

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL STATE-FUNDED EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
SIBERIAN STATE UNIVERSITY OF GEOSYSTEMS AND TECHNOLOGIES
(SSUGT)

XI Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Сборник материалов

XI International Scientific Congress and Exhibition

INTEREXPO GEO-SIBERIA-2015

PLENARY SESSION

Proceedings

Новосибирск / Novosibirsk
СГУГиТ / SSUGT
2015

УДК 528
С26

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр., 13–25 апреля 2015 г., Новосибирск : Пленарное заседание : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 118 с.

ISBN 978-5-87693-803-9

ISBN 978-5-87693-795-7

В сборнике опубликованы материалы XI Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015», представленные на пленарном заседании.

The proceedings include presentations presented at plenary sessions of XI International scientific congress «Interexpo GEO-Siberia-2015».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 528

ISBN 978-5-87693-803-9

ISBN 978-5-87693-795-7

© СГУГиТ, 2015

Сборник включен в систему РИНЦ.

СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ В ГЕОИНДУСТРИИ

Александр Петрович Карпик

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (383)343-25-34, e-mail: rector@ssga.ru

Андрей Александрович Майоров

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (495)261-31-52, e-mail: rector@miigaik.ru

Ольга Владимировна Горобцова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, директор центра дополнительного образования и маркетинговых коммуникаций, тел. (383)343-25-21, e-mail: 343-25-21@mail.ru

В статье рассмотрены современные подходы к формированию и использованию геопространственной продукции для жизнеобеспечения современного общества. Показано, что геодезическое информационное обеспечение экономики играет важную роль в управлении территориями. Введены понятия геоиндустрия, новые образовательные программы подготовки специалистов: геоменеджер, геоаналитик, геомаркетолог.

Ключевые слова: геоинформационное обеспечение, геоинформация, геопространство, территория, устойчивое развитие.

MODERN EDUCATIONAL TRENDS IN GEO-INDUSTRY

Alexander P. Karpik

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Professor, Dr.-Ing., Rector, tel. (383)343-25-34, e-mail: rector@ssga.ru

Andrey A. Mayorov

Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAik), 105064, Russia, Moscow, 4 Gorokhovskiy pereulok, Professor, Dr.-Ing., Rector, tel. (495)261-31-52, e-mail: rector@miigaik.ru

Olga V. Gorobtsova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., director of Centre of Marketing Communications and Development of Additional Vocational Education, tel. (393)343-25-21, e-mail: 343-25-21@mail.ru

Present approaches to formation and use of geospatial products for life support of modern society are considered in the article. It is shown that geodetic information support of economics is essential for the management of territories. The concepts of geo-industry, new educational programs for training such specialists as geo-manager, geo-analyst, geo-marketing specialist are introduced.

Key words: geodetic information support, geoinformation, geospace, territory, sustainable development.

В эпоху глобальных перемен формируется и развивается информационное общество, которое базируется на такой ключевой инновации, как глобальная информационно-коммуникационная система. Основой этой системы является информационная инфраструктура глобального социума, которая представляет собой совокупность информационных каналов, сетей сред, технологий и информационных ресурсов, пронизывающих мировое социальное пространство [1]. При этом все информационные потоки должны быть упорядочены и отображены на конкретном геопространстве территории, государства, континента. Современные мировые достижения наук о Земле формируют перед обществом новые задачи системного представления об окружающем нас геопространстве и, на этой основе, – создание интегрированной информационно-коммуникационной среды, обеспечивающей потребности государства в пространственной информации, и электронного геопространства, как составной части государственных программ информатизации общества и развития экономики [1]. На первый план выходят технологии геоинформационного обеспечения устойчивого развития территорий и общества в целом. Геоинформационное обеспечение – это новый, развивающийся на основе компьютерных и геоинформационных технологий вид деятельности по удовлетворению экономических и общественных потребностей в многоаспектной пространственной информации о территориях и их производных путём сбора пространственных данных, формирования геоинформации, её интеграции в единое геоинформационное пространство, мониторинга, моделирования территории, пространственного анализа, подготовки пространственных решений, визуализации и распространения [2]. Системообразующей основой геоинформационного обеспечения является геоинформация. Геоинформация – это координированная информация о геопространстве и его объектах в цифровой компьютерновоспринимаемой форме, предназначенная в качестве исходного материала для моделирования геопространства в интересах конкретного потребителя, использующего ГИС или другие системы обработки [2]. Основное свойство геоинформации – пространственность. Анализ сущности, содержания и методов получения геоинформации показывает, что её пространственная составляющая образуется с использованием геодезических технологий, а тематическая (семантическая) – с использованием технологий других отраслей народного хозяйства. Это подтверждает вывод о том, что геодезическое информационное обеспечение является важнейшей структурообразующей составляющей геоинформационного обеспечения территорий. До сравнительно недавнего времени геодезическое обеспечение территорий характеризовалось отраслевой и картографической специализацией. Геодезическая отрасль на основе заявок других отраслей создавала геодезические сети и топографические карты и формировала геодезическо-картографические территориальные фонды, которые использовались геодезическими службами других отраслей в качестве основы для создания специализированных геодезических сетей и тематических графических карт. Последние использовались исключительно внутри отраслей для прогнозирования, проектирования и создания геодезическо-картографических отраслевых фондов. В современных условиях **процесс** геодезического информационного обеспечения заключается в сборе, получении, преобразовании и интеграции геодезической составляющей пространственной информа-

ции, моделировании территории, пространственном анализе, подготовке пространственных решений по функционированию экономики и общества или преобразованию территории в интересах устойчивого развития, а также в предоставлении результатов по запросам пользователей. Современное разнообразие методов получения геоинформации, наличие большого комплекса программных средств для обработки, интерпретации, интеграции различных информационных ресурсов на едином геопространстве, а также разнообразие управляющих платформ позволяют расширять возможности управления территориями на локальном и глобальном уровнях. С одной стороны, наблюдается инновационный технологический прогресс, позволяющий создавать геопространственные модели любого формата для решения широкого комплекса задач экономики, с другой стороны, административный ресурс субъектов Российской Федерации не готов использовать инновационные геоинформационные технологии для управления территориями. При этом наблюдаются отдельные попытки создания при них структурных подразделений, которые пытаются непрофессионально делать попытки заниматься не свойственной работой. Мировая практика показывает, что современные геоинформационные технологии успешно используются для управления на всех уровнях. При этом государство обеспечивает системообразующий подход к непрерывному развитию этого процесса. В мире успешно существуют и развиваются три крупных общественных профессиональных организации: Международная федерация геодезистов, Международная федерация фотограмметристов, Международная картографическая ассоциация. В последние годы появились новые общества, например «Цифровая Земля». Все эти организации проводят большую работу по популяризации геопространственной информации как базовой составляющей развития стран и континентов.

В России наблюдаются фрагменты этой деятельности на уровне отдельных кампаний и фирм, которые используют инновационные технологии геодезического информационного обеспечения для развития своего бизнеса. Интегрирующей роли государства в создании единых правил получения и накопления геопространственных ресурсов не наблюдается, это является большим тормозом в их непрерывном эффективном использовании для развития экономики.

На наш взгляд, своевременно ввести понятие геоиндустрии как системообразующей деятельности, направленной на разработку, изготовление современных средств получения геопространственной информации; разработку программных комплексов, нормативных документов разного уровня; технологий выполнения работ и интеграции разнородных информационных ресурсов; разработку требований к формированию геопространственных моделей для решения широкого круга задач развития экономики государств и отдельных регионов; формирование единых геопространственных ресурсов на территории государств; подготовку профессиональных кадров нового уровня для создания системы управления территориями на основе актуальных геопространственных данных разного уровня; анализ рынка продукции геоиндустрии в мире и России для оперативного реагирования на технологические перемены и оперативное применение глобального ресурса для управления; разработку и внедрение системы инновационных WEB-сервисов по использованию геопространственных ресурсов, а также ГИС-систем для интегра-

ции и многофункционального применения «Больших данных». Такой подход позволит навести порядок по накоплению и использованию геопространственных ресурсов, исключить дублирование работ и повысить ответственность административных ресурсов по профессиональному управлению территориями, а также создать инновационный ресурс для укрепления границ государства. На рис. приведена технологическая схема формирования геопространственных ресурсов. Сбор геоинформации происходит с применением разнообразных методов: наземная съемка, аэрофотосъемка, наземное лазерное сканирование, воздушное лазерное сканирование, мобильное лазерное сканирование, космическая съемка, малые беспилотные летательные аппараты, лидарная съемка, съемка подземных коммуникаций с применением ИПК и др.

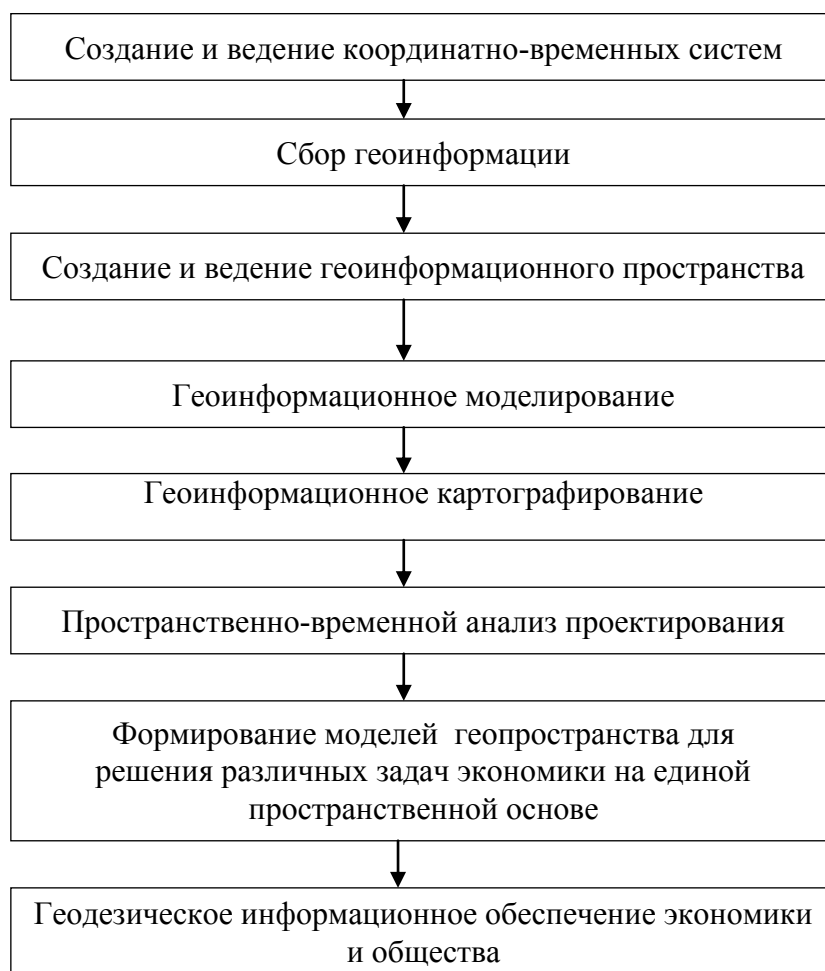


Рис. Технологическая схема геодезического информационного обеспечения экономики и общества

Широкий спектр применяемых методов предусматривает соответствующей программное обеспечение, с помощью которого происходит обработка и формируются блоки пространственной информации, которая в дальнейшем может интегрироваться и использоваться для решения широкого спектра задач экономики и общества на базе ГИС-технологий и WEB-сервисов. В связи с этим возникают но-

вые требования к специалистам в области геоиндустрии, которые наряду с базовыми знаниями в области геопространства, должны обладать компетенциями аналитика, менеджмента, маркетинга и WEB программирования. На наш взгляд это можно реализовать через новые магистерские программы, нацеленные на подготовку геоаналитиков, геоменеджеров, геомаркетологов и WEB геопрограммистов. Выпускники этих магистерских будут способны работать в управленческих структурах разного уровня и будут способствовать развитию новой экономики государства, как основы стабильности и процветания

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П., Осипов А. Г., Мурзинцев П. П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе: монография. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 280 с.
2. Карпик А. П. Системная связь устойчивого развития территорий с его геодезическим информационным обеспечением // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 3–13.

© А. П. Карпик, А. А. Майоров, О. В. Горобцова, 2015

СОЗДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ КАК ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ УСЛОВИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ГЕОИНДУСТРИИ

Александр Петрович Карпик

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (383)343-39-37, e-mail: rector@ssga.ru

Игорь Александрович Мусихин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, проректор по международному сотрудничеству, тел. (383)343-25-39, e-mail: igor_musihin@mail.ru

На основе анализа деятельности авторитетных национальных и международных профессиональных некоммерческих организаций выявлены тенденции в развитии геоиндустрии и актуальные научные исследования в области геопространственных наук, характеризующие современное состояние науки и отрасли. Выявлены субъективные проблемы, возникающие в результате дефицита отечественных неправительственных профессиональных сообществ, позволяющих значительно усилить роль и влияние российского научного и производственного потенциала геоотрасли. Направления решения данных проблем рассматриваются с позиции системной организации и развития профессионального национального сообщества учёных и производителей.

Ключевые слова: тенденции развития, геоиндустрия, геопространственные науки, профессиональная некоммерческая организация, геодезия.

CREATION OF NATIONAL GEODETIC ASSOCIATION AS AN INDISPENSABLE CONDITION OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF GEO-INDUSTRY

Alexander P. Karpik

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Professor, Dr.-Ing., Rector, tel. (383)343-25-34, e-mail: rector@ssga.ru

Igor A. Musikhin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ed. D., Vice Rector for International Affairs, tel. (383)343-25-39, e-mail: igor_musihin@mail.ru

Based on the analysis of both international and national professional non-profit organizations, trends in the development of geo-industry and advanced scientific research in the field of geospatial sciences, characterizing the current state of science and industry, are revealed. Problems, resulting from the lack of domestic non-governmental professional communities, allowing strengthening the role and influence of the Russian scientific and production capacity of geo-industry, are shown. Possible solutions of the problems are considered from the position of organization and development of a professional national community of scientists and production workers.

Key words: trends of development, geo-industry, geospatial sciences, professional non-profit organization, geodesy.

В настоящее время существует около десятка международных и гораздо большее количество национальных некоммерческих негосударственных профес-

сиональных сообществ в области наук о Земле. Целью всех этих организаций является объединение групп единомышленников и развитие сотрудничества, направленного на эффективное продвижение новых знаний и инновационных разработок в прикладную сферу профессиональной деятельности специалистов, представителей науки и промышленности.

Наиболее представительными и авторитетными международными организациями, членами которых являются как национальные, государственные, региональные сообщества и институты, так и отдельные частные структуры и специалисты, признаны:

- FIG (Международная федерация геодезистов) – самая многочисленная организация, объединяющая профессионалов-практиков и учёных;

- ISPRS (Международное общество фотограмметрии и дистанционного зондирования) – неправительственная организация, членами которой являются учёные, высшие учебные заведения и профессионалы-практики;

- ICA (Международная картографическая ассоциация) – третья по численности организация, в которой, так же, как и в ISPRS, ведущую роль играет научное сообщество.

Реализация целей данных международных сообществ осуществляется посредством работы комиссий, деятельность которых сконцентрирована вокруг насущных теоретических и практических вопросов, представляющих общий интерес для специалистов: учёных и практиков. Комиссии концентрируют свои усилия на наиболее важных для геопространственных наук направлениях, апробации и внедрении, полученных на основе новых знаний, инновационных технологий, прогнозирования потенциального развития науки в ближайшем будущем. Каждая комиссия определяет приоритетные направления в сфере своей ответственности, формирует рабочие группы, состоящие из специалистов-практиков и учёных, занимающиеся сбором, анализом и оценкой существующих проблем, имеющихся ресурсов, знаний и технологий.

В процессе работы над статьёй нами был проведён анализ деятельности всех комиссий из перечисленных выше международных организаций, что позволило:

- 1) выделить наиболее перспективные научные направления в области геопространственных наук;

- 2) определить страны-лидеры, активно занимающиеся научными исследованиями в рамках выделенных научных направлений, инновационных технологий, современных средств программного обеспечения и связанных с ними приложений в профессиональной сфере деятельности специалистов-практиков, представляющих различные области научных знаний;

- 3) оценить сильные и слабые стороны Российской Федерации, сформулировать направления стратегического развития отечественной геоиндустрии и науки.

Сразу оговоримся, что в данной статье частично представлены данные, полученные из анализа деятельности FIG, а общие выводы сделаны с учётом анализа деятельности всех трёх международных организаций.

Основным условием, обеспечивающим успех работы комиссий, является интеграция интеллектуальных, материальных и производственных ресурсов привлечённых специалистов и представляемых ими организаций, что даёт комиссиям

уникальную возможность для осуществления эффективной научно-исследовательской и внедренческой работы, профессионального роста и развития членов комиссий, получения новых знаний и технологий.

Анализ опубликованных FIG за 2012–2014 гг. научных, обзорных и практико-ориентированных статей в рамках работы комиссий и их рабочих групп [1–3] позволил выделить основные направления, представляющие в настоящее время наибольший научный и практический интерес.

1. ГНСС. Точное позиционирование, приложения, инфраструктура пространственных данных, мультисенсорные системы.

2. Инженерная геодезия, профессиональные стандарты и практики, инструменты и методики.

3. Геодезическое образование, педагогические методики, переподготовка кадров.

4. Геодезические методы в изучении климатических изменений.

5. Гидрография, планирование, окружающая среда, управление водными ресурсами.

6. Мониторинг деформаций, геодинамика.

7. Выполнение геодезических съёмок с применением БЛА и данных дистанционного зондирования.

8. Системы координат.

9. Алгоритмы сбора и обработка геопространственных данных.

10. Сила тяжести, геоид, определение высот.

11. Web-ГИС, ГИС-алгоритмы и технологии, карты и новые тренды в создании картографической продукции.

12. Лазерное сканирование (технологии и приложения), 3D-моделирование, дистанционное зондирование, создание информационных моделей (BIM).

13. 3D- и 4D-кадастр, реформы, системы, инновации, администрирование, налогообложение.

Графическое представление значимости выделенных в результате анализа научных интересов комиссий в среде научного и профессионального сообществ показано на рис. 1.

Анализ статей, представленных на научно-практических мероприятиях FIG, позволил сформировать список наиболее актуальных направлений развития геодезии [4, 5].

1. Дальнейшее развитие ГИС.

2. Развитие ГНСС и их интеграция.

3. Широкое использование в обработке возможностей краудсорсинга и открытого программного обеспечения.

4. Значительные изменения в традиционных подходах, применяемых в геодезии (геодезической съёмке), направленные на применение мультисенсорных систем, данных дистанционного зондирования, БЛА, обеспечения обмена и обработки данных в реальном режиме времени посредством современных технологий передачи данных.

5. Автоматизация процессов обработки данных геодезических измерений.

6. Разработка общих подходов, методик, техник и приложений в решении задач кадастра.

7. Появление специализированных центров переподготовки кадров, ориентация на обучение в течение всей жизни.

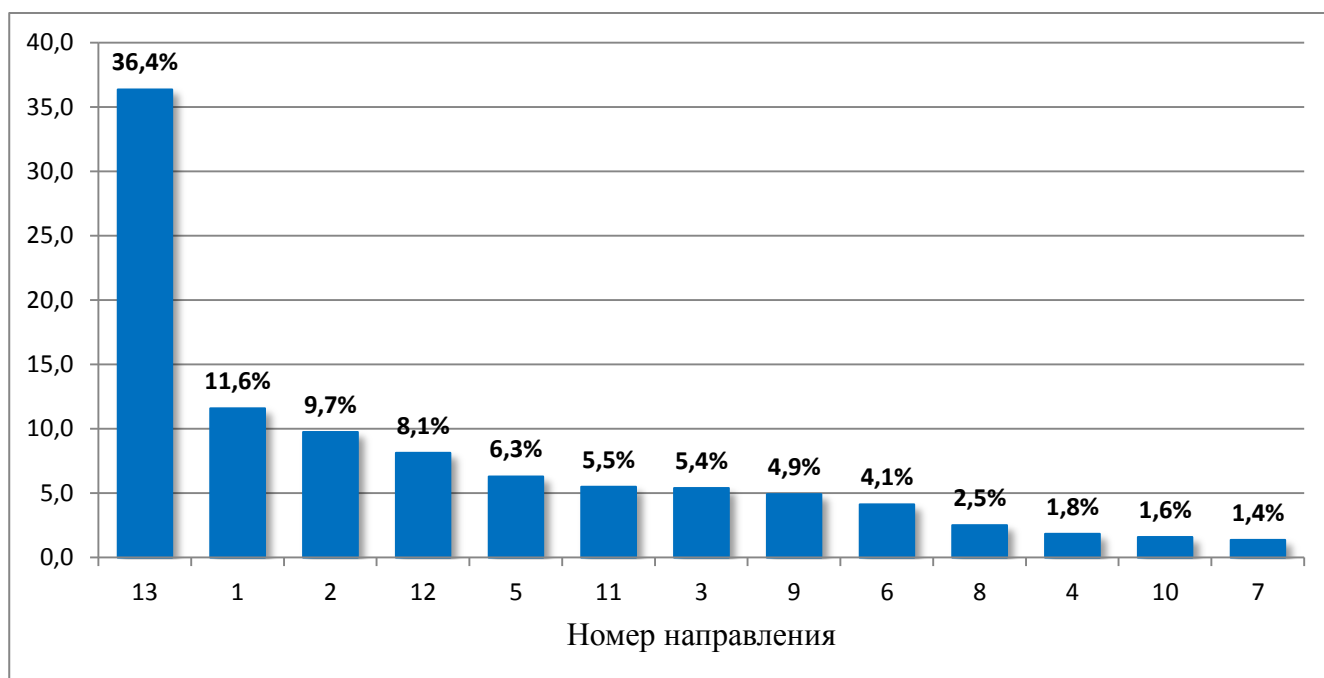


Рис. 1. Частота публикаций по тематике выделенных направлений в материалах FIG за 2012–2014 гг.

Благодаря полученным данным стало возможным выделить страны, в которых ведётся активная научная работа в решении наиболее актуальных проблем геопространственных наук и геоиндустрии. На рис. 2 представлена первая десятка наиболее активных стран (анализ FIG, ISPRS и ICA), представители которых опубликовали в 2009–2014 гг. наибольшее количество научных статей и докладов [1–3, 6–29].

Из рис. 2 видно, что Германия и Китай являются неоспоримыми мировыми лидерами, выполняющими наибольшее количество научных исследований и практических экспериментов в области геоиндустрии, геопространственных наук и технологий. Во всех международных организациях они входят в первую пятёрку наиболее активных стран.

Одним из факторов, влияющих на успешность и эффективность работы комиссий, можно назвать то, что их члены уже организованы и вовлечены в активную инновационную деятельность в своих национальных профессиональных федерациях, ассоциациях или обществах. При использовании подобных форм взаимодействия учёных, специалистов-практиков и представителей промышленности становится возможным осуществлять трансфер новых знаний не только в горизонтальной плоскости (на производстве, в регионе, в НИИ и т. п.), но и по вертикали (партнёрские организации в стране и за рубежом). Это происходит благодаря

постоянно расширяющимся сетям, формирующимся в национальных некоммерческих профессиональных организациях.

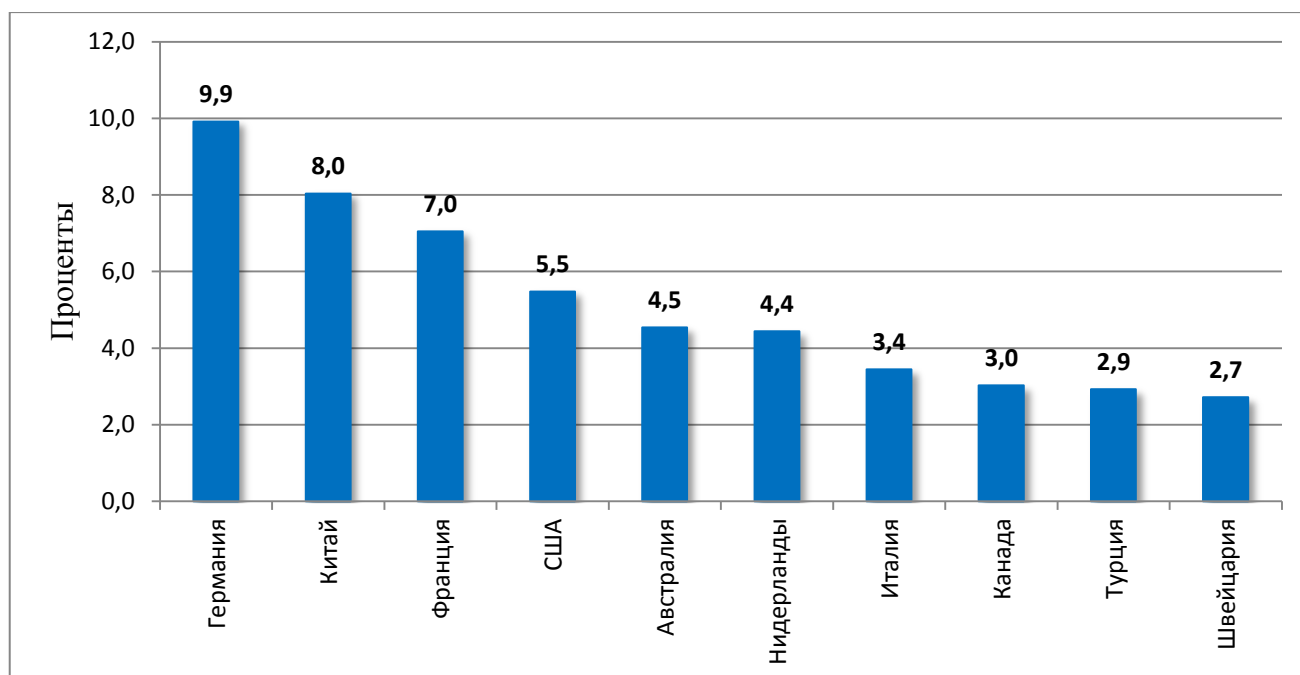


Рис. 2. Первая десятка стран мира, ведущих наибольшее количество научно-исследовательских работ в области геопропространственных наук и геоиндустрии (51,5 %)

В общем рейтинге стран, играющих наиболее значимую роль в научном и техническом прогрессе в области геопропространственной науки и геоиндустрии, Российская Федерация делит с Японией 11-12-е места. Роль Российской Федерации наиболее заметна лишь в ICA, где она занимает 6-е место (из 60). В рейтинге наиболее активных стран, членов FIG, Россия делит 21-23-е места (из 95) с Кенией и Швейцарией, а в ISPRS – 25-34-е места (из 50) с девятью другими странами.

Таким образом, на основании анализа деятельности международных профессиональных организаций можно сделать вывод, что Российской Федерации необходимо усилить своё присутствие в таких профессиональных международных организациях, как ISPRS и FIG, что значительно расширит возможности профессионального сообщества (учёных и производителей) в реализации совместных научных проектов и обмене инновационным опытом.

Тот факт, что в международных профессиональных организациях «первой скрипкой» являются представители именно тех стран, где налажено действенное сотрудничество специалистов профессиональных национальных объединений, указывает на то, что Российской Федерации необходимо предпринять решительные шаги в формировании действенных национальных профессиональных ассоциаций/обществ в области геодезии, фотограмметрии и дистанционного зондирования.

Принимая во внимание, что попытки создания подобных профессиональных организаций предпринимались неоднократно, и то, что они не оставили сколь-нибудь заметного следа своей деятельности в профессиональном сообществе, нам кажется оправданным предложение создать национальную геодезическую ассоциацию на площадке, которая уже прошла испытание временем, доказала свою эффективность и имеет хорошие перспективы развития в будущем. Такой площадкой могли бы стать ежегодный международный конгресс и выставка «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» в городе Новосибирске.

В 2015 г. конгресс и выставка будут проводиться уже в одиннадцатый раз. За прошедшие годы в ходе научного конгресса неоднократно проходило обсуждение актуальных вопросов современного состояния и дальнейшего развития наук о Земле и геотрасли. В табл. 1 представлена тематика рассматриваемых на конгрессе вопросов и количество опубликованных научных материалов за 2005–2014 гг., а рис. 3 демонстрирует динамику активности участников научного конгресса. Так, за 10 лет в сборниках конгресса было опубликовано 5 569 статей, представленных 11 103 авторами.

В логике изложенного нами сформированы предложения по созданию национальной геодезической ассоциации (НГА РФ, Ассоциация), концепция которой представлена ниже.

Таблица 1

Тематика научных конференций международного конгресса и выставки «Интерэкспо ГЕО-Сибирь»,
количество опубликованных научных статей и авторов за 2005–2014 гг.

Тематика научных конференций конгресса	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
	статей авторов	статей авторов	статей авторов	статей авторов	статей авторов	статей авторов	статей авторов	статей авторов	статей авторов	статей авторов
Геодезия, картография, маркшейдерия, геоинформатика	124 215	126 221	128 239	112 211	129 236	145 295	105 236	134 285	135 257	132 281
Геология, геофизика, геодинамика и геомеханика	35 89									
Экономическое развитие Сибири и Дальнего востока. Природопользование, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью, кадастры	100 203	119 224	120 210	117 194	108 170	123 203	108 176	126 180	136 210	128 210
Мониторинг окружающей среды, геоэкология, дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия	63 122	93 199	80 159	82 171	84 191	77 161	71 140	76 157	76 167	78 189
Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии	53 128	73 174	111 270	76 190	98 231	92 200	96 262	95 229		
Исследования по общетехническим и гуманитарным проблемам.	59 83	61 83	92 113							
Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых		45 110	55 157	56 141	64 145	71 155	74 179	86 216	119 284	108 287
Социально-гуманитарные процессы Сибирского региона					52 60	57 73				
Геопространство в социальном дискурсе: прошлое, настоящее, будущее							61 79	83 117	82 115	67 132
Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Европа. «Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологии для оценки состояния окружающей среды, инвентаризации земель и объектов недвижимости»									12 21	
Раннее предупреждение и управление в кризисных и чрезвычайных ситуациях: предпринимаемые шаги и их реализация с помощью картографии, геоинформации, GPS и дистанционного зондирования									19 40	38 98
СибОптика									114 295	99 235
Всего	434 840	517 1011	586 1148	443 907	535 1033	565 1087	515 1072	600 1184	693 1389	650 1432

НГА РФ (далее – Ассоциация) национальная профессиональная организация, возможно при федеральном органе Российской Федерации, представляющая интересы отечественных специалистов в области геодезии в России и интересы Российской Федерации за рубежом.

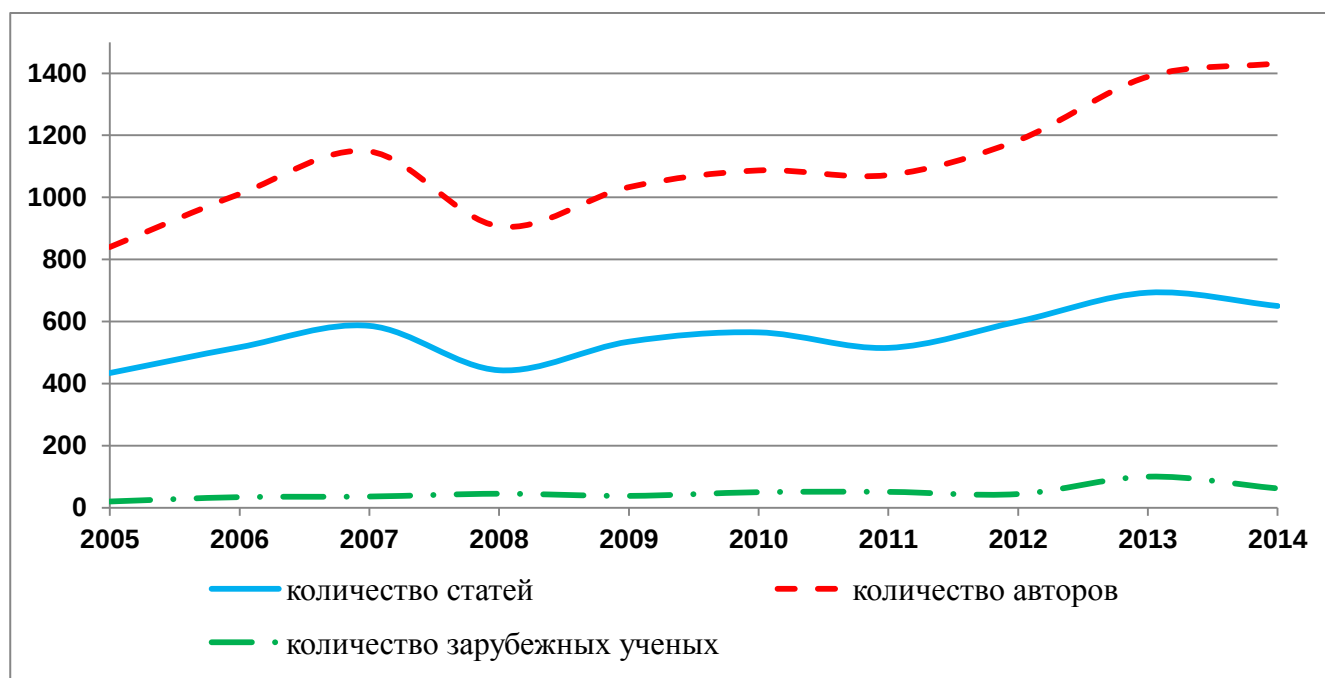


Рис. 3. Количество участников международного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» за 2005–2014 гг.

