

Мир В зеркале ГИС

Ю.Б. БЕРНШТЕЙН



БЕРНШТЕЙН Юрий Борисович – кандидат технических наук, научный сотрудник Института геологии и минералогии СО РАН, преподаватель кафедры систем информатики ФИТ Новосибирского национального исследовательского государственного университета, главный программист ООО «Дата Ист» (Новосибирск). Автор и соавтор 17 научных работ

Ключевые слова: ГИС, Географические информационные системы, ГИС-моделирование, растровые модели, векторные модели, сетевые модели, триангуляционные сети

Key words: GIS, Geographic information system, GIS modeling, raster models, vector models, networks TIN

© Ю.Б. Бернштейн, 2013

Большая часть человечества – жители мегаполисов, автомобилисты, туристы, путешественники и многие другие – сегодня не представляет себе жизни без ГИС, информационных систем, в основе которых лежат пространственно-привязанные данные. И если учесть, что около 80 % всей существующей в мире информации так или иначе связано с определенными координатами на земной поверхности, то становится ясно, что значимость таких систем по мере роста численности человечества будет только возрастать

Первые ГИС – географические информационные системы – появились одновременно с электронной вычислительной техникой, т.е. в 50-е гг. прошлого века. Именно тогда начали создаваться первые программные алгоритмы для формальных методов пространственного анализа.

Сначала ГИС в основном использовались для автоматизации картографических работ и процедур графического отображения информации на плоттерах и графопостроителях. Но уже тогда обозначилась их структура, характерная для современных ГИС, в которую входят: система сбора данных, система хранения и выборки данных, система анализа данных и система вывода.

Сердцем современных ГИС является система анализа данных. Манипулирование географическими данными, представление их в различном виде позволяет не только отобразить реальные земные объекты в геоинформационной системе, но и использовать эффективные алгоритмы для интерпретации и исследования этих данных.

Такой процесс называется *моделированием*. Формальная модель представляет собой набор обобщенных понятий, используемых для описания объектов и процессов, находящихся на земной поверхности. Неполными частями формальной модели являются структуры данных, описание их связей с реальными пространственными объектами, алгоритмы обработки этих структур данных и программы, реализующие такие алгоритмы.

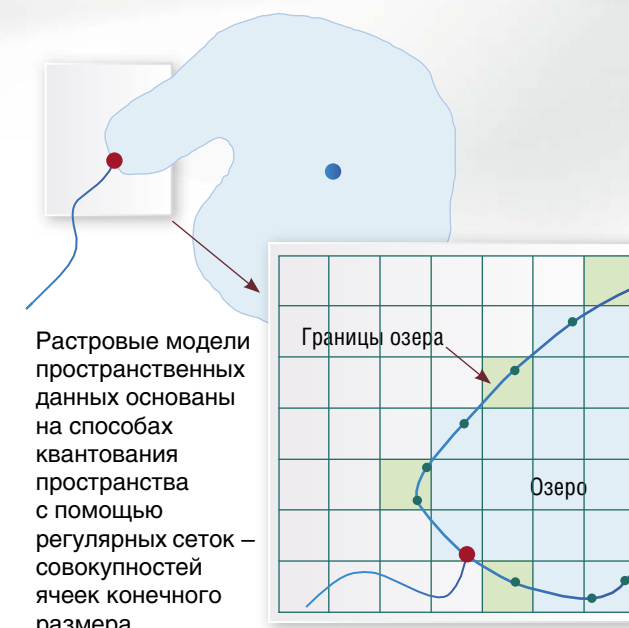
«Дата Ист» – крупнейший разработчик программного обеспечения в области геоинформационных технологий в России. Компания предоставляет широкий спектр технологических решений, в том числе сканирование и векторизацию картографических материалов, комплексное пространственное моделирование, анализ и создание конечных баз данных и т.д. В числе ее партнеров – АК «Алроса», АСУ ВВ МВД «России», ООО «ДубльГис», GlobeXplorer, Inc. (США), Geodata (Норвегия), Esri, UK (Великобритания), и многие другие крупные российские и зарубежные предприятия

Все географические системы оперируют теми или иными географическими моделями, причем в процессе исторического развития одни модели сменялись другими, более эффективными и удобными. И даже для решения определенных аналитических задач могут потребоваться совершенно новые, специальные модели.

