

На правах рукописи

Антонов Евгений Сергеевич



Разработка научно-методических основ создания геокогнитивных карт

25.00.33 – Картография

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Новосибирск – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ).

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Янкелевич Светлана Сергеевна.

Официальные оппоненты:

Майоров Андрей Александрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», заведующий кафедрой информационно-измерительных систем;

Кикин Павел Михайлович, кандидат технических наук, общество с ограниченной ответственностью «Шторм технологии», специалист по машинному обучению.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (г. Пермь).

Защита состоится 5 октября 2021 г. в 15-00 на заседании диссертационного совета Д 212.251.04 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по адресу: 630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ауд. 402.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»: <https://sgugit.ru/science-and-innovations/dissertation-councils/dissertations/antonov-evgeniy-sergeevich/>

Автореферат разослан 28 июня 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Дубровский Алексей Викторович

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 09.06.2021. Формат 60 × 84 1/16.

Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 57.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плахотного, 8.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Направления научно-технического развития общества на современном этапе определяются в первую очередь направлениями развития фундаментальных и прикладных научных исследований. Картография как наука не исключение. Развитие цифровых технологий сделало актуальным создание средств обработки, передачи и хранения больших объемов данных. Современный человек живет в потоке информации, которая поступает по разным каналам, репрезентируется различными способами, а ее объем во много раз больше, чем сознание человека способно воспринять. В настоящее время возрос интерес к визуализации. Потенциальные возможности визуализации сформировали условия для ее привлечения к решению актуальных задач во многих сферах человеческой деятельности. Одним из практических направлений развития визуализации, обладающим возрастающей актуальностью, становится создание средств когнитивной интерпретации данных и информации об окружающем нас пространстве, опирающихся на визуальное восприятие. Картографическая продукция является результатом визуализации геопространства, а развитие информационных технологий позволяет автоматизировать процессы создания картографической продукции.

В результате в картографии произошли изменения, которые привели к трансформации свойств карт, изменению их функции, роли и места в жизни общества:

- в картографию вошли современные методы, такие как цифровой, геоинформационный, мультимедийный, анимационный, трехмерный, навигационный, метод мобильной картографии, виртуальная и дополненная реальность;
- изменилась функция карты в процессах исследования и познания пространства, ранее карта считалась источником информации, а теперь служит неким интерфейсом для постановки задачи и оценки результатов исследования;
- в наши дни источником информации служит пространственная геоинформационная модель, а само исследование непосредственно осуществляется в среде геоинформатики;

– меняется классический картографический метод исследования в направлении осуществления познания посредством использования накопленных картографических знаний, реализованных в виде правил, алгоритмов и программ в составе геоинформационных и экспертных систем (систем искусственного интеллекта).

Современная карта – это не только визуализация геоинформации, но и визуализация геознаний.

Карты, которые содержат геознания, позволяют проводить анализ, структурировать информацию, дают возможность представлять геоинформацию в удобной для пользователя форме, а также получать новые геознания, тем самым получать новый интеллектуальный продукт. Такие карты можно назвать геокогнитивными. Тем самым предложен новый вид карт в картографии – геокогнитивные карты.

Степень разработанности темы изучена по опубликованным работам в области картографии, картографического метода исследования, концепций в картографии, геознаний, геокогнитивного пространства, геокогнитивных технологий. Диссертация опирается на труды Асланикашвили А. Ф., Берлянта А. М., Вицентия А. В., Елюшкина В. Г., Карпика А. П., Лисицкого Д. В., Майорова А. А., Савиных В. П., Салищева К. А., Цветкова В. Я., Kulie Armstrong, Lesley Arnold, Matthey Duckham, Antony Galton, Benjamin Kuipers.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является разработка научно-методических основ создания геокогнитивных карт, основанных на интеграции геоинформации и геознаний о картографируемой территории и закономерностях ее развития.

Основные задачи диссертационного исследования:

- провести анализ современного состояния развития геокогнитивных технологий для решения и визуализации геопространственных задач;
- сформулировать определение, содержание и функции нового вида картографической продукции – геокогнитивных карт;
- выполнить теоретико-множественное представление процесса получения геознания и создания геокогнитивной карты;

- сформулировать принципы и научно-методические основы создания геокогнитивных карт, обеспечивающих картографическую визуализацию с учетом особенностей восприятия человека для оперативного принятия решения;

- разработать базовые технические решения создания и использования геокогнитивных карт и выполнить апробацию на примере карты транспортной сети с необходимым набором геознаний.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются геокогнитивные карты. Предметом исследования являются научно-методические основы создания геокогнитивных карт, позволяющие представлять картографическое изображение как совокупность геоинформации и геознаний.

Научная новизна исследования:

- впервые сформулированы сущность, понятие и дано определение геокогнитивных карт как нового вида карт, которые являются визуальной формой представления знаний и аналитической, логичной репрезентацией геоинформации, направленной на подготовку пространственных решений и производство нового знания;

- разработаны научно-методические основы и базовые технические решения создания геокогнитивных карт, включающие теоретико-множественное представление процесса получения геознания, принципы создания геокогнитивных карт, место геокогнитивных карт в системе классификации тематических карт.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы состоит в разработке принципов, сущности и методического обоснования перехода от геоинформации к геознаниям и создания нового вида карт – геокогнитивных карт. Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные научно-методические основы создания геокогнитивных карт, содержание которых основано на принципах когнитивного представления знаний, способствуют повышению ситуационной осведомленности, в том числе при принятии управленческих решений для управления и развития территорий.