Ассоциация играет роль национальной дискуссионной площадки, на которой обсуждаются современные профессиональные проблемы, формулируются задачи разработки, развития и внедрения инновационных технологий в области геодезии. Одной из целей Ассоциации является распространение современных профессиональных знаний, внедрение технологических стандартов аппаратной части и программного обеспечения.

Достижение этих целей может быть обеспечено за счёт широкого вовлечения в работу НГА РФ признанных специалистов, представляющих как можно больше регионов Российской Федерации. Профессиональное сообщество НГА РФ сформировано из представителей науки, специалистов-практиков, работающих как на государственном уровне, так и в частном секторе; представителей высшей школы, производителей оборудования, приборов и программного обеспечения.

Членами НГА РФ могут стать:

- национальные ассоциации, представляющие одно или более направление профессиональных интересов Ассоциации;
- региональные ассоциации или организации геодезистов;
- организации, учреждения или агентства, оказывающие коммерческие услуги, связанные с профессией геодезиста;

– организации, учреждения или агентства, вовлечённые в образование или исследования по одному или более профессиональных направлений НГА РФ;

– отдельные профессионалы/учёные в регионах, где не существует ассоциаций или профессиональных геодезических организаций.

Основными направлениями деятельности НГА РФ являются:

– стимулирование создания национальных или региональных геодезических обществ/ассоциаций;

– инициирование и координация исследовательской деятельности в геодезии;

– проведение регулярных региональных симпозиумов и конгрессов;

– всемирное распространение материалов научных дискуссий и результатов научных исследований посредством их опубликования в открытом журнале Ассоциации «Earth Measurement»;

– поощрение публицистической деятельности, обмена научными статьями и журналами, специализирующимися на освещении информации о геодезии.

Работа по реализации целей НГА РФ должна быть организована посредством её комиссий, отвечающих за наиболее важные направления научных исследований и прогнозирование сценариев развития геодезии в ближайшем будущем.

Каждая комиссия определяет приоритетные направления в сфере своей ответственности, формирует рабочие группы, состоящие из учёных и специалистов-практиков, занимающиеся сбором, анализом и оценкой существующих проблем, имеющихся ресурсов, знаний и технологий.

Исходя из анализа перспективных научных направлений и их актуальности для Российской Федерации, мы предлагаем, как один из вариантов, сформировать следующие комиссии Ассоциации:

– Комиссия 1 – профессиональная деятельность (профессиональная практика, юридические аспекты и организационные структуры; стандарты и сертификация; проблемы недостаточного представительства групп профессиональных геодезистов; помощь студентам и начинающим геодезистам; управление информационными технологиями и профессиональной деятельностью; управление проектами);

– Комиссия 2 – профессиональное образование (разработка учебных программ образовательных организаций; внедрение инновационных обучающих и педагогических технологий; образовательный менеджмент и маркетинг; создание условий для профессионального развития специалистов; формирование образовательных сетей);

– Комиссия 3 – управление геопространственной информацией (управление геопространственной информацией; геопространственная инфраструктура данных, распространение передового опыта и поддержка надлежащего управления; бизнес-модели, предприятия государственно-частного партнёрства, профессиональная практика и администрирование);

– Комиссия 4 – точное позиционирование и измерения (наука об измерениях; приобретение точных и надёжных геодезических данных о положении, размере и форме естественных и искусственных объектов рельефа и ситуации);

– Комиссия 5 – инженерная геодезия (сбор, обработка и управление топометрическими данными; оценка и контроль качества объектов гражданского строительства и возведения больших объектов; современные концепции в развитии методов автоматического управления средствами передвижения; системы мониторинга деформаций; автоматические системы измерения, системы измерения, основанные на мультидатчиках; наземное лазерное сканирование и системы; беспилотные летательные аппараты);

– Комиссия 6 – землеустройство и кадастры (управление землями и землеустройством; развитие системного управления землями как основной инфраструктуры для устойчивого развития и экономического роста; применение инновационных и передовых технологий в кадастре и администрировании земель);

– Комиссия 7 – пространственное планирование и развитие (региональное и местное планирование; 3D- и 4D-моделирование; использование и развитие городских и сельскохозяйственных земель; реинжиниринг мегаполисов; государственно-частное партнёрство; произвольная застройка в геопространственном развитии, планирование и государственное управление);

– Комиссия 8 – оценка и управление недвижимостью (оценка инвестиций в недвижимость и инвестиционное планирование; инвестиционные механизмы недвижимости; недвижимость, финансовые ресурсы и развитие планов в сфере землепользования; экономика недвижимости и рынки, анализ рынка; управление собственностью и виды частной собственности; управление собственностью государственного сектора);

– Комиссия 9 – экономика в сфере строительства и управление (оценка масштабов геодезической съёмки, съёмки возводимых объектов, стоимости инженерных работ и менеджмента; экспертная оценка и проведение тендеров; коммерческое управление, включая приобретение, управление рисками и контрактами; проектный и программный менеджмент, включая планирование).

Помимо непосредственной работы, в сфере своей ответственности и профессиональных интересов, комиссии могли бы подготавливать и формировать программу национальных/федеральных/региональных научно-практических конгрессов Ассоциации и ежегодных рабочих недель (семинары, научно-практические конференции). Стоит рассмотреть возможность того, чтобы сформированная комиссиями техническая программа конгресса сопровождалась главной национальной выставкой, демонстрирующей современные отечественные и зарубежные аналоги геодезических приборов и инструментов, программного обеспечения и перспективных разработок, технологий и методик.

В случае, если наши предложения по созданию национальной геодезической ассоциации получают своё дальнейшее развитие, уже в 2016 г., в качестве выставочной и дискуссионной площадки конгресса Ассоциации, можно ис-

пользовать зарекомендовавшую себя Международную выставку и научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» в городе Новосибирске.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. FIG Working Week 2012 in Rome, Italy 6-10 May 2012, <http://www.fig.net/pub/fig2012/techprog.htm>
2. FIG Working Week 2013 in Abuja, Nigeria 6-10 May 2013, <http://www.fig.net/pub/fig2013/techprog.htm>
3. FIG Congress 2014 in Kuala Lumpur, Malaysia 16-21 June 2014, <http://www.fig.net/pub/fig2014/techprog.htm>
4. Brian J. Coutts. Redefining the Profession of Land Surveying: A First Step. TS01E – Surveying Today and Tomorrow – 6558. FIG Working Week 2013 Environment for Sustainability Abuja, Nigeria, 6 – 10 May 2013
5. François Mazuyer and Marc Vanderschueren. TS01E – Surveying Practice across the world – 6676. FIG Working Week 2013 Environment for Sustainability Abuja, Nigeria, 6 – 10 May 2013
6. XXII ISPRS Congress, Technical Commission VII (Volume I-7), 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-7/#>
7. XXII ISPRS Congress, Technical Commission IV (Volume I-4), 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-4/>
8. XXII ISPRS Congress, Technical Commission III (Volume I-3), 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-3/>
9. XXII ISPRS Congress, Technical Commission II (Volume I-2), 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-2/>
10. The ISPRS Workshop on 3D Virtual City Modeling (Volume II-3/W1), 28 May 2013, Regina, Canada, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-3-W1/index.html>
11. XXIV International CIPA Symposium (Volume II-5/W1), 2–6 September 2013, Strasbourg, France, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-5-W1/index.html>
12. The ISPRS Workshop on Image Sequence Analysis 2013 (Volume II-3/W2), 11 November 2013, Antalya, Turkey, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-3-W2/index.html>
13. ISA13 – ISPRS Workshop Laser Scanning 2013 (Volume II-5/W2), 11–13 November 2013, Antalya, Turkey, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-5-W2/index.html>
14. CMRT13 – City Models, Roads and Traffic 2013 (Volume II-3/W3), 12–13 November 2013, Antalya, Turkey, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-3-W3/index.html>
15. ISPRS 8th 3D GeoInfo Conference & WG II/2 Workshop (Volume II-2/W1), 27–29 November 2013, Istanbul, Turkey, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-2-W1/index.html>
16. ISPRS Acquisition and Modelling of Indoor and Enclosed Environments 2013 (Volume II-4/W1), 11–13 December 2013, Cape Town, South Africa, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-4-W1/index.html>

17. ISPRS Technical Commission IV Symposium (Volume II-4), 14–16 May 2014, Suzhou, China, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-4/index.html>
18. ISPRS Technical Commission VI Symposium (Volume II-6), 19–21 May 2014, Wuhan, China, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-6/index.html>
19. ISPRS Technical Commission V Symposium (Volume II-5), 23–25 June 2014, Riva del Garda, Italy, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-5/index.html>
20. ISPRS Technical Commission III Symposium (Volume II-3), 5–7 September 2014, Zurich, Switzerland, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-3/index.html>
21. ISPRS Technical Commission VII Symposium (Volume II-7), 29 September–2 October 2014, Istanbul, Turkey, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-7/index.html>
22. ISPRS Technical Commission II Symposium (Volume II-2), 6–8 October 2014, Toronto, Canada, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-2/index.html>
23. ISPRS Technical Commission I Symposium (Volume II-1), 17–20 November 2014, Denver, Colorado, USA, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-1/index.html>
24. ISPRS Technical Commission VIII Symposium (Volume II-8), 09–12 December 2014, Hyderabad, India, <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-8/index.html>
25. 24th International Cartographic Conference. The World's Geo-Spatial Solutions, 15th to 21st of November, 2009, Santiago, Chile, http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2009/html/Programafull.pdf
26. 25th International Cartographic Conference. Paris, France, 3–8 July 2011, http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2011/
27. 26th International Cartographic Conference. August 25 – 30, 2013, Dresden, Germany, http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/
28. ICC2013_program.pdf
29. 26th International Cartographic Conference. August 25 – 30, 2013, Dresden, Germany. Proceedings, http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/ICC2013_Proceedings.pdf

© А. И. Карпук, И. А. Мусихин, 2015

СИСТЕМА МОБИЛЬНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ В КИТАЕ

Чаншэн Тэн

Leador Spatial Information Technology Corporation, Китай, Пекин, менеджер по продукции, магистр фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. +86-10-6261-7985, факс: +86 10 6261 7985, e-mail: tengchangsheng@leador.com.cn

Шэн Го

Leador Spatial Information Technology Corporation, Китай, Пекин, менеджер по продукции, бакалавр фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. +86-10-6261-7985, факс: +86 10 6261 7985, e-mail: leader3s@leador.com.cn

Возрастающее проникновение на рынок интернет-картографирования и персональной навигации в Китае открыло большие возможности для гео-сообществ в области научных исследований и бизнеса. Уже признано, что геоданные лежат в основе любого геопространственного применения. Следовательно, своевременный сбор и обновление карты, информации об изображении и точное представление стали более важны, чем когда-либо. Мобильная система картографирования со встроенным мультидатчиком является хорошим средством быстрого сбора геоданных. Такая система широко используется в навигации по карте, управлении городом, аварийно-спасательной службе и пожарной охраны, дорожном патруле, административно-хозяйственном управлении, железнодорожном патруле и интернет-приложений.

Ключевые слова: мобильная система картографирования, управление городом, PPOI, дорожный патруль, административно-хозяйственное управление.

MOBILE MAPPING SYSTEM IN CHINA

Changsheng Teng

Leador Spatial Information Technology Corporation, China, Beijing, Product Manager, Master degree on photogrammetry and remote sensing, tel. +86-10-6261-7985, fax. +86-10-6261-7985, e-mail: tengchangsheng@leador.com.cn

Sheng Guo

Leador Spatial Information Technology Corporation, China, Beijing, Product Manager, Bachelor degree on photogrammetry and remote sensing, tel. +86-10-6261-7985, fax. +86-10-6261-7985, e-mail: leader3s@leador.com.cn

In China, the growing market penetration of internet mapping and personal navigation has opened up great research and business opportunities to geospatial communities. It has been recognized that geospatial data is at the heart of any geospatial application. Consequently, collecting and updating map and image information in a timely, accurate fashion has become more important than ever so. MMS (Mobile Mapping System) which integrates multi-sensor has clearly established a trend towards fast geospatial data acquisition. Such system is widely used in the fields of navigation map surveying, urban management, emergency response, road patrol, facility management, railway patrol, and Internet applications.

Key words: MMS, urban management, PPOI, road patrol, facility management.

1. INTRODUCTION

MMS is the system of collecting geospatial data from a mobile platform. Such systems are composed of an integrated array of time synchronized GNSS (Global Navigation Satellite System), IMU (Inertial Measurement Unit), DMI (Distance Measurement Instrument), imaging sensors, laser scanning sensors and onboard computer mounted on a mobile platform. The primary output from such systems includes GIS data, digital maps, and georeferenced images and video.

MMS basically consists of two subsystems, each comprising a variety of sensors:

- 1) Trajectory subsystem: PPOI (Precise Positioning and Orientation Instrument) as the core, and aiding sensors like digital odometer and inclinometer;
- 2) Object data subsystem, currently with image sensor and laser scanner.

The whole system is managed by a central controller, which logs all sensor data to a hard disk for performing real-time integrity checks and post-processing. The GNSS-PPS (Pulse Per Second) - signal, generated by the GNSS receiver, together with GNSS time information is used to synchronize all sensors and to time-tag the data with an uncertainty of less than one millisecond (Graefe, 2003).

In China, as a new way of geo-spatial data acquisition, the main navigation data producers see MMS as its primary means of data collection and updating and mobile mapping technology as the company's core technology. Thus, mobile mapping technology has become the best solution for geospatial data acquisition, playing an increasingly key role in the geo-information data-updating.

Research in mobile mapping technology started in 1990s, the field in multiple-sensor integration, system error calibration, direct geo-referenced technology. Up to now, LD2000 MMS, LD2011, LD2014 has been successfully developed. Leador Spatial Information Technology Corporation (Abbreviation: Leador Spatial) and used in all walks of life, its hardware and software have been exported to Korea, and Italy, and Iran, and other countries.



Figure 1: LD2000 MMS (left) is developed in 2004 and L D2011 MMS (right) is developed in 2011



Figure 2:LD2014 MMS is developed in 2014

2. KEY TECHNOLOGIES

MMS is a multi-sensor integrated digital mapping system, which generally composes the mobile vehicle, multi-sensor, on-board computer and data acquisition software. Development and application of MMS is mainly dependent on the development of the following key technologies:

1) Direct georeferencing

GNSS coverage is affected by topography, e.g. trees close to the road, houses etc. It is a key to determine the position and orientation of MMS with frequent GNSS outages. On this basis, we can obtain the coordinates of the target features, without using ground control points and photogrammetric triangulation method. PPOI-L61 developed by Leador Spacial is a system which is very accurate, and is compatible for GPS, GLONASS, Galileo, BDS; its specifications are shown in Table 1.

Table 1

PPOI-M60 specifications

	SPS	PP
Horizontal position (m)	3-5	0.02
Vertical position(m)	5-10	0.05
Heading (deg)	0.02	0.005
Roll & Pitch (deg)	0.005	0.002 ¹
Velocity (m/s)	0.03	0.005
Physical dimensions (mm)	PCS:340×200×105 IMU:180×172×130	
Weight (kg)	PCS≤3.5	IMU≤5.6

For achieving a full accuracy a local gravity model is required.

2) Multi-Sensor Integration

MMS use variety of spatial data collection tools, although the multi-sensor system as compared with a single sensor system has many advantages but introduces a

series of new problems, such as performance of new sensors and software, multi-sensor consistency problems, systemic error calibration technology.

The overall calibration technology is important for ensuring the systematic errors. Calibration technology comprises a relative calibration and absolute calibration. Firstly, the relative calibration means solving the intrinsic parameters of each sensor respectively, so as to assure the relation between the sensor and a group of sensors and the own center. Relative calibration includes multi-image sensor, PPOI, laser scanning sensor and lever arm calibration, foresight calibration. Absolute calibration means assuring the relative relationship between the sensors and the object coordinates. The specifications of LD2000, LD2011 and LD2014 are shown in Table 2.

Table 2

The specifications of LD2000, LD2011 and LD2014

	LD2000	LD2011	LD2014
Laser max range(m)	\	500	920
Laser max FoV (vertical) (deg)	\	300	360
Panoramic Photo Max FoV(deg)	\	360×270	360×270
Panoramic photo resolution (MP)	\	12	30
DMI Max range (m)	40	40	40
Absolute accuracy (RMS)(m)	1.0	0.3	0.1
Relative accuracy (RMS)(m)	0.1	0.1	0.05
Max. speed (km/h)	80	80	80

3. FLOW OF DATA ACQUISITION AND PROCESSING

Flow of data acquisition and processing includes data acquisition, Determination of position and orientation, georeferencing and mapping. Flow chart is shown in Fig 3.

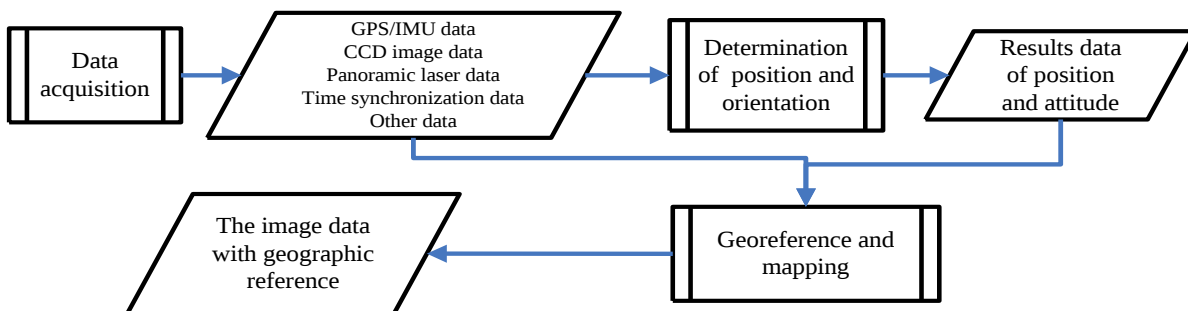


Fig 3: Flow chart of data acquisition and processing

1) Data acquisition

Use acquisition system of MMS to collect GNSS/IMU, image and other original data in target area. Data collection is drove to collection area. The system will automatically collect the track of traveling route, the position and attitude observation data of GNSS/IMU, CCD image, panoramic images, laser point cloud and POI when MMS driving along the route.

2) Determination of positon and orientation

Use LIONET (Leador INS/GNSS Orientation and Navigation Enhanced Technology) post-processing software to compute an optimal integrated inertial navigation solution by processing the raw IMU, GNSS data ,DMI data collected from PPOI amounted on vehicle(other platform), along with GNSS observables recorded form base station receiver(s). It computes a carrier phase GNSS solution and then blends it with the inertial data using forward and reverse time processing.

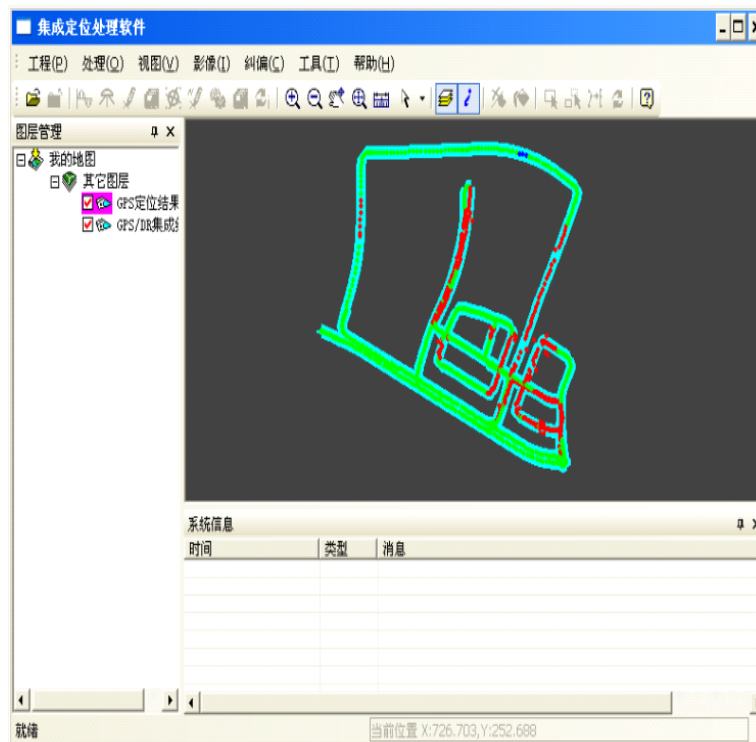


Figure 4: Interface of LIONET software

3) Georeferencing and mapping

Direct digital image georeferencing using coMapper implies the direct measurement of position and orientation of each single image frame at the moment of data acquisition. In principal, this allows immediate map production using the photogrammetric unit (a stereopair of images, or a single image+DEM). Ultimately, this approach totally bypasses the aerotriangulation step with no ground control point requirement. Fig. 5 below shows the georeferencing concept.

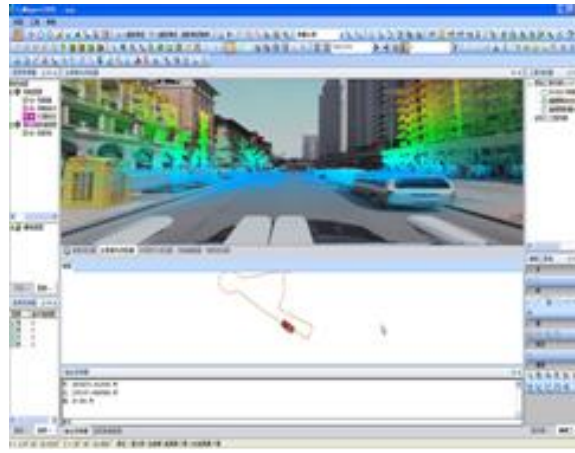


Figure 5: Interface of coMMapper software

Use coMapper to measuring objectives, extract attribute, mapping and building database by stereoscopic image of georeferenced and laser point data. Then output DLG, digital measurable image, navigation map and panoramic laser data, etc.

4. APPLICATIONS

Mobile Mapping Solution brings you omnidirectional information via its images and laser points. It is widely used in the field of local search, navigation, urban & industry planning, homeland security, emergency response, roadway management, street map, etc.

4.1. AERIAL MOBILE MAPPING

Traditional techniques of geo-referencing aerial photography, ground profiling radar, or Lidar are prohibitively expensive, particularly in inaccessible areas, or where the type of data collected makes interpretation of individual features difficult. Image direct georeferencing, simplifies the mapping control for large scale mapping tasks.



Figure 6: Oblique camera pod (left) and 3D model Jiujiang, China (right)

4.2. URBAN MANAGEMENT

Adoption of Mobile mapping technology to provide the inspectors with measuring function patrol car for urban management department for the scene forensics and law enforcement of illegal construction, illegal street advertising plaque, Jeeves and other acts, and the field measured by real images and video CDMA / GPRS or 3G network quickly transferred to the command center.



Figure 7: Urban management MMS

The car to inspect in urban area is mainly used for monitoring irregularities in urban management, there are often many sabotage the urban landscape, in violation of city planning behavior continue to occur in city, therefore, the need for urban management department of road construction and the basic situation within the jurisdiction of statistics, and continue inspections, by comparing the historical real image data is to determine whether there are irregularities ,and by combining with measurable functions and decision-making deal is to quantify the evidence.

With 3G or digital radio communications equipment, disseminate living conditions, it realize sharing data between enabling law enforcement command center and on-site Law enforcement car.

4.3. EMERGENCY RESPONSE



Figure 8: Emergency response MMS

The data which are acquired by Ledor2000 MMS is used for accurately assessing of conditions on the ground. A special database which is quickly built by MMS (relief facilities, temporary residence, hospitals, etc.) is used for disaster relief facilities management, command and decision-making.

4.4. ROAD PATROL AND FACILITY MANAGEMENT

MMS can be utilized to carry out efficient road condition surveys, and facilities management. Laser scanning technologies, applied in MMS, allow full 3D data collection of slope, banking, etc.

For inspections of facilities and road incidents, by way of wireless transmission of real-time video-board camera and stereo image is sent to the rear of the command center.



Figure 9: Road patrol MMS

On the basis of road inspections, MMS can scan the pavement and find out cracks.



Figure 10: Detection of pavement cracks MMS

4.5. RAILWAY PATROL

Railway MMS is enable to record the state of the rail on both sides of geography, such as clearance status, and other dynamic information, a live recording of the integrated system, through the sensors mounted on the train, is enable to dynamically, real-timely record geospatial data along the railway.



Figure 11: Railway patrol MMS

4.6. INTERNET APPLICATIONS

Internet and mobile device users are increasingly utilizing geo-spatial information, either in the form of mapping, or geo-referenced imaging. MMS provide geospatial data for the biggest Map ISP (Baidu Map).



Figure 12: High resolution panoramic camera MMS

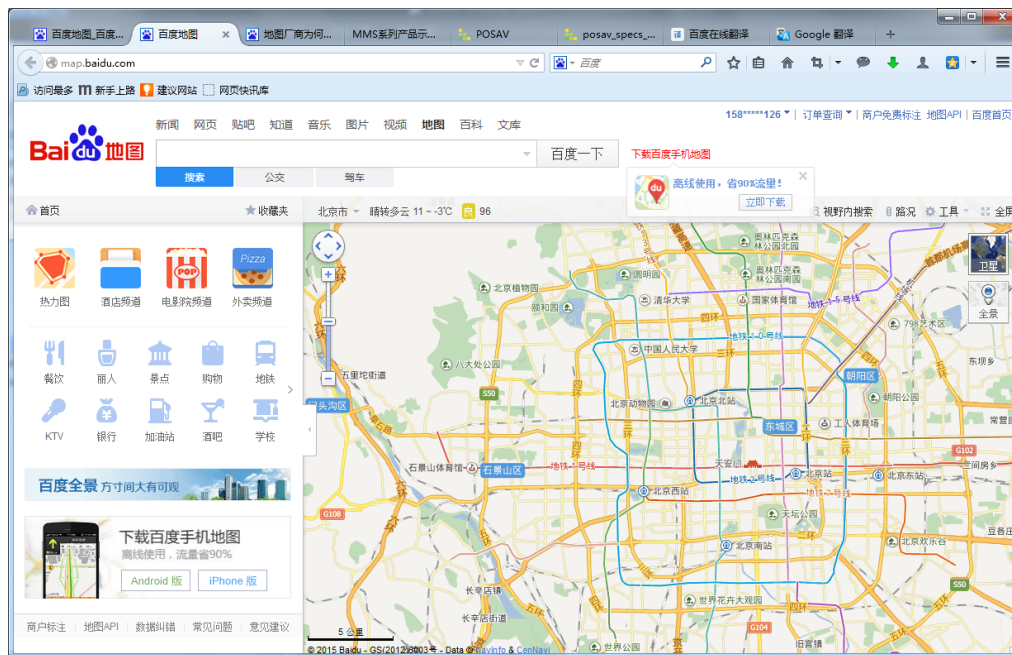


Figure 13: Interface of Baidu map

REFERENCES

- Li, D.R. & Guo, S. & HU Q.W. (2008). 3S (RS, GPS, GIS) Integration Technology Based LD2000 series Mobile Mapping System and Its Applications: Volume 37 of Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, SinoMaps Press, pp. 445-449
- Graefe, G.; Caspary, W.; Heister, H.; Klemm, J. (2003). The road data acquisition system MoSES—determination and accuracy of trajectory data gained with the Applanix POS/LV: Applanix Website, visited on February 15, 2003. http://www.applanix.com/pdf/Paper_Cairo.pdf

Contact

Changsheng Teng

Leador Spatial Information Technology Corporation, Beijing, China, Product Manager, Master degree on photogrammetry and remote sensing, tel. +86 10 6261 7985, fax +86 10 6261 7985, e-mail: tengchangsheng@leador.com.cn

© Changsheng Teng, Sheng Guo, 2015

ОТКРЫТЫЕ ДАННЫЕ, БЕСПЛАТНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ И ОТКРЫТЫЙ ДОСТУП К ГЕОДАНЫМ ДЛЯ ВАЛОРИЗАЦИИ КУЛЬТУРНОГО ТУРИЗМА НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА «ПЕШЕХОДНЫЕ МАРШРУТЫ VIA REGINA»

Мария Антония Бровелли

Миланский политехнический университет, DICA, Кампус в Комо, ул. В. Аледжио 14, Комо, Италия, профессор, доктор наук, проректор кампуса университета в Комо, сопредседатель Рабочей группы ISPRS WG IV/5 «Веб услуги и "облачная" служба на основе геоданных и применения», член Консультативного комитета «GeoForAll», тел. +39-031-332-7336, факс: +39-031-332-7319, e-mail: maria.brovelli@polimi.it

«Пешеходные маршруты Via Regina» – это проект Программы трансграничного сотрудничества между соседними странами Италия-Швейцария на 2007-2013 гг., целью которой является повышение культурных ценностей и туристических услуг, развивающихся, благодаря совместной деятельности инженеров в области геоматики и экспертов по культурному наследию, ландшафтных проектировщиков, местных властей и ассоциаций и при валоризации общеевропейского культурного наследия. Внедрение новейших гео-средств программного обеспечения (многомерный геопортал, Apps и платформа для гео-краудсорсинга и веб-виртуальные туры) помогут расширить знания о местности, где будет проходить маршрут. Свободная и общедоступная природа этих средств делает их доступными, и расширяет тематику.

Ключевые слова: многомерное веб-картографирование, гео-краудсорсинг, виртуальные маршруты, свободное и общедоступное программное обеспечение и данные.

OPEN DATA AND FREE AND OPEN SOURCE GEOSPATIAL SOFTWARE FOR CULTURAL AND TOURISTIC VALORISATION: THE CASE OF «THE PATHS OF VIA REGINA»

Maria Antonia Brovelli

Politecnico di Milano, DICA, Campus Como, via VAlelggio 14, Como, Italy, Prof. Dr., Vice Rector of Politecnico di Milano for Como Campus, Co-Chair ISPRS WG IV/5 «Web and Cloud Based Geospatial Services and Applications», Member of the Advisory Board of «GeoForAll», tel. +39-031-332-7336, fax. +39-031-332-7319, e-mail: maria.brovelli@polimi.it

“The Paths of Via Regina” is a project of the Cross-border Cooperation Operational Programme Italy – Switzerland 2007-2013, which aims, thanks to the synergy between geomatics engineers and experts in cultural heritage, landscape designers, local administrations and associations, at valorising the common European cultural identity through the naturalistic, artistic and cultural heritage. The knowledge and the monitoring of the territory are promoted through the implementation of innovative geospatial software (a multi-dimensional geoportal, Apps and a platform for geocrowdsourcing and web-virtual tours). The free and open source nature of these tools makes them reusable and customisable for any different context.

Key words: multidimensional web-mapping, geocrowdsourcing, *virtual tours*, free and open source software and data.

“The Paths of Via Regina” is an INTERREG project (Cross-border Cooperation Operational Programme Italy – Switzerland 2007-2013) which aims at the valorisation of the foot paths on the hilly crossborder area between Italy and Switzerland. Thanks to the synergy between swiss and italian geomatics engineers and experts in cultural heritage, landscape designers, local administrations and associations, the project aimed at rediscovering the common European cultural identity through the naturalistic, artistic and cultural heritage.

The knowledge and the monitoring of the territory are promoted through the implementation of innovative tools coupled with the traditional ones.

Pedestrian tourists, in addition to the traditional maps and guides, are able to move into the territory via computer or mobile devices (smartphone, tablets, etc.) through the development of a specific geoportal. The possibility of multi-dimensional visualization improves the perception of immersion in the territory providing a richer experience to the virtual traveler. Moreover within the project new Internet GIS participative tools were developed: the proliferation of mobile devices equipped with GPS and cameras allows users to upload multimedia georeferenced contents (e.g. photos, documents and travel notes), collected along the route, which then become property of the whole community.

The crowdsourced information is then overlaid to the base OpenstreetMap layers, to the aerial orthophotos and the satellite imagery provided, as standard geoservices, by the geoportals of institutional administrations (e.g. INSPIRE Geoportal, Italian National Geoportal, Lombardy Region Geoportal, Swisstopo Geoportal).

Holding mobile devices, the tourists can discover the territory by walking it physically, but at the same time they can also contribute to the collective knowledge, adding important aspects or details. These instruments are therefore important not only for navigation, but also for monitoring and safeguarding collectively the landscape and its culture. Moreover the free and open source nature of these tools makes them reusable and customisable for any different context.

Contact

Prof. Dr. Maria Antonia Brovelli

Vice Rector for Como Campus - Politecnico di Milano

ISPRS WG IV/5 "Web and Cloud Based Geospatial Services and Applications" - Co-chair - OSGeo Charter Member - ICA - OSGeo Advisory Board Member - SIFET Scientific Committee Member

Via Natta, 12/14 - 22100 COMO (ITALIA)

Tel. +39-031-3327336 - Mob. +39-328-0023867 - fax. +39-031-3327321

e-mail1: maria.brovelli@polimi.it

e-mail2: prorettrice@como.polimi.it

© M. A. Brovelli, 2015

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (БПЛА) ДЛЯ МОНИТОРИНГА, СЛОЖНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Филипп Амон

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgstraße 48, 3580 Хорн, Австрия, менеджер по международным продажам, тел. +43-2982-4211, факс: +43-2982-4210, e-mail: pamon@riegl.com

Урсула Ригль

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgstraße 48, 3580 Хорн, Австрия, заместитель генерального директора, тел. +43-2982-4211, факс: +43-2982-4210, e-mail: uriegl@riegl.com

Петер Ригер

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgstraße 48, 3580 Хорн, Австрия, менеджер по продукции и воздушному лазерному сканированию, тел. +43-2982-4211, факс: +43-2982-4210, e-mail: prieger@riegl.com

Мартин Пфеннигбауэр

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgstraße 48, 3580 Хорн, Австрия, директор по научной работе и интеллектуальной собственности, тел. +43-2982-4211, факс: +43-2982-4210, e-mail: mpfennigbauer@riegl.com

Описывается технология лазерного сканирования с БЛА/БЛПА, ее сравнение с технологией воздушного и наземного лазерного сканирования, и потенциальные возможности объединения данных. Приводятся примеры с использованием коридорного картографирования для мониторинга линий электропередач и трубопроводов, контроля за состоянием объектов производственной инфраструктуры и объектов жизнеобеспечения населения.