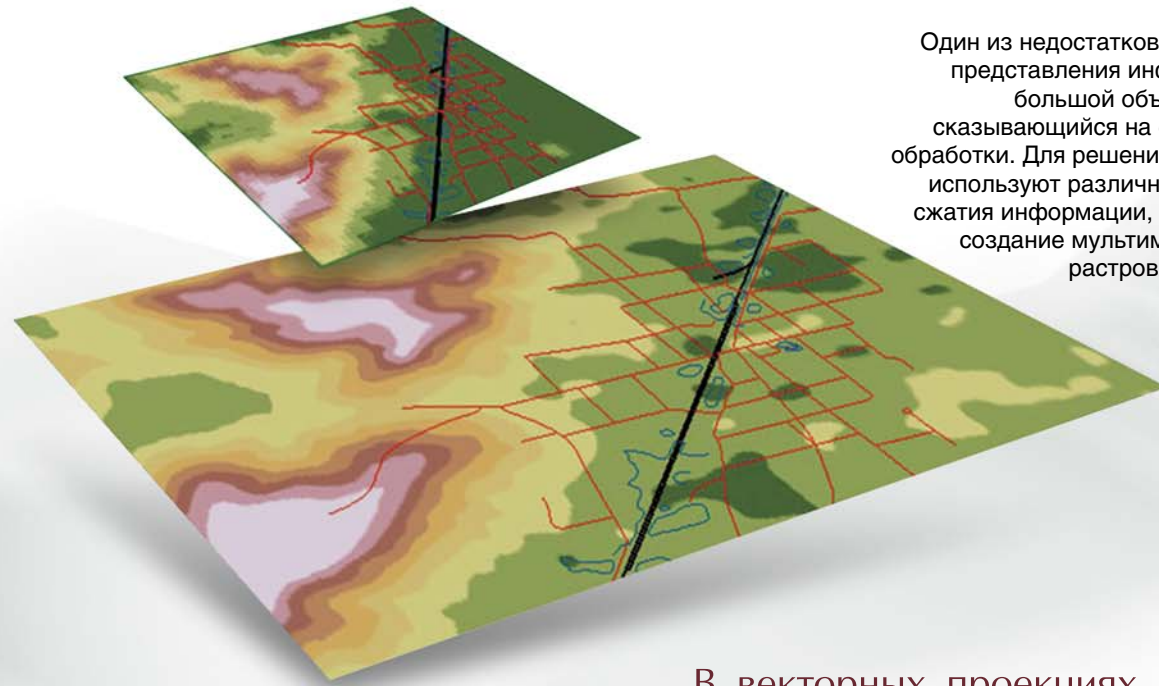
Электронная картография

Самыми первыми в ГИС были реализованы *растровые модели*. Как правило, данные в таких моделях хранятся в виде прямоугольной сетки, состоящей из ячеек – *пикселей*. Фактически отсканированная бумажная карта уже представляет собой простейшую растровую модель местности.

Растровые модели удобно использовать для визуализации данных, поскольку дисплей монитора сам является физической реализацией растра. Однако выполнять какие-либо аналитические операции непосредственно в такой модели малоэффективно. Например, для расчета



Растровые модели пространственных данных основаны на способах квантования пространства с помощью регулярных сеток – совокупностей ячеек конечного размера



Один из недостатков растрового представления информации – большой объем файлов, сказывающийся на скорости ее обработки. Для решения проблемы используют различные способы сжатия информации, в том числе создание мультимасштабных растровых пирамид

В векторных проекциях

водотока рек требуется на заданном растре однозначно определить русла рек и их характеристики – ширину, глубину, скорость потока. Такая процедура в растровой модели тяжело поддается автоматизации и, как правило, требует участия человека. Другими недостатками растровых моделей являются их сильная зависимость от масштаба, привязанность к одной проекции и высокие требования к ресурсам хранения информации.

Тем не менее большинство первичной информации сегодня поступает в ГИС именно в растровом виде. Это – результаты дистанционного зондирования Земли (космоснимки, аэроснимки) и различные тематические данные. На основе фотографических изображений поверхности путем дешифровки можно обнаруживать и распознавать объекты, определять их качественные и количественные характеристики.

Поэтому современная электронная картография придает огромное значение усовершенствованию растровых моделей. Так, для повышения эффективности хранения растровых данных разрабатываются и оптимизируются специализированные алгоритмы сжатия, при которых в один растр помещаются многоканальные изображения (снимки в различных спектрах).