Методология и методы исследования. Методология исследования состоит из базовых понятий, принципов и методов картографии, геоинформационного

картографирования, методов системного подхода и сравнительного анализа, а также методов экспериментального апробирования.

Положения, выносимые на защиту:

– геокогнитивные карты, основанные на знаниях, дают возможность не только анализировать, структурировать и представлять в удобной форме любую актуальную информацию и производные от нее геознания, но и преобразовывать, совершенствовать и применять на практике полученный интеллектуальный продукт, направленный на выработку пространственных решений и формирование нового знания;

– научно-методические основы создания геокогнитивных карт базируются на принципах создания геокогнитивных карт, теоретико-множественном представлении процесса получения геознания и создания геокогнитивной карты, раскрывают их сущность и позволяют определить место в системе классификации тематических карт;

– базовая технологическая схема создания геокогнитивных карт в среде ГИС позволяет применять полученные знания для решения геопространственных задач.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тематика диссертации соответствует областям исследований: 5 – Новые методы составления и проектирования, новые виды и типы тематических и кадастровых карт и атласов; 9 – Геоинформационное картографирование и компьютерные технологии паспорта научной специальности 25.00.33 – Картография, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России.

Степень достоверности и апробация полученных результатов исследования. Основные положения диссертационной работы и результаты исследования докладывались, обсуждались и нашли положительный отклик на различных научных конференциях: Второй национальной научно-практической конференции «Регулирование земельно-имущественных отношений: технологические решения, кадастровая оценка, нормативно-правовое обеспечение», Томск, 20–22 июня 2019 г., Третьей национальной научно-практической конференции «Регулирование зе-

мельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения», Новосибирск, 27–29 ноября 2019 г., Четвертой национальной научно-практической конференции «Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения», Новосибирск, 17–19 ноября 2020 г.

Результаты исследования внедрены в учебный процесс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» при преподавании дисциплины «Основы тематической картографии» и «Тематическое картографирование» и в образовательную деятельность Новосибирского высшего военного командного училища.

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в семи научных статьях, из которых пять – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Структура и объем работы. Общий объем диссертации составляет 102 страницы печатного текста. Диссертация состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка литературы, включающего 128 наименований, 15 рисунков, 2 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении раскрыта актуальность исследования, сформулированы цели и задачи исследования, объект и предмет исследования, научная новизна, положения, выносимые на защиту, теоретическая и практическая значимость работы, сведения о достоверности и апробации результатов исследования, соответствие диссертации паспорту научной специальности.

В первом разделе диссертации проведен анализ современного состояния развития геокогнитивных технологий для решения геопространственных задач.

На этом этапе исследования рассмотрены понятия геознания, геокогнитивного пространства, а также геокогнитивные технологии. Рассмотрено определение нового термина «геокогнитивная карта» как нового вида карт.

На основе проведенного анализа сделаны следующие выводы:

1) в науках о Земле появился новый термин – «геознание», который несет в себе понимание влияния свойств геопространственных объектов и местности в целом на выполнение текущих задач, решаемых по карте. Геознание позволяет соотносить качественные переменные, представленные в визуальной форме, с порядковой шкалой количественных переменных для решения новых задач;

2) для получения геознания необходимо использовать геоинформацию, описывающую пространственные расположения, отношения и характеристики пространственных объектов с позиций предметной области принятия решений;

3) применение геознаний позволяет детализировать пространственный анализ, а также получать качественные пространственные решения для решения геопространственных задач;

4) геопространственные знания формируются геоинформационными технологиями, определяющими геопространственное положение объектов окружающего мира, дополняемые геокогнитивными технологиями;

5) применение системного подхода, опирающегося на геокогнитивную методологию и геокогнитивные технологии, позволяет не только решать геопространственные задачи, но и оценивать последствия принимаемых решений;

6) российскими учеными Карпиком А. П. и Лисицким Д. В. предложено новое понятие – «геокогнитивные технологии» как особый класс когнитивно-информационных технологий, связанных с восприятием и использованием геопространства.

Результаты анализа показали, что в настоящее время развитие новых информационных технологий, в том числе геокогнитивных, позволяет по-новому представлять геопространственные знания на картах.

Сегодняшняя действительность – это эпоха больших данных, в том числе больших пространственных данных, из которых требуется извлекать полезную

информацию и формировать на ее основе качественное геопространственное знание, обеспечивающее достоверное визуальное отображение (картографический контент), лежащее в основе принятия решения.

Для решения этой проблемы нужна новая картографическая продукция – геокогнитивные карты, содержание которых основано на принципах когнитивного представления знаний, обеспечивающие понимание сущности территории с позиций решаемых задач и автоматизированную визуализацию данных, приспособленные к особенностям восприятия человека и способствующие тем самым более быстрому и качественному принятию решения.

Выполненный анализ передовой отечественной и зарубежной литературы показал, что революционным аспектом преобразования геопространственной деятельности становится перспектива перехода от геоинформации к геознаниям, освоения когнитивных методов и технологий решения геопространственных задач, формирования геопространственных знаний о территории, прогностического моделирования и выработки интеллектуальных геопространственных решений. А это требует постановки и выполнения обширных и глубоких исследований вопросов формирования и использования геознаний.

