

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
доктора географических наук Самсонова Тимофея Евгеньевича
на тему: «Генерализация пространственных данных и ее
картографические приложения» по специальности
1.6.20 — Геоинформатика, картография

Диссертация Т. Е. Самсонова посвящена решению крупной и важной научной проблемы генерализации пространственных данных для составления карт различных масштабов и мультимасштабных карт на основе цифровых моделей географических объектов.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (617 наименований, из них 535 на иностранном языке) и приложения. Объем работы составляет 526 страниц, включая 198 иллюстраций и 32 таблицы. Работа состоит из двух томов, в Том 1 входит введение и Главы 1-2, в Том 2 — Главы 3-4, заключение, список литературы и приложение.

Во **введении** диссертации обоснована актуальность темы исследования, сформулированы его объект и предмет; определена цель исследования и задачи, решение которых было необходимо для ее достижения; представлена методология и методы исследования; сформулированы четыре защищаемых положения и пять элементов научной новизны полученных результатов; обоснована практическая значимость и достоверность полученных результатов; приведены сведения об апробации работы, фактическом материале и личном вкладе автора, публикациях по теме диссертации, а также структуре и объеме работы. Все необходимые элементы диссертации и автореферата во введении присутствуют.

На современном этапе карты составляются с помощью геоинформационных технологий, и такой важнейший аспект картографирования как генерализация решается посредством обработки

пространственных данных. Существующие методы генерализации пространственных данных нуждаются в углублении географической содержательности методов генерализации, а также адаптации ее концептуального и технологического аппарата к оперированию цифровыми моделями географических объектов. В этом отношении **актуальность** исследования не вызывает сомнений и представляется обоснованной.

Цель исследования заключается в разработке автоматизированных методов генерализации пространственных данных, обеспечивающих воспроизведение географических особенностей картографируемых объектов, представленных в исходных цифровых моделях, а также достижение необходимого уровня их детализации и создание мультимасштабных карт. **Задачи** работы охватывают различные аспекты достижения данной цели и касаются анализа современного состояния проблемы, разработки методик адаптивной генерализации, учета детальности пространственных данных при их генерализации, управлении и интеграции, а также мультимасштабного картографирования. Формулировка цели выглядит обоснованно и отражает проблемы, выявленные автором при обосновании актуальности исследования, а задачи раскрывают авторский взгляд на достижение цели и позволяют понять логику диссертационной работы.

Методология исследования опирается на цифровое моделирование географических объектов. При этом автор явным образом выносит за скобки процесс изначального формирования моделей и фокусируется на их генерализации, что позволяет оценивать качество результатов путем сравнения результирующих моделей с их начальным (не генерализованным) состоянием. Такой подход выглядит обоснованным, поскольку задача изначального формирования цифровых моделей объектов реальности сама по себе весьма объемна и сложна, и ее интеграция в канву диссертации привела бы к размыванию основного фокуса работы — генерализации пространственных данных как совокупности цифровых моделей.

Достоверность исследования обеспечивается использованием численных и графоаналитических методов для оценки геометрической точности и географического правдоподобия результатов, получаемых каждым из разработанных методов генерализации; экспертными оценками отдельных результатов методом визуального сравнения с образцами аналогичных карт ручного составления, а также методом экспертного опроса; строгостью используемых математических методов; апробацией результатов на международных и российских научных мероприятиях, а также их публикацией в ведущих (в том числе, высокорейтинговых) журналах, соответствующих тематике диссертации.

В **первой главе** автором в результате проведенного обзора получена картина современного состояния исследований в области генерализации пространственных данных, выявлены ее картографические и геоинформационные аспекты, в том числе связанные с оценкой уровня детализации данных, особенностями их визуализации в интерактивной компьютерной среде с возможностью изменения масштаба изображения. Показано, что развитие методик генерализации пространственных данных неразрывно связано с усилением их географической содержательности. На основе выводов данной главы сформулировано **первое защищаемое положение**, которое представляется обоснованным.

Во **второй главе** рассмотрен принцип адаптивности, определяющий необходимость учета пространственной организации картографируемых объектов. Реализующая его группа методов генерализации обладает возможностью адаптации к форме объектов, структуре и плотности их пространственного распределения, характеру пространственных отношений между ними. По итогам главы автором сделан ряд выводов, показывающих эффективность адаптивного подхода за счет использования деления (районирования) территории по плотности распределения объектов, использования графового, структурного и сегментационного подходов для сохранения особенностей картографируемых объектов, а также оверлея для

обеспечения корректных соотношений площадей объектов в процессе их генерализации. На основе обобщения полученных выводов сформулировано **второе защищаемое положение** диссертации, которое представляется логичным и обоснованным.