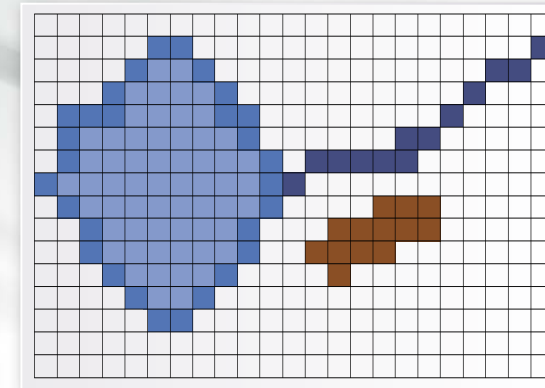
Для снятия зависимости от масштаба создаются модели, основанные на мультимасштабных растровых пирамидах. Такие модели прочно обосновались в широко известных картографических web-сервисах (карты Google, Яндекс и т.п.). Необходимость выполнения сложных аналитических операций в этих сервисах сведена к минимуму, при этом решена проблема быстрой доставки пользователю визуального представления картографической информации.

И все же самыми распространенными моделями данных в современных ГИС являются векторные модели, в особенности так называемые объектные векторные модели. Для описания этих моделей используется также термин спагетти-модель, поскольку каждый географический объект в них описывается похожей на спагетти линией, представляющей цепочку точек, последовательно соединенных прямыми отрезками.

Объекты в векторной модели могут обладать одним из трех типов пространственной локализации: точечным, линейным или площадным. Для точечных объектов реального мира при используемом масштабе имеет значение только их местоположение, а не линейные размеры. К таким объектам относятся, например, отдельно стоящее дерево на карте района, остановка транспорта на карте города или даже целый город на карте страны. Для линейных объектов (рек, дорог, трубопроводов и др.) главное – их протяженность. Наконец, площадные объекты – это те, для которых важны и длина, и ширина. В векторной модели такие объекты изображаются в виде полигонов. Таким способом можно отображать как простые объекты (например, дома в виде прямоугольников), так и сложные (например, водоем со сложной границей).

Одним из частных видов линейных векторных данных являются сети – набор соединенных линейных объектов, вдоль которых возможно движение от одного узла к другому. Сетевые модели позволяют обрабатывать множество видов потока: движение автомобилей и поездов, транспортировку грузов, перекачку нефти. Во всех таких случаях необходимо иметь возможность производить операции на сетях, поэтому линии должны

Растровая модель



Растровый и векторный – два принципиально разных, но равноправных способа представления географического пространства. Векторный тип представления пространственных данных предпочтителен для описания дискретных объектов с четкой границей

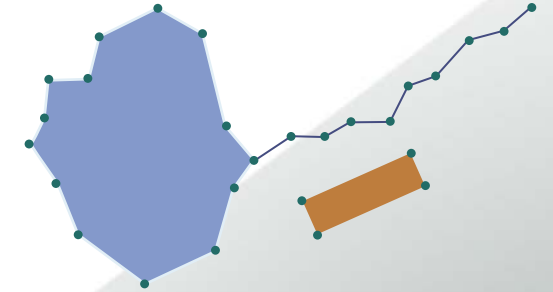
иметь специальные атрибуты для анализа этих потоков (ограничения скорости, сопротивление, направление и т.д.).

Сегодня руководители предприятий уделяют большое внимание логистике, особенно транспортной. Обилие логистических задач привело к выделению целого класса геоинформационных моделей – сетевых моделей, математической основой которых служит теория графов.

Ну и, конечно, сетевые модели, построенные на основе улично-дорожных сетей, используются сегодня во всех автомобильных навигаторах.

