

#2
2023

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ


 ТЕОДЕЗИЯ
#122


 GSI®

Информационный партнер

К 80-ЛЕТИЮ В.И. ГЛЕЙЗЕРА

ВЕКТОРИЗАЦИЯ. НОВОЕ
В КРЕДО ТРАНСФОРМ 4.3

СПУТНИКОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
SINO GNSS В РОССИИ

О ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ
С БВС АЭРОФОТОКАМЕРАМИ СО
ШТОРНО-ЩЕЛЕВЫМ ЗАТВОРОМ

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ
СЕТИ ПРИ МОНИТОРИНГЕ
ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУШНОМУ
ЛАЗЕРНОМУ СКАНИРОВАНИЮ

О ТОЧНОСТИ ХАОМИ МІ 8
С ДВУХЧАСТОТНЫМ
GNSS-МОДУЛЕМ

УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР АЕРОМОТУС
ПО РАБОТЕ С ДРОНАМИ





РАКУРС



Роскартография



РОСКОСМОС



Росреестр

||| Совместная
международная научно-
техническая конференция

ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: КОСМИЧЕСКИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ, ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

16–18 ОКТЯБРЯ 2023

<https://conf.racurs.ru>

8 (495) 720-51-27

conference@racurs.ru

СОЧИ

Журнал «Геопрофи» – официальный
медиа-партнёр конференции



Уважаемые коллеги!

Партнеры журнала — разработчики и поставщики программного обеспечения и оборудования, высшие и средние учебные заведения, а также профессиональные общественные объединения в марте-апреле 2023 г. выступили организаторами и приняли участие в выставках, конференциях, семинарах и ряде других мероприятий в разных городах России. Остановимся на некоторых событиях, где рассматривались состояние и перспективы цифровых геопространственных технологий.

Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии 9 марта, в канун профессионального праздника «День работников геодезии и картографии», провела Музыкально-поэтический вечер в штаб-квартире Русского географического общества в Санкт-Петербурге, который объединил студентов университетов и колледжей, преподавателей профильных кафедр, молодых специалистов и ветеранов геодезической отрасли.

14 марта в Москве состоялось торжественное заседание Центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства, посвященное 50-летию образования общества, и награждение лауреатов премии имени Ф.Н. Красовского за 2022 г. Премия была вручена Г.Л. Хинкису и В.Л. Зайченко за учебно-методическую разработку серии словарей терминов, употребляемых в геодезической, картографической и кадастровой деятельности, изданных в 2001–2019 гг.

Компания «Кредо-Диалог» провела конференции «Территория КРЕДО»: 15–16 марта в Новосибирске с участием компании ПРИН и 12–13 апреля в Санкт-Петербурге с участием компаний «Ориент Системс» и «АГМ Системы».

15 марта на ВДНХ состоялась специализированная выставка «Навигация и связь в особых условиях», на которой компания «Ориент Системс» представила ГНСС-приемники собственной разработки.

Компания «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ», информационный партнер журнала «Геопрофи», в марте-апреле продолжила серию семинаров для специалистов-практиков и студентов «Современные решения ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ для инженерных изысканий и строительства в условиях санкционного дефицита». Они прошли в городах: Пермь, Владивосток, Хабаровск, Пятигорск, Ростов-на-Дону, Иркутск, Волгоград, Красноярск, Курск, Новокузнецк, Липецк, Воронеж, Новосибирск, Нижний Новгород, Омск, Смоленск, Екатеринбург, Краснодар и Калуга.

11 апреля в Центре международной торговли состоялась конференция «Технологии Геоскана 2023» в очном и онлайн формате. Сотрудники ГК «Геоскан» познакомили более 500 очных слушателей с разработками компании в области БВС и МКА «ГЕОСКАН-ЭДЕЛЬВЕЙС», программным обеспечением Agisoft Cloud для обработки материалов аэросъемки с БВС, опытом применения ПАК Геоскан в различных сферах, а также рассказали о шоу дронов и соревнованиях студентов и школьников по робототехнике на платформе «Геоскан Пионер».

10–14 апреля в МИИГАиК прошла Студенческая неделя науки (СНН-2023), которая включала 44 мероприятия по различным направлениям. Представители из 14 российских и 12 зарубежных (Китай, Таиланд, Индия, Монголия, Бенин, Узбекистан и Киргизия) университетов выступили с 208 докладами. 12 проектов студентов и аспирантов претендовали на Кубок ректора МИИГАиК «Шаг к вершине». Состоялись заседания в формате «круглого стола», открытые лекции и семинары. Три команды приняли участие в соревнованиях профессиональной и творческой направленности. На выставке было представлено 46 студенческих проектов и стендовых научных докладов. В работе СНН-2023 приняли участие студенты II и III курсов Московского колледжа геодезии и картографии.

11–14 апреля в ЦВК «Экспоцентр» прошла Международная выставка НАВИТЕХ-2023, на которой компания «УГТ-Холдинг» представила оборудование и технологии ГНСС.

Электронный журнал «ГеоИнфо» 19–20 апреля в Москве провел третью Международную выставку по инженерным изысканиям и геотехническому проектированию ГеоИнфо Forum & Expo. Параллельно с выставкой состоялись конференции, семинары, технические секции и мастер-классы. В выставке и других мероприятиях приняли участие компании «Ориент Системс», «Кредо-Диалог», «НекстГИС», ГК «Геоскан» и «АГМ Системы».

В Нижнем Новгороде 25–27 апреля состоялась I Всероссийская научно-практическая конференция «ГЕОФОРУМ. Нижний Новгород», организованная АО «Верхневолжское аэрогеодезическое предприятие», Нижегородским государственным архитектурно-строительным университетом и Российским обществом геодезии, картографии и землеустройства. Конференция включала пленарное заседание и две секции, в работе которых приняло участие более 100 специалистов из России и стран СНГ.

Подробнее с итогами мероприятий можно познакомиться в сети Интернет и на страницах социальных сетей их организаторов и участников. Наиболее интересные выступления будут представлены в журнале «Геопрофи» и на информационном Интернет-портале GEOPROFI.RU.

Редакция журнала



Роскартография

Соединяем пространство и решения



ГЕОДЕЗИЯ



КАРТОГРАФИЯ



СПУТНИКОВАЯ
СЪЕМКА



АЭРОФОТОСЪЕМКА



БЕСПИЛОТНЫЕ
ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ
АППАРАТЫ



ПРОИЗВОДСТВО
ОБОРУДОВАНИЯ



СОЗДАНИЕ
ЦИФРОВОЙ
МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ

Информация о сотрудничестве: +7 (499) 177 50 00 | info@roscartography.ru

 www.roscartography.ru

Редакция благодарит компании,
поддержавшие издание журнала:

«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»
(Информационный партнер),
АО «Роскартография»,
ГК «Геоскан», «Кредо-Диалог»,
Aeromotus, «Радио-сервис»,
ГБУ «Мосгоргеотрест», «УГТ-Холдинг»,
«ЭСТИ», ПК «ГЕО», GeoTop

Издатель
ИП Романчикова М.С.

Учредитель
В.В. Грошев

Главный редактор
М.С. Романчикова

Редактор
Е.А. Дикая

Дизайн макета
И.А. Петрович

Дизайн обложки
И.А. Петрович

Интернет-поддержка
«Инфодизайн»

Почтовый адрес: 117513, Москва,
Ленинский пр-т, 135, корп. 2
E-mail: info@geoprofi.ru

Интернет-версия
www.geoprofi.ru



https://vk.com/geoprofi_2003

https://t.me/geoprofi_2003

Перепечатка материалов без разрешения
редакции запрещается. Мнение редакции
может не совпадать с мнением авторов.
Редакция не несет ответственности за
содержание рекламной информации.

Свидетельство о регистрации в Минпечати
России ПИ № 77-14955 от 03.04.2003 г.

ISSN 2306-8736

Периодичность издания —
шесть номеров в год.

Индекс для подписки в каталоге
Агентства «Урал-Пресс» **010688**

Тираж 1000 экз. Цена свободная.

Номер подписан в печать 05.05.2023 г.

Печать Издательство «Прспект»

ОТ РЕДАКЦИИ

**МЕРОПРИЯТИЯ ПАРТНЕРОВ ЖУРНАЛА «ГЕОПРОФИ»
В МАРТЕ-АПРЕЛЕ 2023 Г.** 1

ТЕХНОЛОГИИ

С.А. Кадничанский
**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОФОТОКАМЕР
СО ШТОРНО-ЩЕЛЕВЫМ ЗАТВОРОМ ДЛЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ
АЭРОФОТОСЪЕМКИ С БВС** 5

Д.М. Шарипов
**НОВАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ КРЕДО ТРАНСФОРМ 4.3 —
ВЕКТОРИЗАЦИЯ** 20

**НОВИНКИ СПУТНИКОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ SINOGNSS,
ПОСТАВЛЯЕМОГО В РОССИЮ** 24

В.Ю. Афанасьев
**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ СМАРТФОНОМ
XIAOMI MI 8 С ДВУХЧАСТОТНЫМ ГНСС-МОДУЛЕМ
В РЕЖИМЕ STATIC** 26

ИТОГИ XVI НАВИГАЦИОННОГО ФОРУМА И КОНГРЕССА «СФЕРА» 32

Б.Е. Резник
**ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ДОРОЖНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ** 38

ТЕХНОЛОГИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

М.Я. Брынть
**ГИРОСКОПИЯ, ГЕОДЕЗИЯ И ПОЭЗИЯ. ГРАНИ ТАЛАНТА
В.И. ГЛЕЙЗЕРА (К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)** 9

НОРМЫ И ПРАВО

С.С. Нехин, Ю.С. Ядрихинская
**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТУ НАЦИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА,
УСТАНОВЛИВАЮЩЕГО ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУШНОМУ
ЛАЗЕРНОМУ СКАНИРОВАНИЮ** 14

ОБРАЗОВАНИЕ

**ИНТЕГРАТОР БЕСПИЛОТНЫХ РЕШЕНИЙ AEROMOTUS
ОТКРЫЛ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ПО РАБОТЕ С ДРОНАМИ** 35

При оформлении первой страницы обложки использован фрагмент
фотоизображения, полученного ПАК Геоскан Gemini / Sony UMC R10C в 2022 г.
Изображение предоставлено ГК «Геоскан».



АЭРОФОТОСЪЕМКА С БЕСПИЛОТНИКАМИ «ГЕОСКАН»



Беспилотные комплексы для ваших задач

Проводите АФС обширных территорий с помощью беспилотников самолетного типа и детально обследуйте небольшие объекты и сооружения, используя квадрокоптеры.

Площадь съемки за вылет до 25 000 га

Точность координат до 1,5 см

Полностью автономный полет

Аренда БВС

Это оптимальный вариант для тех, кто заинтересован в приобретении оборудования и хочет сначала его протестировать или уже является владельцем БВС, но периодически его мощностей не хватает.

Низкие начальные вложения

Неограниченное количество полетов

Оперативная замена оборудования



Услуга АФС

Помимо проведения полевых работ Геоскан занимается камеральной обработкой полученных материалов: от построения ортофотопланов до создания базовых слоев инфраструктуры пространственных данных.

Съемка в соответствии с ГОСТом

Официальные полеты по всей России

Работа в требуемой системе координат



Геоскан — ведущий российский разработчик и производитель беспилотных воздушных судов, а также ПО для фотограмметрической обработки данных и трехмерной визуализации.

12 лет
на рынке

Свои технологии
и производство

Обучение клиентов
и поддержка 24/7

GEOSCAN

+7 812 363-33-87 | sale@geoscan.aero | www.geoscan.aero



О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОФОТОКАМЕР СО ШТОРНО-ЩЕЛЕВЫМ ЗАТВОРОМ ДЛЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С БВС

С.А. Кадничанский («Геоскан»)

В 1973 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания института работал в Госцентре «Природа», с 1979 г. — в ЦНИИГАиК, с 1993 г. — в РосНИЦ «Земля», Центре «ЛАРИС», с 2002 г. — в ФГУП «Госземкадастръёмка» — ВИСХАГИ, с 2005 г. — в компании «Геокосмос», затем — в НП АГП «Меридиан+» и ФГУП «ГосНИИ авиационных систем», с 2015 г. — в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». С 2018 г. работает в ООО «Геоскан», в настоящее время — заместитель директора по аэрофотогеодезии. Кандидат технических наук.

Современные цифровые фотокамеры со шторно-щелевым затвором (рис. 1) имеют две шторки, состоящие из металлических ламелей, движущихся вдоль короткой стороны кадрового окна, т. е. вдоль оси u системы координат фотокамеры и снимка. Одна из шторок открывает кадровое окно, другая — закрывает, образуя движущуюся щель. Скорость движения шторок постоянна и составляет от 3 до 6 м/с.

Запаздывание второй шторки относительно первой образует щель, ширина которой пропорциональна выдержке. При больших выдержках (около 1/250 и более) ширина щели превышает размер кадрового окна. Аэрофотоснимки, полученные такими камерами, имеют систематические искажения, которые отличают проекцию аэрофотоснимка от центральной проекции [1, 2], что не удовлетворяет требованиям, изложенным в разделе 5.2.2 ГОСТ Р 59328–2021 [3].

В работе [4] дается теоретическое обоснование зависимости искажения снимка от конструктивных особенностей современных цифровых фотоаппаратов со шторно-щелевым затвором и параметров аэрофотосъемки, а также приводятся формулы расчета, позволяющие обеспечить допустимую по модулю величину искажения снимка, чтобы получить конечную продукцию аэрофототопографической съемки требуемой точности.

Если максимально допустимое искажение (смещение) снимка в пикселях обозначить через Dp , то согласно [4], максимальная допустимая выдержка в секундах (τ) и допустимая скорость полета БВС в м/с (V) определяются по следующим формулам:

$$\tau = 2 H p D p / f V - D y / v;$$

$$V = 2 H p D p / f (\tau + D y / v),$$

где f — фокусное расстояние фотокамеры, мм;

H — высота фотографирования, м;

p — физический размер пикселя, мм;

Dy — размер кадра по оси y , мм;

v — скорость движения щели затвора фотоаппарата, мм/с.

Используя представленные выше формулы, оценим искажения на примере аэрофототопографического программно-аппаратного комплекса (ПАК) Геоскан Gemini [5], компонентами которого являются аэрофотокамера Sony UMC R10C и беспилотное воздушное судно (БВС) Геоскан Gemini (рис. 2).



Рис. 1
Шторно-щелевой ламельный затвор фотокамеры

Максимальное искажение (смещение) изображения при скорости полета 50 км/ч

Таблица 1

Высота фотографирования, м	Номинальное пространственное разрешение, м	Выдержка, с	Максимальное смещение, мм	Максимальное смещение, пиксель
136	0,03	1/1500	0,0048	1,08
182	0,04	1/1500	0,0036	0,81
227	0,05	1/1500	0,0029	0,65
273	0,06	1/1500	0,0024	0,54
318	0,07	1/1500	0,0020	0,46
364	0,08	1/1500	0,0018	0,41
409	0,09	1/1500	0,0016	0,36

Среди основных характеристик фотокамеры Sony UMC R10C следует отметить следующие: $f = 20$ мм; $Dy = 16$ мм; размер пикселя составляет 0,0044 мм.

Геоскан Gemini представляет собой БВС мультироторного типа и обладает следующими основными характеристиками:

- масса — 1,9 кг;
- максимальная горизонтальная скорость — 50 км/ч;
- максимальная высота полета над земной поверхностью — 500 м.

Результаты оценки искажений изображений, полученных фотокамерой Sony UMC R10C при аэрофотосъемке с БВС Геоскан Gemini с выдержкой 1/1500 на разных высотах фотографирования при максимальной скорости полета 50 км/ч, приведены в табл. 1 и наглядно проиллюстрированы на рис. 3.

Можно рассчитать максимальную допустимую скорость полета, при которой смещение будет пренебрегаемо мало (не более 0,035 пикселя) для значения выдержки 1/1200,



Рис. 2
БВС Геоскан Gemini с фотокамерой Sony UMC R10C

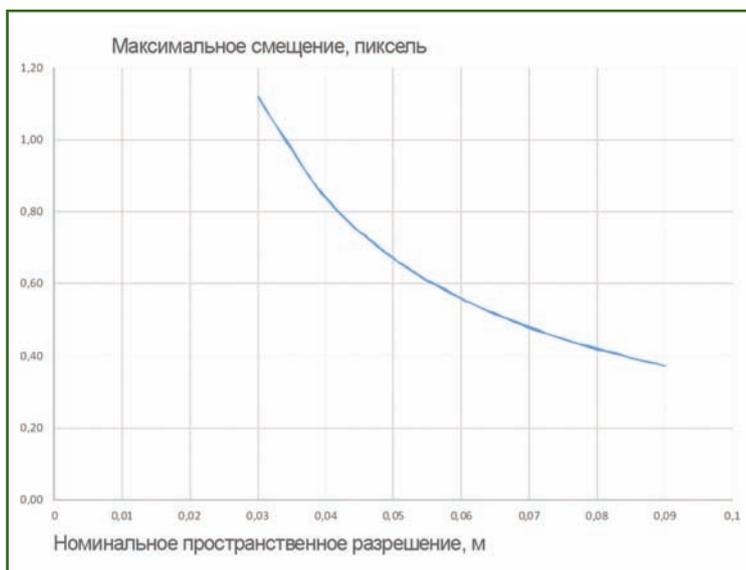


Рис. 3
Зависимость максимального искажения (смещения) от номинального пространственного разрешения при скорости полета 50 км/ч

часто используемого на практике, и разных высот фотографирования. Результаты такого расчета показаны в табл. 2.

Для экспериментальной проверки было замаркировано 20 контрольных точек, пространственные прямоугольные координаты X, Y и H которых были определены как среднее из результатов фотограмметрической обработки и измерений координат маркированных точек по снимкам фотограмметрических блоков, полученных двумя ПАК Геоскан 201 / Sony RX1RII (табл. 3) с высоты фотографирования 230 м (номинальное пространственное разрешение 0,03 м). При этом СКП среднего планового положения из двух наборов координат

Допустимая скорость полета при выдержке 1/1200 и допустимом смещении 0,035 пикселей

Таблица 2

Высота фотографирования, м	Номинальное пространственное разрешение, м	Допустимая скорость, км/ч
136	0,030	15,6
182	0,040	20,9
227	0,050	26,1
273	0,060	31,3
318	0,070	36,5
364	0,080	41,7
409	0,090	46,9

составила 0,012 м, СКП среднего положения по высоте — 0,031 м, что свидетельствует о высокой точности этих координат. Это позволило принять полученные пространственные координаты контрольных точек за эталонные и выполнить экспериментальную проверку пригодности аэрофотоснимков, полученных фотокамерой Sony UMC R10C с БВС Геоскан Gemini.

