



На правах рукописи

Загребин Глеб Игоревич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА И
ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ**

Специальность: 25.00.33 – Картография

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Загребин

15 НОЯ 2012

Москва – 2012

Работа выполнена на кафедре картографии Московского государственного университета геодезии и картографии.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Иванов Анатолий Георгиевич

Официальные оппоненты: Шингарева Кира Борисовна,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры экономики и
предпринимательства МИИГАиК, профессор

Флейс Мария Эдгаровна,
кандидат технических наук,
Лаборатория геоинформационных
исследований Института географии РАН,
старший научный сотрудник

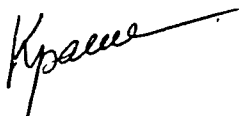
Ведущая организация: Сибирская государственная
геодезическая академия (СГГА)

Защита диссертации состоится «13» декабря 2012 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.143.01 при Московском государственном университете геодезии и картографии по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер., 4, зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии.

Автореферат разослан «8» ноября 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Б.В. Краснопевцев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Географические карты являются средством хранения, передачи пространственно-временной информации, получения новых знаний о реальном мире и поэтому широко используются в разных областях деятельности человека. Общегеографические карты кроме своего назначения по содержанию играют большую роль в самой картографии, так как служат географической основой для производных карт более мелкого масштаба, тематического и атласного картографирования.

Необходимым, достаточно сложным и начальным этапом создания любой карты является выбор элементов математической основы, а именно: масштаба картографирования, оптимальной картографической проекции, построение макета компоновки и картографической сетки. Современные ГИС-программы этих задач полностью не решают, хотя и обладают возможностями построения отдельных элементов.

Для картографических проекций в математической картографии разработаны целые теории, но их выбор для большинства типов карт (кроме унифицированных систем) также не реализован в компьютерных программах. В результате, при создании картографических произведений вместо выбора проекции, оптимальной для решения поставленной задачи, часто используются проекции исходных картографических материалов, или любая из предложенных в программном продукте.

Поэтому автоматизация процессов выбора и построения элементов математической основы является в настоящее время приоритетным направлением научных исследований в картографии, решающим важную задачу грамотного и оперативного проектирования карт.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является разработка методики автоматизированного выбора и построения элементов математической основы. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать предшествующие исследования по автоматизации создания математической основы карт.
2. Предложить математический аппарат вычисления масштаба картографируемой территории.
3. Разработать методику автоматизированного выбора оптимальной картографической проекции.
4. Сформировать картографическую базу данных для построения элементов математической основы на территорию Российской Федерации.
5. Автоматизировать процессы создания макета компоновки карт и построения картографической сетки с использованием сформированной картографической базы данных и математического аппарата отбора картографируемых объектов.
6. Разработать и апробировать специализированное программное обеспечение для реализации построения математической основы.
7. Разработать атлас картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации (федеральные и военные округа).

Методы исследования. Исследования опирались на зарубежный и отечественный опыт, научные принципы и идеи в области автоматизации картографических процессов, а также классические труды, связанные с именами Л.М. Бугаевского, А.С. Васмута, Л.А. Вахрамеевой, Г.А. Гинзбурга, А.Г. Иванова, Г.И. Конусовой, Д.В. Лисицкого, А.И. Мартыненко, Т.Д. Салмановой, С.Н. Сербенюка, М.Д. Соловьева, В.И. Сухова, Е.И. Халугина, Д. Снайдера (J.P. Snyder), П. Янковского (P. Jankowski), Т. Нуергеса (T. Nyerges) и Ф. Кантерса (F. Canters) и других.

В основу работы положены исследования по камеральному геоинформационному картографированию, выполненные в Научно-учебном центре геоинформационного картографирования и на кафедре картографии Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) под научным руководством профессора, д.т.н. А.Г. Иванова.

В работе использовались системный картографический подход, теоретико-методологические основы картографирования, принципы картографического моделирования, эмпирико-математический метод, методы картографического, статистического и сравнительного визуального анализа, достижения компьютерных технологий.

На защиту выносятся:

- Методика и технология автоматизации процессов выбора и построения элементов математической основы карт.
- Специализированное программное обеспечение для реализации разработанной методики.
- «Атлас картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации».

Научная новизна исследования. Представленная диссертация – первое комплексное исследование по автоматизации построения всех элементов математической основы общегеографических и тематических мелкомасштабных карт.

Наиболее оригинальные исследования автора состоят в следующем:

1. Формализована классическая методика выбора картографических проекций; разработан граф, позволяющий автоматизировать этот процесс.
2. Предложено оптимальное соотношение частоты картографической сетки, масштаба картографирования и географического положения картографируемой территории для мелкомасштабных карт.
3. Сформирована картографическая база данных, используемая для автоматизации процесса построения макета компоновки.

