

ЭВОЛЮЦИЯ ГЕОИНФОРМАТИКИ**Цветков В.Я.***Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС), г. Москва, Россия**E-mail: cvj2@mail.ru*

Аннотация. Статья содержит аналитический обзор состояния и развития геоинформатики. Наряду с геоинформатикой существуют науки, решающие аналогичные задачи. Статья рассматривает еще пять научных направлений тождественных геоинформатике. Показано, что они выполняют только часть функций геоинформатики. Показано многообразие применения геоинформатики, которое выходит за рамки наук о Земле. Описаны новые научные направления в геоинформатике: астрогеоинформатика, агрогеоинформатика, космическая геоинформатика, геоинформатика транспорта, экологическая геоинформатика. Дается сравнение геоинформатики и информатики. Показано, что качественно – это разные науки. Статья дает анализ методов обработки информации, применяемых в геоинформатике. Показано, что эти методы существенно расширились по сравнению с геоинформатикой первых периодов развития. Описана проблема больших данных и ее решение в геоинформатике. На основе анализа литературных источников показано, что геоинформатика является новым направлением в науке, отличным от географии, геодезии или компьютерных наук. В заключении предлагается новое определение геоинформатики. Делается вывод, что современная геоинформатика – это наука о пространстве, а не наука в области наук о Земле.

Ключевые слова: геоинформатика, информатика, науки о земле, аналоги геоинформатики, методы обработки данных, наука о пространстве.

Введение.

Геоинформатика развивается и следствием ее развития являются новые направления в геоинформатике. Существует общая геоинформатика [1], прикладная геоинформатика [2] и специальная геоинформатика. Общая геоинформатика решает фундаментальные проблемы и проблемы теории. Прикладная геоинформатика решает прикладные задачи и тесно переплетена с прикладной геодезией. Специальная геоинформатика решает вопросы информационной безопасности, проблемы сетевой передачи данных и другие технические вопросы, не связанные с пространственной информацией. Появилась и развивается геоинформатика транспорта [3], космическая геоинформатика [4], экологическая геоинформатика [5] и астрогеоинформатика [6].

Геоинформатика транспорта исследует транспортную инфраструктуру, решает задачи управления транспортом, включая управление подвижными объектами. Геоинформатика транспорта использует целый ряд специальных геодезических сетей, таких как реперные сети и геодезические сети электронных меток. Геоинформатика транспорта для построения пространственных моделей широко использует мобильное лазерное сканирование.

Агрогеоинформатика какой-то период времени называлась «точное управление сельским хозяйством», поскольку была основана, в основном, на использовании космической информации. В настоящее время это полноценное направление геоинформатики, решающее специальные задачи в сельском хозяйстве. Примером может служить «ГИС-АГРО», разработанное в КБ «Панорама».

Астрогеоинформатика относительно узкое направление связано с астрономией и попыткой обработки больших астрономических данных и разработкой специальных



Содержимое этой работы может использоваться в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution 4.0. Любое дальнейшее распространение этой работы должно содержать указание на автора (ов) и название работы, цитирование в журнале и DOI.

методов обработки и анализа пространственной информации. За рубежом выходит журнал с таким названием.

Космическая геоинформатика – более широкое направление, связанное с линейными и угловыми измерениями. Космическая геоинформатика связана с обработкой пространственных не земных данных. Для нее уместно определение геоинформатика пространства.

Экологическая геоинформатика решает задачи исследования окружающей среды на основе комплексного подхода, включающего геодезическое обследование ландшафта, исследование окружающей среды и интеграцию данных в геоинформационные системы. Небольшая проблема в этой области состоит в том, что некоторые термины в экологии трактуют иначе, чем в науках о Земле. Экологическая геоинформатика решает эту проблему. Такое развитие направления геоинформатики требует систематизации геоинформатики в целом и пересмотра некоторых понятий и принципов. В частности, нельзя уже говорить, что геоинформатика это только наука о Земле, только о геопространственных данных или о наземных цифровых моделях местности.

Основная часть. Применение геоинформатики.

