

УДК: 001.98

Сбор информации в геоинформатике транспорта

Collection of information in transport geoinformatics

Булгаков С.В., к.т.н., доцент, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), E-mail: bul@bk.ru, Москва, Россия

Bulgakov S.V., PhD, Associate Professor, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: bul@bk.ru, Moscow, Russia



Аннотация

В статье исследуются особенности сбора информации в геоинформатике транспорта. Описана геоинформатика транспорта как самостоятельное научное направление, показана ее связь с географией транспортных сетей. Описаны особенности транспортной геоинформатики: сложные системы, сети, топология, пространственные отношения, дискретные потоки, пространственные модели, цифровые модели. Показано разнообразие технологий сбора информации в геоинформатике транспорта. Основой сбора является геоинформационный подход. Показано, что сбор не заканчивается накоплением данных, а завершается геоинформационным и цифровым моделированием. Описано построение цифровых моделей на основе собранной информации.

Ключевые слова: транспорт, геоинформатика, транспортные системы, сбор информации, пространственная информация, управление, объекты транспортной инфраструктуры.

Abstract

The article explores the features of collecting information in the geoinformatics of transport. The geoinformatics of transport is described as an independent scientific direction. The integration of sciences in the geoinformatics of transport is noted. The systematics of directions of geoinformatics of transport is given. The features of transport geoinformatics are described: complex systems, networks, topology, spatial relationships, discrete flows, spatial models, digital models. The variety of technologies for collecting information in the geoinformatics of transport is shown. The basis of the collection is a geoinformation approach. It is shown, that the collection does not end with the accumulation of data, but ends with geoinformation and digital modeling. The construction of digital models based on the collected information is described.

Keywords: transport, geoinformatics, transport systems, information collection, spatial information, management, objects in the transport infrastructure.



Введение

Геоинформатика транспорта [1, 2] является новым научным направлением, использующим методы геоинформатики для решения задач транспорта. Задачами геоинформатики транспорта (ГТ) является не только получение пространственной информации, но и накопление знаний, включая управленческие знания, пространственные знания и геознания. Это задает направление развитию научных методов ГТ. Геоинформатика транспорта применяет логические методы преобразования входной информации. Это задает направление развитию логических методов ГТ. Геоинформатика транспорта развивается в следующих направлениях: интеграции фундаментальных наук; интеграция наук о Земле; интеграция транспортных наук, связанных с ГТ; развитие прикладных систем; решение прикладных задач в сфере транспорта; развитие методов цифрового моделирования; развитие трехмерного моделирования; поддержка ИТС и ТКФС. ГТ использует общую геоинформатику, прикладную геоинформатику [3] и специальную геоинформатику в области безопасности и сервиса.

В прикладном аспекте ГТ включает сбор пространственных данных, построение моделей данных, построение моделей объектов транспортной инфраструктуры (ОТИ), использованием моделей, хранением моделей в БД и ГБД. В геоинформатике транспорта используют метрическую и атрибутивную информацию. Атрибутивная информация содержит: статистику, экономическую информацию, экологические данные, проектные данные, нормативы и прочую информацию. ГТ использует данные, содержащие погрешности. Это требует первичной обработки собранной информации.

Геоинформатика транспорта использует комплексное моделирование: цифровое, геодезическое, фотограмметрическое, дистанционное, геоинформационное, экологическое. Представление результатов обработки в ГТ использует цифровую и картографическую формы. Геоинформатика транспорта в качестве основной задачи имеет управление объектами транспортной инфраструктуры. Поэтому сбор информации в ГТ направлен на решение этой задачи отличается от сбора информации, например, при картографировании или в муниципальном управлении.