4. Разработан специализированный программный комплекс, обеспечивающий следующие возможности автоматизированного построения элементов математической основы карт:

- вычисление масштаба картографирования на основе густоты картографических объектов на создаваемой карте или формата карты;
- выбор целесообразной совокупности проекций;
- автоматическое определение наилучших параметров проекции;
- определение обобщенного критерия оценки искажений картографических проекций;
- построение изокол, эллипсов искажений и визуализация распределения искажений;
- построение макета компоновки;
- построение картографической и индексной сеток;
- возможность добавления новых проекций и их параметров;
- аналитическое трансформирование векторной и растровой информации из одной проекции в другую;
- мультимедийное отображение влияния выбранной проекции и её параметров на вид картографической сетки и распределение искажений.

5. На основе разработанной методики создан «Атлас картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации».

Все разработки выполнены на основе анализа математической основы мелкомасштабных карт и атласов и предшествующего отечественного и зарубежного опыта исследований в этой области.

Правомерность и корректность разработанной методики подтверждена экспериментальными работами.

Практическое значение исследования

Практическая ценность результатов диссертационной работы заключается в оперативности создания общегеографических, тематических мелко-

масштабных карт и атласов, сокращения сроков и трудоёмкости работ с увеличением точности картографических произведений.

Результаты исследований выполнены в рамках фундаментальной научно-исследовательской работы по теме «Разработка методологии автоматизации процессов камерального картографирования» (№ гос. рег. 01201066229).

«Атлас картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации» позволит оптимизировать производство по созданию карт как государственным, так и частным картографическим компаниям.

Полученные результаты исследований внедрены в учебный процесс Московского государственного университета геодезии и картографии при чтении курсов «Геоинформационное картографирование» и «Автоматизация процессов создания и использования цифровых картографических основ» (спецкурс), в дипломном проектировании.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК (2009-2012); на международных конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (2009, 2011, 2012); на Международной научно-технической конференции, посвященной 230-летию основания МИИГАиК (2009); на II Международной научно-практической конференции «Научно-Техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» (2010); на IV Всеукраинской научно-практической конференции «Национальное картографирование: состояние, проблемы и перспективы развития» (Киев, 2010); на XXV международной картографической конференции (Париж, 2011); на конференции, посвященной 75-летию картографического факультета МИИГАиК, «Картография: традиции, современность, перспективы» (2011); на научно-технической конференции ЦНИИГАиК «Отечественные разработки в области геодезии и картографии и их применение в хозяйственной и оборонной деятельности страны» (2012).

Публикации. По теме диссертации имеется 10 публикаций, в том числе две – в изданиях, рекомендованных ВАК.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа содержит 23 таблицы и 28 рисунков. Объем диссертации 141 страница. Библиография включает 82 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования.

Глава 1. Научные основы камерального геоинформационного картографирования

В МИИГАиКе более десяти лет под руководством профессора кафедры картографии, д.т.н. Иванова А.Г. ведутся научные работы по автоматизации процессов камерального геоинформационного картографирования.

В процессе выполнения НИР разработаны теоретические основы камерального геоинформационного картографирования, и предложено новое решение автоматизации процессов создания и использования карт путем формирования картографической базы данных, преобразования ее содержания и последующего использования для автоматизации технологических и информационных процессов [Иванов, Крылов, Дворников и др., 2009]. При разработке теоретических основ учитывался практический опыт и научные достижения в области картографии, накопленные зарубежными и отечественными картографами. Это явилось основой для создания картографической базы знаний, используемой для автоматизации процессов создания и использования карт, что позволяет сохранить традиции отечественной картографии при создании картографических произведений современными методами.

Формирование, преобразование и использование картографической базы данных обеспечит не только создание базовых и производных цифровых картографических основ на разные территории РФ в заданном масштабе, но

и позволит их использовать для разработки тематических карт. Это дает возможность отказаться от поиска подходящей традиционной карты требуемого масштаба для использования в качестве исходного картографического материала. Для тематического и атласного картографирования необходимо автоматизировать следующие процессы: обоснование масштаба картографирования, выбор оптимальной картографической проекции, построение макета компоновки проектируемой карты, выбор и реализация способа отображения тематической информации. Решение этих задач обеспечивает оперативное создание тематических и специальных карт, разработку ГИС-проектов на заданную территорию, в заданном масштабе, в оптимальной проекции, оптимальными средствами отображения тематической информации и с оптимальной графической нагрузкой.

Автор поставил своей задачей автоматизировать начальный этап проектирования карт – определение и построение всех элементов математической основы.

Глава 2. Анализ зарубежных и отечественных исследований по автоматизации создания математической основы карт

Автоматизация выбора элементов математической основы карт стала активно развиваться в 80-х годах XX века. Анализ исследований в этой области показал, что из всех элементов математической основы карт наиболее подробно рассматривались только картографические проекции. Тем не менее, попытки полностью автоматизировать выбор картографической проекции не имели практического результата. Одна из главных трудностей, с которой столкнулись исследователи – большое количество разработанных проекций, из которых необходимо сделать выбор. Ряд проекций имеют очень близкие характеристики, что усложняет выбор между ними.