Во втором разделе диссертации рассмотрены специфические особенности картографической визуализации как инструмента отображения геопространственных данных и знаний для решения геопространственных задач.

Изучение особенностей визуализации информации на картах необходимо для представления объектов визуализации в виде, который обеспечивает наиболее эффективную работу человека по их изучению. К числу объектов визуализации картографического содержания относятся: визуализация знаний и визуализация данных. На этом этапе исследования выполнен анализ сущности, научных основ формирования геознаний и последующей их визуализации совместно с геоинформацией.

В результате этого анализа были сделаны следующие выводы:

1) главной функцией, которую несет в себе визуализация как геоинформации, так и геознаний является ее когнитивность;

2) для того, чтобы человек получал знания в компактном виде, он должен мыслить образами;

3) мыслить образно человеку помогают различные формы представлений знаний в каком-либо компактном виде;

4) визуальные средства познания геоинформации и превращения ее в геопространственные знания позволяют эффективно использовать временные ресурсы за счет более быстрого эффекта усвоения геознаний о территории.

Анализ научных основ формирования геознаний на основе переработки геоинформации с позиций решаемых по карте задач с последующей визуализацией позволил сделать вывод, что именно в когнитивной науке проводятся исследования, результаты которых помогут значительно улучшить визуальное отображение большого объема пространственных данных и геознаний в ГИС, в результате чего может быть создана геокогнитивная карта.

Для обоснования научно-методических основ создания геокогнитивных карт выполнено обобщенное теоретико-множественное представление процесса преобразования геоинформации о территории и находящихся на ней объектах в геознание, ориентированное на решение по геоинформационной модели местности или карте конкретных пространственных задач. Для этого сформированы, определены и введены следующие важные новые понятия.

1 Картографический объект геознания – z_i , объект искомой геокогнитивной карты KZ , содержащий показатели соответствия характеристики объекта карты критериям конкретной геопространственной задачи $S_i (z_i \in KZ)$.

2 Отображение F_r анализа и оценки характеристик объектов карты с позиций решаемых пространственных задач и формирования на этой основе объектов геознания ($F_r: K \Rightarrow KZ$).

3 Элементарная операция s_j оценки соответствия характеристик объекта карты критериям геопространственной задачи $S (s_j \in S, S = \{s_j / i=1, \dots, r\})$.

4 Основа механизма отображения F_r – упорядоченное множество U_d критериев u_d оценки характеристик объектов карты относительно требований решаемой пространственной задачи $U_d \equiv \{U_1, U_2, \dots, U_q\}$.

Аксиоматическими свойствами введенных понятий будут:

– для z_i – каждый картографический объект геознаний может интегрировать любой набор показателей удовлетворения критериям оценки, но не менее одного; не может существовать картографический объект геознаний, не удовлетворяющий ни одному из критериев. Например, оценка картографического объекта «мост» порождает картографический объект геознаний, удовлетворяющий одновременно нескольким критериям грузоподъемности, габаритов, сезонных ограничений и других характеристик движения, но не может вообще не отразить ни один показатель соответствия хотя бы одному из этих критериев;

– каждому F_r – отображению функции анализа и оценки характеристик объектов карты согласно требованиям решаемой пространственной задачи соответствует одно-единственное множество критериев оценки U_d , т. е. $\forall F_r \exists! U_d$, где $\exists!$ – квантор единственности;

– каждая элементарная операция s_j оценивает соответствие характеристик объекта карты критериям геопространственной задачи только одним из показателей $0 \vee 1$, т.е. $\forall s_j \in S \exists 0 \vee 1$, где \forall и \exists – кванторы общности и существования, соответственно;

– множество U_d никогда не может быть пустым ($U_d \neq \emptyset$).

Теперь, в соответствии с введенными понятиями, переход от геоинформации к геознаниям при создании геокогнитивной карты можно представить следующим образом.

На местности имеется множество M дискретных геопространственных объектов местности o_k , представленных в геоинформационной модели местности M_m в виде геоинформационных моделей объектов m_k и затем отображенных на карте K известными способами картографической визуализации V_k в виде картографических объектов k_g в единой инфраструктуре (система координат и высот, масштаб, детальность, точность, математическая основа, условные знаки), т. е. $M = \{o_k / k = 1, \dots, m\}$, $M_m = \{m_k / k = 1, \dots, m\}$, $K = \{k_g / g = 1, \dots, m\}$.

Каждый из объектов местности o_k обладает объективным набором свойств $\langle g_{k1}, g_{k2}, \dots, g_{kn} \rangle \leftrightarrow o_k$, которые отображаются в геоинформационной модели мест-

ности M_m кортежами геоинформации вида $\langle c_{k1}, c_{k2}, \dots, c_{kn} \rangle \leftrightarrow m_k$ на карте геоинформацией в виде упорядоченной совокупности характеристик уже картографических объектов $\langle h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{in} \rangle \leftrightarrow k_g$. При этом m_k является элементом геоинформационной модели местности M_m , а k_g – элементом карты K ($m_k \in M_m, k_g \in K$). Каждый картографический объект k_g содержит объективную геоинформацию о характеристиках объекта местности o_k и для каждого из них существует непустое множество картографических объектов геознаний $Z_s \equiv \{z_{s1}, z_{s2}, \dots, z_{sq}\} \neq \emptyset$, т. е. $\forall k_g \in K \exists Z_s \equiv \{z_{s1}, z_{s2}, \dots, z_{sq}\}$, где \forall и \exists – кванторы общности и существования, соответственно. Например, критериальная оценка реки с разными глубинами и типом дна порождает несколько картографических объектов геознаний с разными показателями водной переправы.

