

Цифровые информационные модели как инструмент исследования геопространства

П. А. Анашкин^{1*}

¹ АО «Уралгеоинформ», г. Екатеринбург
Российская Федерация

* e-mail: ugi@ugi.ru

Аннотация. Перечень отраслей экономики, нуждающихся в цифровом геоинформационном обеспечении территорий, динамично растет. Не менее динамично развивается понятийно-смысловой аппарат цифрового моделирования объектов, который зачастую дублирует суть терминов, используемых в геодезии и картографии, но применяет иные, подчас противоречивые, формулировки. Проблемы расхождения в названиях, форматах и отсутствие отработанных алгоритмов преобразования не позволяет достичь максимального синергетического эффекта в технологии информационного моделирования и в практической хозяйственной деятельности. Данная работа посвящена выявлению и систематизации проблем на основе анализа действующих нормативных правовых актов и тенденций цифрового информационного моделирования. Сопоставлены подходы к цифровому информационному моделированию объектов на микро- и макроуровне. Рассмотрена возможность создания нового знания, не поддающегося алгоритмизации, на основе ассоциативного восприятия трехмерного визуального образа модели. Представлены расхождения идентичных по сути терминов в понятийно-смысловых аппаратах моделирования на микро- и макроуровнях. Установлена необходимость синхронизации определений и состава терминов. Предложен механизм формирования классификатора атрибутов модели микроуровня на базе устоявшихся и отлаженных терминов развитого набора классификаторов, применяемых в моделях макроуровня. На конкретном примере моделирования городской среды (СИМ) обоснована роль модели макроуровня в качестве консолидирующей основы для интероперабельной интеграции гетерогенных моделей микроуровня. Сформулирована проблема разработки оптимального алгоритма преобразования данных из нормативных форматов представления данных моделей микроуровня в нормативные форматы моделей макроуровня и обратно. Предложена консолидация ресурсов ВІМ- и ГИС-сообществ с целью целенаправленного развития технологий информационного моделирования.

Ключевые слова: ВІМ, СИМ, RІМ, ТІМ, пространственные данные, цифровая информационная модель территории, цифровой двойник, 3D-модель

Введение

Технологическая революция, которую в настоящее время переживает человечество, опирается на киберфизические и адаптивные системы, на «зеленое» экологичное производство и распределенные информационные системы, оказывая тем самым прямое и интенсивное воздействие на задачи территориального управления, включая ведение земельного, лесного, водного хозяйств, регулируя недропользование и градостроительство, контролируя навигационные системы, обеспечивая автоматизацию промышленных предприятий и транспорта. В этих условиях создается новый уровень геодезическо-картографической деятельности для обеспечения различ-

ных отраслей экономики пространственными данными, формируются понятия геоинформационного обеспечения территорий и цифровой информационной модели территорий [1]. Используя современные технологии информационного моделирования (ТИМ), параллельно и отчасти взаимозависимо развиваются два крайне «граничных» компонента инфраструктуры пространственных данных: с одной стороны, цифровая информационная модель «локального» объекта, нашедшая наиболее интенсивное развитие, в частности в строительстве – Building Information Model (ВІМ), а с другой стороны, цифровая модель геоинформационного пространства, частным и актуально распространенным случаем которой можно считать City Information Model

(CIM), а в более общем смысле – Territory Information Model (TIM) или Regional Information Model (RIM) [2], которая и является предметом настоящего обсуждения. Технологические корни BIM следует искать в развитии систем автоматизированного проектирования (САПР) как в способе комплексного информационного представления объекта капитального строительства (ОКС) – архитектура, конструкции, инженерные сети, дизайн и т. п. [3]. Исходным источником знаний для TIM и RIM, на наш взгляд, является многовековое развитие представлений человечества о Земле, нашедшее актуальное воплощение в географических информационных системах (ГИС). Драйверами для движения ГИС в направлении TIM и RIM служит глобализация рынков, необходимость территориального планирования природных рекреаций, агропромышленного, хозяйственного и водного комплексов, целесообразность формирования прагматичных генпланов городов, разработка систем экологического, противопожарного и иного мониторинга, стремление к созданию интеллектуальных самоорганизующихся структур типа «Умный Город» и «Умный Мир» (Smart City, Smart World) [4–6]. Дальнейшее обсуждение характера взаимодействия и роли каждого из «граничных» компонентов инфраструктуры пространственных данных будем вести в дефинициях «макроуровень» (RIM) и «микроуровень» (BIM) без детального погружения в вариации каждого отдельно взятого из компонентов. Целью настоящей работы является описание их отличительных особенностей, выявление причин, препятствующих взаимной интеграции цифровых моделей на микро- и макроуровне с целью достижения максимального синергетического эффекта в технологии информационного моделирования и в практической деятельности.