Первые разработки по автоматизации процесса выбора картографических проекций были основаны на использовании «дерева решений», в кото-

ром учитываются следующие факторы: размер, форма, ориентация и географическое положение картографируемой территории, характер искажений и конкретные свойства проекции. При этом параметры проекции (центральный меридиан, стандартные параллели, или координаты центральной точки) могут быть твердо заданы [Гинзбург, Салманова, 1957], либо их необходимо определять для каждой конкретной территории [Snuder, 1987]. Автоматизация выбора параметров картографических проекций в данных работах не рассматривалась.

Следующим этапом автоматизации процесса выбора картографических проекций являлась разработка баз знаний, реализованных в виде экспертных систем. Примером такой экспертной системы может служить разработанная база знаний картографических проекций (Map Projection Knowledge-Based System, MaPKBS), которая может быть формализована в иерархическую структуру «категория – объект – атрибут». [Jankowski, Nyerges, 1989]. База знаний описывает отношения между атрибутами объектов, свойствами проекции и карты, и использованием конкретных картографических проекций. Эта информация представлена в виде правил «ЕСЛИ ..., ТО ...», которые сгруппированы в цепочки рассуждений, каждое из которых ведет к определенной проекции.

При работе с базой знаний используется принцип выбора картографической проекции, основанный на последовательном ответе пользователя на вопросы экспертной системы (размер территории, её форма и желаемый характер искажений) до тех пор, пока не будет определена совокупность проекций или одна проекция [Canters, 2002; Finn M.P., Woodard L.N., 2005; Eldrandaly K.A., 2006].

В некоторых работах предлагается выбирать проекцию не из всего их множества, а из определенного круга. В качестве критерия выбора выступа-

ют либо определенные свойства проекции [Helali и др., 2009], либо рассматриваются только определенные классы проекций [Mekenkamp, 2009]

Все вышеописанные подходы к выбору картографической проекции, позволяют определить класс проекции и её параметры. Вопросы уменьшения искажений в проекциях практически не рассматривались. Многие исследователи считают определение наилучших параметров проекции за рамками задачи. При этом очень часто при выборе определяется не одна проекция, а несколько близких по параметрам. В этом случае, только выбор проекции с минимальными искажениями может решить проблему окончательного её выбора.

Наиболее значимые разработки, учитывающие минимальные искажения, базируются на двухэтапной схеме выбора проекции [Бугаевский, 1998; Canters, 2002], где на начальном этапе определяется совокупность проекций, наиболее подходящих для создаваемой карты, и вычисляются их параметры, а на втором этапе происходит оценка искажений картографических проекций, их ранжирование и окончательный выбор.

В существующих методиках не рассматривается выбор и построение всех элементов математической основы как системы. Элементы рассматриваются отдельно, хотя все они взаимосвязаны. Наиболее подробно рассматривается автоматизация выбора картографических проекций, однако, ни один из методов не гарантирует её окончательного выбора. В разработках плохо прослеживается связь назначения карты и выбора проекции. Наиболее полно выбор проекции рассматривается в трудах Л.М. Бугаевского, но вопрос об объективном определении значимости факторов и их строгой ранжировке при выборе проекций для создания конкретных карт требует дальнейших исследований.

Глава 3. Методика автоматизированного выбора и построения элементов математической основы

Разработанная автором методика в целом представлена на рисунке 1.