Ключевые слова: БЛА/БЛПА, лазерное сканирование, коридорное картографирование, мониторинг линий электропередач и трубопроводов, контроль за состоянием объектов производственной инфраструктуры и объектов жизнеобеспечения населения, воздушное лазерное сканирование, радиометрическая калибровка.

UAV BASED LASER SCANNING FOR MONITORING APPLICATIONS AND CHALLENGING, COMPLEX SURVEYING TASKS

Philipp Amon

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgstrasse 48, 3580 Horn, Austria, Manager, International Sales, tel. +43-2982-4211, fax. +43-2982-4210, e-mail: pamon@riegl.com

Ursula Riegl

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgstrasse 48, 3580 Horn, Austria, Assistant to the CEO, tel. +43 2982 4211, fax. +43-2982-4210, e-mail: uriegl@riegl.com

Peter Rieger

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgstrasse 48, 3580 Horn, Austria, Product Manager, Airborne Laser Scanning, tel. +43-2982-4211, fax. +43-2982-4210, e-mail: prieger@riegl.com

Martin Pfennigbauer

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgstrasse 48, 3580 Horn, Austria, Director, Research & Intellectual Property, tel. +43-2982-4211, fax. +43-2982-4210, e-mail: mpfennigbauer@riegl.com

We present the workflow of ULS (unmanned-aircraft-based laser scanning) in comparison to the well-established high-altitude airborne laser scanning or stationary terrestrial laser scanning and discuss the potential of data fusion. Example applications include corridor mapping for power line and pipeline monitoring, and inspection of industrial and public infrastructure.

Key words: UAS, laser scanning, corridor mapping, power line and pipeline monitoring, inspection of industrial and public infrastructure, data fusion, airborne laser scanning, radiometric calibration.

INTRODUCTION

Airborne laser scanning (ALS, often also called airborne LIDAR) is an active remote sensing technique that samples the landscape in a sequential manner by laser pulses that are deflected across the flight path (Vosselman and Maas, 2010).

The backscattered echo information is typically used to determine the range to the objects within the laser beam. By merging the range information and the deflection angle of the laser beam with synchronized position and orientation information the geo-location of the backscattering surface elements can be determined. The 3D point cloud of the surveyed area results from a multitude of single measurements. Next to spatial information ALS and ULS sensors typically also provide information about the intensity of the backscattered signal. However, for the practical usage of this information and eventually for target classification, a radiometric calibration of the acquired signal strength, taking into account atmospheric attenuation and angle of incidence of the laser beam is essential.

Recent publications showed that a practical radiometric calibration workflow is feasible (Höfle and Pfeifer, 2007) (Briese, Höfle, Lehner, Wagner, Pfennigbauer, Ullrich, 2008) (Wagner 2010) (Briese, Pfennigbauer, Lehner, Ullrich, Wagner, Pfeifer, 2012) (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus, 2013). Furthermore, the paper “Radiometric Information from Airborne Laser Scanning for Archaeological Prospection” (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus, 2014) demonstrates a first practical application of the calibrated radiometric information for archaeological prospection.

ALS and ULS instruments typically operate with one single laser wavelength, but due to different application requirements instruments utilizing different wavelengths are available and the parallel or sequential use of different sensors allows even estimating a multi-wavelength radiometric representation of the area of interest (Briese, Pfennigbauer, Lehner, Ullrich, Wagner, Pfeifer, 2012) (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus, 2014).

This publication focuses on the radiometric calibration of single-wavelength close-range ALS and ULS instruments. This radiometric calibration can be used to facilitate the calibration of passive multispectral imagery concurrently acquired over the same area. The presented workflow is demonstrated on the basis of an ALS data set from 2013 and an ULS data set from a later flight mission in 2014. The *RIEGL VUX-1* as extremely lightweight ALS and especially well adapted UAS sensor is presented and its performance capacity is demonstrated by high-resolution data sets.

RADIOMETRIC CALIBRATION OF ALS DATA

This section summarizes the basic theory and practical workflow for the radiometric calibration of ALS data which is presented in more detail in the publications (Briese, Höfle, Lehner, Wagner, Pfennigbauer, Ullrich, 2008) (Briese, Pfennigbauer, Lehner, Ullrich, Wagner, Pfeifer, 2012) (Ullrich, Briese, 2014) (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus, 2014). The process of ALS and ULS data acquisition can be described by the LIDAR equation that describes how the power of the laser pulse (P_T at emission) is altered along its path from the sensor emission to the target and back so the detector where the received power P_R is observed (Wagner 2010) (Briese, Pfennigbauer, Lehner, Ullrich, Wagner, Pfeifer, 2012):

$$P_T \cdot \frac{4}{R^2 \theta_T^2 \pi} \cdot \sigma \cdot \frac{1}{4\pi R^2} \cdot \eta_{ATM} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta_{SYS} = P_R$$

with the atmospheric attenuation η_{ATM} , the intensity reduction due to range R , the opening angle θ_T , the receiver optics of diameter D , the target backscattering properties σ (backscatter cross-section), and some further system loss η_{SYS} . By the assumption of a single echo per laser shot on an extended target (bigger than the laser footprint) the equation can be simplified to:

$$\frac{P_T D^2}{16 R^2} \cdot \eta_{ATM} \cdot \eta_{SYS} \cdot \gamma = P_R$$

Furthermore, the above equation introduces the backscatter coefficient $\gamma = \sigma / A_{lf}$, with A_{lf} representing the laser footprint area. Moreover, by assuming that the targets hit by the laser pulse behave like a Lambertian reflector the so-called diffuse reflectance ρ_d can be estimated with the angle of incidence θ by:

$$\rho_d = \frac{\gamma_d}{4 \cos \theta}$$

Finally, it can be assumed that η_{SYS} , P_T , and D are constant for a certain ALS sensor or a certain flight mission. Therefore these factors can be summarized in a so-called calibration constant C_{CAL} that can be estimated with the help of targets with known reflectance at the laser's wavelength (Briese, Höfle, Lehner, Wagner, Pfennigbauer, Ullrich, 2008).

RIEGL V-line instruments provide a value for the calibrated relative reflectance. This value is the ratio of the actually observed echo amplitude and that resulting from a fictive, large Lambertian reflector of 100% reflectance at the same distance as the target object (Pfennigbauer, Ullrich, 2010). This is a valuable indication, yet the calculation disregards the effect caused by the angle of incidence. Therefore, for the presently demonstrated procedure, we use the calibrated amplitude provided by the instruments.

Based on the above described theory the following workflow for the radiometric calibration of ALS data can be applied to the ALS data (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus, 2014):

1. Selection of the in-situ reference targets based on the ALS flight plan
2. Determination of the incidence angle dependent diffuse reflectance ρ_d of the reference surfaces utilizing a spectrometer or reflectometer (Briese, Höfle, Lehner, Wagner, Pfennigbauer, Ullrich, 2008) that operates at the same wavelength as the laser scanner
3. Recording of meteorological data (aerosol type, visibility, water vapor, etc. for the estimation of an atmospheric model, or the visibility at visible wavelengths) during the flight mission in order to estimate the atmospheric transmission factor
5. Direct georeferencing of the ALS echoes and maybe strip adjustment in order to get an advanced relative and absolute georeferencing of the ALS data
6. Estimation of the local surface normal in order to consider the local incidence angle θ
7. Estimation of C_{CAL} based on the ALS echoes within the in-situ reference targets (e.g. defined by a polygon area)
8. Radiometric calibration of all echoes based on the determined value of C_{CAL} and the angle of incidence θ

STUDY SITE AND RESULTS

Study Site

For the application of the mentioned workflow for radiometric calibration the archaeological study site Carnuntum in Austria was selected. Carnuntum is located in the south-east of Vienna and is one of the case-study areas of the Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology (LBI-ArchPro). As a consequence, a lot of different reference data sets (ALS, photogrammetry, terrestrial measurements, etc.) are available. Further details about the study site can be found in the paper “Radiometric Information from Airborne Laser Scanning for Archaeological Prospection“ (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus, 2014).

Radiometric Calibration Results

This subsection summarizes the radiometric calibration results for the study area that were published in „Radiometric Calibration of Multi-Wavelength Airborne Laser Scanning Data” (Briese, Pfennigbauer, Lehner, Ullrich, Wagner, Pfeifer, 2012) and “Multi-Wavelength airborne laser scanning for archaeological prospection” (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus, 2013). Figure 1 presents the radiometric information from one ALS strip acquired by the ALS sensor *RIEGL VQ-480i* (laser source with 1550 nm) before (upper part of the figure) and after (lower part of the figure) the radiometric calibration workflow.

It can be clearly seen in Figure 1 that the darkening at the strip’s borders (across the flight direction) mainly caused by an increasing range R can be eliminated by the radiometric calibration procedure. Furthermore, it is visible that larger field systems are represented in the calibrated reflectance image with the same gray value after the application of the presented workflow.

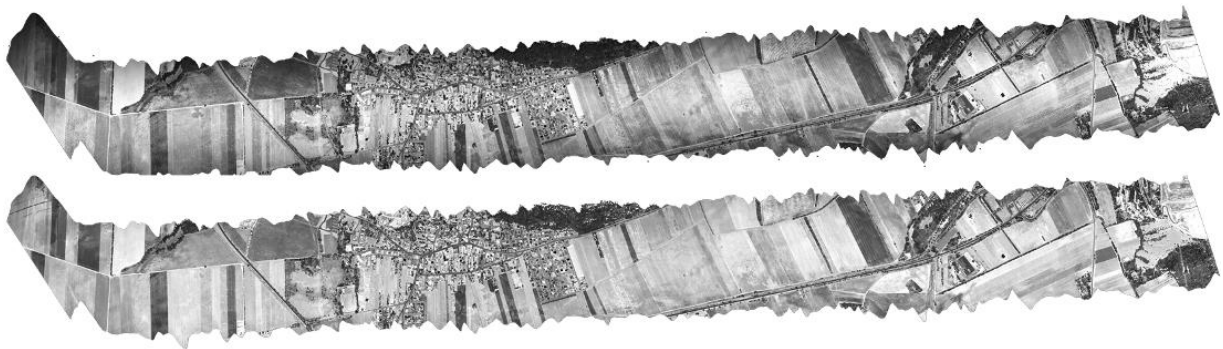


Figure 1: Upper image: Amplitude image of one ALS strip (1550 nm; rotated counterclockwise by 25°); Lower image: Calibrated reflectance image of the same strip (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus 2013)



Figure 2: Upper image: Calibrated reflectance image (1550 nm) of the complete study area Carnuntum (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus, 2013); Lower Image: Detail of the reflectance image; the length of the red line in the upper right part of the image represents 200 m. In both visualizations the reflectance images (255 gray values) are linear scaled from 0 (black) to 0.5 (white)

After the application of the radiometric calibration workflow for all available ALS strips a calibrated reflectance value for every single ALS echo is available. Based on this 3D point cloud with the assigned reflectance attribute a reflectance image can be estimated by an interpolation method. In the examples presented here the software OPALS with its grid interpolation method moving planes (selected grid width 0.25m) was utilized (OPALS, 2014). The resulting true orthophoto that contains the reflectance values for the laser wavelength of 1550 nm can be inspected in Figure 2.

NEW SENSOR AND AIRBORNE CARRYING PLATFORM FOR ULS

In 2014, *RIEGL* introduced the new ULS sensor, *RIEGL VUX-1* (see fig 3, fig 4 and (*RIEGL VUX-1*, 2014)). This new, compact and lightweight sensor was developed especially for use on UAS, gyrocopters, helicopters and ultralight aircraft. The effective measurement rate of the instrument is 500,000 measurements per second (with 200 scan lines per second) and offers a field of view of up to 330°. The maximum scan mission flight altitude is 350 m AGL. The instrument offers multiple target capability and a ranging accuracy of 10 mm.

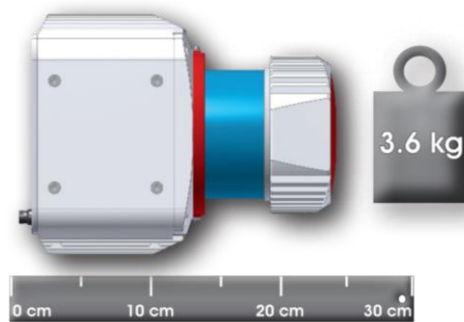


Figure 3: the new lightweight airborne „ULS“ scanner *RIEGL VUX-1*, dimensions and weight

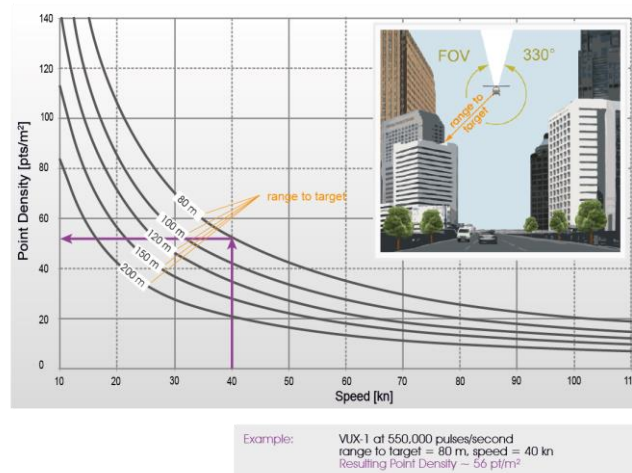


Figure 4: ULS scanner *RIEGL VUX-1*, performance characteristics

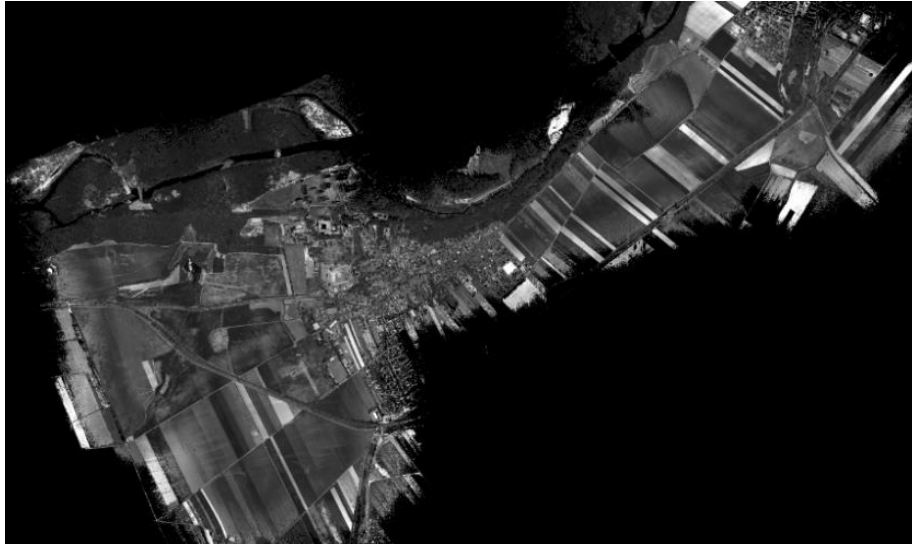


Figure 5: ULS data point cloud in degrees of calibrated reflectance

Figure 5 shows the ULS data point cloud, again in degrees of calibrated reflectance. The flight and scan parameters for the data acquisition were:

Speed	48 kts (25 m/s)
Altitude	approx. 150 m AGL
Scan rate	380 kHz
Point density	18 pts/m ²

With regards to versatility and cost-efficiency, UAS as remotely piloted sensor carrying platforms offer a promising complementary method to terrestrial and airborne surveying, especially for smaller-scale and/or repetitive data acquisition. Figure 6 shows as an example the RiCOPTER, developed as turn-key solution, a completely integrated UAS LiDAR system.

With the extremely wide scan angle together with the low flying altitude and the consequently small angles of incidence occurring in this setup, radiometric calibration taking into account the angle of incidence becomes even more important than for ALS.



Figure 6: *RIEGL* RiCOPTER with *RIEGL* VUX-SYS

SUMMARY AND DISCUSSION

This paper highlights the ability of ALS and ULS to deliver, next to geometric information of the sensed surface, radiometric data of the illuminated target surfaces. Based on the theory of the LIDAR equation a practical workflow for the radiometric calibration of ALS/ULS data sets was presented. This process was demonstrated with the help of already published results (Briese, Pfennigbauer, Ullrich, Doneus 2014) and a later acquired ULS data set. As a result radiometric information is added to the acquired 3D point cloud. Based on this point cloud information a true orthophoto displaying the ALS reflectance information can be estimated. Due to the active laser illumination this orthophoto is not affected by the sunlight. The resulting high-resolution radiometric quantities might be a valuable reference data set for the radiometric calibration of passive airborne image spectroscopy data.

ACKNOWLEDGEMENTS

The Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology (archpro.lbg.ac.at) is based on an international cooperation of the Ludwig Boltzmann Gesellschaft (A), the University of Vienna (A), the Vienna University of Technology (A), the Austrian Central Institute for Meteorology and Geodynamic (A), the office of the provincial government of Lower Austria (A), Airborne Technologies GmbH (A), RGZM-Roman- Germanic Central Museum Mainz (D), RAÄ-Swedish National Heritage Board (S), IBM VISTA-University of Birmingham (GB) and NIKU-Norwegian Institute for Cultural Heritage Research (N).

REFERENCES

- Briese, C., Höfle, B., Lehner, H., Wagner, W., Pfennigbauer, M., Ullrich, A., (2008): Calibration of full-waveform airborne laser scanning data for object classification, SPIE: Laser Radar Technology and Applications XIII, Orlando, 6950/2008, S. 8.
- Briese, C., Pfennigbauer, M., Lehner, H., Ullrich, A., Wagner, W., Pfeifer, N., (2012): Radiometric Calibration of Multi-Wavelength Airborne Laser Scanning Data, XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, in: "ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (ISPRS Annals)", 37/2012, ISSN: 1682-1750; S. 335 - 340.
- Briese, C., Pfennigbauer, M., Ullrich, A., Doneus, M., (2013): Multi-Wavelength airborne laser scanning for archaeological prospection, International Symposium of CIPA, Strasbourg, France, in: "International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences", Volume XL-5/W2.
- Briese, C., Pfennigbauer, M., Ullrich, A., Doneus, M., (2014): Radiometric Information from Airborne Laser Scanning for Archaeological Prospection. International Journal of Heritage in the Digital Era, volume 3, number 1/2014, in press.
- Höfle, B., Pfeifer, N., (2007): Correction of laser scanning intensity data: Data and model-driven approaches. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 62(6).

OPALS, Software OPALS (Orientation and Processing of Airborne Laser Scanning data), <http://geo.tuwien.ac.at/>, accessed at 31.3.2014.

Pfennigbauer, M., Ullrich, A. (2010): "Improving quality of laser scanning data acquisition through calibrated amplitude and pulse deviation measurement", Proc. SPIE 7684, 7684-53.

RIEGL VUX-1: new lightweight ALS sensor RIEGL VUX-1, <http://www.riegl.com/products/uasuv-scanning/>, accessed at 31.3.2014.

Ullrich, A., Briese, C., (2014): Radiometric Calibration of LIDAR instruments and LIDAR data. Presentation, EuroCOW, Barcelona.

Vosselman and Maas, (2010): Airborne and Terrestrial Laser Scanning, Whittles Publishing, ISBN: 978-1904445876, S. 336 .

Wagner, W., (2010): Radiometric calibration of small footprint full-waveform airborne laser scanner measurements: Basic physical concepts. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65 (6 (ISPRS Centenary Celebration Issue)), S. 505–513. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 38, Part 7B, S. 360-365.

Biographical Notes

Philipp Amon is working with *RIEGL Laser Measurement Systems GmbH* located in Horn, Austria since 2010, currently as Manager International Sales.

He graduated from a higher-level secondary college for industrial engineering and is currently working on his BSc in Industrial Engineering from the HFH Hamburg.

His publications are related to terrestrial and mobile laser scanning, applications of laser scanning and photogrammetry, as well as UAS/UAV applications of laser scanning.

Ursula Riegl is assistant to the CEO at *RIEGL Laser Measurement Systems GmbH* located in Horn, Austria. She holds a Magister degree in comparative literature and roman languages from Vienna University, Faculty of Humanities.

Peter Rieger is responsible manager for airborne laser scanning products at *RIEGL Laser Measurement Systems GmbH* located in Horn, Austria.

He received a Dipl.-Ing. degree in telecommunications engineering from the Vienna University of Technology in 2002. His research interests cover ranging techniques in scanning LiDAR, with emphasis on methods for resolving range ambiguities, full waveform analysis, and inertial navigation/GNSS.

Martin Pfennigbauer holds a Dipl.-Ing. Degree and a PhD from Vienna University of Technology. From 2000 to 2005 he was working at the Institute of Communications and Radio-Frequency Engineering, focusing on free-space optical intersatellite communication and quantum communication. Since 2005 he is with *RIEGL Laser Measurement Systems*, presently as Director, Research & Intellectual Property. He manages research projects funded by the European space agency, the European Union and national funds.

Dr. Pfennigbauer's special interest is the design and development of lidar instruments for surveying applications with focus on rangefinder design, waveform processing, and point cloud analysis.

Contacts

Philipp Amon

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgerstraße 48, 3580 Horn, Austria,
Manager, International Sales, tel. +43 2982 4211, fax +43 2982 4210, e-mail: pamon@riegl.com

Ursula Riegl

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgerstraße 48, 3580 Horn, Austria,
Assistant to the CEO, tel. +43 2982 4211, fax +43 2982 4210, e-mail: uriegl@riegl.com

Peter Rieger

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgerstraße 48, 3580 Horn, Austria,
Product Manager, Airborne Laser Scanning, tel. +43 2982 4211, fax +43 2982 4210, e-mail:
priege@riegl.com

Martin Pfennigbauer

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgerstraße 48, 3580 Horn, Austria,
Director, Research & Intellectual Property, tel. +43 2982 4211, fax +43 2982 4210, e-mail:
mpfennigbauer@riegl.com

Christian Briese

Department of Geodesy and Geoinformation, Vienna University of Technology, Austria
christian.briese@geo.tuwien.ac.at

Michael Doneus

LBI for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology, Vienna, Austria
Department of Prehistoric and Historical Archaeology, University of Vienna, Franz-Klein
Gasse 1, 1190 Vienna, Austria
VIAS – Vienna Institute for Archaeological Science, University of Vienna, Franz-Klein-
Gasse 1, 1190 Vienna, Austria
michael.doneus@univie.ac.at

© Philipp Amon, Ursula Riegl, Peter Rieger, Martin Pfennigbauer, 2015

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ ДЕРЕВЯННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Фолькер Швигер

Университет Штутгарта, Geschwister-Scholl-Str. 24D, D-70174, Stuttgart, Германия, доктор наук, профессор, директор Института инженерной геодезии, тел. +49-(0711)-6858-4044, факс: +49-(0711)-6858-4044, e-mail: volker.schwieger@ingeo.uni-stuttgart.de

Аннетте Шмитт

Университет Штутгарта, Институт инженерной геодезии, Geschwister-Scholl-Str. 24D, D-70174, Stuttgart, Германия, тел. +49-(0711)-6858-4065, факс: +49-(0711)-6858-4065, e-mail: an-nette.scheider@ingeo.uni-stuttgart.de

Рассматривается применение геодезии в роботизированном строительстве деревянных сооружений, включая контроль качества индивидуально изготовленных пластин из дерева и анализ деформации полностью построенного павильона для двух эпох. Сравнивались нормальные вектора решетчатых поверхностей для двух эпох, и они показали отсутствие деформаций. Одной из главных причин является невысокая точная регистрация определение положения с точностью 7 мм. Выявлено, что изготовленные пластины незначительно отличались данной модели. Погрешность измерений была в пределах 0, 11 мм, и это подтвердило, что на пластины изготовлены с точностью 0,42 мм. Кроме того доказано, что в течение шести недель форма деревянные пластины изменилась незначительно.

Ключевые слова: лазерный сканер, лазерный трекер, контроль качества, анализ деформаций.

QUALITY CONTROL AND DEFORMATION ANALYSIS FOR A TIMBER CONSTRUCTION

Volker Schwieger

University of Stuttgart, Geschwister-Scholl.-Str. 24D, 70174 Stuttgart, Germany, Dr.-Ing., Professor, Director of the Institute of Engineering Geodesy, tel. +49-(0711)-6858-4044, fax: +49-(0711)-6858-4044, e-mail: volker.schwieger@ingeo.uni-stuttgart.de

Annette Schmitt

University of Stuttgart, Institute of Engineering Geodesy, Geschwister-Scholl.-Str. 24D, 70174 Stuttgart, Germany, tel. +49-(0711)-6858-4044, fax: +49-(0711)-6858-4044, e-mail: annette.schmitt@ingeo.uni-stuttgart.de

The contribution deals with geodetic contributions to robotic timber construction. It covers the quality control of individually fabricated timber plates and the deformation analysis of the completely constructed pavilion scanned in two epochs. The latter shows no deformations if the normal vectors of the meshed surfaces are compared between the epochs. One of the main reasons is the low accurate registration and geo-referencing reaching values up to 7 mm. For the first task it could be shown that the fabricated plates do not differ significantly from the given model. The measurement uncertainty of around 0.11 mm assures a plate fabrication uncertainty of around 0.42 mm. Additionally, it could be proven that the plates do not significantly change their shape within 6 weeks.

Key words: Laser Scanner, Laser Tracker, Quality Control, Deformation Analysis.

1. INTRODUCTION, PROJECT AND OBJECTIVES

New developments in computational design offer new individual fabrication processes in timber construction. Industrial robots can be used in timber construction to develop new design approaches. But no statements about the accuracy which can be reached in these cases are available. However, quality control for a timber prototype building fabricated by robots has to be realized.

The investigations described in this paper, are part of the project *Robotic fabrication in Timber Construction*. It is a project driven by architects, structural and geodetic engineers of the University of Stuttgart together with industrial partners like timber fabricators and the federal state Baden-Württemberg. The goal was to develop a lightweight timber construction system which combines robotic fabrication with computational design and simulation processes (Krieg et al., 2014).

A prototype is built at the horticultural show *Landesgartenschau 2014* in Schwäbisch Gmünd, Baden-Württemberg, Germany. The prototype is made of 243 timber plates made of beech plywood. These 50 millimeter thin plates are manufactured by an industrial robot with seven degrees of freedom. The plate structure of this prototype recalls the skeletal shell of a sand dollar, a species of sea urchins. The sand dollar has a skeletal shell of polygonal plates of calcium carbonate which “are joint by interlocking calcite protrusions that are the biological equivalent to man-made finger joints” (Krieg et al., 2014). Each plate has an individual shape and position. The shape and position is calculated by an optimization and simulation process (Krieg et al., 2014). The structure of the plates will be visible after setting up the prototype. Factors like statics and extension of the robot are considered. At the end, 7600 finger joints are produced. The pavilion shown in Figure 1 has got a floor space of 125 m² and the surface envelope of 245 m², but there are only 12 m³ of timber used (ICD, 2015).



Figure 1: Left: Exterior view of the pavilion; Right: Plate structure ©ICD/ITKE/IIGS, University of Stuttgart

One role of the geodetic engineer is to determine the fabrication accuracy of the individual timber plates. In this way the automated robotic construction process is

controlled using the Laser Tracker API Radian and a valid uncertainty value with respect to the fabrication is delivered. Further on it was controlled if the geometry of the plates changes over time under different meteorological conditions.

The second role is the analysis of the deformations after construction of the pavilion which is also called prototype by the architectural partners. For this task the whole prototype has been scanned three times using a Leica HDS 7000 Scanner.

2. QUALITY CONTROL OF TIMBER PLATES

2.1 Measurement Instrument and Process

Since the timber plates should be fabricated with an uncertainty below 1 mm, a laser trackers is the right choice to control the quality of the fabrication. In this paper, the laser tracker API Radian from Automated Precision Inc. (API) is used together with the probing tool IntelliProbe360™. With the probing tool, shown in Fig. 3 it is possible to measure, for example, hidden points. The software Spatial Analyzer from New River Kinematics is used to operate the laser tracker and to realize the analysis. The specialty of the laser tracker is the fact that it works with two kinds of distance measuring principles. On one hand, it can be used with the interferometric distance measuring method, which is based on the Michelson-Interferometer and delivers distance differences only. This method offers an accuracy of 5 μm on 10 m. On the other hand the tracker offers an absolute distance measuring method. This mode is the one which has to used together with the IntelliProbe360™, since the so called birdbath, a known point signalled by an adapter at the laser tracker (Fig.2), cannot be used for the IntelliProbe360™, which means that there is no known absolute distance for the interferometric measuring method. The producer specifies an uncertainty in 3D points of $\pm 126 \mu\text{m}$ for two sigma in a distance of 7 m using the absolute distance measuring method (API, 2014).



Figure 2: Laser tracker with the reflector in the birdbath

For this project a special tip for the IntelliProbe360™ is needed to measure the edges of the timber elements. The tip, shown in Fig. 3, is designed by the Institute of

Engineering Geodesy Stuttgart (IIGS), because there are no comparable tips available on the market. This tip offers the possibility to measure the point of the edges directly, whereupon the tip cannot slip down from the edge. Before the measuring task was started, the tip is tested measuring a precise metal work piece, which is produced with a fabrication standard deviation s_F of better than 0.1 mm in the workshop of IIGS. One of the edges of the work piece is measured ten times. From the deviations between the measurement values and the CAD model the s_{FM} can be calculated. In this case the s_{FM} stands for the combined standard deviation of measurement and fabrication. However, since the fabrication standard deviation is known, the measurement standard deviation s_M can be calculated as followed:

$$s_M = \sqrt{s_{FM}^2 - s_F^2} . \quad (1)$$

The measurement standard deviation in X-direction reaches 0.086 mm, and in Y-direction 0.063 mm. However, the 2D-accuracy is 0.106 mm. The Z-direction is not important for the context of the project because the this direction is superposed by external effects and should not to be considered

To get an overview about the fabrication uncertainty of the plates, 24 plates of the 243 plates were quality controlled. The industry specification for timber fabrication is e.g. 4 mm tolerance for lengths of 1 m (DIN18203-3). According to a rule of thumb (Witte and Schmidt, 2006) this yields to a standard deviation of 1 mm for fabrication. These specifications are not of importance for this project, since the fabrication of the plates cannot be restricted to length or cross section. A clear tolerance specification was not given.



Figure 3: IntelliProbe360™ with the special designed tip

First of all, the laser tracker has to be aligned to the plate. For that reason, the CAD model of the plate is integrated into Spatial Analyzer. The software offers a tool to align the laser tracker to the CAD model. This tool first uses the so called 3-2-1-Transformation to find a common coordinate system between measurements and CAD model (New River Kinematics, 2013). Afterwards, a 6 Parameter-Transformation, which is called Best-Fit-Transformation, is realized. The 3-2-1-Transformation calculates an approximated solution for stationing. This means a common coordinate system for CAD and the instrument is created. The first point measured is the origin; with the second point the x-axis is created and with the third point the xy-plane is defined. The z-axis is orthogonal to the xy-plane (New River Kinematics, 2013). For this alignment, a spherically mounted retroreflector (SMR) is used. In this case the laser tracker operates in the interferometric mode.

After the alignment, the edge points are measured. At each finger joint ten points are measured with the special designed tip for the IntelliProbe360™. At the outside section of the plates between three and six points are measured. An example for the measured points is shown in Fig. 4. All these points are measured discretely.

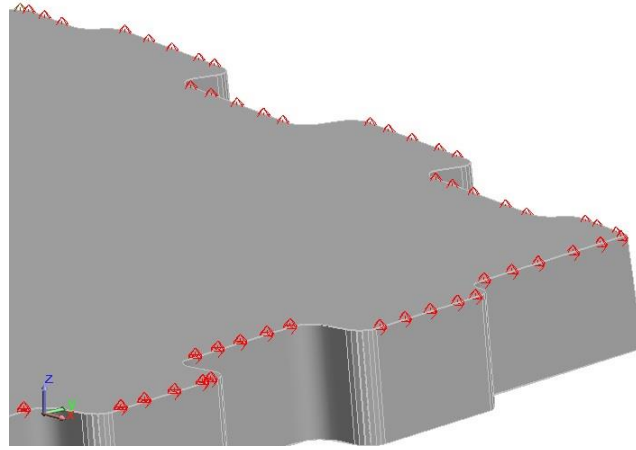


Figure 4: Laser tracker measurements of the finger joints

2.2 Analysis Method

After finishing the measurements, the deviations between the measurements and the CAD model are calculated by the Spatial Analyzer function *Relationship*. Deviations are visible that are effects caused by the alignment. To minimize these effects, a function named *Minimizing Relationship* is used. This calculates the optimal parameters of a 6 parameter transformation by adjustment theory (New River Kinematics, 2013). An iterative algorithm minimizes the standard deviation s_{FM} over all measured points of one plate. The standard deviation is calculated as follows:

$$s_{FM} = \sqrt{\frac{l^2}{n}}, \quad (2)$$

where l is the deviation between the measurements and the CAD model and n is the number of the deviations. Global systematic deviations are assumed to be eliminated, because of the before mentioned function *Minimizing Relationship*. Local systematic effects are randomized by this function.