Метод граничных условий. Единство цели

Представления образов объекта в цифровых информационных моделях микроуровня (например, здание) и макроуровня (например, территория) имеют кардинальные различия. Модель микроуровня в своем пределе имеет

бесконечно малый точечный объект. Модель макроуровня отражает в пределе объект бесконечной протяженности. Суть модели – объемный визуальный образ (3D), который служит для решения нетривиальных задач методом когнитивной графики. Метод использует ассоциативное мышление человека и опирается на ранее полученные знания, неоднократно подкрепленные успешным результатом [7]. 3D модель требуется, когда мозгу необходимо преодолеть некий логический барьер и сформировать новое знание, которое не может быть получено даже суперкомпьютером при анализе огромных массивов данных. Благодаря образному мышлению человеческий мозг превосходит современные технологии способностью принимать верное решение, неподдающееся алгоритмизации. Следовательно, цель создания информационных моделей микро- и макроуровня едина и заключается в необходимости принятия верного когнитивного решения. Эффективность таких решений растет в условиях ограничения ресурсов – лимита информации и/или лимита времени на принятие решения [8].

Расхождения в терминологии. Подход с позиций макроуровня

Единство цели моделей микро- и макроуровня предполагает единство понятий и терминов. Однако на микроуровне и макроуровне действуют разные представления о когнитивной сущности пространственных объектов и разное отражение этой сущности в терминах и определениях. Понятийный аппарат на макроуровне сформирован столетиями, отчасти трансформирован процессом цифровизации и уже закреплен в действующих нормативных правовых и технологических документах. Дискурсивный аппарат моделей микроуровня находится на этапе становления, претерпевая зачастую противоречивые изменения. В конце 2020 года действовало 15 ГОСТ и 8 сводов правил по BIM-моделям [9]. Консолидацию «Системы стандартов информационной модели объектов капитального строительства» призваны были обеспечить ГОСТ Р 58439.1–2019 [10] и ГОСТ Р 58439.2–2019 [11]. Однако осо-

знание научным и инженерным сообществом проблем в логике новых правил моделирования на микроуровне побудило регуляторные органы уже через полгода отменить «Систему стандартов...» [12]. Следовательно, анализ расхождения понятий целесообразно вести с устоявшихся позиций терминов модели макроуровня.

Для примера коллизий понятийно-смысловых аппаратов микро- и макроуровней рассмотрим термин «атрибутивные данные». Пространственный объект может быть представлен набором координат. Объект имеет также массив метрических и семантических характеристик, в общем случае не зависящих от координат. Метрические данные характеризуют способность объекта занимать определенную часть пространства и быть измеренным, то есть быть представленным величинами протяженности, площади, объема и т. п. Метрические параметры в комплексе с координатами можно задать масштабом модели объекта или шкалой относительных единиц. Семантические характеристики, в отличие от координатных и метрических, могут являться результатом образного мышления, позволяющего приписывать объектам различные специфические (зачастую уникальные) смысловые и/или функциональные признаки, качественные и количественные, которые принято называть атрибутивными данными. Иногда только атрибутивные данные позволяют различить объекты с идентичными координатными и метрическими параметрами. Идентичность координат и метрик задана точностью (погрешностью) их определения и может потребовать дополнительно топологических данных, то есть описания положения объектов относительно друг друга. Например, недостаточная точность определения координат и метрик территории населенного пункта не позволит достоверно определить его расположение (топологию) относительно реки: на правом или левом берегу, или на обоих сразу [13].

Атрибутивная, метрическая и координатная сущности пространственных объектов априори могут быть представлены в виде алфавитно-цифровых символов в качестве элементов цифровой информационной модели объекта. Такой подход с позиций макроуров-

ня к анализу терминов микроуровня выявляет в последнем подмену сущности термина «атрибутивные данные» формой его представления: «существенные свойства элемента цифровой информационной модели, определяющие его геометрию и характеристики, представленные с помощью алфавитно-цифровых символов» [14]. Как показано выше, геометрию и размеры определяют не «атрибутивные данные», а координатные и метрические. Более того, норматив [14] противоречит сам себе, повторно и по-иному трактуя «геометрические данные», как данные, определяющие размеры, форму и пространственное расположение элемента цифровой модели.

Необходимо отметить, что благодаря активности ВІМ-сообщества, оперативности разработчиков и пониманию ситуации со стороны регуляторных органов, свод правил, вступивший в силу с 01.07.2021 (СП 333-2020) [15] уже не содержит термин «геометрия» в определении понятия «атрибутивные данные».

Представленный пример иллюстрирует объективную необходимость синхронизации понятийно-смысловых аппаратов при описании моделей микро- и макроуровней и требует унификации идентичных по сути терминов с целью интеграции моделей на единой сущностной платформе.