Геоинформатика решает прикладные и научные задачи в широком спектре приложений. Геоинформатику применяют в астрономии для визуальной классификации данных временных рядов [6], геоморфологии [7], прикладной геологии для разведки, охраны и управления подземными водами [10], медицине [14], для устойчивого интегрированного управления земельными и водными ресурсами [8], для прикладного гидрологического моделирования [9], для поддержки принятия решений [12], для умного городского планирования [13], для обнаружения знаний в больших данных из астрономии и наблюдения за землей [16], для получения знаний [17]. В геоинформатике применяют и развивают искусственный интеллект [11], применяют методы обработки многомерных данных [15]. В геоинформатике существует проблема больших данных, которую решают различными методами обработки, включая облачные вычисления. Приведенный, далеко не полный перечень применения геоинформатики, говорит о большом прикладном значении данной науки, которое выходит за рамки наук о Земле. Все это делает актуальным исследование эволюции геоинформатики.

Геоинформатика и информатика.

Существует ошибочная точка зрения, согласно которой геоинформатику рассматривают как направление развития информатики. Основным мотивом к этому является присутствие слова «информатика» в слове геоинформатика. Поэтому представляет интерес сопоставление геоинформатики и информатики. В работе [18] дан анализ места геоинформатики в системе наук. В соответствии с классификацией ВАК до 2022 геоинформатика 25.00.35 относится к области наук о Земле. К этой же области относят геодезию (25.00.32), аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрию (25.00.34), картографию (25.00.33), геоэкологию (25.00.36), землеустройство, кадастр и мониторинг земель (25.00.26) и другие науки. Классификация геоинформатики и родственных геонаук связана с кодом 25.00.

Информатика связана с рядом других областей, связанных с кодом 05. Приведем краткий перечень: системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям) (05.13.01), элементы и устройства вычислительной техники и систем управления (05.13.05), автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям) (05.13.06), математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей (05.13.11), телекоммуникационные системы и компьютерные сети (05.13.13), теоретические основы информатики. (05.13.17), квантовые методы обработки информации (05.13.20), информационные системы 05.25.05. Эта классификация показывает близость наук о Земле к геоинформатике и отдаленность наук об информатике от геоинформатики. В силу этого и начинают придумывать другие названия для геоинформатики. Де-факто можно констатировать качественное отличие геоинформатики от информатики.

Различие между информатикой и геоинформатикой наблюдается в методологии обработки данных и технологиях. Информатика специализирует технологии обработки и адаптируется к любой предметной области. Она решает узкие специальные задачи. Геоинформатика сначала создает интегрированную всеобъемлющую модель данных и решает комплексные задачи на основе интеграции технологий и данных. Ее результаты переносимы из одной области в другую.

Аналоги геоинформатики.

Геоинформатика не является единственной наукой, которая производит пространственный анализ и обработку. Для нее за рубежом существуют аналоги с другими названиями, но выполняющие те же функции или часть функций геоинформатики. Например, за рубежом существует наука о геоданных [19], которую не называют геоинформатикой, хотя они обе их обрабатывают. Наука о геоданных лингвистически более узкое понятие, чем геоинформатика. Существует геоматика [20], которая в одних странах (франкоговорящих) понимается как синоним геоинформатики, в других странах употребляется как деривация геоинформатики. Анализ архивов ГУГЛ показал, что термин геоинформатика одним из первых упоминается в работе Подольской Е.С. (1957) [21].

Параллельно с геоинформатикой и геоматикой существует географическая информатика (GIScience или GISc) [22]. Буквально это «Наука о ГИС» или «ГИС-наука». Никакой географии в таком словосочетании нет. Однако, ее создатели трактуют ее как научную дисциплину, изучающую географическую информацию. По существу, это геоинформатика. Одной из основных целей GIScience является поиск практических способов улучшения данных ГИС, программного обеспечения и профессиональной практики. Британский географ Майкл Гудчайлд определил эту область в 1990-х годах и обобщил ее основные интересы, включая пространственный анализ, визуализацию и представление неопределенности [22]. Согласно точке зрения создателей GIScience концептуально родственный: географии, информатике, геоинформатике, но претендует на статус самостоятельной научной дисциплины [22]. С этим нельзя согласиться. Ничего нового в этой науке по сравнению с геоинформатикой и геоматикой нет.

Другими родственными терминами для геоинформатики являются наука о географических данных [23] и географические информационные науки и технологии (GISci&T) [24]. У этих авторов, видимо, существует неприязнь к геоинформатике и попытка выпятить свое научное направление, которое содержательно от геоинформатики не отличается.