Для каждой решаемой геопространственной задачи S_i на множестве K картографических объектов k_g ($k_g \in K$) осуществляется r -е отображение F_r путем сопоставления и оценки кортежа характеристик каждого i -го объекта карты k_i относительно заданного кортежа критериев U_d данной задачи и формирования на этой основе новых кортежей характеристик картографических объектов геознаний. Указанное отображение выполняется по каждой элементарной операции s_j , в результате чего формируются показатели удовлетворения (соответствия) характеристик объекта k_g заданным критериям и некоторые наследованные характеристики k_g , в первую очередь, его местоположение, форма и размеры. Сформированные кортежи определяются как новые картографические объекты геознания z_i , совокупность которых и образует множество Z_i , отражающее критерии задачи S_i и являющееся содержанием будущей геокогнитивной карты. Тожественные по показателям кортежи могут образовывать кластеры и соответствующие им картографические объекты геознаний. После осуществления на множестве Z_i типовой функции картографической визуализации V получается искомая геокогнитивная карта KZ_j .

Учитывая, что в системе анализа объекты карты, геоинформационные модели объектов, картографические объекты геознаний и критерии решаемой задачи в рамках элементарных операций s_j заданы соответствующими кортежами характеристик вида

$$k_g = \langle h_{g1}, h_{g2}, h_{g3}, \dots, h_{gn} \rangle; m_k = \langle c_{k1}, c_{k2}, \dots, c_{kn} \rangle;$$

$$z_i = \langle p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{im} \rangle; s_j = \langle q_{j1}, q_{j1}, q_{j1}, \dots, q_{jr} \rangle,$$

и именно на этом уровне происходит анализ, описываемый процесс можно представить формально следующими выражениями:

$$\{F_j: \langle h_{g1}, h_{g2}, h_{g3}, \dots, h_{gn} \rangle \rightarrow \langle p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{im} \rangle \mid \langle q_{j1}, q_{j1}, q_{j1}, \dots, q_{jr} \rangle\};$$

$$F_j: k_g \rightarrow z_i \mid s_j; Z_s \equiv \{z_{s1}, z_{s2}, \dots, z_{sq}\}; \{\cup Z_s \mid s = 1, \dots, w \rightarrow KZ\}$$

или

$$\{F_j: = \langle c_{k1}, c_{k2}, \dots, c_{kn} \rangle \rightarrow \langle p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{im} \rangle \mid \langle q_{j1}, q_{j1}, q_{j1}, \dots, q_{jr} \rangle\};$$

$$F_j: m_k \rightarrow z_i \mid s_j; Z_s \equiv \{z_{s1}, z_{s2}, \dots, z_{sq}\}; \{\cup Z_s \mid s = 1, \dots, w \rightarrow KZ\},$$

т. е. в общем случае множества Z_s могут объединяться произвольным способом, образуя любое универсальное содержание KZ .

Таким образом, приведенное формализованное представление изучаемого процесса показывает, что анализ и переработка геоинформации об объектах местности с помощью когнитивных способностей человека и с позиций пригодности и использования этих объектов в его жизнедеятельности формируют определенное знание об этих объектах. Геоинформация, полученная как результат обработки первичных геопространственных данных об окружающем пространстве, обеспечивает познание свойств этого пространства и появление новых геознаний. Человек изучает пространственные свойства окружающей среды через образное и понятийное восприятие и переработку геоинформации.

Третий раздел диссертации посвящен разработке научно-методических основ сущности и процессов создания геокогнитивных карт, которое включает четыре этапа.

Проведенный анализ показал, что современные карты построены на основе геопространственной информации и ориентированы, в основном, на понятийное мышление. Но в условиях ограниченного времени, в экстремальных условиях принятие решения должно быть быстрым и эффективным, а для этого необходимо образное мышление, которое основывается на знаниях. Но на картах пространственные знания практически не отображаются. Поэтому геокогнитивные карты являются новым видом карт, содержание которых дополнено пространственными знаниями, соответствующими предметной области подго-

товки пространственных управленческих решений, то есть знаниями о влиянии свойств местности на решение возникающих задач, которые не содержатся в традиционных картах.

Первый этап исследования включает разработку принципов создания геокогнитивных карт, дополненных пространственными знаниями, способствующих тем самым более быстрому и качественному принятию геопространственных решений.

Методология создания таких карт базируется на базовых понятиях и методах картографии, геоинформационного картографирования, методах системного и сравнительного анализа, а также на системе известных базовых принципов, основными из которых являются:

– *принцип системности* – рассмотрение объектов как целостного множества взаимодействующих компонентов со всеми их внутренними и внешними связями. Системное моделирование предполагает представление о карте как о целостном множестве взаимодействующих в едином пространстве объектов местности;

– *принцип абстрагирования* – выделение главного, существенного в объекте и отвлечение от побочных второстепенных свойств, структур и отношений. Этот принцип проявляется двояко. Во-первых, те или иные специфические свойства и структуры объекта моделируют вне зависимости от других его свойств и структур, а во-вторых, на модели воспроизводят свойства и структуры, присущие множеству родственных объектов. В картографии это соответствует принципу генерализации;

– *принцип картографической формализации* – использование системы условных знаков;

– *принцип выразительности* – способ показать среди прочих деталей значение рассматриваемых вопросов, подчеркивая их важность и выделяя иерархические отношения, которые существуют между различными составляющими изучаемой системы. Показ наиболее важных явлений заключается в умелом сочетании графических методов, а также в их выборе. Применительно к геокогнитивным картам этот принцип должен быть использован для оптимального сочетания на карте геоинформации и геознания;

– *принцип читаемости* – возможность легко найти геоинформацию или геознание, различить их между собой.