В простейшей трехмерной модели поверхности – цифровой растровой модели рельефа – в каждой ячейке раstra записана высота соответствующей точки над уровнем моря

Векторная модель

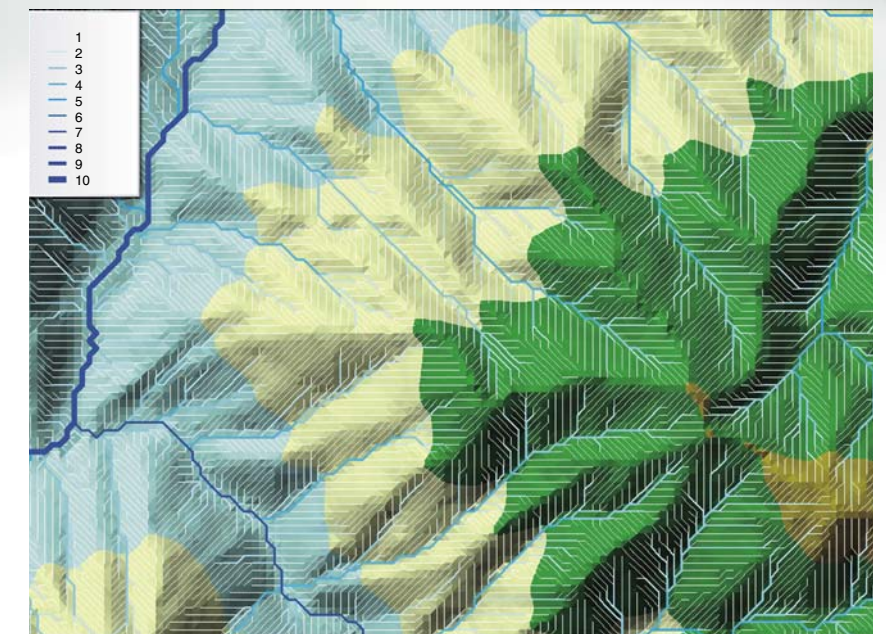


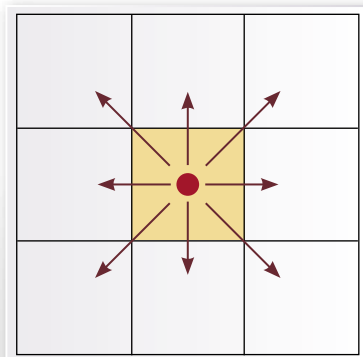
Земля в 3D-формате

Все описанные выше модели отлично работают до тех пор, пока пользователя не интересует третья координата – высота. Но в отличие от бумажной карты земная поверхность отнюдь не плоская. Для решения задач, для которых существенное значение имеет рельеф местности, а также в исследованиях недр Земли приходится использовать так называемые трехмерные (3D) модели.

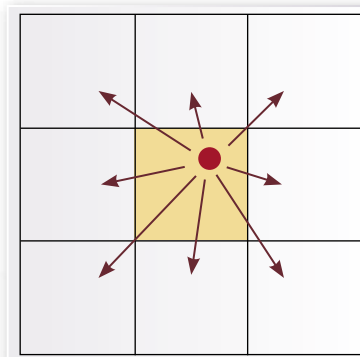
Простейшей из таких моделей является цифровая модель рельефа (Raster DEM). Это разновидность растровой модели, где в каждой ячейке раstra записана высота соответствующей точки земной поверхности над уровнем моря. С использованием этой модели удобно рассчитывать линии речного стока, проводить геоморфологические исследования.

Однако поскольку в цифровой модели рельефа каждая ячейка раstra представляется горизонтальной площадкой, в ней невозможно точно задать пики вершин, хребтов, впадин и седловых точек местности. Поэтому для решения этих проблем используют другие 3D-модели, основанные на нерегулярных триангуляционных сетях (TIN).