Синхронизация атрибутивных классификаторов

Основой для интеграции моделей микро- и макроуровня может послужить информационная цифровая модель местности (ИЦММ). ИЦММ определена на микроуровне в июле 2021 г. как совокупность взаимосвязанных инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, инженерно-экологических, инженерно-геотехнических данных и данных о территории объекта, представленных в цифровом виде [15]. Атрибутивные данные ИЦММ классифицированы по элементам пространственных объектов и детально представлены в двадцати четырех таблицах [15]. Наборы атрибутов были опубликованы в декабре 2020 г. в качестве тестового классификатора строительной информации

(КСИ) [16]. КСИ после утверждения приобретает статус подсистемы в государственной информационной системе обеспечения градостроительной деятельности (ГИСОГД) [17]. Важно, что КСИ декларирует перспективную возможность связей с другими классификаторами.

С другой стороны, терминология цифровых моделей макроуровня в нашей стране была нормативно заложена в 2006 г. концепцией создания и развития инфраструктуры пространственных данных [18]. Требования к содержанию и структуре пространственных данных, включая атрибуты модели макроуровня, были сформулированы в 2008 г. [19] и регламентированы в 2015 г. федеральным законом [20]. Последующие нормативные акты [21, 22], привели к подробной детализации, формализации и классификации атрибутов пространственных данных при создании

единой электронной картографической основы (ЕЭКО).

Несмотря на некоторые нерешенные задачи [23], шестнадцатилетний срок целенаправленного формирования нормативного статуса атрибутивных данных модели макроуровня [24], основанных на многовековом опыте геодезии и картографии, позволяет утверждать, что подавляющее большинство вновь созданных атрибутов модели микроуровня [15, 16] в сущностном понимании уже фигурирует в классификаторах атрибутов пространственных данных модели макроуровня или является производным от последних. Многим атрибутам ИЦММ, представленным в строительном своде правил [15], можно сопоставить более развитую детализацию атрибутов векторной ЕЭКО соответствующего масштаба [25], даже несмотря на некоторые различия в названиях терминов (таблица).

Пример сравнения терминов КСИ и ЕЭКО

Классификатор строительной информации [15]			Классификатор единой электронной картографической основы [25]			
Раздел	Тип элементов	Группы атрибутов	Название слоя	Объекты слоя	Семантика Пример – «расположение»	
Инженерно-геологическая модель местности (ИЦММ)	Точечные объекты геодезической сети	Наименование	Схема геодезических построений	Пункт ГГС	1	На сооружении
				Пункт опорной межевой сети
				Межевой знак	8	На скале
				Измеренная точка	9	На грунте
				Точка съемочного обоснования	10	На реке
			
			Технический план	Характерная точка	23	Внутри здания
				Точка пересечения контуров	24	Наземный
				...	25	Подземный
				Пример – «состояние»		
	Объекты территории	Тип	Кадастровый план территории	Территория	1	Действующий
				Зона	2	Строящийся
				Квартал	3	Разобранный
				Участок
Объект				27	Чистый	
Сооружение				28	Заросший	
Здание				29	Распаханный	
Помещение				
...				43	Залитый	
Граница				44	Труднопроезжий	
...	45	Заваленный				

Следовательно, для эффективной интеграции моделей микро- и макроуровней необходимо предусмотреть синхронизацию состава атрибутов и единство их классификации, как минимум, в некоторой базовой части.

Особенности преобразования форматов моделей

Приведенная выше логика рассуждений показывает, что отсутствуют принципиальные ограничения для семантической интероперабельности моделей микро- и макроуровня, то есть можно обеспечить единство терминов и единство атрибутивных признаков в поле интеграции. В таком случае следует рассмотреть возможности «бесшовного» преобразования форматов представления моделей, несмотря на их особенности и имеющиеся расхождения.

По данным сообщества Tadviseer [26], в информационном моделировании в России к 2021 г. задействованы 41 подрядчик и 70 программных платформ от 37 вендоров, исполнено 111 комплексных проектов. По мнению сообщества Isicad [27], бесспорным лидером в течение четырех десятилетий является программная платформа Autodesk, и количество пользователей AutoCad не имеет тенденции к уменьшению. При таком огромном количестве проприетарных и свободно распространяемых программных платформ для информационного моделирования, нормативные документы классифицируют в настоящее время лишь 33 программных продукта от 10 правообладателей, в том числе от двух российских разработчиков [15]. Ориентируясь на импортозамещение, в лидерах BIM-моделирования российского рынка последних лет находятся разработки отечественных компаний Nanosoft [28] и Renga [29].