Наряду с вышеизложенными принципами предложены новые сформулированные принципы содержания геокогнитивных карт:

– *принцип воспринимаемости* – способность содержания карты обеспечить пользователю восприятие и понимание объективной реальности при картографировании;

– *принцип семантической содержательности* – способность картографической информации передавать определенные смысловые значения о параметрах и связях на местности при картографировании;

– *принцип целевой определенности* – картографическое отображение применяемой информации и знаний для достижения конкретных целей, которые пользователю понятны и приемлемы;

– *принцип ситуационной определенности* – картографическое отображение информации и знаний в известных ситуациях, которые пользователю понятны и им анализируемы;

– *принцип надежности* – корректность картографического представления информации и знаний при условии неопределенности в исходных данных (в определенных пользователем границах) ее параметров.

Таким образом, предложенные карты, основанные на сочетании геоинформации и геознаний, являются не только визуальной формой представления знаний для обеспечения принятия пространственного решения, но и аналитической, логичной репрезентацией информации, направленной на производство нового знания.

Второй этап исследования включает определение места геокогнитивных карт в системе классификации.

Анализ существующих классификаций, показал, что в настоящее время в классификации представлены карты, содержание которых основано на геоинформации. Таким образом, карты будут геокогнитивными, если их содержание дополнить геознаниями (рисунок 1).

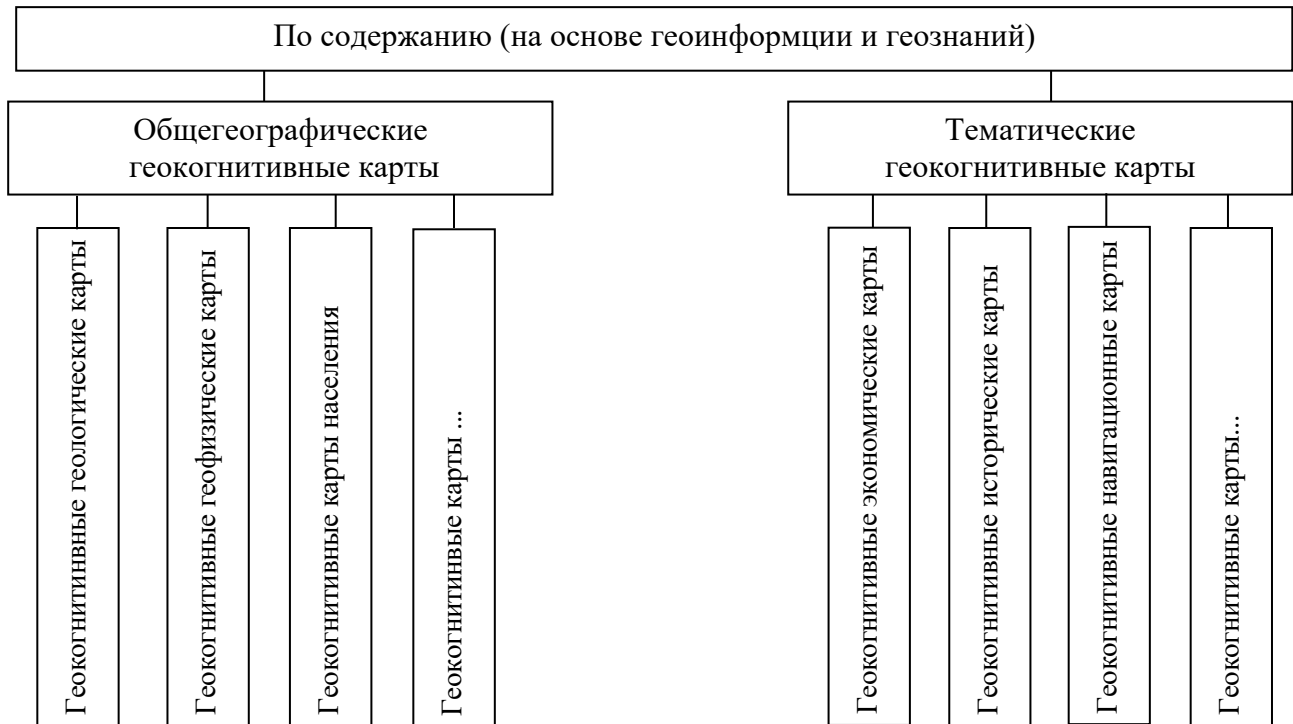


Рисунок 1 – Классификация геокогнитивных карт

Из предложенной схемы видно, что любая карта может стать геокогнитивной картой, дополнив содержание карты знаниями в зависимости от того, какую задачу необходимо решать пользователю.