Была выполнена аэрофото съемка участка полигона с маркированными контрольными точками с помощью двух экземпляров ПАК Геоскан Gemini /

Sony UMC R10C при допустимой скорости полета и выдержке 1/1200 и 1/1000 с трех разных высот фотографирования. После фотограмметрической обработки аэрофотоснимков было получено 6 наборов пространственных координат маркированных точек. Координаты определялись в результате построения и уравнивания блоков фототриангуляции и последующего измерения координат маркированных точек на перекрывающихся снимках. При этом никакие опорные точки при уравнивании не использо-

вались. Сеть фототриангуляции опиралась только на координаты точек фотографирования, полученные на основе бортовых ГНСС-измерений. Элементы внутреннего ориентирования фотокамер определялись путем самокалибровки, как один из результатов уравнивания фотограмметрической сети. Основные характеристики блоков фототриангуляции приведены в табл. 4.

Для каждого из шести блоков были вычислены средние расхождения планового положения и средние расхождения по высоте относительно эталонных значений координат контрольных точек. По результатам, представленным в табл. 5, видно, что среднее расхождение планового положения очень близко по значению к номинальному пространственному разрешению, что характеризует точность координат, как очень близкую к максимально достижимой для аэрофототопографической съемки.

Таким образом, материалы аэрофото съемки со всех указанных высот фотографирования удовлетворяют требова-

Основные технические характеристики ПАК Геоскан 201 / Sony RX1RII

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение характеристики
<i>БВС Геоскан 201</i>	
Тип	Самолет
Двигатель	Электрический
Максимальная взлетная масса, кг	8,5
Масса полезной нагрузки, кг	1,5
Скорость полета, км/ч	64–130
Максимальная продолжительность полета, ч	3
Максимальная высота полета, м	4000
<i>Sony RX1RII</i>	
Фокусное расстояние, мм	35
Размер матрицы поперечный, пикс	7952
Размер матрицы продольный, пикс	5304
Размер пикселя, мм	0,0045

Характеристики блоков фототриангуляции

Таблица 4

Наименование характеристики	Значение характеристики					
Высота фотографирования, м	125	125	275	275	425	425
Номер ПАК Геоскан Gemini	79	114	79	114	79	114
Число снимков в блоке	460	460	166	166	90	90
Число связующих точек	447 000	554 000	128 000	136 000	51 000	50 000
Количество опорных точек	0	0	0	0	0	0

Результаты оценки точности определения координат по снимкам ПАК Геоскан Gemini / Sony UMC R10C

Таблица 5

Наименование характеристики	Значение характеристики					
Высота фотографирования, м	125	125	275	275	425	425
Номинальное пространственное разрешение, м	0,03	0,03	0,06	0,06	0,09	0,09
Номер ПАК	79	114	79	114	79	114
Среднее расхождение планового положения, м	0,027	0,042	0,051	0,037	0,121	0,100
Масштаб плана	1:200	1:200	1:200	1:200	1:500	1:500
Определение координат точек объектов недвижимости с СКП <0,1 м	да	да	да	да	нет	нет
Среднее расхождение по высоте, м	0,028	0,034	0,066	0,081	0,030	0,143

ниям ГОСТ Р 59562–2021 [6] применительно к масштабу 1:500, а для высот 125 м и 275 м позволяют создавать топографическую продукцию масштаба 1:200. Они отвечают требованиям к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требованиям к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требованиям к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места (утверждены приказом Росреестра от 23 октября 2020 г. № П/0393) применительно к земельным участкам, отнесенным к землям населенных пунктов. Средние расхождения

по высоте позволяют выполнять съемку рельефа с высотой сечения 0,5 м.

В заключение следует отметить, что теоретические расчеты и результаты эксперимента показывают, что фотокамеры со шторно-щелевым затвором могут без какого-либо ущерба для фотограмметрического качества аэрофотоснимков использоваться для аэрофотосъемки с БВС мультироторного типа при обоснованном выборе скорости полета в зависимости от высоты фотографирования и выдержки, при которых влияние неодновременности экспонирования практически отсутствует.

▼ Список литературы

1. Лапаури А.А., Шеберстов В.И. Краткий фотографический словарь. — М.: Искусство, 1956. — 386 с.

2. Михайлов В.Я. Аэрофотография и общие основы фотографии. — М.: Издательство геодезической литературы, 1959. — 363 с.

3. ГОСТ Р 59328–2021 Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования.

4. Кадничанский С.А. Зависимости максимальной допустимой выдержки и допустимой скорости полета от допустимого по модулю значения искажения снимка для аэрофотокамеры со шторно-щелевым затвором (опубликовано 20.04.2023 г. на www.geoprofi.ru).

5. Аэрофотосъемочный комплекс Gemini ГК «Геоскан». — <https://www.geoscan.aero/ru/products/gemini>.

6. ГОСТ Р 59562–2021 Съемка аэрофототопографическая. Технические требования.



Широкий диапазон профессиональной деятельности и общественных интересов Валерия Иосифовича Глейзера отражены в его статьях, украшая восемь из четырнадцати рубрик журнала «Геопрофи».



Одна из рубрик «Технологии Санкт-Петербурга» появилась в 2005 г. по личной инициативе Валерия Иосифовича, а печатная версия журнала при поддержке компании «Геодезические приборы» стала доступна специалистам Санкт-Петербурга.



Благодарим Валерия Иосифовича за расширение аудитории авторов и читателей журнала и бескорыстную профессиональную помощь.

Поздравляем Валерия Иосифовича Глейзера с 80-летием, желаем ему крепкого здоровья, семейного счастья и неиссякаемой творческой активности!

Редакция журнала

ГИРОСКОПИЯ, ГЕОДЕЗИЯ И ПОЭЗИЯ. ГРАНИ ТАЛАНТА В.И. ГЛЕЙЗЕРА (К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

М.Я. Брынь (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I)

В 1979 г. окончил геодезический факультет Львовского политехнического института (в настоящее время — Институт геодезии Национального университета «Львовская политехника») по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания института работал в Экспедиции № 84 Предприятия № 5 ГУГК при СМ СССР. С 1981 г. проходил службу в топогеодезическом отряде. В 1989 г. окончил геодезический факультет Военно-инженерной академии им. В.В. Куйбышева по специальности «командно-штабная оперативно-тактическая топографическая служба». После окончания академии преподавал в Ленинградском высшем военно-топографическом командном училище им. генерала армии А.И. Антонова (в настоящее время — факультет топогеодезического обеспечения и картографии Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского). С 2003 г. работает в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I, в настоящее время — профессор кафедры «Инженерная геодезия». Доктор технических наук.

9 марта 2023 г. исполнилось 80 лет Валерию Иосифовичу Глейзеру — ученому в области маркшейдерской гироскопии и общественному деятелю Санкт-Петербурга.

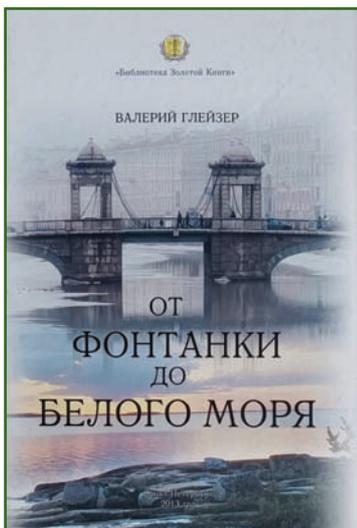
Валерий Иосифович родился в блокадном Ленинграде. Его родители во время блокады находились в Ленинграде и принимали участие в обороне горо-

да. Их дом и одна из старейших школ Ленинграда № 206, которую В.И. Глейзер окончил в 1960 г. с золотой медалью, находились совсем рядом, на левом берегу реки Фонтанки.

В своей книге «От Фонтанки до Белого моря» Валерий Иосифович подробно рассказал об истории школы и ее выпускниках:

*«130 лет сегодня школе
В них 10 лет были мои.
И первый в этом коридоре
Отсчитывал былые дни.
Тут за стеклянными дверями
Когда-то был наш первый класс.
С тетрадями и букварями
Несло неспешно время нас...»*

Неудивительно, что Валерий Иосифович и сейчас живет недалеко от родительского дома,



поскольку это отражает его постоянство и преданность родным, друзьям, любимому делу и городу.

В 1968 г. В.И. Глейзер с отличием окончил Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина) по специальности «Гирскопические приборы и устройства».

Относительно непродолжительный период (с 1968 по 1971 гг.) работал в должности инженера в ЦНИИ «Аврора»,



Первые испытания молодого конструктора (Донецк, 1972 г.)

где получил важный для молодого специалиста практический опыт в разработке и проектировании, наладке и испытаниях автоматических систем управления движением динамических объектов.

Дальнейшую трудовую деятельность Валерий Иосифович на многие годы (1971–2000 гг.) связал с Всесоюзным научно-исследовательским институтом горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ). В этот период он занимал должности: конструктор, старший научный сотрудник лаборатории гироскопических приборов, заместитель заведующего лабораторией гироскопических приборов, заведующий лабораторией метрологии, главный метролог.

За годы работы в маркшейдерской отрасли сложились основные научные направления работы В.И. Глейзера, а именно, теория и практика разработки маркшейдерских гироскопических приборов, метрологическое обеспечение маркшейдерско-геодезических работ, а также история развития отечественной маркшейдерской гироскопии и отечественной геодезии в целом. Рассмотрим коротко эти направления.

В области маркшейдерской гироскопии Валерий Иосифович принимал участие в создании маркшейдерских взрывобезопасных гироскомпасов: МВТ2, МВТ4, МВТ6, МВТ7, МВТ8, МВБ4, «Меридиан 1», МВГ-1. За разработку гироскомпаса «Меридиан 1» он был награжден серебряной медалью ВДНХ. Гироскомпас МВГ-1 создавался совместно с Венгерским оптическим предприятием МОМ, был запатентован в СССР и в Венгрии.

Развивая теорию наземных маркшейдерских гироскомпасов, В.И. Глейзер занимался исследованиями возможности уско-

ренного приведения главной оси наземных гироскомпасов в меридиан, математическим моделированием режимов работы гироскомпаса при переменном кинетическом моменте и применением ЭВМ для расчета режима приведения чувствительного элемента гироскомпаса в меридиан. По этому направлению им подготовлено 25 научных статей.

Валерием Иосифовичем разработаны конструкции: оптического датчика углового положения ротора гироскопа, угломерного устройства для наземного гироскомпаса, устройства измерения угла поворота оси гироскопа, арретирующего устройства маркшейдерского гироскомпаса и др.

В.И. Глейзер является автором 27 изобретений, из кото-



Старший научный сотрудник за работой с моделью гироскомпаса МВТ 6 (ВНИМИ, вторая половина 1970-х гг.)



Вспоминая прошлое, ремонт маркшейдерского гироскомпаса МВГ-1 (2022 г.)



Коллектив ООО «Геодезические приборы» (2021 г.)

рых 25 защищены авторскими свидетельствами и два — патентами. Большинство изобретений получили практическое применение в системах управления движением динамических объектов и в маркшейдерских приборах.

Результатом научных исследований В.И. Глейзера в области маркшейдерской гироскопии стала диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Ускоренное приведение наземных гирокомпасов в меридиан методом программного управления кинетическим моментом» по специальности «Гироскопические, навигационные приборы и комплексы», защита которой состоялась в 1986 г. В диссертационной работе была решена задача построения оптимальных программ разгона ротора гиromотора по критерию минимума амплитуды прецессионных колебаний в конце разгона, определены условия переключения режимов питания гиromотора, предложены технически реализуемые программы для различных моделей гирокомпасов и конкретные технические решения.

В 2007 г. по совокупности работ В.И. Глейзеру Международным академическим аккре-

дитационным и аттестационным комитетом была присуждена ученая степень доктора технических наук и ученое звание профессора.

С 1986 по 2000 гг. научную и практическую деятельность во ВНИМИ В.И. Глейзер совмещал с должностью директора Санкт-Петербургского филиала производственного объединения «Уральский оптико-механический завод» (ПО УОМЗ). Годы работы во ВНИМИ и сотрудничество с ПО УОМЗ существенно расширили кругозор Валерия Иосифовича и сформировали его как ученого и практика.

В области метрологии Валерий Иосифович является автором 15 научных работ. Под его руководством и при его непосредственном участии были разработаны: ГОСТ Р 50997–96 Гирокомпасы маркшейдерские. Общие технические условия, ГОСТ Р 51067–97 Угломеры маркшейдерские. Общие технические условия, Межгосударственный стандарт ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия и др.

В 2001 г. В.И. Глейзер был приглашен на должность генерального директора новой компании — ЗАО «Геодезические приборы» (с 2017 г. — ООО «Геодезические приборы»). С 2012 г. по настоящее время В.И. Глейзер является заместителем генерального директора компании.

Валерий Иосифович — активный член Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии, в которой отвечает за работу с учебными заведениями. Он поддерживает тесное взаимодействие со многими учебными заведениями Северо-Западного федерального округа и, естественно, Санкт-Петербурга, в том числе с Петербургским государственным



Стенд компании «Геодезические приборы» на выставке (2005 г.)



На занятиях со студентами в учебном классе компании «Геодезические приборы»

членом ГЭК по кафедре «Инженерная геодезия» Санкт-Петербургского горного университета.

В компании «Геодезические приборы» ведет преподавание в системе повышения квалификации по специализациям «Современные геодезические средства измерений» и «Метрология».

В.И. Глейзер в составе авторских коллективов подготовил 3 монографии и 2 учебных пособия.

Обратимся к направлению деятельности В.И. Глейзера в

ным университетом путей сообщения Императора Александра I. Его первое знакомство с кафедрой «Инженерная геодезия» университета состоялось в конце 1970-х гг., когда он проводил занятия на курсах повышения квалификации. Валерий Иосифович до сих пор поддерживает профессиональные отношения с научно-педагогическим коллективом кафедры.

С 2016 г. В.И. Глейзер заведует кафедрой геоинформационных технологий, созданной на базе компании «Геодезические приборы» в составе отделения землеустройства факультета землеустройства и сельскохозяйственного строительства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета.

В течение последних 10 лет он вел факультативный курс «Современные геодезические приборы и системы» в Петровском колледже.

На протяжении многих лет В.И. Глейзер возглавляет государственную экзаменационную комиссию (ГЭК) по защите выпускных квалификационных работ магистров и бакалавров Санкт-Петербургского государственного университета по направлению «Картография и геоинформатика», является



Экскурсия по выставке раритетных геодезических приборов в штаб-квартире РГО в Санкт-Петербурге (2017 г.)



Участники заседания Координационного комитета по управлению ГДС на одном из пунктов базиса Симуна-Выйвере (Таллин, 2016 г.)

области популяризации истории геодезии и маркшейдерии.

С середины 1980-х гг. до настоящего времени Валерий Иосифович сотрудничает с Русским географическим обществом (РГО), являясь его членом. В настоящее время на базе РГО совместно с Санкт-Петербургской ассоциацией геодезии и картографии он организует и участвует в научных конференциях, семинарах и выставках, направленных на пропаганду и развитие современных геодезических средств измерений и технологий, а также посвященных истории развития отечественного геодезического приборостроения. Для примера можно привести конференцию 2014 г., в рамках которой состоялась выставка старинных геодезических приборов под названием «Чем измеряли Россию», а также уникальную выставку раритетных геодезических приборов, которая была организована компанией «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» и прошла в штаб-квартире РГО в Санкт-Петербурге в 2017 г.

Валерий Иосифович занимается исследованиями, направленными на сохранение объекта Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве» (ГДС), при-

нимал активное участие в заседаниях международного Координационного комитета по управлению ГДС, результаты которых опубликованы в журналах «Изыскательский вестник» и «Геопрофи».

Он подготовил цикл статей под общим названием «История развития отечественной маркшейдерской гироскопии», которые, начиная с 2018 г., публикуются в журнале «Маркшейдерский вестник». К настоящему времени размещено 11 частей. В целом, по истории геодезии и маркшейдерии им опубликовано 24 статьи.

Одним из последних мероприятий в штаб-квартире РГО, в организации которого В.И. Глейзер принимал активное участие, был музыкально-поэтический вечер, посвященный Дню работников геодезии и картографии, состоявшийся 9 марта 2023 г. Валерий Иосифович выступил ведущим вечера, в котором приняли участие около 200 человек: преподаватели и студенты вузов и техникумов, представители производственных организаций, ветераны отрасли. В исполнении студентов прозвучало около 50 стихотворений поэтов-геодезистов.

В.И. Глейзер является членом редакционного совета научно-технического и производственного журнала «Маркшейдерский вестник» и членом редколлегии журнала «Изыскательский вестник» — печатного органа Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии.

Как человека Валерия Иосифовича отличает внутренняя интеллигентность, крайне развитое чувство ответственности, умение дружить. Это можно

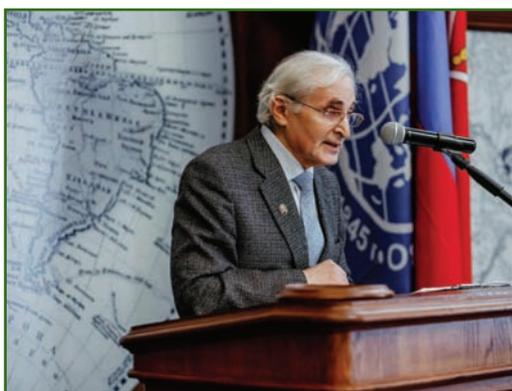


почувствовать, прочитав книги стихов, подготовленные автором: «От Фонтанки до Белого моря» (2013 г.) и «Петербургские зарисовки» (2022 г.). Они пронизаны любовью к людям.

Представляем одно из последних стихотворений Валерия Иосифовича, посвященное дню рождения Марины Николаевны Савушкиной, с которой он долгие годы сотрудничал как генеральный директор компании «Геодезические приборы».

*«Люблю весной окно открыть,
И солнцу дать дорогу,
И марта аромат вкусить,
И позабыть тревогу;
На стены комнаты взглянуть.
Они залиты светом.
Пусть за плечами долгий путь.
Зачем грустить об этом?
Весна!!! И... Слава Богу.
Неважно, есть он или нет,
Коль манит за собой в дорогу
Весенний лучезарный свет.
Там, за окном сияют крыши,
Ласкает свежий ветерок,
И город мой весною дышит...
И выбор будущих дорог.
Но их пройти мечтаю с Вами,
Друзья надёжные мои!
И всё дороже мне с годами
Весны немеркнущие дни.»*

У юбиляра много производственных и творческих планов. Желаем ему успехов во всех его делах.



В.И. Глейзер — ведущий музыкально-поэтического вечера в штаб-квартире РГО (9 марта 2023 г.)



ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТУ НАЦИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА, УСТАНОВЛИВАЮЩЕГО ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУШНОМУ ЛАЗЕРНОМУ СКАНИРОВАНИЮ

С.С. Нехин (ППК «Роскадастр»)

В 1974 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания института работал в ЦНИИГАиК (с 2013 г. — ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», с 2023 г. — ППК «Роскадастр»). В настоящее время — заместитель начальника управления геодезии и аэрокосмосъемки ППК «Роскадастр». Доктор технических наук.

