

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

На правах рукописи

Антонов Евгений Сергеевич



Разработка научно-методических основ создания геокогнитивных карт

25.00.33 – Картография

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук, доцент
Янкелевич Светлана Сергеевна

Новосибирск – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ГЕОКОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ	10
1.1 Когнитивные методы и технологии для решения геопространственных задач	10
1.2 Формирование понятий «геознание», «геокогнитивное пространство», «геокогнитивные технологии»	14
1.3 Формирование геознаний на основе геоданных и геоинформации.....	17
Выводы по разделу 1	20
2 ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЗНАНИЙ И ИХ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ	22
2.1 Когнитивная функция формирования геознаний	22
2.2 Специфические особенности картографической визуализации как инструмента отображения геоданных, геоинформации и геознаний.....	25
2.3 Обобщенное теоретико-множественное представление процесса преобразования геоинформации в геознание.....	45
Выводы по разделу 2	52
3 РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ ГЕОКОГНИТИВНЫХ КАРТ	54
3.1 Разработка принципов создания геокогнитивных карт	54
3.2 Разработка сущности и содержания геокогнитивных карт	59
3.3 Разработка технологических решений создания геокогнитивных карт в среде ГИС	67
Выводы по разделу 3	74

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ.....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) АКТЫ О ВНЕДРЕНИИ.....	101

ВВЕДЕНИЕ

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) [51].

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 земельно-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 (приложение Б).

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.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ГЕОКОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

1.1 Когнитивные методы и технологии для решения геопространственных задач

В технической литературе описаны пока еще единичные примеры практического применения геознаний при решении геопространственных задач. Например, в военном деле геознания используют при создании когнитивных карт влияния ландшафта на проходимость техники вне дорог. В своих трудах Елюшкин В. Г. описывает методику оценки влияния ландшафта на тактический фактор – проходимость техники вне дорог, которая оценивается по крутизне скатов, расчлененности рельефа, расстоянию между деревьями и толщине стволов в лесистой местности, заболоченности, а также физическому составу грунтов [7, 33].

Суть разработанной Елюшкиным В. Г. методики заключается в следующем. При оценке проходимости техники вне дорог, в качестве показателей свойств элементов ландшафта используют их физические величины, полученные путем проведения измерений или заданные в баллах. Последние определяются методами моделирования или экспертного анализа, при помощи эталонных значений показателей, т. е. наиболее благоприятных для ведения военных действий. Состав показателей определяется посредством «дерева свойств», в котором каждое комплексное свойство дифференцировано на образующие его элементарные свойства, число и характер которых соответствуют требованиям необходимости и достаточности. Для установления значимости показателей дерева свойств определяются ненормированные и нормированные весовые коэффициенты [67]. Определение ненормированных весовых коэффициентов для показателей, вошедших в «дерево свойств», производится с помощью экспертных методов парных сравнений, что обусловлено простотой проведения экспертизы и достоверностью результатов экспертного анализа. При составлении карты проходимости техники вне дорог участки ландшафта

на карте объединяются в три группы: 1 – проходимые, 2 – ограниченно-проходимые, 3 – непроходимые. Каждой группе присваивается балл, который характеризует степень проходимости участка ландшафта для боевой техники вне дорог: для первой группы – 10 баллов, для второй – 5 баллов, а для третьей – 2 балла. Далее осуществляется разделение изучаемой территории программными средствами на расчетные участки путем суммирования аналитических факторных карт с использованием операции «топологический оверлей», в результате чего исследуемая территория делится на совокупность однородных элементарных участков, в пределах которых каждый из анализируемых показателей имеет только одно значение, например пригодности по рельефу и пригодности по грунтам. Далее эти показатели суммируются и получают интегрированный показатель проходимости, определяющий степень проявления данного тактического свойства местности в пределах расчетного участка. Полученные таким образом участки ландшафта группируются по степени проходимости техники вне дорог и отображаются на карте, которую используют для разработки маршрутов движения вне дорог [33].

Несмотря на оригинальность описанной выше методики, Елюшкин В. Г. отмечает недостаточность применения предложенных в ней показателей для корректной оценки влияния ландшафта на совершение марша даже по дорогам или маневра вне дорог, когда определяющим фактором становится время.

Развитие этого направления основывается на важной особенности геознания – возможности его визуального отображения в когнитивной графике, на картах, схемах и фотоснимках, что позволяет задействовать когнитивные области восприятия для визуального анализа, что в целом повышает эффективность анализа. Все это говорит о визуальном отображении геознания, что не всегда доступно для прочих видов знания [54].

Применение результатов исследований в когнитивной науке может значительно повысить уровень визуального отображения больших объемов пространственных данных, например, в геоинформационных системах (ГИС). При создании геоизображения в ГИС следует учитывать когнитивные особенности восприятия

визуальной информации пользователем, а также свойства отображения пространственных данных. Поэтому существует необходимость создания адаптивных средств когнитивной геовизуализации больших объемов пространственной информации [2, 21].

В литературе встречается большое количество определений визуализации геоданных, или геовизуализации. В данном исследовании под геовизуализацией мы предлагаем понимать возможность отображения большого объема пространственно-временных и других данных в виде единого компактного геоизображения. Важно, чтобы это изображение было понятно конечному пользователю, удовлетворяло его информационную потребность и не требовало больших усилий для восприятия геовизуальной информации.

Существует метод оценки качества когнитивной геовизуализации [2, 21]. В основе данного метода лежат расчет и оценка двух формальных критериев:

- 1) критерий информативности геоизображения;
- 2) критерий когнитивной загрузки геовизуализации.

При оценке качества геоинформации, формируемой при создании геоизображения, возможно применение следующих показателей [21]:

- а) применимость геоинформации для принятия решений:
 - воспринимаемость – показатель, который помогает пользователю воспринимать геоинформацию и понимать объективную реальность;
 - семантическая содержательность – показатель, способствующий тому, чтобы геоинформация могла передавать определенные смысловые значения о параметрах и связях в окружающем пространстве;
 - целевая определенность – показатель, обеспечивающий применимость геоинформации для достижения конкретных целей, которые понятны пользователю и приемлемы для него;
 - ситуационная определенность – показатель, определяющий применимость геоинформации в известных ситуациях, которые понятны пользователю и им анализируемы;

– надежность – показатель, отражающий корректность геоинформации при условии неопределенности в исходных данных (в определенных пользователем границах) ее параметров;

б) достаточность геоинформации для принятия решений:

– полнота – показатель, несущий информацию о соответствии объема геоинформации, который требуется для принятия решений или решения отдельных задач;

– достоверность – показатель, обеспечивающий способность геоинформации корректно и адекватно отражать объективную реальность;

– актуальность – показатель, который отражает соответствие геоинформации на текущий момент времени;

– точность – показатель, обеспечивающий соответствие метрической точности реальному состоянию объекта или процесса;

– согласованность – показатель, отражающий способность геоинформации по заданным критериям соответствовать и не противоречить другой, при этом не нарушая целостной картины мира [21].

Критерий когнитивной загрузки изображения дает возможность оценить качество геовизуализации с учетом особенностей пользовательского представления. Анализ данного показателя позволяет понять, насколько удачно, с точки зрения пользователя, была создана геовизуализация [127].

Чтобы геоизображение несло в себе практическую ценность, оно должно не просто отображать объекты какой-либо предметной области, а конкретную ситуацию. Для адаптации геоизображения к когнитивным особенностям пользователей необходимо применять методики и алгоритмы формального представления знаний об особенностях восприятия визуальной информации различными пользователями [54, 100, 101, 113, 114, 116, 121].

Существующие на сегодняшний день карты составлены на основе геопространственной информации и ориентированы на понятийное мышление, но, как показывает ряд исследований, при подготовке управленческих решений требуется об-

разное мышление. Образное мышление наиболее эффективно при принятии решений в экстремальных условиях и при ограниченном времени, однако на традиционных картах геопространственные знания практически не отображаются.

1.2 Формирование понятий «геознание», «геокогнитивное пространство», «геокогнитивные технологии»

Проблема получения, формирования, анализа и применения пространственных знаний обсуждается в литературе на протяжении более чем 40 лет. Можно отметить работу Бенджамина Купера «Моделирование пространственных знаний» (1978 г.) [112].

Пространственное знание проявляется только при наличии информационного соответствия между пространственными образами или их расположением и некой реальной закономерностью, явлением или процессом. Знания о планетах Солнечной системы и их движении по орбитам представляют пример пространственного знания. Пространственное знание делает описания реальности более выразительными за счет информационной емкости образа в сравнении со словесным описанием. Проблема пространственного знания связана с когнитивностью восприятия образов [89].

Процесс получения пространственных знаний включает в себя такие этапы, как построение терминологического поля, построение онтологий, извлечение знаний из фактов наблюдения и результатов обработки пространственных данных. Пространственные знания отражают знания о пространственных объектах и знания о пространственных и непространственных отношениях [35, 86].

Изначально термин «представление знаний» (*knowledge representation*) предложили специалисты, работающие в области искусственного интеллекта. Данный термин использовали в исследованиях, связанных с созданием языков программирования, а также для работы с информацией о знаниях человека [8, 13, 34, 35, 52, 56, 69, 79, 86].

Для формирования пространственных знаний необходимо мыслить образами. Образное мышление – аналог многоканальной параллельной переработки информации. Вербально-понятийное мышление основано на последовательном, более продолжительном осуществлении мыслительных операций [9, 17]. Таким образом, пользователь, обладающий образным мышлением, способен получать знания с карты как с графического образа окружающего пространства.

В современных литературных источниках выделяют три типа пространственных знаний.

Первый тип пространственных знаний связывают с абстрактными пространственными моделями. Этот тип знаний применяют в основном в математике, сфере искусственного интеллекта и реже в геоинформатике.

Второй тип пространственных знаний связывают с пространственными объектами и их моделями, а также с тем, что находится на земной поверхности и в реальном пространстве. Этот тип знаний применяют в геоинформатике и в науках о Земле, реже – в сфере искусственного интеллекта.

Третий тип пространственных знаний связан с мышлением и представлением пространственных объектов и моделей. Этот тип знаний чаще применяют в области психологии и образования, реже – в сфере геоинформатики и искусственного интеллекта [89, 90].

В научных исследованиях все шире начинают применять понятие геознания (которое относится ко второму типу пространственного знания) как знания, связанного с пространственными отношениями. Геознание трактуется как форма знания, связанного, в первую очередь, с пространственными отношениями на земной поверхности [89]. На основании этого некоторые ученые предлагают понимать под геознанием пространственное знание, отражающее реальное пространство, связанное с земной поверхностью, околоземным пространством и пространством под земной поверхностью [15].

В современной науке феномен геознания выходит на «передний» план и расширяет горизонты познавательного и практического освоения мира.

С конца прошлого века, с зарождением геоинформатики, началась активная интеграция геоинформационных систем и методов искусственного интеллекта в области представления геознаний [89].

Ценность геознаний заключается, прежде всего в том, что они формируются не только в результате использования геоинформационных технологий, но и в результате визуального моделирования.

Рассматривая, как формировались геознания, можно сказать, что геознания – это не отдельный вид знаний, а это часть знаний о местности, то есть геознания формируются пространственными знаниями и методами геоинформатики [53].

С помощью геознаний можно решать определенные задачи, для чего ранее требовались дополнительные источники информации и знаний. Это связано с тем, что геознания не только являются визуальной формой качественного представления геоданных и геоинформации, но и содержат количественные значения из геоинформатики и тем самым уменьшают неопределенность и повышают точность определения [53].

Роль геоинформационных технологий на современном этапе развития общества возросла во всех сферах деятельности человека. Это касается не только производственной или коммерческой деятельности, но и управления разного уровня, а также социальной сферы и широких кругов населения.

При этом возникает необходимость создания, ведения и использования территориального единого геоинформационного пространства, а функция обеспечения экономики геоинформацией дополняется функцией геоаналитического обоснования предлагаемых геопространственных решений [25].

Геоинформационное обеспечение экономики и жизнедеятельности общества, которое основано на спутниковой навигации, дистанционном зондировании, геоинформационных технологиях и цифровой картографии, уже не может удовлетворять постоянно возрастающие потребности постиндустриальной эпохи и цифровой экономики [3, 38]. На сегодняшний день все большее значение приобретает прогностическое обеспечение экономики и общества, которое основано на сборе

и анализе больших геопространственных данных, уточнении пространственных знаний о территории, моделировании и выработке интеллектуальных пространственных решений. Следовательно, необходимо применение когнитивных технологий, предназначенных для извлечения, формирования, формализации и использования геопространственных знаний при выработке геопространственных решений. Решение этих задач требует применения опережающего мышления [25].

Опережающее научное мышление в области геопространственной деятельности подразумевает переход от информационной функциональности на функциональность аналитическую. Геоинформационные технологии, ориентированные на определение пространственного положения реальных объектов окружающего мира, дополняются геокогнитивными технологиями, направленными на формирование геопространственного знания, виртуальные управленческие воздействия на реальные объекты и использование искусственного интеллекта. Авторами (Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Байков К. С., Осипов А. Г., Савиных В. Н.) было введено новое понятие – «геокогнитивные технологии» как особый класс когнитивно-информационных технологий, связанных с восприятием и использованием геопространства [25].

Геознания в свою очередь используются для обработки геоданных и образуют геокогнитивное пространство [24]. Создание и использование геокогнитивного пространства способствует формированию основы эффективной геопространственной деятельности.

1.3 Формирование геознаний на основе геоданных и геоинформации

Пространственные знания формируются посредством сбора количественной информации, ее дальнейшей обработки и анализа. Такие знания опираются на геоданные и являются структурно согласованными и систематизированными [30–32, 126].

На уровне Организации Объединенных Наций также рассматриваются вопросы перехода к геознаниям. В январе 2020 г. при участии Организации объединенных наций запущена международная кампания, которая называется «Продвижение вперед. Роль инфраструктуры геопространственных знаний в мировой экономике, обществе и окружающей среде» («Advancing Role of Geospatial Knowledge Infrastructure in World Economy, Society and Environment») [105]. Целью кампании является «проецирование ценностного предложения геопространственных знаний, прогнозирование их актуальности и связанности с основами экономики и общества следующего поколения и пересмотр роли заинтересованных сторон: правительства, промышленности и гражданского общества» [4]. Также участники кампании говорят о том, что «геопространственные знания касаются жизни миллиардов людей по всему миру», а «инфраструктура геопространственных знаний (Spatial Knowledge Infrastructure – SKI) включает геопространственные данные, услуги и знания, которые соответствуют требованиям завтрашнего общества и следующего поколения, это решение завтрашних проблем с помощью завтрашних инструментов» [4].

В марте 2017 г. выпущен официальный документ, который называется «К инфраструктуре пространственных знаний» («Towards a Spatial Knowledge Infrastructure»). Данный документ составлен Центром совместных исследований Австралии и Новой Зеландии пространственной информации (The Australia and New Zealand Cooperative Research Centre for Spatial Information – CRC SI). В этом документе предлагается «..инфраструктура пространственных знаний следующего поколения, которая перемещает повестку дня с традиционных концепций SDI на автоматическое создание, совместное использование, курирование, предоставление и использование знаний (не только данных или информации) в поддержку развивающейся цифровой экономики и роста знания в реальном времени в повседневное принятие решений и решение проблем» [125]. Также здесь говорится о том, что переход от данных к знаниям, пригодным для конкретных целей, будет давать импульс разви-

тию новых видов деятельности, в том числе для обеспечения умных транспортных сетей, городов и инфраструктуры.

Авторы утверждают, что эволюция геоиндустрии происходит по следующим причинам: «Сегодня в пространственной сфере происходит смещение фокуса: от создания и поддержания данных, к созданию и поддержанию знания как основного источника ценности. Этот сдвиг обещает скачкообразное изменение эффективности и получения прибыли» [125]. Авторы документа убеждены, что «знания извлекаются из информации и имеют последующую ценность для определения наилучшего курса действий», способствуют «пространственной осведомленности и подготовки граждан» [125].

Авторы документа высказывают мнение о том, что «SKI в сочетании с новыми технологиями семантической паутины поможет соединять, интегрировать и анализировать данные и, как следствие, будет стимулировать новые виды деятельности, основанные на знаниях, например, более умные транспортные сети, гибкие и устойчивые города и интеллектуальное планирование инфраструктуры. Общим потоком, необходимым для этих основанных на знаниях решений, является доставка данных и информации в режиме реального времени с использованием межмашинного обмена данными и прогнозной аналитики "на лету"» [125].

В Европейском союзе реализуется директива INSPIRE на создание базы знаний на основе геопространственных данных по многим тематикам для всей территории Евросоюза на основе программного обеспечения компании Esri [123].

Опубликована национальная стратегия Австралии на период до 2030 г., в которой говорится о геопространственных данных высот и глубин. В этом документе сделаны выводы о том, что «полезность геопространственной информации будет расширяться в будущем, поскольку искусственный интеллект и машинное обучение все чаще используются для поддержки человеческого мышления посредством выработки знаний» [123].

В результате приведенного обзора можно сделать вывод о том, что анализ и переработка геоинформации об объектах местности с помощью когнитивных

способностей человека и с позиций пригодности и использования этих объектов в его жизнедеятельности формирует определенное знание об этих объектах. Новые знания формируются в результате обработки первичных геопространственных данных об окружающем пространстве и получения в итоге геоинформации, которая обеспечивает познание свойств этого пространства. Человек изучает пространственные свойства окружающей среды через умственное восприятие, переработку геоинформации и интерпретацию визуальных образов.

Выводы по разделу 1

Проведен анализ современного состояния развития геокогнитивных технологий для решения геопространственных задач. Рассмотрены такие понятия, как геознание, геокогнитивное пространство, геокогнитивные технологии.

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, что позволяет решать новые задачи;

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 более точно проводить пространственный анализ, а также получать более 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. разработано новое понятие – «геокогнитивные технологии» как особый класс когнитивно-информационных технологий, связанных с восприятием и использованием геопространства.

Таким образом, изучение вопросов состояние развития геокогнитивных технологий для решения геопространственных задач показывает, что 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 является совершенно новым этапом развития и преобразования геопространственной деятельности. Все это требует постановки и выполнения обширных и глубоких исследований вопросов формирования и использования геознаний, а также их визуального отображения.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЗНАНИЙ И ИХ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

2.1 Когнитивная функция формирования геознаний

Начиная с 1960-х гг. интерес к когнитивности и когнитивным способностям значительно вырос, и благодаря большому количеству исследований в этой области удалось значительно расширить знания об этих процессах.

Сегодня открытия, сделанные в области нейроизображения, позволили приобрести важнейшие физиологические и нейроанатомические знания, необходимые для понимания умственных процессов и их влияния на наше поведение и эмоции [23, 29, 59, 82, 83, 88, 124].