Наряду с геоинформатикой и геоматикой применяют термин «пространственные науки» и «геопространственные науки» [25]. Термин «пространственная наука» или пространственные науки, в основном, используется в Австралии. Австралийские университеты, которые предлагают ученые степени в области пространственных наук, включают Университет Кертина [26], Университет Тасмании [27], Университет Аделаиды, Мельбурнский университет и Университет RMIT. Специалисты по пространственной информации в Азиатско-Тихоокеанском регионе представлены профессиональным органом под названием Институт геодезии и пространственных наук (SSSI) [28]. При этом следует вывод, что геодезия не пространственная наука, раз их разделяют.

Следует отметить наличие пяти научных направлений тождественных геоинформатике. Как недостаток следует констатировать чрезмерное употребление термина «гео».

Подводя итоги сравнению, можно констатировать, что геоинформатика является пространственной и геопространственной наукой, геоинформатика является наукой о геоданных, о географической информации и так далее. Все перечисленные названия, которые вводят в альтернативу геоинформатике, содержательно от нее не отличаются и, по большому счету, входят в геоинформатику.

Особенности организации моделей и данных в геоинформатике.

Основным, но единственным, видом данных в геоинформатике являются геоданные. Как показано во множестве публикаций по законам лингвистики «геопространственные

данные» более узкое понятие по сравнению с термином «геоданные». Геоданные – это унифицированные и классифицированные данные, которые получают после первичной обработки и унификации пространственных данных. При создании геоданных и формировании пространственных моделей применяют интегрированную информационную основу [29]. В геоинформатике первичный сбор данных для построения моделей не является окончательным. Первоначально собранные данные могут содержать ошибки, противоречия, неточности. Это требует исправления и вторичного сбора данных. Данные, как правило, хранят в базах пространственных данных или базах геоданных [30]. Эти данные требуют периодического обновления. Поэтому большая часть данных обновляется и актуализируется не за счет первоначального сбора, а за счет геомониторинга [31]. После формирования геоданных, начинают конструировать геоинформационные модели. Для формирования информационных моделей в информатике принято применять информационный язык [32]. При построении геоинформационных моделей таким языком являются информационные единицы [33]. Наиболее наглядным примером таких единиц являются картографические условные знаки.

Новым направлением моделирования в геоинформатике является применение информационных моделей ситуаций [34]. Для их эффективного использования необходима периодическая систематика [35]. Геоданные, базы геоданных, геоинформационные модели, геоинформационные технологии и геоинформационные методы – создают геоинформационные ресурсы [36]. Общей основой для построения моделей и геоинформационного моделирования является системный подход [37].

Методы обработки информации в геоинформатике.

Методы обработки информации в геоинформатике претерпели существенные изменения. Первые методы обработки были связаны с построением схем и планов. Затем стали применять методы прямой и обратной зачески для расчета пространственных координат по фотограмметрическим или геодезическим измерениям. Следующим этапом явилось конструирование пространственных моделей. В текущий период для этой цели широко применяют мобильное лазерное сканирование [38].

Проблема больших данных затронула область геоинформатики. Обнаружение знаний из данных, обычно, включает в себя решение задач оптимизации. В работе [16] предлагается использование алгоритмов, принадлежащих к классу эволюционных и биологических вычислений. Работа относится к области астрогоинформатики. В ней дается обзор различных видов эволюционных алгоритмов, таких как генетические алгоритмы, эволюционная стратегия, эволюционное и генетическое программирование, дифференциальная эволюция и коэволюционные алгоритмы, а также несколько других биологических подходов, таких как роевой интеллект и искусственные иммунные системы. После обоснования методологии приводятся примеры приложений в астрономии и геонауках. Также показано как эти алгоритмы могут применяться в среде с использованием параллельных вычислений, что очень важно при работе с большими данными.

В геоинформатике большое значение имеет визуальная обработка информации. В работе [6] рассмотрена методика визуальной классификации данных временных рядов. Описан ряд подходов к анализу данных временных рядов с помощью вводного запроса на примере визуального образа. В этой методике любой сигнал может быть предоставлен системе, которая затем отвечает ранжированным списком наборов данных, содержащих аналогичные сигналы. Используя такой метод, система имеет возможность машинного обучения с целью обнаружения схожих функций. Это обеспечивает полуавтоматический анализ и классификацию визуальных моделей. Работа анализирует несколько представлений данных временных рядов, а также методы предварительной обработки. Описаны алгоритмы частого анализа шаблонов, обнаружения выбросов в измерениях, классификации сегментированных и несегментированных данных.