Геоинформатика транспорта как научное направление

ГТ первоначально развивала идеи географии транспортных сетей (ГТС). Поэтому формально она развивается от геоинформатики, но содержательно была ближе к географии транспортных сетей. ГТС первоначально было направлением социально-экономической географии. Ее основателем считают немецкого географа Иоганн Коля. Он исследовал территории Германии, России, Великобритании и других стран и выполнил обобщение транспортных организаций в разных странах. В настоящее время ГТС ближе к информатике и геоинформатике, чем

к географии. Специфика ГТ обусловлена деятельностью отрасли транспорта. Эта отрасль материального производства, которая осуществляет перевозки людей и грузов. Различают разные виды транспорта. ГТ во многом является общей для всех видов транспорта. Но при решении прикладных задач ГТ учитывает специфику транспорта и вид задачи. Проблемы транспорта многочисленны, поэтому ГТ разделяют на специальные направления:

- теоретическая ГТ (математические методы анализа транспортных сетей и дискретных потоков);
- прикладная ГТ (изучение транспортных потоков, мониторинг состояния транспортных сетей);
- ГТ видов транспорта (железнодорожного, автомобильного, воздушного, морского, речного, трубопроводного, телекоммуникаций);
- ГТ инфраструктуры;
- региональная ГТ (региональное и городское управление транспортом);
- социальная ГТ, включая социальную кибернетику;
- логистическая геоинформатика [4]
- интеллектуальная ГТ.

Базовыми теоретическими понятиями транспортной геоинформатики, являются: система, сети, топология, пространственные отношения, потоки, моделирование, цифровая модель. Транспорт есть сложная система. Особенностью ГТ является использование четырех групп систем: системы данных, системы обработки, системы управления, транспортные комплексы. Одной из главных задач ГТ является нахождение и установление пространственных отношений между ОТИ. Эта задача решается методами координации [5-7] и методами классификации [8].

Метод координатных систем использует количественные признаки нахождения в пространстве объектов и их элементов. Он использует геометрию, пространственную логику, топологию, математический анализ дифференциальную геометрию, высшую геодезию и другие математические дисциплины. В ГТ используют разные глобальные и локальные координатные системы, что позволяет переходить от одной системы к другой. Метод классификаций основан на установлении классификационных отношений между объектами и их элементами. Он дополняет метод координатных систем в ГТ.

Особенностью ГТ является интеграция наук. В силу этого ГТ осуществляет перенос знаний. Процесс интеграции основан на системном подходе, интеграции знаний и комплементарности получение синергетического эффекта от интеграции. Методология ГТ использует совместно информационное и геоинформационное моделирование для получения решений прикладных задач и обобщения знаний. Информационное моделирование как метод познания [9, 10] дает возможность сравнения явлений на основе информационного поля и информационного пространства.

ГТ включает анализ графической информации. Это позволяет обрабатывать региональную информацию в картографической форме. Графическая информация позволяет выполнять картографический анализ ОТИ по субъектам федерации и на уровне территориальных единиц. >>>

Включение в ГТ данных дистанционного зондирования (ДДЗ) позволяет глобально отслеживать изменения в транспортной сфере и формировать глобальные управленческие решения. ГТ с использованием ДДЗ позволяет всесторонне исследовать проблемы глобальных интермодальных перевозок.

Одной из особенностей ГТ является топологическое исследование дорог и сетевых систем. Эти системы рассматривают как сложные системы с позиций теории систем и как топологические объекты в рамках топологии. Это обуславливает обязательное использование топологии при изучении транспортных систем методами ГТ.

Геоинформационный подход к сбору информации

Сбора информации в ГТ включает методы, технологии и информационно измерительные системы. К технологиям сбора в ГТ относят: полевые технологии, фотограмметрические технологии, спутниковые технологии, технологии космической геоинформатики, технологии мобильного лазерного сканирования, технологии применения БПЛА. В ГТ применяют геоинформационный подход (рис.1), который является основой многих технологий включая сбор информации.