Слово «когнитивность» происходит от латинского «cognitio», что означает «познавать» [87]. Поэтому под когнитивным подразумевают все то, что относится к знаниям, то есть весь объем информации, который человек приобретает благодаря обучению или опыту.

Познание изучают такие науки, как неврология, психология, антропология, философия и даже информационные науки. Но именно когнитивная психология начала исследовать то, как процесс обработки информации влияет на поведение, и как различные умственные процессы связаны с приобретением знаний [1, 26, 40, 61, 97, 99, 104, 111, 117, 118, 122].

Когнитивные функции – одни из самых высокоорганизованных функций человека, они обеспечивают его взаимодействие с окружающим миром. Когнитивные функции включают в себя все способы работы с информацией – ее получение, распознавание, обработку, хранение и передачу. К когнитивным функциям относят следующие:

– комплексное внимание: устойчивость внимания, избирательность внимания, способность работать с несколькими источниками информации одновременно (раздельное внимание), темп познавательной деятельности;

- восприятие и психомоторная функция: зрительное восприятие, зрительно-конструктивные способности;
- обучаемость и память: память на текущую информацию, недавнюю информацию, отдаленную и очень отдаленную информацию, включая события жизни, семантическую и процедурную память;
- речь: экспрессивная и рецептивная;
- управляющие функции: планирование, принятие решений, коррекция ошибок, интеллектуальная гибкость;
- социальный интеллект: узнавание эмоций и мотивов поведения окружающих людей [14].

Когнитивность – это способность воспринимать и обрабатывать данные, поступающие различными способами (восприятие, опыт, убеждения и т. д.), чтобы превратить их в знание. Эта способность охватывает различные когнитивные процессы, такие как обучение, внимание, память, речь, рассуждение, принятие решений и др., которые являются частью интеллектуального развития и опыта.

Процесс представления знаний включает в себя представление фактов, их декомпозицию до уровня информационных единиц и понимание фактов через интерпретацию этих информационных единиц [42]. В современной науке существует понятие «Knowledge Representation and Reasoning» – «представление и понимание».

В географии (пространственном знании) это понятие прослеживается на том этапе, когда к интерпретации подключается когнитивная область человека как один из обязательных инструментов восприятия и анализа.

Основной особенностью географических знаний, помимо возможности их визуального отображения на картах, схемах, фото- и прочих изображениях, является обозримость и способность к их восприятию субъектами с помощью образного мышления [27].

Географические знания предоставляют возможность находить новые пути решения существующих задач, а также решать совершенно новые задачи в области геоинформации.

тики, искусственного интеллекта и в сфере наук о Земле. Геознание применяют при создании и организации инфраструктур пространственных данных.

Важным фактором для формирования и накопления пространственных знаний являются пространственные отношения и геореференция [45]. Под геореференцией понимают средство описания процесса получения геознания о земных объектах [46]. Пространственные отношения в свою очередь являются обобщением геореференции.

Геознания можно определить как синтез декларативных, процедурных и пространственных знаний. Геознание (GK) как подмножество знания – это объединение декларативного (D), процедурного (P) и конфигурационного (C) множеств [54]

$$GK = D \cup P \cup C. \quad (1)$$

Множества D и P имеют пустое пересечение $D \cap P = \emptyset$ и поэтому являются дизъюнктивными. Геознание содержит еще одну составляющую – пространственное знание (SK). Именно она определяет различие пространственного знания от знания, которое применяется в искусственном интеллекте. Пространственное знание дает возможность соотнести знание с точками пространства.

Процесс получения пространственных знаний включает такие этапы:

- построение терминологического поля;
- построение онтологий;
- извлечение знаний из фактов наблюдения и результатов интеллектуальной обработки геоданных [58].

В современной научной литературе можно встретить мнение, что термин «геознание» имеет две разновидности – геоинформационное и географическое знание [54]. Очевидно, что между этими разновидностями геознания существует значительная разница.

В своих трудах Маркелов В. М. утверждает, что понятие «географическое знание» появилось намного раньше, чем понятие «геоинформационное знание» [58]. Это утверждение легко объяснить тем, что география существует на

несколько столетий дольше геоинформатики. Термин «географическое знание» относят к работам в области искусственного интеллекта и подразумевают под ним вид знания.

Географические знания формируются из процедурных и вторичных источников, поэтому они имеют как качественные, так и количественные признаки. Все это создает структурную несогласованность между качественными и количественными характеристиками географического знания [54].

По причине того, что геоинформационные знания формируются на основе сбора количественной информации, ее последующей обработки и анализа, они являются структурно согласованными в количественном и качественном отношениях.

Поэтому географические методы чаще всего используют качественные оценки, а геоинформационные методы, в свою очередь, опираются и на количественные оценки и связанные с ними качественные понятия.

Знание приобретает когнитивную ценность лишь при условии, если оно понято субъектом. Понимание значительно затрудняется при отсутствии наглядности.

2.2 Специфические особенности картографической визуализации как инструмента отображения геоданных, геоинформации и геознаний

Термин «визуализация» впервые упоминается в картографической литературе в 1953 г. в статье географа Чикагского университета Аллен К. Филбрик. С развитием информатики термин «визуализация» был пересмотрен, в отчете 1987 г. данный термин помещается в конвергенцию компьютерной графики, обработки изображений, компьютерного зрения, компьютерного проектирования и обработки сигналов, а также изучения пользовательского интерфейса и акцентирования внимания на аспектах научной визуализации как создания знаний, так и генерирования гипотез.

В когнитивной психологии термин «визуализация» подразумевает вынесение в процессе познавательной деятельности из внутреннего плана во внешний план мысленных образов, форма которых стихийно определяется механизмом ассоциативной проекции [6].

Вербицкий А. А. определил процесс визуализации как «упаковку мыслительных содержаний в наглядный образ; будучи воспринятым, образ может быть развернут и послужит опорой адекватных мыслительных и практических действий» [16].

В научной литературе встречается еще одно из определений визуализации: визуализация – способ трансформации информации в зрительно воспринимаемую форму: диаграмму, график, топографическую карту, рисунок, эскиз, таблицу, образ и т. д. Современная наука и образование показывают, что визуализация стала активно употребляться для представления незрительной информации (температуры, динамики преступности, инфляции, общественного мнения, коррупции и т. д.) [81].

Выделяют внешнюю и внутреннюю визуализацию.

Под внешней визуализацией подразумевают процесс представления информации, данных или знаний в графической форме с целью улучшения их восприятия, понимания и анализа. Результат визуализации – визуальная модель, которая представляет собой зрительно воспринимаемое представление – образ, воспроизводящий сущность объекта познания.

Внутренняя визуализация заключается в создании визуального образа внутри и проецировании его в окружающий человека мир.

Различают также визуализацию информации, визуализацию данных и визуализацию знаний.

Зрение человека намного превосходит другие органы чувств ввиду того, что человеческий мозг предназначен для обработки визуальной информации.

Через зрительное восприятие человек получает примерно 90 % информации [5, 28].

Задача любой визуализации находится между чистой презентацией (набором данных) и настоящим исследованием, то есть анализом и изучением еще непонятого набора данных.

Для визуальной передачи данных используют столбиковые, линейные и точечные диаграммы.

Существует множество аспектов когнитивной психологии и восприятия, связанных с визуализацией данных, а понимание этих аспектов может помочь найти новые способы анализа данных на основе визуализации [48, 65, 96, 108, 110, 119].

Лауреат Нобелевской премии по экономике Даниэл Канеман в своей книге «Мышление. Быстрое и медленное» [110] для дифференциации процесса обработки информации, которая происходит подсознательно и сознательно, ввел понятия Система 1 и Система 2.

Под Системой 1 подразумеваются неуправляемые функции, не требующие от человека никаких усилий и работающие непрерывно. Система 2 представлена функциями, которыми управляет человек, они требуют его непосредственного участия и усилия.

Система 1 обеспечивает Систему 2 необходимой информацией для того, чтобы Система 2 могла производить более сложные осмысления и вычисления.

В соответствии с рисунком 1 [107] можно сделать вывод, что сознательная пропускная способность значительно ниже, чем подсознательная. Объем любой сенсорной информации, в том числе и визуальной, значительно сокращается между нашим подсознанием и сознанием. При этом информация не отбрасывается, а «очищается» Системой 1 таким образом, чтобы Система 2 получила наименьший объем более насыщенной информации, соответствующей той задаче, которую пользователь решает в настоящий момент. При этом зрение у человека считается наиболее подходящим для осмысления наборов данных, чем другие доступные способы восприятия информации ввиду его высокой пропускной способности и вычислительной мощности. Более 70 % рецепторов человеческого организма относятся именно к зрению.



Рисунок 1 – Подсознательная и сознательная пропускная способность

Для того чтобы лучше понимать процесс «очищения» визуальной информации, за который отвечает Система 1, необходимо подробнее изучить визуальную обработку данных. В соответствии с рисунком 2 [107], свет, попадая на глаз, стимулирует сетчатку, которая отправляет полученную информацию в графическую память. Графическую память можно сопоставить с краткосрочным буфером обмена информацией, а также процессором, который позволяет убедиться, что поддерживается четкая картина мира. Помимо этого, графическая память дополняет проходящую через нее информацию посредством восприятия ее основных атрибутов – форм, очертаний, относительных размеров и цветов, которые называют предвнимательными атрибутами. Таким образом, в Системе 1 происходит быстрая, автоматическая и восходящая обработка информации. Затем из графической памяти информация передается в визуальную оперативную память.

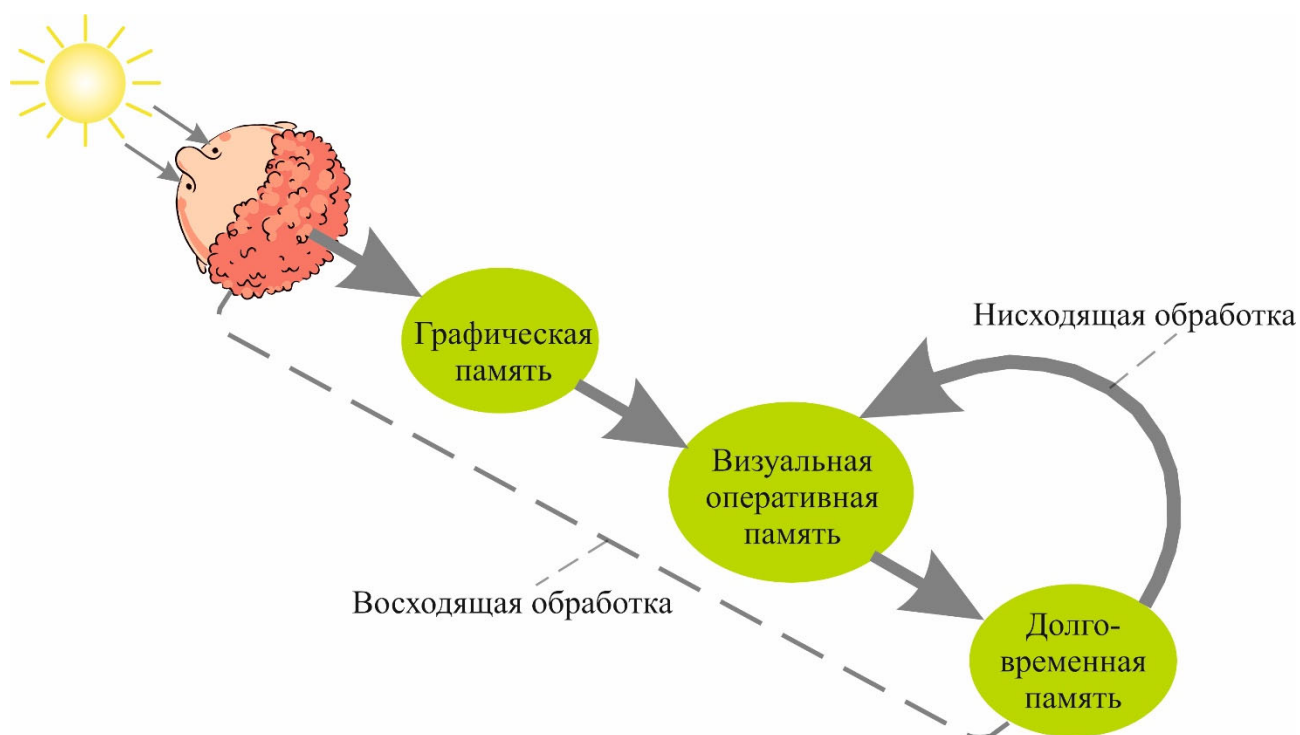


Рисунок 2 – Визуальная обработка данных

Все процессы, происходящие в визуальной оперативной памяти и долговременной памяти, относятся к Системе 2.

При визуализации данных необходимо кодировать как можно больше информации так, чтобы она корректно воспринималась Системой 1, которая затем позволит освободить Систему 2 для более глубокого понимания и анализа данных.

В 1967 г. в книге «Графическая семиотика» Жаком Бертенем были изложены основные правила интуитивной, точной и универсальной кодировки данных при помощи абстрактных форм.

В последующие годы разными авторами на основе идей Бертена были усовершенствованы правила и принципы ассоциативного восприятия, а также даны разъяснения, почему они имеют непосредственное отношение к визуализации данных.

Для наиболее эффективной визуальной кодировки предвнимательной информации следует изучить две фундаментальные концепции, на которых базируются данные – значения и взаимосвязи между ними.

В соответствии с рисунком 3 [107] некоторые предвнимательные визуальные атрибуты, описанные Колином Уэйром в книге «Визуализация информации: восприятие дизайна», могут использоваться при кодировке данных. При этом, по мнению Стивена Фью, только некоторые из них – атрибуты, которые пользователь естественно и универсально интерпретирует как количественные. Длина и двумерное положение воспринимаются пользователем более точно по сравнению с прочими визуальными атрибутами. Длина воспринимается недвусмысленной величиной, которая хорошо соотносится с объективным измерением: крупный значит «больше», а мелкий – «меньше». По сравнению с длиной, форма не позволяет сказать, значит ли круг больше или меньше квадрата без отображения дополнительной шкалы с условными обозначениями.

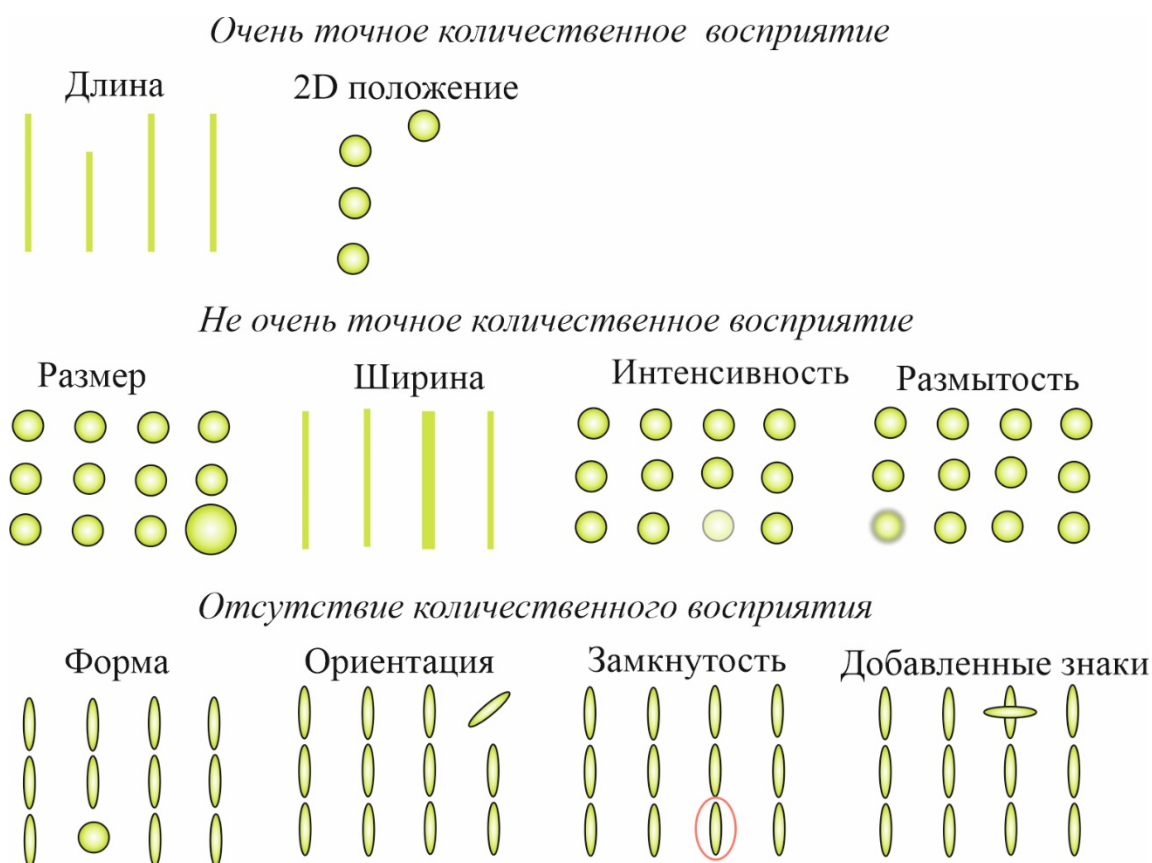


Рисунок 3 – Предвнимательные визуальные атрибуты и точность их количественного восприятия

Пользователь, используя предвнимательные визуальные атрибуты, интерпретируемые им как количественные, может сравнивать их значения, но не может делать выводы об их фактических значениях. Так, например, пользователь легко понимает, что одна линия длиннее другой, и таким образом она представляет большую важность, но, чтобы сделать вывод о численном значении каждой из них, необходимо добавить подробную шкалу с числами или текстом. Однако числа и текст не могут восприниматься пользователем предвнимательно, так как являются изученными символами, требующими вспоминания. Таким образом, сравнение предвнимательных визуальных атрибутов входит в Систему 1, но декодирование их численных значений невозможно без использования Системы 2.

На основе рисунка 3 можно сделать вывод, что предвнимательные атрибуты, которые не воспринимаются пользователем количественно, хорошо поддаются дифференциации, то есть группировке.

Особого внимания заслуживают модели, предвнимательное восприятие которых зафиксировано в принципах восприятия гештальта – эти модели изначально были изучены в рамках школы гештальт-психологии. В соответствии с рисунком 4 [107], принципы восприятия гештальта – это замкнутость, смежность, близость и схожесть. Так, серии данных в столбиковых, линейных и точечных диаграммах чаще всего группируют по цвету или форме, то есть по гештальт-принципу схожести.