For the quality control it is interesting to know if the deviations between the CAD model and the measurement are significant. For the test, the deviation d_x between the CAD model and the measurement in each direction is divided through the s_{FM} . The test statistic is given by:

$$y = \frac{d_x}{s_{FM}} . \quad (3)$$

The quantile for the null hypothesis is $y_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1,96$, with a significance level of 5%. This double-sided test assumes the Gaussian distribution. If $y \leq y_{1-\frac{\alpha}{2}}$, the null hypothesis is accepted, which means that the deviations between the measurements and CAD model are not significant. If the test is not accepted, the deviations are significant.

To analyze the deformation between two epochs, one has to consider that it is not possible to measure the same point in both epochs. This is because the measured points could not be marked and Spatial Analyzer constructs lines and surfaces from the measured points. However, it is not possible to compare point measurements directly. In this case, the average deviation $\bar{d}$ of the measurements from each inner and each outer side of the individual finger joint is calculated for both epochs. This average deviation is subtracted from each other and divided through the root square sum of the s_{FM} from both epochs. This test induces to a general statement about global deformation of a plate. The test statistic is given by

$$y = \frac{|\bar{d}_{epochi} - \bar{d}_{epochj}|}{\sqrt{s_{FM_{epochi}}^2 + s_{FM_{epochj}}^2}} , \quad (4)$$

where i and j are different epoch numbers. Again the test takes the Gaussian distribution as a basis with a significant level of 5%. The quantile is the same like for equation (3). If $y \leq y_{1-\frac{\alpha}{2}}$, the null hypothesis is accepted; this means that there are no deformations between the two epochs. Otherwise, if the null hypothesis is not accepted, deformations at the tested edge are significant.

2.3 Results

In Fig. 5 an example of the deviations in 2D is shown. The color bar on the right side shows the absolute values of the deviations. Most of the deviations are between 0.001 mm and 0.352 mm. All deviations of the plate shown in Fig. 5, are pointing to the middle of the plate. In comparison to the CAD the plate is smaller than it should be.

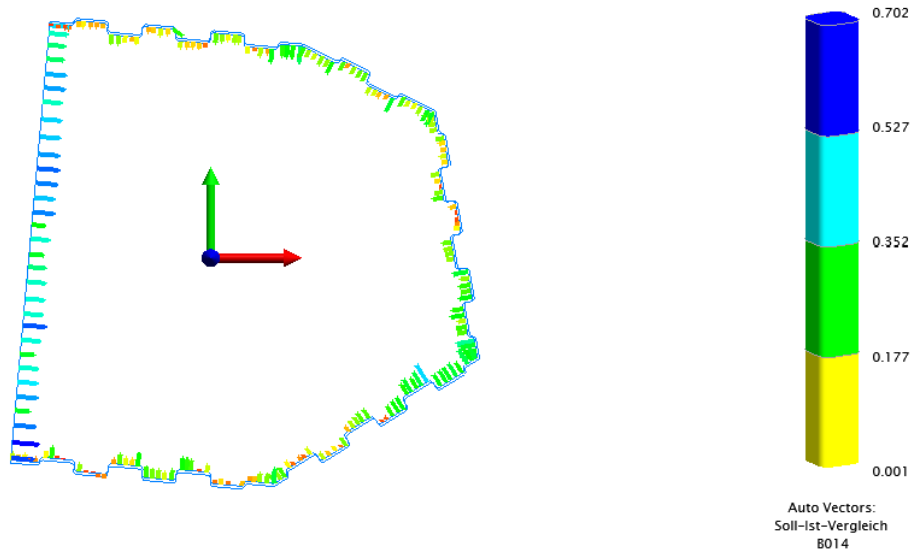


Figure 5: Example of deviations in 2D

After minimization, an average s_{FM} for all plates in X- and Y-direction is calculated. In X-direction the average s_{FM} is 0.292 mm and in X-direction it is 0.332 mm. This resulting s_F for the 24 measured plates in X-direction is 0.28 mm and in Y-direction 0.32 mm. This leads to a 2D fabrication accuracy of 0.42 mm. For the Z-direction the accuracy is not calculated because plywood has the tendency to buckle and dish (Krieg, et al., 2014). So the values in Z-direction are showing an effect, that is not fabrication induced.

On the base of the standard deviation for the fabrication the significance of the deviations can be determined by using equation (3). In Table 1 the number of significant deviations in both coordinate directions and their percentage rates are given.

Table 1

Number of significant deviations and the percentage rates

	X	Y
number	192	167
percentage	3.6 %	3.1 %

Four of the 24 plates are measured three times, because the behavior of the timber after production, after a long term of storage and after the transport to the building site should be analyzed. The measurements on the building site were made in a carport which protects the laser tracker and the plates against solar radiation. The measuring and analysis process for these measurements is similar to the one for all 24 plates.

In Table 2 the s_{FM} per epoch and element is shown. The s_{FM} changes between the different epochs up to 0.19 mm. But the minimum and maximum cannot be assigned to one designated epoch.

Table 2

s_{FM} in different epochs

plate 1	dx [mm]	dy [mm]	2d [mm]
epoch 1	0.346	0.393	0.524
epoch 2	0.286	0.550	0.620
epoch 3	0.301	0.479	0.566
plate 2	dx [mm]	dy [mm]	2d [mm]
epoch 1	0.505	0.508	0.716
epoch 2	0.532	0.470	0.710
epoch 3	0.408	0.281	0.495
plate 3	dx [mm]	dy [mm]	2d [mm]
epoch 1	0.306	0.210	0.371
epoch 2	0.307	0.191	0.362
epoch 3	0.458	0.264	0.529
plate 4	dx [mm]	dy [mm]	2d [mm]
epoch 1	0.277	0.439	0.519
epoch 2	0.316	0.531	0.618
epoch 3	0.296	0.564	0.637

For these measurements each plate is tested statistically as described in section 2.2. The count of significant deviations is almost equal for the first two epochs. In the third epoch, there are more significant deviations in X- and Y-direction. The reason for that is not caused by metrology and cannot be clarified in the current state of research.

By way of example, the significance of the deviations is controlled for one plate and one epoch comparison. The first epoch is measured directly after fabrication and the second epoch on the building site six weeks later. During these six weeks the plates were stored in a construction hall of the timber constructor. The tested plate is plate 1 and the null hypothesis is accepted for all 52 edges. This means that there are no significant deformations between the two epochs.

3. DEFORMATION ANALYSIS OF THE TIMBER PAVILION

3.1 Measurement Instrument and Process

After the pavilion was completely constructed, it should be controlled if the timber was ageing or deforming with respect to external influences like temperature. Therefore the pavilion was scanned in three epochs. For geo-referencing a geodetic network is set up around the pavilion. This network includes five points in a local coordinate system, shown in Fig. 6, and was measured with a tachymeter Leica TS30. The network was measured in each epoch to ensure that there are no movements in

the network. In addition to the five points around the pavilion same unmarked points inside the pavilion were measured.

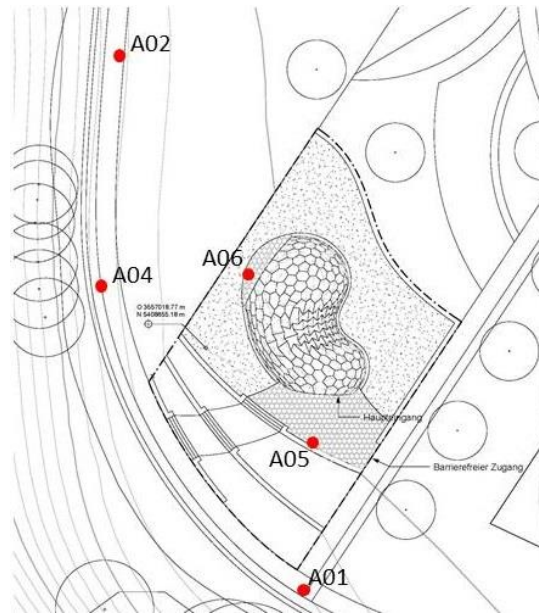


Figure 6: Location of the reference points

After measuring the geodetic network the pavilion is scanned with the laser scanner HDS7000 from Leica Geosystems. This phase-shift-based laser scanner delivers a point uncertainty below a mm, but does not reach laser tracker accuracy. Nevertheless a laser scanner was used for the measurements, since it leads to a dense point cloud and the determination of surfaces and volumes. During the first and the second epoch an exhibition was implemented inside the pavilion, for that reason it was necessary to scan the pavilion from six positions. In the third epoch three positions were sufficient, because the exhibition was finished and disappeared. For registration and geo-referencing targets were used.

The registration and geo-referencing was carried through using Leica Cyclone. The registration was realized classically, which means first a rough registration was made, followed by a fine registration. For the first epoch the mean error for registration is 2 mm, for the second epoch it is 3 mm. In the third epoch the mean registration error is 6 mm. For geo-referencing the mean error in the first epoch is 2 mm and for the third epoch it is 7 mm.

After registration and geo-referencing, the point clouds were filtered and de-noised. However, all points which are not representing the pavilion were deleted. In Fig. 7 the original and the cleaned point clouds are presented. For the deformation analysis the floor of the pavilion is deleted, since it is oscillating due to kinematic loads e.g. pedestrians.

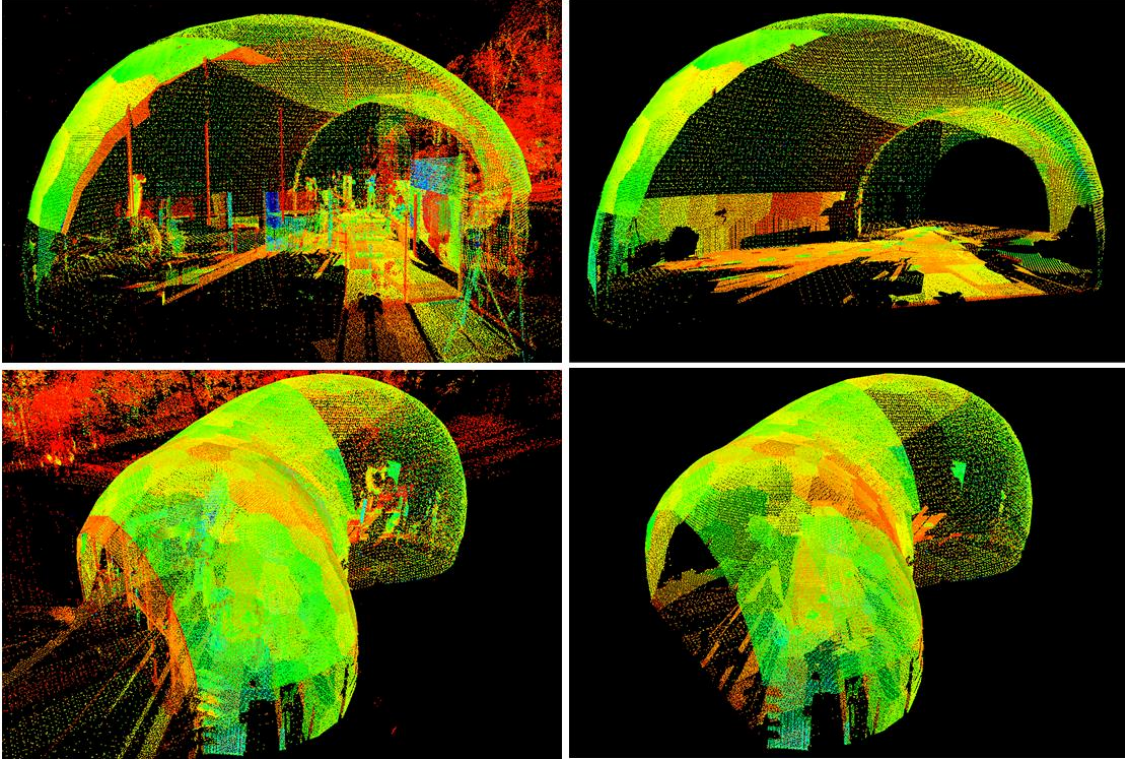


Figure 7: Left: original registered point cloud; Right: cleared point cloud (Wilhelm, 2014)

3.2 Analysis Method

With the freeware JAG3D the adjustment of the geodetic network and the deformation analysis is realized. JAG3D uses the Gauß-Markov-Model for the adjustment; free adjustments are programmed by inner constraint solution (Lösler, 2014). Observations are directions, distances and vertical angles, as well as heights of the reflectors. The approximated coordinates are calculated by polar survey. The results from epoch 1 and epoch 3 could be used for the geo-referencing of the point clouds (Schmitt and Schwieger, 2015).

Based on this adjustment the deformation analysis is realized with JAG3D (Lösler, 2014) too. The software package is based on the implicit hypothesis. Before starting the deformation analysis the networks of both epochs are adjusted to detect measurement errors and to develop the stochastic model. For the congruency analysis, a common adjustment for both epochs is calculated. First the reference points are checked for invariance before checking the object points. For this check, the deformation vector $\mathbf{d}_k$ between the two epochs is calculated and tested for significance. The variance-covariance-matrix $\mathbf{Q}_{ddk}$ is calculated, too (Lösler, 2014). The following tests were made:

$$T_{\text{prio},k} = \frac{\mathbf{d}_k^T \mathbf{Q}_{ddk}^{-1} \mathbf{d}_k}{m \sigma_0^2} \sim F_{m,\infty} , \quad (5)$$

$$T_{\text{post},k} = \frac{d_k^T Q_{ddk}^{-1} d_k}{m \hat{\sigma}_0^2} \sim F_{m,f-m}, \quad (6)$$

with m are the degrees of freedom of the coordinates, σ_0^2 is the a priori variance factor and $\hat{\sigma}_0^2$ is the a posteriori variance factor. $F_{m,\infty}$ or $F_{m,f-m}$ are the quantiles of Fisher-distribution (Lösler, 2014). This method is described in detail in (Jäger et al., 2005).

For the deformation analysis of the complete point clouds the cleaned point clouds are modelled. In this case, a triangulation irregular network (TIN) is calculated with Geomagic Studio 2012. The advantage is the in a TIN outliers could be detected and eliminated. Small gaps are closed. With the cleaned TINs the deformation analysis is done using Geomagic Qualify 2012.

For the deformation analysis the first epoch is the reference model. For both models, the reference model and the test model, the lengths of the normal vectors were calculated and subtracted from each other to get Δx . The normal vectors are always showing apart from the scanners. However, positive deformations are shrinkage and negative deformations are expansion (Wilhelm, 2014).

The significance is realized according to Heunecke et al. (2013). The test value is:

$$T = \frac{|\Delta x|}{\sigma_{\Delta x}}, \quad (7)$$

with $\sigma_{\Delta x}$ the standard deviation of the detected deviation, which is calculated as followed, in case of no correlations between the epochs:

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{\sigma_{x_{E1}}^2 + \sigma_{x_{E3}}^2}, \quad (8)$$

$\sigma_{x_{Ei}}$ is the standard deviation of the indicated epochs ($i=1,3$). They are given by the law of error propagation:

$$\sigma_{x_{Ei}} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_L^2}, \quad (9)$$

with σ_R as standard deviation of registration, which is 3 mm for the comparison of the first and second epoch and 6 mm for comparison between the first and the third epoch. σ_L is the standard deviation of single point determination of the laserscans with 1 mm (Wilhelm, 2014). By means of $\sigma_{\Delta x}$ a threshold value can be calculated, which identifies significant deviations between both epochs. The test value T is Gaussian distributed and the confidence probability should be 95%. This leads to a quantile of $y_{1-\alpha/2} = 1,96$. The threshold value may be calculated for different probabilities α leading to different quantiles. However, the threshold is set to (Wilhelm, 2014):

$$|\Delta x| \geq y_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma_{\Delta x}. \quad (10)$$

In the case of the comparison between the first and the third epochs, the tachymeter network for geo-referencing is used. Both TINs are in the same coordinate system, so no transformation is necessary and the TINs can be compared directly.

The comparison between the first two epochs is not described here. Some geo-referencing problems lead to two alternative approaches. The authors refer to Schmitt and Schwieger (2015) for further information.

3.3 Results

The first and third epochs are compared directly using the geo-referencing which was realized by the tachymeter network. The standard deviation between both epochs is $\sigma_{\Delta x} = 6,9 \text{ mm}$. However, the threshold value is calculated by using equation (10) to 13.4 mm. The comparison shows that 99.6% of the deviations are in the range between -2 mm and 2 mm. The deviations are shown in Fig. 8.

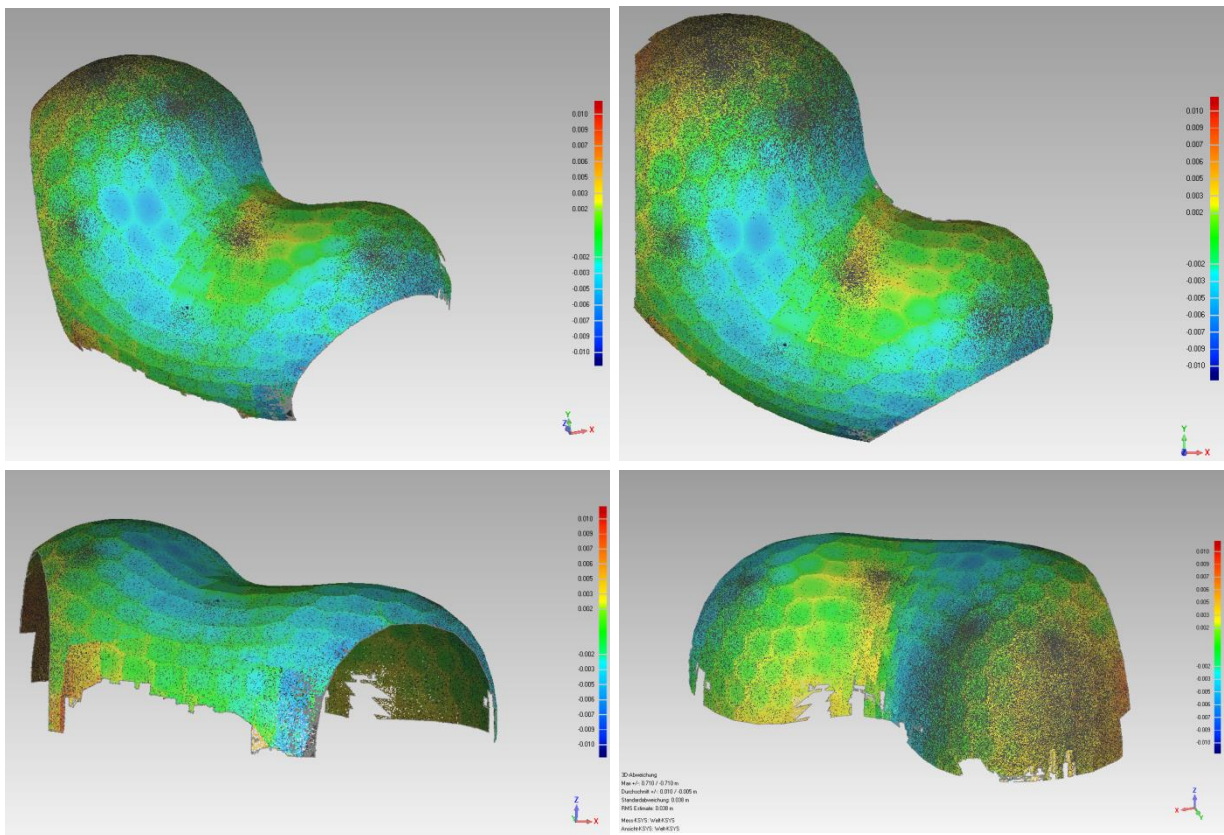


Figure 8: Overview of the results, epoch 3-epoch 1 - Geomagic 2012

4. CONCLUSION

Regarding quality control using the laser tracker the investigation shows that a fabrication accuracy of around 0.4 mm is reachable. This is proven by a 2D measurement accuracy of around 0.11 mm.

The first test regarding the individual measurements shows the percentage of significant deviations at the individual plates is up to 3.6 %. Nevertheless, the timber

constructor had no problems to set up the prototype. These percentage values may be occurred, where robotics did not work precisely enough or the plate dish or buckle, so that the robotics did not reach these edges.

Additionally one plate is tested for deformations during storage. The test shows that there are no significant deformations during six week bearing. The test dealt with global deformations. Local deformations at the plate could not be detected, since the measurements at different epochs are not taken at identical points.

For the future the quality control measurement process should be integrated into the fabrication and construction process to have the possibility to improve the geometry of the plates during the fabrication phase.

Regarding deformation analysis using tachymeter and laser scanner, the first and the third measurements epochs could be geo-referenced directly. For the point cloud comparison of the two epochs no significant deformations occur.

In the future one has to investigate, how the single plates of the pavilion behave over time, because the deformation of the single plates vary between the borders of the plates and the middle of the plates. The question is, if the meshes between the different plates are the reason for the phenomenon or it is the result of the dishing of the plates.

Additionally a measurement mode and configuration should be developed to improve the quality of the geo-referencing, because the mean error of the registration of 7 mm in the third epoch has a big influence on the significance tests.

5. NOTICE

This paper is based on Schmitt (2015) and Schmitt and Schwieger (2015). To a large extent this contribution follows the two mentioned references word-by-word.

REFERENCES

- API: API product specifications I-360.
http://www.apisensor.com/images/ProductLiterature/SpecSheets/I-360%20v4_specsheet_EN0814_web.pdf. Last accessed 7th October 2014.
- ICD: *Robotic Fabrication in Timber Construction*. <http://icd.uni-stuttgart.de/>. Last accessed 18th February 2015.
- JÄGER, R., MÜLLER, T., SALER, H., SCHWÄBLE, R. : *Klassische und robuste Ausgleichungsverfahren*. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 2005.
- KRIEG, O., SCHWINN, T., MENGES, A., LI, J.-M., KNIPPERS, J., SCHMITT, A., SCHWIEGER, V.: Biomimetic Lightweight Timber Shells: Computational Integration of Robotic Fabrication, Architectural Geometry and Structural Design. In P. Block, J. Knippers, N. Mitra, W. Wang (Hrsg.), *Advances in Architectural Geometry 2014*. London: Springer, 2014.
- LÖSLER, M.: *Freie Netzausgleichungssoftware Java Graticule 3D*. <http://derletztekick.com/software/netzausgleichung>, Last accessed 11th December 2014.
- NEW RIVER KINEMATICS: *Spatial Analyzer User Manual*. Williamsburg, VA, USA, 2013.

SCHMITT, A.: *Deformation Analysis of a Timber Pavilion*. Proceedings on 2nd International Workshop on “Integration of Point- and Area-wise Geodetic Monitoring for Structures and Natural Objects”, Stuttgart, Germany , March 23-24, 2015.

SCHMITT, A., SCHWIEGER, V.: *Quality Control of Robotics Made Timber Plates*. Proceedings on FIG Working Week, Sofia, Bulgaria, May 17-21, 2015.

WILHELM, J: *Deformationsanalyse eines Holzpavillons*. master thesis, IIGS - University Stuttgart, Stuttgart, 2014, unpublished.

HEUNECKE, O., KUHLMANN, H., WELSCH, W., EICHHORN, A., NEUNER, H.: *Handbuch der Ingenieurgeodäsie – Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen*. Heidelberg: Herbert Wichmann, 2. Auflage 2013.

WITTE, B., SCHMIDT, H.: *Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik im Bauwesen*. 6., revised ed. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 2006.

CONTACTS

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schwieger

Institute of Engineering Geodesy, Universität Stuttgart
Geschwister-Scholl-Str. 24D, D-70174 Stuttgart, Germany
phone: +49 (0711) 6858-4041
fax: +49 (0711) 6858-4044
Email: volker.schwieger@ingeo.uni-stuttgart.de

Dipl.-Ing. Annette Schmitt

Institute of Engineering Geodesy, Universität Stuttgart
Geschwister-Scholl-Str. 24D, D-70174 Stuttgart, Germany
phone: +49 (0711) 6858-4065
fax: +49 (0711) 6858-4044
Email: annette.schmitt@ingeo.uni-stuttgart.de

© Volker Schwieger, Annette Schmitt, 2015

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ A3 EDGE КОМПАНИЕЙ «АГЕНТСТВО "БАЛТАЭРОСЕРВИС"»

Александр Магаршак

Агентство «Балтаэросервис», 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Коли Томчака, 16, технический директор, тел. (812)388-64-44, факс: (812)388-64-44, e-mail: maf@hotbox.ru

Юрий Райзман

VisionMap Ltd., 6971025, Израиль, г. Тель-Авив, ул. Абарзель 19, вице-президент, зам. директора по науке, тел. (972)3-6091042, факс: (972)3-6091043, e-mail: yuri@visionmap.com

В статье представлены характеристики, особенности и уникальная технология аэро-съемки с использованием аэрокамеры A3 Edge. Проанализировано исполнение двух больших картографических проектов с системой A3 Edge. Один – городской, для целей картографирования Санкт-Петербурга и второй – для целей картографирования больших лесных пространств России. В статье приведены результаты практической производительности выполнения этих проектов.

Ключевые слова: аэрокамера, A3 Edge, LightSpeed, аэротриангуляция, картографирование, ортофото, картографирование, плановые снимки, перспективные снимки.

«BALTAEROSERVICE» AGENCY EXPERIENCE WITH A3 EDGE

Alexander Magarshak

Baltaeroservice agency, 196084, Russia, Sankt Petersburg, 16 Nikolay Tomchak St., technical manager, tel. (812)388-64-44, fax: (812)388-64-44, e-mail: maf@hotbox.ru

Yuri Raizman

VisionMap Ltd., 6971025, Israel, Tel-Aviv, 19 HaBarzel St., VM EMEA and Chief Scientist, tel. (972)3-6091042, fax: (972)3-6091043, e-mail: yuri@visionmap.com

This paper summarizes the characteristics, features, and unique capture technology of the A3 Edge Digital Mapping System. The paper analyzes two large-scale mapping projects – urban and forestry - executed in Russia using the A3 Edge System, and summarizes the performance of the system in each case.

Key words: aerial camera, A3 Edge, LightSpeed, aerialtriangulation, mapping, orthophoto, vertical images, oblique images.

1. Введение

A3 Edge, новейшая система цифрового картографирования от VisionMap, завоевала признание во всём мире за счёт своей высокой производительности, высокого наземного разрешения и высокой точности. Аэрокамера основана на использовании уникальной технологии вращения двух длиннофокусных телескопов. Телескопы постоянно снимают отдельные кадры во время их вращения перпендикулярно направлению полета, тем самым обеспечивая широкое поле зрения при длинном фокусном расстоянии.

В сочетании с системой автоматической обработки снимков LightSpeed, A3 Edge обеспечивает полную технологию фотограмметрических работ. LightSpeed автоматически выполняет аэотриангуляцию, рассчитывает ЦММ и строит ортофотопланы на базе снимков, полученных камерой A3 Edge. Система LightSpeed способна одновременно обработать очень большое количество плановых и перспективных снимков. При этом обеспечиваются высокая производительность и высокая точность фотограмметрических работ.

2. О компании Агентство «Балтаэросервис»

Компания "Агентство Балтаэросервис" активна на Российском рынке аэросъемки и картографии в течение последних 18 лет. Компания базируется в Санкт-Петербурге и работает в основном в Северо-Западном регионе России. Компания специализируется на аэросъемке и картографировании линейных объектов инфраструктуры и крупных лесных объектов для Рослесинфорга. На протяжении многих лет компания использовала различные технологии аэросъемки и картографирования. Компания владеет самолётом Cessna 210 и имеет доступ к другим самолетам для производства аэросъемки.

С увеличением спроса на постоянно обновляемые картографические продукты, на высокое наземное разрешение, на плановые и наклонные снимки в городских районах, а также для целей аэросъемки и картографирования очень больших территорий России, компания приобрела цифровую систему A3 Edge, отвечающую всем вышеперечисленным требованиям.

В 2014 году с использованием A3 Edge компания выполнила два проекта – аэросъемка и создание ортофотопланов на территорию Санкт-Петербурга и на территорию больших лесных массивов Северо-Запада России для Рослесинфорга.

В рамках выполнения городского проекта надо было решить одновременно несколько сложных задач: получить высокое наземное разрешение при ограничении на минимальную высоту полёта над городом, необходимость получения в одном полёте плановых снимков для ортофотопланов и перспективных снимков для создания 3D-модели города и визуализации, дефицит хорошей погоды в этом районе. Для такого проекта требовалась система, которая могла бы летать на больших высотах, одновременно обеспечивая высокое наземное разрешение, высокую точность и высокую производительность для производства аэросъемки в максимально сжатые сроки.

В рамках выполнения второго проекта надо было провести аэросъемку и создать цветные инфракрасные ортофотопланы на территории больших лесных массивов.

3. Аэросъемка Санкт-Петербурга

Аэрокамера A3 Edge, благодаря длинному фокусному расстоянию и большому полю зрения, летая на больших высотах, обеспечивает очень высокое наземное разрешение и высокую производительность аэросъемки. Кроме того, камера одновременно позволяет получать плановые и перспективные снимки, что делает её идеальным средством для 3D моделирования городов.

Целью проекта было создание ортофотопланов и подготовка плановых и перспективных ориентированных с высокой точностью снимков для визуального обследования городской территории и для дальнейшего создания 3D-модели города. В ходе проекта были получены и обработаны плановые и перспективные снимки на территорию города общей площадью 2007 кв. км.



Петропавловская крепость, Санкт-Петербург, А3 Edge плановые и перспективные снимки

Аэросъемка проводилась на высоте 4000 метров, обеспечив наземное разрешение 10 см. Крейсерская скорость самолета составила 260-280 км/час. Аэросъемка выполнена перекрестными маршрутами, обеспечивая возможность создания ортофотопланов, расчета плотной ЦММ, создания текстурированной 3D модели города и получения перспективных снимков на всю территорию города. Полет был выполнен со следующими параметрами съемки:

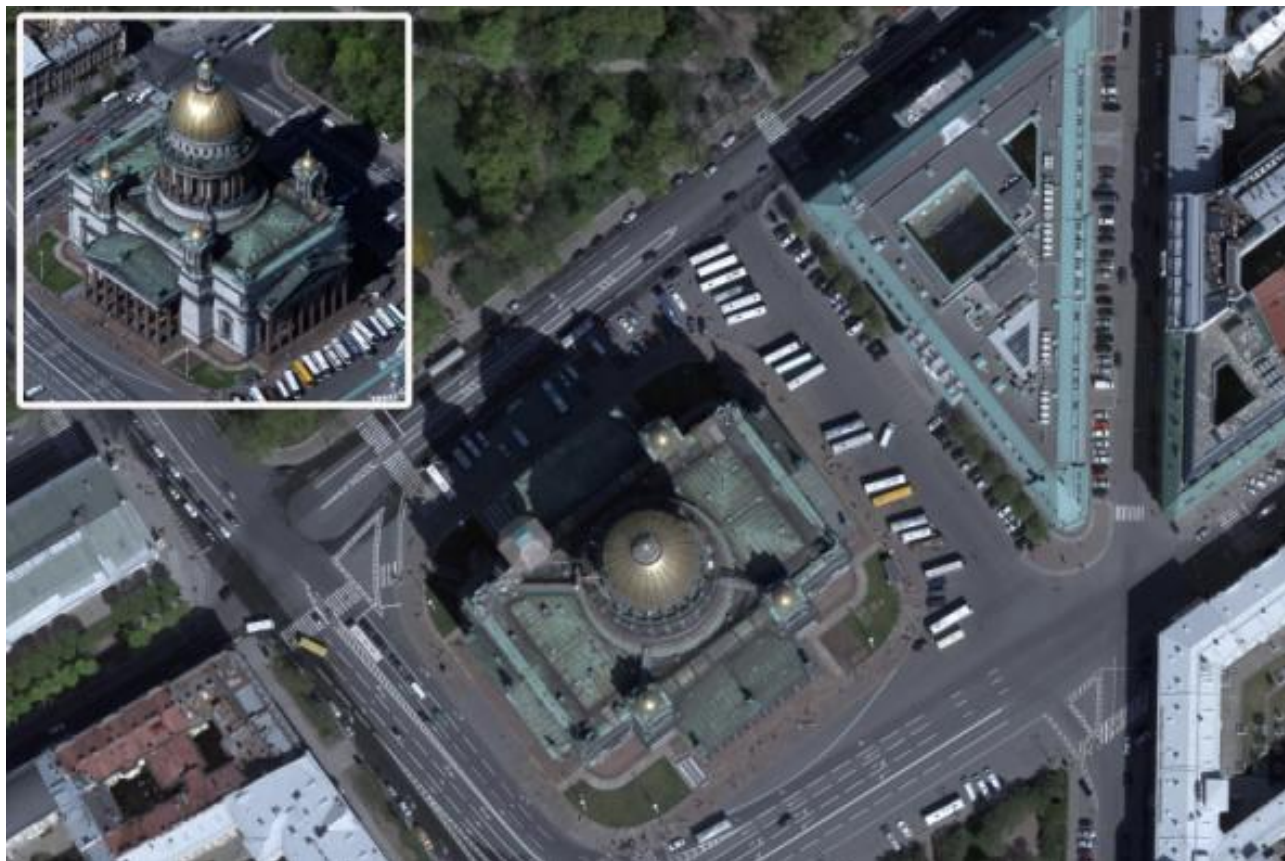
- Продольное перекрытие – 60%
- Поперечное перекрытие – 80%
- Поперечное перспективное перекрытие – 30%
- Расстояние между маршрутами – 1500 м
- Максимальный перспективный угол – 55°

Аэросъемка заняла 11 часов, общее время полётов составило 14 часов. Во время полётов было получено 450 000 плановых и перспективных снимков.

