

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геоморфологии  
и геоэкологии

**Программная реализация картографических способов изображения в среде  
ГИС MapInfo на примере анаморфоз**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 431 группы  
направления (специальности) 09.03.03 - Прикладная информатика  
географического факультета  
Басамыкина Артёма Сергеевича

Научный руководитель  
старший преподаватель



А.В. Фёдоров

Зав. кафедрой

к.с.-х.н., доцент



В.А. Гусев

Саратов 2017

**ВВЕДЕНИЕ** Актуальность работы. Современная картография претерпевает значительные изменения: карты переносятся в компьютеры и становятся интерактивными, сами компьютеры становятся всё более мощными и более мобильными. Развитие компьютеров позволяет использовать ранее недоступные способы картографического изображения, а иногда и создавать совершенно новые.

Одним из таких способов изображения являются анаморфозы, которые появились в начале XX века, но широкое распространение получили лишь в последние 20–30 лет.

Под анаморфозами понимают изображения, на которых в процессе математически определённой трансформации «происходит переход от картографического изображения, в основу которого, как правило, положена топографическая метрика земной поверхности, к другому изображению, в основе которого — метрика картографируемого явления». Сам процесс такого перехода называют анаморфированием.

Существует большое количество способов получения анаморфоз; в настоящее время наибольшее распространение получило построение анаморфоз с помощью компьютеров.

Анаморфозы применяются в СМИ, службами МЧС, в научных исследованиях и в других работах. Наблюдается тенденция к их всё большей популяризации вследствие простоты построения и публикации при использовании компьютеров и телекоммуникационных сетей.

Новизна настоящей работы заключается в разработке компьютерной программы для построения анаморфоз, тесно интегрированной с популярной ГИС MapInfo Professional.

Цель настоящей работы — расширить функциональность MapInfo Professional инструментом для построения анаморфоз, что позволит строить анаморфозы каждому, кто пользуется этой программой.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- собрать информацию о графическом выводе результатов работы в ГИС;
- проследить историю развития способов анаморфирования;
- разработать компьютерную программу (модуль к MapInfo Professional),

позволяющую строить анаморфозы по нескольким наиболее популярным алгоритмам.

Работа выполнена на 52 страницах машинописного текста, состоит из введения, трёх разделов (содержат рисунков и 1 таблицу), заключения, списка использованных источников и приложения на 3 страницах. Список использованных источников содержит 27 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ В первом разделе рассматриваются возможности графического вывода в географических информационных системах. Вывод в ГИС не ограничивается картографическими материалами: это также могут быть графики, таблицы или нетрадиционные геоизображения, такие как картоиды и анаморфозы.

Тем не менее, карты являются традиционным примером картографических геоизображений.

Слово «карта» произошло от латинского слова «charta» (что близко и по звучанию, и по смыслу к греческому «charthz» (или «chartes»)), означающего «лист бумаги или папируса для письма».

В своём современном значении термин «карта» означает «математически определённое, уменьшенное, генерализованное изображение поверхности Земли, другого небесного тела, космического пространства, показывающее расположенные или спроецированные на них объекты в принятой системе условных знаков».

Карты подразделяют на три группы:

- общегеографические (к ним относят топографические, обзорно-топографические и обзорные),

- тематические,
- специальные.

Планы местности — это разновидность карт, которая обычно строится в ортогональной проекции и охватывает небольшие участки территории.

Картоиды (также называемые анаморфированными картами, что вносит некоторую путаницу) определяют как абстрактные графические изображения, которые могут не отображать пространственных отношений, но показывают сущность явлений, закономерности в размещении и развитии явлений и определяющих их причин.

Ещё одним видом картографических геоизображений считают «мысленные» карты — карты, построенные в соответствии с представлениями человека или группы людей о местности, расположении объектов и распространении явлений (существует точка зрения, согласно которой применять термин «карта» к таким изображениям некорректно, поскольку им не присуща математическая определённость).

Под названием «анаморфозы» скрывается целый класс картографических произведений, объединённых тем фактом, что в их основе лежит т.н. «пространство выровненного явления» — пространство, в котором длины объектов (или их площади, или же объёмы) определяются свойствами этих объектов.

Слово «анаморфоза», по-видимому, восходит к греческому «anamorphose» («деформация, преобразование») и имеет хождение в некоторых странах Европы (Франция, Испания), тогда как в английском языке принято обозначать их терминами «distorted maps», «transformed maps», «cartograms», «pseudo-cartograms», что схоже с немецким «Kartogramm».

Таблицы и графики могут существенно улучшить понимание картографических результатов. Таблицы в выводе ГИС чаще всего встречаются в

легендах карт для связывания атрибутивных данных с графическими объектами карты и как распечатки значений атрибутов объектов.