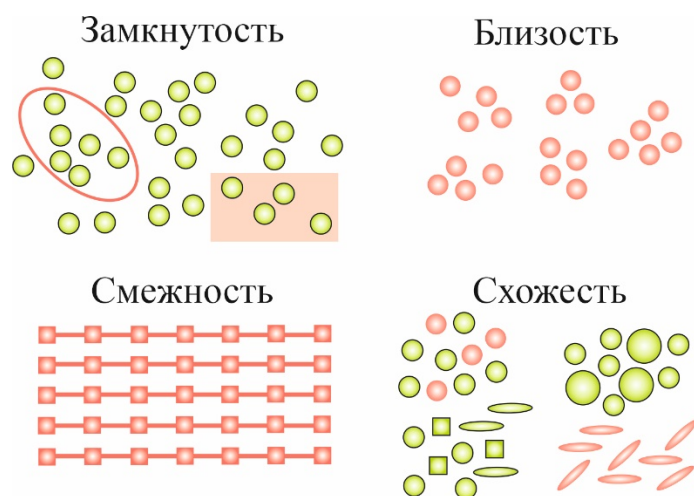


Рисунок 4 – Принципы восприятия гештальта, касающиеся группировки

Важным аспектом визуализации данных является их упорядочение. При визуализации наборов данных часто возникает вопрос «лучшего», «худшего» и наиболее общего ранжирования информации. Применение адекватного упорядочивания при визуализации данных гарантирует непосредственность и легкость их восприятия. Применение творческого подхода позволяет усилить эффект от упорядочивания даже в тех ситуациях, когда кажется, что это не представляется возможным.

Недостаточная обоснованность существующих подходов к использованию визуализации вызывает сложность извлечения новых знаний в результате интерпретации исходных данных с применением средств визуализации.

Развитие средств визуализации и их прикладное значение делают актуальным рациональное использование потенциала современных компьютерных технологий.

Визуализацией данных люди пользуются во всех сферах жизни. Для того чтобы понять, как человеку удастся интерпретировать визуализацию данных настолько эффективно, стоит начать с исследования основ восприятия и обработки информации, в частности визуальной информации [15, 84].

Манько Н. Н. в своем исследовании предлагает делить процесс визуализации на следующие 6 этапов:

- 1-й этап – эмоционально-чувственное переживание изображений внешних признаков изучаемого объекта;
- 2-й этап – определение свойств объекта на основе абстрагирования;
- 3-й этап – установление связей между элементами содержания;
- 4-й этап – построение образно-концептуальных моделей понятия и действий;
- 5-й этап – выявление функциональных связей в структуре объекта;
- 6-й этап – применение ориентировочных средств для непосредственного выполнения конкретных действий с познаваемым объектом, а также для проверки и оценки действий [57].

Компьютеризация культуры во многом объясняет возросшие в разы масштабы и возможности визуализации информации. Применение компьютерных технологий позволяет достигать высокого уровня когнитивной интерпретируемости исследуемых данных, обеспечивая получение новых знаний.

Главной целью визуализации является целенаправленно создаваемый конструкт, воплощенный в зрительно воспринимаемую форму. Необходимость такого конструкта в сфере научного познания вызвана, прежде всего, решением двух задач: проблемы понимания теории и практической реализации ее результатов [75].

Визуализация выполняет две важные функции в научном познании [81]:

- а) способствует его пониманию (герменевтическая функция);
- б) образует необходимое звено для перехода теоретического знания в практическую сферу.

Первым аспектом задачи визуализации является ее практическое назначение, а именно, облегчение восприятия данных для их последующего анализа. В этом смысле визуализация по существу является поддержкой принятия решений. Поэтому имеется неразрывная связь между прикладной задачей и способом визуализации. Для визуализации могут использоваться как первичные данные, так и данные, прошедшие предварительную обработку. Эти второй аспект визуализации. Его следует отличать от третьего аспекта – разработки собственно программных алгоритмов и кодов для реализации визуализации [75].

Развитие средств массовой информации способствовало тому, что современный человек все больше воспринимает информацию в образной форме. Информация, выраженная таким образом, легче усваивается, она более определена и ясна для человека. Как писал Эйнштейн, «... человек стремится каким-то адекватным способом создать себе простую и ясную картину мира». Это объясняется появлением больших объемов информации, развитием информационных систем, систем искусственного интеллекта. Визуализация способна представить большие объемы информации более сжато.

Визуализацию часто используют в качестве поддержки принятия решений. Так, в бизнесе, визуализация может применяться при разработке бизнес-моделей и стратегий развития, налаживании коммуникации на разных уровнях, при управлении рисками и генерировании идей, при разработке новых продуктов, повышении эффективности обмена знаниями между людьми и предприятиями, при анализе компетенций компании, работе с потребителями и при решении многих других задач.

В работах исследователей из университета Сент-Галлена приведена классификация уровней сложности работы с визуализацией:

- когнитивный;
- эмоциональный;
- социальный [22].

Визуализация должна представлять конкретную проблему или задачу. Эффективность визуализации, а также применение знания получателем зависит от выбранного метода визуализации, интеллектуального потенциала получателя и опыта в конкретной области. Одним из главных свойств интеллекта является способность идентифицировать и осмысливать зависимости и связи между различными объектами, способность выявлять аналогии и делать выводы [55, 72].

Рассмотренные общие принципы и знания в области визуализации лежат в основе геовизуализации со своими особенностями применения. Визуализация пространственных (пространственно-временных) данных или геовизуализация – эффективный инструмент и технология представления геоданных в графической (визуальной) форме – на карте, картосхеме, трехмерном изображении или иным способом [19].

Геовизуализация зародилась как область исследований в начале 1980-х гг., в большей степени на основе работ французского теоретика графики Жака Бертина. В работе Бертина над картографическим дизайном и визуализацией информации совместно с Национальным научным фондом говорилось о том, что основное внимание уделяется потенциалу использования «динамических визуальных дисплеев

в качестве подсказок для научного понимания и методов, с помощью которых динамические визуальные дисплеи могут использовать перцептивные когнитивные процессы для облегчения научных исследований» [96].

В современных мультипредметных информационных системах поддержки регионального управления накапливаются огромные объемы разнородной информации. Среди проблем, возникающих из-за больших объемов данных, наиболее очевидной является проблема поиска наиболее подходящих способов их эффективного использования. В этом случае – визуализация геоинформации может стать ценнейшим ресурсом, объединяющим, с одной стороны, богатейшие архивы накопленной пространственной информации, а с другой – пользователей этой информации, нуждающихся в ней для решения своих задач (например, организации поддержки принятия решений, мониторинга, управления развитием пространственно-распределенных систем и иной деятельности).

Геоувизуализация (сокращение от термина «географическая визуализация»), также известная как картографическая визуализация, относится к набору инструментов и методов, поддерживающих анализ геопространственных данных с помощью интерактивной визуализации. Геоувизуализация продолжает развиваться как предмет практики и исследований. Международная картографическая ассоциация (ICA) учредила Комиссию по визуализации и виртуальным средам в 1995 г.

Подобно связанным областям научной визуализации и визуализации информации, геоувизуализация делает упор на конструирование знаний, а не на хранение или передачу информации. Для этого геоувизуализация передает геопространственную информацию способами, которые в сочетании с человеческим пониманием и знанием позволяют исследовать данные и принимать решения.

Лица, ответственные за принятие управленческих решений, оперируют в своей работе большими объемами сложноорганизованной пространственной информации, и в этих условиях способы, которыми визуализируется геопространственная информация, оказывают значительное влияние на их восприятие и последующее принятие решений. Многие аспекты визуального отображения больших

объемов разнородной геоинформации могут быть значительно улучшены при условии большего внимания к результатам исследований в когнитивной науке (когнитивистика, семиотика, психология восприятия и др.) Кроме того, существует ряд задач, напрямую связанных с оперативной обработкой больших объемов разнородной геоинформации для выработки управляющих воздействий и принятия решений (системы мониторинга [20], управление и ликвидация последствий ЧС и др.). Лицами, принимающие решения, активно используются методы интерактивного визуального анализа геоинформации для решения подобных задач [18].

В современном мире к информации предъявляется немало требований и одно из них – ее эргономичность [39]. Эргономичность подразумевает удобство и наглядность информации с точки зрения формы ее представления и объема. Чтобы соответствовать данному требованию, информация должна быть представлена в виде, наиболее доступном и понятном для пользователя. Один из способов такого представления – это визуализация данных, то есть их наглядное представление с использованием графиков, диаграмм, схем, таблиц, карт. Средством представления информации, удобной и понятной для пользователя, являются геоинформационные системы.

Представление информации в оптимальной для пользователя форме является одной из основных функций любой системы обработки данных. Поскольку ГИС ориентированы преимущественно на обработку пространственно-распределенных данных, они подают обработанную информацию в виде различных карт, картодиаграмм, трехмерных и анимированных изображений [37, 41, 43, 47, 60, 62, 63, 68, 74, 85].

Любое представление геоданных является визуализацией. Геоизображение является основной формой представления данных в ГИС, а создание карт – одна из основных функций ГИС.

Модель ГИС состоит из двух частей – табличной и графической.

Табличная часть – базовая, она представляет собой организованные геоданные пространственной базы данных ГИС. Именно она позволяет хранить геоин-

формационную модель в базе данных и использовать инструментарий системы управления базами данных (СУБД) для обработки геоданных.

Графическая часть модели – результат визуализации геоданных, хранящихся в базе данных. Она обеспечивает возможность визуального моделирования геоинформационной модели.

По сути, базовая и графическая части модели ГИС дублируют друг друга. Это обеспечивает двойственность интерфейса – визуальный редактор и интерфейс базы данных (чаще всего в табличной форме). В ГИС оба вида моделирования неразрывно связаны.

На сегодняшний день известно немало способов визуализации пространственных данных, которые в последующем могут быть представлены в виде карты, к их числу можно отнести:

- цифровое представление данных. Использовалось на компьютерах со слабой графикой и быстрыми расчетами. Поэтому не нашел широкого применения [37, 41, 43, 47, 60];

- картографическое представление данных. Данный способ нашел свое широкое распространение в конце прошлого столетия. Визуализация в данном способе представляет собой простые географические карты. Оформление таких карт с помощью различных программ компьютерной графики можно сделать разнообразным. Цифровые карты, которые получаются при данном способе, служат основой для дальнейшего наложения специальной информации;

- многослойное представление данных. Практически все современные ГИС состоят одновременно из нескольких информационных слоев. Можно выделить несколько программных продуктов, позволяющих дополнять, создавать и визуализировать геоинформационные данные, например:

- а) ArcGIS – это программный комплекс для построения геоинформационных систем любого уровня. ArcGIS позволяет получать и редактировать данные, карты, глобусы и модели, затем публиковать их и использовать в различных приложениях, в веб-браузерах и через мобильные устройства [66];

б) MapInfo – географическая информационная система, позволяет создавать, получать доступ и управлять географической информацией, визуализировать бизнес-аналитику, публиковать высококачественные интерактивные карты [73];

в) ГИС Zulu – с помощью Zulu можно создавать всевозможные карты в географических проекциях или план-схемы, включая карты и схемы инженерных сетей с поддержкой их топологии, работать с большим количеством растров, проводить совместный семантический и пространственный анализ графических и табличных данных, создавать различные тематические карты, осуществлять экспорт и импорт данных [71];

г) GRASS (ГИС) – географическая информационная система, используется для управления данными, для обработки изображений, графики, пространственного моделирования и визуализации различных типов данных [106, 120];

д) IndorGIS – универсальная геоинформационная система IndorGIS является мощной персональной ГИС, обладающей рядом функций САПР. По основным форматам используемых данных IndorGIS совместима с ведущими ГИС в мире, в том числе с ArcGIS и MapInfo [63].

Данные программы позволяют в полной мере использовать многослойную структуру современных ГИС;

- трехмерное представление данных. Дополнение двумерной карты еще одним измерением позволяет выйти на качественно новый уровень работы с такой картой;

- виртуальное трехмерное представление данных в режиме реального времени [109];

ГИС-технологии стремительно развиваются год от года и этому способствует ряд причин:

- во-первых, доступность инструментов визуализации позволяет автоматизировать различные виды графического отображения пространственных данных;

- во-вторых, совершенствование инструментов визуализации позволяет использовать мобильные гаджеты и др.;

– в-третьих, развитие ГИС-технологий позволяет на их основе создавать дополнительные приложения.

В современном мире требуется извлекать полезную информацию не только из больших данных, но и из больших пространственных данных, и на основе этой информации создавать качественный картографический контент, который позволяет принимать пространственные решения.

Сбор информации является одним из важных этапов создания, например, картографических произведений. Не менее значимым этапом является визуализация полученной информации. Сущность визуализации заключается в том, чтобы сделать невидимые данные видимыми для человека. Например, построить геоизображение по цифровой модели местности, хранящейся в цифровом виде на электронном носителе [49].

Многие ученые представляют картографию как науку о создании образно-знаковых моделей как природных, так и общественных явлений, имеющих пространственное распространение в пределах географической оболочки и вне ее. Продуктом картографии, отображающей все эти явления, является карта. Визуальный язык карты исследуют многие ученые, например Берлянт А. М., Жан Ж., Лаптев В. В., Бертен Ж. Берлянт А. М. в «Картографии» описывает структуру визуального языка, Жан Ж. в книге «Знаки и символы» исследует историографию карт, Лаптев В. В. в монографии «Изобразительная статистика. Введение в инфографику» рассматривает историю картографии с точки зрения инфографики, Бертен Ж. в книге «Семиология графики» описывает методы проектирования визуального образа картографических знаков с точки зрения максимальной информативности. К сожалению, современные визуальные знаковые системы карт электронной коммуникации мало исследованы [44].

В картографическом словаре [11] дано следующее толкование термина «визуализация»: «Визуализация [visualization, display, viewing] – преобразование невидимых человеческому глазу физических параметров или кодов объекта в удобное для зрительного восприятия черно-белое или цветное изображение». Однако в кар-

тографии и геоинформатике часто визуализацией называют сам процесс проектирования геоизображений на основе цифровых данных по определенным правилам и алгоритмам [11]. Так, в толковом словаре по геоинформатике, визуализация толкуется как «... проектирование и генерация изображений, в том числе геоизображений и иной графики на устройствах отображения (преимущественно на экране дисплея) на основе исходных цифровых данных и правил и алгоритмов их преобразования». Язык электронной карты обладает обширным «алфавитом» и приобрел важное свойство – анимационность. Современный визуальный язык карты синтезирует в себе привычные для пользователя знаки: картографические условные знаки, знаки, ориентированные в пространстве, тем самым расширяя и усложняя область картографической семиотики [44, 95].

А. А. Зенкин выделяет иллюстративную и когнитивную функции графических изображений. Иллюстративная функция графики визуализирует уже известные знания и обеспечивает узнаваемость изображаемого объекта, а когнитивная функция графики направлена на визуализацию внутреннего содержания, смысла и направлена на порождение нового знания. Когнитивная графика выполняет такие функции, как повышение мотивации и преодоление барьеров к формированию (порождению) нового знания, стимуляции продуктивного образного мышления. При образном мышлении возникают следующие переходы: образ-задача (визуализация образа для переформулирования задачи, представления на другом языке), образ-решение (графический образ наталкивает на решение проектной задачи), решение-образ (графический образ – решение проектной задачи).

Понятие «когнитивное геоизображение» лежит в основе динамической когнитивной геовизуализации, которая применяется, например, при создании интерфейсов мультимедийных информационных систем управления. При создании когнитивного геоизображения обязательно учитывают модель восприятия визуальной информации конечного пользователя. Такой подход позволит не перегрузить пользователя представленными в визуальной форме графическими примитивами и связями элементов, которые не требуются для решаемой им задачи.

В соответствии с рисунком 5 [19], при построении когнитивного геоизображения в качестве источников информации могут применяться картографические данные, данные дистанционного зондирования Земли и прочие данные, которые определяются целями построения когнитивного геоизображения и индивидуальными потребностями пользователя.

Модель когнитивного геоизображения можно определить как совокупность графических примитивов, атрибутивных данных, связей и правил их отображения, ограниченную пространственными, временными и семантическими параметрами [19], при этом учитывающую особенности восприятия информации пользователем и обеспечивающую эффективное визуальное представление геоданных.

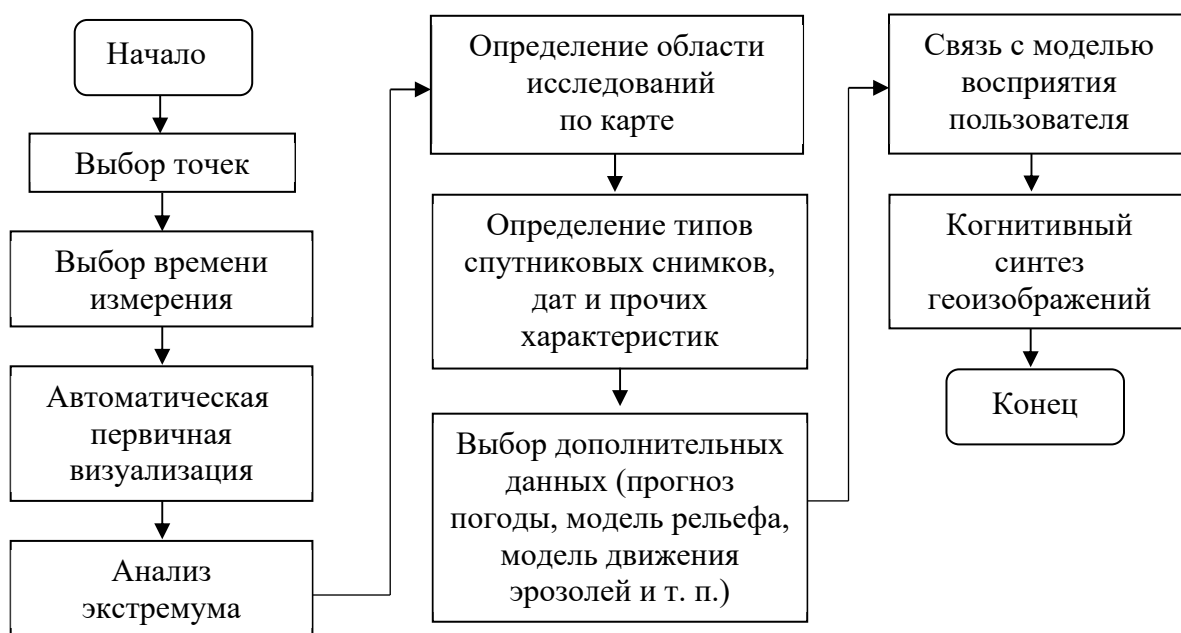


Рисунок 5 – Алгоритм создания когнитивного геоизображения

Начиная с середины 1990-х гг. «знания» стали рассматриваться как стратегический ресурс. С конца прошлого века появился большой интерес к визуализации знаний. До недавнего времени термин «визуализация знаний» в научной литературе практически не употреблялся, в отличие от термина «визуализация информации» (Information visualization).

Визуализация информации представляет собой интерактивное изучение визуальных представлений абстрактных данных для усиления человеческого восприятия [70]. Абстрактные данные включают в себя как числовые, так и нечисловые данные, такие как текст и географическая информация.