Ю.С. Ядрихинская (АО «Аэрогеодезия», Санкт-Петербург)

В 2019 г. окончила Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета с присвоением квалификации бакалавр по направлению «картография и геоинформатика», в 2021 г. — с присвоением квалификации магистр по профилю «геоинформационное картографирование». С 2018 г. работала в ООО «Авиационные роботы». С 2019 г. работает в АО «Аэрогеодезия», настоящее время — технолог I категории.

ППК «Роскадастр», АО «НИИП центр «Природа» и АО «Аэрогеодезия» с 2021 г. проводят научно-исследовательскую работу по теме: «Комплексные исследования, направленные на совершенствование нормативно-технического обеспечения перспективных технологий в сфере геодезии и картографии с использованием услуг, предоставляемых системой ГЛОНАСС» (НИР «Геокарта-2030»). В рамках данной работы выполняются исследования, и ведется подготовка материалов для составления проектов нормативно-технических документов по применению данных лазерного сканирования в целях крупномасштабного картографирования, кадастровых работ и топографо-геодезических изысканий. Выполнение данной НИР обусловлено необходимостью совершенство-

вания технологий проведения геодезических, топографических и картографических работ и формирования актуальных нормативно-технических документов, соответствующих этим работам. В настоящее время нормативно-техническая база в РФ в области воздушного лазерного сканирования (ВЛС) проработана недостаточно глубоко и детально.

В 2021 г. вступили в действие национальные стандарты — ГОСТ Р 59328–2021 Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования [1] и ГОСТ Р 59562–2021 Съемка аэрофототопографическая. Технические требования [2]. Принципиально новыми положениями, регламентируемыми стандартами, являются использование ВЛС и основные требования к его материалам и их обработке.

ГОСТ Р 59328–2021 [1] регламентирует включение в техническое задание на выполнение аэросъемочных работ требований к частоте импульсов и частоте сканирования, углу обзора, плотности и погрешностям определения пространственных координат точек лазерных отражений (ТЛО), без указания конкретных значений этих параметров. Приводятся условия для выполнения калибровки лидара и перечень отчетных материалов.

ГОСТ Р 59562–2021 [2] содержит более конкретные требования к выполнению ВЛС, в частности, к обработке данных калибровочного полета и определению параметров калибровки лидара, входному контролю, обработке «сырых» данных с использованием параметров калибровки и ГНСС/ИИУ-измерений, формированию файлов

Допустимые значения среднего расстояния между точками и плотности точек исходной ЦМР, используемой для построения горизонталей плана масштаба 1:2000

Таблица 1

Тип местности	Уклон местности, °	Высота сечения рельефа, м	Среднее расстояние между точками, м	Плотность, т/м ²
Равнинная открытая	≤2	0,5	1,5	0,44
		1,0	1,5	0,44
Равнинная залесенная	≤2	0,5	1,9	0,28
		1,0	1,9	0,28
Всхолмленная открытая	2–6	1,0	1,8	0,31
		2,0	3,7	0,07
Всхолмленная залесенная	2–6	1,0	2,2	0,21
		2,0	4,5	0,05

ТЛО и оценке их точности по расхождениям в межмаршрутных перекрытиях. В документе приведены положения о создании цифровой модели рельефа (ЦМР) по данным ВЛС, классификации ТЛО и оценке качества по эталонным данным. В приложение включена таблица, регламентирующая требования к плотности точек ЦМР для построения горизонталей на карте или плане, фрагмент которой представлен в табл. 1.

Вышеуказанные ГОСТ в силу своей универсальной направленности с отдельными требованиями по подготовке, выполнению ВЛС, калибровке системы и созданию ЦМР не содержат детальные технические требования к технологическим процессам проведения полевых и камеральных работ по лазерному сканированию, особенно в части применения беспилотных воздушных судов (БВС).

Существует несколько проектов стандартов, регламентирующих выполнение лазерного сканирования в других отраслях, включая ВЛС и мобильное лазерное сканирование (МЛС) или наземное лазерное сканирование (НЛС). Например, межгосударственный стандарт ГОСТ 32869–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению топо-

графо-геодезических изысканий [3] допускает использование лазерного сканера воздушного или наземного базирования наравне с тахеометрической съемкой, спутниковым позиционированием, стереофотографическим и другими методами. В разработке находятся еще два проекта ГОСТ, которые устанавливают общие требования к лазерному сканированию автомобильных дорог и связанных с ними объектов дорожной инфраструктуры — «Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Общие требования к проведению работ» [4] и «Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Требования к данным лазерного сканирования на различных этапах жизненного цикла автомобильной дороги» [5]. Проект ГОСТ «Проектно-изыскательские работы. Методы лазерного сканирования. Общие технические требования» рассматривает методы и технологии использования МЛС и НЛС при проведении инженерных изысканий [6].

После утверждения стандарты [4] и [5] будут использоваться проектно-изыскательскими, строительными и эксплуатирующими организациями, ведущими деятельность в сфере

дорожного хозяйства, а также смогут применяться при выполнении работ по обслуживанию улично-дорожной сети, но не предназначены для других целей, в том числе картографирования и кадастра.

Что касается работ по государственному картографированию, в настоящее время при выполнении государственных контрактов по созданию крупномасштабных цифровых ортофотопланов (ЦОФП), предназначенных для включения в состав единой электронной картографической основы (ЕЭКО), в редакционно-технических указаниях предъявляются требования к отдельным процессам проведения ВЛС. Например, плотность ТЛО должна быть не менее 2 т/м² для создания ЦОФП масштаба 1:2000 и 0,55 т/м² — масштаба 1:10 000. Для ортотрансформирования снимков при создании ЦОФП масштаба 1:2000 регламентируется погрешность определения положения точек 20 см в плане и 15 см по высоте. Для ЦОФП масштаба 1:10 000 допускается погрешность не более 40 см в плане и по высоте. При этом не указывается, какой вид погрешности имеется в виду. В случае ВЛС при выполнении государственных контрактов допускается сокращение количества кон-

Количество контрольных точек для оценки точности по высоте данных ВЛС в зависимости от типа местности

Таблица 2

Площадь объекта съемки, км ²	Количество высотных контрольных точек для типа местности		Общее количество контрольных точек
	Открытая, без растительности	С растительностью	
≤500	20	5	25
501–750	20	10	30
751–1000	25	15	40
1001–1250	30	20	50
1251–1500	35	25	60
1501–1750	40	30	70
1751–2000	45	35	80
2001–2250	50	40	90
2251–2500	55	45	100

трольных точек на межселенных и необжитых территориях, но не указываются конкретные значения. Содержится требование к калибровке сканера, которая должна осуществляться до начала и после завершения аэросъемочных работ. Приводятся требования к отчетным материалам, подлежащих приемке работ заказчиком. В соответствии с требованиями государственных контрактов предоставляется отчет о калибровке и два набора данных ТЛО: неклассифицированных и классифицированных (только точки земной поверхности) по блокам площадью 4 км² в формате LAS и системе координат WGS-84, проекция UTM.

Таким образом, требования к выполнению работ по государственным контрактам существенно превышают требования, содержащиеся в ГОСТ Р 59562-2021 [2] и не отражают особенностей проведения ВЛС. Методики планирования съемки, камеральной обработки данных, в том числе оценки их качества, также не приводятся.

При проведении ВЛС за рубежом используется стандарт Американского общества фотограмметрии и дистанционного зондирования (ASPRS) [7]. Документ содержит методики

оценки качества данных и требования к точности определения пространственного положения ТЛО. Например, в нем даны требования к значениям точности определения ТЛО в пределах маршрута и между маршрутами. Рассматриваются два показателя точности определения высот относительно контрольных точек в зависимости от преобладания растительности и приводятся методики их оценки с указанием предельных значений. Определено соотношение среднеквадратической погрешности (СКП) по высоте и плотности точек при создании ЦМР. Регламентировано определение областей с низкой достоверностью и описаны их виды, методика оценки плотности и точности в этих областях. На данный момент для обсуждения доступен проект второго издания стандарта ASPRS [8].

Как было отмечено выше, в настоящее время в требованиях к выполнению ВЛС, проводимых в рамках государственных контрактов, не указывается, насколько допускается сокращение числа контрольных точек при создании ЦОФП. В стандарте [7] представлены общие требования, касающиеся количества контрольных точек

в зависимости от типа местности и их распределения внутри района работ для оценки точности по высоте данных ВЛС (табл. 2).

В дополнении к [7] в США применяется спецификация, содержащая подробные требования по проведению ВЛС в рамках государственной программы [9]. В спецификации приведены требования к минимальному количеству отражений одного импульса, его интенсивности, области сканирования. Обозначены требования к сбору данных, оценке плотности точек и метаданным. Представлены методики определения соответствия данных облака ТЛО требуемой плотности, оценки СКП внутри маршрута и между маршрутами, поиска недопустимых отклонений в наборе данных. Рассматривается понятие «уровень качества данных» и для каждого из этих уровней определены общая плотность точек, значения точности пространственного положения ТЛО (табл. 3), максимальный и минимальный размеры ячейки ЦМР, создаваемой на основе данных ВЛС. В спецификации представлена схема классификации данных ВЛС (табл. 4), определены форматы хранения данных, записи

Числовые характеристики данных ВЛС по уровню качества

Таблица 3

Уровень качества данных	СКП внутри маршрута по высоте, см	СКП между маршрутами по высоте, см	СКП по высоте для типа местности, см		Плотность точек, т/м ²
			Без растительности	С растительностью	
0	3	4	9,8	15	8
1	6	8	19,6	30	8
2	6	8	19,6	30	2
3	12	16	39,2	60	0,5

Минимальный перечень классов для отнесения к ним ТЛО

Таблица 4

Код	Описание
1	Неклассифицированные
2	Земля
7	Низкий шум
9	Вода
17	Мост
18	Высокий шум
20	«Земля» (вблизи структурной линии)
21	Снег
22	Точки в приливных зонах

времени, единицы измерения координат.

Рассмотренные документы [7–9] активно применяются во многих странах при выполнении государственных и частных проектов по сбору и обработке лидарных данных. Отдельные положения этих документов могут рассматриваться в качестве приемлемых к практике на

территории РФ, например, требования к предельным погрешностям положения точек внутри маршрута и между маршрутами, соотношение погрешностей определения высот для открытой местности и местности, покрытой растительностью. Некоторые положения мало подходят для практического заимствования, например, «уровни

качества данных», вместо которых в нормативно-технических документах РФ используются не уровни качества, а величина сечения рельефа и масштаб съемки.

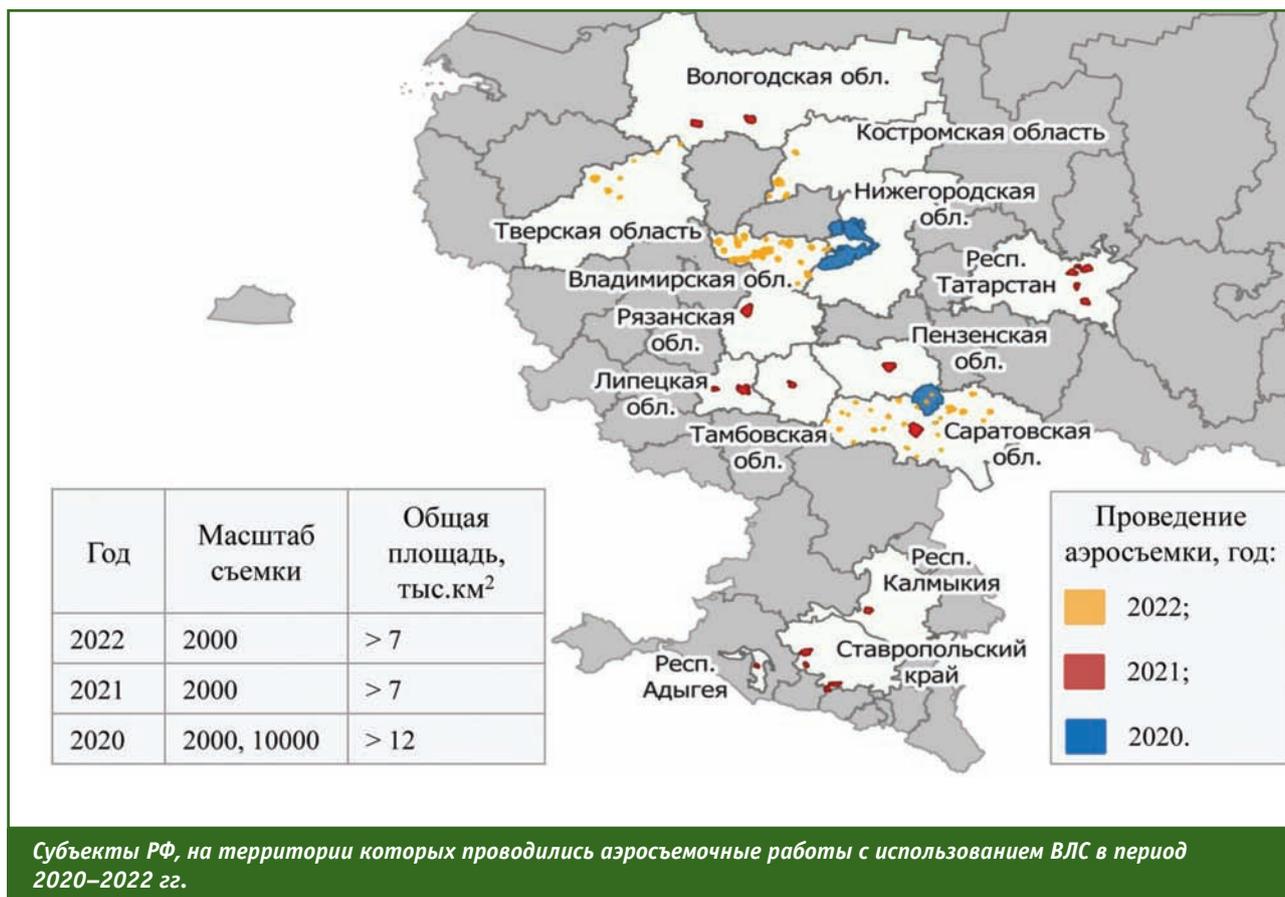
Специалистами АО «Аэрогеодезия» в 2020–2022 гг. были выполнены работы с использованием ВЛС в нескольких регионах РФ (табл. 5). Параметры съемки устанавливались по согласованию с заказчиком с учетом цели проведения работ, характера рельефа местности и других условий. Аэросъемка выполнялась воздушным лазерным сканером Leica ALS80-HP совместно с аэрофотокамерой Leica RCD30, устанавливаемыми на борту самолета АН-2. Перекрытие маршрутов сканирования, высота фотографирования и угол обзора (35,9°) выбирались с учетом характеристик аэрофотокамеры Leica RCD30.

Аэросъемочные работы были выполнены на территории

Параметры съемки сканером Leica ALS80-HP при выполнении работ АО «Аэрогеодезия» в 2020–2022 гг.

Таблица 5

Год	Субъект РФ / город	Высота полета, м	Перекрытие, %	Число импульсов при съемке
2020	Саратовская область	3200	30	3
2021	Пенза	3200	30	4
	Ставропольский край	2100	55	1
	Елабуга (Республика Татарстан)	1000	50	1
2022	Владимирская область	2200	50	2
		1500	50	1
	Тверская, Саратовская области	2200	50	2



общей площадью более 26 тыс. км² в 14 субъектах РФ от Вологодской области до Республики Адыгея (см. рисунок). В 2020 г. предприятием АО «Роскартография» при выполнении государственных контрактов впервые использовалась технология ВЛС.

Производственный опыт, накопленный за последние годы АО «Аэрогеодезия», а также практическая необходимость в совершенствовании нормативно-технического регулирования технологии ВЛС позволяют сформулировать некоторые предложения по разработке проекта национального стандарта, устанавливающего требования к ВЛС.

Стандарт должен предназначаться для применения субъектами геодезической и картографической деятельности при создании и обновлении топографических карт и планов,

кадастровых работах, топографо-геодезических изысканиях и получении пространственных данных для решения различных задач.

Стандарт должен регламентировать полный комплекс работ по ВЛС, включая основные технологические этапы:

- подготовительные работы;
- геодезическое обеспечение;
- лазерное сканирование объекта съемки, первичная обработка результатов;
- постобработка данных;
- подготовка отчетных материалов.

В проекте национального стандарта необходимо привести детальные технические требования по выполнению каждого из этапов (разделов проекта документа).

В разделе «Подготовительные работы» должны содер-

жаться условия выбора пилотируемых или беспилотных воздушных судов для выполнения воздушного лазерного сканирования, требования к характеристикам бортового оборудования. В зависимости от решаемых задач, особенностей объекта съемки и требований к продукции необходимо регламентировать требования к системе лазерного сканирования и программному обеспечению, применяемому на каждом этапе работ. В этом разделе должны содержаться требования к параметрам воздушного лазерного сканирования, таким как высота полета, перекрытие и длина маршрутов; определены особенности съемки местности с перепадом высот рельефа и в зонах с низкой достоверностью сканирования; установлены сезонно-погодные и временные условия проведения ВЛС. Также необходимо обо-

значить требования к системе координат и высот исходных данных и конечной продукции.

Раздел «Геодезическое обеспечение» должен содержать требования к геодезическому обеспечению воздушной съемки, а именно к количеству и расположению опорных и контрольных точек, точности определения их координат и высот, максимальной удаленности базовых станций.

В разделе «Лазерное сканирование объекта съемки, первичная обработка результатов ТЛО» должны быть приведены требования к процессу контроля области покрытия объекта данными ВЛС непосредственно во время съемки. Поскольку требования к траектории движения воздушного судна при выполнении ВЛС выше, чем при аэрофотосъемке, необходимо включить требования к контролю числа спутников ГНСС и их распределению на небосводе во время съемки. Для первичной обработки данных требуется привести методику обработки и контроля качества спутниковых и инерциальных (ГНСС/ИИУ) определений, а также требования к генерации облаков точек.

Раздел «Постобработка данных» должен детализировать положения разработанных нормативных документов. Особое внимание следует уделить требованиям, обеспечивающим качество данных: методикам оценки плотности точек на маршрутах и в зонах перекрытия соседних маршрутов. Должны содержаться требования к методике определения плотности ТЛО и их оценки в областях с низкой достоверностью. Приведены требования к межмаршрутному уравниванию облаков ТЛО, использованию при этом опорных точек, к предельным погрешностям положения точек внутри маршру-

та и между маршрутами, основываясь, в том числе, на международном опыте проведения такого вида работ. Обозначены требования к СКП в плане и по высоте относительно контрольных точек для разных типов местности и к оценке классификации облаков, а именно к числу классов и допустимому уровню неверно классифицированных точек.