4. Обработка городской съёмки

Для обработки данных было использовано программное обеспечение A3 LightSpeed, являющееся частью системы A3 Edge. ПО LightSpeed обеспечивает выполнение аэротриангуляции (АТ), расчет ЦММ и создание ортофотопланов в автоматическом режиме. В этом проекте для создания ортофотопланов была использована ранее созданная ЦМР.

Обработка данных, включая АТ и создание ортофотопланов, была проведена в автоматическом режиме за 15 дней. Точность результирующих продуктов соответствовала масштабу 1:2000.



Исаакиевский Собор. Санкт-Петербург, A3 Edge плановые и перспективные снимки

Для сравнения, Агентство «Балтаэросервис» в 2011 году выполнила подобный проект по аэросъёмке и созданию ортофотопланов на ту же территорию. Аэросъёмка была выполнена камерой PhaseOne и для обработки использовалось ПО Талка 4.0. На обработке в том проекте работало пять операторов на протяжении шести месяцев. С системой A3 вся обработка заняла всего 15 дней с участием одного оператора.

В результате выполнения этого проекта были получены ориентированные плановые и перспективные цветные снимки, и цветные ортофотопланы, построенные только из плановых снимков. Все снимки, плановые и перспектив-

ные, в дальнейшем могут быть использованы для создания трехмерной модели города и для ведения мониторинга и инвентаризации городской территории.

5. Аэросъёмка обширной лесной территории.

Второй проект компании, выполненный с системой A3 Edge, был обширный проект для целей лесного хозяйства России. Площадь лесов в России составляет более 1,2 млрд. гектар. Инвентаризация лесных угодий и таксация леса проводится каждый год. Как правило, для инвентаризации используют спутниковые снимки, а таксация проводится наземным способом. A3 Edge технология благодаря своей чрезвычайно высокой производительности аэрофотосъемки и наземной обработки, успешно конкурирует со спутниковыми технологиями. Высокая разрешающая способность на местности, высокое измерительное качество и высокое качество изображения в цветном и ИК диапазонах, позволяют заменить трудоемкие наземные методы таксации лесов на высокоэффективные дистанционные технологии.



Лесной район. Цветное ИК ортофото и цветной снимок

В этом проекте за один лётный сезон одним самолётом было отснято 33 490 кв. км цветного и ИК изображения с наземным разрешением 14 см. Собственно аэросъёмка заняла меньше 48 часов.

Область	Площадь (км ²)	Расстояние от базы (км)	Время съёмки (час)	аэро- Общее полёта (час)	время
Новгородская (два участка)	10,780	250/330	16.0	36.1	
Псковская 1	1,290	200	2.4	3.8	
Ленинградская	4,660	170	6.4	10.9	
Карелия	8,750	550	11.9	25.7	
Псковская 2 (два участка)	1,110	340/320	2.1	5.8	
Архангельская	6,900	530	8.9	20.6	
Всего	33,490		47.7	102.9	

Аэросъёмка выполнена со следующими параметрами:

- Высота полёта – 5400 м
- Наземная скорость – 280 км/час
- Продольное и поперечное перекрытие – 55% - 70%
- Расстояние между маршрутами – 3000 м

6. Обработка съёмки лесной территории

Автоматическая обработка изображения состоит из двух основных фотограмметрических процессов – аэротриангуляция и создание ортофотопланов. Для создания ортофотопланов в этом проекте была использована существующая ЦМР. В результате аэросъёмки и наземной обработки было создано 4-х полосное (цветное + ИК) ортофото с разрешением 30 см. Вся обработка была проведена в автоматическом режиме программой A3 LightSpeed. Общая обработка была завершена за 52 дня.

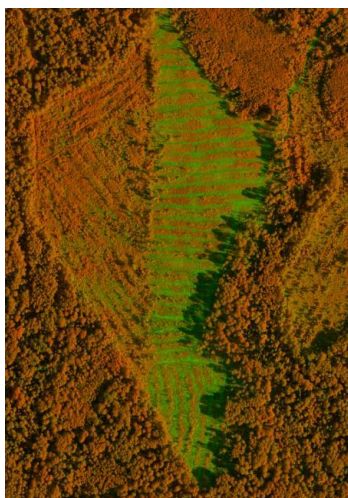
Программное обеспечение A3 LightSpeed имеет несколько мощных характеристик. Последняя версия LightSpeed поддерживает одновременное уравнивание до 250000 плановых и наклонных снимков в одном блоке. Это влияет на размер блока: для наземного разрешения 30 см, продольного перекрытия 55% и поперечного перекрытия 60%, площадь блока составит 55000 кв. км. Это свойство позволяет обрабатывать очень большие площади в виде единого блока, обеспечивая высокую однородную точность в блоке и ликвидацию ручных процессов обеспечения связи между отдельными блоками. Стоит также упомянуть автоматический поиск связующих точек и автоматическое создание линий порезов, хорошо работающих даже на поверхности, покрытой плотным лесом. Без этих мощных свойств автоматической обработки изображения, автоматическая фотограмметрическая обработка была бы просто невозможна. Высокая точность фототриангуляции обеспечивается наличием множественных перекрытий между снимками и наличием большого количества связующих точек. Такие процессы, как автоматическая коррекция яркости, цвета и контрастности, а также удаление дымки, обеспечивают высокое качество изображения конечных продуктов.

В следующей табл. представлены параметры производительности обработки объектов:

Область	Площадь (км ²)	Время обработки (день)
Новгородская (два участка)	10,780	14
Псковская 1	1,290	5
Ленинградская	4,660	8
Карелия	8,750	12
Псковская 2 (два участка)	1,110	5
Архангельская	6,900	8
Всего	33,490	52

В результате выполнения проекта, Рослесинфоргу были представлены следующие материалы:

- Цветные цифровые инфракрасные снимки для проведения стерео таксации и стерео векторизации,
- 4-х каналные ортофотопланы (RGB+ИК) на всю территорию аэросъёмки для целей лесоустройства



Лесной район. Цветное ИК ортофото

7. Заключение

Компания «Агентство Балтаэросервис», используя систему A3 Edge, успешно завершила выполнение аэросъёмки и создание ортофотопланов на территорию Санкт-Петербурга и обширных лесных областей Северо-Запада России.

Перекры́стная аэро́съемка Санкт-Петербурга площадью 2007 кв. км с наземным разрешением 10 см и обеспечением всей площади плановыми и перспективными снимками заняла 11 часов, а автоматическая обработка - 15 дней. Для аэро́съемки лесных массивов площадью 33490 кв. км с наземным разрешением 14 см и получением цветных и ИК снимков потребовалось менее 48 часов, а автоматическая обработка была завершена за 52 дня.

Отметим, что аэро́съемочный сезон 2014 года – это первый самостоятельный опыт использования компанией комплекса A3 Edge. С учетом того, что на протяжении всего сезона параллельно с выполнением производственных задач, шло обучение сотрудников через службу поддержки VisionMap, Компания "Агентство Балтаэросервис" удовлетворена высокой производительностью системы, высоким наземным разрешением и качеством изображения. Конечные материалы соответствовали требованиям заказчика.

© Александр Магаршак, Юрий Райзман, 2015

О ПОВЫШЕНИИ РОЛИ УНИВЕРСИТЕТОВ В РЕИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

Марина Ивановна Ананич

Администрация Губернатора Новосибирской области и Правительства Новосибирской области, 630011, Россия, г. Новосибирск, ул. Красный пр., 18, помощник губернатора НСО по вопросам образования, науки, инноваций и инвестиций, тел. (383)223-04-55, e-mail: ami@nso.ru

Рассматриваются проблемы реиндустриализации экономики региона и приоритетов технологического развития, приведены результаты исследования мнений студентов и преподавателей о роли университетов в трансфере технологий, предложены меры по укреплению роли университетов в реализации программы реиндустриализации экономики региона.

Ключевые слова: реиндустриализация, технологическое развитие, инновации, трансфер технологий, новые индустрии, импортозамещение, университет, подготовка кадров для высокотехнологичного производства.

ABOUT INCREASE OF THE ROLE OF UNIVERSITIES IN REINDUSTRIALIZATION OF ECONOMY OF THE REGION

Marina I. Ananich

Government of Novosibirsk region, 630011, Russia, Novosibirsk, 18 Krasniy pr., Assistant to the Governor, tel. (383)223-04-55, e-mail: ami@nso.ru

There are considered the problems of region's economy and priorities of technological development, There are the results of the research of the students' and teacher's opinion about the role of universities in transfers of technologies, There are proposed the measures to strengthen the role of the universities in the realization of program of reindustrialization of region economy.

Key words: reindustrialization, technological development, innovations, technology transfers, new industries, import substitution, training for hi-tech production.

В настоящее время в целом определены приоритеты и ориентир на технологический прорыв, технологическое лидерство страны и регионов.

Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 утверждена 8.12.2011 распоряжением Правительства России №2227-р. В ней учитываются новые направления политики поддержки инноваций, сформирована основа национальной инновационной системы, меры по развитию сектора исследований и разработок, формированию инновационной инфраструктуры, а также по модернизации экономики на основе технологических инноваций. При этом остаются не вполне решенными вопросы, связанные с формированием рынков для новой продукции, стимулированием спроса на инновации в реальном секторе экономики, ускорением процесса интеграции российской инновационной системы в мировую систему, созданием конкурентной среды, ориентированной на технологическое лидерство. Это связано с преобладанием в инновационной политике мер по поддержке таких системообразующих фак-

торов, как развитие предпринимательства, создание инновационной инфраструктуры, обеспечение защиты интеллектуальной собственности, то есть активизации инновационной деятельности от науки к производству, и недостаточностью мер по поддержке и сопровождению новых продуктов и технологий от производства к рынку, конечному потребителю. При этом в условиях обострения международной конкуренции, активизации практики применения односторонних экономических санкций технологическое развитие экономики страны и регионов приобретают качественно новое значение.

На современном этапе в целях модернизации и технологического развития экономики и повышения ее конкурентоспособности в 2011 г. Президентом Российской Федерации определены приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, а также перечень критических технологий Российской Федерации. Среди приоритетных направлений: безопасность и противодействие терроризму; индустрия наносистем; информационно – телекоммуникационные системы; науки о жизни; перспективные виды вооружений, военной и специальной техники; рациональное природопользование; транспортные и космические системы; энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика.

В декабре 2012 г. Президентом Российской Федерации дано поручение Правительству Российской Федерации совместно с представителями науки и бизнеса разработать и утвердить "дорожные карты" по развитию новых отраслей, в том числе в таких областях, как производство композитных материалов, биотехнологии, геновая инженерия, ИТ-технологии, градостроительство, инжиниринг и промышленный дизайн (перечень поручений от 22 декабря 2012 г. № Пр-3410 по реализации Послания Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 12 декабря 2012 г.).

Реализация инновационной политики Новосибирской области в целом отражает тенденции развития инновационной экономики России. Следует отметить законодательные инициативы поддержки научной деятельности и развития инновационной системы, а также планомерное и успешное развитие инновационной инфраструктуры. Так в 2013 году Технопарк Новосибирского Академгородка признан лучшим технопарком России, а в 2014 году отмечена деятельность Медицинского технопарка, созданного на принципах государственно-частного партнерства. С 2003 года успешно развивается четвертый наукоград страны в г.Кольцово, в котором строится Биотехнопарк. Получил поддержку объединенный региональный кластер ИТ и биотехнологий.

По результатам реализации инновационной политики Новосибирск включен в шорт-лист Всемирного рейтинга инновационных городов — Innovation Cities Global Index 2012 — 2013 (biznes-portal.com) в подгруппе Node — «Узел, обладающий широкой производительностью во многих сегментах инноваций, с серьезными дисбалансами».

Отмеченные дисбалансы связаны, прежде всего, с несистемными мерами стимулирования спроса на инновации, повышения мотивации к технологическому развитию отраслей, подготовки кадров, определения роли субъектов вза-

имодействия по вопросам инновационной деятельности, в том числе университетов, формирования длинных цепочек создания, производства и продвижения на рынок новых высокотехнологичных продуктов.

В настоящее время выявлен ряд проблем технологического развития региона:

1. Структура экономики характеризуется относительно низким уровнем создания добавленной стоимости. Низок уровень инновационной активности предприятий и организаций.

2. Технологическое отставание и как следствие неконкурентоспособность выпускаемой продукции\услуг на глобальных рынках.

3. Недостаточно эффективны механизмы взаимодействия науки и бизнеса с целью разработки и внедрения конкурентоспособных технологий в производство.

4. Слабый уровень специализации и кооперации, что ведет к росту издержек, снижает гибкость предприятий при росте неопределенности внешней среды.

5. Недостаточное развитие инновационной инфраструктуры, а также инфраструктуры технологического обеспечения, в первую очередь инжиниринговые центры.

6. Дефицит инвестиционных ресурсов, высока стоимость заемных финансовых ресурсов для развития и модернизации производств, освоения новой продукции.

7. Дефицит высококвалифицированных кадров для новой экономики, основанной на знаниях.

8. Отставание социокультурной среды от требований экономики знаний.

В связи с вышеизложенным актуальным приоритетом в политике региона становится новая промышленная политика, реиндустриализация экономики Новосибирской области.

Реиндустриализация, как экономическая политика, направленная на развитие новых высокотехнологических производств, замещающих прежние и (или) способствующих их переводу на новую технологическую базу, требует формирования новых подходов в построении и реализации стратегии научно-технического и технологического развития региона, включая выбор приоритетов и изменение структуры экономики в сторону развития высокотехнологичных производств и новых рынков.

Для субъектов, участвующих в реализации обозначенной политики (организаций науки, образования, бизнеса, инфраструктуры и др.) важна эффективная модель взаимодействия и распределения ролей и функций. В создавшейся экономической ситуации, опираясь на новые ориентиры и приоритеты политики России опорой преобразований и решения задач реиндустриализации экономики регионов могут стать университеты. Следует выделить ряд направлений деятельности высшей школы, необходимых для обеспечения технологического развития региона:

1. Подготовка кадров для реиндустриализации экономики региона, создания новых индустрий, робототехнические производства, высокотехнологичных продуктов и услуг, модернизации производств, технологического развития отраслей, внедрения новых технологий и продуктов в быт и их экспорт.

2. Создание инновационной среды, ориентированной на полный цикл от научных исследований до создания новых конкурентных технологий, продуктов и услуг на основе интеллектуальной собственности и системы ее коммерциализации.

3. Развитие предпринимательства в молодежной среде через проектное обучение студентов и аспирантов по созданию и продвижению высокотехнологичных продуктов.

4. Развитие управленческой культуры, формирование лидерских компетенций и командообразования.

5. Развитие технологического партнерства, укрепление связей между предприятиями и исследовательскими и образовательными организациями, в том числе совместное финансирование передачи технологий; аутсорсинга высокотехнологичных услуг.

6. Создание и продвижение высокотехнологичных компаний в соответствии с ФЗ – 217.

7. Создание и развитие предпринимательских сетей и инновационной инфраструктуры (бизнес-инкубаторы, технопарки, центры трансфера технологий, центры развития инновационных компетенций и др.).

8. Формирование положительного образа научного деятеля, разработчика, конструктора, технолога, инноватора через проведение конкурсов и демонстрации успехов и положительного опыта в СМИ и социальных сетях.

9. Организация собственных и участие в международных, национальных и региональных форумах технологического развития и инновационных.

При этом, реализация задач реиндустриализации экономики региона требует готовности университетов к обозначенным видам деятельности, а также соответствующих компетенций участников процесса.

С целью выявления отношения к вопросам инновационной деятельности, технологического развития и реиндустриализации экономики региона проведено анкетирование участников круглого стола «Наука, образование и инновации: проблемы и перспективы», проведенного в декабре 2014 года Новосибирской региональной общественной организацией Общероссийской общественной организации – Общество «Знание» России при поддержке Правительства Новосибирской области и Новосибирского областного фонда поддержки науки и инновационной деятельности. Среди 85 участников из 12 государственных и частных вузов гуманитарного, экономического, архитектурного, юридического и технического направлений подготовки кадров, ответивших на вопросы анкеты, 55 студентов и аспирантов, 30 ППС.

Результаты данного исследования мнений представителей высшей школы показывают, что отношение к технологическому развитию в студенческой и

преподавательской среде не в полной мере ориентировано на выполнение ранее обозначенной роли университетов.

В частности на вопрос о ранжировании эффективных видов деятельности вуза студенты из 10 позиций поставили на 9 место создание компаний по 217-ФЗ, на 8 - трансфер технологий, на 7 - развитие технологического предпринимательства. При этом на первом месте – оказалось проведение конференций, на втором – научные исследования, на третьем – подготовка дипломированных специалистов. По мнению преподавателей трансфер технологий занимает среди эффективных видов деятельности вузов 10 место из 10.

На вопрос об участии в реализации инновационной деятельности, из 55 студентов отметили, что самостоятельно могут 25% - разработать дизайн, 25% - провести научное исследование, 16% - разработать бизнес план. С участием преподавателей 30% - провести научное исследование, 23% - провести маркетинговое исследование, 21% - формировать компании. С бизнес-партнерами 21% - произвести позиционирование, 18% - разработать бизнес-план, 15% - подготовить техническую документацию. В технопарках или бизнес-инкубаторах готовы 24% - заниматься трансфером технологий, 16% получить консалтинг по технологическому предпринимательству, 15% - участвовать в генерации инноваций. Такие виды деятельности как патентный поиск, продвижение продукта, разработка нового продукта или технологий получили более низкие позиции.

Среди видов поддержки инновационной деятельности у студентов места распределены следующим образом: на первом - развитие инфраструктуры, на втором – финансовая поддержка, на третьем – конкурсы. Для преподавателей организационная, финансовая, инфраструктурная, технологическая и консалтинговая поддержка оказались на одном уровне значимости.

Студенты и преподаватели отметили также, что для развития технологического предпринимательства нужны специальные образовательные программы, как включенные в образовательный процесс в вузе, так и на предприятиях и специальных площадках инновационной инфраструктуры.

В результате опрос выявлено, что понятие «реиндустриализация» идентифицируется с различными формулировками, например, для студентов на первом месте «внедрение новых технологий в производство», на втором «внедрение новых технологий в жизнь», на третьем «формирование новой технологической инициативы», на четвертом «подготовка кадров для высокотехнологичных кластеров», на пятом «система стимулирования спроса на инновации», на шестом – «переворужение предприятий». Для преподавателей мнения разделились между понятиями «система стимулирования спроса на инновации» и «переворужение предприятий».

Таким образом, в настоящее время требуется адаптация системы профессионального образования под потребности новой экономики и повышение качества подготовки кадров через развитие партнерства по взаимодействию с академическими институтами СО РАН, отраслевыми НИИ, крупным, средним и малым бизнесом. С другой стороны необходима разработка кадровой полити-

ки, обеспечивающей достижение намеченных целей реиндустриализации экономики на основе эффективно функционирующей модели взаимодействия государственных органов, бизнеса и науки.

В настоящее время ряд ведущих экспертов России, к мнению которых присоединяется автор статьи и ряд экспертов Новосибирской области, предлагают изменить вектор деятельности вузов через изменение их миссии. Университетам отводится роль недостающего звена в переходе научной разработки от фундаментальной науки в производство.

По мнению заместителя генерального директора, директора проектного офиса РВК Кузнецова Е.Б., активная деятельность по трансферу технологий не только обеспечивает университеты дополнительным источником дохода, но и помогает им лучше понимать нужды бизнес-сообщества и развивать многообещающие фундаментальные исследования в коммерчески выгодные продукты.

«Вузы в России стремятся зарабатывать на обучении и исследованиях (где государство не скупится на гранты), но не на технологических разработках. Исследователь — это другая работа, чем инноватор. Когда сетуют на то, что российские университеты на рынке инноваций слабо представлены, то обычно имеют в виду, что у них нет или почти нет опыта технологического консалтинга» - директор фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»» Владимир Княгинин.

Артем Шадрин - директор департамента инновационного развития Минэкономразвития России, также считает, что необходимость более глубокой координации инновационной деятельности возникла потому, что у нас была создана инновационная инфраструктура, но не было специалистов, которые могли бы на практике помогать вузам коммерциализировать технологии. Он отмечает также, что координация работы вузов с технопарками, кластерами, инжиниринговыми центрами и госкомпаниями велась и раньше на уровне министерств и рабочих групп, но практическая работа была слабой.

Таким образом, в настоящее время актуальной задачей является изменение роли университетов, высокий образовательный и научный потенциал которых позволяет включиться в процессы не только подготовки кадров, проведение научных исследований и разработок, генерации инноваций, но и трансфера технологий, сопровождения новых продуктов и технологий от производства к рынку, конечному потребителю. При этом особое место в деятельности университетов необходимо отвести обучению в рамках образовательного процесса во круг проектов с коммерциализацией интеллектуальной собственности. Для активизации деятельности рекомендуется создавать и развивать инновационную и технологическую инфраструктуру в каждом университете, позволяющим работать командами и создавать высокотехнологичные бизнесы совместно с партнерами и организовать сопровождение проектов.

Следует подчеркнуть, что для обсуждения новых задач, обмена передовым опытом, получения актуальной информации о трендах технологического развития необходимы дискуссионные площадки. Роль такой площадки выполняет Международный форум технологического развития «Технопром». В частности

на форуме «Технопром-2015», который пройдет 4-5 июня в Новосибирске, отдельная дискуссионная панель посвящена реиндустриализации экономики Новосибирской области. В настоящее время утверждена Концепция программы реиндустриализации экономики Новосибирской области и разрабатывается Программа, которая будет представлена на форуме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ананич М. И., Сапожников Г. А., Майер Б. О. Об онтологии технопарковой идеологии в системе развития инновационной деятельности Новосибирской области // *Философия образования*. – 2008. – № 4(25). – С. 5–20.
2. Ананич М. И., Ивлев Б. И., Сапожников Г. А. Региональная модель инновационной экономики // *Наука в Сибири*. – №16 (18 апреля 2013). – С. 6–7.
3. Ананич М. И. Взаимодействие системы образования с инновационной средой / Современное образование в Сибири: развитие педагогических технологий от кейса до Roweb: Сборник материалов Международной научно-практической конференции 18 июня 2013 г. – Новосибирск: «Архивариус-Н», 2013. – С. 33–40.

© М. И. Ананич, 2015

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ В ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Василий Валентинович Асмус

ФГБУ «НИИЦ "Планета"», РОСКОМГИДРОМЕТ, 123242, Россия, г. Москва, Большой Предтеченский пер., 7, директор, тел. (8499)255-69-14, e-mail: asmus@planet.iitp.ru

Алексей Александрович Бучнев

ФГБУН ИВМиМГ СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, ст. научный сотрудник лаборатории обработки изображений, тел. (383)333-73-32, e-mail: baa@oio.sccc.ru

Валерий Павлович Пяткин

ФГБУН ИВМиМГ СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, заведующий лабораторией обработки изображений, тел. (383)333-73-32, e-mail: pvp@oio.sccc.ru

Рассматривается система кластерного анализа для обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Система представлена следующими методами: методом К-средних, методом анализа мод многомерных гистограмм, гибридным методом, объединяющим метод анализа мод многомерных гистограмм с последующей иерархической группировкой и рядом алгоритмов нечеткой кластеризации.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, кластерный анализ, жесткая кластеризация, нечеткая кластеризация.

CLUSTERING IN EARTH REMOTE SENSING DATA PROCESSING

Vasiliy V. Asmus

State Research Center of Space Hydrometeorology «Planeta», Roshydromet, 123242, Russia, Moscow, 7 Bol'shoi Predtechenskii per., director, tel. (8499)255-69-14, e-mail: asmus@planet.iitp.ru

Aleksey A. Buchnev

Institute of the Computational mathematics and mathematical geophysics (ICM&MG) SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 pr. Akademika Lavrentieva, lab of the images processing senior researcher, tel. (383)333-73-32, e-mail: baa@oio.sccc.ru

Valeriy P. Pyatkin

Institute of the Computational mathematics and mathematical geophysics (ICM&MG) SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 pr. Akademika Lavrentieva, lab of the images processing head, tel. (383)333-73-32, e-mail: pvp@oio.sccc.ru

The clustering system for processing of the Earth remote sensing data is discussed. The system consists of the next methods: K-means method, method of the multidimensional histograms modes analysis, hybrid method, which involves method of the multidimensional histograms modes analysis and the subsequent hierarchical grouping, and a number of fuzzy clustering algorithms.

Key words: remote sensing, clustering, hard clustering, fuzzy clustering.

Центральные вопросы тематической обработки (интерпретации) данных ДЗЗ – вопросы повышения качества дешифрирования – непосредственно связаны с проблемой выбора адекватных алгоритмов распознавания [1-5]. Современный опыт автоматизированного распознавания данных ДЗЗ показывает, что заранее практически невозможно установить, какой алгоритм будет лучше с точки зрения стоимости и точности классификации. Поэтому в распознающую систему целесообразно закладывать несколько алгоритмов и выбор оптимального алгоритма проводить эмпирически. В классификации данных ДЗЗ чаще других используются методы, которые можно разбить на две группы: контролируемая классификация (классификация с обучением) и неконтролируемая (кластерный анализ). В данной работе рассматривается кластерный анализ в обработке многоспектральных (многомерных) данных ДЗЗ. Характеризуя методы кластеризации в целом, следует отметить, что в основном они отыскивают в данных не те структуры, которые там реально существуют, а те, для поиска которых они предназначены [2]. Поэтому надежность результатов кластеризации часто можно оценить лишь сравнением нескольких вариантов обработки данных ДЗЗ. Характерной особенностью ДДЗ является “загрязнение” выборок смешанными векторами измерений, т.е. векторами, которые образуются при попадании в элемент разрешения съемочной системы нескольких природных объектов. Это обстоятельство является одним из источников ошибок при построении карты классификации [1,2]. Большинство алгоритмов кластеризации для отнесения векторов признаков кластерам вычисляют для каждого вектора значения подходящей функции «правдоподобия». В случае зачисления вектора признаков в кластер по максимальному значению функции правдоподобия получается так называемая *жесткая* кластеризация. Рассмотрим некоторые алгоритмы *жесткой* кластеризации.

В состав программного комплекса, реализованного совместными усилиями ФГБУ «НИЦ «Планета» и ФГБУН ИВМиМГ СО РАН, входит реализация классического алгоритма жесткой кластеризации – алгоритма *K*-средних, широко используемого для разбиения на кластеры больших объемов многомерных данных [5]. Алгоритм *K*-средних может быть отнесен к классу параметрических, т.к. он неявным образом предполагает природу плотности вероятности: кластеры стремятся иметь конкретную геометрическую форму, зависящую от выбранной метрики. Мы используем следующие метрики: Евклидова, Махаланобиса, Чебышева, city-block расстояние. Известно также, что результат кластеризации методом *K*-средних зависит от задания начальных центров кластеров. Предоставляется выбор одного из трех вариантов, два из которых определяются на основе статистических характеристик набора данных и один основан на случайной выборке. Один из вариантов алгоритма позволяет учитывать влияние смешанных векторов [2]. Дополнительным параметром в этом случае является выбираемое эмпирически соотношение чистых и смешанных векторов в наборе данных. На основе этого соотношения и градиентного изображения, сформированного подходящим градиентным оператором (Робертса/Превитта/Собела), выделяются связанные компоненты, состоящие из чистых

векторов. Кластеризации подвергаются средние векторы связанных компонент. В дальнейшем смешанные векторы распределяются по полученным кластерам на основе минимального расстояния до центра кластера.

Другой подход, позволяющий получать разбиение векторов измерений на кластеры произвольной формы, основан на предположении, что исходные данные являются выборкой из многомодового закона распределения, причем векторы, отвечающие отдельной моде, образуют кластер [2]. Таким образом, задача сводится к анализу мод многомерных гистограмм.

Ещё один алгоритм жёсткой кластеризации, реализованный в нашем программном комплексе, - гибридный метод: анализ мод многомерной гистограммы с последующей иерархической группировкой. Практическое использование метода анализа мод многомерной гистограммы показывает, что зачастую получение приемлемого результата является весьма трудоемким процессом и требует высокой квалификации эксперта-исследователя. Причиной этого является, вероятно, то, что алгоритм является многопараметрическим (в частности, на решение оказывает большое влияние способ сглаживания гистограммы). В связи с этим, система кластеризации дополнена двухэтапной процедурой (с сохранением всех ранее существовавших функций): на первом этапе выполняется предварительное разбиение исходной выборки на кластеры с помощью модального анализа, а затем для получения окончательного результата используется иерархическая группировка [6]. Заметим, что применение иерархической группировки для кластеризации исходного набора векторов нереально из-за того, что используемая в алгоритме матрица расстояний состоит (в начале работы алгоритма) из $N(N-1)/2$ элементов, где N – количество векторов. Предварительное использование модального анализа позволяет сократить объем данных до разумных пределов. В качестве входных данных для иерархической группировки используются векторы средних группы векторов, связанных с каждой модой многомерной гистограммы. Напомним, что на каждом шаге восходящей иерархической классификации объединяются два кластера, расстояние между которыми минимально. Достоинством иерархической группировки является то, что после построения иерархического дерева кластеризации можно “разрезать” его на любом уровне иерархии, т.е. получать разные кластерные карты, не запуская снова процесс кластеризации.

Последним этапом работы всех алгоритмов жёсткой кластеризации является сортировка полученных кластеров по убыванию их объемов и подсчет соответствующих статистик: объемов, векторов средних и девиаций (стандартных отклонений) в каналах для каждого кластера. Эти данные записываются, при необходимости, в файл на диске. Туда же записывается число векторов данных, не вошедших ни в один из кластеров, т.е. попавших в “ $K+1$ ”-ый кластер. Эти данные являются основой для анализа разделимости полученных кластеров.

Результатом работы классификаторов в рабочем режиме является одноканальное (байтовое) изображение, значениями пикселей которого являются номера кластеров. Это изображение окрашивается в predetermined цвета, которые в интерактивном режиме могут быть заменены на цвета, определяемые

пользователем. К выходному изображению можно применить функцию пост-классификации для удаления изолированных пикселов (генерализация данных).

Следует отметить, что предложенные алгоритмы жёсткой кластеризации внедрены в практику оперативной работы ФГБУ «НИЦ «Планета», и широко используются в технологии построения карт ледовой обстановки по спутниковым данным видимого, инфракрасного или микроволнового диапазонов. На рис. 1 представлена карта-схема ледовой обстановки в море Росса (Антарктика), полученная с использованием этой технологии по спутниковым данным ИСЗ «Метеор-М» №1.