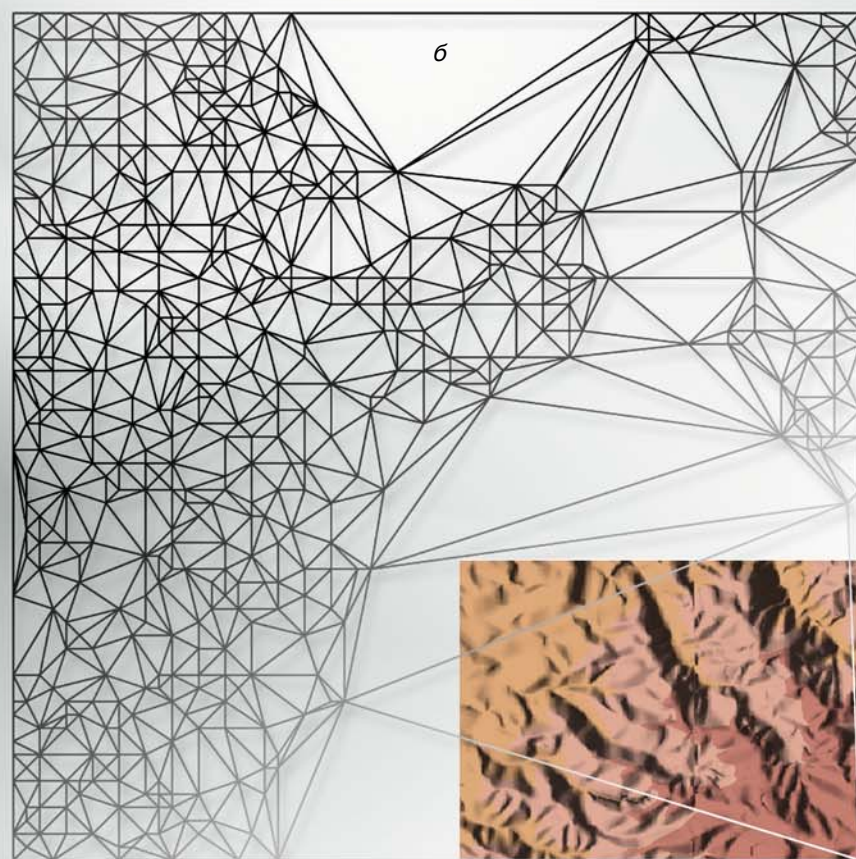


а



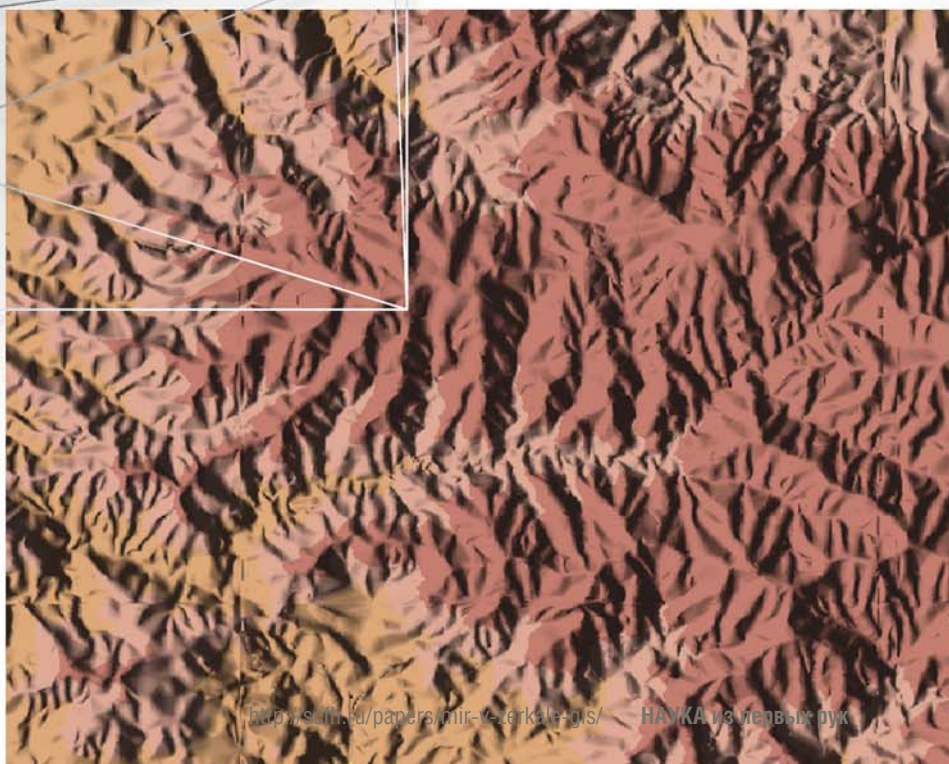
В модели TIN данные хранятся в виде интегрированного набора узлов с их значениями высоты и треугольников со сторонами, соединяющими узлы. Высоту можно интерполировать для любой точки, заданной в пределах построенной модели. Для этого могут использоваться линейные приближения, сплайны, либо фрактальные алгоритмы. С помощью таких моделей можно исследовать водосборы, оценивать видимость поверхности из заданной точки наблюдения, что используется в мобильной и радиосвязи, а также создавать реалистичные изображения рельефа местности.

Интересным примером использования трехмерных моделей данных в ГИС служит разработанное компанией «Дата Ист» (Новосибирск) специализированное приложение для контроля бурового процесса «WellTracking». Оно позволяет автоматизировать все процессы, связанные с контролем за стадиями бурового процесса на протяжении всего производственного цикла.



