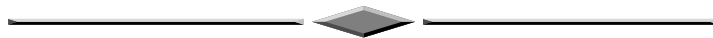


# ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ, ФОТОГРАММЕТРИЯ



УДК 528.7:711.417

DOI: 10.33764/2411-1759-2022-27-1-30-41

## ФОТОГРАММЕТРИЯ В РАЗВИТИИ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

*Александр Александрович Алябьев*

АО «Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания», 620146, Россия, г. Екатеринбург, ул. Фурманова, 127, оф. 2, директор, e-mail: fgmkart@rambler.ru

*Арсений Евгеньевич Иванов*

АО «Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания», 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Широкая, 1А, БЦ «Атриум», оф. 208, разработчик, e-mail: arс\_ivanov@hotmail.com

*Антон Александрович Кобзев*

АО «Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания», 620146, Россия, г. Екатеринбург, ул. Фурманова, 127, оф. 2, зам. директора по стратегическому развитию, e-mail: msk@usgik.ru

*Вячеслав Николаевич Никитин*

АО «Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания», 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Широкая, 1А, БЦ «Атриум», оф. 208, разработчик, e-mail: vslav.nikitin@gmail.com

Развитие городских территорий требует наличия точных и качественных пространственных данных (ПД). Государственные программы и постановления определяют требования к ним: актуальность, информативность, многофункциональность, удобство использования и оперативный и дешевый мониторинг. Существующие ПД в виде топографических планов и ортофотопланов не отвечают этим требованиям для городских территорий. Мировой опыт показывает, что эту проблему могла бы решить векторная 3D-модель, однако затраты по ее созданию на сегодняшний день велики и сопоставимы со стоимостью топоплана масштаба 1 : 500. Новый вид пространственных данных – единая 3D-стереомодель территории – является реальной альтернативой, так как она отвечает указанным ранее требованиям, а затраты по ее созданию значительно ниже, чем остальных ПД. Поэтому в данной работе была поставлена цель рассмотреть использование единой 3D-стереомодели в управлении городскими территориями, а также применение стереофотограмметрического метода на конкретных примерах. Показано, что стереомодель является оптимальным продуктом пространственных данных, который создается оперативно и дешево и может быть многофункционально использован. Стереомодель применяется для решения таких задач, как оперативное управление городом без выхода на территорию, выполнение кадастровых работ, в том числе комплексных кадастровых работ, выполнение инвентаризации объектов городской инфраструктуры, определение объемов капитального ремонта многоквартирных домов, создание векторных моделей, интеграция проектируемых ВМ-моделей в существующую инфраструктуру и др. В период с 2017 по 2021 г, единая 3D-стереомодель была представлена на российских и международных выставках и форумах, таких как ИННОПРОМ и «Традиции и инновации», посвященной 10-летию Росреестра, где получила признание. Стереомодель также уже внедрена в Республике Башкортостан, Калининградской и Свердловской областях, городах Ижевск, Сарапул и др. Создание и использование стереомодели основывается исключительно на российском аппаратно-программном комплексе, что позволяет внедрить ее для управления городами на территории Российской Федерации.

**Ключевые слова:** стереомодель, управление городом, беспилотное воздушное судно, фотограмметрия, BIM, градостроение, кадастр

### Введение

В нашей стране 75 % населения живет в городах. В связи с этим экономическая, социальная, политическая сферы сосредоточены в них. Основными направлениями развития городских территорий являются:

- «Умный город»;
- нацпроект «Экология»;
- BIM-технологии;
- цифровой двойник территории;
- нацпроект «Формирование комфортной городской среды»;
- решение задач управления земельными ресурсами;
- ведение градостроительной деятельности с учетом архитектурного ансамбля города.