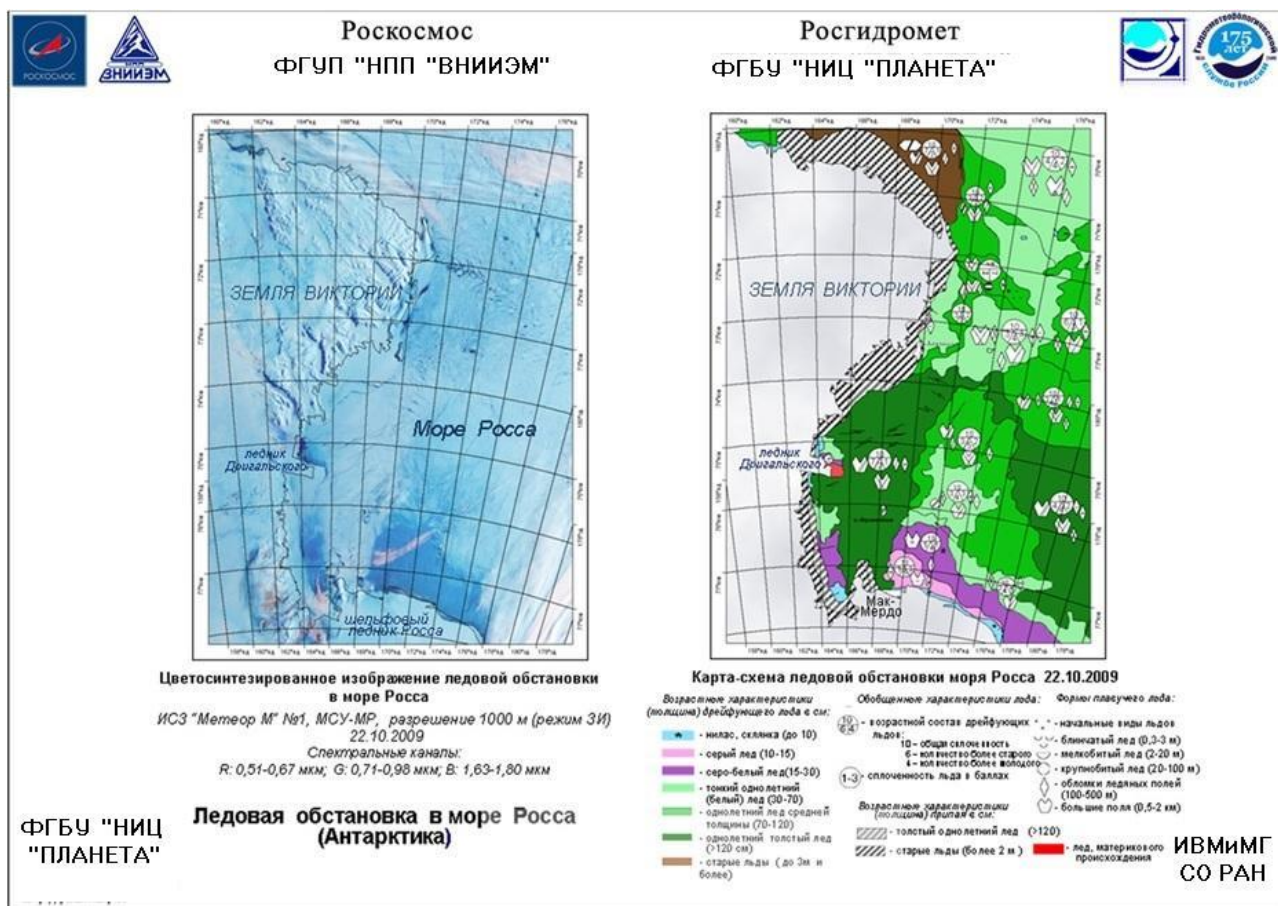


Рис. 1. Карта-схема ледовой обстановки в море Росса (Антарктика), полученная по спутниковым данным ИСЗ «Метеор-М» № 1

Альтернативой жесткой разделяющей кластеризации является *мягкая* или *нечеткая* кластеризация, разрешающая векторам принадлежать всем кластерам с коэффициентом членства $u_{ij} \in [0,1]$, определяющим степень принадлежности j -го вектора i -му кластеру:

$$\sum_{i=1}^C u_{ij} = 1, \forall j \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^L u_{ij} < L, \forall i,$$

определяя этими соотношениями нечеткую кластеризацию. Здесь C – число кластеров, L – количество векторов измерений. В недавнее время нами в состав системы кластеризации программного комплекса была включена реализация широко используемого алгоритма нечеткой кластеризации, известного как метод *C-средних* [7]. Это итерационный алгоритм, который используется для разделения смешанных векторов измерений в данных ДЗЗ. Идея метода заключается в описании сходства вектора с каждым кластером с помощью функции уровней принадлежности, принимающей значения от нуля до единицы. Значения функции, близкие к единице, означают высокую степень сходства вектора с кластером. Очевидно, что сумма значений функции уровней принадлежности для каждого пиксела должна равняться единице. Также, как и в алгоритме *K-средних*, параметрами соответствующей процедуры (кроме количества кластеров) являются тип метрики и вариант выбора начальных центров кластеров. Дополнительным параметром является показатель нечеткости, значения которого для данных ДЗЗ предлагается брать близкими к двум (см., [1]).

Вторым алгоритмом нечеткой кластеризации, включенным в состав программного комплекса по обработке данных ДЗЗ, является алгоритм нечеткой кластеризации с регуляризацией – так называемый алгоритм *Possibilistic C-means, PCM*. Принципиальное отличие алгоритма PCM от алгоритма FCM состоит в снятии ограничения (1) на элементы матрицы принадлежности вектора признаков кластерам: в алгоритме FCM для каждого вектора признаков сумма элементов матрицы принадлежности по всем кластерам должна равняться единице (вероятностное – probabilistic – свойство алгоритма FCM). Таким образом, в алгоритме FCM членство вектора в кластере является относительным, т.к. оно зависит от членства этого вектора во всех других кластерах, в то время как в алгоритме PCM значение членства вектора в кластере является абсолютным (т.е. не зависящим от значений членства этого вектора в других кластерах) и может интерпретироваться в терминах типичности вектора. Алгоритм PCM пытается найти моды в наборе данных, так как каждый полученный кластер соответствует плотной области в этом наборе. В процессе выполнения итераций алгоритма прототипы кластеров последовательно перемещаются в плотные области в пространстве признаков.

PCM алгоритм является робастным методом кластеризации, который может быть использован для обнаружения плотных областей в данных. Степень членства вектора признаков в кластере определяется двумя величинами: расстоянием вектора до прототипа кластера и параметром K , называемым ссылочным расстоянием кластера. Значение этого параметра индивидуально для каждого кластера и зависит от среднего размера кластера.

Авторы алгоритма (Krishnapuram&Keller [8]) отмечают, что для получения качественных результатов кластеризации требуется хорошая инициализация ссылочных расстояний кластеров. Следуя их рекомендациям, в качестве

начального приближения матрицы степеней членства векторов признаков в кластерах используется результат выполнения алгоритма нечеткой кластеризации методом FCM. Т.е. необходимым условием выполнения алгоритма РСМ для какого-либо набора данных является предварительное выполнение алгоритма FCM для этого набора данных.

Нижеследующие рисунки демонстрируют результаты работы алгоритмов С-средних. На рис. 2 представлен фрагмент снимка ИСЗ SPOT-4, полученного 04.05.2011 г., с паводковой ситуацией в районе Камня-на-Оби (снимок предоставлен Сибирским центром НИЦ «Планета»). На рис. 3 приведен результат обработки алгоритмом FCM. Фрагменты исходного изображения, являющиеся «шумом» по отношению к области интереса, исключены из процесса обработки. На рис. 4 представлен результат обработки алгоритмом РСМ со значением ссылочного расстояния $K=1$. Выделялось 10 кластеров, выполнялось 50 итераций алгоритмов. Рис. 5 содержит графическое представление объемов кластеров, полученных разными алгоритмами кластеризации (KM – алгоритм жесткой кластеризации К-средних).

Основная часть работы алгоритмов FCM и РСМ состоит в итерационном перестроении матрицы уровней принадлежности векторов признаков кластерам и пересчете центров кластеров. Алгоритмы заканчивают работу при выполнении заданного числа итераций либо при достижении матрицы уровней принадлежности состояния стабильности, т.е. состояния, при котором норма разности матриц в двух последовательных итерациях не превосходит заданного порога. Эта работа требует больших временных затрат при ее



Рис. 2. Исходное изображение

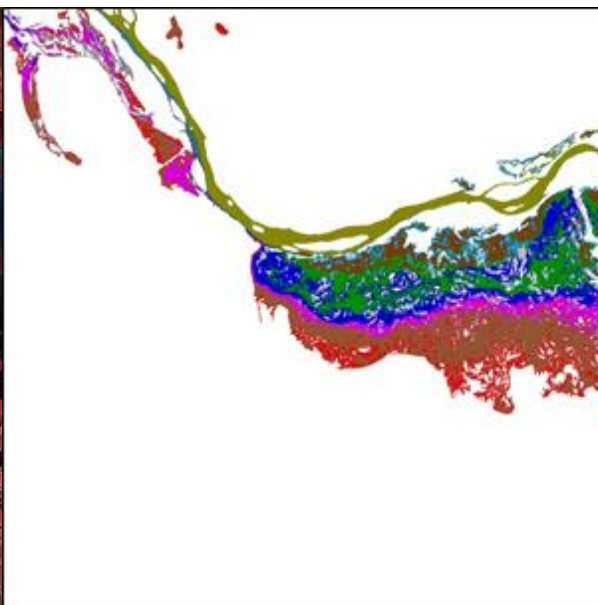


Рис. 3. Кластеризация методом FCM

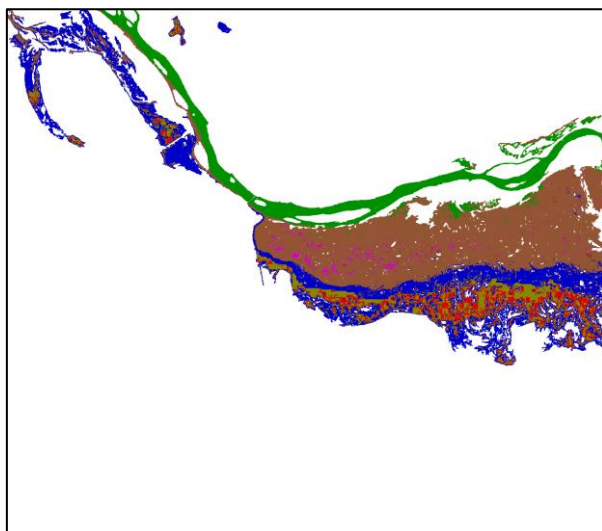


Рис. 4. Кластеризация методом РСМ с $K=1$

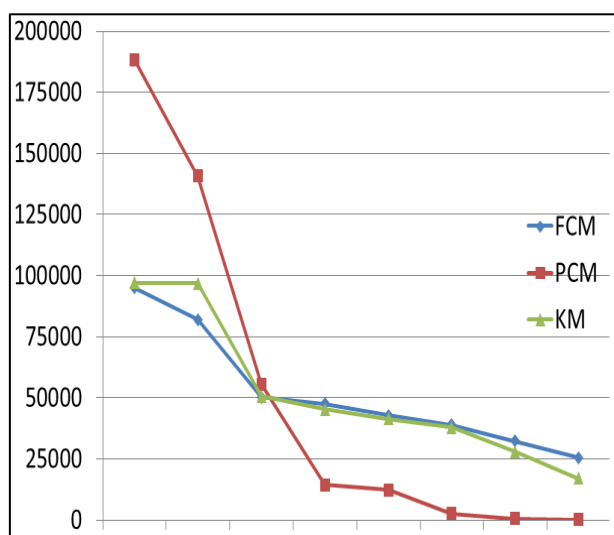


Рис. 5. Объемы полученных кластеров

последовательном выполнении, особенно в случае, когда показатель нечеткости не равен двум, в связи с чем реализованы параллельные версии алгоритмов. Параллельная реализация алгоритмов осуществляется средствами ОС Windows в рамках одного процесса путем запуска нескольких параллельных потоков. Количество запускаемых потоков равно количеству логических процессоров компьютера. Каждый поток перестраивает соответствующую часть матрицы уровней принадлежности. Необходимая при работе параллельных потоков синхронизация достигается с помощью механизма событий ОС Windows. В табл. 1 содержатся данные о времени выполнения параллельной процедуры нечеткой кластеризации методом FCM набора векторов признаков рис. 1. Приводятся результаты измерений времени (в секундах) для значений параметра нечеткости $m=2$ и $m=2.2$. Измерения проводились под управлением

Windows-7 на аппаратной платформе с четырьмя логическими процессорами. Выполнялось 50 итераций. Аналогичные данные для алгоритма РСМ приведены в таблице 2.

Таблица 1

Значение m	Количество запускаемых потоков			
	1	2	3	4
$m=2$	76.18	52.87	44.52	40.65
$m=2.2$	305.56	189.14	140.04	116.92

Практика решения конкретных прикладных задач ДЗЗ с использованием предлагаемых алгоритмов кластеризации многоспектральных космических снимков, получаемых как с российских, так и с зарубежных спутников, подтверждает их высокую эффективность. Отметим, что широкий набор возможностей системы кластеризации программного комплекса позволяет эксперту-исследователю выбирать адекватные решения задач дешифрирования данных ДЗЗ.

Таблица 2

Значение m	Количество запускаемых потоков			
	1	2	3	4
$m=2$	50.71	33.03	30.95	28.80
$m=2.2$	228.60	123.51	99.12	82.66

Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-07-00068) и Программы № 43 Президиума РАН (проект № 32).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.- Техносфера, 2010. – 560 с.
2. Асмус В.В. Программно-аппаратный комплекс обработки спутниковых данных и его применение для задач гидрометеорологии и мониторинга природной среды. Диссертация в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. На правах рукописи. Москва – 2002, -75 с.
3. Асмус В.В., Бучнев А.А., Пяткин В.П. Контролируемая классификация данных дистанционного зондирования Земли. Автометрия, 2008, № 4. с. 60-67.
4. Асмус В.В., Бучнев А.А., Пяткин В.П. Кластерный анализ данных дистанционного зондирования Земли. Автометрия, 2010, № 2. с. 58-66.
5. Jain A.K. Data clustering: 50 years beyond K-means. Pattern Recognition Letters. 31 (2010), pp. 651-666.
6. М. Жамбю. Иерархический кластер-анализ и соответствия. Пер. с фр. М., Финансы и статистика, 1988. -342 с.
7. Bezdek J.C. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. Plenum Press, New York, 1981.
8. R. Krishnapuram and J.M. Keller. A possibilistic approach to clustering. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 1:98–110, 1993.

© В. В. Асмус, А. А. Бучнев, В. П. Пяткин, 2015

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ СО СПУТНИКОВ
РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ, ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ, ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЭКОЛОГИИ
И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВОБОДНОГО ДОСТУПА К ГЕОДАННЫМ**

Андрей Владикович Данелян

ЗАО «Международные космические технологии», 107078, Россия, г. Москва, Хоромный тупик, д. 4, строение 5, генеральный директор, тел. (495)607-07-00, e-mail: director@zaomkt.ru

В статье рассмотрен вопрос использования данных космической съёмки со спутников российско-белорусской орбитальной группировки для решения задач контроля землепользования, лесного хозяйства и экологии.

Ключевые слова: космическая съёмка, использование данных ДЗЗ, контроль землепользования.

THE USE OF SPACE IMAGERY DATA FROM SATELLITES OF THE RUSSIAN-BELARUSIAN SPACECRAFT CONSTELLATION INTENDED TO CONTROL NATURAL AND INDUSTRIAL DISASTERS, LAND USE, FORESTRY, ECOLOGY AND PROVIDE FREE ACCESS TO GEOSPATIAL CONTENT

Andrey V. Danelyan

JSC «International space technology», 107078, Moscow, Russia, 4 Horomny dead lane, Bld. 5, general director, tel. (495)607-07-00, CEO, fax.: (495)625-45-16, e-mail: director@ zaomkt.ru

The article discusses the use of space imagery data from spacecrafts of the Russian-Belarusian spacecraft constellation intended to control natural and industrial disasters, land use, forestry, ecology and provide free access to geospatial content.

Key words: space imagery, Earth remote sensing data ("ERS" data), land use control, emergency, forestry monitoring.

После развертывания в 2012 году объединенной орбитальной группировки, состоящей из белорусского космического аппарата и КА «Канопус-В» №1 началась работа национальных операторов по поставке данных ДЗЗ государственным потребителям в сферах оперативной гидрометеорологии, контроля техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, рационального природопользования, экологии и картографии.

Основные характеристики космических аппаратов и оптико-электронной аппаратуры представлены в табл. 1.

В дальнейшем, с целью повышения экономической эффективности эксплуатации ОГ КА, было принято решение о создании совместного предприятия по коммерческому использованию данных ДЗЗ и продвижению их на российский и международный рынки. В феврале 2014 года на основании распоряжения Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Д.О. Рогозина и Постановления Правительства Республики Беларусь было образовано совмест-

ное российско-белорусское предприятие ЗАО "Международные космические технологии". Этим было положено начало новому этапу сотрудничества предприятий России и Беларуси в сфере коммерциализации космической деятельности.

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ КА	
Масса КА	473,2 кг
Высота орбиты	510±10 км
ПОЛОСА ЗАХВАТА, НЕ МЕНЕЕ:	
- панхроматическая съемочная система (ПСС)	23 км
- многозональная съемочная система (МСС)	20 км
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ РАЗРЕШЕНИЕ:	
-ПСС	2,1 м
-МСС	10,5 м
Суточная производительность	300 000 ÷ 500 000 кв. км
Периодичность съемки	4 суток
Точность геопозиционирования	30 ÷ 50 м (без опорных точек) 4 ÷ 7 м (с опорными точками)
СПЕКТРАЛЬНЫЙ ДИАПАЗОН, мкм	
- ПСС	0,54-0,86
- МСС	0,46-0,52; 0,51-0,60; 0,63-0,69; 0,75-0,84

Учредителями СП стали: с российской стороны - ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ», разработчик метеорологических спутников типа "Метеор-М" и малых КА ДЗЗ типа "Канопус-В", а с белорусской стороны – Унитарное предприятие «Геоинформационные системы», оператор белорусской космической системы ДЗЗ.

Основные направления деятельности ЗАО «МКТ»:

1. Коммерческое распространение данных ДЗЗ и продуктов их обработки с белорусского КА и КА "Канопус-В" в качестве эксклюзивного торгового представителя УП "ГИС" на территории стран СНГ за исключением территории республики Беларусь.

2. Фотограмметрическая и тематическая обработка данных ДЗЗ с БКА и КА "Канопус-В" №1, изготовление производной продукции: ортофотопланов, мозаик космических снимков, цифровых моделей местности и т.д.

3. Разработка и актуализации специализированных геоинформационных систем.

Виды продуктов, поставляемых ЗАО «МКТ» представлены в табл. 2.

Таблица 2

Вид продуктов ДЗЗ (данные ДЗЗ БКА)	Пространственное разрешение в надир, м	Количество спектральных каналов	Размер сцены, км	Вид съемки
панхроматический	2,1	1	23x23	архивная
				оперативная
мультиспектральный	10,5	4	20x20	архивная
				оперативная
панхроматический и мультиспектральный	2,1 и 10,5	5	23x23 20x20	архивная
				оперативная
цветосинтезированный	2,1	4	20x20	архивная
				оперативная

В рамках межведомственного соглашения Роскосмос и Национальная академия наук Республики Беларусь совместно используют орбитальную группировку из двух КА для обеспечения данными ДЗЗ и продуктами их обработки российских и белорусских потребителей. Изображения, получаемые с «Канопус-В» №1 и БКА, поставляются потребителям космической информации по трем основным уровням обработки с формированием следующих видов конечного продукта: «базовый продукт»; «стандартный продукт» - изображения в заданной картографической проекции с радиометрической обработкой, коррекцией искажений датчика и геометрической коррекцией; «ортотрансформированный продукт» - ортоизображения, цифровые карты и цифровые модели рельефа.

Каждое ортоисправленное изображение радиометрически откалибровано, геометрически и топографически скорректировано как по высокоточным измерениям орбитальных параметров, так и по опорным точкам.

В МЧС России, в Национальном центре управления в кризисных ситуациях успешно реализован наземный программный комплекс приема и обработки данных от КА «КАНОПУС-В» для целевого применения по мониторингу гидрологической и лесопожарной обстановок, оценки состояния инфраструктуры территорий после значительных сейсмособытий, природных и техногенных ЧС.

На рис. 1 и рис. 2 представлены примеры практического использования космических снимков для указанных выше задач.

Для КА «Канопус-В» №1 и белорусского КА впервые в России разработана экспериментальная технология обработки снимка с использованием рациональных полиномов (RPC), с помощью которой можно выполнять грубое трансформирование сцен, без применения наземных опорных точек. Информация о рельефе местности берется с открытой общедоступной цифровой модели местности SRTM. Для уточнения местоположения сцен и создания ортофотопланов можно, в качестве опоры, использовать твердые контура объектов, координатное описание которых полученные с помощью технологии ГЛОНАСС или с картографических материалов соответствующих масштабов, имеющих в федеральном картографо-геодезическом фонде. В качестве программного обеспечения уточнения местоположения сцен может использоваться ГИС

«КАРТА 2011», имеющая в своем составе приложение «Трансформирование растровой карты по точкам».

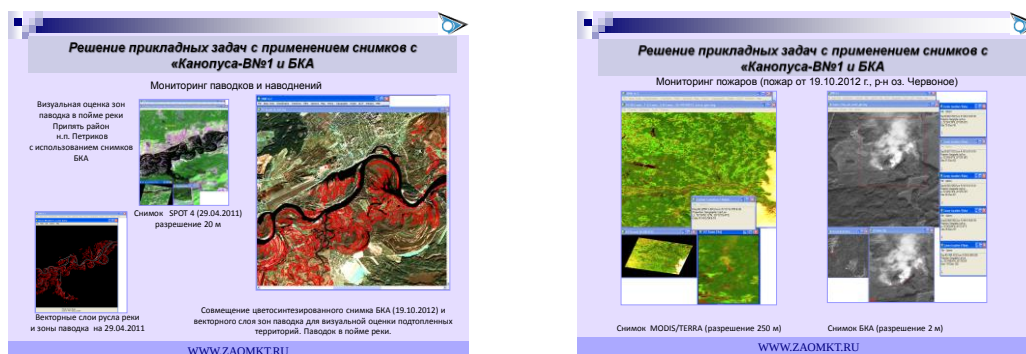


Рис. 1. Мониторинг чрезвычайных ситуаций

Информация, получаемая с КА «Канопус-В» №1 и БКА, используется для контроля землепользования в сельском хозяйстве, мониторинга природных ресурсов, экологического мониторинга, картографирования. Некоторые примеры прикладного использования данных ДЗЗ с упомянутых спутников приведены на рис. 2.

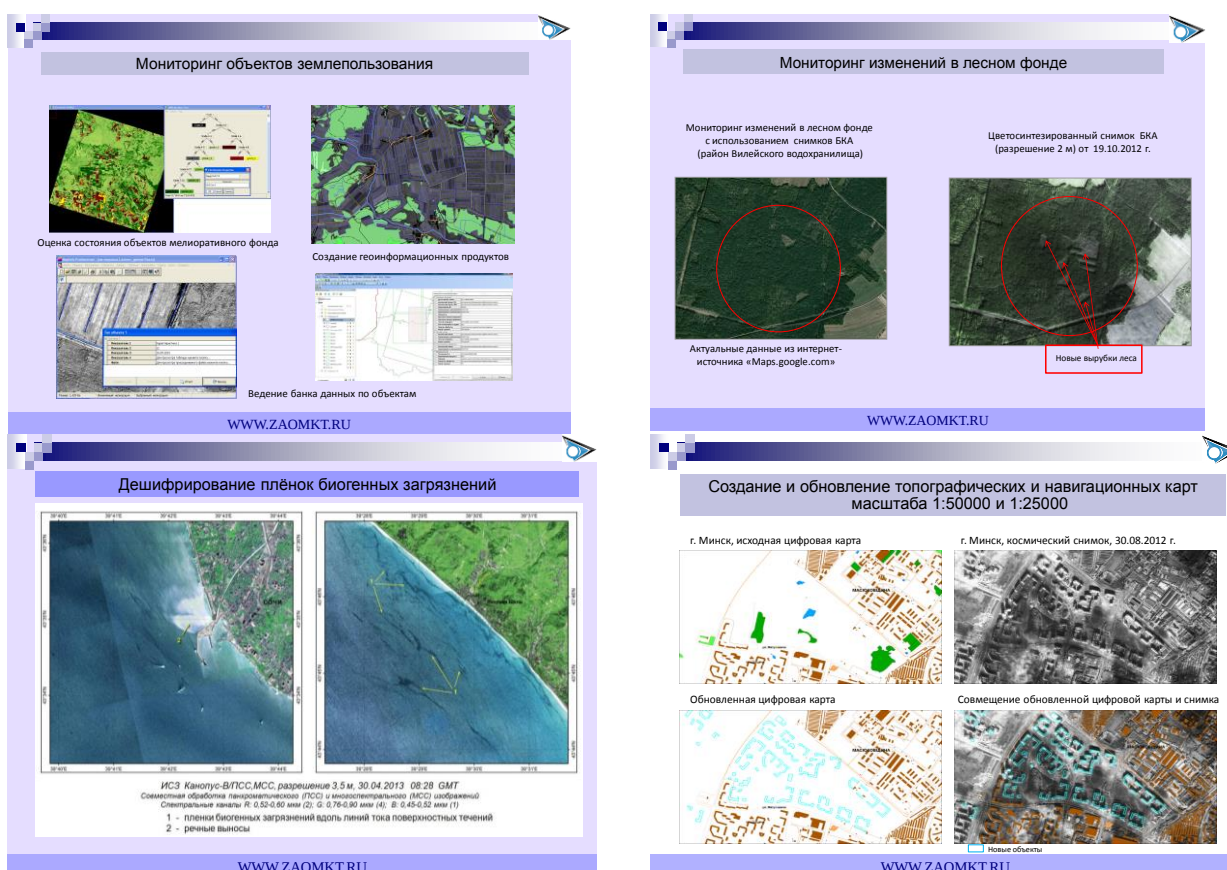


Рис. 2. Мониторинг объектов землепользования, лесного хозяйства, экологической обстановки и картографирования

Начиная с 2012 года Рослесхоз использует данные ДЗЗ с КА «Канопус-В» № 1 для мониторинга лесных территорий, с целью выявления незаконных вырубок, при выполнении контрактов по государственной инвентаризации лесов, при постановке лесных участков на государственный кадастровый учет.

На рис. 3 приведены примеры мониторинга лесных территорий (контроль вырубок леса) по панхроматическому и изображению с КА «Канопус-В» № 1 в 2013 году. Для сравнения приведены снимки на ту же территорию из системы «Google Maps».



Рис. 3. Мониторинг лесных территорий

Таким образом, материалы космической съёмки с КА «Канопус-В» №1 и белорусского КА эффективно используются как в России, так и в Республике Беларусь для обеспечения оперативного мониторинга объектов гидрометеорологии, контроля техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, рационального природопользования, экологии и для создания цифровых топографических и навигационных карт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Л. А. Макриденко, А. В. Горбунов, О. А. Никонов ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ» Анализ качества информации с КА «Канопус-В» №1 и возможные области применения. М., Сборник трудов ОАО "ВНИИЭМ", 2013, стр.10.
2. Основные положения по созданию и обновлению топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000.... М., РИО ВТС, 1984 г.
3. Лобанов А. Н, Дубиновский В. Б., Лысенко Ф. Ф., Бобряшов А. М., Аналитические модели местности и снимков. М. Недра, 1973, стр. 96.

© А. В. Данелян, 2015

ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В МОНГОЛИИ

Оюунцэрэн Нямсүрэн

Монгольский государственный сельскохозяйственный университет, Агроэкологический институт, 17024, Монголия, Улаанбаатар, Зайсан, район-Хан-Уул ХААИС, доцент, доктор наук, директор Агроэкологического института, тел. +976-11-341753, моб. тел. +976-11-95952526, e-mail: o.nyamtsuren@msua.edu.mn, nyamaa_to@yahoo.com

Оюунбилэг Цэнд

Монгольский государственный, сельскохозяйственный университет, Агроэкологический институт, 17024, Монголия, Улаанбаатар, Зайсан, район-Хан-Уул. ХААИС, старший преподаватель кафедры земельного менеджмента, тел. +976-11-342410, моб. тел. 976-11-99133000, e-mail: oyunbileg_tsend99@yahoo.com

В статье дается анализ и положение нынешней ситуации сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова: земледелие, земельная стоимость, базовая стоимость, качество, Монголия.

THE ISSUES OF CROPLANDS EVALUATION IN MONGOLIA

Oyuntseren Nyamsuren

Mongolian University of Life Sciences, 17024, Mongolia, Ulaanbaatar, Zaisan, Khan-Uul district, 11th horoo, Main bld., Director of the Institute of Agroecology, Doctor of Science, Associate Professor, tel. +976-11-341753, mob. tel. 976-11-95952526, e-mail: o.nyamtsuren@msua.edu.mn

Oyunbileg Tsend

Mongolian University of Life Sciences, 17024, Mongolia, Ulaanbaatar, Zaisan, Khan-Uul district, 11th horoo, Main bld., Institute of Agroecology, Department of Land Management, Doctor of Science, tel. +976-11-342410, mob. tel. 976-11-99133000, e-mail: oyunbileg_tsend99@yahoo.com

The analysis and today situation concerning croplands in Mongolia are discussed.

Key words: agriculture, land evaluation, base value, Mongolia.

Mongolia's land is perhaps its most valuable resource. Mongolia covers a vast and diverse territory of more than 156 million hectares. Total Agricultural land is 112.7 million ha. Pasture land comprises the great majority of Mongolia's territory (about 126 million hectares), while arable land is about 1.200 million hectares and urban and settlement areas comprise a very small fraction of total land areas.

With the purpose to reveal the suitable area for the cropland, V.F. Shubin established the special commission in cooperation with the government of Autonomic Mongolia and conducted the detailed survey in 1915-1916 on the territories of the khoshuus (soums) that have the future for developing the agriculture.

During the 1960s when the fallow lands were owned and had been actively conducting the agricultural production, the lands were divided into 1-4 levels of agro-production at first time according to the suitability for the agriculture.

In 1975-1977, the basis for giving the evaluations on the croplands that were divided into 4 groups of the agro-production was developed at first time.

Government of Mongolia realized to started new policy of land affairs from transition period for market economy in 1992. Mongolian history has not information that Mongolian citizen owned the urban land, appraised land and taxation for ownership land until 1992. Since the newly structure of land affairs in urban land was created to started by Constitution which is published in 1992.

In1993, sub-project implemented by the Ministry of Environment and Land Policy Institute for giving the evaluations for the agricultural tenure land:

- Developed the methodology for the soil quality evaluation of Mongolia. It includes: general principle of the soil quality evaluation, sequences for making the soil quality evaluation, methodology of the scales for evaluations

- Determined the economic basic indices for the agricultural tenure land, the scales for the evaluations of the crop land's soil quality, and the scales of the nutritive quality of the pasture land of Mongolia

The Land Fee law and No. 152 of regulation of Government which is to do some action for charging Land Fee law were published in 1997 and it was to regulate affairs of land fee and land basic value.

The No. 152 of regulation of Government is fundamental legal act in Mongolia. It is:

- Defined the amount of the basic land evaluation of the major classifications according to the zones.

- Determined the capacity of the lands according to the amount of harvests to be taken from one hectares of land.

- Worked out the first version for defining the basic fees and payments per one hectares of land.

The basic value was made to base population volume in urban area and specialists given to be same basic value for cities with nearly population. For example: Mongolian all big city's land basic value are same 40.0 million.tug square meter. But, cities are very different situations for economy, society and location.

There are 329 soums (sub province), 21 provinces in Mongolia. But these soums divided into only 4 value zones in agricultural land. Also, these soums' development of location, society and economy are very different.

Table 1

Basic value and land fee range of urban area of the Mongolia

Urban					Land fee range (thousand. tugrug)	
	Sub classification	Population(thousand.people)	Name of City	Base value (million.tug)	minimum	maximum
City	Capital		Ulaanbaatar	440.0	440.0	4,400.0
	Big city in country	50.0-500.0	Darkhan	300.0	300.0	900.0
			Erdenet	200.0	200.0	600.0
			Choibalsan	120.0	120.0	360.0

	Big city in province	30.0-50.0	Uliastai	50.0	50.0	100.0
			Ulgii			
			Murun			
			Tsetserleg			
			Khovd			
			Ulaangom			
			Sukhbaatar			
		15.0-30.0	Bayankhongor	40.0	40.0	80.0
			Undurkhaan			
			Zuunmod			
			Baruun-Urt			
			Sainshand			
			Dalanzadgad			
			Arvaikheer			
	Town and soum centre	Mandalgovi	8.0	8.0		
		Altai				
		Zuunkharaa				
		Bulgan				
		Tosontsengel				
Other town	0.5	Choir	5.0	5.0		
		Other town				

Table 2

Basic value and land fee range of agricultural land of the Mongolia

Index of land value zone	Pasture					Crop		Hay land		
	Basic value (Thousand tugrug/hectare)	In land for per one sheep		Mini- mum land fee in ha (tugrug)	Mini- mum fee in one sheep (tugrug)	hectare		Classification	hectare	
		size, ha	Basic value (thousand tugrug)			Basic value (thousand tugrug)	Minimu m land fee (tugrug)		Basic value (thousand tugrug)	Minimu m land fee (tugrug)
XY	548,2	1,4	767,5	55	77	3859,0	386	Meadow of mountain	2478,3	248
AY	202,9	2,3	466,7	20	47	2253,0	225	Steppe of mountain	2027,6	203
ГТ	208,6	2,2	458,9	21	46	1738,0	174	Steppe	912,2	91
T	381,7	1,5	572,6	38	57	3843,4	384	River valley	2090,9	209
								Meadow in plain	2675,3	267

Percentage for calculating the cropland fees|:

- The land fees for one hectare of the croplands for the wheat that are owned and used shall be calculated at 0.03 percent of the basic land fees.

- The land fees for the croplands for the vegetables and fruits shall be calculated at 0.1 percent of the basic land fees.

Payment for the cropland:

Land fees are: in accordance with the resolution No. 152 of the government passed in 1997

- In the central zone of the cropland - 386-1158 tugrogs/hect.

- In the open steppe zone - 384-1152 tugrogs/hect.

- Mountainous zone of Altai - 225-675 tugrogs/hect.

- Concaves and depressions of the gobi and grand lakes - 174-522 tugrogs/hect.

Evaluation of the cropland quality:

Formula to determine cropland quality:

$$Cq = S_2 \cdot Cr$$

Where Cq = evaluation of the Cropland Quality

S₂ – Score of the soil quality evaluation

Cr – Climatic ratio

Basic indices to be influenced in the cropland quality evaluation:

Thickness of the layer with humification, content of the humification, mechanical contents, sum of the basis to be absorbed, soil acidity and alkaline environment, amount of the cation of calcium, sodium and carbonate

Other factors: Soil erosions and degradations, slope of the area, barriers of the area, stones of the area, waste plants, influences of the harmful rodents and irrigation condition

Economic evaluation of the cropland.

1. Qualitative evaluation – To be determined by the physical indices and/or one hectares.

2. Quantitative evaluation – determining the basic fees for the land:

Factors influence to the economic evaluations of the cropland.