б

В ячейке раstra невозможно точно задать координаты вершин и впадин поверхности (а). Для описания рельефа используют нерегулярные триангуляционные сети (TIN), представляющие собой наборы непересекающихся треугольников с вершинами в исходных опорных точках (б). Справа – изображение рельефа в 3D-модели TIN



ЕСЛИ БЫ ЗЕМЛЯ БЫЛА КУБОМ...

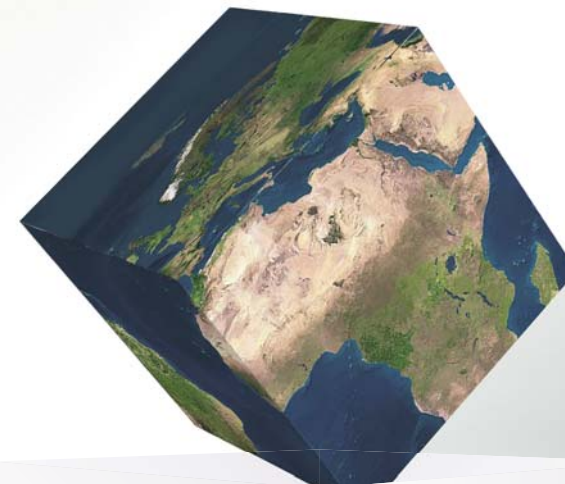
Моделирование явлений и событий реального мира в ГИС стало обычным делом, но ГИС также позволяют оторваться от реальности, давая простор фантазии. Ведь с их помощью можно строить и исследовать самые невероятные модели: все, что нужно для этого, – достаточное количество воображения и большой заряд исследовательского любопытства.

Например, физики с известного сетевого ресурса «Ask a Mathematician/Ask a Physicist» задались вопросом: что было бы, если бы Земля была кубом? Смоделировав подобную невероятную ситуацию, они получили очень интересные результаты.

Оказывается, жизнь на такой планете могла бы существовать только в центральных частях каждой из шести граней: именно там из-за специфического распределения силы тяжести оказался бы сосредоточен весь кислород. И ни одно живое существо не смогло бы перебраться с одной грани этого гигантского куба на другую, так как для этого ему пришлось бы преодолеть много тысяч километров безвоздушного пространства.

Это же касается и водных ресурсов: в центре каждой из шести граней образовалось бы озеро, по форме близкое к кругу. На этой планете не мог бы существовать мировой круговорот воздушных и водных масс, поэтому климат был бы подвержен резким изменениям в течение суток. Вряд ли на такой «кубической» планете смогла бы существовать жизнь...

По: (<http://www.askamathematician.com/2011/05/q-what-would-earth-be-like-to-us-if-it-were-a-cube-instead-of-spherical-is-this-even-possible/>)



Недавно на основе данных NASA с детальными указаниями высот поверхности Марса, была создана ГИС-модель «красной планеты» с допущением, что на ней имеется вода. Судя по данным, полученным с марсохода *Curiosity*, которые подтверждают возможность существования жизни на Марсе в далеком прошлом, такие изображения могут с большой точностью отражать реальный облик этой планеты, какой она была миллионы лет назад.

Подобное использование географических информационных систем для моделирования объектов и событий на других планетах, по-видимому, заставит в будущем придумать им новое название, в котором не будет использоваться древнегреческий корень «гео». А может быть, как раз имеет смысл оставить его, как дань жителям Земли, достигшим таких поразительных успехов в моделировании окружающего их сложного мира.

Литература

Data East - Company [Электронный ресурс], ООО Дата Ист: Официальный сайт компании. Электрон. дан. Новосибирск: Data East, 2012. Режим доступа: <http://www.dataeast.ru/ru/company.asp>, свободный.

Google Maps [Электронный ресурс]. Карты Google: Сервис компании Google по предоставлению электронных карт Электрон. дан. USA, CA: Google, 2013. Режим доступа: <https://maps.google.com/>, свободный.

О решении Well Tracking [Электронный ресурс], Well Tracking Extension to ArcGIS: Описание программного продукта. Электрон. дан. Новосибирск: Data East, 2010. Режим доступа: <http://welltracking.dataeast.ru/Ru/default.asp>, свободный.