Раздел «Подготовка отчетных материалов» должен включать требования к составу метаданных. В нем также необходимо установить содержание отчетных материалов, подтверждающих оценку покрытия данными ВЛС, плотности точек, уравниванию облаков, качества классификации, погрешностей на контрольных и опорных точках. Должен быть регламентирован формат записи времени в файле облака ТЛО, дополнительные атрибуты точек помимо их класса, интенсивности и пространственного положения. Требуется рассмотреть вопрос о составе дополнительной производной продукции, передаваемой заказчику, например, ЦМР или ЦММ, структурных линий и т. д. В настоящее время при выполнении государственных контрактов эта производная продукция создается с целью соблюдения требований к цифровым ортофотопланам и цифровым топографическим картам и не передается в ППК «Роскадастр».

Таким образом, в проекте стандарта должны быть более детально обозначены требования к проведению полевых и камеральных работ по сравнению с уже разработанными документами. В него необходимо включить конкретные значения характеристик ВЛС при разных условиях и назначениях съемки. Требования к проведению работ с учетом российского и зарубежного опыта применения технологии

ВЛС для решения картографических, кадастровых и других задач должны обеспечить единство методов выполнения измерений, обработки и оценки качества создаваемой продукции.

▼ Список литературы

1. ГОСТ Р 59328–2021 Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования.
2. ГОСТ Р 59562–2021 Съемка аэрофототопографическая. Технические требования.
3. ГОСТ 32869–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению топографо-геодезических изысканий.
4. 1.2.418–1.306.22. ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Методика выполнения измерений». — https://tk418.ru/standardization/discus/?ELEMENT_ID=582.
5. 1.2.418–1.307.22. ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Требования к данным лазерного сканирования на различных этапах жизненного цикла автомобильной дороги». — https://tk418.ru/standardization/discus/?ELEMENT_ID=573.
6. Проект ГОСТ «Проектно-изыскательские работы. Методы лазерного сканирования. Общие технические требования». — <https://docs.cntd.ru/document/1200137086>.
7. ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. — https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2015/01/ASPRS_Positional_Accuracy_Standards_Edition1_Version100_November-2014.pdf.
8. Revisions to the ASPRS Positional Accuracy Standards for Geospatial Data (2014). — <https://lidarmag.com/2023/02/09/revisions-to-the-asprs-positional-accuracy-standards-for-geospatial-data-2014>.
9. USGS (United States Geological Survey). Lidar Base Specification Online / National Geospatial Program (NGP) Standards and Specifications: Reston (Virginia), 2022. — <https://www.usgs.gov/ngp-standards-and-specifications/lidar-base-specification-online>.

НОВАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ КРЕДО ТРАНСФОРМ 4.3 — ВЕКТОРИЗАЦИЯ

Д.М. Шарипов («КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ»)

В 2018 г. окончил Казанский (Приволжский) федеральный университет с присвоением квалификации бакалавр по направлению «геодезия и дистанционное зондирование», в 2020 г. — МИИГАиК с присвоением квалификации магистр по направлению «геодезия и дистанционное зондирование». После окончания университета работает в ООО «КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ», в настоящее время — инженер-геодезист.

Массовое внедрение современного оборудования и технологий, позволяющих в автоматическом режиме выполнять инженерные изыскания и формировать цифровую модель местности, значительно упростили и ускорили работу геодезистов. При этом нередко для качественного выполнения текущих задач важно иметь возможность обращаться к данным прошлых лет. Например, на этапе анализа исходных материалов, таких как исполнительные съемки, планы, карты или планшеты, имеющих только в растровом виде, незаменимым инструментом остается программа КРЕДО ТРАНСФОРМ.

Пользователям эта программа знакома как инструмент для обработки и трансформации — устранения линейных и нелинейных искажений растровых изображений. При этом ее функциональные возможности нашли применение не только в геодезии, но и в геологии [1] и исторических исследованиях [2].

Все программы компании «КРЕДО-ДИАЛОГ» активно развиваются, следуя современным техническим тенденциям и предложениям пользователей, при этом они внесены в Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД Минцифры России [3].

В настоящее время работа программ КРЕДО возможна как под управлением операционной системы Windows, так и российской операционной системы Astra Linux. Выпуск КРЕДО ТРАНСФОРМ 4.3 не стал исключе-

нием — программа поддерживает работу на обеих платформах.

Главной особенностью обновления, помимо оптимизации существующих инструментов, является включение всех функциональных возможностей программы КРЕДО ВЕКТОРИЗАТОР.

Новая версия программы КРЕДО ТРАНСФОРМ 4.3 позволяет быстро и эффективно выполнять трансформацию и векторизацию растровых изображений, упрощая работу специалистов. Далее в статье подробнее рассмотрим ее особенности и возможности.

▼ Исходные данные

Программа поддерживает большое количество популярных форматов растровых изображений как с геопривязкой (внутренней или внешней), так и без нее. В новой версии реализована поддержка работы с внешними растрами, поэтому размер обрабатываемого изображения ограничен только ресурсами компьютера.

Подробнее остановимся на материалах, которые могут быть исходными для работы в программе:

— растровые изображения схем, планов, планшетов, листов топографических карт, иные картографические материалы и цветные фотоизображения в форматах: BMP, GIF, TIFF (GeoTIFF), PNG, JPEG, JPEG2000, ECW, RSW, PRF (PHOTOMOD);

— дополнительные файлы для работы с растрами в форма-

тах: MapInfo (TAB), Worldfile (WLD, BPW, JGW, PGW, TFW, EWW), CREDO DOS (TIE), Intergraph (TIFF); файлы с информацией о рациональных полиномиальных коэффициентах для космических снимков — RPC; матрицы высот в форматах SRTM ASCII, GeoTIFF, MTW 2000, TXT;

— проекты и веб-карты в форматах DXF, SHP, GeoJson, TorexML, проекты ТРАНСФОРМ (TMD), файлы проектов других программ геодезической серии КРЕДО (при открытии проекта будут прочитаны только поддерживаемые типы данных); данные картографических сервисов, WMS/WFS.

▼ Трансформация

После импорта растровых материалов осуществляется процесс трансформации и привязки к системе координат. Программа предлагает разнообразный функционал для обработки и преобразования растровых изображений в заданную пользователем систему координат. Нелинейные искажения материала исправляются с помощью метода кусочно-линейной трансформации, который обеспечивает высокое качество изображения, в некоторой степени исправляя такие дефекты как сгибы бумаги, неравномерно масштабированные области и другие.

Одновременно обеспечивается привязка обрабатываемых фрагментов растра к выбранной пользователем системе координат, которая может быть основа-

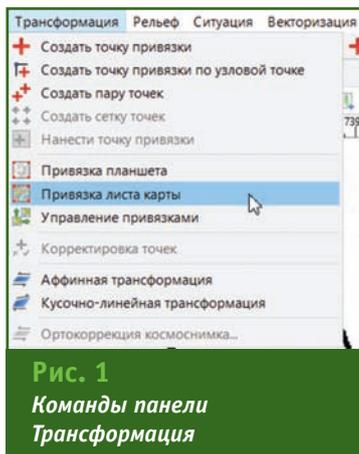


Рис. 1
Команды панели
Трансформация

на на одной из нескольких картографических проекций — Mercator, Transverse Mercator, PseudoMercator и другие. В качестве альтернативы пользователь может выбрать работу в условной системе координат.

Трансформация растра проводится на основе опорных точек, координаты которых указываются пользователем как абсолютные опорные точки. Это могут

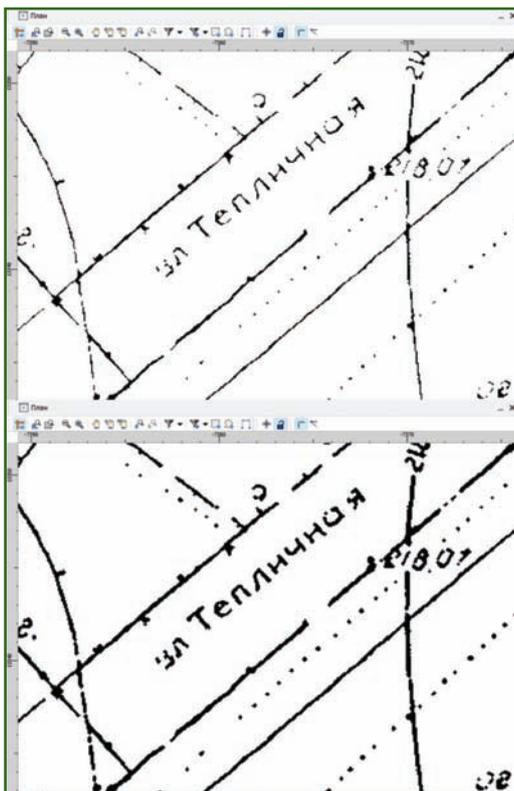


Рис. 2
Подготовка исходного растрового изображения: оригинальное изображение (вверху); улучшенное изображение (инструмент «Наращивание», внизу)

быть кресты координатной сетки, пункты обоснования, координаты углов зданий и т. п. Если используемая система координат основана на картографической проекции, то при ее смене автоматически происходит пересчет опорных точек и трансформация растра.

Реализован механизм сшивки фрагментов на основе относительных опорных точек, который позволяет, используя различные алгоритмы трансформации, выполнить разворот системы координат и изменить масштаб фрагментов, входящих в проект. В процессе выбора опорных точек для каждого растрового фрагмента рассчитываются значения отклонений по оси абсцисс (dN), ординат (dE) и по абсолютной величине смещения (dS), что позволяет оценить правильность установки координат опорных точек или степень искажения исходного материала.

Как уже отмечалось ранее, в качестве исходных данных могут быть использованы листы карт, топографические планшеты и космические снимки. Для ускорения процесса привязки и трансформации этих материалов разработаны специальные сценарии работы (рис. 1). Например, привязка листа карты осуществляется путем указания координат углов карты и номенклатуры листа. Далее во всех узлах картографической сетки автоматически формируются опорные точки, что значительно сокращает время работы специалиста.

Здесь же хотелось отметить специфичную функцию программы — Ортокоррекция космоснимка. Космические снимки в «сыром» виде представляют собой изображения земной поверхности, полученные с борта космического аппарата под углом наклона к точке надира, достигающим 40°. Для устранения искажений и преобразования снимков в ортогональную проекцию выполняют их орто-трансформирование. Для пре-

образования необходимы сопутствующие файлы в виде матрицы высот, коэффициентов RPC и модели геоида.

▼ **Корректировка**

Важным этапом при векторизации является подготовка исходного изображения. Сюда можно отнести инструменты по устранению «несводок» и улучшению качества растрового материала.

Нередко при «сшивке» растров возникают проблемы несовместимости контуров соседних фрагментов. Эту проблему решает специальный механизм устранения «несводок». Принцип его работы заключается в том, что в области, где контуры перекрываются, на каждом из смежных фрагментов добавляются дополнительные опорные точки без указания их координат. В процессе трансформации эти относительные опорные точки смежных фрагментов совмещаются.

В программе представлен широкий набор инструментов, которые позволяют быстро и эффективно подготовить исходные растровые изображения для последующей векторизации. С их помощью можно удалить отдельные пиксели шумов на черно-белых растрах, уменьшить зернистость, выполнить цветокоррекцию, выделить контуры объектов на цветных изображениях, выполнить эрозию либо наращивание линий и т. д. (рис. 2).

▼ **Векторизация**

На этом этапе возможны следующие действия:

- автоматическая векторизация;
- создание элементов цифровой модели местности по растровым топографическим планам.

При использовании векторизации из растрового изображения извлекается набор полилиний, формирующих изображение. Этот метод подходит для быстрого получения векторного изображения на основе видимой

области растра, результатом которого будет набор линейных объектов без классификации на топографические знаки. Полученные полилинии и тексты можно экспортировать в другие форматы для дальнейшей работы.

Наибольший интерес вызывает создание цифровой модели местности и рельефа. В этом случае на растровом топографическом плане происходит распознавание подписей, горизонталей, отметок высот, точечных тематических объектов (ТТО) и линейных тематических объектов (ЛТО) в соответствии с общепринятыми обозначениями топографических условных знаков (рис. 3).

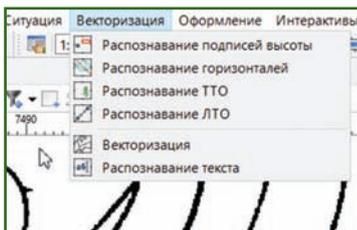


Рис. 3
Команды панели Векторизация

Поиск отметок и ТТО осуществляется автоматически с последующей валидацией результатов. Горизонталей и ЛТО распознаются в полуавтоматическом интерактивном режиме (рис. 4). Затем на основе горизонталей и точек рельефа в векторном формате в программе при необходимости формируется цифровая модель рельефа.

Стоит отметить, что технологии КРЕДО позволяют использовать полученную векторную модель, например, при формировании ВМ-модели в комплексе КРЕДО III (КРЕДО ТОПОПЛАН, КРЕДО ТОПОГРАФ, КРЕДО ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ, КРЕДО ДОРОГИ, КРЕДО ГЕНПЛАН и т. д.). На рис. 5 показана итоговая модель, представленная как в двумерном, так и в трехмерном виде. С помощью открытого обменного формата TeroXML вся накопленная информация будет передана без потерь, включая

триангуляцию, информацию о системе координат, растры и т. д.

▼ **Выходные документы**

Результат работы в программе может быть представлен в нескольких вариантах:

- отредактированные геопривязанные растровые изображения в популярных графических форматах: BMP, GIF, TIFF (GeoTIFF), PNG, JPEG, RSW;
- сформированная цифровая модель местности или цифровая модель рельефа с возможностью экспорта для дальнейшей работы в форматах TeroXML (КРЕДО), DXF (AutoCAD), MIF/MID (MapInfo), GeoJson;
- чертежи, оформленные в соответствии с нормативными документами в форматах PDF, DXF, SVG.

Таким образом, следует отметить, что новая версия КРЕДО ТРАНСФОРМ 4.3 — инструмент, который обладает широким набором функций для трансформации и векторизации растровых изображений, позволяющий

воссоздать точную цифровую модель местности и существенно сократить время работы.



Рис. 5
Двумерная модель (справа) и ВМ-модель (слева), сформированные в КРЕДО III на основе растрового изображения

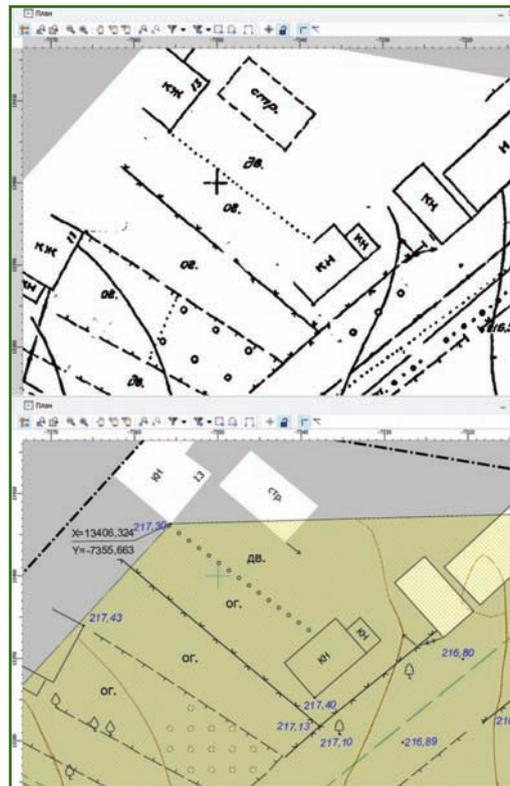


Рис. 4
Результат создания векторной модели (внизу) из растрового топографического плана (вверху)

Список литературы

1. Василенок Е.А., Кукареко И.С., Тенюго Л.В. Векторизация геологического картографического материала в КРЕДО. — <https://credodialogue.ru/press-tsentr/stati/>

1361-geology_cartographic_material_vectorization.html

2. Акашева А.А., Чечин А.В. Методика реконструкции межевого плана и границ Нижнего Новгорода 1784 года на базе специализированных геодезических программ // Историческая информатика. — 2020.

3. Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД. — <https://reestr.digital.gov.ru>

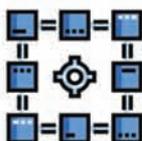
КРЕДО ТРАНСФОРМ

ОТ ОБРАБОТКИ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ДО АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВЕКТОРИЗАЦИИ И СОЗДАНИЯ ИТОГОВОЙ ЦММ

1

ИМПОРТ

Растры в популярных графических форматах, файлы привязки, проекты КРЕДО, DXF, веб-карты.



ТРАНСФОРМАЦИЯ

Устранение искажений, сшивка данных:
- по абсолютным опорным точкам (привязка растров к выбранной СК)
- по относительным опорным точкам (склейка растров без привязки СК).

2

3

КОРРЕКТИРОВКА

Устранение «несводок» контуров, ретушь (удаление шумов, устранение дыр и др), цветоделение и т.д.



ВЕКТОРИЗАЦИЯ

Оцифровка в автоматическом, полуавтоматическом, а также ручном (интерактивном) режимах. Формирование и редактирование ЦММ.

4

5

ЭКСПОРТ

ЦММ в форматах: ТороXML, DXF, Mapinfo. Геопривязанные растры в популярных графических форматах. Чертежи.



НОВИНКИ СПУТНИКОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ SINOGNSS, ПОСТАВЛЯЕМОГО В РОССИЮ*

▼ Новый контроллер SinoGNSS R60



Оснащенный операционной системой Android 12.0, SinoGNSS R60 является профессиональным полевым контроллером с возможностями смартфона. 8-ядерный процессор Qualcomm, оперативная память 4 Гбайт и встроенная память 64 Гбайт обеспечивают контроллеру R60 высокую производительность. Большой объем памяти для хранения данных позволяет открывать чертежи CAD за считанные секунды. Помимо этого у контроллера имеется слот для SD-карты объемом до 128 Гбайт.

Дисплей 5,5 дюймов с разрешением 1920x1080 пикселей и яркостью 500 нит отлично читается при солнечном свете. Управлять контроллером можно, используя перчатки, кончики

пальцев или стилус. Полная Qwerty клавиатура с белой подсветкой имеет эргономичный дизайн и обеспечивает удобство пользователя.

Класс защиты от пыли и влаги IP67 позволяет R60 работать в самых суровых полевых условиях. Благодаря прочной конструкции, которая выдерживает падение с высоты 1,6 м на бетон, контроллер R60 пригоден к экстремальным условиям эксплуатации. Литий-полимерный аккумулятор емкостью 9000 мАч обеспечивает непрерывную работу более 30 часов, а полная зарядка аккумулятора занимает не более 5 часов.

В R60 встроен модем с двумя SIM-картами, который позволяет работать с разными операторами связи. Для легкого управления приемниками компании ComNav контроллер R60 оснащен Wi-Fi, NFC и модулем Bluetooth дальнего действия. Встроенная камера 13 Мпикселей с автофокусировкой поможет сделать качественные фотографии.