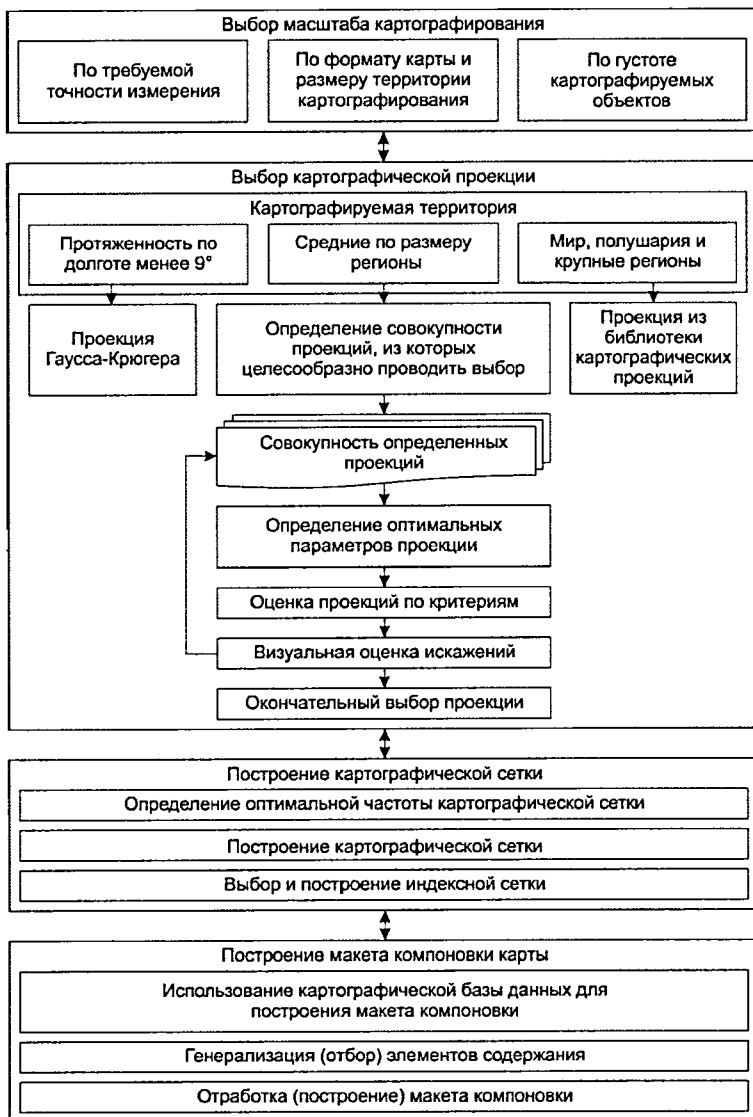


Рис. 1. Методика автоматизированного выбора и построения элементов математической основы карт

Автоматизированный выбор и построение элементов математической основы

Масштаб карт. Для создания качественных карт необходим обоснованный выбор масштаба, который зависит от назначения и темы карты, ее формата и компоновки. Можно выделить три основных подхода по установлению масштаба карты, вытекающие из назначения карты и ее использования.

Во-первых, выбор крупных масштабов карт, по которым проводятся картометрические работы. Основное требование – обеспечение заданной точности измерений координат точек и длин линий по карте [Салищев, 1987].

Во-вторых, если требования к точности измерений по карте не играют определяющей роли, то масштаб рассчитывается, исходя из формата карты и размера территории картографирования. Разработанный автором алгоритм вычисления масштаба по формату карты представлен на рисунке 2.

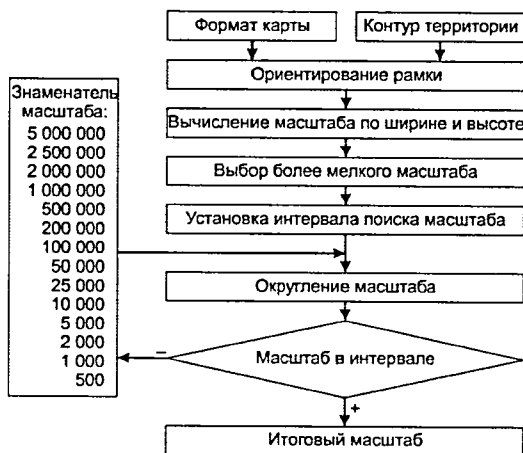


Рис. 2. Алгоритм вычисления масштаба по формату карты

В-третьих, для мелкомасштабных карт требования к точности измерений не так важны, основными их качествами являются полнота и подробность содержания карты. Поэтому при создании производных мелкомасштабных карт предлагается формула определения масштаба проектируемой карты,

учитывающая количественный и качественный аспекты, которые отражаются в виде коэффициента графической нагрузки [Иванов, Загребин, 2010]:

$$M_K = \sqrt{\frac{K_N S_M}{N}} \quad (1)$$

где M_K – именованный масштаб, выраженный числом км в 1 мм;

K_N – коэффициент общей графической нагрузки;

S_M – площадь картографируемой территории в км²;

N – общая графическая нагрузка карты в мм².

Это строгая формула определения масштаба проектируемой карты. К сожалению, весьма затруднительно точно определить общую графическую нагрузку проектируемой карты. В связи с этим, достаточно использовать её упрощенный вариант на основе использования оптимального коэффициента графической нагрузки населенных пунктов $K_{NНП} = 15\%$ и среднего значения площади населенного пункта (подпись и картографический условный знак) $S_{НП} = 8,62$ мм², которые получены эмпирическим путем:

$$M = 0,13 \sqrt{\frac{S_M}{\sum НП}} \quad (2)$$

Картографические проекции. Их выбор зависит от размеров картографируемых территорий. Для карт Мира, полушарий, материков и России круг используемых картографических проекций определен. Поэтому для автоматизации процесса выбора проекции на такие территории создана библиотека картографических проекций.

При картографировании территорий протяженностью по долготе менее 9° выбирается проекция Гаусса-Крюгера [Гинзбург, Салманова, 1957]. Остаются неохваченными территории средних размеров. К ним можно отнести территории отдельных государств, их субъектов, природных и экономических регионов.

В работе рассматривается автоматизация процесса выбора картографических проекций на примере территории Российской Федерации.

При выборе проекций для карт всей России следует иметь в виду, что в зависимости от назначения, содержания и способа использования могут значительно меняться требования не только к проекциям, но и к компоновке, в частности, к включению в рамку карты участков сопредельных территорий. К настоящему времени определен круг проекций, используемых при создании карт Российской Федерации. Автором разработан граф, позволяющий осуществить автоматизированный выбор проекции из совокупности уже существующих, с учетом назначения карты, характера искажений и особенностей компоновки (рис. 3).

