

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

# ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

**Материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов  
УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования  
Международного Дня ГИС 2017**

Минск, 15 ноября 2017 г.

Ответственный редактор  
Н. В. Жуковская

МИНСК  
2017

Редакционная коллегия:

кандидат географических наук Н. В. Жуковская (отв. редактор),  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор Н. В. Клебанович,  
доктор географических наук, профессор Н. К. Чертко,  
кандидат географических наук, доцент Д. М. Курлович,  
кандидат географических наук, доцент Н. В. Ковальчик,  
кандидат географических наук, доцент А. А. Карпиченко,  
кандидат географических наук, доцент Л. И. Смыкович,  
О. М. Ковалевская, А. С. Семенюк, А. А. Сазонов

Рецензенты:

кандидат географических наук, доцент А. А. Топаз,  
кандидат геолого-минералогических наук, доцент В. Э. Кутырло.

ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2017, Минск, 15 ноябр. 2017 г. / редкол. : Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2017. – 123 с.

Представлены научные работы, принимавшие участие в конкурсе ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенном в рамках празднования Международного Дня ГИС 2017 на географическом факультете Белорусского государственного университета.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов по геоинформационным технологиям, географов, гидрометеорологов, экологов, геологов, студентов географических и геологических специальностей.

ÓБелорусский государственный университет, 2017  
ÓКоллектив авторов, 2017

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алчинов, А.И. Методы цифровой фотограмметрии. Технология «Талка» / А.И. Алчинов, Н.Д. Беклемишев, В.Б. Кекелидзе. – М.: МГУП, 2007. – 260 с.
2. Иноземцев, Д.П. Беспилотные летательные аппараты: теория и практика. Часть 2. Модель обработки аэрофотоснимков в среде AGISOFT PHOTOSCAN / Д.П. Иноземцев // АТИП. – 2013. – № 3. – С. 51.
3. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan: Professional Edition, версия 1.1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agisoft.com>.
4. Семенов, А.Е. Автоматизированный способ получения ортофотопланов, матриц высот и 3D-моделей местности с помощью БЛА и ПО PhotoScan Pro / А.Е. Семенов // Организация, технологии и опыт ведения кадастровых работ: труды 17-й Всероссийской конференции, Москва, ноябрь 2012 г., / РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – Москва. – 2012 – С. 4.
5. Phantom 3. Руководство пользователя. – Shenzhen, China.: SZ DJI Technology Co, 2015. – 60 с.

## ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ДОСТУПНОСТИ СЛУЖБ МЧС ГОРОДА МОГИЛЕВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

**А. В. Клепча**

студент 4-го курса кафедры геодезии и ГИС инженерно-строительного факультета Полоцкого государственного университета

**П. Ф. Парадня**

старший преподаватель кафедры геодезии и ГИС инженерно-строительного факультета Полоцкого государственного университета

Важным объектом исследований в географии являются различные географические сети, представляющие собой совокупности линейных фрагментов природного (например, речные, орографические, тектонические) и антропогенного (например, дорожные, электрические, коммуникационные) характера.

Целью изучения географических сетей является выявление закономерностей их строения, формирования и развития, а также мониторинг, оптимизация и управление (например, в случае транспортных и коммуникационных сетей). ГИС-технологии обеспечивают возможность компьютерного представления, моделирования и анализа, сколь угодно больших по числу вершин и ребер сетевых объектов, в сочетании с автоматизированным тематическим картографированием, интерактивным редактированием и визуализацией (включая мультимедиа) соответствующих сетевых моделей [1].

В моделировании и анализе географических сетей широко применяются методы теории графов. Как известно, любое картографическое изображение территориальных отношений содержит метрические и топологические атрибуты. Графовые модели акцентируют внимание именно на топологические свойства сетей: порядок соединения вершин, наличие циклов, степень связности и др.

Реальные территориальные отношения и связи можно формализовать и изобразить в виде многомерных графов-картосхем. Однако методика анализа таких графов еще недостаточно разработана. Поэтому при изучении географических сетей чаще всего используются относительно простые графовые модели, методика анализа которых разработана до уровня алгоритмов и программ.

В случае сетевого анализа геоинформационные системы обеспечивают эффективное решение трех взаимосвязанных задач: 1) представление и хранение в базе данных метрической и топологической информации о структуре сети; 2) визуализацию географических сетей в виде дисплейных картосхем с возможностью интерактивного запроса атрибутивной информации по каждому элементу сети; 3) анализ структуры сети на основе моделей и алгоритмов теории графов [2].

Первый этап осуществления анализа – это подбор картографического материала. Картографические данные в ГИС могут быть введены в аналоговом и цифровом виде.

В данной работе в качестве картографического материала использовалась отсканированная карта города Могилева масштаба 1 : 50 000 (рисунок 1) из Национального атласа Беларуси (издание от 2002 г.) [3]. Для осуществления достоверного анализа картографический материал был зарегистрирован в системе координат Pulkovo 1942.