Программное обеспечение Survey Master, доступное на контроллере R60, позволяет проводить топографическую съемку, вынос проекта в натуру, COGO и многое другое. Работая под управлением операционной системы Android 12.0, можно при необходимости запускать другие сторонние приложения. Контроллер R60 имеет сертификацию Google GMS, что гарантирует стабильность работы приложений. R60 также оснащен

такими датчиками, как акселерометр, барометр, датчик освещенности, NFC для передачи данных на небольшие расстояния, компас, гироскоп.

Дополнительные характеристики контроллера SinoGNSS R60:

- размер 219,6x91,2x21,2 мм;
- вес 412 г (со встроенным аккумулятором);
- рабочая температура от -30 °С до + 60 °С.

Первая партия контроллеров находится на складе компании «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» и доступна для заказа.

Подробнее о контроллере — www.gsi.ru/catalog/field_controller/sinognss_r60.

▼ ГНСС-приемники SinoGNSS M900, M300 Pro и M300 Pro II

Согласно приказу Росстандарта № 858 от 18.04.2023 г. ГНСС-приемники SinoGNSS M900, M300 Pro и его модификация M300 Pro II внесены в Государственный реестр средств измерений (№ 88866-23).

SinoGNSS M900 — многофункциональный приемник, который можно использовать в качестве базовой станции, но наибольший его потенциал раскрывается в составе интегрированных навигационных систем для различных транспортных средств, сельскохозяйственных и строительных машин. Он имеет встроенный модуль IMU и обеспечивает подключение одновременно двух антенн ГНСС, что позволяет определять не только координаты, но и ориен-

* Статья подготовлена пресс-службой компании «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ».

тацию транспортного средства в пространстве. Обилие встроенных интерфейсов для беспроводной передачи информации и все необходимые варианты кабельного подключения значительно расширяют возможности M900.



Ключевые характеристики SinoGNSS M900:

- конструкция с двумя антеннами для определения местоположения и курса;
- поддержка совместной навигации ИНС + ГНСС;
- 1226 спутниковых каналов, прием сигналов со всех спутниковых систем;
- точность в режиме реального времени (RTK): 5 мм + 0,5 мм/км (в плане) и 10 мм + 0,5 мм/км (по высоте);
- Bluetooth / УКВ / Wi-Fi / 4G;
- передовая технология QUANTUM для точного позиционирования;
- объем памяти 8 Гбайт;
- поддержка настройки приемника через веб-интерфейс с использованием LAN и Wi-Fi;
- удобный OLED-дисплей и светодиодные индикаторы состояния;
- размер 183x171x56 мм;
- вес 1,0 кг;
- рабочая температура от -40 °C до +75 °C;
- степень пылевлагозащиты IP67.

SinoGNSS M300 Pro представляет собой универсальный ГНСС-приемник для решения широкого спектра задач высо-

точного позиционирования. Это современный приемник со всеми необходимыми функциями для создания отдельной базовой станции или для сетей постоянно действующих базовых станций. M300 Pro имеет 574 канала и отслеживает сигналы всех глобальных навигационных спутниковых систем: GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo, IRNSS, SBAS и QZSS.

Удобная передняя панель с дисплеем упрощает настройку и проверку состояния приемника. В дополнение к стандартному порту Ethernet приемник также оснащен модулем объемом 4 Гбайта в качестве резервного, что может повысить стабильность Интернет-соединений. Большое количество различных интерфейсов M300 Pro позволяют легко подключаться к внешним устройствам, таким как радиомодемы, метеостанции и т. д.

Встроенный литий-ионный аккумулятор работает в качестве основного источника питания или резервного источника бесперебойного питания. Время работы от встроенного питания до 16 часов. В сочетании с функцией циклической записи необработанных данных M300 Pro обеспечивает непрерывную запись в течение длительного времени. Функционал M300 Pro делает его оптимальным выбором для постоянно действующих станций при мониторинге деформаций, управлении судами в портах и в других областях, где точность и надежность

позиционирования являются самыми важными требованиями.

Многофункциональный встроенный веб-интерфейс M300 Pro обеспечивает полное дистанционное управление — настройку приемника, проверку состояния, обновление встроенного ПО, загрузку данных и управление пользователями. M300 Pro поддерживает пять независимых потоков передачи данных по протоколу TCP в форматах RTCM, бинарный Comnav, NMEA и BINEX в сочетании с оповещением по электронной почте и функцией FTP push, повышает эффективность работы.

Ключевые характеристики приемника SinoGNSS M300 Pro:

- компактный корпус с большим выбором различных интерфейсов;
- удобный дисплей для настройки и проверки состояния приемника;
- расширенное дистанционное управление по сетевым протоколам;
- точность в режиме реального времени (RTK): 5 мм + 0,5 мм/км (в плане) и 10 мм + 0,5 мм/км (по высоте);
- встроенная память объемом 32 Гбайт с возможностью расширения до 1 Тбайт;
- передача данных 4G / Ethernet;
- размер 224x176x67 мм;
- вес, 2,4 кг;
- рабочая температура от -40 °C до +80 °C;
- степень пылевлагозащиты IP67.



ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ СМАРТФОНОМ XIAOMI MI 8 С ДВУХЧАСТОТНЫМ ГНСС-МОДУЛЕМ В РЕЖИМЕ STATIC

В.Ю. Афанасьев («НИИ прикладной акустики», Дубна)

В 2017 г. окончил магистратуру геодезического факультета МИИГАиК с присвоением квалификации «магистр» по направлению «геодезия и дистанционное зондирование». С 2015 г. работал в ООО «Топкон Поозиционинг Системс», с 2017 г. — в ООО «Мостоотряд-55». С 2019 г. работает в ФГУП «НИИ прикладной акустики», в настоящее время — научный сотрудник.

В ходе производственной деятельности автор выполняет геодезические измерения для определения координат пунктов локальных геодезических сетей и точек местности. Иногда требуемая точность определения координат некоторых точек местности находится в пределах нескольких дециметров в плане и по высоте. Данная точность значительно выше точности определения координат в автономном режиме геодезическими и навигационными спутниковыми приемниками, которая характеризуется уровнем от десятков до одного метра, но при этом значительно ниже точности, получаемой в относительных режимах, таких как Static, Kinematic, RTK (кинематика в режиме реального времени), которые характеризуются уровнем от нескольких сантиметров до нескольких миллиметров при благоприятных условиях для спутниковых измерений.

В мае 2016 г. компания Google объявила, что «сырые» данные спутниковых измерений доступны через операционную систему Android Nougat. В 2018 г. компания Xiaomi (Китай) выпустила первый в мире смартфон с двухчастотным

ГНСС-модулем — Xiaomi Mi 8 на основе чипсета Broadcom BCM47755 [1]. Таким образом, стала возможна запись и обработка «сырых» данных ГНСС-измерений с помощью смартфона Xiaomi Mi 8 на частотах:

- L1 и L5 (GPS);
- L1 (ГЛОНАСС);
- B1 (Beidou);
- E1 и E5a (Galileo);
- L1 и L5 (QZSS).

Целями данного исследования являлись:

- оценка точности определения координат с помощью смартфона Xiaomi Mi 8 в режиме Static;

- определение наименьшей продолжительности спутниковых измерений смартфоном Xiaomi Mi 8 относительно многочастотного спутникового геодезического приемника и второго такого же смартфона для определения координат с дециметровой точностью.

Для решения задач использовались:

- два многочастотных спутниковых геодезических приемника GEON G2 [2];

- два смартфона Xiaomi Mi 8;

- программа сбора «сырых» данных спутниковых измерений Geo++ RINEX Logger версии 2.1.6 для Android;

- программа постобработки спутниковых измерений MAGNET Tools версии 5.1.1.0;

- программа постобработки спутниковых измерений RTKLib ver. 2.4.3.

Спутниковые измерения выполнялись периодами различной продолжительности с 12.10.2021 г. по 16.02.2022 г. на трех пунктах K1, K2 и GR5 локальной геодезической сети, расположенной в Дмитровогорском с/п в районе деревни Новое Домкино Конаковского района Тверской области.

Геодезические координаты пункта K1 были определены с высокой точностью относительно трех пунктов Международной службы ГНСС (IGS) по непрерывным спутниковым измерениям, выполненным в период с 26 ноября по 13 декабря 2021 г. и обработанным в программе RTKLib в режиме Static с использованием точных эфемерид.

Координаты пунктов K2 и GR5 были определены с высокой точностью относительно пункта K1 по многочасовым спутниковым измерениям, выполненным в разные периоды времени с 26 ноября по 13 декабря 2021 г., обработанным в режиме Static и уравненным в программе MAGNET Tools.

Пункты K1 и K2 имели одинаковую конструкцию. Она представляла собой металлическую стойку высотой 30 см из комплекта спутникового приемника, закрепленную на металлической площадке с тремя опорными магнитами, которая позволяла установить пункты вблизи края плоской крыши двухэтажного здания. Поверхность площадки была приведена в горизонтальное положение с помощью цилиндрического уровня. В верхней части стойки, ось которой являлась центром пункта, имелось резьбовое соединение для принудительного центрирования спутникового приемника или стального диска для установки с помощью стяжек смартфона. Расстояние между пунктами K1 и K2 составляло 24,8 м.

Пункт GR5 представлял собой дюбель-гвоздь, вбитый в асфальтовое покрытие дороги на глубину 4 см. Установка спутниковых приемников над этим пунктом выполнялась с помощью геодезического штатива с трегером, оснащенный оптическим центриром и цилиндрическим уровнем. Расстояние между пунктами K1 и GR5 составляло 357,1 м, между пунктами K2 и GR5 — 337,9 м. Превышение между пунктами K1 — GR5 и K2 — GR5 составляло +8,7 м.

Условия для спутниковых измерений на всех пунктах можно считать благоприятными.

Первоначально для сбора «сырых» спутниковых измерений смартфонами использовалась программа rinox ON версии 1.3 для Android, но при анализе записанных данных обнаружились ошибки, из-за которых были получены некорректные результаты обработки «сырых» измерений. Поэтому в дальнейшем для сбора «сырых» спутниковых измерений смартфонами использовалась программа Geo++ RINEX Logger.

По фотографиям без задней крышки, описаниям смартфона Xiaomi Mi 8 и пробным экспериментам по записи и обработке спутниковых измерений было определено приблизительное расположение спутниковой антенны внутри смартфона. Точность центрирования и определения высоты смартфонов Xiaomi Mi 8 над пунктами можно охарактеризовать погрешностью 20 мм в плане и 5 мм по высоте. Для уменьшения влияния многолучевости в качестве экранирующей плоскости (groundplane) для первого и второго смартфонов использовались два стальных диска: диаметром 374 мм и толщиной 1,5 мм, диаметром 500 мм и толщиной 2,0 мм.

Программа Geo++ RINEX Logger позволяет создавать файлы с данными наблюдений (observation data) в формате RINEX, но не выполняет запись навигационных данных (navigation data). Поэтому при постоб-

работке использовались навигационные данные GPS и ГЛОНАСС в формате RINEX, записанные приемником GEON G2 или скачанные из открытого ресурса Международной службы ГНСС (IGS) [3].

Спутниковые измерения приемниками GEON G2 выполнялись в режиме Static с регистрацией сигналов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС с длительностью цикла измерений 1 с и маской угла возвышения спутников 10° .

Спутниковые измерения смартфонами Xiaomi Mi 8 выполнялись в режиме Static с регистрацией сигналов всех доступных ГНСС с длительностью цикла измерений 1 с и без ограничения маски угла возвышения спутников.

Разделение спутниковых измерений на периоды разной продолжительности и постобработка в режиме Static были выполнены в программе MAGNET Tools.

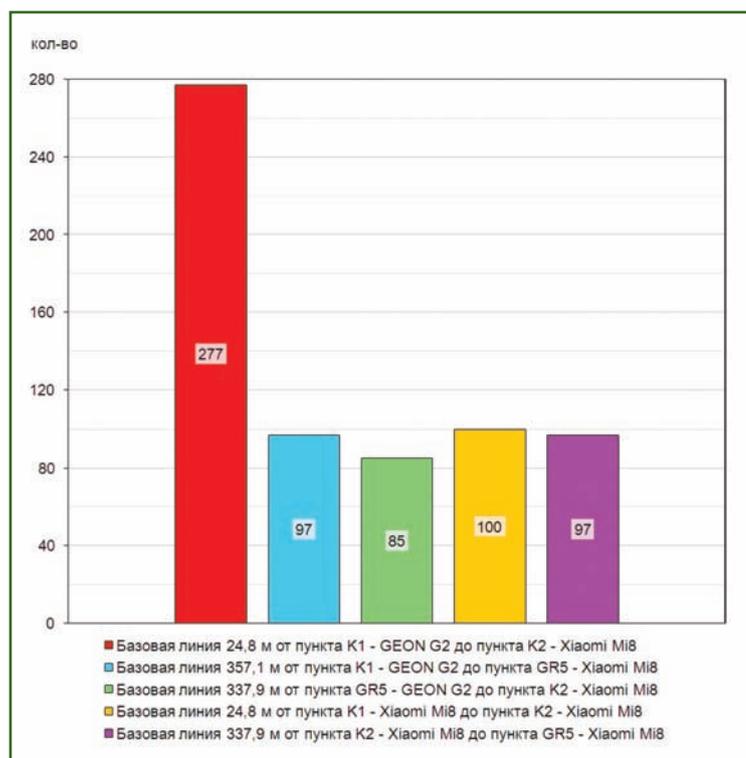


Рис. 1

Количество обработанных одночасовых интервалов для базовых линий

Количество фиксированных решений

Таблица 1

Продолжительность измерений, ч	Количество фиксированных решений, %				
	К1 — К2	К1 — GR5	GR5 — К2	К1 — К2	К2 — GR5
Базовая линия	К1 — К2	К1 — GR5	GR5 — К2	К1 — К2	К2 — GR5
Длина базовой линии, м	24,8	357,1	337,9	24,8	337,9
Средства измерений	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	Xiaomi Mi 8 — Xiaomi Mi 8	Xiaomi Mi 8 — Xiaomi Mi 8
0,25	98,9	97,9	98,8	99,0	98,7
0,5	100,0	99,5	100,0	99,5	99,5
1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
12	100,0	—	—	—	—

При постобработке использовались:

- сигналы спутников GPS на частотах L1 и L5;

- сигналы спутников ГЛОНАСС на частоте L1;

- маска угла возвышения спутников — 10°;

- бортовые эфемериды;

- режим процесса постобработки «Авто», при котором MAGNET Tools автоматически выбирает обрабатываемые частоты сигналов спутников, а также определяет необходимость использовать в обработке кодо-

вых измерений и измерений фазы несущей.

Количество обработанных однократных интервалов для базовых линий показано на рис. 1.

Постобработка спутниковых измерений в режиме Static была выполнена с продолжительностью периода обработки 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 6 ч для всех базовых линий и дополнительно с продолжительностью периода обработки 12 ч для базовой линии К1 — К2 длиной 24,8 м. Длительность одного цикла измерений составляла 1 с.

В результате постобработки были выявлены векторы, имеющие нефиксированное решение, где многозначность результатов спутниковых измерений не разрешена, которые были исключены из дальнейшей статистической обработки.

Количество фиксированных решений, где многозначность разрешена, от общего количества решений для различных базовых линий при разной продолжительности спутниковых измерений показано в табл. 1.

Количество отбракованных по двум итерациям решений, невязки которых превышают 3 СКО в плане или по высоте

Таблица 2

Продолжительность измерений, ч	Количество отбракованных решений, %				
	К1 — К2	К1 — GR5	GR5 — К2	К1 — К2	К2 — GR5
Базовая линия	К1 — К2	К1 — GR5	GR5 — К2	К1 — К2	К2 — GR5
Длина базовой линии, м	24,8	357,1	337,9	24,8	337,9
Средства измерений	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	Xiaomi Mi 8 — Xiaomi Mi 8	Xiaomi Mi 8 — Xiaomi Mi 8
0,25	3,4	3,1	1,5	3,5	3,6
0,5	6,7	7,8	8,2	3,0	4,1
1	7,6	11,3	8,2	2,0	6,2
2	3,6	0,0	4,9	4,1	6,3
3	2,2	6,7	7,4	0,0	6,7
6	0,0	0,0	0,0	6,3	6,7
12	0,0	—	—	—	—

В программе MS Excel по формуле Гаусса вычислялись средние квадратические отклонения (СКО) полученных координат пунктов от принятых за истинные.

Двумя итерациями были отбракованы «грубые» решения, невязки которых превышали значение в 3 СКО в плане или по высоте.

Их количество от общего количества решений за исключением нефиксированных решений для базовых линий при разной продолжи-

тельности спутниковых измерений показано в табл. 2.

После двухитерационной отбраковки по критерию превышения 3 СКО в плане или по высоте по формуле Гаусса были вычислены 2 СКО определения координат в плане и по высоте смартфоном Xiaomi Mi 8 относительно приемника GEON G2 и второго смартфона (табл. 3).

Количество решений, невязки которых не превышают 2 СКО в плане и по высоте после отбраковки, от общего количества решений за исключением

нефиксированных и отбракованных решений для базовых линий при разной продолжительности спутниковых измерений приведено в табл. 4.

Решения для базовой линии K2 — GR5 длиной 337,9 м с установленными над пунктами смартфонами Xiaomi Mi 8 имеют меньшую СКО относительно решений для базовой линии K1 — K2 длиной 24,8 м с установленными над пунктами смартфонами Xiaomi Mi 8. Это можно объяснить тем, что решения для базовой линии K2 — GR5 имели

2 СКО определения координат в плане и по высоте смартфоном Xiaomi Mi 8 относительно приемника GEON G2 и второго смартфона

Таблица 3

Продолжительность измерений, ч	В плане / по высоте, мм	В плане / по высоте, мм			
Базовая линия	K1 — K2	K1 — GR5	GR5 — K2	K1 — K2	K2 — GR5
Длина базовой линии, м	24,8	357,1	337,9	24,8	337,9
Средства измерений	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	Xiaomi Mi 8 — Xiaomi Mi 8	Xiaomi Mi 8 — Xiaomi Mi 8
0,25	660 / 390	796 / 404	740 / 442	1046 / 650	986 / 509
0,5	268 / 196	410 / 225	364 / 218	801 / 444	697 / 331
1	84 / 98	141 / 105	157 / 115	580 / 288	396 / 172
2	50 / 80	101 / 71	67 / 81	372 / 259	235 / 186
3	46 / 80	46 / 71	58 / 73	312 / 217	162 / 92
6	48 / 88	53 / 61	39 / 84	163 / 93	38 / 43
12	46 / 78	—	—	—	—

Количество решений, невязки которых не превышают 2 СКО в плане и по высоте после отбраковки

Таблица 4

Продолжительность измерений, ч	В плане / по высоте, %	В плане / по высоте, %			
Базовая линия	K1 — K2	K1 — GR5	GR5 — K2	K1 — K2	K2 — GR5
Длина базовой линии, м	24,8	357,1	337,9	24,8	337,9
Средства измерений	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	GEON G2 — Xiaomi Mi 8	Xiaomi Mi 8 — Xiaomi Mi 8	Xiaomi Mi 8 — Xiaomi Mi 8
0,25	94,4 / 93,0	93,0 / 92,4	95,2 / 92,8	94,3 / 94,8	93,8 / 93,0
0,5	90,9 / 91,3	90,4 / 90,4	91,7 / 92,3	92,7 / 94,8	93,0 / 92,4
1	94,1 / 97,7	94,2 / 95,3	94,9 / 94,9	94,9 / 90,8	92,3 / 93,4
2	97,7 / 99,2	87,5 / 95,8	92,3 / 97,4	95,7 / 93,6	93,3 / 91,1
3	97,8 / 100,0	92,9 / 100,0	92,6 / 100,0	97,0 / 97,0	92,9 / 89,3
6	100,0 / 100,0	93,3 / 100,0	100,0 / 100,0	93,3 / 93,3	100,0 / 100,0
12	100,0 / 100,0	—	—	—	—

большее количество «грубых» решений (невязки которых превышали 3 СКО в плане или по высоте), которые были исключены из дальнейшей статистической обработки, что видно в табл. 2.