Третий этап исследования включает разработку сущности и содержания геокогнитивных карт. Содержание геокогнитивных карт формируется на основе базы геознаний. Ее можно представить как семантическую сеть в виде набора понятий и связей: 1-й тип имеет свойство (связь сущности и его свойства); 2-й тип состоит из (связь целого и его частей); 3-й тип имеет разновидность (связь общего понятия и производных от него потомков); 4-й тип имеет значение (связь свойства и его значения). Все эти понятия положены в основу базы геопространственных знаний. На рисунке 2 представлена общая структура базы геопространственных знаний. В результате база геопространственных знаний представляет собой один огромный связный граф, состоящий из связанных между собой элементов. В базе геопространственных знаний не происходит выделения главных и второстепенных знаний, поэтому элементы базы знаний являются однородными и могут выступать как самостоятельными сущностями, так и в качестве параметров или значений параметров для других элементов.

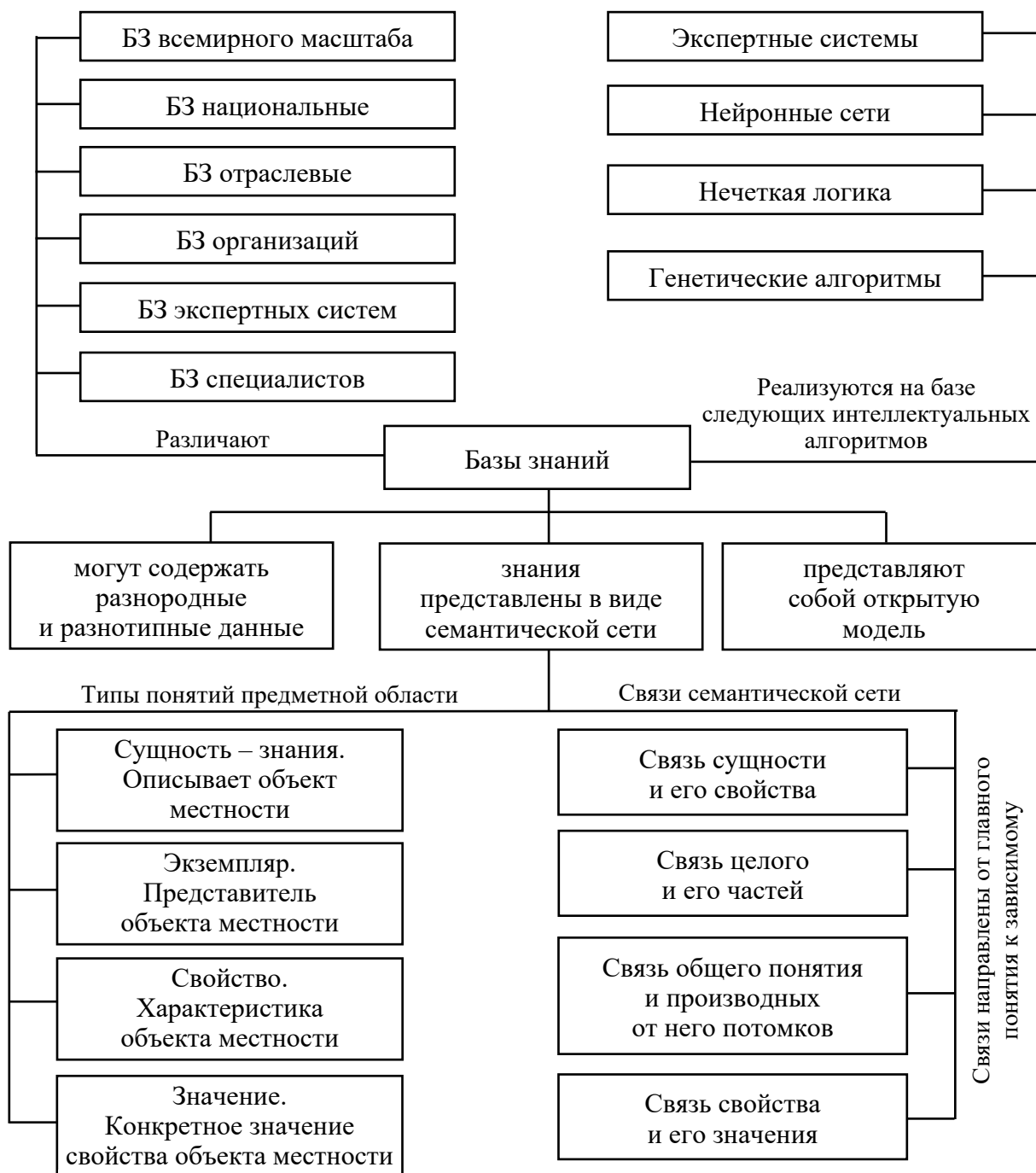


Рисунок 2 – Общая структура базы геопропространственных знаний

Данный подход проиллюстрирован при составлении геокогнитивной карты транспортной доступности местности. Для составления данной карты был использован специально разработанный граф – семантическая сеть дорог, который объединил информацию о категории дорог, максимальной скорости, количестве полос движения и знаний об уровне проходимости и возможности использования альтернативных транспортных средств.

Таким образом, дополняя традиционные карты геознаниями, можно представить карту транспортной сети в новом виде. Примером такой карты геопространственных знаний может служить геокогнитивная карта транспортной доступности местности (рисунок 3).