В фундаментальной работе «Решение алгебраических вычислительных задач в геодезии и геоинформатике» [39] дается обширный анализ алгоритмов и методов вычислений,

применяемых в геодезии и геоинформатики. В ней описаны: основы теории колец, основы полиномиальной теории, Базис Гребнера, полиномиальные приложения, комбинаторный алгоритм Гаусса-Якоби, локальные и глобальные системы позиционирования, проблема пространственной ориентации, позиционирование по диапазону, переход от геоцентрических декартовых координат к эллипсоидальным координатам, позиционирование методами резекции, позиционирование методами пересечения, GPS-метеорология в мониторинге окружающей среды, алгебраическая диагностика выбросов, задача преобразования: алгоритм Прокруста II (Procrustes Algorithm II), системы компьютерной алгебры (CAS). Данный перечень намного шире методов, которые использовались при зарождении геоинформатики.

В работе [40] «Обзор методов сбора и обработки географических данных» отмечено, что в условиях цифровой трансформации общества происходят глобальные процессы цифровизации и интеллектуализации многих научных и экономических направлений, включая геоинформатику. Рассмотрены изменения в геонауках под влиянием передовых информационных технологий. Этими технологиями являются Интернет-вещей (для сбора пространственных данных), облачные вычисления (для обработки данных), большие данные и киберфизические системы (для пространственного управления). Авторы утверждают, что эти технологии превращают географию в геоинформатику. Наиболее полезными технологиями, по мнению авторов, для сбора пространственных данных являются Интернет вещей и дистанционное зондирование Земли. Наиболее полезными технологиями обработки пространственных данных, по мнению авторов, являются On-Line Analytical Processing, Data Mining, Machine Learning и MapReduce.

В работе математические методы в геоинформатике [41] рассматриваются актуальные вопросы применения новых математических методов кластеризации, что необходимо при моделировании и визуализации данных в геоинформационных системах. Для этого предлагается использовать методы традиционной общей топологии и нечетких множеств. Реальные явления описываются многими взаимосвязанными признаками. Пути такого взаимодействия непредсказуемы, поэтому возникает необходимость применения понятия нечеткости к полученной информации при решении задач классификации геоинформационных объектов, в частности, аэрокосмических изображений.

В работе [42] обзор больших данных и платформ обработки для приложений реагирования на стихийные бедствия дается анализ и систематизация источников информации и методов их обработки.

Отмечено, что стихийные бедствия приводят к разрушительным потерям человеческих жизней, экологических активов и личных, региональных и национальных экономик. Доступность различных больших данных, таких как спутниковые изображения, трассировки Глобальной системы позиционирования (GPS), мобильные отчеты о звонках (CDR), сообщения в социальных сетях и т.д., в сочетании с достижениями в методах анализа данных (например, интеллектуальный анализ данных и большие данные). Обработка, машинное обучение и глубокое обучение могут облегчить извлечение геопространственной информации, которая имеет решающее значение для быстрого и эффективного реагирования на стихийные бедствия. Однако разработка систем реагирования на бедствия обычно требует интеграции данных из разных источников с различными характеристиками и типами, которые, следовательно, имеют разные потребности в обработке. Решение о том, какую структуру обработки использовать для конкретных больших данных для выполнения конкретной задачи, обычно является проблемой для исследователей в области управления стихийными бедствиями. Эта проблема имеет четыре аспекта:

- 1) определение потенциальных источников больших данных;
- 2) оценка платформ обработки больших данных и их группировка;
- 3) конструктивное описание каждой группы платформ обработки больших данных;
- 4) проведение сравнительного анализа каждой группы с учетом основных аспектов,

таких как: архитектура вычислительного кластера, поток данных, модель обработки данных, отказоустойчивость, масштабируемость, задержка, механизм обратного давления, языки программирования и поддержка библиотек машинного обучения, которые связаны с конкретными потребностями обработки. В работе показано разнообразие методов обработки данных и методов математики, применяемых в геоинформатике.