Графики обычно строятся в декартовой системе координат, реже встречается другой тип координат — полярные, в которых координатами являются угол и длина вектора, проведённого из начальной точки. На простых графиках данные изображаются точками, которые часто соединяются прямыми отрезками или плавной кривой. Довольно часто используется другой вид графиков — гистограммы, в которых вместо точек используются столбцы, расположенные вертикально или горизонтально; они лучше подходят для изображения небольшого количества дискретных данных.

Во втором разделе приведена история развития способов анаморфирования. Различают линейные, площадные и объёмные анаморфозы. К линейным анаморфозам относят изображения трёх видов:

- изображения, полученные искажением географических карт (с использованием изолиний или других вспомогательных построений);
- изображения, представляющие собой топологические схемы маршрутов, в которых искажаются длины рёбер, соответствующих отрезкам маршрутов.
- изображения, в которых радиально расходящиеся от центральной точки рёбра своей длиной показывают значение некоторой характеристики (такие анаморфозы схожи с диаграммами и могут быть использованы как дополнение к картам).

На площадных анаморфозах уже не длины, а площади искажаются в зависимости от некоторой характеристики. В качестве такой характеристики используют различные значения, типичный пример — когда площадь страны соответствует численности населения (точнее, доля площади страны на карте или в некоторой области карты соответствует доле населения этой страны от общей численности населения изображённых стран).

Длительное время единственным способом построения площадных анаморфоз оставалось ручное, субъективное построение. Все расчёты при этом производятся автором (или авторами) анаморфозы, что может быть трудоёмкой задачей при большом количестве искажаемых областей.

Первой из широко описываемых в отечественной литературе анаморфоз является анаморфоза Г. Вихеля и Х. Хаака. В своей рецензии А. Браун так описывает эту работу: «Два контура Германии расположены рядом, на одной 4 кв. см соответствуют 2500 кв. км, на другой те же 4 кв. см соответствуют 140 000 человек. Даже те, кто не знаком со статистикой, мгновенно заметят разницу. На одной карте Берлин выглядит как не слишком заметный круг, на другой он имеет такой же размер, как и Саксония, занимая огромное пространство. Важность городов, индустриальных и добывающих центров никогда не была так ярко показана, как на этой карте.»

В 1934 г. Э. Райсзом (США) была опубликована работа «The Rectangular Statistical Cartograms» («О прямоугольных статистических картограммах»), в которой приводится серия площадных анаморфоз, построенных по площади (для сравнения), населению, национальному богатству и т. д.

Механические методы построения площадных анаморфоз основаны на том, что некоторому механическому элементу (блоку или шарик) ставится в соответствие некоторое количество характеристики (например, некоторое число человек). Эти механические элементы перераспределяются и выстраиваются так, чтобы по возможности сохранить контуры обозначенных ими областей.

Для построения анаморфоз можно применять различные физические явления (выравнивание плотности, температур и т. д.), однако наиболее удобно применять электрические поля и оптические искажения.

Численные методы построения анаморфоз устраняют субъективность автора и обеспечивают повторяемость построения. Такие методы быстро стали преобладающими с распространением ЭВМ.

В 70-х годах американским картографом В. Тоблером был предложен метод построения площадных анаморфоз с помощью ЭВМ (Tobler, W ... 2004).

Сущность метода заключалась в следующем: растровая фотокопия карты, загруженная в память компьютера, покрывалась регулярной сетью многоугольников (например, квадратов или шестиугольников), затем для каждой ячейки рассчитывалось значение, по которому производилось анаморфирование. После этого ячейки подвергались трансформации: их площадь увеличивалась или уменьшалась смещением вершин, что также влияло и на соседние ячейки.

За счёт циклически повторяющихся небольших изменений регулярная сеть становилась нерегулярной, искажая изображение, лежащее в основе анаморфозы.

Развитием метода, предложенного Тоблером, стал метод В.С. Тикунова и С. М. Гусейн-Заде (Гуссейн-Заде .... 2008). Этот метод создаёт векторное поле на основе разбиения исходной карты на ячейки, которое в ходе циклического пересчёта стремится к выравниванию плотности распределения заданного параметра анаморфирования.

Под объёмными анаморфозами понимают изображения, полученные построением объёмных фигур с основаниями, взятыми из площадных анаморфоз, построенных по первой характеристике, и высотами, вычисленными на основе второй характеристики.

В третьем разделе даётся характеристика существующим компьютерным программам для построения анаморфоз и описывается разработка двух программных модулей к MapInfo Professional.

Программа Cart написана одним из разработчиков алгоритма, Марком Ньюменом, и является эталонной программной реализацией метода Гастнера — Ньюмена. Программа доступна на сайте Мичиганского университета.

К достоинствам программы можно отнести высокую производительность; кроме того, программа может быть скомпилирована и запущена на любой Unix-подобной операционной системе.

К недостаткам можно отнести то, что Cart поставляется в виде исходного кода, и пользователям предлагается скомпилировать её самостоятельно; другой минус заключается в необходимости использовать также дополнительную программу для интерполяции.