При продолжительности спутниковых измерений 6 часов точность определения координат смартфоном Xiaomi Mi 8 относительно такого же смартфона характеризуется 2 СКО не хуже 20 см в плане и 10 см по высоте.

На рис. 2 и 3 видно, что точность определения координат смартфоном Xiaomi Mi 8 относительно приемника GEON G2 для всех базовых линий перестает увеличиваться, а среднее значение для 2 СКО составляет:

— 48 мм в плане при продолжительности спутниковых измерений 3 часа и более, при этом более 92,6% решений не превышают 2 СКО в плане;

— 77 мм по высоте при продолжительности спутниковых измерений 2 часа и более, при этом более 95,8% решений не превышают 2 СКО по высоте.

Для всех базовых линий при определении координат смартфоном Xiaomi Mi 8 относительно приемника GEON G2 или такого же смартфона при продолжительности спутниковых измерений 15 минут и более количество решений, являющихся фиксированными (многозначность результатов спутниковых измерений разрешена), составляет более 97,9%, а при продолжительности 1 час и более — 100%.

Количество «грубых» решений, невязки которых превышают 3 СКО в плане или по высоте, от общего количества решений за исключением нефиксированных решений для всех базовых линий не превышает 11,3% и составляет в среднем 4,4%.

После двухитерационной отбраковки по критерию превы-

шения 3 СКО в плане или по высоте для всех базовых линий количество решений, невязки которых не превышают:

— 2 СКО в плане, более 87,5% и составляет в среднем 94,4%;

— 2 СКО по высоте, более 89,3% и составляет в среднем 95,4%.

Порядок величин невязок определения координат в плане и по высоте при постобработке спутниковых измерений в программе RTKLib ver. 2.4.3 в режиме Static согласуется с результатами, полученными в программе постобработки MAGNET Tools версии 5.1.1.0, но настройки постобработки при этом различны. При постобработке таких измерений с использованием программы RTKLib для получения корректных результатов

(с наименьшими невязками) настройки программы должны быть следующими:

— Interval (интервал обработки измерений) — 1 s (секунда);

— Frequencies (частоты) — L1+2+3+4+5;

— Filter Type (тип фильтра) — Combined;

— Elevation Mask (маска угла возвышения) — 10°;

— Ionosphere Correction (ионосферная коррекция) — OFF;

— Troposphere Correction (тропосферная коррекция) — Saastamoinen;

— Satellite Ephemeris/Clock (спутниковые эфемериды и часы) — Broadcast;

— RAIM FDE (обнаружение и исключение ошибок при автономном контроле целостности приемника);

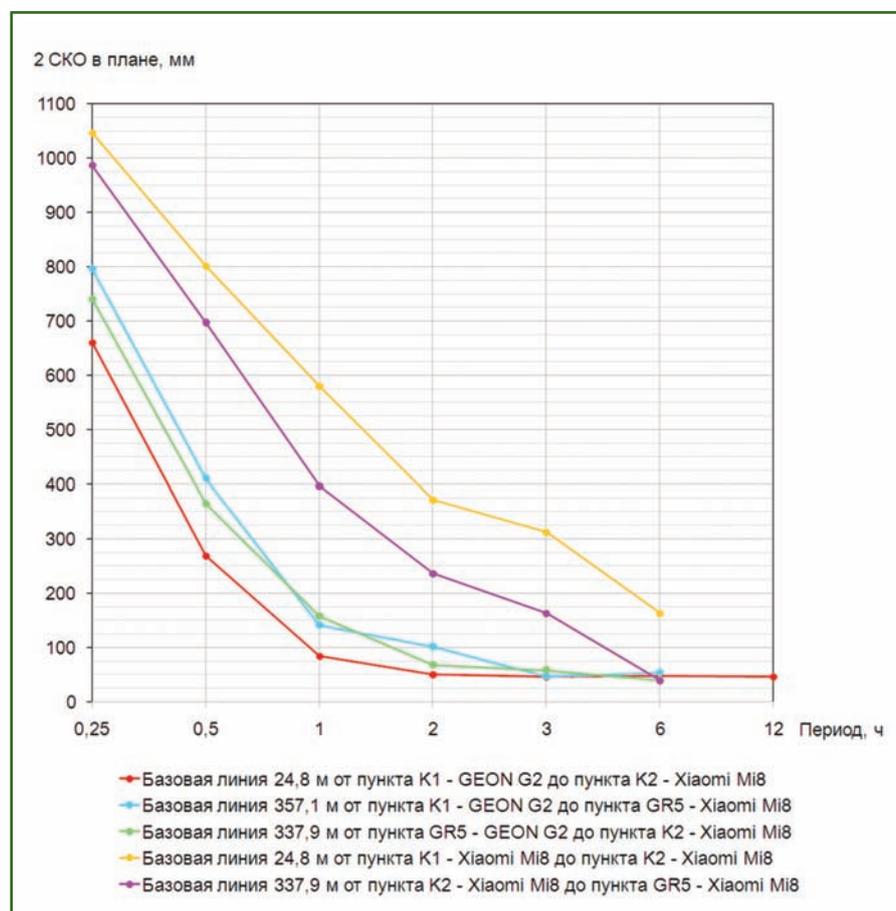


Рис. 2

Зависимость 2 СКО определения плановых координат смартфоном Xiaomi Mi 8 относительно приемника GEON G2 и второго смартфона от продолжительности GNSS-измерений

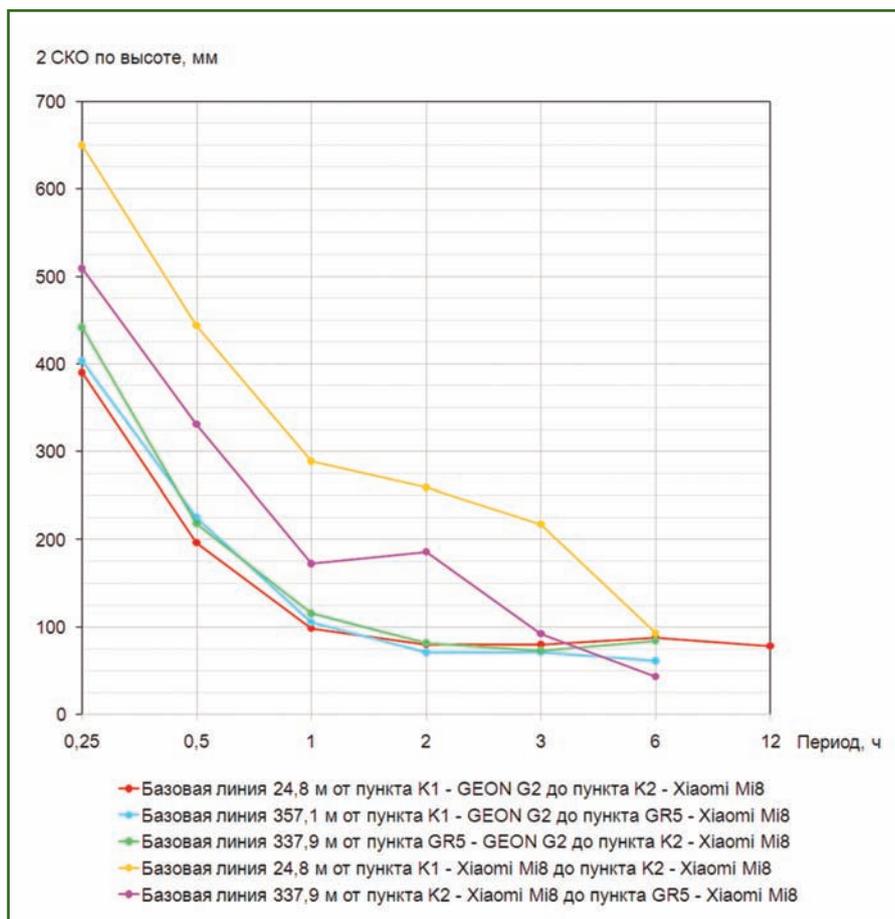


Рис. 3

Зависимость 2 СКО определения высоты смартфоном Xiaomi Mi 8 относительно приемника GEON G2 и второго смартфона от продолжительности ГНСС-измерений

— GPS (используются сигналы спутников только навигационной системы GPS);

— Integer Ambiguity Res (целочисленное разрешение многозначности) — OFF (без разрешения многозначности, результаты имеют плавающее решение).

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Дециметровый уровень точности определения координат смартфоном Xiaomi Mi 8 с двухчастотным ГНСС-модулем в плане и по высоте при благоприятных условиях для спутниковых измерений с регистрацией сигналов спутников GPS и ГЛОНАСС, длительностью цикла измерений 1 с и маской угла возвышения спутников 10° по-

сле постобработки в режиме Static может быть достигнут в случае продолжительности спутниковых измерений:

— 2 часа и более при определении координат относительно многочастотного спутникового геодезического приемника GEON G2;

— 6 часов и более при определении координат относительно второго смартфона Xiaomi Mi 8.

2. Интервала ГНСС-измерений в 15 минут может быть достаточно для субметрового уровня точности определения координат смартфонами Xiaomi Mi 8 с двухчастотным ГНСС-модулем в плане и по высоте.

Автор рекомендует выполнять несколько спутниковых измерений с 15-минутными интервалами с целью исключения

нефиксированных решений, когда многозначность результатов спутниковых измерений не разрешена, и «грубых» решений, когда невязки в плане или по высоте превышают 3 СКО. Например, выполнить спутниковые измерения в течение 1 часа, далее провести постобработку (целиком, двух 30-минутных интервалов и четырех 15-минутных интервалов), исключить нефиксированные решения при их наличии и выполнить статистическую обработку полученных результатов.

При выполнении исследования автор осознал, насколько важно иметь в качестве научного руководителя компетентного специалиста, которому можно без опасений довериться, поскольку ориентироваться и принимать правильные решения в научной среде самостоятельно сложно.

Автор часто вспоминает слова профессора Геннадия Анатольевича Шанурова (1949–2017), своего научного руководителя магистерской диссертации: «Проблемы в образовании и научной деятельности молодых специалистов можно сформулировать двумя задаваемыми ими вопросами: «Зачем это делать так, если можно сделать по-другому? Зачем это делать, если можно не делать?». То есть проблемы происходят от отсутствия послушания и терпения.

▼ Список литературы

1. Guo L.; Wang F.; Sang J.; Lin X.; Gong, X.; Zhang, W. Characteristics Analysis of Raw Multi-GNSS Measurement from Xiaomi Mi 8 and Positioning Performance Improvement with L5/E5 Frequency in an Urban Environment. Remote Sens. 2020, 12, 744. — <https://doi.org/10.3390/rs12040744>.

2. ГНСС-приемники спутниковые геодезические многочастотные GEON G2. — <https://all-pribors.ru/opisanie/62985-16-geon-g2-73080#info>.

3. International GNSS Service. — <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/data>.

ИТОГИ XVI НАВИГАЦИОННОГО ФОРУМА И КОНГРЕССА «СФЕРА»*

13 апреля 2023 г. в ЦВК «Экспоцентр» состоялся XVI Международный навигационный форум и конгресс «Сфера». Событие посетило более 1200 человек из России, Китая, Беларуси, Ирана, Шри-Ланки, Филиппин, Турции, ОАЭ, Армении, Бахрейна и Бангладеша.

В работе Форума приняли участие заместитель Председателя Правительства РФ — министр промышленности и торговли РФ Денис Мантуров, генеральный директор Госкорпорации «Роскосмос» Юрий Борисов, первый заместитель председателя Комитета по экономической политике ГД ФС РФ Денис Кравченко, чрезвычайный и полномочный посол Исламской Республики Иран в РФ Казем Джалали и заместитель директора Национального центра услуг времени Китайской Народной Республики Лу Сючунь. Модератором пленарной секции выступил исполнительный директор по перспективным программам и науке Госкорпорации «Роскосмос» Александр Блошенко.

Участники пленарной секции осмотрели выставку технологических решений дочерних предприятий Госкорпорации «Роскосмос» — АО «РЕШЕТНЁВ», АО «Спутниковая система «Гонец», АО «ОКБ «Факел», АО «ЦНИИ-маш» и АО «Организация «АГАТ». Денис Мантуров обратил внимание на высокое качество передовых разработок российских производителей.

Так, на стенде АО «Организация АГАТ» его представители сообщили, что в России будет создана ракета космического



назначения «Старт-1М», предназначенная для запуска на грузки с космодромов Плесецк и Восточный. «Комплекс обеспечивает подготовку и проведение запусков КА массой 150–700 кг на орбиты высотой 200–1500 км с космодромов Восточный и Плесецк», — указано в соответствующих материалах о носителе.

Инженеры опытного конструкторского бюро «Факел» продолжают совершенствовать конструкцию двигательной установки, предназначенной для

коррекции орбиты и увода космических аппаратов Марафон IoT. Часть деталей планируется создавать с помощью аддитивных технологий. «Цель установки сохранять высокую надежность при низкой стоимости, при этом конструкторско-технологические службы «Факела» продолжают совершенствовать двигательную установку. Мы ведем работы по внедрению аддитивных технологий в нашу продукцию, к примеру, в этой установке мы ограничились деталями кронштейнов, обес-

* Статья подготовлена пресс-службой агентства деловых коммуникаций «ПрофКонференции».

печивающих крепление двигателя к баку. Мы готовы к серийному производству таких двигательных установок», — подчеркнул генеральный директор АО «ОКБ «Факел» Геннадий Абраменков.

На стенде АО «ЦНИИмаш» сообщили, что к концу 2023 г. планируется подготовить аванпроект системы обеспечения безопасности космической деятельности в околоземном про-



странстве «Млечный путь». «Такие факторы, как передовой технический облик системы, ее масштаб, разнородность технических средств, от наземных до космических, а также необходимость привлечения компетентных организаций-разработчиков, входящих в контур различных федеральных органов исполнительной власти, обуславливают выбор в качестве наиболее предпочтительного варианта программно-целевого планирования федеральный проект», — сказал советник генерального директора АО «ЦНИИмаш» Максим Пеньков.

«Для достижения технологического суверенитета страны нам нужно обеспечить ее полное покрытие всеми современными сервисами, имея в виду связь, навигацию, вещание, широкополосный доступ в интернет, дистанционное зондирование Земли. Для этого необходимо развивать наши спутниковые группировки на низких, средних и высокоэллиптических орбитах. Как раз на эти цели сфокусирован федеральный проект «Сфера». И прошлый год был ознаменован началом его практической реализации», — отметил Денис Мантуров на пленарной секции.

Юрий Борисов добавил, что Роскосмос «готов вести открытую и конструктивную работу со всеми компаниями, которые хотят прийти на рынок услуг и включиться в процесс создания космических группировок. Роскосмос, как госкорпорация, отвечающая за создание национальной космической группировки, должна играть лидирующую и координирующую роль, чтобы правильно вписать все предложения частных компаний по дополнению национальной группировки теми услугами, которые пока не реализованы. Эта роль исключит дублирование, обеспечит динамику в соз-

дании национальной группировки».

Денис Кравченко уточнил, что частный бизнес также готов заниматься развитием космической группировки, но ему необходимы определенные гарантии — это могут быть форвардные контракты, льготные режимы кредитования, преференции режима налогообложения.

Например, в 2023 г. Роскосмос приступит к созданию системы подключения мобильных устройств к сети в условиях отсутствия сотовой инфраструктуры. «Подобные проекты называются direct-to-cell («прямо к сотовому»). Сейчас в мире много инициатив, призванных реализовать такую возможность, и Россия присоединяется к гонке». По словам Александра Блошенко, Роскосмос хочет «идти в ногу со временем и заложить необходимые проектные решения для того, чтобы иметь такую систему на низких орбитах и обеспечить качественно новый уровень предоставления услуг массовому потребителю».

Такие проекты должны укрепить международное взаимодействие. Джалали Казем заявил, что Иран готов развивать мирное сотрудничество в космосе со всеми странами, особенно с Российской Федерацией. И от радно отметить, что Иран и Россия в последние годы вступили в новый этап взаимодействия в различных сферах сотрудничества в космосе.

Лу Сяочунь продолжила международную риторику, отметив, что планы Китая включают разработку и оптимизацию, запуск резервных спутников, повышение производительности системы и непрерывное предоставление качественных пространственно-временных информационных услуг. А также создание комплексной архитектуры PNT с более универсальными, более интегрированными и

более интеллектуальными сервисами с использованием BDS в качестве ядра, интегрированного с другими средствами не спутниковой навигации и новыми технологиями для максимального удовлетворения общественных потребностей.

После пленарной секции спикеры продолжили общение в кулуарах конгресса, а делегаты форума отправились на другие отраслевые дискуссии — «Рынок спутниковых коммуникаций и перспектив операторского бизнеса», «Развитие систем навигации», «Высокоточная спутниковая навигация», «Состояние и перспективы развития геоинформационных систем», круглый стол «CubeSat» и «Применение навигационных технологий в различных отраслях экономики. Цифровое сельское хозяйство».

В профессиональных обсуждениях принимали участие

заместитель генерального директора по стратегическому развитию АО «Организация «Агат» Алексей Пивкин, заведующая научно-исследовательским отделом комплексного развития транспорта ОАО «НИИАТ» Татьяна Михеева, первый заместитель генерального директора АО «Спутниковая система «Гонец» Олег Химочко, начальник управления проектирования космических систем и комплексов связи, ретрансляции информации и специального назначения АО «РЕШЕТНЁВ» Петр Семкин, заместитель генерального конструктора по электрическим системам АО «НПО Лавочкина» Александр Митькин и другие эксперты.

Генеральный партнер XVI Навигационного форума и конгресса «Сфера» — Госкорпорация «Роскосмос».

Организатор — Ассоциация «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум».

Экспертные партнеры — НП «ГЛОНАСС» и НТИ «Автонет».