Обеспечить однозначную идентификацию элементов модели микроуровня при обмене данными между информационными системами, в том числе между гетерогенными программными платформами, призван КСИ. На начальном этапе КСИ предполагает обмен в формате открытых данных Industry Foundation Classes (IFC). Последующие разработка и внедрение строительных регламен-

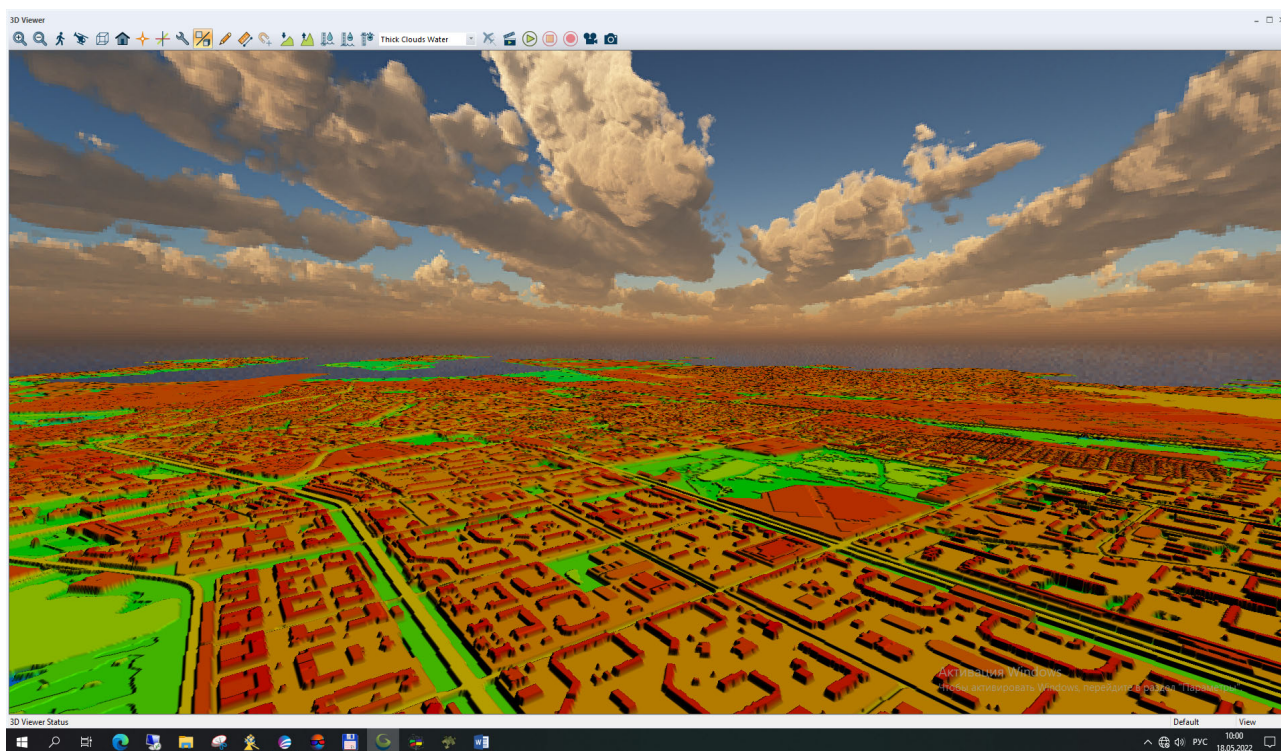
тов, предусматривают обмен атрибутивными данными в формате eXtensible Markup Language (XML). Актуальные правила обмена между информационными моделями микроуровня, созданными на разных программных платформах, устанавливает строительный свод правил [30].

Проблему «бесшовного» преобразования форматов при интеграции моделей микро- и макроуровня проиллюстрируем практическим примером. Речь пойдет о создании цифровой информационной модели для реконструкции Ильинской Слободы в Нижнем Новгороде; уровень CIM [31]. Не вдаваясь в социальные, организационные и семантические аспекты проекта, сосредоточим внимание лишь на техническом компоненте профиля интероперабельности – пертурбациях формата представления данных в процессе интеграции информационных моделей. По заданию концептуальная комплексная цифровая 3D-модель должна включать существующие и проектируемые объекты инфраструктуры. Поэтому авторами [31] был выбран программный продукт InfraWorks, способный работать с большой территорией, импортировать разные форматы 3D-моделей объектов микроуровня и при этом поддерживать работу с геопространственными данными и местными системами координат (макроуровень). Модель рельефа была создана в Civil 3D на базе топосъемки растрового формата TIFF и после оцифровки была передана в InfraWorks через формат LandXML. Элементы существующей застройки Нижнего Новгорода (66 зданий) импортированы из файлов геоинформационной системы в формате SHP с построением «грубых» объемных моделей по атрибуту «высота». Детализированные модели памятников архитектуры созданы в Revit на основе данных лазерного сканирования, предварительно обработанных в ReCap Pro. Объемные модели проектируемых объектов, разработанные исходно в различных форматах, транслированы в InfraWorks через формат OBJ. Исходные чертежи существующей подеревной съемки и данные проектируемого озеленения из формата DWG преобразованы в формат SHP в MCK-52; по атрибуту «порода дерева» произведен выбор из библиотеки объемных