Harvest and gasoline transporting distance, distance between the areas in the barnyards,

slope of the area, barriers and obstacles in the area, peculiarity of the shapes of the area and irrigation condition.

The Government of Mongolia regards reforming land law and policy for all categories of land as a major development priority in order to create incentives for socially equitable and environmentally sustainable economic growth. Especially, for last few years, Government has been focusing land valuation and land economy.

In the modern land evaluation practices, the trend has been aiming at determining how the certain land is suitable for using in the defined purposes. The class of the

land suitability should determine the suitability rating. The methods used today are for instance, approach for agricultural land suitability evaluation invented by the Food and Agricultural Organization of the United Nations Organization, and Multi criteria evaluation and GIS approach.

The aim of this research was comparison of the land qualitative suitability of results with the use of FAO method and Automated Land Evaluation System or ALES method for major crops in Sardasht of Behbahan in Iran. The study area covers 6000 hectares.

The aim of this study was Comparison of the Land qualitative suitability with the use of FAO method and ALES model for major crops in Sardasht of Behbahan.

Three main crops include wheat, barley and rice was selected for evaluation. The climatic classes in FAO method obtain suitable (S1) for wheat and barley, moderately (S2) and marginally suitable (S3) for rice.

The results of qualitative land suitability classification showed that most areas in all methods fall under moderately suitable class (S2) for wheat and barley and severe suitability class (S3) for rice, although due to soil limitations they vary from S2 to N.

The result showed that ALES model and square roots can identify suitability class more precisely than stories and limitation method. Land suitability map were also prepared through ILWIS software.

The aim of this study is to determine physical land suitability for wheat crop using a Multi-Criteria Evaluation (MCE) & GIS approach and to compare present land use vs. potential land use. The aim in integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems (GIS) is to provide more flexible and more accurate decisions to the decision makers in order to evaluate the effective factors. Relevant biophysical variables of soil and topography were considered for suitability analysis. All data were stored in Arc GIS 9.0 environment and the factor maps were generated. For Multi-Criteria Evaluation (MCE), Pair wise Comparison Matrix known as Analytical Hierarchy Process (AHP) was applied and the suitable areas for wheat crop were identified. To generate present land use/cover map, Terra/ASTER22 March2003 satellite image was classified using ERDAS Imagine 8.7 by means of supervised classification.

Conclusion:

1. One major issue of land reforms policy and urbanization is exactly land evaluation. In our case, we need to solve issues of land evaluation which are land acquisition, land redevelopment, compensation, court auction, taxation, research and other land appraisal purposes.

2. The event of selecting the suitable lands for the major crops for Mongolia that are important in selecting the cropland correctly, increasing the crop production and improving the food supply. In order to achieve this result, we are required to introduce the two methods – FAO and ALES Approaches and Multicriteria Analysis Approach in the surveys for cropland qualitative evaluations.

REFERENCES

1. The Mongolian Land law, 2002
2. The Mongolian Land Fee Law, 1997
3. The No. 152 of regulation of Government of the Mongolia
4. O.Nyamsuren, lecture notes for land evaluation"UB,2011
5. O.Nyamsuren, Cadastral valuation for urban land, UB, 2012
6. Galmandakh Boldbaatar, Addressing land valuation challenges in Mongolia
7. Food and Agriculture Organization (FAO) "Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture", United Nations,Rome,1983
8. A.Farshad "Land Evaluation toward quantification", ITC,1997
9. W.Siderius "Soil derived land qualities"ITC, 1992
10. Food and Agriculture Organization (FAO),"Land evaluation for development"United Nations,Rome,1980
11. C.A.van Diepen, H.van Keulen, J.Wolf,and J.A.A.A. Berkhout, Advances in Soil Science, Volume 15, 1991
12. Hermasn Huizing,A.Farshad, Kees de Bie, "Land evaluation" Lecture notes for LELUP module, ITC,1995
13. David G. Rossiter "Ales: a framework for land evaluation using a micricomputer", Soil use and management,Volume 6,November1,march, 1990
14. Saheb Khordebin, A. Landi "Comparison of the Land Qualitative Suitability with the Use of FAO Method and Ales Model for Major Crops in Sardasht of Behbahan Khuzestan Province, Iran" 1Department of Range Management, Behbahan Khatemolanbia Technology University, Behbahan, Iran,2011

© Oyuntseren Nyamsuren, Oyunbileg Tsend, 2015

ПОЛОЖЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧЕТА И РЕГИСТРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ МОНГОЛИИ

Тумурбаатар Балжинням

Монгольский государственный сельскохозяйственный университет, Агроэкологический институт, кафедра земельного менеджмента, Монголия, Улаанбаатар, 17024, Зайсан, район-Хан-Уул ХААИС, профессор, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры земельного менеджмента, тел. 976-11-342410, моб. тел. 976-11-99290324, e-mail: t_baljinnyam2005@yahoo.com

Оюунцэрэн Нямсүрэн

Монгольский государственный сельскохозяйственный университет, Агроэкологический институт, Монголия, Улаанбаатар, 17024, Зайсан, район-Хан-Уул ХААИС, доцент, доктор наук, директор Агроэкологического института, тел. 976-11-341753, моб. тел. 976-11-95952526, e-mail: o.nyamtsuren@msua.edu.mn

Агваангонгор Амарсайхан

Монгольский государственный, сельскохозяйственный университет, Агроэкологический институт, Монголия, Улаанбаатар, 17024, Зайсан, район-Хан-Уул. ХААИС, аспирант Агроэкологического института, тел. 976-11-342410, моб. тел. 976-11-99116383, e-mail: a_amarsaihan@yahoo.com

В статье дан положение и анализ существующей системы государственного учета и регистрации земель Монголии.

Ключевые слова: государственный земельный учет, государственная земельная регистрация, единый земельный фонд, земельная категория.

CURRENT SITUATION OF MONGOLIAN LAND REGISTRATION

Tumurbaatar Baljinnyam

Mongolian University of Life Sciences, Zaisan, Khan-Uul district, 11th horoo, Main bld., Ulaanbaatar 17024, Mongolia, Professor, Ph. D., Senior Lecturer, Department of Land Management, tel. +976-11-342410, fax: (976)11-99290324, e-mail: t_baljinnyam2005@yahoo.com

Oyuntseren Nyamsuren

Mongolian University of Life Sciences, Zaisan, Khan-Uul district, 11th horoo, Main bld., Ulaanbaatar 17024, Mongolia, Director of the Institute of Agroecology, Doctor of Science, Associate Professor, tel. (976)11-341753, mob. tel. 976-11-95952526, e-mail: o.nyamtsuren@msua.edu.mn

Agvaangongor Amarsaihan

Mongolian University of Life Sciences, Institute of Agroecology, Zaisan, Khan-Uul district, 11th horoo, Main bld., Ulaanbaatar 17024, Mongolia, Ph. D. Student, tel. (976)11-341753, e-mail: a_amarsaihan@yahoo.com

This paper includes analysis about Mongolian land registration and its systems situation that currently following.

Key words: Land state registration, land registration, land types, land classification.

Государственному кадастровому учету подлежат все земельные участки, расположенные на территории Монголии, независимо от форм собственности на землю, целевого назначения и разрешенного использования земельных участков. Государственный кадастровый учет земельных участков проводится по месту их нахождения в обязательном порядке на всей территории Монголии по единой методике.

Для проведения государственного учета земельных участков органы государственной власти, органы местного самоуправления, заинтересованные правообладатели земельных участков или уполномоченные правообладатели земельных участков подают правоустанавливающие документы о межевании земельных участков в органы, осуществляющие деятельность по ведению земельного государственного кадастра. При этом все документы должны быть надлежащим образом оформлены. Не подлежат приему для проведения государственного кадастрового учета земельных участков документы, имеющие подчистки либо приписки, зачеркнутые слова или иные, не оговоренные в них исправления, документы, исполненные карандашом, а также документы с серьезными повреждениями, не позволяющими однозначно истолковать их содержание.

Получение заявок о проведении государственного кадастрового учета земельных участков подтверждается соответствующими записями в книге учета документов и выдачей заявителям расписок о получении соответствующих документов.

Проведение государственного кадастрового учета земельных участков включает в себя проверку представленных заявителями документов, составление описаний земельных участков в Едином государственном реестре земель, присвоение кадастровых номеров земельным участкам, изготовление кадастровых карт (планов) земельных участков и формирование кадастровых дел. Государственный кадастровый учет земельных участков проводится в течение месяца со дня подачи заявки о проведении государственного учета определенного земельного участка.

В результате проведения государственного кадастрового учета земельных участков заявителю выдаются удостоверенные в установленном порядке кадастровые карты (планы) земельных участков. Плата с заявителей за проведение государственного кадастрового учета земельных участков взимается в установленном порядке. Деятельность по проведению государственного кадастрового учета земельных участков подлежит страхованию в установленном порядке.

В случае, если в представленных документах отсутствуют сведения, необходимые для проведения государственного кадастрового учета земельных участков, или если такие сведения противоречивы, проведение государственного кадастрового учета земельных участков приостанавливается и заявителю немедленно в письменном виде сообщают о приостановлении проведения учета с обоснованием данного решения. Проведение государственного кадастрового учета земельных участков может быть приостановлено не более чем на месяц.

В случае, если в течение указанного срока заявителем не будут устранены причины приостановления проведения государственного кадастрового учета земельного участка, заявителю в письменной форме направляется отказ в проведении государственного кадастрового учета земельного участка.

Объектом государственного земельного кадастра являются все земли Монголии, независимо от формы собственности, целевого назначения и характера их использования. В соответствии с «Законом о земле» все земли Монголии принято разделять по основному целевому назначению на шесть категорий. Это земли:

- сельскохозяйственного назначения;
- городов и населенных пунктов;
- транспорта, связи и инженерных сетей;
- лесного фонда;
- водного фонда;
- особого использования.

К землям сельскохозяйственного назначения относятся земли, предоставленные для нужд сельского хозяйства или предназначенные для этих целей.

Земли поселений включают земли городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов (сомонов). В состав земель населенных пунктов входят земли городской, поселковой и сельской застройки и строительства, земли промышленного и общего пользования, земли сельскохозяйственного использования и иного назначения.

К землям транспорта, связи и инженерных сетей относятся земли, которые выделены вне территории городской черты для использования под линии связи, радиовещания, телевидения, информатики, энергетики, водоснабжения, тепловые сети, очистные сооружения и транспорт.

Земли лесного фонда включают земли, покрытые лесом, а также не покрытые лесом, но выделенные для нужд лесного хозяйства и лесонасаждения.

К землям водного фонда относятся все земли, занятые водоемами, ледниками, вечными снегами, болотами и т.п.

К землям специального использования относятся земли:

- особо охраняемые;
- полоса государственной границы;
- предназначенные для целей безопасности и обороны страны;
- предназначенные для дипломатических, консульских и международных организаций;
- предназначенные для проведения научно-технологических и исследовательских работ, изучения и контроля за изменением естественных процессов в биосфере;
- межаймачных резервных пастбищ для перегона скота;
- сенокосы для государственных запасных кормовых фондов;
- земли нефтяных месторождений, предназначенные для геолого-разведочных работ и нефтедобычи;
- земли свободной экономической зоны.

В 1997-1999 годах был проведен учет единого земельного фонда по всей территории страны в соответствии с «Законом о земле», принятым в 1995 году. В результате учета сделано следующее:

- определены площади земель территориально-административных единиц в соответствии с положением основных и расширенных классификаций единого земельного фонда;
- составлен план масштаба 1 : 100 000 единого земельного фонда по всем сомонам и районам.

Необходимость повторного переучета единого земельного фонда в соответствии с законом «О земельном кадастре и кадастровых съемках» возникает в случае изменения классификации или по истечении 5-летнего срока. В работе по переучету необходимо использовать современную геодезическую и вычислительную технику, новые технологии и программное обеспечение. Результаты обновления в обязательном порядке вносятся в государственную земельную информационную базу.

Государственная регистрация вещественных и обязательственных прав на земельные участки является юридическим актом признания и подтверждения государством этих прав. В регистрацию подлежат следующие права на земельные участки: собственности; постоянного (бессрочного) пользования; пожизненного (наследуемого) владения; сервитут. Также должны регистрироваться договора аренды, договора доверительного управления и ипотеки.

В результате регистрации собственник земельного участка получает свидетельство о государственной регистрации права. Начиная с этого момента, он может продать свой земельный участок, подарить его, отдать в залог, сдать в аренду, или распорядиться с ним еще каким-нибудь образом. Лица, которым передается земельный участок в пользование, должны соблюдать требования, установленные собственником, что находит свое отражение в договоре. При установлении права постоянного (бессрочного) пользования регистрируется только переход права и выдается свидетельство о государственной регистрации права. При возникновении права пожизненного наследуемого владения регистрируется только переход права при предоставлении соответствующего правоудостоверяющего документа и выдается свидетельство о государственной регистрации права.

При обременении земельного участка сервитутом собственник не лишается прав владения, пользования и распоряжения этим участком. Соглашение о сервитуте является обременением прав правообладателя на земельный участок. Договоры аренды и ипотеки также являются обременением прав правообладателя на земельный участок. Договор доверительного управления недвижимым имуществом государственной регистрации не подлежит, но передача недвижимости по данному договору регистрируется в том же порядке, что и переход права собственности на это имущество.

В настоящее время все вопросы, имеющие отношение к земельным участкам, в том числе регистрация прав на земельные участки и сделки с ними, очень актуальны.

Регистрация прав на земельные участки и сделки с ними в Монголии ведется в согласно статьи 26.2 «Закона о земле».

Статья 26.2 «Закона о земле» гласит, что «государственный учет по всей классификации единых регистрационных фондов... и другие показатели по административным подразделениям должны быть установлены в земельных кадастрах»; то есть государственная земельная регистрация должна быть зарегистрирована во всех управлениях, относящихся ко всей классификации единого земельного фонда.

На основании вышеуказанного и по распоряжению начальника УЗОГиК №189 2003 года, ответственные работники управления земельных отношений аймаков, столицы страны, районов города и сомонов должны вести следующие регистрационные книги:

- государственную регистрационную книгу земельной собственности (граждан, юридических лиц);
- государственную регистрационную книгу пользования землями (гражданами, административными единицами);
- государственную регистрационную книгу о земельной аренде (гражданина, административных единиц);
- государственный реестр земель (на приобретение земельного участка в собственность, его использование и аренду).

Регистрационные книги заполняют в соответствии с «Инструкцией о порядке выдачи свидетельства на право пользования и владения земельным участком» (приказ начальника УЗОГиК №165, 2003 год).

Основные требования к деятельности по регистрации земель:

- должна быть собрана последняя информация о землевладельце, землепользователе и арендаторе земли и его недвижимом имуществе (в том числе – фамилия, имя, отчество и адрес);
- должны быть собраны все необходимые правовые документы, подтверждающие личности землевладельца, землепользователя и арендатора для получения права на владение или аренду земли и недвижимого имущества;
- все правовые документы, необходимые для получения права на земле-владение, землепользование и аренду земель, а также на владение недвижимым имуществом, должны быть заполнены в соответствии с существующими нормативными требованиями и заверены в соответствующих учреждениях.

Регистрационная информация о земле и недвижимом имуществе включает в себя:

- основные сведения о владельце земли и недвижимого имущества;
- материалы кадастровой съемки и другие количественные и качественные показатели, связанные с землей и недвижимым имуществом;
- регистрация прав на землю или недвижимое имущество.

Таблица 1

**Динамика изменения единого земельного фонда
по категориям земель (2012–2013 гг.)**

Год	Единица	Площадь	Земли сельскохозяй- ственного назначения	Селитебные террито- рии	Земли промышленно- сти, транспорта, связи и др.	Земли лесного фонда	Земли водного фонда	Земли государственно- го особого использова- ния
2012	тыс. га	156411.5	115399.9	702.0	435.2	14256.6	686.6	24931.1
2013	тыс. га	156411.5	115361.4	699.6	437.3	14295.4	686.8	24931.1
Разница		0	-14717.8	+21.5	-13.9	-3943.3	-700.4	0

Согласно материалам государственной регистрации земель (2013 г.) в Монголии зарегистрировано 720758 земельных собственников, землевладельцев и арендаторов, которые распоряжаются 5520800,50 га земли. В том числе 319820 граждан Монголии имеет в личном пользовании 303852,16 га земли, 28340 граждан, государственных организаций и хозяйствующих субъектов по разрешению соответствующих органов используют 5000956,6 га земли. Кроме того, 912 граждан, государственная организация и хозяйствующий субъект арендуют 15572,7 га земли. 175566,21 га земель - находится во временном пользовании 563 иностранных граждан.

Для дальнейшего развития земельных отношений в том числе для земельно-кадастровых работ в первую очередь предлагается:

1. Совершенствование правового положения земельного кадастра, требующего решения следующих задач:

- усовершенствовать систему регистрации земель и недвижимости и тем самым достичь возможности регистрации земель вместе с недвижимым имуществом (земля, здания, сооружения, протяженные инженерные объекты, леса, реки, озера и т. д.);

- пересмотреть порядок регистрации земельных прав и ускорить процесс обслуживания;

- при проведении кадастровой съемки обеспечивать высокую точность (0,1мм · М) определения границ земель общего пользования;

- ввести строгий государственный надзор за получением и передачей прав на землевладение, землепользование и аренду земель;

- проекты перспективного развития отдельных частей городских земель (районов, кварталов и т. д.) составлять и утверждать в соответствии с гене-

ральным планом города, а также утвердить инструкцию о строгом соблюдении разработанного проекта;

- усовершенствовать земельную оценку и устанавливать земельные налоги с учетом окупаемости земли.

2. Совершенствование структуры и организации деятельности тех организаций, которые занимаются земельно-кадастровыми работами.

Для решения этой проблемы необходимо решить следующие задачи:

- детально рассмотреть права и обязанности земельных служб администрации районов, городов, аймаков, столицы и агентлагов, которые занимаются земельно-кадастровыми работами, и на основании этого усовершенствовать структуру и организацию работ;

- с целью ускорения обслуживания физических и юридических лиц отказаться от централизованного обслуживания и оказывать соответствующие услуги в сельской местности посредством запроса и передачи сведений из информационной базы данных.

3. Создание единой национальной земельной информационной автоматизированной системы кадастра.

Для решения этой задачи необходимо обеспечить:

- создание единой национальной земельной информационной системы, которая обеспечит заинтересованным лицам свободный доступ к информации о землепользовании;

- создание единой земельной информационной базы и регулярное обновление информации об изменениях правового статуса земли и недвижимого имущества (в том числе – регулярное обновление данных кадастровой съемки);

- внесение в единую земельную информационную базу всех кадастровых данных и прочей пространственно-распределенной информации, что позволит научно обосновать мероприятия по землеустройству и градостроительству;

- функционирование указанной выше системы по принципу самофинансирования.

4. Проведение земельно-кадастровых работ на основе геодезических данных, включая:

- создание сетей сгущения государственной геодезической сети и опорной межевой сети с помощью GPS технологий на всей территории Монголии;

- обновление карт масштабов 1:100 000 и 1:50 000 на всю территорию Монголии;

- создание и обновление карт масштаба 1:25 000 для сельскохозяйственных территорий;

- выполнение и обновление кадастровых съемок масштабов 1:1 000, 1:2 000 во всех населенных пунктах страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Монгол улсын газрын тухай хууль. Улаанбаатар. -2002 Монг.
2. Монгол улсын иргэнд газар умчлуулах тухай хууль. Улаанбаатар. - 2002.,ст- 7,28 Монг.
3. Кадастрын зураглал ба газрын кадастрын тухай. Улаанбаатар. -1999 он. Монг.
4. Балжинням Т. Проблемы геодезического обеспечения кадастровых работ на территории Монголии // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск: СГГА, 2006. Т. 2, ч. 1. – С. 92–95.
5. Балжинням Т. “Разработка и реализация координатного обеспечения земельного кадастра Монголии” автореферат дисс. на соиск уч. степени к.т.н– Новосибирск: СГГА, 2009.

© Тумурбаатар Балжинням, Оюунцэрэн Нямсүрэн, Агваангонгор Амарсайхан, 2015

УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТАМИ, НАВИГАЦИЯ И НАВЕДЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ПИЛОТИРУЕМЫХ МУЛЬТИКОПТЕРОВ

Ян Цвинер

Университет прикладных наук Карлсруэ (HSCA), 76133, Германия, Карлсруэ, Мольткештрассе, 30, магистр, научный сотрудник, тел. +49 (0)721-925-2319, факс: +49 (0)721-925-2329, e-mail: jan.zwiener@hs-karlsruhe.de, web site: www.navka.de

Райнер Ягер

Университет прикладных наук Карлсруэ (HSCA), 76133, Германия, Карлсруэ, Мольткештрассе, 30, профессор, доктор-инженер, директор Института геоматики, тел: +49 (0)721-925-2620, факс: +49 (0)721-925-2597, e-mail: reiner.jaeger@hs-karlsruhe.de, web site: www.navka.de

В данной статье рассматриваются различные аспекты управления мультикоптеров – больших и более тяжелых, чем обычные, с числом двигателей 8 и весом больше 25 кг. Мы показываем, что несколько двигателей могут выйти из строя из-за даже без негативного воздействия на стабильность и высоту. Представлены данные моделирования динамических систем на основе MATLAB-на-основе моделирование и архитектура каскадного (кватернион углового положения / угловая скорость крена) управления полетом.

Ключевые слова: допустимые сбои (в работе), БПЛА, мультикоптер, ГНСС, ИНС, управление, навигация, MEMS, сбой двигателя.

FLIGHT CONTROL AND NAVIGATION FOR SCALABLE AND ARBITRARILY DIMENSIONED UAV AND MANNED MULTICOPTERS

Jan Zwiener

University of Applied Sciences Karlsruhe, 76133, Germany, Karlsruhe, 30 Moltkestr., M. Sc., research associate, tel. +49 (0)721-925-2319, fax: +49 (0)721-925-2329, e-mail: jan.zwiener@hs-karlsruhe.de, web site: www.navka.de

Reiner Jäger

University of Applied Sciences Karlsruhe, 76133, Germany, Karlsruhe, 30 Moltkestr., Prof. Dr.-Ing., Head of Geomatics Institute at IAF, tel. +49 (0)721-925-2620, fax: +49 (0)721-925-2597, e-mail: reiner.jaeger@hs-karlsruhe.de, web site: www.navka.de

In this paper different aspects of the control of larger and heavier than usual multicopters are evaluated (more than 8 motors and more than 25 kg of weight). We show that several motors can fail without a negative impact on stability and altitude. The MATLAB-based simulation and the cascaded (attitude quaternion/roll-rate) flight control architecture is presented.

In diesem Beitrag werden verschiedene Aspekte der Flugsteuerung von großen und schweren Multikoptern (mehr als 8 Motoren, mehr als 25 kg Abfluggewicht) untersucht. Es wird gezeigt, dass einzelne Motorausfälle die Orientierung und Höhe eines Multikopters nicht negativ beeinträchtigen. Die für diese Untersuchung eingesetzte MATLAB Simulation und die kaskadierte Flugsteuerung (basierend auf Orientierungsquaternion und Rollraten) wird vorgestellt.

Key words: fault tolerance, UAV, multicopter, manned multicopter, GNSS, INS, control, navigation, MEMS, motor outage.

1. INTRODUCTION

The research in the area of small and lightweight unmanned multicopters area has soared in recent years and many different approaches to navigation and flight control have been published, see e. g. [1], [2], [5], [6]. The focus on this paper lies on larger multicopters with more than 8 motors and the potential to carry persons (manned multicopters) and higher payloads. The architecture of the simulation is shown in section 2. The attitude control and altitude control system is shown in detail in section 3. Different motor outage scenarios are evaluated to test the robustness of such large multicopter constellations in section 4. An example multicopter is shown in figure 2; this aircraft has an uncommon propeller setup (shown in figure 1) with 18 propellers and is using the control architecture from section 3 of this paper. For the evaluation in section 4 a multicopter is simulated that is four times larger and almost 20 times heavier than the example model in figure 2.

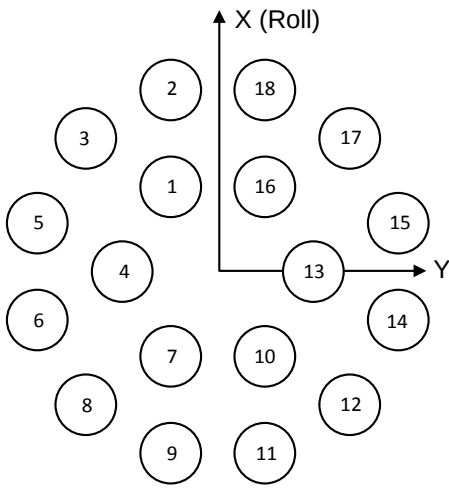


Figure 1: Motor setup with 18 motors

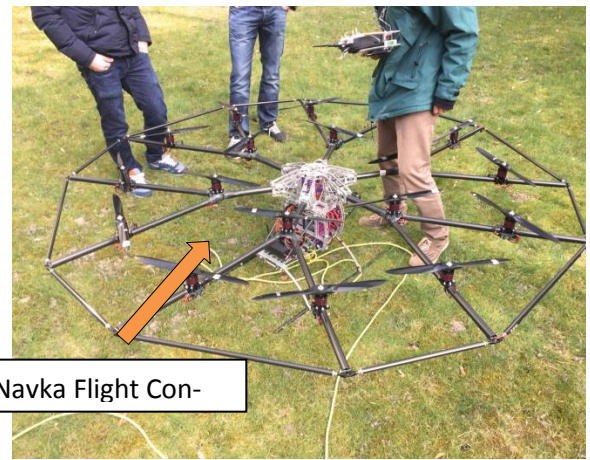


Figure 2: Test UAV 25 kg with 18 motors

2. SYSTEM SETUP

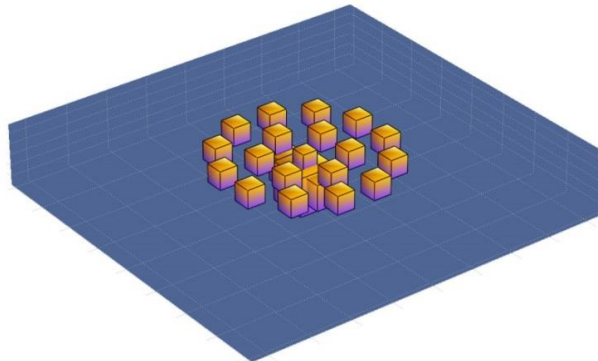


Figure 3: MATLAB-based mass point simulation of a 450 kg multicopter

To test the flight control and the motor outage scenarios, a simulation environment was created in MATLAB. Different multicopters with arbitrary mass and propeller configurations can be simulated (see figure 3). Motor power and delay as well as mass distributions have to be defined for the model.

The simulation is run at several thousand steps per second; the multicopter flight control is updated at 500 Hz (the control update rate could go up to the simulation speed in theory). To simulate the aircraft movement, classical rigid body dynamics equations have to be solved, see e. g. Goldstein (1980). For the attitude, Euler's first order differential equation is used to describe the rotation:

$$\vec{T} = \mathbf{J} \cdot \dot{\vec{\omega}} + \vec{\omega} \times (\mathbf{J} \cdot \vec{\omega}). \quad (2.1)$$

$\vec{T}$ is the 3-D torque vector, $\vec{\omega}$ the 3-D rotation rate vector and $\mathbf{J}$ the 3x3 inertia matrix that is calculated from the aircraft mass distribution. This can be supplied by accurate CAD models of the multicopter or by mass points (with the mass m_i in kg at position x_i, y_i, z_i in meters) as shown in figure 3 with the following equation:

$$\mathbf{J} = \begin{pmatrix} \sum m_i(y_i^2 + z_i^2) & -\sum m_i x_i y_i & -\sum m_i x_i z_i \\ -\sum m_i x_i y_i & \sum m_i(x_i^2 + z_i^2) & -\sum m_i y_i z_i \\ -\sum m_i x_i z_i & -\sum m_i y_i z_i & \sum m_i(x_i^2 + y_i^2) \end{pmatrix}. \quad (2.2)$$

The moments of inertia of the rotating propellers also have to be considered, a derivation of the equations can be found in [3]. The motion is based on the well-known rigid body dynamics in three-dimensional space, according to Newton's laws.

3. CONTROLLER

For the controller architecture it is assumed that a complete navigation state vector $\vec{y}^e$ is available at the control loop update time t (see [4]):

$$\vec{y}^e(t) = [\vec{x}(t)_{\text{body}}^e \quad \dot{\vec{x}}(t)_{\text{body}}^e \quad \ddot{\vec{x}}(t)_{\text{body}}^e \quad \vec{q}(t)_b^e \quad \vec{\omega}(t)_{eb}^b] \quad (3.1)$$

It consists of the body's position $\vec{x}(t)_{\text{body}}^e$, velocity $\dot{\vec{x}}(t)_{\text{body}}^e$, acceleration $\ddot{\vec{x}}(t)_{\text{body}}^e$, orientation $\vec{q}(t)_b^e$ and rotation rate $\vec{\omega}(t)_{eb}^b$ at time t in the e-frame. Alternatively the state vector is defined in respect to the above local navigation-frame, which is defined to be a frame tangential to the earth's surface at a fixed point ($B_n\text{-frame}, L_n\text{-frame}, h$)^e. Then superscript e would be replaced with n in equation (3.1).

Figure 3 shows the used multicopter control loop architecture. The attitude block has a setpoint orientation (quaternion $\vec{s}(t)_b^e$) and the current orientation (quaternion $\vec{q}(t)_b^e$). The setpoint orientation can be directly given by a pilot's input commands or by a higher level trajectory generator. The attitude control loop then calculates the

desired rotation rates of the aircraft $\vec{\Omega}(t)_{eb}^b$ (in the aircraft body coordinate system) and hands this over to the rate control loop. The rate control loop could be a simple PID controller or a more sophisticated adaptive control scheme that learns how the aircraft reacts and knows how to reach the desired states in an optimal way [2]. The rate control loop calculates motor actuating via a motor mixer submodule. The motor actuating variables are then send over to the electronic speed controllers (ESC) of the motors.

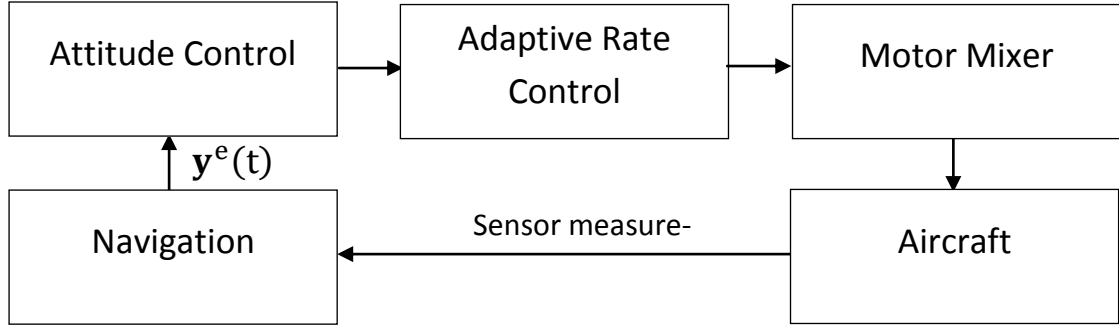


Figure 3: Cascaded control setup

The following section explains the principal relationship of torque, rotation rates and motor actuating variables (u -vector) that is used in the control blocks and the motor mixer.

The total torque ($\vec{T}$) of the aircraft in the aircraft body system (North(X) East(Y) Down(Z) convention) can be calculated in the following way for n -motors:

$$\vec{T}^b = \begin{pmatrix} -l_y^1 \cdot f^1 & -l_y^2 \cdot f^2 & \dots & -l_y^n \cdot f^n \\ l_x^1 \cdot f^1 & l_x^2 \cdot f^2 & \dots & l_x^n \cdot f^n \\ d^1 \cdot s^1 & d^2 \cdot s^2 & \dots & d^n \cdot s^n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u^1 \\ u^2 \\ \dots \\ u^n \end{pmatrix}. \quad (3.2)$$

Each motor has a local body coordinate system position (l_x and l_y), a direction d (either -1 or 1), a per-motor torque scale factor s^i and a per-motor actuator to force scale factor f^i . Ideally f^i and s^i are known, otherwise this uncertainty has to be compensated by the control loops. Normally all f^i and s^i are the same if the same type of motors/propeller configuration is used. Equation (3.2) can be rewritten with the motor matrix $\mathbf{K}$ (dimension $3 \times n$):

$$\vec{T}^b = \mathbf{K} \cdot \begin{pmatrix} u^1 \\ u^2 \\ \dots \\ u^n \end{pmatrix}. \quad (3.3)$$

As $\mathbf{K}$ is not directly invertible, the *Penrose-Moore* pseudoinverse $\mathbf{K}^+$ is calculated¹ from $\mathbf{K}$. If the rank of the matrix $\mathbf{K}$ is three (3) – and only then, it holds that $\mathbf{K}^+ \cdot \mathbf{K} = \mathbf{I}$, so equation (3.3) can be transformed to:

$$\mathbf{K}^+ \cdot \vec{T}^b = \begin{pmatrix} u^1 \\ u^2 \\ \dots \\ u^n \end{pmatrix}. \quad (3.4)$$

If the rank is not three, the motor configuration makes no sense for a multicopter. This is a good early test for the motor configuration. So for any given desired torque $\vec{T}^b$ and the pseudoinverse $\mathbf{K}^+$, the corresponding motor actuating variables can be calculated. Of course there is a torque limit, as the actuating variables cannot go beyond 100 % (numerically 1.0). The resulting actuating variables have to be added to a base thrust b that is the same for each motor. This base thrust is calculated in the following way:

$$b = \frac{h}{\cos \phi \cos \theta} + a. \quad (3.5)$$

The hover thrust h is estimated by a Kalman filter [7] and corrected by the current attitude angles roll (ϕ) and pitch (θ). The term a is a throttle addition from the altitude position and velocity PD controller [6].