Сбор информации является первым и основным этапом геоинформационного подхода [11]. На его основе осуществляют группировку, сортировку, унификацию, селекцию интеграцию данных и даже рецепцию информации. Сбор информации в ГТ обычно завершается хранением: в хранилище данных, в репозитории, в базе пространственных данных (БПД), базе геоданных (БГД), в инфраструктуре пространственных данных (ИПД).

Для ввода применяют аналоговые и цифровые методы. Первичные данные формируют фактофиксирующие модели. Для обеспечения сопоставимости данных используют принцип единства измерений.

Геодезические методы сбора

Геодезические технологии и методы сбора информации используют полевые измерения. К этой группе технологий относят технологии спутникового позиционирования. В основе методов сбора в этой группе лежат геодезические измерения и измеряемые величины.

Геодинамические измерения – измерения, определяющие положение измеряемых точек во времени относительно исходных пунктов, включающая интерпретацию измерений.

Линейные измерения – геодезические измерения, в которых измеряемыми величинами являются длины сторон объектов (расстояния или их разности).

Угловые измерения – геодезические измерения, в которых измеряемыми величинами являются углы между направлениями на точки наблюдения.



Рисунок 1. Геоинформационный подход в геоинформатике транспорта (ГТ)

Измерения превышений – линейные измерения, в которых измеряемой величиной являются разности высот на точки наблюдения.

Измерения координат – вид измерений, в которых измеряемая является триадой координат, характеризующей положение измеряемой точки.

Особенностью геодезических измерений является измерение отдельных точек, что увеличивает трудоемкость данной технологии.

Фотограмметрические технологии сбора информации

Фотограмметрические технологии сбора информации основаны на использование снимков, полученных с разных носителей: самолетов, вертолетов, управляемых дирижаблей, БПЛА, мотodelьтапланов и прочих носителей. Фотограмметрические технологии сбора получают информацию с по снимкам. Фотограмметрические технологии и геодезические технологии выполняют геометрические построения не только собирают информацию, но и проводят самостоятельную обработку. Фотограмметрические технологии всегда связаны с геодезическими измерениями.

Фотограмметрические технологии использует многие виды снимков. Это снимки, полученные с помощью аналоговых камер, цифровых камер, телевизионных камер, сканерных съемочных систем, радиолокационных систем и систем мобильного лазерного сканирования и т.д.

В фотограмметрии существует три направления получения информации. Первое связано с созданием карт и планов по снимкам. Его называют фото- >>>

топография. Второе направление направлено на решение прикладных задач. Данное направление обозначают термином «прикладная фотограмметрия». Его применяют в строительстве, в разных видах кадастра, при мониторинге путей, при мониторинге осадок и деформаций ОТИ, в криминалистике и прочем. Третье направление относят к получению информации с помощью космических технологий и его обозначают термином «космическая фотограмметрия». Это направление связано с космической геоинформатикой.

Результаты обработки в фотограмметрии всегда триады точек. При этом часто формируют модели, а не отдельно взятые точки как в геодезии. Фотограмметрические методы применяют для построения ареальных моделей, трехмерных моделей рельефа, цифровых и аналоговых карт, фотосхем, ортофотопланов. Обработке снимков предшествует дешифрирование — специальная технология выявления изображений объектов на снимках и обозначения их границ.

Результатом фотограмметрической обработки являются группы точек, а также модели фотосхема и фотоплан. Фотосхема — изображение местности, полученное в результате монтажа снимков с нанесенными на них обозначениями

Фотоплан — фотографический аналог картографического плана. Его изготавливают путем трансформирования фотоснимков. Фотоплан обычно изготавливается в рамках трапеции. Точность контуров фотоплана соответствует точности карты аналогичного масштаба. Копии фотоплана используют для рисовки горизонталей рельефа. Фотоплан — это массовое измерение множества точек, удобное для хранения и визуального анализа. Его применяют часто для анализа площадей.