Использование картографических способов отображения позволило показать на карте связь с местностью различных категорий отображаемых дорог и категорий проходимости разных видов транспорта, следовательно, это пространственные знания о проходимости транспорта. Обобщение изображения дорог производится для выделения среди них наиболее важных, а также для четкой передачи основных особенностей конфигурации дорог (извилистость, наличие прямолинейных участков) и их связи с другими элементами местности. Выделение наиболее важных дорог достигается путем увеличения размеров условных знаков, исключения мелких деталей, расположенных вблизи дорог.

Рассмотренная структура и содержание карт геопространственного знания являются минимально необходимыми для решения большинства практических задач и легко могут быть дополнены. Представленное таким способом геоизображение обеспечивает повышение надежности принимаемых управленческих решений путем исключения непроходимых и труднопроходимых участков местности, снижения времени на разработку маршрута, правильную оценку времени, необходимого для прохождения маршрута, а также оптимизации маршрута по заданным параметрам и критериям. На картах геопространственного знания необходимо отображать только те знания о территории и об объектах, которые актуальны для решаемого класса задач.

Таким образом, результаты визуализации выглядят как целостное геоизображение. Такое геоизображение построено с учетом когнитивных способностей пользователя (восприятие, мышление, воображение и др.). В результате анализа формальных моделей запроса пользователя, визуальных картографических стереотипов и когнитивных особенностей пользователя, принимающего решение, формируются требования к когнитивному геоизображению. Для снижения перегрузки геоизображения графическими элементами была проведена генерали-

зация. В данном случае геоизображение отображает окружающую действительность более полно, точно, следовательно, соответствует задачам исследования и повышает качество принятия решений.



Рисунок 3 – Геокогнитивная карта транспортной доступности местности

Четвертый этап исследования включает разработку базовых технических решений создания геокогнитивных карт в среде ГИС, состоящих из следующих этапов:

- определение назначения геокогнитивной карты (формирование геопространственных знаний);
- разработка требований к общегеографической основе;
- подбор и подготовка исходных материалов;
- формирование тематической базы данных;
- создание тематической карты;
- формирование геопространственных знаний;
- разработка содержания и составление геокогнитивной карты.

Важнейшим этапом при создании геокогнитивных карт является процесс формирования геопространственных знаний. От качества проведения данного этапа впоследствии будет зависеть эффективность принимаемых на основе геокогнитивных карт решений. Схематично этот этап представлен на рисунке 4.

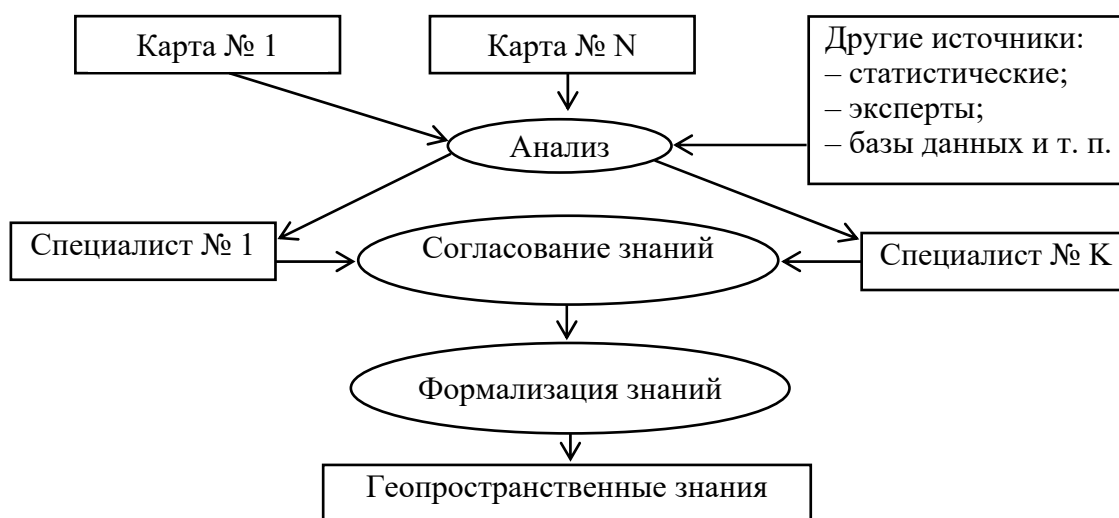


Рисунок 4 – Процесс формирования геопространственных знаний

В первую очередь группа специалистов-экспертов по формированию геопространственных знаний проводит анализ созданных ранее тематических карт, а также прочих источников данных по исследуемой теме. Затем они со-

гласуют между собой приобретенные в процессе анализа знания. В результате такого согласования и последующей формализации знаний происходит формирование базы геопространственных знаний, которая в дальнейшем послужит основой при создании геокогнитивных карт.

Разработка содержания и составление геокогнитивной карты. Полученные на предыдущем этапе геопространственные знания служат основой при создании геокогнитивных карт. При этом необходимы специальные преобразования полученных знаний, позволяющие представлять их в геовизуальной форме, удобной для анализа. Разработка условных обозначений для геокогнитивных карт – важный процесс. Используя сведения о восприятии визуальной информации, можно адаптировать геоизображение к когнитивным особенностям пользователей.

При разработке условных обозначений необходимо, прежде всего, учитывать то, что когнитивное изображение не должно перегружать пользователя графическими элементами, которые не актуальны для решаемой задачи. При смысловом упрощении результатов обработки геоданных с целью снижения перегрузки можно получить синтезированное геоизображение. Полученное данным способом геоизображение должно точнее представлять исследуемые предметы окружающей реальности и лучше соответствовать задачам исследования. Тем самым повышается качество принятия решений. В результате получится целостное геоизображение, выстроенное с учетом когнитивных отличительных черт восприятия зрительных данных пользователя определенной сферы деятельности.