В третьей главе рассмотрены новые методы, связанные с оценкой детальности пространственных данных и карт, её контролируемым изменением, а также совмещением данных, имеющих разную детализацию. Исследованы понятия плотности и гранулярности пространственных данных, разработаны методы управления детальностью картографического изображения линий и цифровых моделей рельефа, получены новые методы конфляции и координатной привязки пространственных данных и геоизображений различной детальности. По итогам главы автором сделан ряд выводов, касающихся зависимости плотности пространственных данных от характеристик территории; монотонности изменения ряда геометрических характеристик объектов, которые могут быть положены в основу определения детальности пространственных данных; возможности сопоставимого уменьшения детальности объектов при их генерализации разными алгоритмами; совместного использования гранулярности и пространственного разрешения в качестве ограничивающих метрик для генерализации цифровых моделей рельефа (ЦМР); управления детальностью изображения рельефа при визуализации ЦМР способами горизонталей и штрихов, а также согласования данных разной детальности путем применения методов конфляции и компьютерного зрения. На основе обобщения полученных выводов сформулировано **третье защищаемое положение** диссертации, которое представляется логичным и обоснованным.

В четвертой главе рассмотрен принцип мультимасштабности, постулирующий необходимость интерактивной генерализации пространственных данных в соответствии с масштабом их визуализации в цифровой среде. В главе закреплены авторские положения теории мультимасштабного картографирования, а также показано на разнообразных

примерах, как эти положения реализуются в задачах общегеографического, физико-географического и социально-экономического картографирования. Полученные в главе результаты позволили автору сделать ряд выводов, которые касаются использования баз пространственных данных со множеством уровней детализации; генерализации цифровых моделей дорожной сети и структуры населенных пунктов на мультимасштабных картах с использованием критерия предельной густоты дороги и их согласования с квартальной сетью; мультимасштабного картографирования на основе цифровых моделей геополей путем создания нескольких масштабных уровней изображения, применения последовательного изменения шкал, введения дополнительных горизонталей и использования оператора утрирования; выделения полимагистралей на обзорных масштабах карт транспортных сетей; а также применения картограмм и картодиаграмм на мультимасштабных картах. На основе обобщения полученных выводов сформулировано **четвертое защищаемое положение** диссертации, которое также представляется логичным и обоснованным.

В **заключении** диссертации даны основные выводы исследования, которые дают вполне конкретное и полное представление о ценности полученных результатов.

Работа характеризуется высокой степенью **новизны**, которая определяется тем, что автором впервые сформулированы принципы генерализации пространственных данных для целей картографирования; разработано понятие адаптивной генерализации; предложен комплекс методик оценки, управления для пространственных данных и карт в контексте их детальности; сформулированы и практически апробированы основные положения мультимасштабного картографирования; созданы новые уникальные наборы пространственных данных: цифровая модель HYPISO для мелкомасштабного гипсометрического картографирования и база данных характеристик подстилающей поверхности и геометрии городских каньонов Московского региона.

Полученные результаты имеют высокое **теоретическое и практическое значение**, позволяют снизить субъективный фактор при выполнении генерализации пространственных данных и построении мультимасштабных карт в широком спектре географических исследований. Разработанные автором программные средства размещены в открытом доступе, могут быть использованы широким кругом пользователей для задач обработки пространственных данных, а также в образовательных целях.

Таким образом, **результаты работы показывают высокий уровень выполненного исследования, а сформулированные на их основе защищаемые положения и новизна представляются в достаточной степени обоснованными.**

В то же время, работа не лишена недостатков и при ознакомлении с ней возникает ряд **замечаний общего характера.**

1. Для реализации предлагаемых подходов к генерализации пространственных данных автором используются разнообразные примеры географических объектов: населенные пункты, транспортные сети, административные границы, объекты гидрографии, рельеф, характеристики подстилающей поверхности и городских каньонов, характеристики ветрового волнения, социально-экономические данные по единицам административно-территориального деления. В то же время, нигде в работе не обосновывается выбор именно таких объектов картографирования, а также необходимость столь разнообразного их перечня. Несомненно, широкая апробация авторских подходов создает впечатление комплексного подхода к решаемой проблеме генерализации пространственных данных. Однако обоснование выбора объектов картографирования позволило бы лучше понять, как их включение в работу помогает лучше раскрыть специфику исследуемой проблемы.
2. Обзор современного состояния проблемы (Глава 1), ввиду большого разнообразия выбранных объектов, получился довольно рыхлым, в нем

не хватает связующих формулировок, которые бы показали единство проблем, возникающих при генерализации цифровых моделей различных географических объектов. Каждая методика, представленная в последующих главах 2-4, обеспечена в главе 1 анализом ранее выполненных исследований, однако соответствующие параграфы в значительной степени автономны друг от друга. Этот недостаток частично компенсируется наличием выводов по главе, однако для ее полноценного единства следовало бы генерализовать представленный в ней материал.