Картографические методы сбора

Картографические технологии сбора пространственной информации используют цифровые и аналоговые карты. Основным видом сбора информации в этой технологии являются информационные единицы, представляющие картографические условные знаки. Этот метод является когнитивной технологией, поскольку при составлении карт применяют приемы «показ с преувеличением», «смещение». Поэтому при обработке карт необходимо применять обратные процедуры.

Карта средних и мелких масштабов всегда содержит картографические искажения, которые надо учитывать. В силу этого картографическая информация больше используется для визуального анализа. Таких искажений не содержат трехмерные цифровые модели [12, 13] и в этом их преимущество.

Топографическая карта и топографический план представляют собой уменьшенное изображение на плоскости участков местности. Масштаб в пределах плана есть величина постоянная. На картах мелкого и среднего масштаба масштаб изменяется от точки к точке и по направлениям. Установленный для данной карты масштаб соблюдается только по одному из на-

правлений (по одному меридиану или параллели), этот масштаб называется главным. В остальных частях карты масштабы отличаются от главного и называются частными.

Часть территории Земли, на листе карты называют криволинейной трапецией. Криволинейность трапеции обусловлена разбиением поверхности Земли меридианами и параллелями, задающими участки неправильной геометрической формы. Поэтому лист топографической карты есть область, ограниченная выпрямленными дугами меридианов и параллелей. Она напоминает трапецию. Для обозначения листов карты используют картографическую классификацию.

Сбор данных дистанционного зондирования Земли

В широком смысле технология ДЗ включает получение информации любыми неконтактными методами, то есть воздушную, наземную и космическую фотосъемку. В узком смысле ДЗ есть получение информации с борта космических аппаратов (КА). Космическая съемка производится за пределами атмосферы Земли и дает изображения в разных областях спектра. Главное ее преимущество глобальность и широкий охват. Один космический снимок может содержать информацию сотен воздушных снимков. Глобальный анализ процессов возможен только с помощью ДЗ. ДЗ, как и фотограмметрия, обеспечивает массовый сбор информации.

Геоданные как результат сбора информации

В результате сбора информации в геоинформатике формируют общую структуру данных, которую называют геоданными [14, 15]. Геоданные применяют: на транспорте, в кадастре, в управлении территориями, в логистике

Геоданные делят на две категории общие и специальные. Общие геоданные описывают общие свойства объектов. Геоданные (Gdata) всегда структурированы по трем общим группам: «место», «время», «тема». Их формальное описание имеет вид

$$Gdata = F\{(C1, C2, \dots, Cn), (Pt1, Pt2, \dots, Ptm), (A1, A2, \dots, Ak)\} \quad (1)$$

В (1) введены обозначения: C_i — характеристики «место», совокупность координатных (пространственных) параметров ($i=1..n$); Pt_i — «время», характеристики временных параметров ($i=1..m$); A_i — «тема», тематические характеристики ($i=1..k$).

Геоданные удобны при моделировании в пространстве. Геоинформатика применяется в разных предметных областях. Геоданные предметных областей используют для построения моделей предметной области. Геоданные используют интегрированную информационную основу ГИС [16, 17]. Именно она является отличием >>>

геоданных от данных других областей. Для решения задач используют геоданные нужной предметной области.

Геоинформатика транспорта использует свои частные геоданные $GdataGT$.

$$GdataGT = F^*(C, Pt, A, Tr, Mv, V, Int, Tпр) \quad (2)$$

В выражении (2) дополнительно к обозначениям выражения (1) введены обозначения: Tr – топология, Mv – пропускная способность, V – допустимая скорость движения, Int – интенсивность движения.

Спецификой $GdataGT$ является деление их на качественные группы «место (*place*), время (*time*), тема» (*topic*). Пространство и время – разные категории. Пространственные данные не включают *time*, а *time* не зависят от *place*. Совокупность двух этих групп данных образует класс пространственно-временных данных. Эти данные связаны между собой с помощью связей «*place – time*». Существуют связи «*topic – time*» и связи «*place – time – topic*». Геоданные включают связи «*place – time – topic*».