Однако визуализация информации отличается от научной визуализации. При визуализации информации пространственное представление выбирается, а в научной визуализации пространственное представление задано. Понимание затруднено, если абстракция не представлена в публично наблюдаемой наглядности.

Визуализация знаний – это набор графических элементов и связей между ними, который используется для передачи знаний от эксперта к человеку или группе людей и раскрывает причины и цели этих связей в контексте передаваемого знания. Основная цель визуализации знаний – стимуляция когнитивных процессов [2, 64, 91].

Визуализацию знаний следует рассматривать намного шире, чем визуализацию информации. По мнению некоторых исследователей [15], визуализация знаний граничит с менеджментом знаний, графическим дизайном, психологией и педагогикой.

Основное различие визуализации знаний и визуализации информации – если визуализация знаний применяется для обмена знаниями, то визуализация информации лишь облегчает доступ к различным данным.

Источником знания при визуализации знаний может выступать как человек, так и какой-либо предмет, а получателем знания – человек или группа людей.

Первые попытки ввести в науку понятие «визуализация знаний» предпринимались исследователями еще в начале 2000-х гг. [98, 103].

Тогда под визуализацией знаний подразумевали «применение визуальных средств для усовершенствования передачи знаний между людьми». Такая трактовка визуализации знаний не учитывает специфику термина «знания» [15].

Визуализацию знаний (KV) можно формализовать и представить в следующем виде [15]:

$$KV = F(E, D, P), \quad (2)$$

где E – множество различных графических элементов (таких, как таблицы, диаграммы и т. д.);

D – множество связей между элементами;

P – цели этих связей.

Связи между элементами могут рассматриваться с разных точек зрения и отвечать на вопросы:

- «почему» – причина конкретной зависимости;
- «для чего» – проблемы, которые можно решить с ее помощью.

В соответствии с рисунком 6, связи и взаимосвязи, как однонаправленные, так и двунаправленные, можно рассматривать и толковать не только между различными элементами знаний, но и между группами таких элементов.

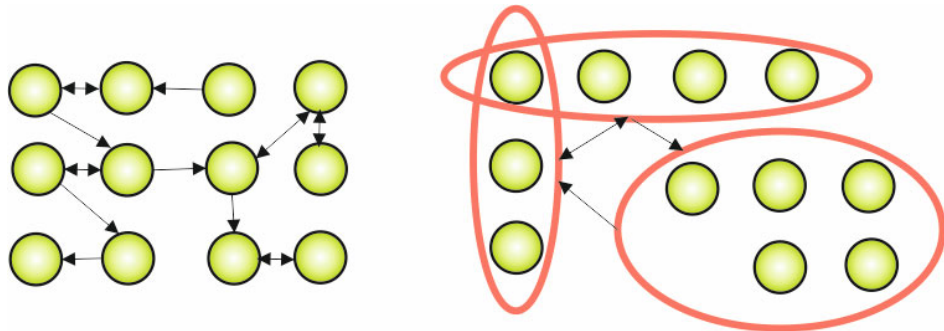
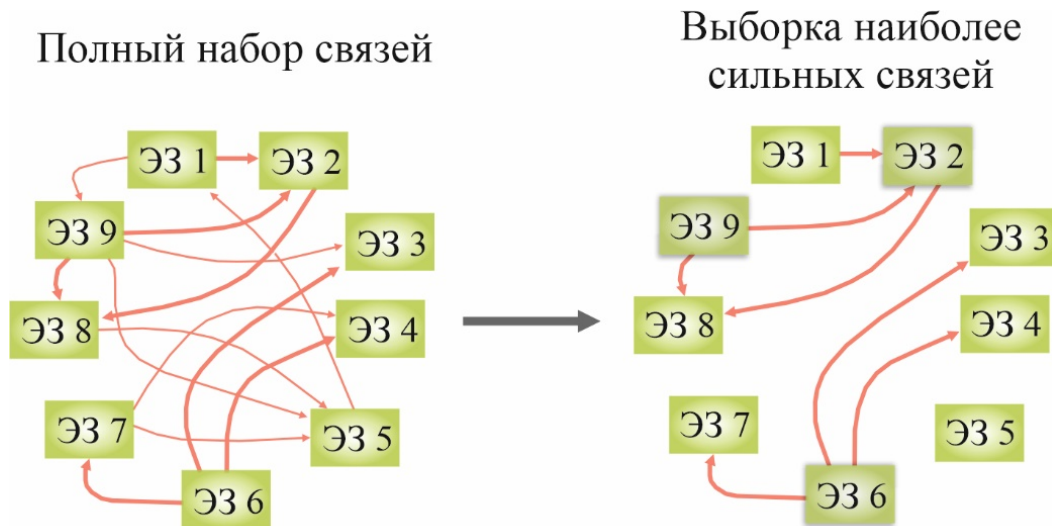


Рисунок 6 – Связи между элементами и группами элементов знаний

Помимо одно- или двунаправленных связей между элементами знаний, различают также различные уровни зависимости или влияния. Так, в трехступенчатой модели выделяют «сильную», «среднюю» и «слабую» связи элементов [15]. Подобная классификация необходима для того, чтобы как источник, так

и получатель знания могли отличать наиболее сильные и существенные связи между элементами.

В соответствии с рисунком 7 [15], выполняется отбор наиболее сильных связей между элементами знаний в процессе визуализации.



ЭЗ – элемент знания

Рисунок 7 – Отбор наиболее сильных связей между элементами знаний при визуализации

Указание целей связей между элементами при визуализации знаний не навязывает единственно верное применение визуализированного знания. Пояснение целей несет лишь рекомендательный характер и призвано помочь пользователю на основе аналогий, ассоциаций и интеллекта применить это знание по своему усмотрению.

Эффективность визуализации знаний зависит, прежде всего, от таких факторов:

- оптимальность выбора метода визуализации (таблицы, схемы и т. п.);
- понятность причин и целей связей между элементами;
- интеллектуальный потенциал пользователя, его способность мыслить абстрактно и логично;

- опыт пользователя в конкретной области;
- умение и желание пользователя обучаться [15].

Визуализация знаний – мощный инструмент познания, выступающий в качестве универсального метода, преобразующего потоки информации, функционирующие в современном мире, в доступные для человеческого восприятия визуальные образы.

2.3 Обобщенное теоретико-множественное представление процесса преобразования геоинформации в геознание

Для обобщенного теоретико-множественного представления процесса преобразования геоинформации о территории и находящихся на ней объектах в геознание, которое ориентировано на решение при помощи геоинформационной модели местности или карты (в дальнейшем тема исследования раскрывается на примере карты) конкретных пространственных задач, целесообразно ввести и определить следующие важные новые понятия [4]:

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

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 совместно 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 требованиям решаемой пространственной задачи соответствует одноединственное множество критериев оценки U_d , т. е. $\forall F_r \exists! U_d$, где $\exists! \forall F_r \exists! U_d$, где $\exists!$ – квантор единственности;

– каждая элементарная операция s_j оценивает соответствие характеристик объекта карты критериям геопространственной задачи только одним из показателей $0v1$, т. е. $\forall s_j \in S \exists 0v1$, где \forall и \exists – кванторы общности и существования, соответственно;

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

В соответствии с введенными понятиями, переход от геоинформации к геознаниям можно представить следующим образом, используя набор понятий и их обозначений.

1 Геопространственный объект местности o_k .

2 Набор свойств o_k , зафиксированных в виде массива геоинформации $\langle g_{k1}, g_{k2}, \dots, g_{km} \rangle \leftrightarrow o_k$.

3 Множество M геопространственных объектов местности $o_k (o_k \in M)$.

4 Геоинформационная модель геопространственного объекта местности mk , $mk = \langle c_{k1}, c_{k2}, \dots, c_{kn} \rangle$.

- 5 Геоинформационная модель местности $M_m (M_m = \{m_k / k = 1, \dots, q\})$.
- 6 Картографический объект $k_g (k_g = \langle h_{g1}, h_{g2}, h_{g3}, \dots, h_{gn} \rangle)$.
- 7 Множество K картографических объектов $k_g (k_g \in K)$ – карта $K (K = \{k_g / g = 1, \dots, m\})$.
- 8 Картографический объект геознания – $z_i, (z_i = \langle p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{im} \rangle)$.
- 9 Множество картографических объектов геознаний $Z_s \equiv \{z_{s1}, z_{s2}, \dots, z_{sq}\} \neq \emptyset$,
т. е. $\forall k_g \in K \exists Z_s \equiv \{z_{s1}, z_{s2}, \dots, z_{sq}\}$.
- 10 Геопространственная задача S_t .
- 11 Элементарная операция s_j в составе $S (s_j \in S, S_t = \{s_j / i = 1, \dots, r\})$. $s_j = \langle q_{j1}, q_{j1}, q_{j1}, \dots, q_{jr} \rangle$.
- 12 Отображение F_r объектов карты в объекты геознания ($F_r : K \Rightarrow KZ$).
- 13 Критерии u_d оценки характеристик объектов карты.
- 14 Упорядоченное множество U_d критериев ($u_d \in U_d$).
- 15 Способ картографической визуализации V .
- 16 Искомая геокогнитивная карта KZ .

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

местности 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, форму 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.

Тождественные по показателям кортежи могут образовывать кластеры и соответствующие им картографические объекты геознаний после осуществления на множестве Z_i типовой функции картографической визуализации V , и 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

$$k_g = \langle h_{g1}, h_{g2}, h_{g3}, \dots, h_{gn} \rangle; \quad m_k = \langle c_{k1}, c_{k2}, c_{k3}, \dots, c_{kn} \rangle;$$

$$z_i = \langle p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{im} \rangle; \quad s_j = \langle q_{j1}, q_{j2}, q_{j3}, \dots, q_{jr} \rangle,$$

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

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

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

или

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

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

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

Описанный выше процесс перехода от геоинформации к геознаниям можно предметно представить на примере решения частной геопространственной задачи.

В рамках решаемой задачи составления геокогнитивной карты транспортной доступности территории вычленяется отдельная элементарная операция по проезду транспортного средства на определенной территории с известной грузоподъемностью, например 5 тонн.

На территории имеются несколько мостовых переходов с известными характеристиками грузоподъемности, отраженными на исходной карте. Каждый мостовой переход анализируется по заданному критерию грузоподъемности (5 тонн), и отбираются мосты, удовлетворяющие заданному критерию, представляются как картографические объекты геознания по данной элементарной операции, объединяются в кластеры однотипных объектов, заносятся в содержание составляемой геокогнитивной карты вместе с объектами геознания, сформированными по другим элементарным операциям. Выполняются процедуры картографической визуализации, и в итоге получается искомая геокогнитивная карта транспортной доступности территории.

Приведенная последовательность действий может быть представлена в виде укрупненной технологической схемы создания геокогнитивной карты (рисунок 8).

Приведенный на рисунке 8 процесс создания геокогнитивной карты осуществляется следующим образом.

Сначала формируются исходные данные: карта, содержащая упорядоченное множество картографических объектов местности; условия (формулировка) решаемой геопространственной задачи; набор критериев оценки характеристик объектов карты согласно решаемой пространственной задачи. Затем решаемая геопространственная задача делится на элементарные операции, результат выполнения каждой из которых может быть оценен только по одному критерию. По каждой операции выполняется оценка характеристик объектов карты на предмет их соответствия требованиям решаемой геопространственной задачи и объекты, характеристики которых удовлетворяют этим требованиям, придается статус объекта геознания. Этим объектам присваиваются новые условные знаки, и они наносятся на исходную карту. Составленная таким образом карта является геокогнитивной.

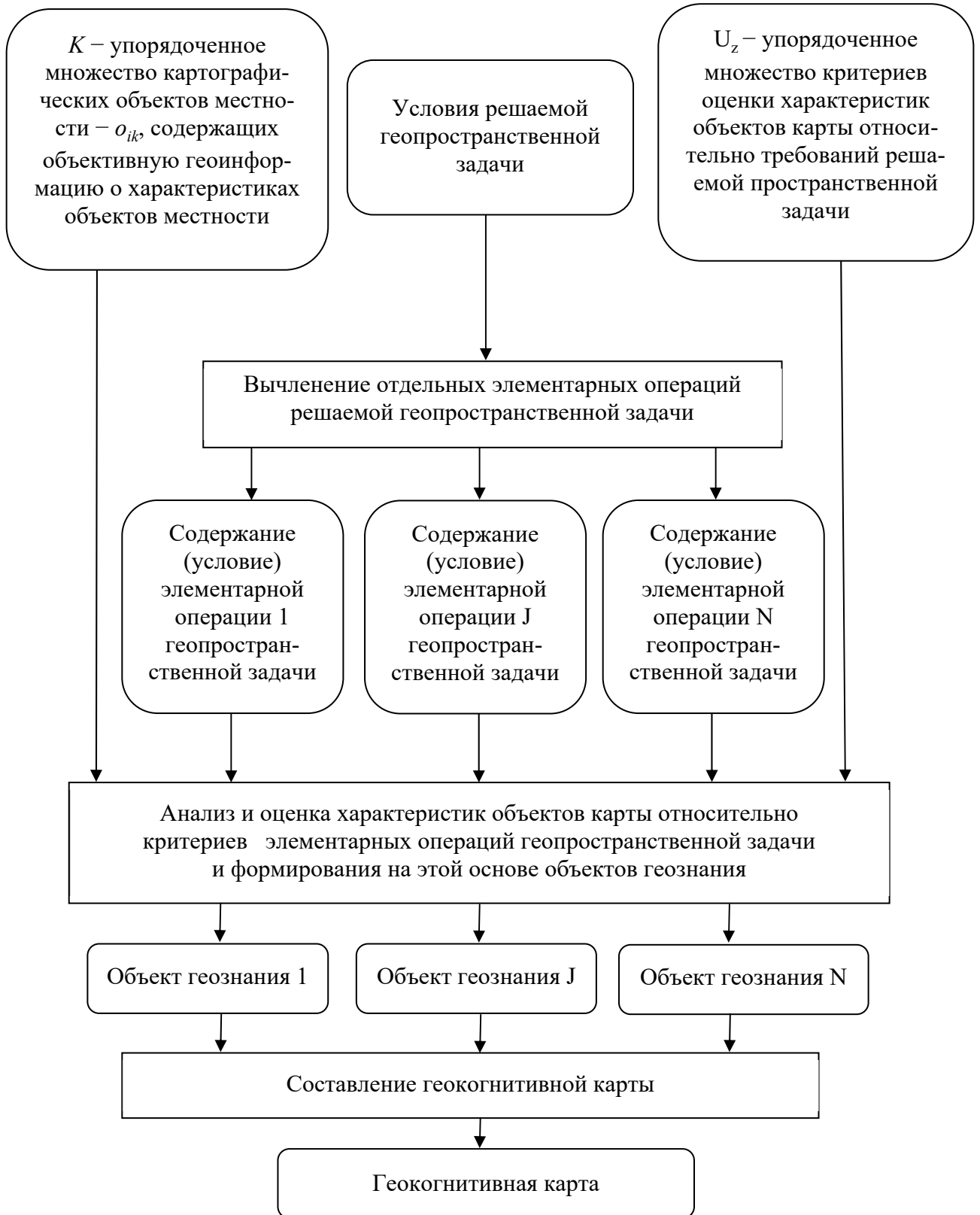


Рисунок 8 – Укрупненная технологическая схема создания геокогнитивной карты

Выводы по разделу 2

Визуализация – мощный инструмент донесения мыслей и идей до конечного потребителя, помощник для восприятия и анализа данных. В начале XXI в. принципиально преобразован информационный поток и началось преобладание в его структуре визуальной, невербальной информации.

Современная технологическая эпоха обозначает новые методологические, теоретические, прикладные и практические проблемы в изучении визуального и вербального взаимодействия.

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 данных, визуализация информации и визуализация знаний.

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.

Используя методы формального представления знаний о восприятии визуальной информации, можно адаптировать геоизображение к когнитивным особенностям пользователей.

3 РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ ГЕОКОГНИТИВНЫХ КАРТ

3.1 Разработка принципов создания геокогнитивных карт

Современные карты 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. Такими картами являются геокогнитивные карты, содержание которых дополнено пространственными геознаниями, соответствующими предметной области подготовки пространственных управленческих решений [94].

Геокогнитивные карты – это новый вид карт, содержание которых дополнено геопространственными знаниями, которые позволяют оперативно решать не только задачи пространственного развития территорий, но и стратегические задачи.

Методология создания таких карт базируется на базовых понятиях и методах картографии, геоинформационного картографирования, методах системного анализа и сравнительного анализа, а также на системе известных базовых принципов, основными из которых являются [10]:

– *принцип системности* – рассмотрение объектов как целостного множества взаимодействующих компонентов со всеми их внутренними и внешними связями.

Системное моделирование предполагает:

– последовательное совершенствование моделей в процессе их использования соответственно задачам, охвату и детальности исследования;

– моделирование взаимосвязей между компонентами и выделение специфических системообразующих связей;

- моделирование структуры и организации системы;
- моделирование функционирования системы, то есть процессов обмена веществом, энергией и информацией внутри и между системами;
- рассмотрение модели данной системы как элемента более крупной системы, выявление соподчиненности моделей;
- *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;
- *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;
- *принцип читаемости* – возможность легко найти информацию, отличить ее от других [94].

Наряду с вышеизложенными принципами нами сформулированы новые 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* – картографирование применимой информации для достижения конкретных целей, которые пользователю понятны и приемлемы;

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

– *принцип надежности* – корректность картографируемой информации при условии неопределенности в исходных данных (в определенных пользователем границах) ее параметров [94].

Таким образом, созданная на основе предложенных принципов гекогнитивная карта дает возможность анализировать, структурировать и представлять в удобной форме любую актуальную геоинформацию, а также преобразовывать, совершенствовать и применять на практике полученный интеллектуальный продукт. Гекогнитивная карта является не только визуальной формой представления геознаний, но и основой для получения нового знания [94].

Так как гекогнитивные карты – это абсолютно новый вид карт, возникает вопрос места гекогнитивных карт в системе классификации картографических произведений.

Классификация карт – это система, представляющая совокупность карт, подразделяемых по какому-либо изображаемому признаку [80, 92].

Научная классификация карт:

– позволяет изучать и устанавливать свойства и закономерности, присущие отдельным видам карт;

– находит отражение и организации картографического производства и способствует его рациональной постановке;

– необходима для каталогизации карт и их систематического размещения в картохранилищах, а также для обработки и поиска картографической информации.

Карты классифицируют по ряду признаков: масштабу, территориальному охвату, теме, назначению, математической основе, году издания, языку и т. д. Наибо-

лее важными и существенными являются: масштаб, территориальный охват, тема и назначение, которые определяют содержание и характер географических карт.

Группы карт, выделенные на каждой ступени, должны четко различаться между собой, чтобы исключить возможность отнесения одной и той же карты к разным группам [80].