3. Оценка качества генерализации в различных методиках выполнена неодинаково, и глубина ее проработки также различается. В частности, для отбора населенных пунктов (раздел 2.1.) и транспортных сетей (раздел 2.2) использована лишь общая метрика отбора (степень обобщенного закона Топфера) и визуальный анализ картограмм плотности распределения. В то же время, можно было бы сравнить распределения до и после генерализации статистически — как это сделано, например, при оценке качества генерализации ЦМР в разделе 3.2. Это позволило бы сделать верификацию результатов более обоснованной, компенсировать субъективность оценки, неизбежную при визуальном анализе. Также хотелось бы видеть отдельный раздел по различным критериям оценки качества генерализации где-то в начале работы, из которого было бы понятно, для чего они предназначены. Но, к сожалению, какого-то единого параграфа, посвященного этому важному аспекту генерализации, в работе нет, и сведения по метрикам оценки качества генерализации разбросаны по отдельным параграфам диссертации.
4. Аналогичное замечание можно высказать и относительно применяемых операторов (или приемов) генерализации, коих в работе используется достаточно большое число: отбор (параграфы 2.1-2.2), геометрическое упрощение (параграфы 2.3-2.4), смещение (параграф 3.6), агрегирование

(параграф 2.6), кластеризация (параграф 4.5), построение оболочек (параграф 4.6). Хотелось бы видеть где-то в начале работы краткий обзор существующих операторов генерализации в систематизированном виде. Наличие такого параграфа позволило бы лучше понять их назначение и причины использования в тех или иных методиках, разработанных автором.

5. В главе 3, посвященной разработке принципа детальности в генерализации пространственных данных, первые параграфы (3.1-3.3) излагают различные геометрические аспекты детальности, такие как плотность объектов, гранулярность, пространственное разрешение. Однако в последующих параграфах (3.4-3.7), связанных с визуализацией и интеграцией данных, эти характеристики в полной мере не используются, вместо этого автор сосредотачивается главным образом на визуальных аспектах детальности пространственных данных и карт. Также следует отметить, что в данной главе автор остается на уровне частных характеристик детальности и не выводит каких-либо формул или метрик для интегральной оценки детальности исследуемых наборов данных. Даже в случае цифровых моделей рельефа, для которых предлагается сочетание гранулярности и пространственного разрешения (параграф 3.2), не приводится какой-либо формализованной структуры (формулы или кортежа), объединяющей эти метрики в единый показатель. Вполне возможно, что автор не ставил перед собой такую задачу, однако это следовало обозначить в явном виде.

К некоторым разделам работы есть более **частные вопросы и замечания**:

1. В методике прореживания дорожной сети (параграф 2.2) предлагается за оптимальное число маршрутов брать точку перегиба кривой зависимости суммарной длины от числа ближайших населенных пунктов. Однако этот момент недостаточно ясно обоснован.

2. Алгоритм геометрического упрощения линий объектов разной формы (параграф 2.4) содержит большое количество параметров, при этом автор дает их рекомендуемые значения для экспериментальных наборов данных. Хотелось бы видеть какие-то общие рекомендации по их выбору для произвольных линий.
3. Не ясно, может ли алгоритм генерализации цифровых моделей рельефа (параграф 2.5) сохранять высоты вдоль береговых линий. И как быть в случае, когда заранее неизвестна детальность береговой линии, которая будет использоваться совместно с ЦМР для картографирования?
4. Детальность ЦМР для целей картографирования автором оценивается по сочетанию пространственного разрешения и гранулярности (параграф 3.2). Как быть с другими показателями качества ЦМР, такими как вертикальное разрешение? Будут ли они оказывать влияние на детальность ЦМР?
5. В разделах 3.4-3.5 даны алгоритмы визуализации ЦМР способами дополнительных горизонталей и штрихов. Можно ли привести какие-то количественные характеристики детальности именно для картографического изображения, а не для данных, лежащих в его основе?
6. В результатах апробации методики вычисления параметров визуализации дорожной сети и структуры населенных пунктов в некоторых местах отсутствуют кварталы. Это недостаток алгоритма или особенности исходных данных?
7. Картограммы на рисунках 4.34 — 4.36 имеют только цветовую шкалу, при этом не указаны количественные значения границ интервалов.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации

соответствует паспорту специальности 1.6.20 — Геоинформатика, картография (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Самсонов Тимофей Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени доктора географических наук по специальности 1.6.20 — Геоинформатика, картография.

Официальный оппонент:

доктор географических наук, профессор, заведующий лабораторией комплексного картографирования, профессор кафедры географии мирового хозяйства географического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

ТИКУНОВ Владимир Сергеевич



22.04.2025

Контактные данные:

тел.: +7 [REDACTED], e-mail: [REDACTED]

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 05.24.03 – Картография

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», географический факультет. Тел.: +7 [REDACTED]; e-mail: [REDACTED]

Подпись сотрудника географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова В. С. Тикунова удостоверяю:

Декан географического факультета МГУ
академик РАН С.А. Добролюбов



22.04.2025