В геоданные не включают данные математические абстрактные пространства. В геоданные ГТ не входят данные внеземных пространств. Геопространственные данные есть часть геоданных, связанных только с Землей. Пространственные данные могут быть получены на Луне или на любой планете Солнечной системы.

В том случае, если геоданные служат инструментом управления, в их состав включается еще один параметр – время применения ($Tпр$). Этот параметр определяет допустимое суммарное время получения геоданных и допустимое время формирования управляющего воздействия. Геоданные позволяют связывать объекты друг с другом. При обработке в ГИС геоданные ГТ делят на следующие категории:

- экономические характеристики объектов;
- физические характеристики объектов;
- динамические характеристики объектов;
- геометрия объектов (морфология, габариты, координаты),
- топология и топологические характеристики,
- геоинконические (визуальные) характеристики (сигнатура, цвет, плотность, отображение),
- топографические характеристики;
- метаданные,
- линейные характеристики объектов;
- связанность объектов;
- темпоральные характеристики.

Это разнообразие позволяет применять геоданных в различных областях: транспорта, транспортного строительства и логистике.

Геоинформационное моделирование в ГТ

Сбор данных не завершается их накоплением и хранением. Геоинформационное [18-20] моделирование (ГМ) является завершающим этапом сбора информации в ГТ. ГМ является видом пространственного моделиро-

вания. Пространственное моделирование включает построение пространственной модели и манипуляции с ней. ГМ, как метод научного познания, включает получение геознания [21-23] и построение картины мира [24]. ГМ в когнитивном аспекте есть форма познания человеком реальности. ГМ в ГТ создает возможность переноса результатов, полученных в ходе сбора информации, на оригинал. Этим ГМ решает задачу получения знаний.

Главными направлениями ГМ в ГТ являются визуальное моделирование, цифровое моделирование [12, 13], когнитивное моделирование и трехмерное моделирование. Большую роль в ГТ наряду с геоинформационным играет информационное моделирование [25, 26]. ГТ интегрирует разные науки, поэтому обработка информации в ГТ строится на основе интеграции технологий обработки. ГМ в ГТ реализуют с использованием ГИС, ИС, САПР, АСУТ, ИТС, с использованием математического моделирования.

ГМ является видом пространственного моделирования (ПМ) и имеет сходство и различие с ним. Они являются объективным критерием накопления опыта проверки истинности знаний. ПМ направлено на получение пространственных знаний [27]. ГМ направлено на получение геознаний. ПМ и ГМ создают информационные и геоинформационные ресурсы.

При ПМ и ГМ исходный пространственный объект заменяется пространственной моделью. В модели входят множество параметров, связанных между собой. Пространственная модель включает информацию об объекте моделирования, о его семантике и о его семантическом окружении. В ряде случаев модель обладает свойством системности и может быть рассмотрена как сложная система. Для ГТ важно, что модели имеют жизненный цикл, описывающий жизненный цикл объекта транспортной инфраструктуры. Жизненный цикл часто зависит от ресурсов и скорости их расходования. Часть параметров моделей ОТИ определяют на основе сбора информации. Их считают фактофиксирующими. Другая часть параметров моделей ОТИ определяется на основе вычислений.

Целями ГМ являются: фиксация фактов о пространственных явлениях, интерпретация процессов и фактов, прогнозирование пространственных процессов. ГМ в ГТ позволяет с меньшими временными затратами описать процессы в ОТИ. ГМ в ГТ определяет ключевые факторы и решает задачи оптимизации, включая дискретную оптимизацию