Развитие технологий, появление компьютерной техники и в последующем геоинформационных систем, привело к тому, что разнообразие различных видов карт постоянно увеличивается.

Это, в свою очередь, требует постоянного дополнения и уточнения существующих классификаций карт.

К. А. Салищев предлагает разделить тематические карты на два класса: карты природных явлений и карты общественных явлений.

А. М. Берлянт предлагает свой подход к классификации тематических карт и отмечает, что наиболее сложно классифицировать карты по тематике, поскольку все или почти все, что существует в мире, можно картографировать. Содержание карт определяется конкретной темой.

Классификация карт должна удовлетворять следующим требованиям:

- классы карт должны выделяться по существенным признакам;
- классификация должна быть последовательной, т. е. постепенно переходить от общего к частному;
- на каждом уровне деления следует выбирать только одно основание классификации;
- классификация должна быть полной, отдельные ее подразделения в совокупности должны охватывать всю систему карт в целом;
- классификация карт должна обладать резервностью, т. е. способностью включать вновь появляющиеся виды (классы) карт [10].

Основным принципом классификации тематических карт является соответствие структуре наук о Земле.

Классификация Фокиной Л. А. не отличается высокой строгостью, в отличие от классификаций карт, предложенных Салищевым К. А. и Берлянтном А. М. В данную классификацию, помимо карт, отражающих природные явления и социально-экономических явления, включен класс специальных карт.

Анализ перечисленных классификаций, показал, что в настоящее время в классификациях представлены карты, содержание которых основано на геоинформации, но не охвачены геокогнитивные карты.

В ходе исследований можно сделать вывод о том, что классификацию геокогнитивных карт, которая, несомненно, будет дополняться новыми подвидами геокогнитивных карт (рисунок 9), можно представить следующим образом.

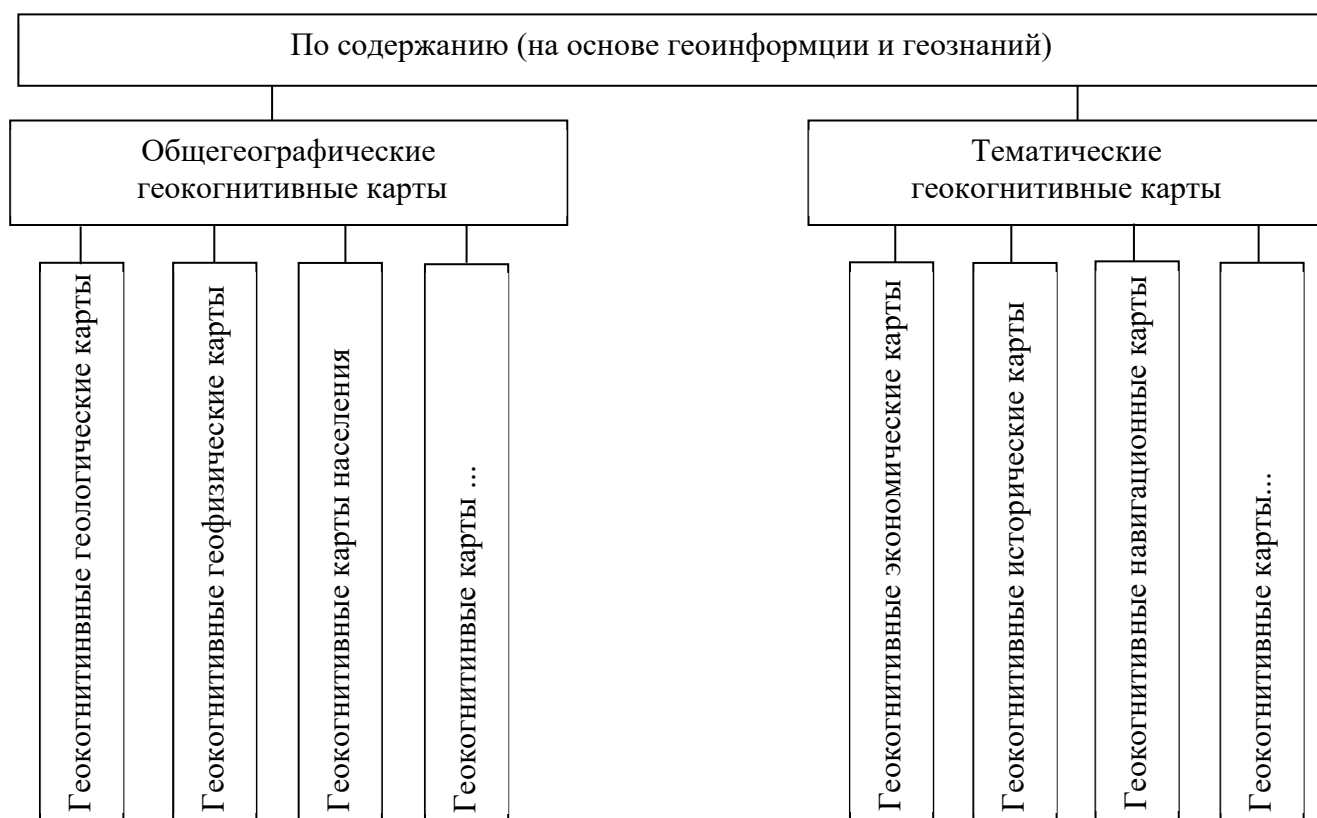


Рисунок 9 – Классификация геокогнитивных карт

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

3.2 Разработка сущности и содержания геокогнитивных карт

Карты, составленные на основе геопространственной информации, ориентированы на понятийное мышление. Приведем пример карт, на которых отражена только геопространственная информация (рисунок 10).

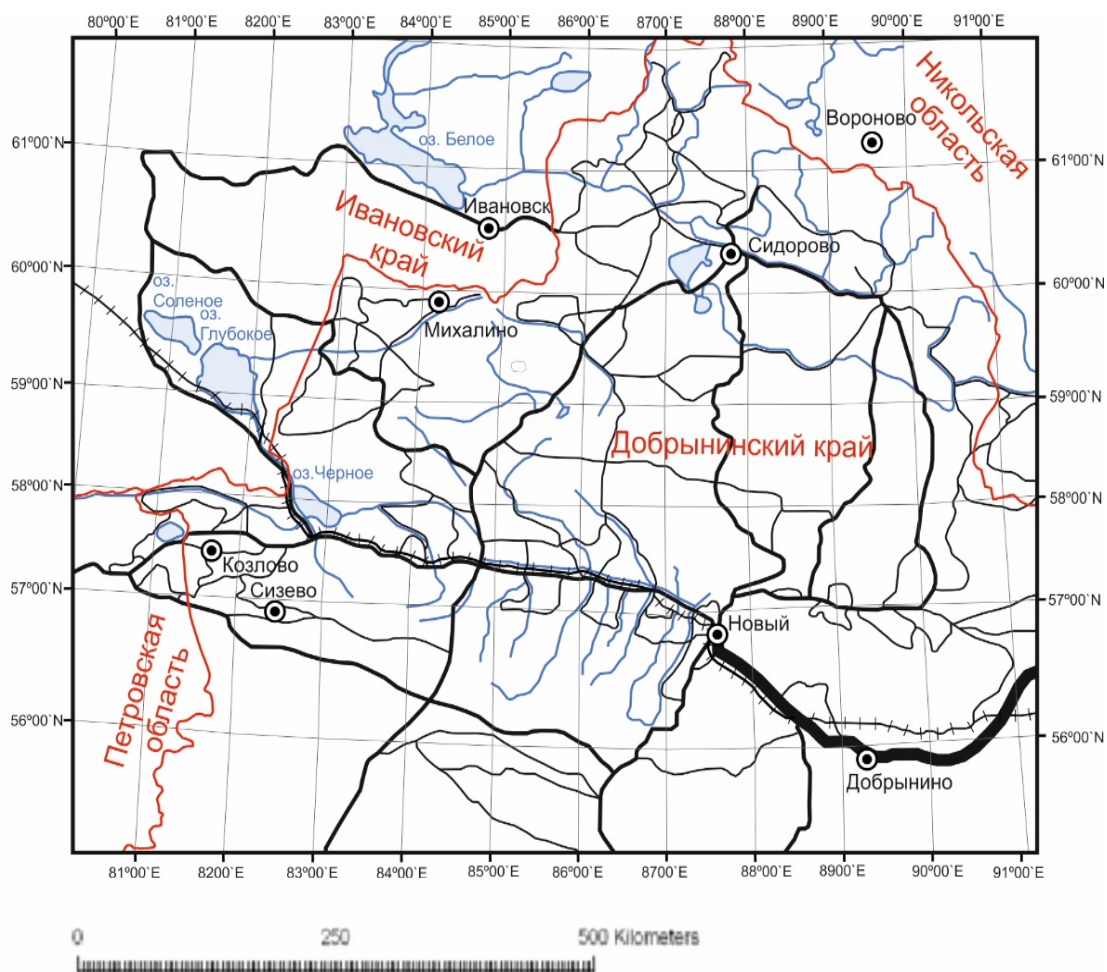
Представленная на рисунке 10 карта несет в себе информацию о видах дорог и их типах. Для того, чтобы карта способствовала принятию решений в экстремальных ситуациях и при ограниченном времени, она должна содержать не только информацию, но и пространственные знания. Пространственные знания позволяют решать задачи в области геоинформатики, искусственного интеллекта, наук о Земле. Пространственные знания также применяются при создании и организации инфраструктур пространственных данных.

В настоящее время возникает необходимость логико-графического представления научного знания с помощью современного инструментария, в том числе и посредством карт. Такими картами являются геокогнитивные карты [93, 94].

Содержание таких карт формируется на основе базы знаний. База знаний (БЗ) – важный компонент интеллектуальной системы. Содержание таких карт основано на базе знаний.

Используя базу знаний, пользователь имеет возможность пользоваться знаниями для их последующего представления. База знаний имеет глубинную и явную структуру, максимально конкретное описание объектов с помощью числовых, строковых, логических или каких-либо других значений, представляемую в виде семантической сети, применение которой для получения искомой оценки предусматривает логические операции, позволяющие выделять свойства изучаемого объекта.

Базу знаний можно представить как семантическую сеть в виде набора понятий и связей. Посредством выбора объекта, необходимого для вывода, необходимо получить вывод связей данного объекта с другими объектами сети [12, 77, 78]. Все связи семантической сети разделены на три категории.



Условные обозначения









	Автомобильные дороги, категория IA, 4 полосы
	Скоростные дороги, категория IB, 4 полосы
	Дороги обычного типа, категория IV, 2 полосы
	Железные дороги
	Реки
	Озера
	Границы регионов
	Населенные пункты

Рисунок 10 – Карта транспортной сети

Связи являются однонаправленными – нисходящими. Нисходящие связи направлены от главного понятия к зависимому.

Таким образом, можно определить односторонние отношения между всеми связанными понятиями в семантической сети в виде «Главное понятие – Зависимое понятие по какому-либо отношению».

Выделены следующие типы связей:

- 1 тип: имеет свойство (связь сущности и его свойства);
- 2 тип: состоит из (связь целого и его частей);
- 3 тип: имеет разновидность (связь общего понятия и производных от него потомков);
- 4 тип: имеет значение (связь свойства и его значения).

На рисунке 11 представлена общая структура базы геопространственных знаний, построенная на основе рассмотренных понятий.

Из рисунка 11 видно, что база геопространственных знаний представляет собой сложную структуру взаимосвязанных между собой элементов.

База геопространственных знаний состоит их однородных элементов, которые могут быть не только самостоятельными сущностями, но выступать и в качестве параметров или значений параметров для других элементов.

Порядок наполнения базы геопространственных знаний начинается с наиболее простых объектов, которые затем используются для описания более сложных сущностей.

База геопространственных знаний служит основой экспертной (интеллектуальной системы). Экспертные системы (интеллектуальные системы) получили наибольшее развитие в транспорте и логистике. Примером базы геопространственных знаний может служить база геопространственных знаний транспортной сети. На рисунке 12 представлена семантическая модель базы геопространственных знаний.



Рисунок 11 – Общая структура базы геопространственных знаний

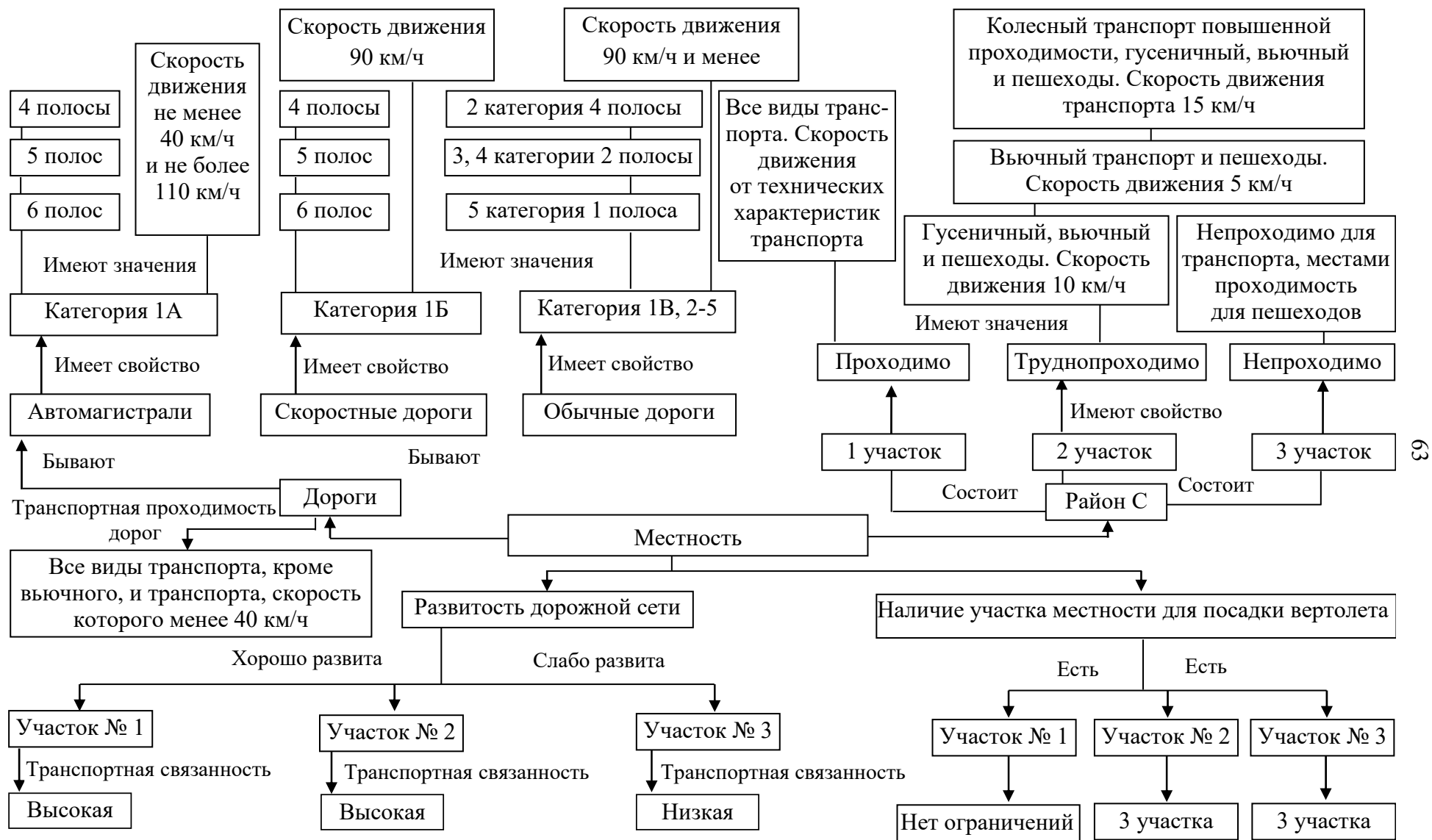


Рисунок 12 – Семантическая модель базы геопространственных знаний транспортной сети

Таким образом, для решения конкретной задачи знания организуются в базу знаний. Базу знаний применяют для хранения прецедентов, правил, систем для создания новых правил. Применение геопространственных знаний для управления транспортом, особенно в условиях сложных ситуаций, позволяет оперативно принимать решения и получать более качественный результат.

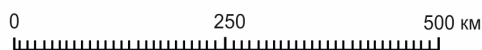
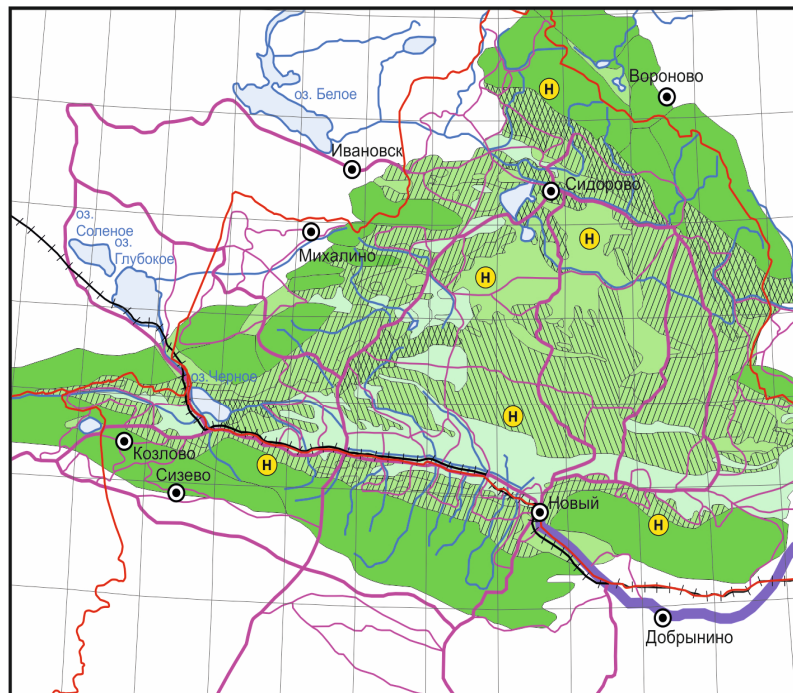
Визуализация геопространственных знаний в виде карты служит основанием для принятия тех или иных решений. База геопространственных знаний транспортной доступности, построенная в соответствии с семантической моделью, приведенной на рисунке 12, послужила основанием для создания карты, отображающей геознания – геокогнитивной карты транспортной доступности (рисунок 13).

Для отображения геознаний на карте, а именно связанности различных категорий отображаемых дорог и связи их с местностью, использовались известные способы картографического отображения и оформления карты.

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. Для выделения наиболее важных дорог увеличены размеры условных знаков, исключены мелкие детали, расположенных вблизи дорог. Все фрагменты дорожной сети, связанные на местности, образуют связную сеть на карте.