Стратегический партнер — АО «Организация «АГАТ».

Официальный партнер — АО «ЦНИИмаш».

Партнеры — АО «Спутниковая система «Гонец», АО «ОКБ «Факел», АО «РЕШЕТНЁВ», Спейс-Тим (SpaceTeam).

Оператор события — агентство деловых коммуникаций «ПрофКонференции».

Организатор выставки «Связь-2023» и экспозиции «Навитех» — АО «Экспоцентр» под патронатом ТПП РФ.

Российская неделя высоких технологий проходит при поддержке Минпромторга России, Минцифры России, Комитета по науке и высшему образованию ГД ФС РФ, Роскомнадзора и Минобрнауки России.

Подробная информация на сайтах: www.glonass-forum.ru и www.navitech-expo.ru.



СТАЛКЕР ПМ-3

МАРКЕРОИСКАТЕЛЬ

Обнаружение положения и глубины залегания всех типов пассивных и интеллектуальных (ID) маркеров

- Запись/чтение данных из интеллектуальных маркеров;
- высокоточное позиционирование (до 1 см.) совместно с RTK планшетом PrinCe LT700H;
- время непрерывной работы от Li-ion аккумуляторов - 9 ч.





ПАССИВНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ МАРКЕРЫ СЕРИИ «МП» (ШАРОВЫЕ, САМОВЫРАВНИВАЮЩИЕСЯ)

- Глубина обнаружения – до 1,8 м.;
- расчетный срок службы – до 50 лет.

СТАЛКЕР 80-24

ПРИЕМНИК ПТ-24

Локализация и диагностика подземных коммуникаций

- GPS – выноска подземных трасс с последующим наложением на карту.
- Высокоточное позиционирование (до 1 см.) совместно с RTK планшетом PrinCe LT700H;
- использование смартфона вместо внешнего GPS-трекера;
- встроенный GPS/ГЛОНАСС модуль.

ФУНКЦИЯ «КОМПАС» С РЕЖИМОМ «ВТОРАЯ ЛИНИЯ»

Одновременное схематическое отображение на дисплее искомой коммуникации и трассы с протекающим током 50, 100 или 300 Гц.

- Время работы – до 20 часов.

ГЕНЕРАТОР ГТ-80

- Мощность и ток до 80 Вт, 12 А;
- фиксированные частоты генератора: 273, 526, 1024, 8928, 32768 Гц;
- выбор произвольной частоты от 300 до 10 000 Гц для работы с приемниками других производителей;
- встроенный индуктор обеспечивает наведение сигнала 33 кГц в линию с поверхности земли;
- дистанционное управление генератором через сеть GSM.



НА ПРАВАХ РЕКЛАМЫ



РАДИО-СЕРВИС

426000, г. Ижевск, а/я 10047, ул. Пушкинская, 268, тел.: (3412) 43-91-44
 факс: (3412) 43-92-63, e-mail: office@radio-service.ru, www.radio-service.ru

ИНТЕГРАТОР БЕСПИЛОТНЫХ РЕШЕНИЙ АЕРОМОТУС ОТКРЫЛ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ПО РАБОТЕ С ДРОНАМИ*

В настоящее время отрасль промышленных беспилотных технологий все более прочно входит в деятельность самых разных предприятий. Госзаказ на беспилотники в России предполагает выпуск продукции на общую сумму около 92 млрд руб. в период с 2024 по 2026 гг. Кроме того, до 2030 г. планируется увеличить его объем до 200 млрд руб.

С растущим спросом на беспилотники растет и потребность в специалистах, способных управлять дронами и работать с цифровыми данными, полученными в режиме реального времени и в результате съемок. В связи с этим в начале 2023 г. интегратор беспилотных решений, компания Aeromotus, открыла лицензированный Учебный центр, в котором можно пройти курсы повышения квалификации. На данный момент в центре действуют две программы дополнительного профессионального образо-



Вручение удостоверений по итогам прохождения курсов в Учебном центре Aeromotus

вания, направленные на работу с дронами и обработку цифровых данных, получаемых с беспилотников. В статье специалисты компании подробно рассказывают о программах и особенностях обучения.

Профессиям будущего обучают на курсах Aeromotus

Программы дополнительного профобразования в Учебном

центре Aeromotus нацелены на получение практических навыков. Каждый из слушателей под чутким руководством преподавателей проходит все этапы от запуска оборудования до работы по обработке данных. Курсы можно пройти как в Москве, так и в любой точке России, так как организаторы могут командировать преподавателей на объект заказчика.

Курсы учебного центра дополнительного образования Aeromotus

* Статья подготовлена пресс-службой компании Aeromotus.



3D-моделирование городского квартала по итогам воздушного лазерного сканирования: а) жилой квартал б) 3D-модель в) результаты воздушного лазерного сканирования

Одна из программ посвящена 3D-моделированию и построению цифровых моделей рельефа (ЦМР), вторая — работе с дронами в геодезии, маркшейдерии и кадастре.

Разработчики и методисты проанализировали опыт зарубежных коллег и включили в программу самые актуальные данные о работе с дронами.

Программа «Дроны в геодезии, маркшейдерии и кадастре» предусматривает расширенное профессиональное обучение, помогает подробно ознакомиться с особенностями эксплуатации Enterprise техники компании DJI. Во время обучения будут освещены все аспекты безопасного использования дронов в геодезии, маркшейде-

нять работу в своей повседневной деятельности.

После обучения преподаватели остаются на связи с обучающимися и могут проконсультировать по возникающим вопросам. В период обучения акцент делается на приобретение именно практических навыков. Занятия проходят в небольших группах, что позволяет проработать все вопросы с каждым слушателем отдельно, уделить внимание тонкостям настройки и управления дронами, а также обработке данных.

План занятий предусматривает много практических часов. Обязательно учитывается специфика и сфера деятельности обучающихся, поскольку основная задача курсов — дать навыки, которые важны им в работе.

После прохождения курса выдается удостоверение о повышении квалификации с дальнейшей регистрацией квалификационных документов об обучении в Федеральном реестре документов об образовании (ФИС ФРДО). Таким обра-



Лекция с наглядной демонстрацией беспилотного оборудования

Программа «3D моделирование и построение цифровых моделей рельефа» позволит подробно ознакомиться с теорией фотограмметрии и лазерной съемки для построения 3D моделей и ЦММ. Во время обучения будет полностью освоен практический процесс работы по созданию 3D моделей и ЦММ в наиболее популярных и востребованных в мире ПО от выравнивания фотографий, предварительной обработки лазерной съемки до текстурирования готовых 3D моделей и выполнения измерений по ним.

рии, кадастре. Курс рассчитан на новых пользователей платформы M300RTK с полезной нагрузкой P1 и/или L1, а также на новых пользователей Phantom 4RTK.

Занятия выстраиваются с учетом специфики деятельности обучающихся, с учетом тех задач, которые будут стоять перед ними в их профессиональной деятельности. Преподаватели могут подготовить план обучения под запрос обучающегося. Главная задача — организовать процесс так, чтобы на выходе специалисты могли самостоятельно выпол-



Образец Удостоверения о повышении квалификации Учебного центра Aeromotus

зом, подлинность документа можно проверить в ФРДО Рособнадзора.

▼ В чем уникальность курсов компании Aeromotus?

Ни для кого не секрет, что специалисты все больших сфер деятельности обращаются к беспилотникам.

На этапе запуска Учебного центра Aeromotus разработчики изучили запросы и задачи, которые возникали у заказчиков беспилотного оборудования. На их основе и были созданы программы обучения.



По словам методиста Учебного центра Aeromotus Анастасии Дергелевой, благодаря прохождению обучения на курсах пилоты БПЛА набирают профессионализм, что позволяет сократить число внештатных ситуаций при эксплуатации оборудования. Обучающиеся получают необходимые теоретические знания и навыки обработки цифровых данных, осваивают новые инструменты для выполнения профессиональных задач.

«Наши преподаватели — профессионалы, готовые делиться обширным практическим опытом. У них горят глаза. Всегда интересно наблюдать, с каким рвением и энергией они готовятся к занятиям. Мы уже получили первые положительные отзывы от наших слушателей, каждому из которых мы помогли сделать рабо-



Получение сертификатов (краткосрочное обучение)

чий процесс значительно плодотворнее за счет использования беспилотных технологий».

▼ Интеграция беспилотных решений с компанией Aeromotus

Компания Aeromotus имеет большой опыт по внедрению беспилотных решений в самых различных отраслях промышленности, для научно-исследовательской деятельности, проведения геодезических изысканий и кадастровых работ и пр.

В 2023 г. компания запустила образовательный проект для популяризации знаний о возможностях беспилотников в вузах страны. Были проведены встречи со студентами Ярославского педагогического университета им. К.Д. Ушинского, Уфимского государственного нефтяного технического университета и Башкирского государственного аграрного университета, на которых продемонстрированы возможности беспилотных технологий для геодезических изысканий и экологических исследований территорий. Особенность работы компании — это интеграция беспилотных технологий для научных, промышленных и иных организаций в России.

Специалисты компании — высококвалифицированные эксперты в области геодезии и картографии, которые выполняют интеграцию полного цикла, включая подбор оборудования под решение задач заказчика, проведение пусконаладочных работ, обучение пилотированию дронов и сопровождение в течение всего эксплуатационного срока оборудования.

Также в Telegram-чате специалистов Aeromotus есть возможность обсудить вопросы по эксплуатации беспилотников и полезных нагрузок, по настройке полетов и обработке данных и пр.



Сайт компании:
<https://aeromotus.ru>

Чат специалистов
Aeromotus:

<https://t.me/aeromotus>

Aeromotus в социальных
сетях:

https://t.me/aeromotus_news

<https://vk.com/aeromotus>

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Б.Е. Резник (Берлинский университет прикладных наук ВНТ, Германия)

В 1982 г. окончил маркшейдерский факультет Ленинградского горного института (в настоящее время — Санкт-Петербургский горный университет) по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работал в ГИПРОДОРНИИ, Ленметрострое и ВНИМИ. С 1993 г. работал инженером-геодезистом в области строительства дорог и тоннелей в г. Аахене, с 1995 г. — научным сотрудником в Бранденбургском техническом университете (г. Котбус), с 1997 г. — главным инженером в Институте геодезии и геоинформатики Ростокского университета. С 2004 г. — профессор инженерной геодезии и геоинформатики Берлинского университета прикладных наук (Berliner Hochschule für Technik). Кандидат технических наук.

Интенсивность транспортных потоков на дорогах в мире постоянно увеличивается. Поэтому для повышения безопасности дорожного движения и возможности применения современных навигационных систем необходима актуальная и достоверная информация о дорожной ситуации. Такие данные о транспортных потоках являются, помимо прочего, основой при выборе необходимого типа дорожных покрытий и несущих конструкций сопутствующих инженерных сооружений, таких как мосты, соответствующим нагрузкам в течение предполагаемого срока эксплуатации.

В статье будет рассмотрен сбор информации исключительно в этом контексте.

▼ Методы сбора данных о дорожном движении и осевых нагрузках

В настоящее время данные о дорожном движении, такие как количество, направление движения, скорость, длина транспортного средства и т. д. могут быть получены с помощью различных методов и соответствующих специальных измерительных систем. К ним относятся, в частности, индукционные, видео, радиолокационные, ультразвуковые, инфракрасные и магнитные детекторы, а также их различные комбинации (рис. 1). В этой статье рассмотрим только некоторые из этих методов, чтобы можно было сравнить их с разработанной методикой. В часто используе-

мых для этих целей индукционных петлевых детекторах специальные проволочные петли предварительно укладывают на проезжую часть, и в них создается магнитное поле. В зависимости от типа транспортных средств происходят характерные изменения индуктивности, по которым их можно классифицировать. Другим популярным методом для решения подобных задач является установка видеокамер над проезжей частью. Принцип измерения основан при этом либо на обнаружении изменений на определенных участках по сравнению с эталонным изображением, либо на обнаружении и отслеживании транспортных средств (метод отслеживания).

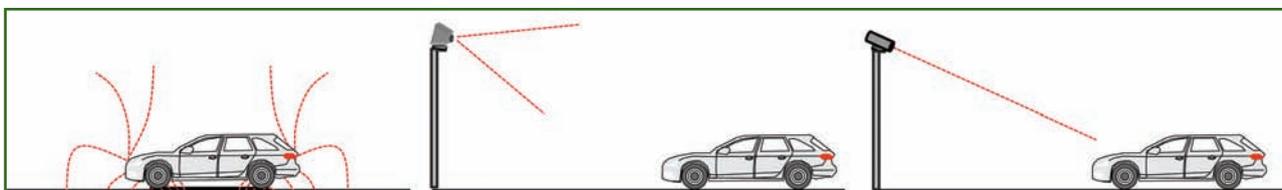


Рис. 1

Некоторые методы сбора информации о дорожном движении

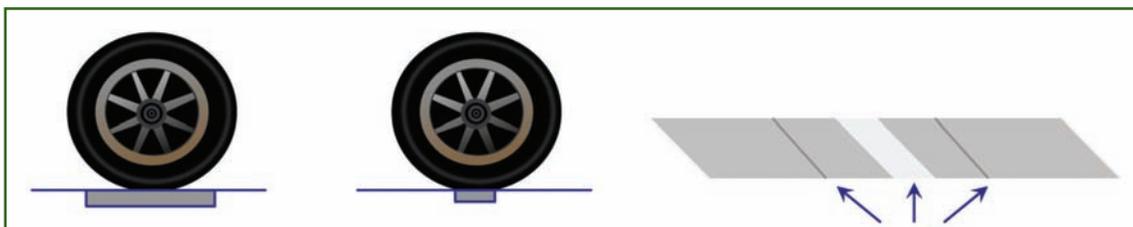


Рис. 2

Некоторые методы сбора информации об осевых нагрузках

Активные радиолокационные системы микроволнового диапазона также могут использоваться для классификации транспортных средств в условиях дорожного движения. Обнаружение транспортных средств с помощью этих устройств осуществляется с использованием эффекта Доплера, т. е. изменения частоты электромагнитной волны в результате относительного движения передатчика и отражающего транспортного средства друг к другу.

Существенным фактором, влияющим на определение размеров дорожного полотна и несущих конструкций необходимых инженерных сооружений, таких как мосты, является прогнозируемая загруженность дорог в течение предполагаемого срока службы. Этот фактор зависит не только от количества автомобилей, но и от соответствующих нагрузок по их осям. При этом особое значение имеет грузовой транспорт, поскольку с увеличением осевой нагрузки чрезвычайно быстро возрастает износ дорожного покрытия и несущих конструкций мостовых переходов. При измерении осевых нагрузок следует различать статические и динамические системы взвешивания. Статические системы взвешивания, такие как платформенные и колесные весы, определяют вес транспортных средств при их остановке. В рассматриваемом контексте особый интерес представляют так называемые системы динамического взвешивания (пластинчатые и полосовые датчи-

ки), которые определяют вес транспортных средств непосредственно во время движения. С этой целью также могут использоваться тензодатчики, пьезодатчики или емкостные датчики и т. д. (рис. 2).

Измерение нагрузок на ось во время движения (взвешивание в движении, WIM) может быть выполнено с помощью специальных комбинированных стационарных измерительных систем (рис. 2, справа), которые чаще всего включают в себя, помимо собственно устройств взвешивания, также ранее описанные индукционные детекторы для регистрации транспортных средств и их скорости. Такие измерительные пункты требуют значительных капиталовложений и в настоящее время доступны в Германии только на отдельных федеральных автомагистралях. Еще в середине 1990-х гг. Федеральное дорожное агентство (BASt) было уполномочено создавать такие пункты измерения нагрузки на оси (AMS) на отобранных поперечных сечениях репрезентативных федеральных автомобильных дорог. Полученные данные за выбранные интервалы времени предоставляются пользователям через созданный Интернет-портал в едином формате и бесплатно. Аналогичные проекты успешно реализуются и в других странах. На всех других участках федеральных автомобильных дорог в Германии и других странах подобная достоверная информация, к сожалению, практически отсутствует, что значительно

усложняет их проектирование и реконструкцию. Предлагаемый подход, как правило, позволяет осуществлять сбор данных как о транспортных потоках, так и об их осевых нагрузках. Поскольку при этом используются недорогие датчики и не требуется вносить каких-либо изменений в существующие инженерные конструкции, эта методика на основе искусственного интеллекта может быть несомненно рассмотрена как альтернатива или эффективное дополнение ко всем вышеупомянутым методам.

▼ Сбор данных

Сбор данных и последующую интерпретацию результатов измерений проиллюстрируем на примере одного типового мостового перехода в Берлине (Германия). Этот мост является частью одной из автомобильных дорог, протяженностью около 10 км, которая служит важным связующим звеном между западными районами и центром Берлина и по которой ежедневно проезжает около 60 тыс. автомобилей. Среди этих транспортных средств немалая доля приходится на грузовые машины и автобусы. Благодаря своей прямолинейности и отсутствию значительных препятствий для движения транспорта, можно констатировать относительно постоянную скорость всех транспортных средств (50 км/ч) в процессе сбора и анализа информации.

Известно, что несущие конструкции мостовых переходов с низкими собственными частота-

ми и небольшими коэффициентами затухания подвержены колебаниям с большой амплитудой при наличии ветра или движения транспорта. Поэтому для таких инженерных объектов в процессе мониторинга кроме контроля медленных деформаций требуется также контроль динамических параметров и, в частности, возникающих колебаний или вибраций. В рассматриваемом примере такие измерения проводились с помощью типового датчика ускорений (акселерометра) с частотой около 153 Гц [1, 2]. Последующий анализ данных должен был определить, соответствуют ли динамические параметры колебаний во время движения (собственные частоты и формы, коэффициенты затухания и т. д.) ожидаемым значениям. В этой статье анализируются только измерения на компенсационном шве мостового перехода (рис. 3). Выяснилось, что каждый переезд оси транспортного средства через это препятствие на мостовом переходе вызывает легкий «удар» по нему и последующие вибрации конструкций, которые непрерывно регистрируются расположенным рядом датчиком. Чтобы можно было организовать последующее обучение нейрон-

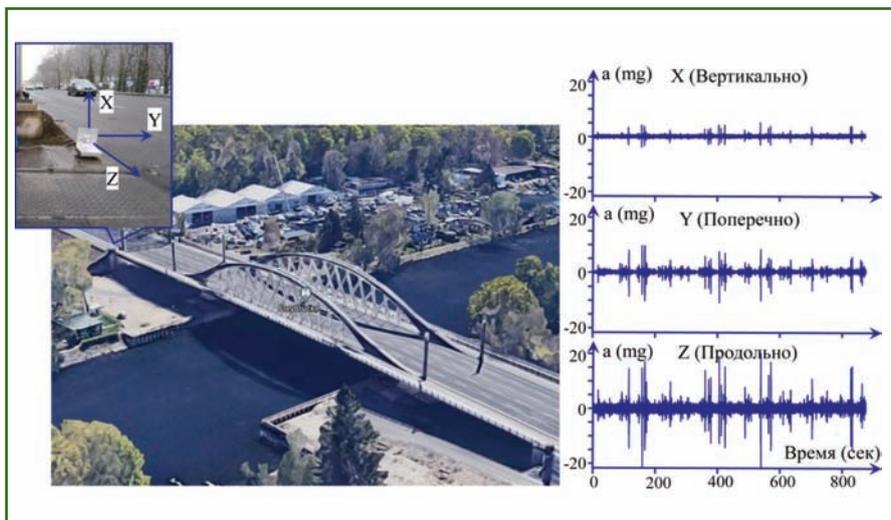


Рис. 3
Сбор данных с помощью акселерометра

ных сетей для классификации транспорта, на начальном этапе параллельно была проведена видеозапись.