Заключение. В работе [43], посвященной геоинформатике и проблеме «Цифровой Земли», отмечается, что геоинформатику можно рассматривать как новую научную дисциплину, предназначенную для обработки геопространственной информации. Научная область геоинформатики охватывает сбор и хранение геопространственных данных, моделирование и представление пространственной информации, геонаучный анализ и пространственное планирование, а также разработку алгоритмов и систем пространственных баз данных. Важно [43], чтобы геоинформатика представляла собой согласованный интегрированный подход к сбору, хранению, анализу, моделированию, представлению и описанию пространственных процессов. Авторы утверждают, что «геоинформатика как таковая не является частью географии, геодезии или компьютерных наук, а представляет собой новую самостоятельную научную дисциплину» [43].

В работе [44] доказано, что геоинформатика в процессе эволюции стала наукой о пространстве. Показано, что геоинформатика решает задачи обработки информации и пространственного анализа безотносительно к тому, где эта информация получена: на Луне, Венере, Марсе или Земле. Отмечено наличие и развитие космической геоинформатики. Статья дает анализ места геоинформатики в системе наук о Земле и наук об информации. Все это подтверждает значение геоинформации как науки о пространстве, а не как науке о геоданных или о геопространственных данных. Геоданные – более широкое понятие, чем геопространственные данные. Пространственные данные – более широкое понятие, чем геоданные.

Математический аппарат геоинформатики в настоящее время является весьма развитым и выходит за пределы математики наук о Земле. За рубежом геодезия считается разделом прикладной математики. Математика относится к области фундаментальных наук, а геодезия в России к области прикладных наук, поэтому студенты геодезисты весьма плохо знают математику. Эта тенденция сохраняется и для геоинформатики. Современная геоинформатика имеет более обширный математический аппарат по сравнению с геодезией. Существует фундаментальная часть геоинформатики и прикладная часть геоинформатики. Существует системный аспект геоинформатики, который служит основой для геоинформационного анализа как самостоятельного направления в анализе. Системный и фундаментальный аспекты геоинформатики пока слабо преподаются в Российских вузах. Объектом исследования геоинформатики являются информационные ситуации, пространственные объекты, пространственные процессы, пространственные отношения и геотехнические системы.

Методы моделирования геоинформатики включают: информационное моделирование, визуальное моделирование, геоинформационное моделирование, компьютерное моделирование, геоинформационное картографирование, когнитивное моделирование (когнитивная графика) метамоделирование, системное моделирование, категориальный анализ, пространственную логику. Это выходит за пределы многих наук, которые предлагают, как аналоги или альтернативу геоинформатике.

Геоинформатику можно определить как комплексную науку, изучающую все аспекты сбора пространственной информации, методы обработки, анализа, хранения и визуализации пространственных данных на основе применения: информационных систем, геоинформационных систем, геоинформационных технологий, вычислительных систем и прикладных программных средств.

Литература

1. Монахов С.В., Савиных В.П., Цветков С.В. Общая и прикладная геоинформатика. В.Я. Общая геоинформатика. М.: Макс М.: МАКС Пресс, 2021. 200 с. Пресс, 2004. 100 с.
2. Цветков В.Я., Лонский И.И., Булгаков