На геокогнитивной карте транспортной доступности к понятию «сущность» отнесена местность (район), экземпляром является район «С», участки № 1, 2, 3, а также дороги, автомагистрали, скоростные дороги, дороги обычного типа.

К свойствам местности относится проходимость участка местности, труднопроходимый и непроходимый. К свойствам дорог относятся характеристики, определяющие их технические параметры: категория 1А, категория 1Б и категория 1В.



Условные обозначения

- Автомобильные дороги
- Железные дороги
- Реки
- Озера
- Границы регионов
- Добрынино
- Населенные пункты
- Места посадки вертолетов

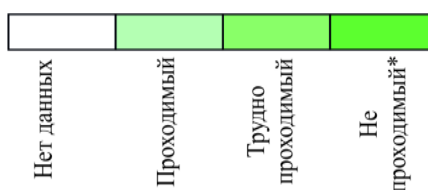
Транспортная проходимость дорог

- все виды транспорта
- все виды транспорта кроме вьючного транспорта и транспорта, скорость которого по техническим характеристикам или его состоянию составляет менее 40 км/ч

Разрешенный скоростной режим по категориям дорог

- Автомагистрали, категория IA, 4 полосы, скорость не менее 40 и не более 110 км/ч
- Скоростные дороги, категория IB, 4 полосы, 90 км/ч
- Дороги обычного типа, категория IV, 2 полосы 90 км/ч и менее

Проходимость района



* местами проходимо для пешеходов

Проходимость транспорта в трудно проходимых районах вне дорог

- Все виды транспорта (скорость движения ограничена только техническими характеристиками транспорта)
- Колесный транспорт повышенной проходимости, гусеничный, вьючный, пешеходы (максимальная скорость 15 км/ч)
- Гусеничный транспорт с трудом, вьючный и пешеходы (максимальная скорость 10 км/ч)
- Местами проходимо для вьючного транспорта и пешеходов (максимальная скорость 5 км/ч)

Рисунок 13 – Геокогнитивная карта транспортной доступности местности

Значением свойств участков местности является проходимость транспорта вне дорог в данном районе, а именно:

- 1) все виды транспорта, где скорость движения будет определяться техническими характеристиками транспорта;
- 2) колесный транспорт повышенной проходимости, гусеничный, вьючный и пешеходы, со скоростью движения 15 км/ч;
- 3) гусеничный транспорт с трудом, вьючный и пешеходы, со скоростью движения 10 км/ч;
- 4) местами проходимо для вьючного транспорта и пешеходов, со скоростью движения 5 км/ч.

Значением свойств дорог является количество полос движения, которые имеет данная дорога, а также разрешенный скоростной режим. Также представлен вывод связей данного объекта с другими объектами сети, в частности с дорогами и реками.

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, снижение времени на разработку маршрута, правильную оценку времени, необходимого для прохождения маршрута, а также оптимизацию маршрута по заданным параметрам и критериям. Одной из особенностей данной геокогнитивной карты является представление геоинформации и геознаний об объекте на местности, а также его взаимодействие с другими объектами местности. По нашему мнению, на геокогнитивных картах необходимо отображать только те геознания об объекте на местности, которые актуальны для конкретной решаемой задачи.

В данном случае результаты визуализации выглядят как целостное геоизображение. Такое геоизображение построено с учетом когнитивных способностей пользователя. В результате анализа формальных моделей запроса пользователя, ви-

зуальных картографических стереотипов и когнитивных особенностей пользователя, принимающего решение, получено когнитивное геоизображение. Для снижения перегрузки графическими элементами геоизображения была проведена формализация. В данном случае геоизображение отображает окружающую действительность более правильно, следовательно, соответствует задачам исследования и повышает качество принятия решений [94].

3.3 Разработка технологических решений создания геокогнитивных карт в среде ГИС

В опубликованных на сегодняшний день научных трудах, а также инструкциях и руководствах технология создания геокогнитивных карт не представлена. В процессе исследования разработаны базовые технические решения создания и использования геокогнитивных карт, которые включают в себя ряд этапов:

- определение назначения геокогнитивной карты;
- 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.

Определение назначения геокогнитивной карты. Исходя из пожеланий заказчика, определяются назначение карты и круг задач, которые будут решаться с ее помощью. Назначение карт соотносится со сферами человеческой деятельности, задачи которой будут решаться с помощью проектируемой карты.

Наиболее часто составляют научно-справочные, культурно-просветительные и агитационные карты, технические, учебные и туристские карты. Из назначения карты и ее задач формулируют требования к проектируемой карте.

Разработка требований к общегеографической основе. В первую очередь производится выбор территории картографирования. Геокогнитивные карты могут создаваться на территории разного уровня – от карт небольших территорий (например, муниципальных районов) до глобальных (карт государств или мира). Выбор территории зависит от задач, которые будут решаться с помощью создаваемой карты и пожеланий заказчика.

Следующая задача состоит в выборе масштаба создаваемой карты. Геокогнитивные карты могут создаваться в любых масштабах, в том числе и мультимасштабные. Выбор масштаба при создании геокогнитивной карты зависит от задач, которые будут решаться с помощью создаваемой карты и пожеланий заказчика.

Подбор и подготовка исходных материалов. Этот этап создания геокогнитивных карт заключается в подготовке исходных материалов – подборе подходящей под определенные ранее требования общегеографической основы и при необходимости – ее обновлении. Общегеографическая основа карты содержит общегеографические элементы тематической карты, не входящие в ее специальное содержание, облегчающие ориентирование и уяснение закономерностей размещения явлений, относящихся к тематическому содержанию карты.

Содержание общегеографической основы чаще всего состоит из административных границ, объектов гидрографии, путей сообщения, населенных пунктов и растительности. В зависимости от потребностей заказчика, назначения и содержания создаваемой геокогнитивной карты содержание общегеографической основы может меняться.

В качестве общегеографической основы могут использоваться существующие общегеографические цифровые карты в различных форматах, веб-картографические сервисы (OpenStreetMap, Google Maps, Яндекс Карты и т. п.) или при необходимости могут оцифровываться традиционные бумажные карты. Выбор общегеографической основы зависит от используемого программного обеспечения и требований, предъявляемых к содержанию общегеографической основы.

Выбранная общегеографическая основа может нуждаться в обновлении, это касается только традиционных и цифровых карт. Обновление производится чаще всего по данным дистанционного зондирования Земли, дежурным картам, статистическим источникам информации и т. п. Карты веб-картографических сервисов не нуждаются в обновлении.

Формирование тематической базы данных. Формирование базы данных – трудоемкий процесс, включающий в себя такие действия, как сбор и анализ данных из различных источников, определение структуры базы данных и приведение данных к заданной структуре. Все это необходимо для обеспечения универсальности создаваемой базы данных и возможности ее дальнейшей интеграции с другими базами данных.

Создание тематических карт. На основе созданной общегеографической основы и тематической базы данных можно создавать различные тематические карты. Для этого необходимо выполнить отбор необходимой информации из тематической базы данных с помощью SQL-запросов. Полученные данные совместить с общегеографической основой и выбрать наиболее приемлемый способ отображения тематической информации на карте. Далее следует разработать наглядные условные обозначения и оформить легенду карты. Таким образом можно получить тематические карты, количество и качество которых будет напрямую зависеть от содержания тематической базы данных.

Формирование геопространственных знаний. 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 14.

В первую очередь, и специалистов проводят анализ созданных ранее тематических карт, а также прочих источников данных по исследуемой теме. Затем они обмениваются между собой приобретенными в процессе анализа знаниями. В результате такого обмена опытом происходит формирование базы геопространствен-

ных знаний, которая в дальнейшем послужит основой при создании геокогнитивных карт.

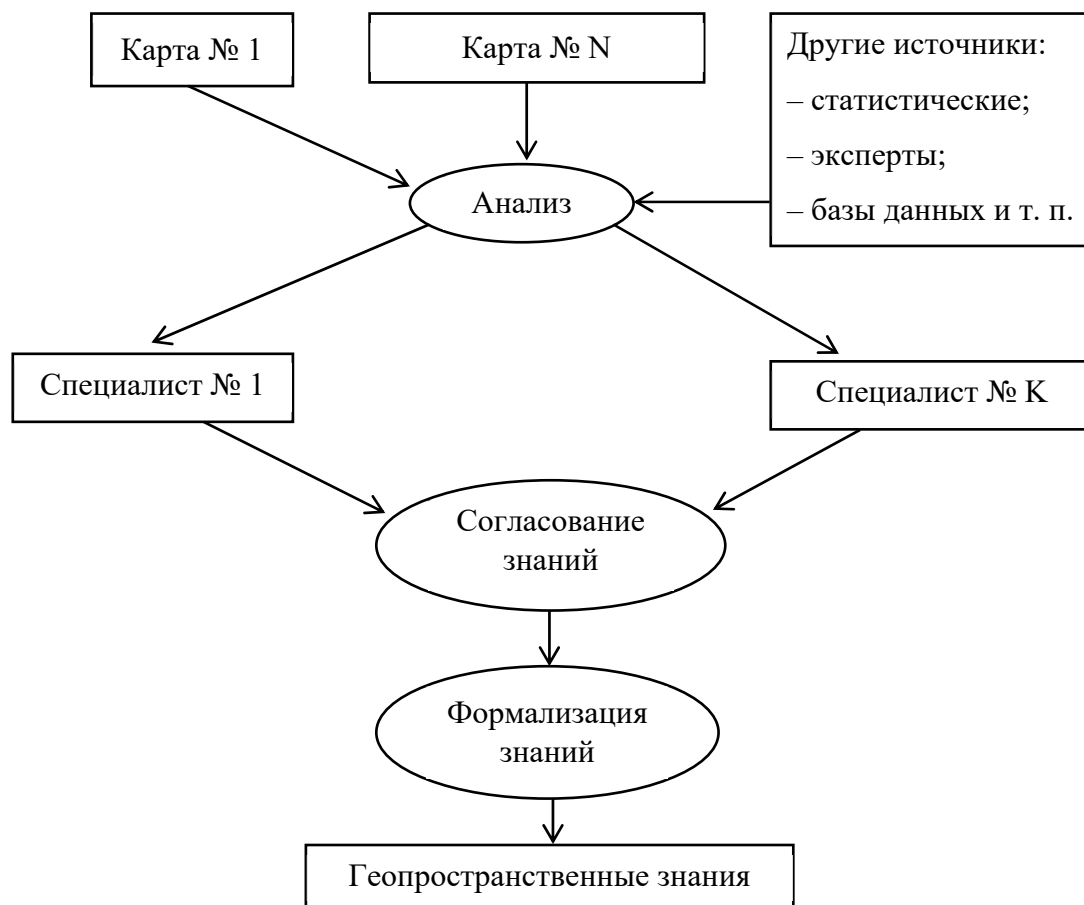


Рисунок 14 – Процесс формирования геопространственных знаний

Разработка содержания и составление геокогнитивной карты. Полученные на предыдущем этапе геопространственные знания служат основой для создания 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 гра-

фическими 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 [25, 50, 100, 101, 113–116, 121].

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

На рисунке 15 ниже представлена технологическая схема создания и использования геокогнитивных карт.

Для решения сложных оперативных задач и принятия решений для геопро пространственного развития территорий необходимо применять карты, созданные на принципах когнитивного знания. Новый вид карт можно использовать во всех отраслях знаний и сферах деятельности человека.

Геопро пространственное решение – это проект действия по геопро пространственному преобразованию. Преобразовывать можно либо непосредственно геопро пространство, либо процессы, происходящие в геопро пространстве, иначе – управлять пространством, территорией.

Геопро пространственное решение принимается на основе проекта преобразования рассматриваемой территории. Проект преобразования – это модель рассматриваемого пространства с включением в неё новых элементов, полученных в результате пространственного анализа, проектирования управления или преобразования пространства.

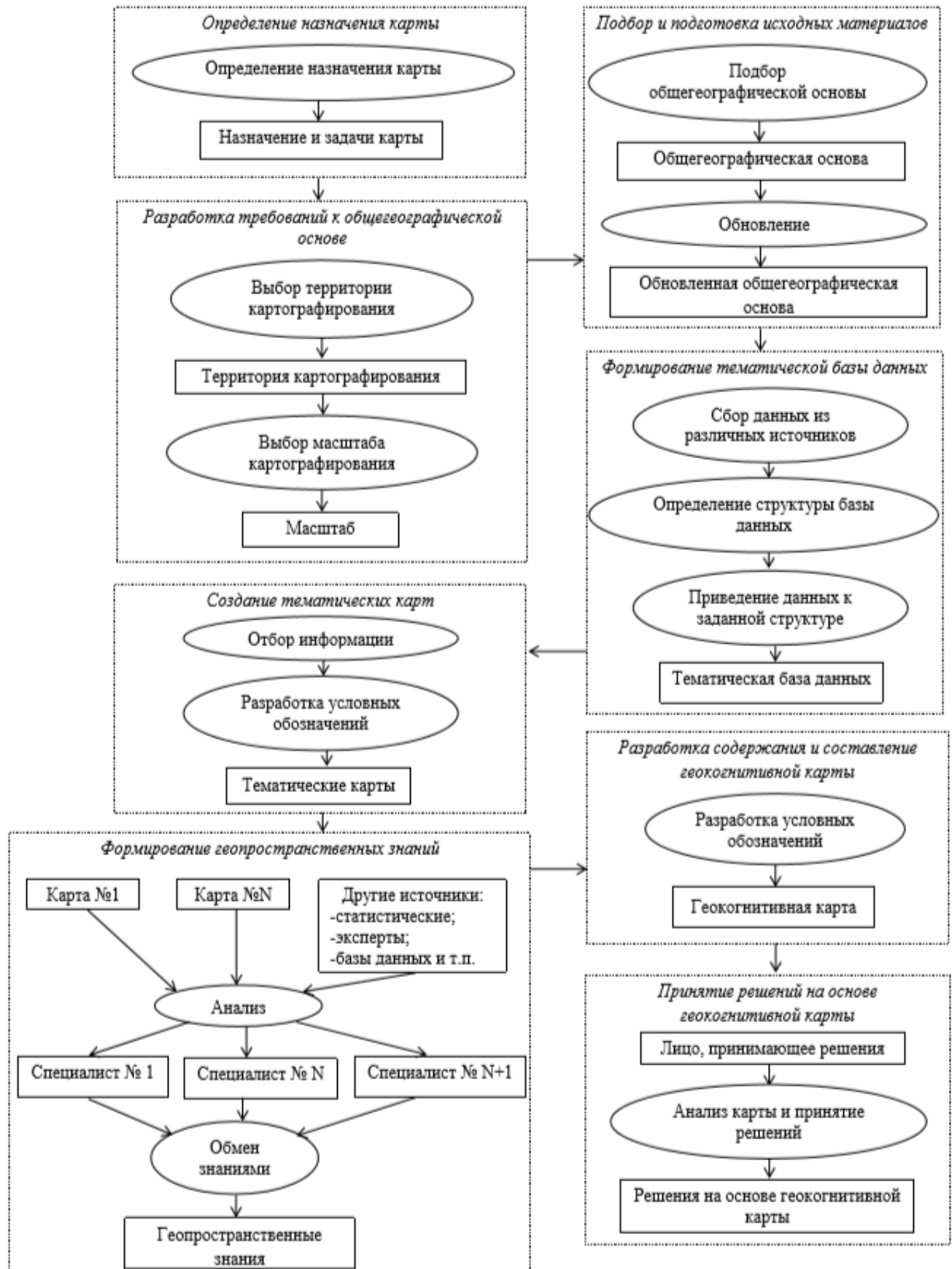


Рисунок 15 – Технологическая схема создания и использования геокогнитивных карт

Под проектированием управления понимаются изменения организации функционирования систем жизнеобеспечения. Наиболее востребованы модели возможного развития катастрофических и экологических природных и техногенных процессов, эксплуатации и развития инженерных сетей и коммуникаций, организации транспортного обслуживания, поиска и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, управления территориями на государственном и муниципальном уровнях.

Принятие геопространственных решений является сложной, многопараметрической задачей, не имеющей на сегодняшний день эффективного решения.

Одной из основных задач регионального управления (принятие пространственных решений) является постоянное повышение его эффективности, в том числе, за счет использования современных информационных технологий для обработки информации и поддержки принятия решений.

Вне зависимости от выбранного подхода к созданию информационной системы поддержки принятия решений необходимо учитывать характерные особенности подобных систем. Одной из них является то, что такие системы должны обеспечивать оперативную выработку управляющих воздействий для регулирования различных сфер административной и хозяйственной деятельности региона. Для этого необходимо иметь средства формализации постановки задачи управления и формального описания основных объектов.

В задачах принятия геопространственных решений наиболее эффективным способом визуального представления информации является геоизображение (карта). В контексте комплексного управления территориями для формирования геоизображений необходимо оперативное картографирование. При этом для окончательного анализа ситуации и принятия решений должны привлекаться специалисты и эксперты в различных предметных областях. Как правило, представители различных предметных областей имеют существенно разные когнитивные и ментальные стереотипы, определяющие способы восприятия и оперирования геоинформацией.

Таким образом, для оперативного картографирования, ориентированного на пользователей различных категорий, необходимы специализированные технологии, обеспечивающие автоматизированное формирование геоизображений, адаптированных к особенностям восприятия человека и способствующих, тем самым, более быстрому и адекватному принятию решений.

Таким образом, на сегодняшний день сформировались некоторые общие принципы визуализации картографических объектов. Однако, вследствие естественного стремления к общности, данные принципы не могут охватить все множество специфичных задач картографирования территорий, возникающих при решении тех или иных прикладных проблем.

Одним из вариантов решения данной проблемы является использование новых способов отображения, например текстовая информация, QR-коды и др.

Но даже использование новых способов отображения лишь частично решает проблему эффективного картографирования. Поэтому выходом из положения представляется создание технологии геокогнитивного картографирования, адаптированного под специфику восприятия пользователя.

Таким образом, обеспечивается содержательное соответствие картографического геоизображения специфике решаемой задачи и психологии восприятия информации лицом, принимающим решение.

Выводы по разделу 3

Картография как наука и производство всегда обеспечивала потребности общества и государства современными тематическими картами, среди которых огромный раздел карт посвящен природным и социально-экономическим явлениям. Основу существующих карт составляет информация о свойствах местности, которая не содержит знания об их влиянии на решение возникающих задач, и ориентированы такие карты на вербально-понятийное мышление, что требует для получения ответов на возникающие вопросы последовательных умственных опера-

ций, которые не всегда приводят к правильному решению. Как показывает опыт последнего десятилетия, потребности общества в расширении спектра требуемой информации постоянно увеличиваются.

Нестабильная обстановка в мире, быстро изменяющаяся реальность, вызванная возникновением различного рода эпидемий, изменением климата на Земле и, как следствие, ростом чрезвычайных ситуаций, требует от лиц, принимающих решения, оперативности и качества принимаемых пространственных решений, а это, в свою очередь, требует новых форм представления картографического изображения, при этом содержащего не только геопространственную информацию, но и геопространственные знания. Именно использование знаний позволяет лицу, принимающее решение, действовать быстрее.