моделей объектов растительности. Существующие в городе инженерные сети исходно представлены в формате SHP. Проектируемые сети из формата DWG тоже были преобразованы в формат SHP и также добавлены в модель отдельным «проектируемым» слоем. Полученная комплексная модель за счет возможности «послойной» визуальной демонстрации проекта застройки позволила даже непосвященным понять проектный замысел, оценить влияние новых объектов на восприятие исторического окружения, а также гра-

мотно прогнозировать схемы взаимодействия жителей на новой реконструируемой территории [31].

Этот пример не единичен и характеризует типичную картину активного поиска наиболее оптимального алгоритма преобразования форматов при гетерогенной интеграции моделей микро- и макроуровня (рисунок). Разработка «унифицированной» методики актуальна, так как «унификация» может стать технологической основой для нормативного и правового регулирования такой интеграции.



Пример цифровой модели территории (из проектов АО «Уралгеоинформ»)

Выводы

Проведенный анализ особенностей цифровых информационных моделей микро- и макроуровня с целью их интеграции дает основания для следующих заключений.

1. Визуальный образ объемных цифровых информационных моделей позволяет создать новое знание, не поддающееся алгоритмизации и имеющее в своей основе образное мышление человека. Интеграция моделей микро- и макроуровня может дать синергетический эффект во многих сферах хозяйственной деятельности.

2. Адекватная интеграция моделей микро- и макроуровня возможна при выполнении следующих технологических и организационно-правовых условий:

- необходимо ликвидировать расхождения понятийно-смыслового аппарата и обеспечить идентичными терминами совпадающие сущности моделей микро- и макроуровня;
- требуется добиться идентичности классификаторов для атрибутов, имеющих идентичную сущность в цифровых информационных моделях микро- и макроуровня;
- интероперабельность платформ на микроуровне регламентирована IFC-форматом. По-

иск оптимального алгоритма и разработка методики преобразования IFC-формата в ГИС-формат и обратно должны стать предметом исследования инженерного и научного сообщества, чтобы в дальнейшем служить технологической основой для нормативно-правовой базы.

Заключение

Разработчики НПА в сфере BIM (ФГБУ НИУ МГСУ, ЧУ ГК «Росатом», ОЦКС, технический комитет ТК-465 «Строительство», Минстрой РФ и Росстандарт) при участии BIM-сообщества и национальной палаты инженеров (НПИ) активно формируют систему однозначной идентификации элементов информационной модели объектов, стремясь обеспечить перевод проектной, строительной и эксплуатационной документации в электронный вид на основе единой цифровой мо-

дели [32]. Цель строительной отрасли ясна и понятна – автоматизировать валидацию и верификацию проектной документации. BIM-сообщество прогнозирует, что к 2024 г. доля автоматизированной экспертизы проектов составит не менее 9 %, и около 80 % объектов будет построено с применением технологий информационного моделирования [9]. Минстрой РФ предполагает за счет применения BIM сократить сроки строительства на 10 % и затраты – на 20 % [33].

Сверхдинамичное развитие технологии информационного моделирования на микроуровне, на наш взгляд, может приобрести более целенаправленный поступательный характер, если получит поддержку ГИС-сообщества в виде накопленного опыта формирования и становления понятийного и нормативного аппаратов в цифровых информационных моделях макроуровня, реализуемых географическими информационными системами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий. – Новосибирск : СГГА, 2004. – С. 15–17.
2. Хайдукова Д. М., Лерман Я. В., Анашкин П. А. Возможности применения результатов аэрофотосъемки комплексом Phase One 190MP при создании геоинформационного пространства территорий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь XVII Междунар. научн. конгр. : Междунар. научн. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 8 т. (Новосибирск, 19–21 мая 2021 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. Т. 3, № 2. – С. 221–227.
3. Ахметов А. Р. Технологии информационного моделирования: от BIM к CIM [Электронный ресурс]. – М. : ГАУ «Институт Генплана Москвы» – Режим доступа: https://genplanmos.ru/publication/2018_04_12_tehnologii_informacionnogo_modelirovaniya_ot_bim_k_cim/.
4. Khemlani L. City zenith Smart World for City Information Modeling [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.aecbytes.com/review/2017/CityzenithSmartWorld.html>.
5. Unsere Lösung für 3D-Stadtmodelle baut auf dem offenen Standard CityGML auf 3D [Electronic resource]. – Mode of access: <https://vc.systems/en/solutions/3d-city-models/>.
6. Maxwell L. From BIM to CIM: why building and city information modelling are essential to smart cities [Electronic resource]. – Mode of access: <https://hub.beesmart.city/en/solutions/from-bim-to-cim-essential-to-smart-cities>.
7. Янкелевич С. С., Антонов Е. С. Концепция нового вида карт, основанного на знаниях // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 4. – С. 188–196.
8. Кудяев М. Р., Богус М. Б., Кятова М. К. Развитие вербально-логического мышления обучаемых в процессе формирования когнитивного понимания текста (на материале гуманитарных дисциплин) : монография. – Майкоп : Изд-во АГУ, 2009. – 150 с.
9. BIM-технологии (рынок России). Информационное моделирование зданий и сооружений [Электронный ресурс] : сайт Tadviser. 01.04.2021. – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ВМ-технологии_\(рынок_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ВМ-технологии_(рынок_России)).
10. Об утверждении национального стандарта [Электронный ресурс] : приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.06.2019 № 279-ст. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