При визуальном анализе, обработке и моделировании применяют символическое или знаковое ГМ. При знаковом ГМ используют визуальные образы и информационные единицы в них. При исследовании неявных знаний, при выявлении латентных связей применяют математическое моделирование. Математическая модель есть формальное описание (формулы, уравнения, неравенства, логические цепочки) реальных процессов и изменения состояния объекта. Эти изменения обусловлены зависимостью от внешних факторов и выявляются с помощью ГМ. Особенностью ГМ в ГТ является использование топологии. >>>

Построение цифровых моделей

При исследовании методами ГТ применяют пространственное цифровое моделирование. В ГТ цифровое моделирование позволяет применять универсальные математические методы для программной обработки информации. Обобщенно цифровой моделью называют дискретную модель, сформированную для обработки в компьютерных технологиях. Цифровая модель ориентирована на компьютер или ЦВМ. Частная цифровая модель (ЧЦМ) является моделью конкретных объектов, имеющих: координаты и габариты. Такая модель характеризуется точностью координат и масштабом наблюдения. Ее основное назначение хранение в БД и использование для проектирования и управления.

Определяющим в понятии цифровая модель является ее дискретность. Эта дискретность позволяет проводить цифровую обработку. Цифровые модели имеют разные структуры. Их хранятся в системах хранения, в базах данных или в файловых структурах. Наибольшее применение ЦМ находят в проектировании, строительстве, управлении, экологии и др.

Формально ЦМ являются конструкциями геоданных и содержат различные форматы собранной информации. Разделяют метрическую и атрибутивную информацию в ЦМ. По содержанию в ЦМ выделяют семантику и синтактику. По форме определяют морфологию ЦМ. Метрическая информация задает габариты и положение в пространстве ОТИ. Атрибутивная информация задает свойства и физические характеристики ОТИ и позволяет оценивать жизненный цикл ОТИ. Цифровые модели, полученные по реальным измерениям, характеризуются погрешностями. Они обусловлены ошибками измерений и ошибками вычислений. Погрешность накладывает ограничение на применение цифровой модели для разных масштабов.

Атрибутивная информация в ЦМ задает принадлежность объектов к определенному классу ОТИ. Она задает условия применения, обработки и визуализации. Семантический аспект позволяет, рассматривая ЦМ как содержательную модель. Он позволяет применять оценки информативности и структурированности цифровой модели. Семантическая часть информации задает информационное соответствие между объектом транспортной инфраструктуры и его ЦМ. Синтаксическая часть определяет набор правил обработки в ГИС и применения ЦМ. Она также связана с классификацией. Анализ структуры ЦМ выделяет в ней логическую и физическую структуры.

Логическая структура ЦМ определяется как совокупность логических информационных конструкций. Она задает схемы ЦМ в базе данных и схемы построения проектов на основе ЦМ. Элементом логической структуры ЦМ является формальная запись.

Физическая структура ЦМ определяется методом записи и хранения ЦМ в физической среде. Она задает физический формат, физический объем, размеры кластеров. Элементом физической структуры ЦМ является физическая запись.

Таким образом, ЦМ является компьютерно-ориентированной и объединяет даталогическую и физическую части модели. Среди пространственных ЦМ выделяют типы: цифровая модель местности (ЦММ), цифровая модель объекта (ЦМО), цифровая модель процесса (ЦМП), цифровая модель ареала (ЦМА). Наибольшее применение в САПР и геоинформатике находит цифровая модель местности. ЦММ – информационная дискретная модель местности, предназначенная для хранения и обработки в компьютерных технологиях, которая должна содержать несколько основных свойств, вытекающих из ее определения. Ее информативность равна информативности аналоговой модели.