Для обработки картографического материала использовалась программная среда ArcGIS. На основе растрового картографического материала создавались векторные объекты, и вносилась атрибутивная информация по мере необходимости. В результате проделанной работы был создан набор тематических слоев (рисунок 2).



Рисунок 1 – Исходное картографическое изображение

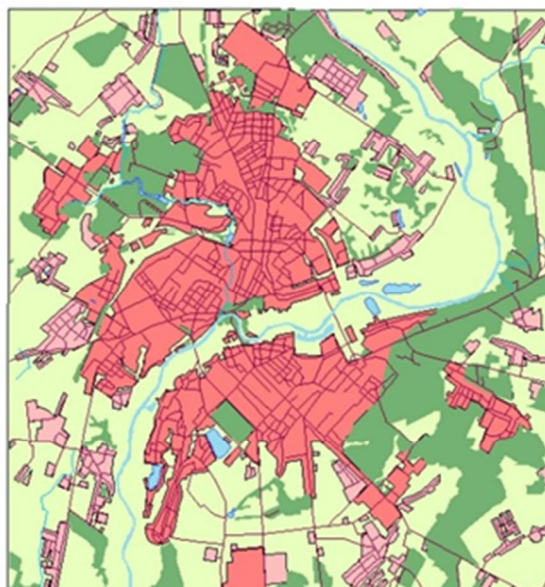


Рисунок 2 – Векторное представление данных

Особенностью сетевого анализа является наличие затратных единиц, по которым программа будет оценивать дорожный граф. Перед тем как приступить непосредственно к построению набора сетевых данных, необходимо внести в атрибутивную таблицу (рисунок 3) информацию о затратных единицах. Затратные единицы – это стоимость пересечения ребра дорожного графа. В качестве затрат могут выступать как условные единицы, так и вполне реальные, например, литры затраченного топлива на пересечения данного участка ребра графа, время,

расстояние и др. В качестве стоимостных единиц в работе использовалось время в минутах, которое рассчитывалось исходя из скоростного режима ребра графа. Для учета всех исключений в атрибутивную информацию слоя сетевого анализа была добавлена информация об ограничениях, которая в дальнейшем указывается при построении графа дорог.

Информация об ограничениях была получена с помощью географического интернет-сервиса [mapcreator.here.com](http://mapcreator.here.com), который является картографическим сервисом, принадлежащим консорциуму компании AUDI AG, BMW Group и Daimler AG. Он используется в многочисленных пакетах программного обеспечения, включая системы навигации, а также доступен для веб-браузеров и телефонов на различных платформах. С помощью встроенных функций данного гео-сервиса была внесена семантика о направлении движений. Данную информацию геосервис предоставляет бесплатно.

FID	Shape *	FID 111	Движение	lenq	min	тип
747	Полилиния	0	1	242,993	0,242993	0
762	Полилиния	0	1	262,69699	0,262697	0
789	Полилиния	0	1	128,257	0,128257	0
804	Полилиния	0	1	218,28999	0,21829	0
806	Полилиния	0	1	192,866	0,192866	0
817	Полилиния	0	1	129,435	0,129435	0
833	Полилиния	0	1	241,147	0,241147	0
845	Полилиния	0	1	134,461	0,134461	0
907	Полилиния	0	1	149,117	0,149117	0
1168	Полилиния	0	1	245,30099	0,245301	0
1186	Полилиния	0	1	254,043	0,254043	0
1188	Полилиния	0	1	201,32001	0,20132	0
1191	Полилиния	0	1	311,298	0,311298	0
1202	Полилиния	0	1	307,30099	0,307301	0
1216	Полилиния	0	1	349,16599	0,349166	0
1222	Полилиния	0	1	136,783	0,136783	0
0	Полилиния	0	0	77,769798	0,07777	0
1	Полилиния	0	0	61,0224	0,061022	0
2	Полилиния	0	0	7,39193	0,007392	0
3	Полилиния	0	0	71,415802	0,071416	0

Рисунок 3 – Атрибутивная информация слоя дорог

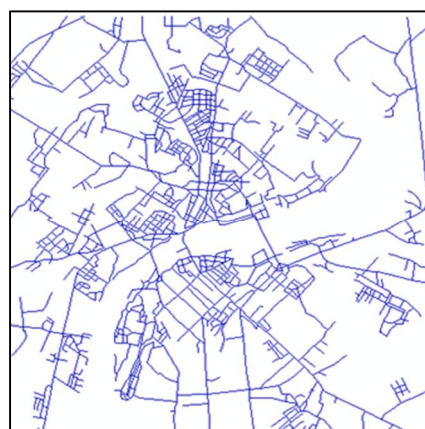


Рисунок 4 – Граф дорог г. Могилева в среде ArcGIS

Граф дорог в среде ArcGIS строится на основе линейного слоя дорог и состоит из ребер, соединений и поворотов. Анализируемый слой должен иметь следующий минимальный состав атрибутивных характеристик для каждого сегмента: длина; время прохождения; скорость движения; признак одностороннего движения; класс иерархии (рекомендуется задавать не более 5 классов); название улиц и дорог.