11. Об утверждении национального стандарта [Электронный ресурс] : приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.06.2019 № 281-ст. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

12. Об отмене стандартов Российской Федерации [Электронный ресурс] : приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.02.2020 № 30. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

13. Серов А. В. Пространственная информация и ее свойства. Сферы применения моделей данных [Электронный ресурс] // Пространственные данные. – 2009. – № 2. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/54694.html>.

14. Об утверждении свода правил «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» СП 333.1325800-2017 [Электронный ресурс] : приказ Минстроя России от 18.09.2017 № 1227/пр. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

15. Об утверждении СП 333.1325800-2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [Электронный ресурс] : приказ Минстроя России от 31.12.2020 № 928/пр. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

16. Об утверждении Правил формирования и ведения классификатора строительной информации [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 12.09.2020 № 1416. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

17. О государственной информационной системе обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 28.09.2020 № 1558. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

18. О концепции создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства Российской Федерации от 21.08.2006 № 1157-р. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

19. Об утверждении требований к составу, структуре, порядку ведения и использования единой электронной картографической основы федерального, регионального и муниципального значения [Электронный ресурс] : приказ Минэкономразвития России от 24.12.2008 № 467. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

20. О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

21. Об установлении требований к сведениям о пространственных данных (пространственным метаданным) [Электронный ресурс] : приказ Минэкономразвития России от 29.03.2017 № 142. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

22. Об утверждении требований к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требований к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт [Электронный ресурс] : приказ Минэкономразвития России от 06.06.2017 № 271 (в ред. от 11.12.2017). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

23. Анашкин П. А. Организационные и нормативные проблемы функционирования региональной инфраструктуры пространственных данных. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь XVII Междунар. научн. конгр. : Междунар. научн. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 8 т. (Новосибирск, 19–21 мая 2021 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. Т. 3, № 2. – С. 12–21.

24. ПАРБ.00046-03 99 02 Программное изделие геоинформационная система «Карта 2005 версия 12» ГИС «Панорама х64». Форматы и спецификации данных. Векторный формат SXF. Структура данных в двоичном виде». Издание АО Конструкторское бюро «Панорама».

25. Классификаторы [Электронный ресурс] : сайт АО КБ «Панорама». – Режим доступа: <https://gisinfo.ru/classifiers/classifiers.htm>.

26. Building Information Modeling. Информационное моделирование зданий и сооружений. [Электронный ресурс] : сайт Tadviseer. – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/BIM_Информационное_моделирование_зданий_и_сооружений.

27. Левин Д. Я. Фрактальный BIM. Обзор отраслевых новостей за июнь 2021. – 1 июля, 2021. – [Электронный ресурс] : сайт Isicad. – Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=21931.
28. NANOCAD. Умное проектирование [Электронный ресурс] : сайт компании Нанософт. – Режим доступа: <https://www.nanocad.ru>.
29. Renga. Делаем BIM доступным [Электронный ресурс] : сайт компании Renga. – Режим доступа: <https://rengabim.com/application>.
30. Об утверждении свода правил «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах». СП 331.1325800-2017 [Электронный ресурс] : приказ Минстроя России от 18.09.2017 № 1230/пр. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
31. Нижний Новгород. Применение технологии CIM (City Information Modelling) на объектах хозяйства Российских городов: краткий обзор [Электронный ресурс] : сайт НПК «Интеграл». – Режим доступа: <http://integral-russia.ru/2021/05/14>.
32. Об утверждении Плана разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил, сводов правил на 2021 год [Электронный ресурс] : приказ Минстроя России от 01.03.2021 № 99/пр (ред. от 20.05.2021). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
33. Изменения № 1 к СП 48.13330.2019 «СНИП 12-01-2004 ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА» [Электронный ресурс] : проект изменений (подготовлен Минстроем России). – Доступ из справочной системы NORMACS «Система нормативов» <https://www.normacs.info/discussions/7520>.