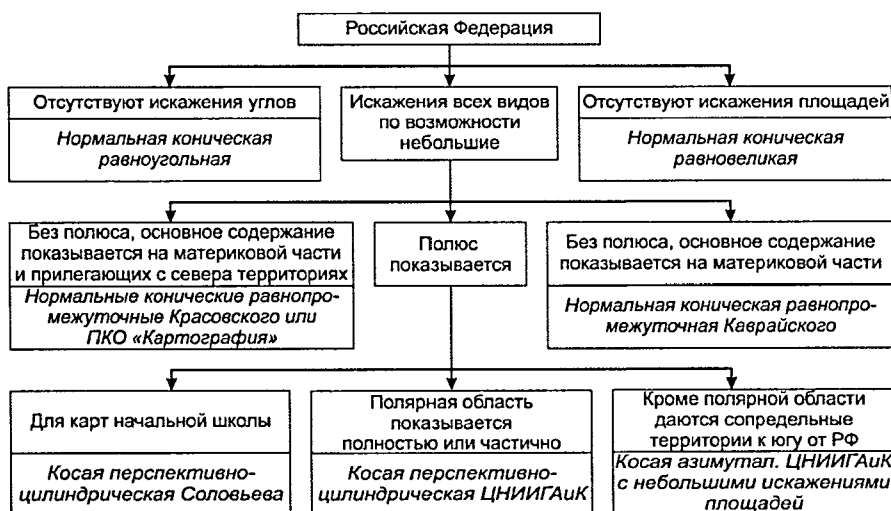


Рис. 3. Граф выбора картографической проекции для карт Российской Федерации

Для карт средних по размеру территорий выбор картографической проекции осуществляется поэтапно. Сначала устанавливается совокупность проекций, из которых целесообразно производить выбор. Для этого разработан логический граф (рис. 4), идея которого заключается в нисходящем учете географических факторов (размер, местоположение и форма территории) и в восходящем учете фактора, характеризующего получаемую картографическую проекцию (характер искажений). В результате на стыке графа осу-

шествляется выбор совокупности подходящих проекций, из которых производится дальнейший выбор.

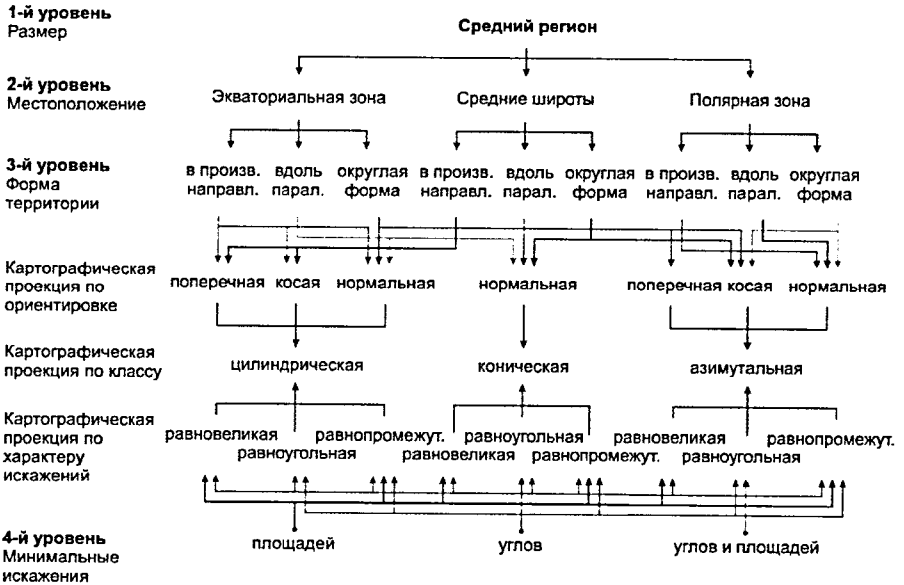


Рис. 4. Граф выбора картографической проекции

Определение главных параллелей конических и цилиндрических проекций, центральных точек косых систем координат выполняется автоматически, исходя из условия минимальности значения обобщенного критерия. Вычисление обобщенных критериев оценки достоинств происходит для каждой выбранной проекции по формулам и методике рассмотренных Л.М. Бугаевским, 1998.

Для определения наилучшей проекции вариационного типа предварительно запишем частные критерии ε_i :

$$\varepsilon_1 = \frac{a}{b} - 1; \quad \varepsilon_2 = ab - 1; \quad \varepsilon_3 = \sqrt{\frac{(a-1)^2 + (b-1)^2}{2}}, \quad (3)$$

где a, b – экстремальные частные масштабы длин.

Каждый из частных критериев дает характеристику проекции в каждой её точке, так ε_1 – критерий равноугольности, ε_2 – критерий равновеликости, ε_3 – критерий Эйри, который определяет искажения длин.

Для определения функционалов E_i^2 достаточно разбить изображаемую область на малые участки равной величины, в средних точках каждого из них вычислить значения квадратов частных критериев и найти их средние арифметические значения.

$$E_i^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_{ik}^2 \quad (4)$$

где n – количество участков; k – номера участков, в которых вычислены значения ε_{ik}^2 .