3. Андреева О.А. Геоинформатика транспорта. Saarbrücken. 2020. 180 с.
4. Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // European Journal of Technology and Design. 2015. №4(10). С. 118-126.
5. Awange J., Kiema J. B. Environmental geoinformatics // Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 2013. Т. 10. С. 978-983.
6. Kern R. et al. Astro-and Geoinformatics -Visually Guided Classification of Time Series Data // Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation. Elsevier, 2020. С. 267-282.
7. Anbazhagan S., Subramanian S. K., Yang X. ed. Geoinformatics in applied geomorphology. Boca Raton: CRC Press, 2011.
8. Sharma N. Applied geoinformatics for sustainable integrated land and water resources management (ILWRM) in the Brahmaputra River basin. Springer, 2015.
9. Chalkias C. et al. Applied Hydrological modeling with the use of geoinformatics: Theory and practice // Empirical Modeling and Its Applications. 2016. С. 61-86.
10. Papatheodorou K. Applied Geology and Geoinformatics for Ground Water Exploration, Protection and Management // Water Safety, Security and Sustainability. Springer, Cham, 2021. С. 23-45.
11. Lee S. ed. Application of artificial neural networks in geoinformatics. MDPI, 2018.
12. Babalola A., Ipadeola A.O., Issa B.S. Decision making in surveying and geoinformatics. 2019. URI: <http://hdl.handle.net/123456789/2182>.
13. Persai P., Katiyar S. K. Development of information evaluation system for smart city planning using geoinformatics techniques // Journal of the Indian Society of Remote Sensing. 2018. Т. 46. №. 11. С. 1881-1891.
14. Siswantining T. et al. Geoinformatics of tuberculosis (TB) disease in Jakarta city Indonesia // GEOMATE Journal. 2020. Т. 19. №. 72. С. 35-42.
15. Kokoulin A.N. et al. Sparse multidimensional data processing in geoinformatics // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. 2018. Т. 18. № 2.2. С. 411-418.
16. Dagdia Z.C., Mirchev M. When Evolutionary Computing Meets Astro-and Geoinformatics // Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation. Elsevier, 2020. С. 283-306.
17. Sinha A.K. (ed.). Geoinformatics: data to knowledge. Geological Society of America, 2006. Т. 397.
18. Савиных В.П. Развитие геоинформатики // Славянский форум. 2019. № 2(24). С. 65-71.
19. Xiaogang M.A. Geo-Data Science: Leveraging Geoscience Research with Geoinformatics, Semantics and Open Data // Acta Geologica Sinica (English Edition). 2019. Т. 93. С. 44-47.
20. Barrile V. et al. Integration of geomatics methodologies and creation of a cultural heritage app using augmented reality // Virtual Archaeology Review. 2019. Т. 10. №. 20. С. 40-51.
21. Podolskaya E.S. et al. Russian scientific researches on map and space generalization // Proceedings of MIIGAIK. 1957. Т. 24. С. 95-104.
22. Goodchild, M.F. Twenty years of progress: GIScience in 2010 Goodchild // Journal of Spatial Information Science. 2010. №1. С. 3-20. doi:10.5311/josis.2010.1.2.
23. Singleton A. Geographic Data Science. Geographical Analysis. doi:10.1111/gean.12194.
24. Unwin D.J., Foote K.E., Tate N.J., DiBiase D. Teaching Geographic Information Science and Technology in Higher Education. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. doi:10.1002/9781119950592.
25. Geospatial Information Scientists and Technologists – 15-1199.04.
26. Curtin University – Spatial science courses. Archived from the original on 2015-09-10.
27. University of Tasmania, Centre for Spatial Information Science, Courses Archived 2008-07-25 at the Wayback Machine.
28. https://wikisru.ru/wiki/Surveying_and_Spatial_Sciences_Institute.
29. Цветков В.Я. Создание интегрированной информационной основы ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. №4. С. 150-154.

30. Матчин В.Т. Обновление баз данных с пространственной информацией // Славянский форум, 2015. № 3(9). С. 173-180.
31. Маркелов В.М., Цветков В. Я. Геомониторинг // Славянский форум. 2015. 2(8). С. 177-184.
32. Иванников А.Д. Проблема информационных языков и современное состояние информатики // Вестник МГТУ МИРЭА. 2014. № 4(5). С. 39-62.
33. Цветков В.Я. Информационные единицы как средство построения картины мира // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 8-4. С. 36-40.
34. Шайтура С.В. Информационная ситуация в геоинформатике // Образовательные ресурсы и технологии. 2016. №5 (17). С. 103-108.
35. Цветков В.Я. Систематика информационных ситуаций // Перспективы науки и образования. 2016. №5 (23). С. 64-68.
36. Шайтура С.В. Информационные ресурсы в геоинформатике // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. №1(9). С. 103-108.
37. Цветков В.Я. Теория систем. М.: МАКС Пресс, 2018. 88 с.
38. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение мобильного лазерного сканирования железных дорог // Наука и технологии железных дорог. 2019. №2(10). С. 64-76.
39. Awange J.L., Grafarend E.W. Solving algebraic computational problems in geodesy and geoinformatics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.
40. Ragimova N.A., Abdullayev V.H., Jamalova J. Overview of Methods of Collection and Processing of Geographic Data // International Journal of Innovative Research and Reviews. 2021. Т. 5. №. 1. С. 6-9.
41. Mironova Y.N. Mathematical Methods in Geoinformatics // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). IEEE, 2020. С. 1-4.
42. Cumbane S.P., Gidófalvi G. Review of big data and processing frameworks for disaster response applications // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2019. Т. 8. № 9. С. 387.
43. Ehlers M. Geoinformatics and digital earth initiatives: a German perspective // International journal of digital earth. 2008. Т. 1. №1. С. 17-30.
44. Буравцев А.В. Геоинформатика наука о пространстве // Славянский форум. 2020. № 4(30). С. 161-170.