Эти направления требуют качественных пространственных данных в соответствии с нормативными документами [1–4]. Критерии качества пространственных данных указаны ниже:

- актуальность – с момента возникновения запроса на данные до их получения должно проходить минимальное время;
- информативность – данные должны предоставлять возможность получать информацию даже о самых мелких объектах;
- многофункциональность – один вид пространственных данных должен использоваться в разных направлениях, на различных уровнях государственного и муниципального управления;
- удобство использования – данные должны быть представлены в естественном для человека объемном восприятии;
- оперативный дешевый мониторинг – обновление информации должно выполняться с учетом существующих данных, быстро для сохранения актуальности и экономически эффективно;
- точность – согласно постановлениям Правительства и национальным стандартами (средняя квадратическая погрешность в плане – 10 см, по высоте – 17–25 см).

Формы представления пространственных данных в виде топопланов и ортофотопланов

малоэффективны при развитии городских территорий [5, 6]. При этом их создание трудозатратно, прочтение информации требует специальных знаний.

Для представления городской среды с трехмерной геометрией необходимы новые продукты и технологии, которые ориентированы на различных пользователей, адаптированы к простому восприятию информации и будут способствовать быстрому и верному принятию решения.

Векторная 3D-модель закрывает эту проблему [7].

Сдерживающим фактором использования векторных 3D-моделей как формы представления пространственных данных является то, что трудозатраты по их созданию соизмеримы с созданием двухмерной карты.

Поэтому обеспечение высококачественной визуализации массивных 3D-моделей городов масштабируемым, быстрым и экономичным способом по-прежнему является сложной задачей [8–10].

Единственным без потери исходной информации высокоточным реалистичным визуализатором, позволяющим оператору качественно идентифицировать объекты на местности и с высокой точностью измерять их пространственные характеристики, является одиночная стереомодель, созданная по цифровым аэрофотоснимкам, полученным как с беспилотных воздушных судов (БВС), так и с пилотируемых самолетов [11–14]. Технологическая схема создания одиночных стереомоделей представлена на рис. 1.

Но чтобы просмотреть весь город, необходимо перебрать большое количество стереопар. К примеру, аэрофотосъемка г. Ижевска состоит из 32 000 стереопар с БВС при разрешении на местности 5 см на пиксель, г. Екатеринбург – из 12 000 стереопар с самолета АН-2 при разрешении на местности 7 см на пиксель.

Специалистами АО «Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания» разработан программный продукт ИНСОТ (Свидетельство о государственной регистрации про-

граммы ЭВМ № 2018617544 от 26.06.2018), позволяющий дешево и быстро интегрировать одиночные стереомодели в единую 3D-стереомодель города без потери исходной ин-

формации, с привычным для человека объемным восприятием окружающей среды. Это позволило создать высокоточный реалистичный виртуальный образ территории.



Рис. 1. Технологическая схема создания стереомодели территории

Но чтобы просмотреть весь город, необходимо перебрать большое количество стереопар. К примеру, аэрофотосъемка г. Ижевска состоит из 32 000 стереопар с БВС при разрешении на местности 5 см на пиксель, г. Екатеринбурга – из 12 000 стереопар с самолета АН-2 при разрешении на местности 7 см на пиксель.

Специалистами АО «Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания» разработан программный продукт ИНСОТ (Свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ № 2018617544 от 26.06.2018), позволяющий дешево и быстро интегрировать одиночные стереомодели в единую 3D-стереомодель города без потери исходной информации, с привычным для человека объемным восприятием окружающей среды. Это позволило создать высокоточный реалистичный виртуальный образ территории.

Для решения вопроса практического использования и создания единой 3D-стереомодели как элемента пространственного восприятия территории реализованы следующие мероприятия.

1. Создан национальный стандарт (ГОСТ 58854-2020 «Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков

для построения стереомоделей застроенных территорий»).

2. Разработано и внедрено ПО ИНСОТ для представления городской среды с трехмерной геометрией [15].

3. Создано облачное хранилище для хранения и распространения геопространственных данных и их производных в реальном времени [12, 16].

4. Разработан стереомонитор для визуализации, измерений и создания производных тематических продуктов по стереомоделям [17].

5. Реализована программа обучения пользователей единой 3D-стереомодели.