Обобщенный критерий имеет вид:

$$E_{об}^2 = \frac{\sum_{i=1}^3 P_i E_i^2}{\sum_{i=1}^3 P_i} \quad (5)$$

где P_i – веса значимости факторов.

Предлагаемый обобщенный критерий учитывает большинство из возможных требований к картографическим проекциям. При этом он представлен в формализованном виде и относительных величинах, что дает возможность сопоставления и одновременного учета самых разнообразных требований к проекциям.

В каждом конкретном случае значимость факторов будет меняться в зависимости от содержания создаваемой карты.

Связь выбора картографической проекции создаваемой карты с её содержанием осуществляется с помощью весов значимости факторов P_i . В предложенной автором методике рассматривается три частных критерия: равноугольности, равновеликости и критерий искажения длин линий. В зависимости от содержания создаваемой карты веса будут принимать различные значения в диапазоне от 0 до 100.

Обобщенный критерий вычисляют для всех рассматриваемых картографических проекций. После их ранжирования по обобщенному критерию $E_{об}^2$ необходимо выбрать оптимальную проекцию. Как правило, та проекция,

в которой обобщенный критерий имеет минимальное значение, и будет истинной.

Для окончательного решения вопроса о выборе проекций необходимо вычислить и построить макет картографической сетки с отображением искажений этой проекции на экране монитора (рис. 5). Построение макета с показом искажений приобретает особое значение, когда в результате выбора получено несколько вариантов проекций, для которых значение функционала близки по своим значениям. Искажения можно показать изоколами или цветом. Тогда минимальные искажения, при которых можно проводить измерения повышенной точности будут показаны зеленым цветом, приближенные измерения могут проводиться в пределах желтого и оранжевого цветов, при больших искажениях может проводиться только зрительная оценка, что соответствует красному и фиолетовому цветам.

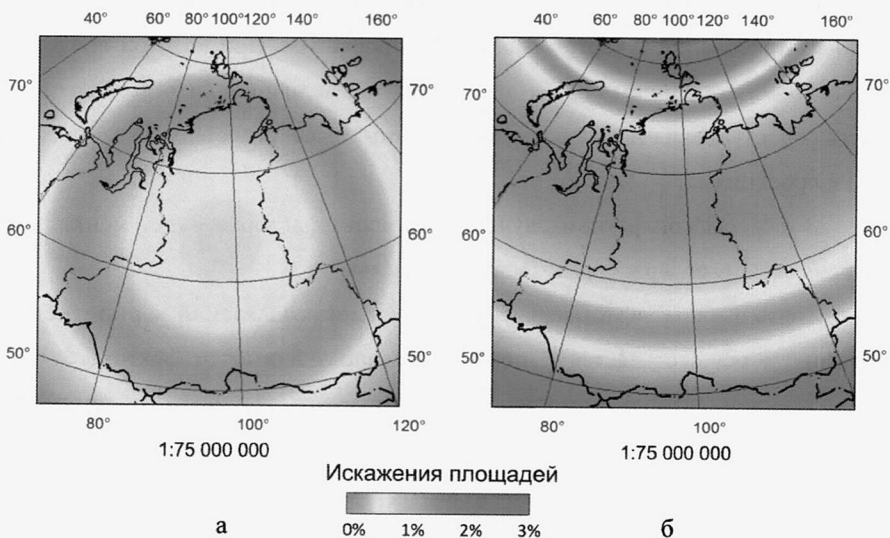


Рис. 5. Макет картографической сетки с отображением искажений на Сибирский федеральный округ (а – косая азимутальная равнопромежуточная проекция, б – нормальная коническая равнопромежуточная проекция)

Картографическая сетка. Во-первых, необходимо однозначно определить ее частоту. С этой целью проведен анализ изданных карт, который показал, что частота картографической сетки зависит не только от масштаба карты, но и от географического положения территории. По результатам анализа составлена таблица, в которой определена частота картографической сетки для шести диапазонов масштабов и трёх широтных зон (табл.1).

Табл. 1. Выбор частоты картографической сетки в зависимости от масштаба и географического положения картографируемой территории

Масштаб	Частота картографической сетки		
	$\varphi_{ю} < 40^\circ$	$40^\circ < \varphi_{ю} < 60^\circ$	$\varphi_{ю} > 60^\circ$
Менее 1:150 млн	$30^\circ \times 30^\circ$	$30^\circ \times 30^\circ$	$30^\circ \times 30^\circ$
1:50 млн – 1:150 млн	$20^\circ \times 20^\circ$	$30^\circ \times 20^\circ$	$30^\circ \times 20^\circ$
1:15 млн – 1:50 млн	$10^\circ \times 10^\circ$	$12^\circ \times 8^\circ$	$20^\circ \times 10^\circ$
1:5 млн – 1:15 млн	$5^\circ \times 5^\circ$	$6^\circ \times 4^\circ$	$10^\circ \times 5^\circ$
	$4^\circ \times 4^\circ$		
1:2 млн – 1:5 млн	$2^\circ \times 2^\circ$	$3^\circ \times 2^\circ$	$4^\circ \times 2^\circ$
1:1 млн – 1:2 млн	$1^\circ \times 1^\circ$	$1^\circ \times 1^\circ$	$2^\circ \times 1^\circ$

Необходимо отметить, что для карт масштабов 1:5 000 000 – 1:15 000 000 и для территорий южнее 40° предусмотрены две частоты картографической сетки. Это позволит выполнить условие сохранения кратности частоты картографической сетки для карт разных масштабов при атласном картографировании.