Об авторах

Павел Анатольевич Анашкин – генеральный директор.

Получено 02.03.2022

© П. А. Анашкин, 2022

Digital information models as geospatial research tools

*P. A. Anashkin¹**

¹ JSC «Uralgeoinform», Ekaterinburg, Russian Federation

* e-mail: ugi@ugi.ru

Abstract. The list of sectors of the economy that need digital geoinformation support for territories is growing dynamically. The conceptual and semantic apparatus of digital modeling of objects is developing no less dynamically, which often duplicates the essence of the terms used in geodesy and cartography, but uses other, sometimes contradictory, formulations. The problems of discrepancies in names, formats and the lack of well-established transformation algorithms do not allow achieving the maximum synergistic effect in information modeling technology and in practical economic activity. This work is devoted to identifying and systematizing problems based on an analysis of the current regulatory legal acts and trends in digital information modeling. The approaches to digital information modeling of objects at the micro and macro levels are compared. The possibility of creating new knowledge, not amenable to algorithmization, based on associative perception of a three-dimensional visual image of a model, is considered. Discrepancies of essentially identical terms in the conceptual and semantic apparatus of modeling at the micro and macro levels are presented. The necessity of synchronization of definitions and composition of terms has been established. A mechanism for the formation of a classifier of attributes of a micro-level model based on well-established and debugged terms of a developed set of classifiers used in macro-level models is proposed. Using a specific example of urban environment modeling (CIM), the role of the macro-level model as a consolidating basis for the interoperable integration of heterogeneous micro-level models is substantiated. The problem of developing an optimal algorithm for converting normative formats of data representation of micro-level models into formats of macro-level models and vice versa is formulated. Consolidation of BIM and GIS community resources is proposed for the purposeful development of information modeling technologies.

Keywords: BIM, CIM, RIM, TIM, spatial data, digital information model of the territory, digital model, digital twin, 3D model

REFERENCES

1. Karpik, A. P. (2004). *Metodologicheskie i tekhnologicheskie osnovy geoinformatsionnogo obespecheniia territorii [Methodological and technological basis for GIS support of the territories]* (pp. 15–17). Novosibirsk: Siberian State Academy of Geodesy Publ. [in Russian].
2. Khaidukova, D. M, Lerman, Y. V., & Anashkin, P. A. (2021). Possibilities of using Phase One 190MP aerial system aerial survey results during creation of a territory geoinformation space. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2021: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3, no. 2. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniia, zemleustroistvo, lesoustroistvo, upravlenii e nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2021: International Scientific Conference: Vol. 3, No. 2. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 221–227). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
3. Akhmetov, A. R. (n. d.). *Information Modeling Technologies: From BIM to CIM*. Moscow: GAU "Institute of the General Plan of Moscow" Publ. Retrieved from https://genplanmos.ru/publication/2018_04_12_tehnologii_informacionnogo_modelirovaniya_ot_bim_k_cim/ [in Russian].
4. Khemlani, L. (n. d.). *City zenith Smart World for City Information Modeling*. Retrieved from <https://www.aecbytes.com/review/2017/CityzenithSmartWorld.html>.
5. *Unsere Lösung für 3D-Stadtmodelle baut auf dem offenen Standard CityGML auf 3D*. (n. d.). Retrieved from <https://vc.systems/en/solutions/3d-city-models/>.
6. Maxwell, L. (n. d.). *From BIM to CIM: why building and city information modelling are essential to smart cities*. Retrieved from <https://hub.beesmart.city/en/solutions/from-bim-to-cim-essential-to-smart-cities>
7. Yankelevich, S. S., & Antonov, E. S. (2019). Concept of a new kind of maps on knowledge-based maps. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(4), 188–196 [in Russian].
8. Kudaev, M. R., Bogus, M. B., & Katova, M. K. (2009). *Razvitie verbal'no-logicheskogo myshleniia obuchaemykh v protsesse formirovaniia kognitivnogo ponimaniia teksta (na materiale gumanitarnykh distsiplin) [Development of verbal and logical thinking of students in the process of formation of cognitive understanding of the text (on the material of Humanities)]*. Maikop: ASU Publ., 150 p. [in Russian].
9. *BIM-technologies (market of Russia). Information modeling of buildings and structures*. (April 01, 2021). Tadviser website. Retrieved from <https://www.tadviser.ru/index.php/> Article: BIM-technologies (market of Russia) [in Russian].
10. Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of 05 June 2019 No. 279-st. On approval of the national standard. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
11. Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of 05 June 2019 No. 281-st. On approval of the national standard. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
12. Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of May 02, 2020 No. 30. About cancellation of standards of the Russian Federation. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
13. Serov, A. V. (2009). *Spatial information and its properties. Spheres of application of data models. Prostranstvennye dannye [Spatial data]*, 2. Retrieved from <http://www.gisa.ru/54694.html> [in Russian].
14. Order of the Ministry of Construction of Russia of September 18, 2017 No.1227/pr. SP 333.1325800-2017. On approval of the set of rules "Information modeling in construction. Rules for the formation of an information model of objects at various stages of the life cycle". Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
15. Order of the Ministry of Construction of Russia of December 31, 2020 No. 928/pr. On approval of SP 333.1325800-2020 "Information modeling in construction. Rules for the formation of an information model of objects at various stages of the life cycle". Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
16. Decree of the Government of the Russian Federation of September 12, 2020 No. 1416. On approval of the Rules for the formation and maintenance of the building information classifier. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
17. Decree of the Government of the Russian Federation of September 28, 2020 No.1558. On the state information system for ensuring the town-planning activities of the Russian Federation. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
18. Decree of the Government of the Russian Federation of August 21, 2006 No. 1157-r. About the concept of creation and development of infrastructure of spatial data of the Russian Federation. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
19. Order of the Ministry of Economic Development of Russia of December 24, 2008 No. 467. On approval of the requirements for the composition, structure, procedure for maintaining and using a unified elec-