Выполненные мероприятия позволили на 100 % внедрить единые 3D-стереомодели в Российской Федерации и создать аппаратно-программный технологический комплекс (АПТК) с использованием исключительно отечественных разработок.

Для использования АПТК органам власти и бизнесу поставляется следующий комплекс:

- единая 3D-стереомодель города;
- ПО ИНСОТ;
- стереомонитор SM1;
- облачное хранилище Георесурс;
- обучение потребителей АПТК.

В настоящее время АПТК поставлен и эксплуатируется в следующих регионах (таблица).

АО «Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания» выполнена аэрофотосъемка всех указанных поселений (перекрытие снимков продольное и поперечное 60 / 60 %; 70 / 60 %) до 320 кв. км с помощью БВС «Геоскан-201» ка-

мерами Sony RX1 и Sony RX1RM2, а крупных городов, таких как Екатеринбург, Уфа, Калининград, – самолетом АН-2 камерами ДМС-II и PhaseOne. Фотограмметрическая обработка выполнялась в отечественных программных продуктах PHOTOMOD [18] и Agisoft Metashape [19].

Территории, где внедрена единая 3D-стереомодель для управления регионом

Территория	Аэрофотосъемка		Год аэрофотосъемки	Количество поселений	
	разрешение, см	носитель камеры		всего	в том числе
Республика Башкортостан	5 см 7 см	БПЛА, АН-2	2017–2019	1231	г. Уфа
Калининградская область	5 см 6 см	БПЛА, АН-2	2019–2020	315	г. Калининград
Свердловская область	5 см 7 см	БПЛА, АН-2	2015–2020	86	г. Екатеринбург
Удмуртская Республика, г. Ижевск	5 см	БПЛА	2019	2	г. Ижевск

Для стереоскопического наблюдения снимков используются стереомониторы SM1 [20] (Производство Российская Федерация).

Единые 3D стереомодели территорий построены с помощью программного продукта ИНСОТ [21] (Производство Российская Федерация).

Все данные для использования загружены в облачное хранилище «Георесурс» [16] (Производство Российская Федерация). Хранилище позволяет оперативно управлять данными, выбирать необходимые и предоставлять внутреннему и внешнему потребителю.

Заказчиками работ выступали Правительства Республики Башкортостан, Калининградской области, администрации городов Екатеринбург, Уфа, Ижевск, администрации муниципальных образований.

### **Реальные примеры использования единых 3D-стереомodelей**

Единые 3D-стереомодели активно используются регионами и муниципальными образованиями для решения конкретных задач в режиме реального времени. Приведем примеры таких задач.

*Определение объема ремонта многоквартирных жилых домов.* В Калининградской области по заказу фонда капитального ремонта были созданы отчеты по обследованию многоквартирных жилых домов (МКД). Они необходимы для определения объема финансирования региональной программы капитального ремонта [22].

Для создания отчетов по единым 3D-стереомоделям были определены такие характеристики, как высота дома (до конька и до свеса карниза), площадь крыши МКД, площадь фасадов, вычислен объем дома, определено наличие конструктивных элементов, подготовлены фотографии МКД с разных ракурсов (с соседних стереомodelей), что позволяет визуально определить цвет фасада, наличие балконов, тип входной группы и т. д.

Особенность такой работы заключалась в необходимости определить площадь крыш и фасадов, а также объем МКД. Эти элементы представляли из себя фигуры сложной формы, крыши были в основном многоскатные, на фасадах присутствовало большое количество конструктивных элементов. На рис. 2 показан пример МКД, характеристики которого требовалось определить.





Рис. 2. Пример многоквартирного дома для определения характеристик

Стереомодель позволила измерить указанные характеристики МКД сложной формы. Ранее подобные измерения можно было произвести только с помощью трудоемких и дли-

тельных натуральных измерений (рулетка, тахеометр, лазерный сканер). С помощью новой предложенной технологии определение всех характеристик и подготовка снимков с разных ракурсов выполняется дистанционно и занимает около часа на средний дом.