Макет компоновки. При его построении используются все рассмотренные выше элементы математической основы. Выполняется их взаимное согласование. На этом этапе возможно изменение параметров других элементов. Также учтены такие приёмы, как выступы за рамку карты, поворот рамки. Для создания картографической основы макета компоновки на территорию Российской Федерации используется картографическая база данных масштаба 1:8 000 000, что обеспечивает создание макетов компоновки для карт масштаба 1:1 500 000 и мельче. Для отбора картографических объектов применяется математический аппарат, разработанный на кафедре картографии МИИГАиК [Иванов, Крылов и др., 2009].

Глава 4. Апробирование методики автоматизированного выбора и построения элементов математической основы

Для реализации разработанной методики на примере России была сформирована *картографическая база данных* масштаба 1:8 000 000, состоящая из следующих слоев: границы субъектов, федеральных и военных округов; элементы гидрографии; населенные пункты и пути сообщения.

Все рассмотренные этапы методики реализованы в разработанном автором *специализированном программном комплексе*, обеспечивающим автоматизацию процессов создания всех элементов математической основы. Комплекс позволяет выполнять определение масштаба, выбор оптимальной картографической проекции, её расчет, построение картографической сетки и макета компоновки, а также дает комплексную характеристику проекции в любой точке карты (географические, полярные сферические и прямоугольные координаты, величины искажений всех видов).

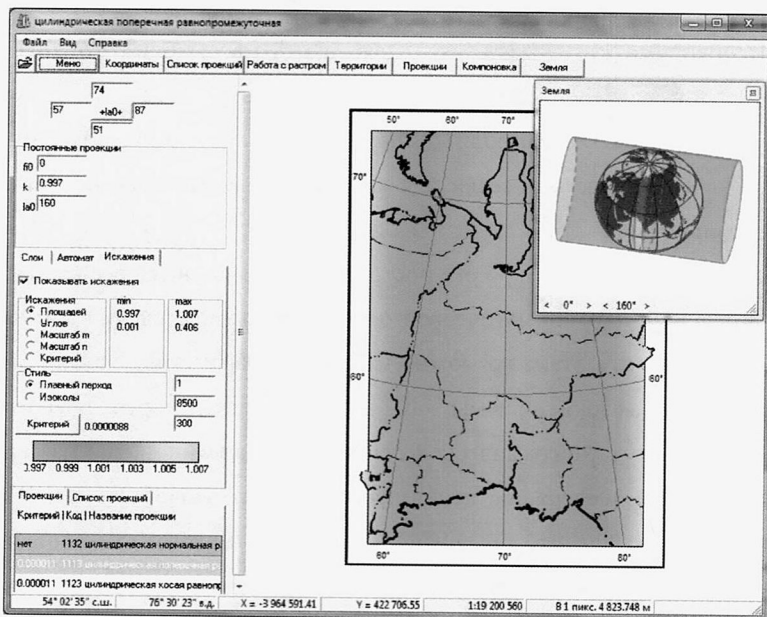


Рис. 6. Окно программного комплекса

Программный комплекс работает с векторной и растровой графикой, позволяет осуществлять взаимодействие с основными геоинформационными системами (MapInfo, ГИС «Карта 2011», ArcGIS) и графическими программами (настольными издательскими системами).

Комплекс апробирован на примере территории Российской Федерации, но может быть использован для создания математической основы на любую территорию.

На основе разработанной программы создан *«Атлас картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации»* (федеральные и военные округа). Его актуальность обусловлена преобразованием административно-территориального деления России: выделены федеральные, переформированы военные округа.

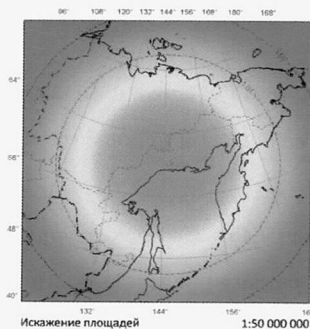
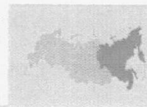
Атлас разработан по примеру Атласа картографических проекций ЦНИИГАиК [Гинзбург, Салманова, 1957], но не дублирует, а дополняет его.

Атлас состоит из двух разделов. В первом разделе изложена методика автоматизированного выбора картографической проекции, рассмотренная в третьей главе. По этой методике, для восьми федеральных округов и четырех военных округов выбраны оптимальные картографические проекции, отвечающие требованиям минимального искажения картографируемых территорий. Во втором разделе для каждого рассмотренного региона на отдельной странице указаны название проекции и ее параметры, дан краткий пояснительный текст, картографическая сетка, показаны искажения площадей, максимальные искажения углов (рис. 7).