Принятие решений на основе геокогнитивной карты. Основное назначение геокогнитивной карты – поддержка принятия решений. Лицо, принимающее решения, анализирует геокогнитивную карту и на основе отраженных на ней знаний принимает решения.

Таким образом совместная формализация и использование на общей понятийной и методической основе знаний предметной области когнитивных моделей пользователей и модели визуализации пространственных данных позволи-

ли разработать новый вид карт – геокогнитивные карты. Геокогнитивные карты – это новый вид картографической продукции, они содержат пространственные знания, построенные на основе когнитивного подхода для конкретного пользователя или группы пользователей, и предназначены для повышения ситуационной осведомленности, следовательно, способствуют более быстрому и правильному принятию решения в различных обстоятельствах. В основу методики составления геокогнитивных карт положены принципы современной картографии, а также вновь сформулированные принципы, основу которых составляют знания.

Проведенное исследование позволило сделать вывод о том, что состав и характеристики геопространственных знаний, отображаемых на геокогнитивных картах, должны определяться содержанием задач, решаемых в системах управления территориями. Но это потребует объединения усилий как специалистов по обеспечению геопространственными знаниями, так и тех, для кого они в первую очередь предназначены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проведенных исследований разработаны научно-методические основы создания геокогнитивных карт, базирующиеся на интеграции геоинформации и знаний о картографируемой территории и закономерностях ее развития. Таким образом, цель достигнута, поставленные задачи решены.

Итоги проведенных исследований заключаются в следующем:

– проведен обзор, анализ, изучено и проанализировано современное состояние развития геокогнитивных технологий для решения геопространственных задач. Результаты анализа показали, что в настоящее время возникает необходимость поиска решений, которые позволяли бы представлять геознания более полно и достоверно;

– сформулированы определение, содержание и функции геокогнитивных карт. Показано, что геознания на карте формируются на основании геоинфор-

мации, описывающей пространственное распределение отношения и характеристики объектов с позиций предметной области принятия решений;

– выполнено теоретико-множественное представление процесса преобразования геоинформации о территории и находящихся на ней объектах в геознание, ориентированного на решение по геоинформационной модели местности или карте конкретных пространственных задач;

– сформулированы принципы и научно-методические основы создания геокогнитивных карт, обеспечивающих картографическую визуализацию, приспособленную к особенностям восприятия человека и способствующих тем самым более быстрому и качественному принятию решения. Предложены новые принципы создания геокогнитивных карт, которые обеспечивают разработку содержания карт, дополненных пространственными знаниями, соответствующими предметной области подготовки пространственных управленческих решений;

– разработаны базовые технические решения создания и использования геокогнитивных карт, содержание которых дополнено пространственными знаниями, соответствующими предметной области подготовки пространственных управленческих решений, что позволяет представлять знания о территории в визуальной форме, удобной для анализа. Выполнена их апробация на примере создания фрагмента карты транспортной сети с точки зрения транспортной доступности с разным уровнем иерархии.

Результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию при принятии управленческих решений для геопространственного развития территорий.

Перспективы дальнейших исследований по данной тематике заключаются в развитии геокогнитивных технологий в картографии, в частности для формирования и отображения геознаний на различных картах в сочетании с объективной геоинформацией о местности на основе инфраструктуры геопространственных знаний.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Янкелевич, С. С. К вопросу картографического обеспечения социально-гуманитарных наук / С. С. Янкелевич, Е. С. Антонов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 92–102.

2 Янкелевич, С. С. От многоцелевого картографического ресурса к «умной карте» / С. С. Янкелевич, Е. С. Антонов, Л. К. Радченко. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 1. – С. 142–155.

3 Янкелевич, С. С. Концепция нового вида карт, основанного на знаниях / С. С. Янкелевич, Е. С. Антонов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 4. – С. 188–196. Doi: 10.33764/2411-1759-2019-24-4-188-196.

4 Антонов, Е. С. Геокогнитивные карты и технологии – новый этап в картографии / Е. С. Антонов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 140–150. Doi: 10.33764/2211-1759-2020-25-2-140-150.

5 Антонов, Е. С. Теоретико-методологическое представление прямого перехода от геоинформации к геознаниям / Е. С. Антонов, Д. В. Лисицкий, С. С. Янкелевич. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 2. – С. 82–90. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-2-82-90.

6 Янкелевич, С. С. К вопросу создания нового вида карт, основанного на знаниях / С. С. Янкелевич, Е. С. Антонов. – Текст : непосредственный // Регулирование земельно-имущественных отношений: технологические решения, кадастровая оценка, нормативно-правовое обеспечение : материалы 2 национальной научно-практической конференции, 20–22 июня 2019 г. – Томск. – С. 34–35.

7 Антонов, Е. С. Обзор систем ДЗЗ для целей кадастра, землеустройства и мониторинга земель / Е. С. Антонов, А. А. Подорожная, А. В. Дубровский. – Текст : непосредственный // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб. материалов III национальной научно-практической конференции, 27–29 ноября 2019 г., Новосибирск. В 2 ч. Ч. 1. – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. – С. 120–125.