*Инвентаризация объектов городской инфраструктуры в г. Калининграде.* Администрации г. Калининграда необходимо было определить точные координаты и некоторые характеристики (например, количество ламп) фонарей в рамках проведения инвентаризации. Эти данные используются для планирования размещения новых фонарей, подготовки заданий на их текущий и капитальный ремонт, ведения учета и совместного использования опор с энергетическими и телекоммуникационными компаниями.

Такая работа была проведена на Центральный район города, где 5 203 фонаря были определены дистанционно (рис. 3). Аналогично проводится инвентаризация любых объектов городской инфраструктуры с геодезической точностью.



Рис. 3. Фрагмент инвентаризации фонарей, совмещенный с Google Earth

*Определение земельного участка для хранения мусора из городского пруда.* Зимой 2020 г. администрацией г. Ижевска было принято решение очистить городской пруд от мусора. Для этого необходимо образовать зе-

мельный участок для временного хранения отходов, поднятых со дна, и поставить его на государственный кадастровый учет. Чтобы выделить такое место, нужно было определить подпорный уровень водохранилища,

выше которого вода не поднимается, а также непосредственно зафиксировать участок в координатах. Так как решение было принято зимой, при наличии снега, выполнить задачу классическим геодезическим методом было невозможно.

По единой стереомодели города Ижевска был определен подпорный уровень и образован земельный участок, который был поставлен на государственный кадастровый учет.

*Выполнение комплексных кадастровых работ (ККР).* В Республике Башкортостан ККР с применением стереофотограмметрического метода для определения координат характерных точек уже проведены в отношении 6 595 земельных участков (ЗУ) и 8 655 объектов капитального строительства (ОКС).

Стереомодель позволяет дистанционно выполнять определение координат более 90 % ОКС и ЗУ [6]. Это достигается за счет точности измерений до 10 см в плане, что отвечает требованиям приказа Росрестра № 393 [4], а также за счет объемности модели (соответственно большего количества дешифровочных признаков) и возможности посмотреть на точку с разных ракурсов (с соседних стереомоделей, если на одной стереомодели здание «заваливается» и закрывает точку, то за счет перекрытия 60–70 % практически всегда есть возможность найти стерео-

модель, где здание «заваливается» в другую сторону, точка видна и ее можно измерить).

Использование стереофотограмметрического метода в кадастровых работах позволяет значительно сократить время измерений координат и затраты на них.

*Создание высокоинформативных векторных 3D-моделей.* Для объемного проектирования застройки могут использоваться векторные 3D-модели. В качестве экспериментального проекта в г. Екатеринбурге по единой 3D-стереомодели были созданы векторные модели двух кварталов: в Академическом и Ботаническом районе.

Геометрические характеристики и географическая привязка определялись с помощью стереоскопических измерений, текстуры частично извлекались из аэрофотосъемки, а также фотографировались на обычные смартфоны на месте. Подземные коммуникации включались по архивным топокартам 1 : 500.

В результате в программе InfraWorks были созданы высокодетальные векторные 3D-модели, включающие характеристики всех объектов (рис. 4). В обзоре Filip Biljecki, Jantien Stoter, Hugo Ledoux, Sisi Zlatanova и Arzu Çöltekin [7] указаны множество применений таких моделей, включая определения распространения шума, теней от объектов, определения солнечного потенциала крыш и др.



Рис. 4. Векторная 3D-модель на Ботанический район г. Екатеринбурга



Как видно на рис. 4, использование реальных текстур позволяет оценить состояние строений в городской застройке (на здании в примере видна трещина). Состав атрибутивной информации настраивается под конкретные требования.

*Вставка проектируемых BIM-моделей в существующую застройку.* Для проектиро-

вания школы в Академическом районе была создана BIM-модель, которая с помощью программных средств была интегрирована в общую векторную модель района (рис. 5). Был произведен анализ проекта. Такие данные могут использоваться для определения распространения шума или солнечной радиации, теней от объектов и т. д.



Рис. 5. Вставка BIM-модели в векторную модель

Также BIM-модели в части их геометрии могут быть интегрированы в единую стереомодель города.