Все рассмотренные в новом атласе проекции реализованы в современных геоинформационных системах. Параметры проекций легко установить, применив из атласа соответствующую текстовую строку, описывающую систему координат.

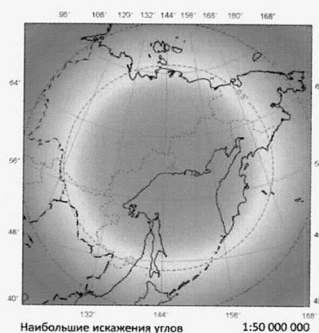
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

КОСАЯ АЗИМУТАЛЬНАЯ РАВНОПРОМЕЖУТОЧНАЯ ПРОЕКЦИЯ ПОСТЕЛЯ



На карте Дальневосточного федерального округа нет искажений всех видов в центральной точке проекции.

Постоянная проекции $k=1$; долгота осевого меридиана $\lambda_0=145^\circ$; координаты центральной точки (полюса косой системы) $\varphi_0=60^\circ$ и $\lambda_0=145^\circ$.



В пределах изображения Дальневосточного федерального округа искажения площадей ($p-1$) колеблется от 0% в центральной точке до +2,2% на периферии; максимальные значения искажений углов $\omega=1,3^\circ$.

Обобщенный критерий равен 22,89.

Система координат:

для MapInfo "ДВФО", 28, 1001, 1, 145, 60, 90

для ArcGIS PROJCS["ДВФО",...,PROJECTION["Azimuthal_Equidistant"],PARAMETER["False_Easting",0.0],PARAMETER["False_Northing",0.0],PARAMETER["Central_Meridian",145.0],PARAMETER["Latitude_Of_Origin",60.0],UNIT["Meter",1.0]]

Рис. 7. Страница «Атласа картографических проекций»

Заключение

В соответствии с поставленной целью решена главная задача диссертации – разработана методика комплексной автоматизации всех элементов математической основы.

Основные теоретические и практические результаты диссертации:

1. Разработан математический аппарат вычисления масштаба картографирования на основе густоты картографических объектов на создаваемой карте или формата карты.
2. Автоматизирован выбор оптимальной картографической проекции на основе традиционно учитываемых факторов и обобщенного критерия оценки искажений картографических проекций.
3. Автоматизирован процесс создания макета компоновки с применением разработанной картографической базы данных.

4. Автоматизирован процесс построения картографической и индексной сетки.
5. Разработано и апробировано специализированное программное обеспечение для построения элементов математической основы при создании карт.
6. Разработан «Атлас картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации».

Разработанная и апробированная методика обеспечивает согласование системы топографических карт с мелкомасштабными общегеографическими картами путем аналитического трансформирования проекции Гаусса-Крюгера в любую заданную проекцию для крупных регионов Российской Федерации. В дальнейшем методика автора совместно с методикой конвертирования объектового состава и методикой автоматизации процессов генерализации, обеспечит создание производных цифровых картографических основ на заданную территорию, в заданной картографической проекции и в заданном масштабе.

Работа представляет собой развитие идей А.Г. Иванова по автоматизации картографических процессов, которое было делом его жизни.

Основные положения диссертации освещены в следующих работах автора:

1. Разработка методики автоматизированного выбора картографической проекции при реализации мелкомасштабного картографирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. –2011. –№1. –С. 98–100 (соавт. А.Г. Иванов).
2. Разработка атласа картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. –2012. – №5. –С. 52–55.

3. Осуществление внедрения разработок по камеральному геоинформационному картографированию (проект). Тезисы докладов международной научно-технической конференции “Геодезия, картография и кадастр – XXI век”, посвященной 230-летию основания МИИГАиК. Москва. –2009. –С. 89–90 (соавт. А.Г. Иванов, С.А. Крылов, А.В. Дворников и др.).
4. Автоматизация процессов визуализации результатов всероссийской переписи населения. – Сборник научных докладов II Международной научно-практической конференции «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» М. –2010. –С. 224–225 (соавт. А.В. Дворников, В.С. Петров и др.).
5. Методика автоматизации процессов построения элементов математической основы – Национальное картографирование: состояние, проблемы и перспективы развития: Сборник научных докладов. – К.:ДВНП «Картография».–2010.–Вып. 4.–С. 213-217 (соавт. А.Г. Иванов).
6. Методика автоматизированного выбора картографической проекции и её апробирование на примере Федеральных округов Российской Федерации // Материалы международного научного форума «Ломоносов-2011».–М.: МАКС Пресс, 2011.
7. Working out of methods of realization of elements of the mathematical basis of maps // Proceedings of the 25th International Cartographic Conference. –Paris, 2011. – Pp. 1–6 (соавт. А.Г. Иванов).

Подписано в печать.

Формат А4

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Тираж 100экз. Заказ № 2436

Типография ООО “Ай-клуб” (Печатный салон МДМ)

119146, г. Москва, Комсомольский пр-т, д.28

Тел. 8(495)782-88-39