Набор сетевых данных, представляющий собой граф дорог (рисунок 4), строится внутри базы геоданных в одном с линейной темой дорог наборе классов. С помощью мастера настройки, задаются основные установки и характеристики сети.

Воспользоваться инструментами сетевого анализа можно как в окне ArcCatalog (через набор инструментов Network Analyst), так и в приложении ArcMap, которое сразу позволяет визуализировать полученный результат.

Завершающим этапом работы является создание зон обслуживания служб МЧС города Могилева с помощью модуля Network Analyst в программном продукте ArcGIS.

В ходе осуществления анализа, в результате которого строятся зоны доступности, требуется добавить точки интереса. Это могут быть магазины, оста-

новки и др. В работе используется сеть пожарных аварийно-спасательных частей, загруженная из ранее созданного слоя, исходя из которых будет моделироваться буферная зона обслуживания.

Для точности моделируемых зон требуется установить барьеры. Барьеры помогают добавить и удалить изменения сети оперативно, что идеально подходит для моделирования временных изменений стоимости перемещения по сети: дерево, блокирующее трафик, будет со временем удалено, и наводнение, в конце концов, отступит. После окончания события, которое моделирует барьер, его можно просто удалить [4]. Барьеры делятся на три типа геометрии и предназначены для моделирования временных изменений в сети. Они бывают точечные, линейные и полигональные барьеры. Барьеры являются частью слоев сетевого анализа, а не набора сетевых данных. Поэтому, барьеры оказывают влияние только на слой сетевого анализа, который их содержит.

Для установления барьеров использовался сервис Mapcam.info. Mapcam.info – это проект, созданный для обмена информацией между водителями о всевозможных опасностях на дорогах.

В работе была внесена информация о барьерах («лежачие полицейские», проезд через железнодорожные пути и др.), при пересечении которых необходимо потратить больше (меньше) затратных единиц.

Произведя настройки свойств сетевого анализа, в качестве диапазонов зон обслуживания были указаны временные рамки 5, 10, 15, 20 минут для пересечения ребер графа.

Запустив расчет, Network Analyst вырабатывает решение, которое становится частью слоя сетевого анализа. Создаются выходные объекты сетевого анализа и обновляются входные/выходные объекты с использованием результатов [4].

Таким образом, построение области обслуживания в Network Analyst заключается в анализе максимального расстояния вдоль каждого ребра графа, а узлы этих ребер становятся точками на периметре полигона зоны обслуживания. В результате выполненной работы была получена карта зон доступности 5, 10, 15, 20 минут от пожарных аварийно-спасательных частей (ПАСЧ) города Могилева (рисунок 5). Полученные зоны отражают время, которое необходимо затратить на преодоление пути, рассчитанного от сети ПАСЧ.



Рисунок 5 – Зоны доступности ПАСЧ города Могилева

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сетевой анализ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://kadastrua.ru/gis-tekhnologii/211-setevoj-analiz.html>. – Дата доступа: 22.09.2017.
2. Сетевой анализ в ГИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kadastrua.ru/gis-tekhnologii/212-setevoj-analiz-v-gis.html>. – Дата доступа: 22.09.2017.
3. Национальный атлас Беларуси / Мн.: Белкартография, 2002. – 292 с.
4. Барьеры (Barriers). – Справка / ArcGIS [Электронный ресурс] – Режим доступа: Desktop<https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/extensions/network-analyst/barriers.htm>. – Дата доступа: 2.09.2017.

## ВОДОСБОРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

**М. И. Липлянина, И. Г. Игнатовская**

студенты 4-го курса кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Н. В. Ковальчик**

к.г.н., доцент, доцент кафедры почвоведения и ЗИС  
географического факультета Белорусского государственного университета

В настоящее время комплексное управление водными ресурсами Беларуси осуществляется с применением бассейнового принципа, который направлен на создание условий для рационального использования и охраны водных объектов, сохранение и улучшение водных экосистем [1]. Химический состав донных осадков и высшей водной растительности может быть использован как индикатор геохимических условий водосборных территорий водоемов и водотоков.

Для анализа накопления микроэлементов в донных отложениях и макрофитах рек и озер Беларуси использованы данные мониторинга за период 2000–2015 гг. НИЛ озераведения БГУ. Сеть мониторинга включает участки озер, водохранилищ и рек Беларуси, репрезентативные с точки зрения ландшафтных условий, фонового статуса и вида техногенного воздействия. Опробованные озера отличаются генетическим типом, характером донных отложений и степенью зарастания.

Целью данного исследования было изучить возможности использования гидрологического анализа ГИС для выделения водосборных территорий основных рек Беларуси и их притоков первого порядка для дальнейшего геохимического анализа.

Для интерпретации массива данных мониторинга о содержании микроэлементов в донных отложениях и макрофитах была разработана база географических данных на основе приложения ГИС ArcGIS 10.3 – ArcCatalog. База геоданных включает векторную пространственную основу, цифровую модель рельефа, данные о содержании микроэлементов в донных отложениях и высшей водной растительности озер и рек Беларуси.