К таким новым формам представления картографического изображения относятся геокогнитивные карты. На основе перечисленных характеристик можно сделать вывод о принципиальной разнице между существующими картами и геокогнитивными, что и позволяет отнести геокогнитивные карты к новому виду карт.

Геокогнитивные карты – это новый вид карт, которые представляют собой карты, содержащие пространственные знания, построенные на основе когнитивного подхода для конкретного пользователя или группы пользователей и предназначенных для повышения ситуационной осведомленности, а следовательно, для более быстрого и правильного принятия решений в различных обстоятельствах. В основу методики составления геокогнитивных карт положены принципы современной картографии, а также вновь сформулированные принципы, основу которых составляют знания.

Предложенный подход к трансформации пространственных знаний, позволяющий представлять их в визуальной форме, удобной для анализа, решает проблему достаточности геопространственной информации, необходимой для применения в системах управления в условиях ограниченного времени, что в значительной степени сокращает сроки принимаемых решений и, как следствие, повышает оперативность.

Приведенный пример геокогнитивной карты транспортной доступности местности не охватывает всего возможного разнообразия геоинформации и геознаний, определяемого особенностями территории, и в случае необходимости содержание такой карты может быть расширено в зависимости от решаемой геопрограмственной задачи. Состав и характеристики геопрограмственных знаний должны определяться содержанием задач, решаемых в системах управления территориями.

Проведенное исследование позволило сделать вывод о том, что состав и характеристики геопрограмственных знаний, отображаемых на геокогнитивных картах, должны определяться содержанием задач, решаемых в системах управления территориями. Но это потребует объединения усилий как специалистов по обеспечению геопрограмственными 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 геоинформации, 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1 Аллахвердов, В. М. Экспериментальная психология познания. Когнитивная логика сознательного и бессознательного / В. М. Аллахвердов. – Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2006. – 352 с. – Текст : непосредственный.

2 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.

3 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.

4 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.

5 Арнхейм, Р. Искусство и визуальное восприятие / Р. Арнхейм. – Москва : Прогресс, 1974. – 392 с. – Текст : непосредственный.

6 Баженова, И. В. Визуализация знания как метод когнитивного подхода к обучению программированию / И. В. Баженова. – Текст : электронный // Решетневские чтения. – 2014. – № 18. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualizatsiya-znaniya-kak-metod-kognitivnogo-podhoda-k-obucheniyu-programmirovaniyu>.

7 Бардачевский, Н. Н. Алгоритм определения маршрутов движения с использованием геоинформационных систем / Н. Н. Бардачевский, А. Н. Ефимов, Г. М. Мамедов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2015» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 92–101.

8 Баррат, Дж. Последнее изобретение человечества: Искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens / Дж. Баррат. – Москва : Альпина нонфикшн, 2015. – 304 с. – Текст : непосредственный.

9 Башлыков, А. А. Образное представление состояния сложных технологических объектов управления / А. А. Башлыков. – Текст : непосредственный // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2012. – № 3. – С. 9–18.

10 Берлянт, А. М. Картографический метод исследований : монография / А. М. Берлянт. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1978. – 257 с. – Текст : непосредственный. – ISBN 5-211-0011-6.

11 Берлянт, А. М. Картографический словарь / А. М. Берлянт. – Текст : непосредственный. – Москва : Научный мир, 2005. – 424 с.

12 Бершадская, Е. Г. Базы данных: теория, разработка и использование : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника» / Е. Г. Бершадская, Н. А. Филиппова. – Текст : непосредственный. – Сер. Система открытого образования. – Пенза : Изд-во Пензенской государственной технологической академии, 2012. – 107 с.

13 Бессмертный, И. А. Искусственный интеллект / И. А. Бессмертный. – Санкт-Петербург : СПбГУ ИТМО, 2010. – 132 с. – Текст : непосредственный.

14 Боголепова, А. Н. Когнитивные нарушения у больных с цереброваскулярной патологией / А. Н. Боголепова. – Текст : непосредственный // Лечение заболеваний нервной системы. – 2011. – № 3. – С. 16–22.

15 Бодров, В. Н. Ориентированная на цели визуализация знаний / В. Н. Бодров, В. В. Магалашвили. – Текст : непосредственный // Международный журнал «Образовательные технологии и общество». – 2008. – Т. 11, № 1. – С. 420–433.

16 Вербицкий, А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход / А. А. Вербицкий. – Москва : Высшая школа, 1991. – 207 с. – Текст : непосредственный.

17 Визуальное мышление в аналитике: проблемы, возможные подходы и способы овладения / В. А. Михеев, А. Е. Шевырев, Н. Г. Шаламонова, М. А. Федотова. – Текст : непосредственный // Аналитика развития и безопасности страны: реалии и перспективы: материалы Первой Всероссийской конференции. – Москва : Агентство печати «Столица», 2014.

18 Вицентий, А. В. Визуализация данных и когнитивная графика в научных исследованиях и прикладных задачах / А. В. Вицентий. – Текст : непосредственный // Современная наука: теоретический и практический взгляд : материалы Международной (заочной) научно-практической конференции / Под общей редакцией А. И. Вострецова. – 2015. – С. 45–47.

19 Вицентий, А. В. Визуализация пространственных данных как подход к построению когнитивных интерфейсов мультипредметных информационных систем поддержки регионального управления / А. В. Вицентий. – Текст : непосредственный // Интернет-журнал «Науковедение». – 2017. – Т. 9. – № 5.

20 Вицентий, А. В. О некоторых аспектах восприятия визуальных образов при проектировании интерфейсов / А. В. Вицентий. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности : сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 10 томах. – 2015. – С. 31–32.

21 Вицентий, А. В. Применение адаптивной геовизуализации в геосоциальных медиа / А. В. Вицентий. – Текст : непосредственный // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – Т. 8, № 4. – С. 1–15.

22 Гаврилова, Т. А. Визуализация знаний: критика Сент-Галленской школы и анализ современных трендов / Т. А. Гаврилова, А. И. Алсуфьев, Э. Я. Гринберг. – Текст : электронный // Бизнес-информатика. – 2017. – № 3 (41). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualizatsiya-znaniy-kritika-sent-gallenskoj-shkoly-i-analiz-sovremennyh-trendov> (дата обращения: 11.05.2021).

23 Гайсина, Л. О. Нейроизображения биомаркеров как метод ранней диагностики болезни Альцгеймера / Л. О. Гайсина. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 51 (289). – С. 290–293. – URL: <https://moluch.ru/archive/289/65438/> (дата обращения: 28.04.2021).

24 Геоинформационно-когнитивная репрезентация территориальных ресурсов / А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий, А. Г. Осипов, В. Н. Савиных. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 4. – С. 120–129. Doi: 10.33764/2411-1759-2020-25-4-120-129.

25 Геопространственный дискурс опережающего и прорывного мышления / А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий, К. С. Байков, А. Г. Осипов, В. Н. Савиных. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 53–67.

26 Гершкович, В. А. История и основные направления и тенденции когнитивной психологии / В. А. Гершкович, М. В. Фаликман. – Текст : непосредственный // Методология и история психологии. – 2012. – № 4. – С. 7–34.

27 Господинов, С. Г. Геоданные и геознания / С. Г. Господинов. – Текст : непосредственный // Перспективы науки и образования. – 2016. – Т. 5, № 23. – С. 20–23.

28 Долженкова, В. И. Теоретические основы визуального обучения / В. И. Долженкова. – Текст : непосредственный // Проблемы педагогики. – 2015. – № 4 (5).

29 Дубровский, Д. И. Сознание как предмет нейрофизиологического исследования / Д. И. Дубровский. – Текст : непосредственный // Философия науки. Вып. 15. Эпистемология: актуальные проблемы. – Москва : ИФ РАН, 2010. – С. 194–213.

30 Дулин, С. К. Об одном подходе к структурной согласованности геоданных / С. К. Дулин, И. Н. Розенберг. – Текст : непосредственный // Мир транспорта. – 2005. – Т. 11. – № 3. – С. 16–29.

31 Дулин, С. К. Введение в теорию структурной согласованности / С. К. Дулин. – Москва : ВЦ РАН, 2005. – 135 с. – ISBN 5-201-09827-4. – Текст : непосредственный.

32 Дулин, С. К. Структурная согласованность данных и знаний : учебное пособие / С. К. Дулин. – Москва : МЗ-Пресс, 2005. – 143 с. – Текст : непосредственный.

33 Елюшкин, В. Г. Геоинформационное обеспечение военных действий. От достаточности к превосходству / В. Г. Елюшкин. – Барнаул : ИП Колмогоров И. А., 2017. – 190 с. – ISBN 978-5-91556-070-2. – Текст : непосредственный.

34 Жданов, В. С. Современное состояние и перспективы развития искусственного интеллекта / В. С. Жданов. – URL: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/ВРА/с1274а3671576d79с325766200406380>. – Текст : электронный.

35 Знания и пространственные знания / В. А. Малинников, А. А. Майоров, В. П. Савиных, В. Я. Цветков. – Текст : непосредственный // Геопропространственные технологии и сфера их применения : материалы 7-й Международной научно-практической конференции. – Москва : Информационное агентство «Гром», 2011. – С. 12–14.

36 Иванов, А. Искусственный интеллект. Текущие достижения и направления развития / А. Иванов. – URL: <https://iot.ru/gadzhety/iskusstvennyu-intellekt-tekushchiedostizheniya-i-osnovnye-napravleniya-razvitiya>. – Текст : электронный.

37 Использование геоинформационных технологий в природоохранной деятельности: практика и перспективы / И. А. Уткина, С. В. Обридко, Т. Ю. Щадрина, А. В. Явелов. – Текст : электронный. – URL: <http://e-lib.gasu.ru/eposobia/gis/8.html>.

38 Карпик, А. П. Перспективы развития геодезического и картографического производства и новая парадигма геопространственной деятельности / А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 2. – Doi: 10.33764/2411-1759-2020-25-2-19-29.

39 Ковалева, С. В. О подготовке научной информации к учебному процессу / С. В. Ковалева, И. А. Шабанова, С. Е. Чиркова. – Текст : непосредственный // Вестник ТГПУ. – 2011. – Вып. 2. – С. 70–73.

40 Когнитивная психология: история и современность / Под ред. М. В. Фаликман, В. Ф. Спиридонова. – Москва : Ломоносовъ, 2011. – Текст : непосредственный.

41 Комиссарова, Т. С. Визуализация географического пространства картографическим методом / Т. С. Комиссарова, О. Н. Морозова. – Текст : непосредственный // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология. География. – 2015. – № 3. – С. 144–152.

42 Костромина, С. Н. Информация и знание: подходы к пониманию процессов усвоения информации и формированию знаний в обучении / С. Н. Костромина, Д. С. Гнедых. – Текст : непосредственный // Вестник Ленинградского государственного университета. – 2015. – Т. 5, № 2. – С. 5–14.

43 Кривоконева, Е. Ю. Мониторинг земель с применением ГИС-технологий / Е. Ю. Кривоконева, И. Ю. Гончарова. – Текст : электронный // Научный

журнал РосНИИПМ. – 2011. – № 4 (04). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-zemel-s-primeneniem-gis-tehnologiy> (дата обращения: 08.02.2020).

44 Кузнецова, Е. Ю. Визуальный язык картографии: эволюция графического образа и его состояние в эпоху электронной коммуникации / Е. Ю. Кузнецова. – Текст : электронный // Молодой ученый. – 2016. – № 3 (107). – С. 1055–1061. – URL: <https://moluch.ru/archive/107/25789/> (дата обращения: 20.04.2021).

45 Кулагин, В. П. Геореференция в пространственных отношениях / В. П. Кулагин. – Текст : непосредственный // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 5 (17). Doi: 10.21777/2312-5500-2016-5-80-86.

46 Куприянов, А. О. Информационная модель геореференции / А. О. Куприянов. – Текст : непосредственный // Перспективы науки и образования. – 2016. – № 6. – С. 96–100.

47 Кутляров, А. Н. Роль ГИС-технологий в прогнозировании и планировании использования земель / А. Н. Кутляров, Д. Н. Кутляров. – Текст : непосредственный // Междунар. научно-практич. конф. в рамках XXII Междунар. специализированной выставки «АгроКомплекс-2012» : сб. науч. тр. – Уфа : БГАУ, 2012. – С. 116–119.

48 Лаврентьев, Г. В. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов. Ч. 2 : учебное пособие / Г. В. Лаврентьев, Н. Б. Лаврентьева, Н. А. Неудахина. – Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2002. – Текст : непосредственный.

49 Лисицкий, Д. В. Картографическая визуализация трехмерных моделей местности / Д. В. Лисицкий, П. Ю. Бугаков. – Текст : непосредственный // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 87–93.

50 Лисицкий, Д. В. Картография в эпоху информатизации: новые задачи и возможности / Д. В. Лисицкий. – Текст : непосредственный // География и природные ресурсы. – 2016. – № 4. – С. 22–29.

51 Лисицкий, Д. В. Многоцелевой картографический ресурс – новое направление в картографии / Д. В. Лисицкий, С. С. Дышлюк. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2015. – № 11. – С. 16–19.

52 Майер-Шенбергер, В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим / В. Майер-Шенбергер, К. Кукьер / Пер. с англ. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 240 с. – Текст : непосредственный.

53 Майоров, А. А. Геознание как новая форма знания / А. А. Майоров. – Текст : непосредственный // Перспективы науки и образования. – 2016. – № 4. – С. 23–31.

54 Майоров, А. А. Геознание как новая форма знания / А. А. Майоров. – Текст : непосредственный // ПНиО. – 2016. – № 4 (22).

55 Макарова, Е. А. Визуализация как интросекция смыслообразов в ментальное пространство личности / Е. А. Макарова : монография / Под. ред. И. В. Абакумовой. – Москва : Изд-во «Спутник+», 2010. – 170 с. – Текст : непосредственный.

56 Максимов, В. Ю. Проблема понимания в системах искусственного интеллекта / В. Ю. Максимов, Э. С. Клышинский, Н. В. Антонов. – Текст : непосредственный // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2016.

57 Манько, Н. Н. Когнитивная визуализация дидактических объектов в активизации учебной деятельности / Н. Н. Манько. – Текст : электронный // Известия АлтГУ. – 2009. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnaya-vizualizatsiya-didakticheskikh-obektov-v-aktivizatsii-uchebnoy-deyatelnosti> (дата обращения: 11.05.2021).

58 Маркелов, В. М. Добыча данных и геоданных / В. М. Маркелов. – Текст : непосредственный // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. – № 2 (10). – С. 126–131.

59 Маунткастл, В. Организующий принцип функции мозга – элементарный модуль и распределенная система / В. Маунткастл. – Текст : непосредственный // Разумный мозг. – Москва : Мир, 1981. – С. 15–67.

60 Мещанинова, Е. Г. Управление земельными ресурсами с использованием ГИС-технологий / Е. Г. Мещанинова. – Текст : непосредственный // Молодежная аграрная наука: состояние, проблемы и перспективы развития : сб. науч. тр. по материалам региональной конференции. – Ставрополь : Агрус, 2007. – С. 550–552.

61 Морошкина, Н. В. ИмPLICITное научение: исследование соотношения осознаваемых и неосознаваемых процессов в когнитивной психологии / Н. В. Морошкина, И. И. Иванчей. – Текст : непосредственный // Методология и история психологии. – 2012. – № 4. – С. 109–131.

62 Мусиенко, В. А. Применение современных информационных технологий в системах мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций / В. А. Мусиенко. – Текст : электронный. – URL: <http://www.niitp.ru/arhiv-news/225>.

63 Обзор программных продуктов. – URL: <http://www.indorsoft.ru>. – Текст : электронный.

64 Овчинникова, К. Р. Роль информационных технологий в представлении предметной информации в вузе / К. Р. Овчинникова. – Текст : непосредственный // Вестник РУДН. Сер. Информатизация образования. – 2015. – № 3. – С. 36–44.

65 Оддс, Г. Наука в основе визуализации данных / Г. Оддс. – Текст : электронный. – URL: <http://infographer.ru/nauka-v-osnove-vizualizacii-dannyx>.

66 Описание линейки программных продуктов ArcGis. – URL: Режим доступа: <https://www.arcgis.com/features>. – Текст : электронный.

67 Осипов, А. Г. Методика комплексной оценки оперативно-тактических свойств местности в системах поддержки принятия решений с использованием геоинформационных технологий / А. Г. Осипов, А. Н. Ефимов. – Текст : непосредственный // Труды ВКА им. А. Ф. Можайского. – 2014. – Вып. 642.

68 Основы геоинформатики. Кн. 2 / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов, А. В. Заварзин / Под ред. В. С. Тикунова. – 2004. – 480 с. – ISBN 5-7695-1444-2. – Текст : непосредственный.

69 Панов, А. И. Введение в методы ИИ / А. И. Панов. – URL: <https://cs.hse.ru/data/2017/10/08/1159578493/Slides-IntroToAI-HSE-2017-01-Panov.pdf>. – Текст : электронный.

70 Пескова, О. Визуализация информации / О. Пескова. – URL: <http://peskova.ru/InfoVis.aspx>. – Текст : электронный.

71 Политерм: Геоинформационная система Zulu. – URL: <http://www.politerm.com.ru/zulu>. – Текст : электронный.

72 Полякова, Е. В. Применение способов и методов визуального мышления в современном образовании / Е. В. Полякова. – Текст : непосредственный // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2012. – Т. 135. – № 10. – С. 120–124.

73 Программное обеспечение MapInfo. – URL: <http://www.mapinfo.com>. – Текст : электронный.

74 Программные продукты ГИС / ГИС техник; Все о ГИС и их применении. URL: <http://gistechnik.ru/programm-gis.html>. – Текст : электронный.

75 Рахматуллин, Р. Ю. Визуализация как способ трансформации и развития научного знания / Р. Ю. Рахматуллин. – Текст : непосредственный // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2015. – № 3-2 (53). – С. 163–165.

76 Розенберг, И. Н. Обработка пространственной информации / И. Н. Розенберг. – Текст : непосредственный // Перспективы науки и образования. – 2015. – № 3(15). – С. 17–24.

77 Рыжаков, В. В. Отражение поведения сложных объектов на основе представлений нечётких множеств / В. В. Рыжаков, М. В. Рыжаков, К. В. Рыжаков. – Текст : непосредственный // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2002. – № 2. – С. 28.

78 Рыжаков, В. В. Отражение точности идентификации нечётких множеств в представлениях ситуаций / В. В. Рыжаков, М. В. Рыжаков, К. В. Рыжаков // Измерительная техника. – 2004. – № 10. – С. 20–23.