*Оперативное управление городом.* Администрация г. Тюмень в настоящее время активно использует единую стереомодель для управления городом – на стереомодели хорошо видны проблемы городской инфраструктуры, можно объемно и наглядно оценить зоны социальных напряженностей.

Например, в результате строительства автомобильного виадука часть гаражей оказалась отрезана от внешнего мира и пользоваться ими стало невозможно, но так как она не попала в охранную зону, то не подлежала выкупу. Собственники невыкупленных гаражей направляли в администрацию г. Тюмень жалобы, но проблема была не видна сотрудникам. Посмотрев территорию по стереомодели, сотрудни-

ками администрации были определены дальнейшие действия, так как причина конфликта стала наглядно видна.

Другой пример расположен в центре г. Тюмень: здесь находится старая железнодорожная стрелка, где пути разобраны более 30 лет назад. На их месте образовались дороги, кварталы неправильной формы и стихийная автомобильная парковка в узкой части. На единой 3D-стереомодели проблемы с организацией легальной автомобильной парковки хорошо видны (шлагбаумы на пути к другим площадкам, ширина подходящих улиц и т. п.). Город планирует продолжить сквер Сибирский на месте стихийной парковки (рис. 6). С помощью стереомодели может быть выполнена разработка проекта реконструкции этой территории с учетом интересов жителей города.



Рис. 6. Сквер Сибирский в г. Тюмень

*Определение ущерба от незаконных вырубок.* В г. Калининград произошла незаконная вырубка деревьев на большом участке. Автосалон решил расширить территорию и для этого вырубил десятки зеленых насаждений на пересечении улиц Флотской и Крымской. На месте невозможно было определить ущерб, так как собственник сразу вывез остатки вырубленных зеленых насаждений.

Однако стереомодель позволила точно определить количество вырубленных дере-

вьев и разделить их по категориям по толщине ствола:

- менее 10 см – 76 шт.;
- от 10 до 15 см – 63 шт.;
- от 15 до 20 см – 29 шт. (рис. 7).

По этим данным был точно посчитан ущерб от незаконных действий и предъявлен собственнику участка (порядка 250 тыс. рублей). Стереомодель была представлена как доказательство незаконной вырубки. Собственник явился с повинной в администрацию города и уплатил штраф.



Рис. 7. Пример определения объема незаконной вырубки



### Демонстрация комплекса

Аппаратно-технологический комплекс был представлен на многих выставках и мероприятиях, в том числе:

- Международной промышленной выставке Иннопром, г. Екатеринбург, 2017 г.;
- выставке Росреестр – 10 лет «Традиции и инновации», г. Москва, 2018 г.;
- Международной конференции «Пространственные данные – основа стратегического планирования, управления и развития», г. Москва, 2019 г.;
- заседании комитета Торгово-Промышленной Палаты РФ по предпринимательству в сфере экономики недвижимости, г. Москва, 2019 г.;
- международной конференции «Интерэкспо Геосибирь», г. Новосибирск, 2020, 2021 гг.;
- Чебоксарском экономическом форуме «Чувашия. Трансформация», г. Чебоксары, 2021 г.;
- международных конференциях: Сеул, Бишкек, Улан-Батор, Луанда, 2018, 2019 гг.

### Заключение

Отработанные детали на всех этапах от создания до использования аппаратно-программного технологического комплекса позволяют поднять на более высокий уровень управление городом, а именно:

- выполнять грамотное городское планирование с учетом контекста окружающей среды;
- моделировать и выявлять потенциально опасные территории;
- управлять в условиях чрезвычайных ситуаций (обеспечение готовности к стихийным бедствиям, предотвращение стихийных бедствий, ликвидация их последствий);
- формировать комфортную городскую среду и безопасную экологию;
- выполнять благоустройство территории и рациональное ее использование;
- проводить оперативную инвентаризацию элементов инфраструктуры города (столбы, подеревная съемка, остановки общественного транспорта и т. д.);
- более корректно устанавливать стоимость текущих и перспективных работ за счет точной оценки планируемых объемов;
- эффективно управлять городом без выезда на территорию.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об информационном обеспечении градостроительной деятельности [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 13.03.2020 № 279. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 05.05.2020).
2. Об утверждении Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ от 03.12.2014 № 2446-р – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 05.05.2020).
3. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р [Электронный ресурс] – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 03.11.2018).
4. Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения» [Электронный ресурс] : приказ Росреестра от 23.10.2020 № П/0393. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Чешева В. И., Осипов Е. Д., Осипов Д. А. О требовании к точности съемки или продолжение разговора о трехмерной геоподоснове // Cadmaster. – 2007. – № 1(36).
6. Алябьев А. А., Литвинцев К. А., Кобзева Е. А. Фотограмметрический метод в кадастровых работах: цифровые стереомодели и ортофотопланы // Геопрофи. – 2018. – № 2. – С. 4–8.
7. Biljecki F., Stoter J., Ledoux H., Zlatanova S., Coltekin A. Applications of 3D City Models: State of the Art Review // International Journal of Geo-Information. – 2015. – No. 4 (4). – P. 2842–2889. doi: 10.3390/ijgi4042842.
8. Dokonal W. Creating and using 3D city models // Architecture and Modern Information Technologies. – 2010. – No. 1 (10).

9. Surendra Pal Singh, Kamal Jain, V. Ravibabu Mandla. Virtual 3D city modeling: techniques and applications // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (Istanbul, 27–29 November 2013). – Istanbul, Turkey, 2013. – Vol. XL-2/W2. – P. 73–91. doi: 10.5194/isprsarchives-XL-2-W2-73-2013.
10. Zhaojin L., Bo W., Yuan L. Integration of aerial, MMS, and backpack images for seamless 3D mapping in urban areas // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2020. – Vol. XLIII-B2-2020.
11. Алябьев А. А., Литвинцев К. А., Кобзев А. А. Фотограмметрия в кадастре недвижимости // Геодезия и картография. – 2021. – № 8. – С. 27–35. doi: 10.22389/0016-7126-2021-974-8-27-35.
12. Кобзев А. А., Пестов И. Д. Облачный сервис Георесурс для региональных фондов пространственных данных // Геопрофи. – 2019. – № 5. – С. 17–21.
13. Литвинцев К. А., Кобзев А. А. Исследование возможности многоцелевого использования стереомоделей для управления территорией (на примере Калининградской области) // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2020. – Т. 64, № 3. – С. 330–340. doi: 10.30533/0536-101X-2020-64-3-330-340.
14. Едесин Г. С., Рубцов И. В., Грошев В. А., Савушкин В. П. Использование стереомодели в городских геоинформационных системах // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4.
15. Алябьев А. А., Литвинцев К. А., Никитин В. Н. Трехмерная стереомодель территории – первооснова цифрового двойника // Геопрофи. – 2020. – № 2. – С. 13–17.
16. ИС «Георесурс» [Электронный ресурс] // Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания. – 2021. – Режим доступа : URL: <http://usgik.ru/georesurs/> (дата обращения: 26.09.2021).
17. Алябьев А. А., Кобзева Е. А., Грачев А. В. Стереомониторы SM-1 // Геопрофи. – 2017. – № 5. – С. 23–26.
18. Описание ЦФС PHOTOMOD [Электронный ресурс] // Ракурс. – 2021. – Режим доступа: <https://racurs.ru/program-products/tsfs-photomod/> (дата обращения: 26.09.2021).
19. Руководство пользователя Agisoft Metashape [Электронный ресурс] // Geoscan. – 2021. – Режим доступа: [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_1\\_6\\_ru.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_6_ru.pdf) (дата обращения: 26.09.2021).
20. Стереомониторы SM-1 [Электронный ресурс] // Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания. – 2021. – Режим доступа: <http://usgik.ru/stereomonitor/> (дата обращения: 26.09.2021).
21. ЦФС ИНСОТ [Электронный ресурс] // Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания. – 2021]. – Режим доступа: <http://usgik.ru/cfs-insot/> (дата обращения: 26.09.2021).
22. Региональная программа 2015–2044 [Электронный ресурс] // Фонд капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах Калининградской области. – 2021. – Режим доступа: <http://fkr39.ru/owners/regional-program/> (дата обращения: 27.09.2021).