Контактные данные:

Цветков Виктор Яковлевич, e-mail.ru: cvj2@mail.ru

THE EVOLUTION OF GEOINFORMATICS

V.Ya. Tsvetkov

Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport, Moscow, Russia

E-mail: cvj2@mail.ru

Abstract. The article contains an analytical review of the state and development of geoinformatics. Along with geoinformatics, there are sciences that solve similar problems. The article considers five more scientific directions identical to geoinformatics. It is shown that they perform only a part of geoinformatics functions. The variety of applications of geoinformatics, which goes beyond the Earth sciences, is shown. New scientific directions in geoinformatics are described: astro geoinformatics, agro geoinformatics, space geoinformatics, transport geoinformatics, ecological geoinformatics. A comparison of geoinformatics and informatics is given. It is shown that these are qualitatively different sciences. The article gives an analysis of the information processing methods used in geoinformatics. It is shown that these methods have significantly expanded in comparison with geoinformatics of the first periods of development. The problem of big data and its solution in geoinformatics are described. Based on the analysis of literary sources, it is shown that geoinformatics is a new direction in science, different from geography, geodesy or computer science. In conclusion, a new definition of geoinformatics is proposed. It is concluded that modern geoinformatics is a science of space, and not a science in the field of earth sciences.

Keywords: geoinformatics, informatics, geosciences, analogs of geoinformatics, data processing methods, spatial science.

References

1. S.V. Monakhov, V.P. Savinykh, V.Ya. Tsvetkov, General geoinformatics, Maks Press, Moscow, 2004.
2. V.Ya. Tsvetkov, I.I. Lonsky, S.V. Bulgakov, General and applied geoinformatics, MAKSS Press, Moscow, 2021.
3. O.A. Andreeva, Geoinformatics of transport, Saarbrücken, 2020.
4. V.G. Bondur, V.Ya. Tsvetkov, New Scientific Direction of Space Geoinformatics, European Journal of Technology and Design 4 (2015) 118-126.
5. J. Awange, J.B. Kiema, Environmental geoinformatics, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 10 (2013) 978-983.
6. R. Kern, et al., Astro-and Geoinformatics -Visually Guided Classification of Time Series Data, Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation. Elsevier, 2020.
7. S. Anbazhagan, S.K. Subramanian, X. Yang, ed., Geoinformatics in applied geomorphology, CRC Press, Boca Raton, 2011.
8. N. Sharma, Applied geoinformatics for sustainable integrated land and water resources management (ILWRM) in the Brahmaputra River basin. Springer, 2015.
9. C. Chalkias, et al., Applied Hydrological modeling with the use of geoinformatics: Theory and practice, Empirical Modeling and Its Applications, 2016.
10. K. Papatheodorou, Applied Geology and Geoinformatics for Ground Water Exploration, Protection and Management, Water Safety, Security and Sustainability. Springer and Cham, 2021.
11. S. Lee, ed., Application of artificial neural networks in geoinformatics, MDPI, 2018.
12. A. Babalola, A.O. Ipadeola, B.S. Issa, Decision making in surveying and geoinformatics. 2019. URI: <http://hdl.handle.net/123456789/2182>.
13. P. Persai, S.K. Katiyar, Development of information evaluation system for smart city planning using geoinformatics techniques, Journal of the Indian Society of Remote Sensing 46(11) 2018 1881-1891.
14. T. Siswantining, et al., Geoinformatics of tuberculosis (TB) disease in Jakarta city Indonesia, GEOMATE Journal 19(72) 2020 35-42.
15. A.N. Kokoulin, et al., Sparse multidimensional data processing in geoinformatics, in: International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM 18(2.2), 2018, pp. 411-418.