79 Савиных, В. П. Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике / В. П. Савиных, В. Я. Цветков. – Текст : непосредственный // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 5. – С. 41–43.

80 Салищев, К. А. Картография / К. А. Салищев. – Текст : непосредственный. – 3-е изд. – Москва : Высшая школа, 1982. – 272 с.

81 Семенова, Э. Р. Роль визуализации научного знания в его трансляции в сферы практики и образования / Э. Р. Семенова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2013. – № 3 (50). – С. 319–321. – URL: <https://moluch.ru/archive/50/6355/> (дата обращения: 27.04.2021).

82 Сергин, В. Я. Природа осознания: нейронные механизмы и смысл / В. Я. Сергин. – Текст : непосредственный // Открытое образование. – 2009. – № 2 (73). – С. 33–47.

83 Сергин, В. Я. Психофизиологические механизмы осознания: гипотеза самоотождествления / В. Я. Сергин. – Текст : непосредственный // Журнал высшей нервной деятельности. – 1998. – Т. 48. – № 3. – С. 558–571.

84 Симакова, С. И. Инфографика: прошлое, настоящее, будущее / С. И. Симакова, В. В. Федотовский. – Текст : непосредственный // Знак: проблемное поле медиаобразования. – 2016. – № 3. – С. 13–25.

85 Стебунова, А. И. ГИС-проект мониторинга водоснабжения (на примере Старооскольского городского округа) / А. И. Стебунова. – Текст : электронный // Студенческий научный форум: материалы IX Междунар. студенческой науч. конф. – URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017029869>.

86 Тихонов, А. Н. Терминологические отношения / А. Н. Тихонов, А. Д. Иванников, В. Я. Цветков. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 5. – С. 146–148.

87 Толлок, А. В. Когнитивность М-образов в системе РАНОК / А. В. Толлок, Д. Н. Морозов, А. М. Мыльцев. – Текст : непосредственный // Техническая эстетика и дизайн. Научно-технический сборник. – 2008. – № 5. – С. 140–144.

88 Фриман, У. Дж. Физиология восприятия / У. Дж. Фриман. – Текст : непосредственный // В мире науки. – 1991. – № 4. – С. 26–33.

89 Цветков, В. Я. Пространственные знания / В. Я. Цветков. – Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 7. – С. 43–47.

90 Цветков, В. Я. Пространственные знания и пространственная логика / В. Я. Цветков. – Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 3. – С. 17–25.

91 Шишаев, М. Г. Технология интеллектуализированного динамического картографирования в задачах управления комплексной безопасностью территорий / М. Г. Шишаев, П. А. Ломов. – Текст : непосредственный // Применение космических технологий для развития арктических регионов : сборник тезисов докладов Всероссийской конференции с международным участием. – Архангельск : ИПЦ САФУ, 2013. – С. 274–276.

92 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.

93 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.

94 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.

95 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.

96 Bertin, J. Sémiologie graphique: Les diagrammes – Les réseaux – Les cartes (French) / J. Bertin. – Текст : непосредственный. – Paris: Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences; Editions EHSS edition, 1999.

97 Block, N. Troubles with functionalism / N. Block. – Текст : непосредственный // Minnesota Studies in The Philosophy of Science. – 1978. – Vol. 9. – P. 261–325.

98 Burkhard, R. Towards a Framework and a Model for Knowledge Visualization: Synergies between Information and Knowledge Visualization / R. Burkhard. – Текст : непосредственный // Tergan, S., Keller, T. (eds.): Knowledge and Information Visualization: Searching for Synergies. – Berlin, 2005.

99 Chalmers, D. J. Facing up to the problem of consciousness / D. J. Chalmers. – Текст : непосредственный // Journal of Consciousness Studies. – 1995. – Vol. 2. – № 3. – P. 200–219.

100 Crampton, J. W. An introduction to critical cartography / J. W. Crampton, J. Krygier. – Текст : непосредственный // ACME: Intern. EJourn. Critical Geographies. – 2006. – № 4 (1). – P. 11–33.

101 Cybercartography: Vol. 5, Theory and Practice / D. R. Fraser Taylor, Tracey Lauriault (Eds.). – Текст : непосредственный. – 1st ed. – Elsevier Science Publ., 2006. – 594 p.

102 Dunham, D. W. Near-earth space as a habitat / D. W. Dunham, V. P. Kurlagin, V. Ya. Tsvetkov. – Текст : непосредственный // International Journal of Astrophysics and Space Science. – 2013. – 1(3). – P. 12–15.

103 Eppler, M. Knowledge Visualization – Towards a New Discipline and its Fields of Application / M. Eppler, R. Burkhard. – Текст : непосредственный // Working Paper of NetAcademy on Knowledge Media, St. Gallen, 2004.

104 Gardner, H. The mind's new science. A history of the cognitive revolution / H. Gardner. – N.Y. : Basic Books, 1987. – Текст : непосредственный.

105 Geospatial Knowledge Infrastructure. – Текст : электронный. – URL: <https://geospatialmedia.net/gki-campaign.html> (дата обращения: 15.09.2020).

106 Grass GIS. The world's leading Free GIS software. – URL: <http://grass.osgeo.org>. – Текст : электронный.

107 How to design better data visualizations. – URL: <https://www.creativebloq.com/how-design-better-data-visualisations-8134175>. – Текст : электронный.

108 How to design better data visualizations. – Текст : электронный. – URL: <https://www.creativebloq.com/how-design-better-data-visualisations-8134175>.

109 Interoperation of 3D Urban Information / Meng L., Heipke C., Mayer H., Chen J. (Editors). – Текст : непосредственный // Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation. – 2007. – No. 6. – P. 401–404.

110 Kahneman, D. Thinking, Fast and Slow / D. Kahneman. – Текст : непосредственный. – United States : Farrar, Straus and Giroux, 2011. – 499 p.

111 Kokinov, B. The DUAL cognitive architecture: A hybrid multi-agent approach / B. Kokinov. – Текст : непосредственный // Proceedings of the Eleventh

European Conference on Artificial Intelligence / A. Cohn (ed.). L.: John Wiley & Sons, 1994. – P. 203–208.

112 Kuipers, Benjamin. Modeling Spatial Knowledge / Benjamin Kuipers. – Текст : непосредственный // Cognitive Science. – 1978. – № 2. – P. 129–153.

113 Ledermann, F. Mapmap.js: A Data-Driven Web Mapping API for Thematic Cartography / F. Ledermann, G. Gartner. – Текст : непосредственный // 27th International Cartographic Conference ICC2015 (August 23–28). – Rio de Janeiro / Brazil Maps Connecting the World, 2015.

114 Maiellaro, N. One-Page Multimedia Interactive Map / N. Maiellaro, A. Varasano. – Текст : непосредственный // ISPRS Int. J. GeoInf. – 2017. – Vol. 6 (2). – P. 34.

115 Malinvernia, E. S. GIS-based smart cartography using 3D modeling / E. S. Malinvernia, A. N. Tassettaa. – Текст : непосредственный // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS 8th 3D GeoInfo Conference & WG II/2 Workshop (27–29 November 2013). – Istanbul, Turkey, 2013. – Vol. XL-2/W2.

116 Medyńska-Gulij, B. Cartographic sign as a core of multimedia map prepared by noncartographers in free map service / B. Medyńska-Gulij. – Текст : непосредственный // Geodesy and cartography. – 2014. – Vol. 63, No 1. – P. 55–64. Doi: 10.2478/geocart-2014-0004.

117 Neural correlates of change detection and change blindness / D. M. Beck, G. Rees, C. D. Frith, et al. – Текст : непосредственный // Nature Neuroscience. – 2001. – Vol. 4. – № 6. – P. 645–650.

118 Norman, D. Memory and attention: An introduction to human information processing / D. Norman. – N.Y. : John Wiley & Sons, 1968. – Текст : непосредственный.

119 Norretranders, T. *The User Illusion: Cutting Consciousness Down to Size* (Penguin Press Science) / T. Norretranders. – Текст : непосредственный. – Великобритания : Penguin Books, 1999. – 480 p.

120 OSGeo-Live 8.0. – URL: <http://live.osgeo.org/ru>. – Текст : электронный.

121 *Process for Keeping Pace with Evolving Web Mapping Technologies* / R. E. Roth, R. G. Donohue, C. M. Sack, T. R. Wallace, T. M. Buckingham. – Текст : непосредственный // *A Cartographic Perspectives*. – 2014. – No. 78. Doi: 10.14714.CP78.1273.

122 Pylyshyn, Z. W. *The «causal» power of machines* / Z. W. Pylyshyn. – Текст : непосредственный // *Behavioral and Brain Sciences*. – 1980. – Vol. 3. – P. 442–444.

123 *The Power of Place: Geospatial is transforming our world*. By Luca Budello. – 2020. – Текст : электронный. – URL: https://www.geospatial-world.net/blogs/geospatial-is-transforming-our-world/?utm_source=Mailer+Subscribers&utm_campaign=74837262d6-GW-Newsletter_EMEA_12_Oct&utm_medium=email&utm_term=0_7eab4439d7-74837262d6-139500538 (дата обращения: 15.10.2020).

124 *Toward defining the preclinical stages of Alzheimer’s disease: Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer’s Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer’s disease*. *Alzheimers Dement* / R. A. Sperling, P. S. Aisen, L. A. Beckett, D. A. Bennett, S. Craft, A. M. Fagan, et al. – 2011. – 7. – P. 280–292.

125 *Towards a Spatial Knowledge Infrastructure*. White Paper. – Текст : электронный. – URL: <https://www.crcsi.com.au/assets/Program-3/CRCSTowardsSpatial-Knowledge-Whitepaper-web-May2017.pdf> (дата обращения: 15.09.2020).

126 Tsvetkov, V. Ya. *Spatial Information Models* / V. Ya. Tsvetkov. – Текст : непосредственный // *European Researcher*. – 2013. – Vol. 60, № 10-1. – P. 2386–2392.

127 Vicentiy, A. V. *Dynamic cognitive geovisualization for information support of decision-making in the regional system of radiological monitoring, control and forecasting* / A. V. Vicentiy, M. G. Shishaev and A. G. Oleynik. – Текст : непосредственный // *Proc. CSOC2016 Conf.*, Mar. 2016. – P. 483–495.

128 Ware, C. *Information Visualization: Perception for Design (Interactive Technologies)*. 2nd Edition / C. Ware. – Текст : непосредственный. – Publisher : Morgan Kaufmann, 2004. – 512 p.

Приложение А
(обязательное)

Терминологический словарь

Анализ и проектирование базы знаний – это подход, который позволяет людям проводить анализ и проектирование таким образом, чтобы в результате получилась база знаний, которая впоследствии может быть использована для принятия информативных решений.

База данных – организованная в соответствии с определенными правилами и поддерживаемая в памяти компьютера совокупность данных, характеризующая актуальное состояние некоторой предметной области и используемая для удовлетворения информационных потребностей пользователей.

База знаний – это особый вид базы данных для управления знаниями, предоставляющий средства для компьютеризированного сбора, организации и извлечения знаний. Кроме того, сбор данных, представляющих связанный опыт, их результаты связаны с их проблемами и решениями. Базы знаний по существу являются закрытыми или открытыми информационными хранилищами.

Визуализация информации – использование компьютерных приложений для графического представления различных данных.

Визуализация знаний – это набор графических элементов и связей между ними, используемый для передачи знаний от эксперта к человеку или группе людей, раскрывающий причины и цели этих связей в контексте передаваемого знания. Помимо простой передачи фактов, визуализация знаний направлена на дальнейшую передачу знаний, опыта, установок, ценностей, ожиданий, перспектив, мнений и прогнозов с помощью различных дополнительных визуализаций. Визуализация знаний направлена на поддержку когнитивных процессов в создании, представлении, структурировании, извлечении, обмене и использовании знаний.

Визуализация данных – это представление данных в виде, который обеспечивает наиболее эффективную работу человека по их изучению.

Геоинформация – пространственно-координированная информация о сущности, форме, размере и положении объекта в окружающем нас геопространстве.

Геоинформационная система – информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных (геоданных) и предназначенная для анализа геопространства и управления его развитием на основе геоинформационных моделей территории.

Геоинформационная модель – модель территории в пространственном отношении, представляющая совокупность моделей пространственных объектов.

Геоинформационное моделирование – это преобразование моделей пространственных объектов, использующее их организацию, согласно которой каждый графический объект взаимосвязан с одной или несколькими таблицами базы данных, а преобразование графического объекта влечет преобразование табличных данных. При этом преобразование табличных данных меняет характеристики графических объектов.

Геоданные (пространственные данные) – данные, отражающие пространственно-временные свойства пространственных объектов (географических объектов, событий, процессов и явлений, происходящих на Земле).

Геопространство – это совокупность находящихся на (над, под) территории географических объектов природного и техногенного характера, природных явлений, техногенных и природных процессов и событий, обладающих интересующими нас пространственными свойствами.

Геокогнитивные карты – это новый вид карт, содержание которых дополнено геопространственными знаниями, которые позволяют оперативно решать задачи не только пространственного развития территорий, но и стратегические задачи мониторинга окружающей среды.

Географическое пространство – это сложная система неустойчивого равновесия, которая в данном месте и в данное время регулирует многочисленные взаи-

мозависимые и взаимодействующие факторы, а сами они оказывают влияние на будущее.

Геоиконика – научная дисциплина, основная задача, которой – разработка общей теории геоизображений, методов их анализа, преобразования и использования в научной и практической деятельности.

Геоизображение – любая (полученная любыми средствами) пространственно-временная масштабная генерализованная модель земных объектов или процессов, представленная в образно-графическом виде.

Геоовизуализация – способ представления разнородных данных, который обеспечивает наиболее эффективное восприятие, обработку и изучение этих данных зрительной системой и мозгом человека. Геоовизуализация делает акцент на построении знаний, а не на хранении или передаче информации.

Данными называют информацию, представленную в формализованном виде, позволяющем осуществлять ее обработку с помощью технических средств.

Знания – это более полная, более качественная, более структурированная и систематизированная информация, которая отражает максимально приближенную к реальности полную и целостную картину определенной предметной области.

Знания пространственные, или геознания, – не только информация о свойствах местности, но и знания об их влиянии на решение возникающих задач.

Информация – это части знаний, из которых еще нужно составить более полную и ясную картину о чем-либо.

Картографическая визуализация – проектирование и генерация картографических изображений на устройствах отображения на основе геоинформации, а также правил и алгоритмов их преобразования.

Когнитивная наука – это область междисциплинарных исследований, изучающая познание и высшие мыслительные процессы с помощью информационных моделей.

Когнитивная карта – это вид математической модели, представленной в виде графа и позволяющей описывать субъективное восприятие человеком или группой людей какого-либо сложного объекта, проблемы или функционирования системы.

Когнитивное моделирование – определение, в том числе с применением компьютера, наиболее эффективных управленческих решений и/или сценариев развития событий на основе выделения понятий (концептов, факторов), количественно и качественно характеризующих складывающуюся ситуацию, а также оценки взаимовлияния факторов. Когнитивное моделирование рассматривается как моделирование человеческого процесса познания, на котором строятся осмысленные рассуждения. Когнитивный подход к поддержке принятия решений ориентирован на то, что бы активизировать интеллектуальные процессы лица, принимающего решения, и помочь ему зафиксировать свое представление проблемной ситуации или исследуемого процесса в виде формальной модели. Главной задачей построения когнитивных моделей является задача наилучшего постижения наблюдаемых процессов, явлений и событий с целью разработки управленческих решений.

Когнитивный анализ состоит в том, чтобы сложнейшие проблемы и тенденции развития системы отразить в упрощенном виде в модели, исследовать возможные сценарии возникновения кризисных ситуаций, найти пути и условия их разрешения в модельной ситуации.

Классификация карт – это система, представляющая совокупность карт, подразделяемых по какому-либо изображаемому признаку.

Мониторинг – комплекс мероприятий по определению состояния окружающей среды и отслеживанию изменений в ее состоянии.

Моделирование – это средство выявления экономических, политических, социальных, природных закономерностей предупреждения и предотвращения негативных тенденций, получения теоретических и практических знаний о проблеме и формулирования на этой основе практических выводов.

Образное мышление – совокупность способов и процессов образного решения задач, предполагающих зрительное представление ситуации и оперирование образами составляющих ее предметов, без выполнения реальных практических действий с ними, основу которого составляют знания.

Понятийное мышление – вид мышления, где используются понятия и логические конструкции, основано на последовательном, более продолжительном осуществлении мыслительных операций.

Пространственный анализ – это набор методов и процедур анализа географических, обеспечивающий исследование пространственных закономерностей распределения пространственных объектов, пространственно-временного развития сложных территориальных систем.

Приложение Б
(обязательное)
Акты о внедрении

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Каршик Александр Петрович



«25» марта 2021 г.

АКТ

о внедрении результатов НИР в СГУГИТ

Разработка научно-методических основ создания геокогнитивных карт, основанных на интеграции геоинформации и геознаниях о картографируемой территории и закономерностях ее развития выполнена в рамках научно-исследовательской работы «Разработка научно-методических основ создания геокогнитивных карт» на кафедре картографии и геоинформатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (автор: Антонов Е.С.)

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».

Полученный эффект от внедрения: выполненные исследования в диссертационной работе служат основой для дальнейших исследований и разработок методов, подходов и технологий использования геокогнитивных технологий в картографии, в частности формирования и отображения геознаний на различных картах в сочетании с объективной геоинформацией о местности.

Заведующая кафедрой картографии
и геоинформатики СГУГИТ,
кандидат технических наук, доцент

Пошивайло Ярослава Георгиевна

УТВЕРЖДАЮ
Начальник Новосибирского

высшего военного командного училища

С. Марковчин

2021 г.



АКТ

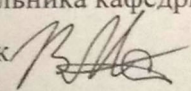
о внедрении результатов научно-исследовательской
работы в образовательной деятельности НВВКУ

Разработка научно-методических основ создания геокогнитивных карт, основанных на интеграции геоинформации и геознаниях о картографируемой территории и закономерностях ее развития выполнена в рамках научно-исследовательской работы «Разработка научно-методических основ создания геокогнитивных карт» в НВВКУ (автор: Антонов Е.С.)

Результаты полученные в исследовании: геокогнитивные карты используются в образовательной деятельности кафедры тактики Новосибирского высшего военного командного училища при проведении занятий с курсантами по дисциплинам «Общая тактика» и «Военная топография».

Полученный эффект от внедрения: геокогнитивные карты позволяют представить не только информацию о свойствах местности, но и знания об их влиянии на решение текущих задач. Это позволяет курсантам в условиях ограниченного времени быстро ориентироваться в пространстве, определять угрозы, оценивать риски и уязвимости, планировать свои действия. И как следствие приводит к ситуационной осведомленности, что повышает качество и скорость принимаемых управленческих решений.

04.05.2021

Врио начальника кафедры тактики
подполковник  В. Майнич