Получено 03.12.2021

© А. А. Алябьев, А. Е. Иванов, А. А. Кобзев, В. Н. Никитин, 2022

## PHOTOGRAMMETRIC TECHNOLOGY FOR URBAN AREA DEVELOPMENT

### *Alexander A. Alyabyev*

Ural-Siberian Geo-Information Company JSC, of. 2, 127, Furmanova St., Yekaterinburg, 620146, Russia, Director, e-mail: [fgmkart@rambler.ru](mailto:fgmkart@rambler.ru)

### *Arseniy E. Ivanov*

Ural-Siberian Geo-Information Company JSC, BC "Atrium", of. 208, 1A, Shirokaya St., Novosibirsk, 630108, Russia, Developer, e-mail: [apc\\_ivanov@hotmail.com](mailto:apc_ivanov@hotmail.com)

### *Anton A. Kobzev*

Ural-Siberian Geo-Information Company JSC, of. 2, 127, Furmanova St., Yekaterinburg, 620146, Russia, Deputy Director, e-mail: [msk@usgik.ru](mailto:msk@usgik.ru)

### *Vyacheslav N. Nikitin*

Ural-Siberian Geo-Information Company JSC, BC "Atrium", of. 208, 1A, Shirokaya St., Novosibirsk, 630108, Russia, Developer, e-mail: [vslav.nikitin@gmail.ru](mailto:vslav.nikitin@gmail.ru)

The development of urban areas requires accurate and high-quality spatial data (SD). State programs and regulations define the requirements for them: relevance, informativeness, versatility, ease of use and prompt and cheap monitoring. Existing SD in the form of topographic plans and orthomosaics do not meet these requirements for urban areas. World experience shows that a 3D city model could solve this problem, but the costs of creating it today are large and comparable to the cost of a 1:500 scale topoplane. A new type of spatial data – a single 3D stereo model of the territory is a real alternative, since it meets the previously specified requirements, and the costs of creating it are significantly lower than other SD. Therefore, in this paper, the goal was to consider the use of a single 3D stereo model in the management of urban areas, as well as the use of the stereo photogrammetric method on specific examples. It is shown that the stereo model is an optimal product of spatial data, which is created quickly and cheaply and can be used multifunctionally. The stereo model is used to solve such tasks as operational management of the city, without entering the territory, performing cadastral works, including complex cadastral works, performing an inventory of urban infrastructure objects, determining the volume of major repairs of apartment buildings, creating vector models and integrating projected BIM models into existing infrastructure, etc. The 3D stereo model was presented at Russian and international exhibitions and forums, such as INNOPROM and "Traditions and Innovations", dedicated to the 10th anniversary of Rosreestr, in the period from 2017 to 2021, where it received recognition. In addition, the stereo model has already been introduced in the Republic of Bashkortostan, the Kaliningrad and Sverdlovsk regions, the city of Izhevsk, Sarapul and others. The creation and use of the stereo model is based exclusively on the Russian hardware and software complex, which allows it to be implemented for managing cities on the territory of the Russian Federation.