16. Z.C. Dagdia, M. Mirchev When Evolutionary Computing Meets Astro-and Geoinformatics, Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation. Elsevier, 2020.
17. A.K. Sinha, (ed.), Geoinformatics: data to knowledge, Geological Society of America 397 (2006).
18. V.P. Savinykh, Development of geoinformatics, Slavic forum 2(24) (2019) 65-71.
19. M.A. Xiaogang, Geo-Data Science: Leveraging Geoscience Research with Geoinformatics, Semantics and Open Data, Acta Geologica Sinica (English Edition) 93 (2019) 44-47.
20. V. Barrile, et al., Integration of geomatics methodologies and creation of a cultural heritage app using augmented reality, Virtual Archeology Review 10(20) (2019) 40-51.
21. E.S. Podolskaya, et al., Russian scientific researches on map and space generalization, Proceedings of MIIGAiK 24 (1957) 95-104.
22. M.F. Goodchild, Twenty years of progress: GIScience in 2010 Goodchild, Journal of Spatial Information Science 1 (2010) 3-20, doi:10.5311/josis.2010.1.2.
23. A. Singleton, Geographic Data Science. geographic analysis, doi:10.1111/gean.12194.
24. D.J. Unwin, K.E. Foote, N.J. Tate, D. DiBiase, Teaching Geographic Information Science and Technology in Higher Education. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. doi:10.1002/9781119950592.
25. Geospatial Information Scientists and Technologists - 15-1199.04.
26. Curtin University – Spatial science courses. Archived from the original on 2015-09 -10.
27. University of Tasmania, Center for Spatial Information Science, Courses Archived 2008-07-25 at the Wayback Machine.
28. https://wikisu.ru/wiki/Surveying_and_Spatial_Sciences_Institute.
29. V.Ya. Tsvetkov, Creation of an integrated information basis for GIS, News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography 4 (2000) 150-154.
30. V.T. Matchin, Updating databases with spatial information, Slavic Forum, 3(9) (2015) 173-180.
31. V.M. Markelov, V.Ya. Tsvetkov, Geomonitoring, Slavic Forum 2(8) (2015) 177-184.
32. A.D. Ivannikov, The problem of information languages and the current state of informatics, Bulletin of MSTU MIREA 4(5) (2014) 39-62.
33. V.Ya. Tsvetkov, Information units as a means of building a picture of the world, International Journal of Applied and Fundamental Research 8-4 (2014) 36-40.
34. S.V. Shaitura, Information situation in geoinformatics, Educational resources and technologies 5 (17) (2016).
35. V.Ya. Tsvetkov, Systematics of information situations, Prospects of science and education 5 (23) (2016) 64-68.
36. S.V. Shaitura, Information resources in geoinformatics, Educational resources and technologies 1(9) (2015) 103-108.
37. V.Ya. Tsvetkov, Theory of systems, MAKS Press, Moscow, 2018.
38. V.V. Oznamets Geodetic support for mobile laser scanning of railways, Science and technology of railways 2(10) 2019 64-76.
39. J.L. Awange, E.W. Grafarend, Solving algebraic computational problems in geodesy and geoinformatics. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
40. N.A. Ragimova, V.H. Abdullayev, J. Jamalova, Overview of Methods of Collection and Processing of Geographic Data, International Journal of Innovative Research and Reviews 5(1) (2021). 6-9.
41. Y.N. Mironova, Mathematical Methods in Geoinformatics, in: 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). IEEE, 2020. pp. 1-4.
42. S.P. Cumbane, G. Gidófalvi Review of big data and processing frameworks for disaster response applications, ISPRS International Journal of Geo-Information 8(9) (2019) 387.
43. M. Ehlers, Geoinformatics and digital earth initiatives: a German perspective, International journal of digital earth 1(1) (2008) 17-30.

44. A.V. Buravtsev, Geoinformatics is the science of space, Slavic Forum 4(30) (2020) 161-170.

Contacts:

Viktor Ya.Tsvetkov, cvj2@mail.ru

© Tsvetkov, V.Ya., 2022

Цветков В.Я. Эволюция геоинформатики // Вектор ГеоНаук. 2022. Т.5. №2. С. 53-63. DOI: 10.24412/2619-0761-2022-2-53-63.

Tsvetkov V.Ya., 2022. The evolution of geoinformatics. Vector of Geosciences. 5(2). Pp. 53-63. DOI: 10.24412/2619-0761-2022-2-53-63.