Программа ScapeToad распространяется на условиях лицензии GNU GPL и использует для построения анаморфоз алгоритм Гастнера — Ньюмена (Gastner Michael ... 2004).

Она принимает входные данные в формате Shapefile (файловый формат пространственных данных, разработанный организацией ESRI), позволяет настраивать результат анаморфирования с помощью графического интерфейса, и экспортирует данные в форматы PNG (Portable Network Graphics — растровый графический формат), SVG (Scalable Vector Graphics — векторный графический формат) или Shapefile.

Эта программа реализована на языке программирования Java, что позволяет запустить её на любой операционной системе, оснащённой соответствующей виртуальной машиной. С другой стороны, это несколько ограничивает её производительность.

Для коммерческой программы ArcGIS существует инструмент Cartogram Geoprocessing Tool, который доступен на сайте компании ESRI (разработчика ArcGIS) (Cartogram....2017). Этот инструмент реализует алгоритм Гастнера — Ньюмена для построения площадных анаморфоз и запускается под управлением программы ArcGIS, используя предоставляемый ею «слой» с данными.

Преимуществом можно считать интеграцию с широко распространённой ArcGIS, недостатком — зависимость от этой программы (т. е. невозможность использования независимо или под управлением других программ). Как и для самой ArcGIS, единственной доступной операционной системой является Microsoft Windows.

Язык программирования MapBasic появился одновременно с MapInfo и использовался для построения интерфейса и управлением более низкоуровневыми компонентами — СУБД, растеризатором и т. п.

В 2007 г. компания Pitney Bowes (разработчик MapInfo) предоставила для бесплатного скачивания со своего сайта MapBasic 9.0, а позже и последующие его версии.

MapBasic, как следует из названия, представляет собой BASIC-подобный язык программирования, дополненный возможностями структурного программирования.

Возможности переноса кода на другие языки программирования весьма ограничены, поскольку MapBasic значительно расширяет обычный набор команд языка BASIC ГИС-специфичными командами.

В ходе исследования было решено реализовать два наиболее популярных алгоритма для построения анаморфоз из разных классов и сравнить их производительность (по затрачиваемому времени) и результат (методом экспертной оценки) между собой и с программой ScareToad, как широко применяемым аналогом.

Первый из реализованных алгоритмов повторяет идею Джуди Олсон: добиться изменения площади территориальных единиц можно независимым их масштабированием. Для того, чтобы вычислить площади, которыми будут обладать территориальные единицы на анаморфозе, необходимо провести несложные предварительные вычисления.

Очевидно, что при некоторых распределениях картографируемого показателя полигоны соседних территориальных единиц могут пересекаться. Чтобы избежать этого, алгоритм был дополнен: во-первых, была добавлена возможность раскладывания полигонов, соответствующих территориальным единицам, так, чтобы не допустить их пересечения; во-вторых, была добавлена возможность пересчитать множители  $m_i$  таким образом, чтобы территориальная

единица, получившая наибольшую площадь, осталась прежнего размера, а все прочие полигоны пропорционально уменьшились. Первое дополнение полезно, когда предполагаются измерения площади по анаморфозе, а второе удобно для совмещения исходной карты и анаморфозы.

В основу второго алгоритма легла идея об использовании растра в процессе создания анаморфозы: рассчитанная плотность присваивается ячейкам, к которым в ходе расчётов «подтягиваются» или от которых, наоборот, «отталкиваются» вершины полигонов.

Оба алгоритма реализованы в виде модулей для MapInfo и оснащены графическим интерфейсом. В работе приводятся построенные с помощью этих модулей анаморфозы Саратовской области по численности населения.

Было проведено сравнение по времени построения анаморфоз между этими двумя модулями и программой ScapeToad. Первый модуль завершил обработку всего за 5 секунд, второй работал около 7 минут, а ScapeToad построила анаморфозу менее чем за три минуты.

Можно заметить значительную разницу во времени работы всех трёх программ, при этом внешний вид всех трёх анаморфоз вполне удовлетворителен.

**Заключение.** В настоящей работе были изучены возможности графического вывода в ГИС; получены сведения о сущности анаморфоз и истории развития способов и алгоритмов их построения; разработано программное решение для построения анаморфоз в ГИС MapInfo Professional.

Разработанное решение представляет собой два программных модуля; первый из них строит анаморфозы по алгоритму Дж. Олсон и отличается высокой скоростью работы, что может быть полезно при первоначальной оценке территории; второй модуль уступает аналогам по затрачиваемому времени, но позволяет избежать проблем при экспорте и импорте данных, которые неизбежны при использовании сторонних программ, таких, как ScapeToad.

На основе измерений и экспертной оценки можно сделать вывод, что разработанные программы вполне конкурентоспособны и могут быть рекомендованы к применению.