**Keywords:** stereo model, city management, unmanned aircraft, photogrammetry, BIM, urban planning, cadastre

## REFERENCES

1. Government Resolution of March 13, 2020 No. 279. On information support of urban development activities. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian] (accessed May 05, 2020).
2. Decree of the Government of the Russian Federation of December 03, 2014 No. 2446-r. On approval of the Concept of construction and development of the hardware and software complex Safe City. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian] (accessed May 05, 2020).
3. Order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 No. 1632-r. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian] (accessed November 03, 2018).
4. Order of the Federal Register of October 23, 2020 No. P/0393. On approval of requirements for accuracy and methods for determining the coordinates of characteristic points of the boundaries of the land plot, requirements for accuracy and methods for determining the coordinates of characteristic points of the building, structure. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
5. Chesheva, V. I., Osipov, E. D., & Osipov, D. A. (2007). The requirement for precision shooting or the continuation of a conversation about the three-dimensional geological. *Cadmaster*, No. 1(36) [in Russian].
6. Alyabyev, A. A., Litvintsev, C. A., & Kobzeva, E. A. (2018). Photogrammetric method in cadastral works: digital stereo-model and orthophoto. *Geoprofi*, 2, 4–8 [in Russian].
7. Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova S., & Coltekin, A. (2015). Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *International Journal of Geo-Information*, 4(4), 2842–2889. doi: 10.3390/ijgi4042842.
8. Dokonal, W. (2010). Creating and using 3D city models. *Architecture and Modern Information Technologies*, No. 1(10).
9. Surendra Pal Singh, Kamal Jain, & V. Ravibabu Mandla. (2013). Virtual 3D city modeling: techniques and applications. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: Vol. XL-2/W2* (pp. 73–91). Istanbul, Turkey. doi: 10.5194/isprsarchives-XL-2-W2-73-2013.
10. Zhaojin, L., Bo, W., & Yuan, L. (2020). Integration of aerial, MMS, and back-pack images for seamless 3D mapping in urban areas. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: Volume XLIII-B2-2020*.
11. Alyabyev, A. A., Litvintsev, C. A., & Kobzev A. A. (2021). Photogrammetry in the real estate cadaster. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 8, 27–35. doi: 10.22389/0016-7126-2021-974-8-27-35 [in Russian].



12. Kobzev, A. A., & Pestov, I. D. (2019). Cloud service Geo-resource for regional spatial data sources. *Geoprofi*, 5, 17–21 [in Russian].
13. Litvintsev, C. A., & Kobzev A. A. (2020). Investigation of the possibility of multipurpose use of stereomodels to control the territory (on the example of the Kaliningrad region). *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 64(3), 330–340. doi: 10.30533/0536-101X-2020-64-3-330-340 [in Russian].
14. Edicin, G. S., Rubtsov, I. V. Groshev, V. A., & Savushkin, V. P. (2010). Application of the degree-of-remodeli in urban geographic information systems. *Vestnik MGSU*, No. 4 [in Russian].
15. Alyabyev, A. A., Litvintsev, C. A., & Nikitin V. N. (2020). Three-dimensional stereomodel of the site is the bedrock of digital double. *Geoprofi*, 2, 13–17 [in Russian].
16. Ural-Siberian Geo-Information Company. (2021). IS "Georesurs". Retrieved from <http://usgik.ru/georesurs/> (accessed September 26, 2021).
17. Alyabyev, A. A., Kobzeva, E. A., & Grachev, A. V. (2017). Stereo monitors SM-1. *Geoprofi*, 5, 23–26 [in Russian].
18. Foreshortening. (2021). Description of the PHOTOMOD CFS. Retrieved from <https://racurs.ru/program-products/tsfs-photomod/> (accessed September 26, 2021).
19. Geoscan. (2021). Agisoft Metashape User Manual. Retrieved from [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_1\\_6\\_ru.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_6_ru.pdf) (accessed September 26, 2021).
20. Ural-Siberian Geo-Information Company. (2021). Stereo monitors SM-1. Retrieved from <http://usgik.ru/stereomonitoriy/> (accessed September 26, 2021).
21. Ural-Siberian Geo-Information Company. (2021). CFS INSOT. Retrieved from <http://usgik.ru/cfs-insot/> (accessed September 26, 2021).
22. Capital repair Fund of common property in apartment buildings of the Kaliningrad region. (2021). Regional program 2015–2044. Retrieved from <http://fkr39.ru/owners/regional-program/> (accessed September 27, 2021).

Received 03.12.2021

© A. A. Alyabyev, A. E. Ivanov, A. A. Kobzev, V. N. Nikitin, 2022