geographical environment. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, S/5, 256–260 [in Russian].

14. What is Tracking Analyst? (n. d.) Retrieved from <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/extensions/tracking-analyst/000-what-is-tracking-analyst.htm> [in Russian].
15. ArcGIS in megalopolis transport system models. (2013). *ArcReview*, 1(64). Retrieved from <https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=9994> [in Russian].
16. ArcGIS Tracking Analyst. (n. d.). Retrieved from <https://www.esri-cis.ru/products/trackinganalyst/detail/review/> [in Russian].
17. Bill Franks. (2012). *Taming the big data tidal wave: finding opportunities in huge data streams with advanced analytics*. John Wiley & Sons, Inc., 336 p.
18. Dr. Arvind Sathi. (2012). *Big Data Analytics: Disruptive Technologies for Changing the Game* (1st ed.). MC Press Online, LLC, 98 p.

Received 11.01.2018

© A. A. Basargin, P. Yu. Bugakov, S. Yu. Katsko, 2019