Заключение

Сбор информации в ГТ связан с первичным и вторичным моделированием. Первичное моделирование в ГТ состоит в предобработке собранной пространственной информации. Вторичное моделирование в ГТ состоит в построении моделей ОТИ. Результатом сбора информации являются геоданные и цифровые модели. Сбор информации в ГТ является эвристическим и когнитивным в силу активного участия человека в обработке пространственной информации. Сбор информации в ГТ может включать разные технологии. В силу этого он может быть рассмотрен как технологическая система. Сбор информации в ГТ в широком смысле – это технология обработки пространственной информации, которая используют любые информационные системы, например Автокад или системы лазерного сканирования. Технологии сбора пространственной информации, например ГНСС, также является технологией сбора. Сбор информации в ГТ применяют при геоинформационном мониторинге транспорта и в управлении ОТИ. ■

Список литературы

1. Булгаков С. В. Геоинформатика транспорта в условиях цифровой трансформации // Наука и технологии железных дорог. – 2021. – Т. 5. – №. 3. – С. 28-37.
2. Андреева О.А. Геоинформатика транспорта. – Saarbruken. : Palmarium Academic Publising, 2020. –180 с.
3. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Прикладная геоинформатика. – М.: МАКС Пресс, 2005. – 360 с.
4. Цветков В. Я., Булгаков С. В. Логистическая геоинформатика – Москва: МАКС Пресс, 2023. – 192 с.
5. Виноградов А. В. Об установлении единой координатной системы в геодезических работах // Геодезия и картография. – 2010. – №. 5. – С. 16-18.
6. Розенберг И.Н., Цветков В. Я. Координатные системы в геоинформатике – МГУПС, 2009. -67 с.
7. Шайтура С. В. Проблемы координатного обеспечения цифровой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – Т. 2. – №. 1 (5). – С. 62.
8. Скопина М. В. Пространственные классификации нерегулярных парков // Приволжский научный журнал. – 2010. – №. 2. – С. 104-110.
9. Максудова Л.Г., Цветков В.Я. Информационное моделирование как фундаментальный метод познания // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2001. – №1. – С.102-106.
10. Раев В.К. Тринитарные модели познания // Славянский форум. – 2017. -4(18). – С.77-83.
11. Затягалова В.В. Геоинформационный подход при мониторинге загрязнения моря по данным дистанционного зондирования Земли из космоса // Науки о Земле. – 2-2012.- С.80-85
12. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2000. – №2. – С.147-155.
13. Рувинов И.Р. Применение цифровых моделей в материально техническом обеспечении // Науки о Земле. – № 1-2013 – С.18-23.
14. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. -2009. – №4. – С.50-51.
15. Господинов С. Г. Геоданные и геознания // Перспективы науки и образования. – 2016. – №. 5 (23). – С. 20-23.
16. Коваленко Н.И. Системный подход создания интегрированной информационной модели // Славянский форум. – 2014. – 2 (6). – С.51 -55.
17. Цветков В.Я. Создание интегрированной информационной основы ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2000. – №4. – С.150-154.
18. Маркелов В.М. Геоинформационное ситуационное моделирование // Науки о Земле. – №4-2012.- С.72-76.
19. Цветков В.Я. Основы геоинформационного моделирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1999. – №4. – С.147 -157.
20. Бучкин В.А. Геоинформационное ситуационное моделирование железнодорожного пути // Науки о Земле. – 2018. – №4. – С.43-52.
21. Tsvetkov V. Ya. Geoknowledge // European Journal of Technology and Design. – 2016, 3(13), pp. 122-132.
22. Ожерельева Т.А. Геознания. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №5—4. – С.669-669.
23. Савиных В.П. Геознание. – М.: МАКС Пресс, 2016. – 132 с.
24. Бутко Е.Я. Персональная картина мира как результат образования // Дистанционное и виртуальное обучение. 2017. – № 1 (115). – С. 87-94.
25. Цветков В.Я. Информационная модель как основа обработки информации в ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. -2005. – №2. – С.118-122.
26. Болбаков Р. Г. Семиотическое информационное моделирование // Славянский форум, 2015. – 4(10) – С.54-60.
27. Waller D., Hunt E., Knapp D. The transfer of spatial knowledge in virtual environment training // Presence. – 1998. – Т. 7. – №. 2. – С. 129-143.