На рис. 3 в качестве примера показаны результаты примерно 15-минутного интервала измерений для всех трех измерительных осей акселерометра. При рассмотрении полученных данных, в частности, размеров импульсов при проезде отдельных большегрузных машин, можно отметить значительные различия колебаний между осями. В вертикальном направлении (X) значения ускорения имеют диапазон менее 10 мг, в

то время как в двух горизонтальных осях (Y и Z) наблюдаются значительно более высокие всплески с диапазонами около 20 мг и 40 мг, соответственно. Помимо абсолютных величин колебаний, особый интерес представляет соотношение между величиной импульсов при прохождении транспортных средств и величинами «нормального» диапазона колебаний. Для вертикального направления (X) это соотношение является наименьшим. Для двух других осей соотношение сигнала и «нормального» диапазона уровня колебаний значи-

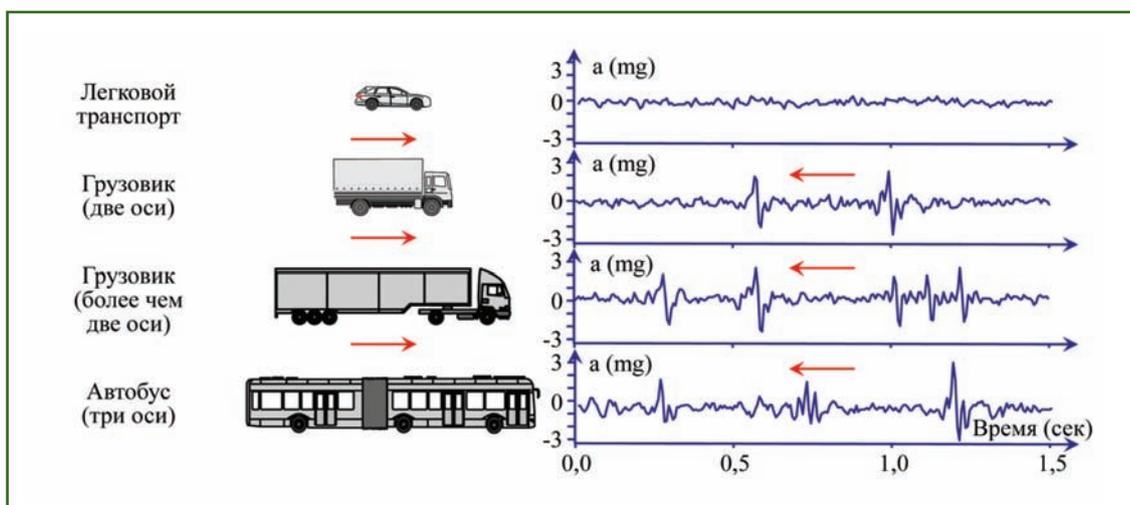


Рис. 4
Результаты измерений в зависимости от типа транспортного средства (по оси X)

тельно больше. Анализ имеющихся данных также показал, что тяжелые транспортные средства на близлежащих полосах движения имеют четко видимые различия в регистрируемых колебаниях (рис. 4). В это время характер колебаний в периоды полного покоя, при проезде легковых автомобилей и при исключительно встречном движении на противоположной стороне моста отличается друг от друга лишь незначительно.

▼ Классификация транспортных средств с помощью CNN

Технология искусственных нейронных сетей (Artificial Neural Network, ANN) известна уже более 60 лет. Однако для ее эффективного применения при

решении практических инженерных задач раньше часто не хватало вычислительных мощностей. Благодаря достижениям в области компьютерного обеспечения и разработке новых, гораздо более эффективных алгоритмов, эта технология переживает новый расцвет во многих областях применения. Один из таких алгоритмов скрывается под термином «сверточная нейронная сеть» (Convolutional Neural Network, CNN). По сути, этот метод повторяет во многом принцип работы наших зрительных систем. В то время как большинство нейронов при этом реагируют только на один небольшой участок поля восприятия, другие обрабатывают более сложную информацию.

Типичная структура CNN состоит из двух частей (рис. 5): «обнаружение» и последующая «идентификация». Нейроны первой части при этом располагаются послойно, причем каждый последующий слой реагирует только на локальную область предыдущего. Упрощенно можно при этом говорить о подборе оптимальных фильтров для решения поставленной задачи. Обучение такой модели выполняется с помощью нескольких повторных прямых и обратных вычислений, при которых коэффициенты (веса) корректируются таким образом, чтобы свести к минимуму ошибку классификации на основе имеющихся обучающих примеров. При последующем применении обученной таким образом модели используется только прямое вычисление, которое, таким образом, может дать неизвестные ответы для дальнейших примеров [3, 4].

В результате многочисленных экспериментов по применению этой технологии к поставленной задаче классификации (опознавание транспортных средств на основе измеренных колебаний мостового перехода после их прохождения), было установлено, что бинарная, т. е. ограниченная исключительно двумя возможными вариантами, классификация уже показывает

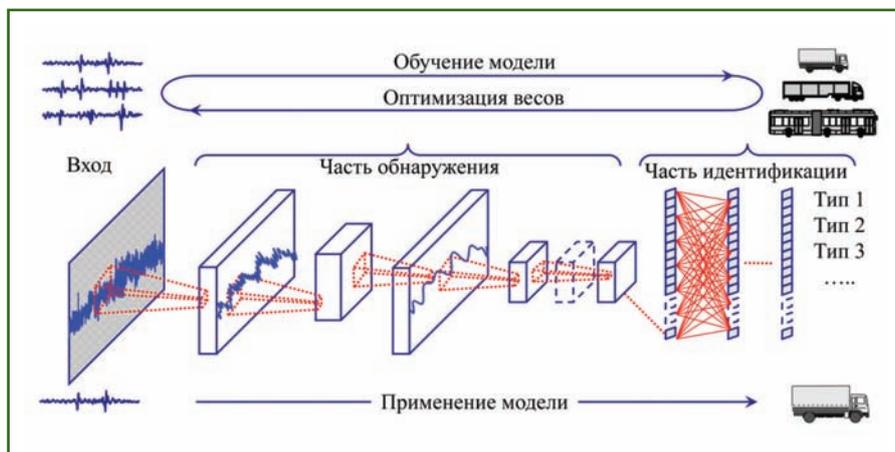


Рис. 5

Обучение и применение модели CNN для решения поставленной задачи

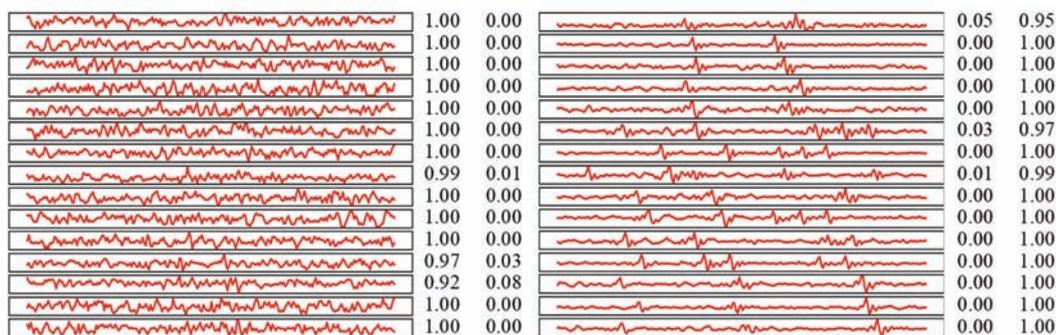


Рис. 6

Применение созданной модели «грузовой транспорт» для тестовых данных

многообещающие результаты. При использовании искусственных нейронных сетей, как известно, не требуется математического описания связи типа транспортного средства с соответствующими колебаниями, а нужны многочисленные примеры определенного типа для обучения. Эти примеры выбираются на основе параллельных измерений и видеозаписей, а затем вырезаются из временных рядов. Особое внимание при использовании этой процедуры следует уделять оптимальному размеру интервалов измерений. Исходя из средней скорости движения, для обучающих и тестовых примеров были выбраны временные интервалы из 230 отдельных измерений, каждый из которых при указанной частоте измерений (153 Гц) представляет собой примерно 1,5-секундные отрезки. Для оценки качества создаваемых и сохраняемых моделей использовались независимые тестовые образцы того же типа (рис. 6).

При внимательном рассмотрении этих тестовых примеров можно даже визуально отнести их к определенному классу. Несмотря на относительно небольшое количество использованных обучающих примеров и довольно большой уровень шума, результаты хорошо согласуются с заданными значениями (1,00 и 100%, соответственно). Протестированные модели CNN для различных моделей могут быть впоследствии использованы для любых измерений такого же типа (рис. 7).

▼ **Определение осевых нагрузок транспортных средств**

Хотя описанное опознавание тяжелых транспортных средств с использованием модели CNN уже имеет очень хорошие перспективы для успеха, классификация многочисленных типов тяжелого транспорта в дальнейших бинарных шагах связана с

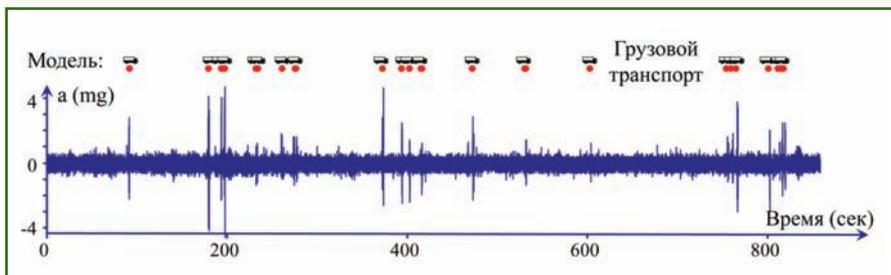


Рис. 7
Применение созданной модели для последующих измерений

трудоемкой подготовкой обучающих примеров в зависимости от их типа. Вместо этого, по мнению автора, целесообразно в ходе дальнейшей оценки выделять отдельные оси в интервалах с уже выявленными тяжелыми транспортными средствами (модель 2), а затем определять их общее количество для каждого транспортного средства (рис. 8). Эта задача также представляет собой распознавание шаблонов («затухающие отдельные импульсы»), т. е. способность распознавать определенные закономерности в большом количестве данных.

Методика анализа измерений деформации с типичными импульсами такого рода, а также алгоритмы CNN для их обнаружения были подробно описаны автором в статьях [3, 4]. Как и в

случае с уже рассмотренной классификацией, здесь также можно обнаружить отклонения от «нормального состояния» (шаблон «простой шум») путем перемещения соответствующего прямоугольного окна в интервале данных с обнаруженным грузовым транспортным средством. На этом этапе анализа данных также следует обратить особое внимание на оптимальный размер окна. Маленькие интервалы имеют лучшее временное разрешение, но более низкое соотношение сигнал / шум из-за небольшого количества измерений. Широкое окно анализа позволяет лучше фиксировать существующие шаблоны этого рода после прохождения транспортного средства, но может привести к искажению результатов из-за

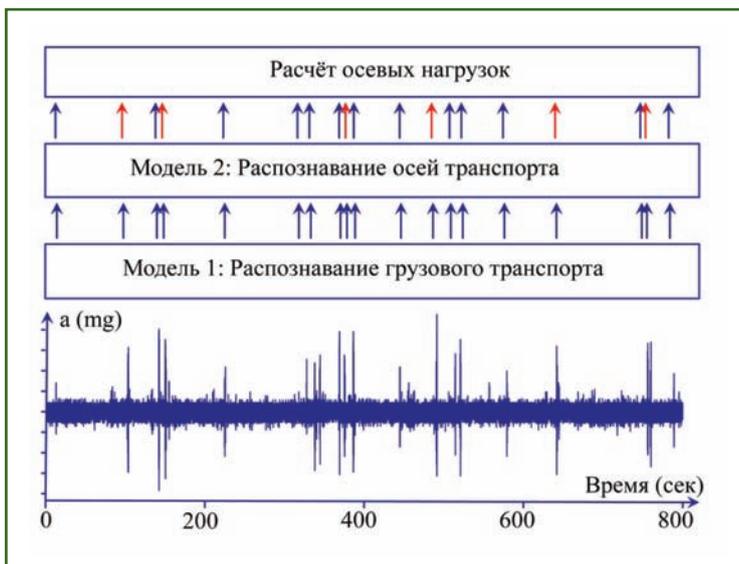


Рис. 8
Алгоритм обработки данных

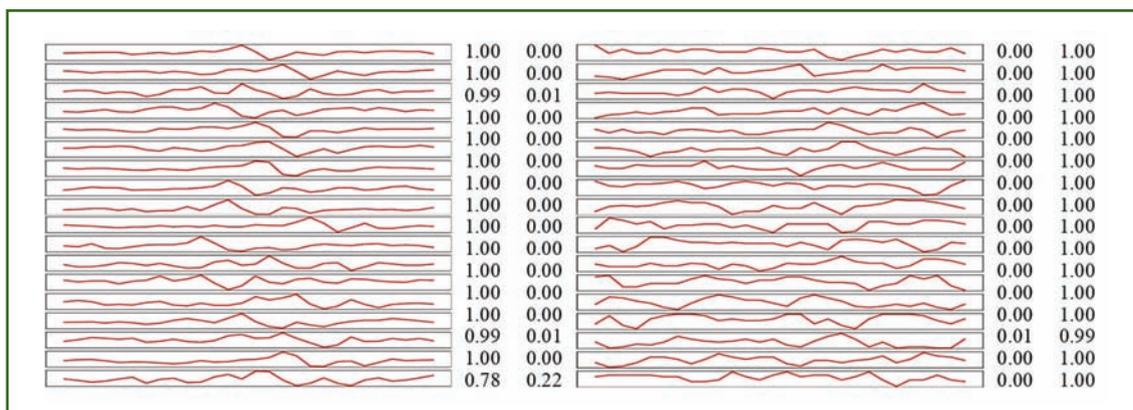


Рис. 9

Применение созданной модели «оси транспортных средств» для тестовых данных

перекрытия нескольких соседних осей в одном интервале. Поэтому после многочисленных экспериментов был выбран размер интервала из 24 отдельных измерений, каждый из которых представляет собой отрезок временного ряда продолжительностью около 0,16 секунды при используемой частоте измерений.

На первом этапе оценки данных необходимо проанализировать имеющиеся временные ряды и создать типовые примеры для обучения. В качестве аналога при обучении сети (рис. 3) используются обычные интервалы без грузового транспорта. Такие типичные интервалы представлены на рис. 9 как дополнительные тестовые данные. Несмотря на относительно небольшое количество приме-

ров обучения и относительно большой уровень шума в данных, результаты для этих примеров хорошо согласуются с заданными значениями.

Предлагаемая методика сбора данных в целом позволяет осуществлять как простую классификацию транспортных средств, так и грубую оценку осевых нагрузок, основанную на сравнении возникающих амплитуд колебаний с амплитудами при движении эталонного транспортного средства. Известно, что максимальное отклонение затухающей вибрации после создания однократного импульса при движении транспортного средства (рис. 10) зависит от характеристик несущих конструкций, таких как масса, упругость, демпфирование ее отдельных эле-

ментов и т. д. С другой стороны, соотношение возникающих амплитуд ускорений несущих конструкций в значительной степени можно рассматривать как независимое от конструкции, поскольку измерения проводятся в одном и том же месте и без каких-либо изменений вышеуказанных параметров. Кроме того, в рассматриваемых примерах можно приблизительно предполагать одинаковую скорость транспортных средств при одинаковых режимах работы и ограничениях.

Хотя это значительно упрощает рассматриваемые физические процессы, они могут быть проиллюстрированы с помощью простого пружинного маятника (рис. 10), который перемещается вдоль одной оси в двух направлениях. Для создания гармонических колебаний эта система должна быть выведена из равновесия и приведена в движение разовым ударом вдоль своей оси (например, шар с массой m и скоростью v) и соответствующей кинематической энергией ($0,5 m v^2$), которая в дальнейшем полностью преобразуется в кинетическую и потенциальную энергию маятника. Максимальная потенциальная энергия возникает при максимальном отклонении маятника от начального положения и может быть рассчитана

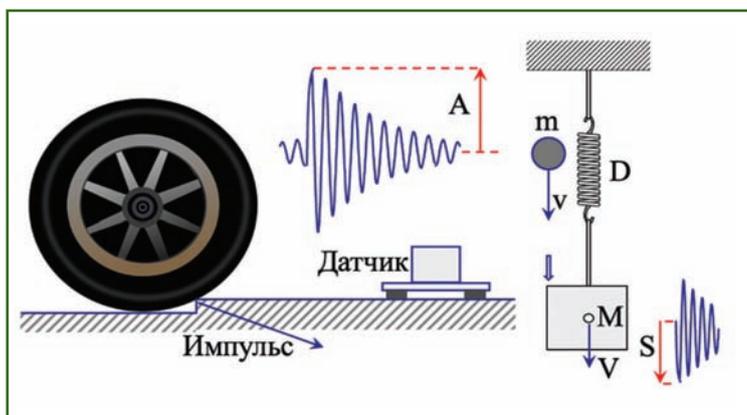


Рис. 10

Оценка осевых нагрузок



МОСКОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ



СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 21.02.19 ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

ВЫ НАУЧИТЕСЬ:

- Управлять земельно-имущественным комплексом.
- Осуществлять кадастровые отношения.
- Обеспечивать картографо-геодезическое сопровождение земельно-имущественных отношений.
- Определять стоимость недвижимого имущества

В РАМКАХ ДАННОЙ РАБОТЫ ПРОВОДИТСЯ:

- охрана земель;
- создаются новые землепользования;
- упорядочиваются существующие угодья;
- выносятся границы между участками;
- улучшаются ландшафты и другое.



✉ pk@mkgik.org

☎ +7(499)149-82-33

📍 121467, Москва, ул.

Молодогвардейская, 13



НОВИЧКА

VEGA

Электронные
тахеометры

VEGA NX60



VEGA NX50

VEGA NX40

2 года
гарантии

на правах рекламы

WWW.GEOPROFI.RU

ПРОФЕССИОНАЛЬНО ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ!

ГЕОПРОФИ #2-2023



Специально адаптированы
на производстве к суровым
Российским зимним условиям

GSI
www.gsi.ru