tronic cartographic basis of federal, regional and municipal significance. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

20. Federal Law of December 30, 2015 No. 431-FZ. On geodesy, cartography and spatial data and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

21. Order of the Ministry of Economic Development of Russia of March 29, 2017 No. 142. On establishing requirements for information about spatial data (spatial metadata). Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

22. Order of the Ministry of Economic Development of Russia of June 06, 2017 No. 271 (as amended on November 12, 2017). On approval of requirements for state topographic maps and state topographic plans, including requirements for the composition of the information displayed on them, for the symbols of this information, requirements for the accuracy of state topographic maps and state topographic plans, for the format of their presentation in electronic form, requirements for the content of topographic maps, including relief maps. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

23. Anashkin, P. A. (2021). Organizational and regulatory problems of spatial data regional infrastructure functioning. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2021: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. T. 3, no. 2. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniia, zemleustroistvo, lesoustroistvo, upravlenii e nedvizhimost'iu* [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2021: International Scientific Conference: Vol. 3, No. 2. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management] (pp. 12–21). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].

24. PARB.00046-03 99 02. Software product geoinformation system "Map 2005 version 12" GIS "Panorama x64". Data formats and specifications. Vector format SXF. Data structure in binary form. Published by JSC CB "Panorama" [in Russian].

25. Classifiers. (n. d.). Site of JSC CB "Panorama". Retrieved from <https://gisinfo.ru/classifiers/classifiers.htm>.

26. Building Information Modeling. Information modeling of buildings and structures. (n. d.). Tadviser website. Retrieved from https://www.tadviser.ru/index.php/BIM-Information_modeling_of_buildings_and_structures [in Russian].

27. Levin, D. Ya. (July 1, 2021). Fractal BIM. Review of industry news for June 2021. Isicad website. Retrieved from http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=21931 [in Russian].

28. NANOCAD. Smart design. (n. d.) Site of Nano-soft company. Retrieved from <https://www.nanocad.ru> [in Russian].

29. Renga. Making BIM accessible. (n. d.). Renga website. Retrieved from <https://rengabim.com/application> [in Russian].

30. Order of the Ministry of Construction of Russia of September 18, 2017 No. 1230/pr. SP 331.1325800-2017. On approval of the set of rules "Information modeling in construction. Rules for the exchange between information models of objects and models used in software systems". Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

31. Nizhny Novgorod. Application of CIM (City Information Modeling) technology at the facilities of Russian cities: a brief overview. (n. d.). NPK Integral website. Retrieved from <http://integral-russia.ru/2021/05/14> [in Russian].

32. Order of the Ministry of Construction of Russia of March 1, 2021 No. 99/pr (as amended on May 20, 2021). On approval of the Plan for the development and approval of codes of practice and updating previously approved building codes and regulations, codes of practice for 2021. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

33. Amendments No. 1 to SP 48.13330.2019 "SNIP 12-01-2004 Organization of construction". [Electronic resource]: Draft changes (prepared by the Ministry of Construction of Russia). Retrieved from <https://www.normacs.info/discussions/7520> [in Russian].

Author details

Pavel A. Anashkin – CEO.

Получено 02.03.2022

© P. A. Anashkin, 2022