4. EXPERIMENTS

A 450 kg multicopter is simulated with the following configuration: 18 motors in the layout as shown in figure 1 and the flight control architecture described in section 3. Different motor outage scenarios are evaluated, where the motors (indicated in red) are no longer producing lift. This could happen due to a loose propeller mounting, a mechanical or electrical problem in the motor itself, a malfunctioning of the electronic speed controller (ESC), a power cable connection problem, an on-board network problem or a problem in the battery power supply (e. g. an overheating battery).

For the first scenario, a complete branch of motors is disabled (a branch consists of three motors). The disabled motors are shown in figure 3. Motor 4, 5 and 6 are dis-

¹ This calculation takes about 30 ms on a 168 MHz ARM microcontroller for the 18 motor configuration.

abled during the simulated flight. As shown in the figure 4, the attitude is affected along the roll axis by about 4° degrees to the left (as expected by a loss of thrust on the left side). The height drops from 5.0 meters to almost 4.6 meters and recovers after less than 5 seconds. The maximum rotation rate is about $8^\circ/\text{s}$ to the left for a brief period. The overall stability is not critically affected.

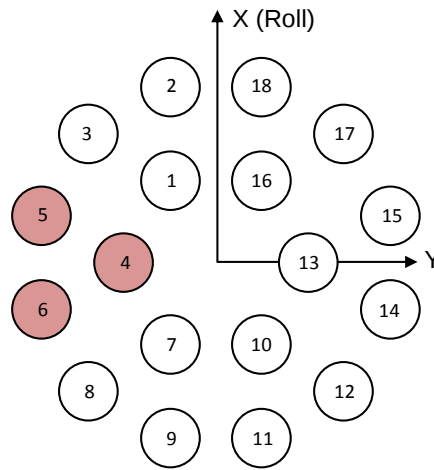


Figure 3: MATLAB-based simulation of a 450 kg multicopter with three motor errors (motor 4, 5 and 6)

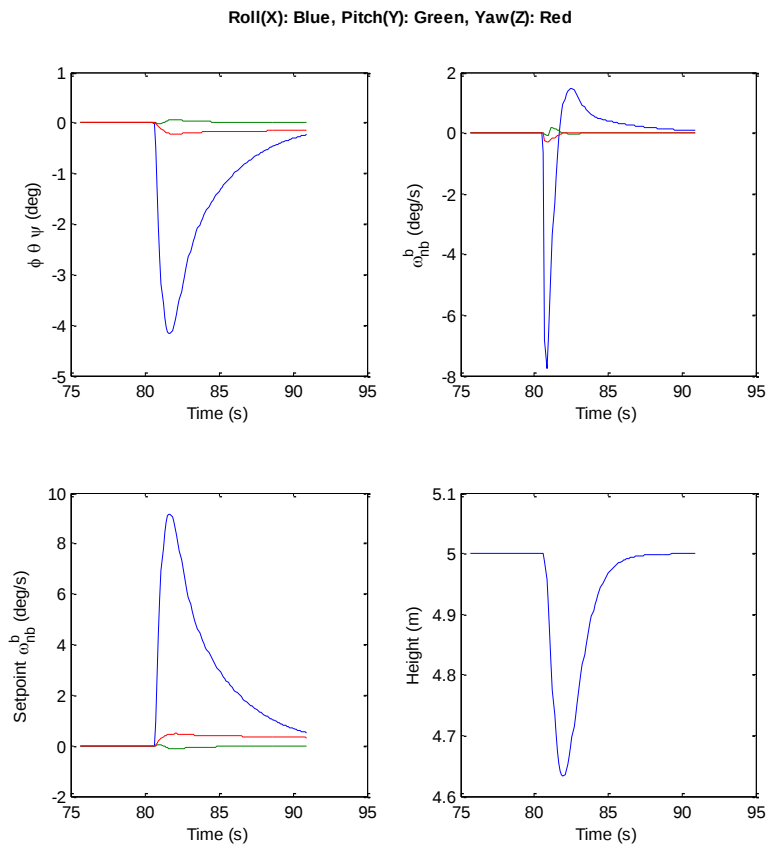


Figure 4: Motor outage (3 motors) simulation results. Top left: attitude, top right rotation rates, lower left: set point rotation rates, lower right: height in metres

Another interesting scenario is a symmetric motor outage. The previous simulation is extended to the motors 13, 14 and 15 (see figure 5), so a loss of six motors in total is simulated (1/3 of the total motor count). Due to the symmetry, the influence on the attitude angles is minor (a few tenth of a degree) and cannot even be clearly attributed to the simulated motor problems. The only interesting aspect here is the height (lower right part of figure 6): the temporary height loss is now half a meter until the adaptive altitude control compensates for the motor loss. While the attitude change is barely noticeable, the height loss is visible. The actuating variable to hover goes from 46% up to 66% in this scenario. The other motors have to compensate for the loss but the overall stability of the attitude remains; although the room to correct the attitude is smaller in this case, due to the increased hover setpoint of 66%. The scenario in figure 7 and figure 8 shows that 4 faulty motors on one side are still no problem. But 5 motors on one side (see figure 9 and 10) is too much for the system and the height loss is not stopped. The attitude control is more important here so that an additional safety system, such as a parachute, can be launched. Figure 10 depicts a strong loss in the roll attitude that can be recovered. So in this scenario a parachute launch would be possible.

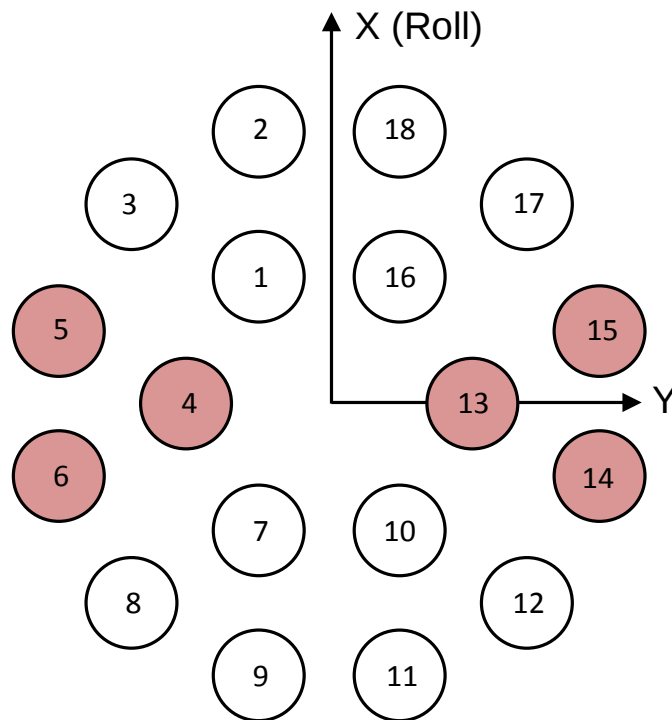


Figure 5: MATLAB-based simulation of a 450 kg multicopter with six motor errors (motor 4-6 and 13-15)

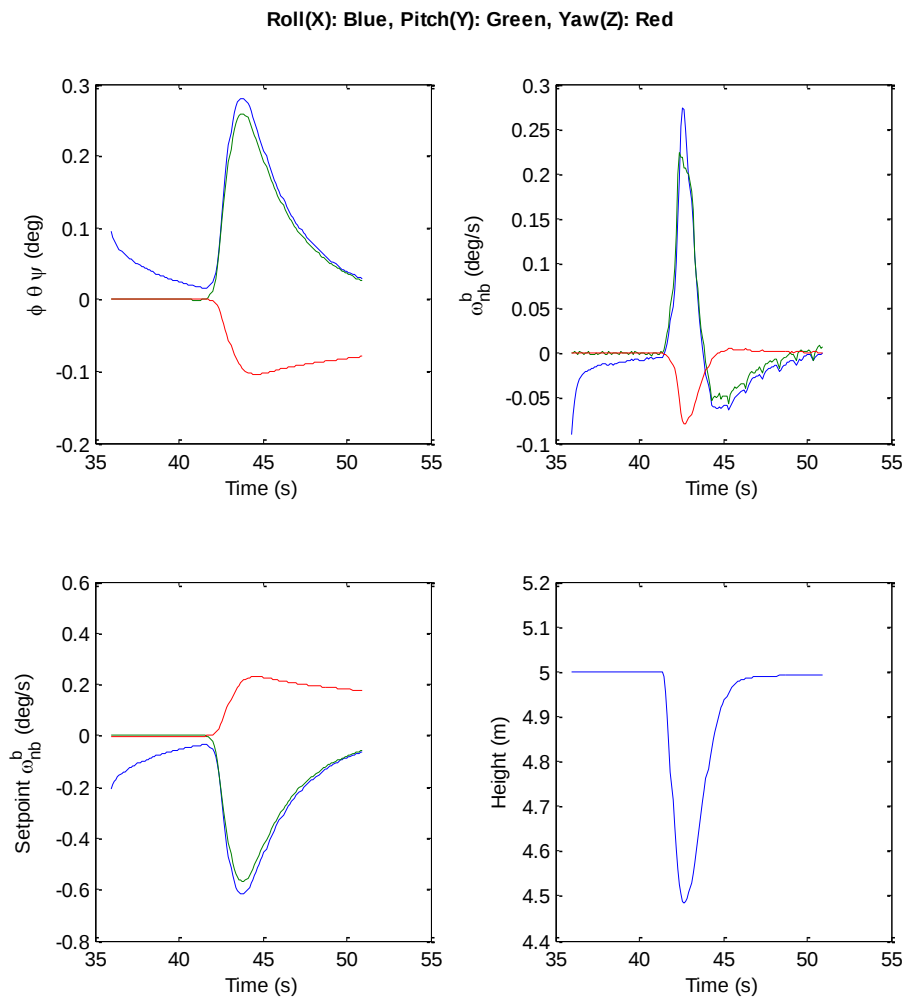


Figure 6: Motor outage (6 motors) simulation results. Top left: attitude, top right rotation rates, lower left: setpoint rotation rates, lower right: height in meters

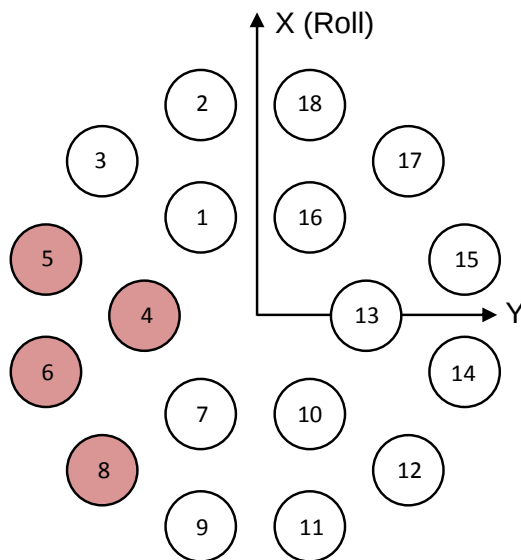


Figure 7: MATLAB-based simulation of a 450 kg multicopter with six motor errors (motor 4-6 and 8)

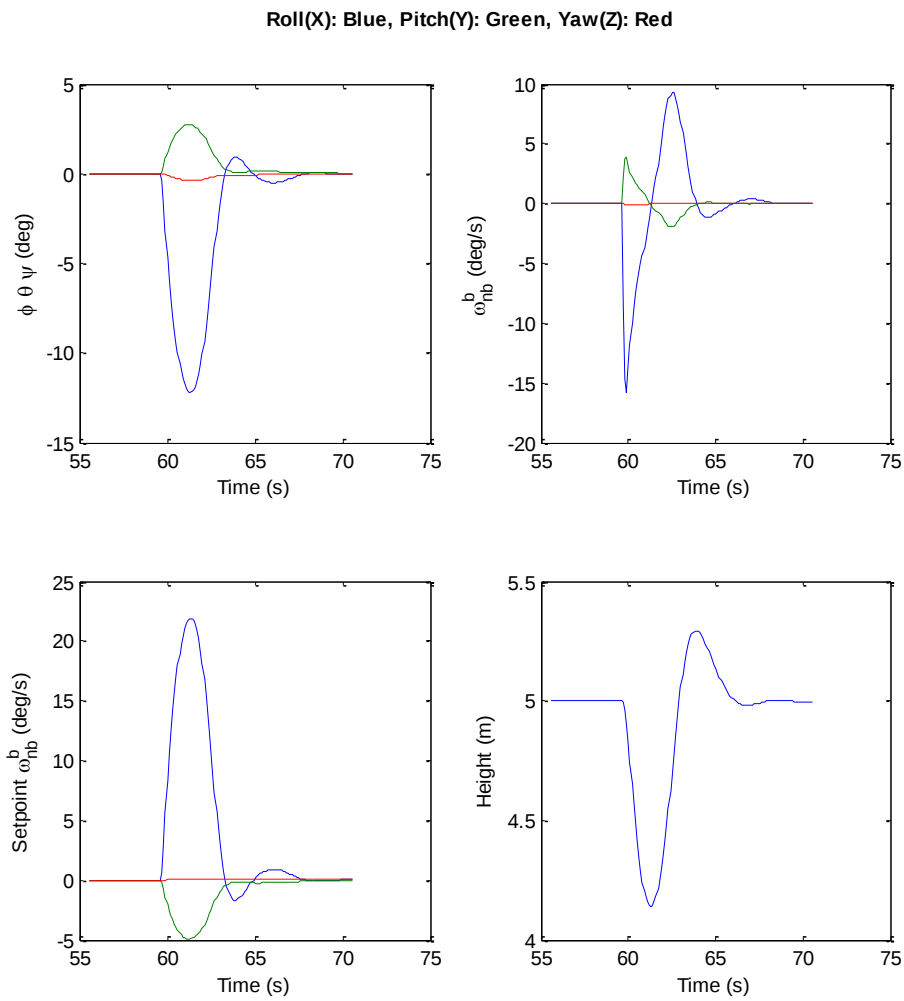


Figure 8: Motor outage (4 motors) simulation results. Top left: attitude, top right rotation rates, lower left: setpoint rotation rates, lower right: height in meters

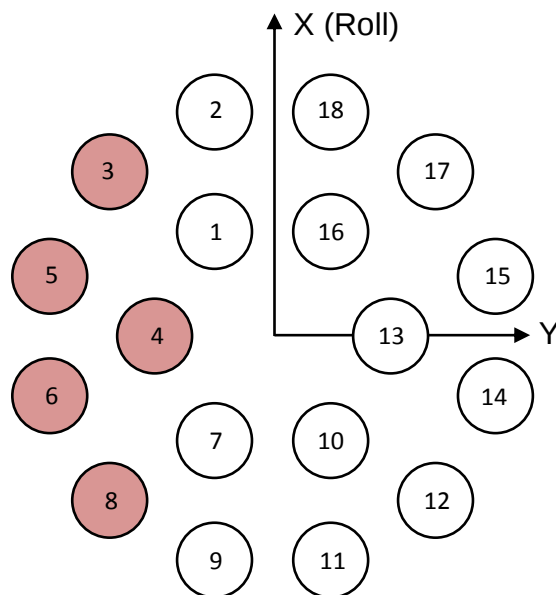


Figure 9: MATLAB-based simulation of a 450 kg multicopter with five motor errors

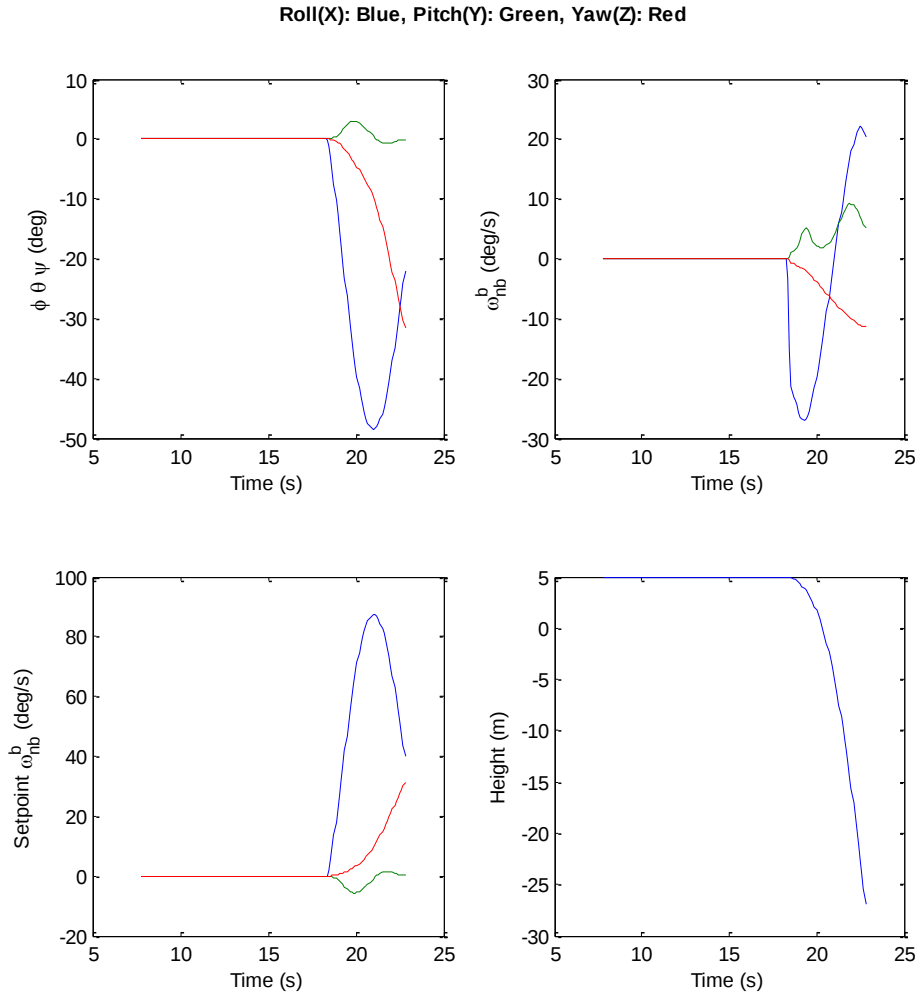


Figure 10: Motor outage (5 motors) simulation results from figure 9

5. SUMMARY

A control concept for multicopter applications has been presented that is fault tolerant and can be used to control very small multicopters (less than 1 kg) up to very large multicopters (25 kg up to 450 kg and more with more than 8 motors). The safety aspects of motor outages were analyzed. The attitude and height control is safe even with outages of up to 4 motors. With 5 or 6 motor problems, the safety depends on the configuration of the non-working motors. But even a bad configuration (i. e. 5 motors on one side) can maintain a stable attitude, so that for example a parachute can be deployed.

6. ACKNOWLEDGEMENT

The research has received funding from the Central Innovation Programme SME (ZIM project number VP2957702TL2) by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (formerly Federal Ministry of Economic Affairs and Technology) Germany.

REFERENCES

- 1] Achtelik M. et al. (2013): *Inversion Based Direct Position Control and Trajectory Following of Micro Aerial Vehicles*. Proc. of the IEEE/RSJ Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2013.
- 2] Achtelik M., Bierling T., Höcht L., Wang J., Holzapfel F. (2011): *Adaptive Control of a Quadcopter in the Presence of large/complete Parameter Uncertainties*. AIAA infotech@Aerospace, 2011.
- 3] Goldstein H. (1980): *Classical Mechanics*, 2nd ed., Addison-Wesley. ISBN 0201029189.
- 4] Jäger R., Diekert J., Hoscislowski A., Zwiener J. (2012): *SIMA – Raw Data Simulation Software for the Development and Validation of Algorithms for GNSS and MEMS based Multi-Sensor Navigation Platforms*, FIG Working Week 2012, Rome
- 5] Meister O. (2010): *Entwurf und Realisierung einer Aufklärungsplattform auf Basis eines unbemannten Minihelikopters mit autonomen Flugfähigkeiten*. Karlsruhe, Universität (KIT). Dissertation, Logos Verlag Berlin.
- 6] Puls T. (2011): *Lokalisations- und Regelungsverfahren für einen 4-Rotor-Helikopter*. Oldenburg Univ., Dissertation.
- 7] Wendel J. (2011): *Integrierte Navigationssysteme: Sensordatenfusion, GPS und Inertiale Navigation*. Walter de Gruyter.

BIOGRAPHICAL NOTES

Prof. Dr.-Ing. Reiner Jäger

Professor for Satellite and Mathematical Geodesy, Adjustment and Software Development at Karlsruhe University of Applied Sciences (HKA)

Head of the Laboratory of GNSS and Navigation, of the Institute of Geomatics at IAF and of the joint RaD project "GNSS-supported lowcost multisensor systems for mobile platform navigation and object geo-referencing" (www.navka.de)

Member FIG Commission 5 WG 5.4 Kinematic Measurements

CONTACTS

M.Sc. Jan Zwiener

University of Applied Sciences – Institute of Applied Research (IAF)

Moltkestraße 30

76133 Karlsruhe

Germany

Tel. +49 (0)721 925-2519

Fax +49 (0)721 925-2927

Email: jan.zwiener@hs-karlsruhe.de

Web site: www.navka.de

© Jan Zwiener, Reiner Jäger, 2015

КОМПЛЕКСНЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Роман Владимирович Шульц

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, 03680, Украина, г. Киев, Воздухофлотский пр., 31, доктор технических наук, декан факультета ГИС и управления территориями, профессор кафедры инженерной геодезии, тел. (044)243-26-71, e-mail: r-schultz@mail.ru

Андрей Александрович Анненков

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 86123, Украина, Донецкая область, г. Макеевка, ул. Державина, 2, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии, тел (067)275-13-00, e-mail: geodez@mail.ru

Николай Васильевич Белоус

Дочернее предприятие «Укргеодезмарк» ПубАО «Киевметрострой» корпорации «Укрметротоннельстрой», 01601, Украина, г. Киев, ул. Прорезная, 8, кандидат технических наук, директор «Укргеодезмарк», тел. (044)27948-74, e-mail: geodezmark@metrobud.kiev.ua

Валентин Яковлевич Ковтун

Дочернее предприятие «Укргеодезмарк» ПубАО «Киевметрострой» корпорации «Укрметротоннельстрой», 01601, Украина, г. Киев, ул. Прорезная, 8, главный маркшейдер «Укргеодезмарк», тел. (044)592-14-00, e-mail: vkovtun@metrobud.kiev.ua

Представлены результаты четырёх циклов комплексного геодезического мониторинга за креном высотного торгово-офисного центра «Гулливёр» в центре Киева. Результаты включают данные наблюдений с использованием электронного тахеометра и ГНСС-оборудования. При этом для контроля ГНСС-наблюдения выполнялись двумя различными комплектами ГНСС-оборудования. Анализ измерений показал высокую точность ГНСС-измерений и их полную совместимость с результатами измерений электронным тахеометром. Подтверждено, что комплексное использование ГНСС-измерений и традиционных линейно-угловых измерений позволяет достигнуть требуемой точности и существенно повысить надежность результатов.

Ключевые слова: GNSS-наблюдения, высотное здание, крен, электронный тахеометр, точность.

COMPLEX GEODETIC MONITORING OF HIGH-RISE BUILDINGS

Roman V. Schultz

Kyiv National University of Construction and Architecture, 03680, Ukraine, Kyiv, 31 Vozduchoflotski ave, Dr. of Science, dean faculty of GIS and territory management, professor Department Engineering Geodesy, tel. (044) 241-54-71, e-mail: r-schultz@mail.ru

Andrey A. Annenkov

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, Ukraine, Donetsk region, Makiyivka, 2 Derzhavin str., Ph. D., associate professor of Department Engineering Geodesy, tel. (067)275-13-00, e-mail: geodez@mail.ru

Nick V. Belous

The associated company «Ukrgeodezmark» of Public company «Kyivmetrobud» is corporations «Ukrmetrotonnel'bud», 01601, Ukraine, Kiev, 8 Proreznaya, Ph. D., director «Ukrgeodezmark», tel. (044)279-48-74, e-mail: geodezmark@metrobud.kiev.ua

Valentine J. Kovtun

The associated company «Ukrgeodezmark» of Public company «Kyivmetrobud» is corporations «Ukrmetrotonnel'bud», 01601, Ukraine, Kiev, 8 Proreznaya, main surveyor «Ukrgeodezmark», tel. (044)592-14-00, e-mail: vkovtun@metrobud.kiev.ua

The results of four cycles of the complex geodetic monitoring on turn of height commercial and office center «Gulliver» in a center of Kiev are presented. Results are included by information about observations with the use of electronic tacheometry and GNSS-equipment. Thus for control of GNSS- observations executed two different types of GNSS-equipment. The analysis of measurements rotined high accuracy of GNSS- observations and their complete compatibility with the results of measurements by electronic tacheometry. It is confirmed that the complex use of GNSS-observations and traditional line-angular measurements allows to attain the required accuracy and substantially to promote reliability of results.

Key words: GNSS- observations, high-rise building, turn, accuracy.

При выполнении геодезического мониторинга за высотными зданиями наиболее часто наблюдаемой величиной является крен здания. Крен максимально характеризует положение здания. На сегодняшний день большинство традиционных методов определения крена, таких как: метод малых углов, метод проектирования, метод угловых засечек утратили свою актуальность. В условиях, когда использование электронных тахеометров стало повсеместным, наиболее популярным и одновременно эффективным стал координатный метод определения кренов. С другой стороны, широкое внедрение автоматизированных систем и комплексов позволяет при геодезическом мониторинге использовать различные источники измерительной информации. В случае мониторинга положения высотных зданий автоматизированный комплекс может включать: электронные тахеометры, двухкоординатные датчики, ГНСС-приемники и пр. Естественно, что использование различных типов измерительного оборудования в первую очередь повышает надежность и качество геодезического мониторинга.

В течение двух лет с 2012 по 2014 гг. нами были выполнены экспериментальные работы по наблюдению за кренами комплекса высотных зданий в центре г. Киева. Ниже представлены результаты комплексного геодезического мониторинга за самым высоким, действующим высотным зданием Украины – торгово-офисным центром «Гулливёр», общей высотой 160 м. Система мониторинга состояла из комплексного использования ГНСС-наблюдений и пространственной линейно-угловой сети, измерений в которой выполнялись электронным тахеометром.

В силу своей специфики ГНСС-измерения могли выполняться только на крыше здания. С этой целью на крыше здания на отметке приблизительно 140

м, были установлены две системы принудительного центрирования для установки ГНСС-антенн (точки SP-1 и SP-2). Проектировщиками, также были определены две оси, вдоль которых на фасаде здания были установлены призмные отражатели, в четырех сечениях (точки СП1, СП2, СП3, СП4, СМ1, СМ2, СМ3, СМ4). Размещение станций спутникового наблюдения и призмных отражателей показано на рис. 1.

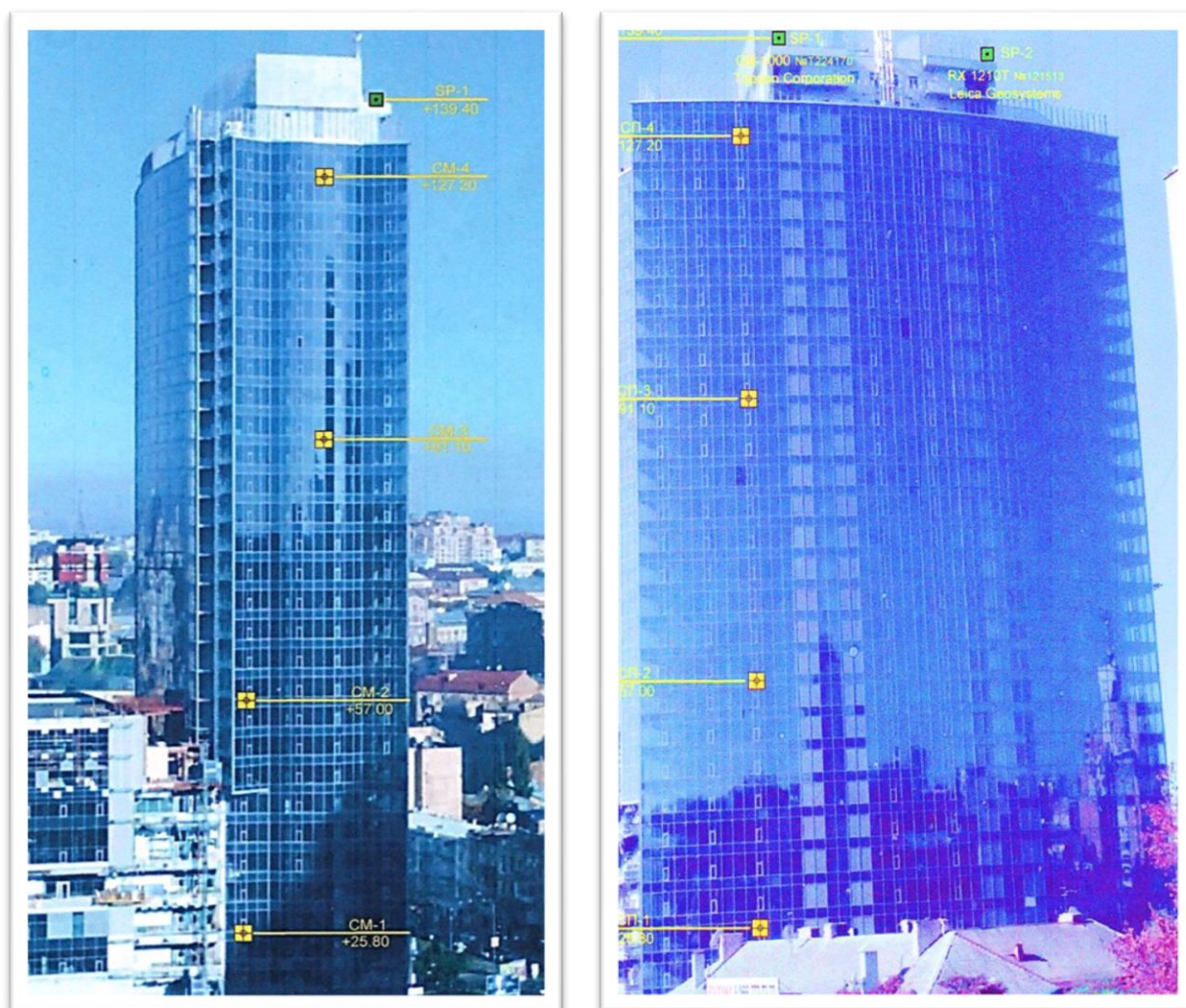


Рис. 1. Размещение отражателей на фасаде здания

Вокруг комплекса зданий была создана простейшая геодезическая сеть из базиса длиной около 1 км. Пункты сети также оборудованы системами принудительного центрирования, на которых устанавливались как ГНСС-приемники, так и электронные тахеометры (рис. 2). Для наблюдений использовался высокоточный электронный тахеометр Торсон с СКП измерения вертикальных и горизонтальных углов 1 угл. сек. и СКП измерения линий 2 мм + 2 мм/км. Для ГНСС-измерений использовались два комплекта ГНСС-оборудования. При этом оба комплекта использовались одновременно для контроля. Комплект

Торсон GB1000+PG-A1 был установлен на линии SP-1 – Киевский-2. Плановая точность данного комплекса составляет $3 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$, высотная точность $5 \text{ мм} + 1,5 \text{ мм/км}$. Для контроля одновременно на линии SP-2 – Александровский-2 был установлен комплект Leica GX 1230 GG + AX1202 GG с точностью в плане – $3 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм/км}$ и по высоте $6 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм/км}$. Таким образом, по паспортным данным выполненные измерения можно считать практически равноточными.



Рис. 2. Размещение станции GNSS-наблюдений и тахеометрических измерений

Схема наблюдений за креном здания показана на рис. 3. Всего за два года было выполнено четыре цикла наблюдений. На пунктах наблюдений Александровский и Киевский-2 выполнялись наблюдения электронным тахеометром. Ориентирование тахеометра выполнялось на соседний пункт, а для контроля после каждого наблюдения выполнялись измерения двух контрольных направлений. По результатам этих измерений получались четыре значения крена в сутки, из которых выводилось среднее значение крена R . В случае с GNSS-измерениями наблюдения выполнялись в течение 24 часов, из которых также выводилось усредненное значение крена. Точность GNSS-измерений была оценена по суточным отклонениям от среднего. Результаты оценки точности представлены в табл. 1.

Оценка точности ГНСС-измерений

Дата	Тип приемника	Средние квадратические погрешности		
		X, мм	Y, мм	Z, мм
28-29.08.2012	Topcon GB1000	4,1	4,9	4,6
	Leica GX 1230 GG	3,6	1,8	5,8
24.12.2012	Topcon GB1000	2,5	3,2	7,9
	Leica GX 1230 GG	6,1	2,5	9,2
20-21.06.2013	Topcon GB1000	2,8	4,5	8,5

До выполнения оценки точности наблюдений, была выполнена статистическая проверка рядов ГНСС-измерений на наличие грубых и систематических ошибок.

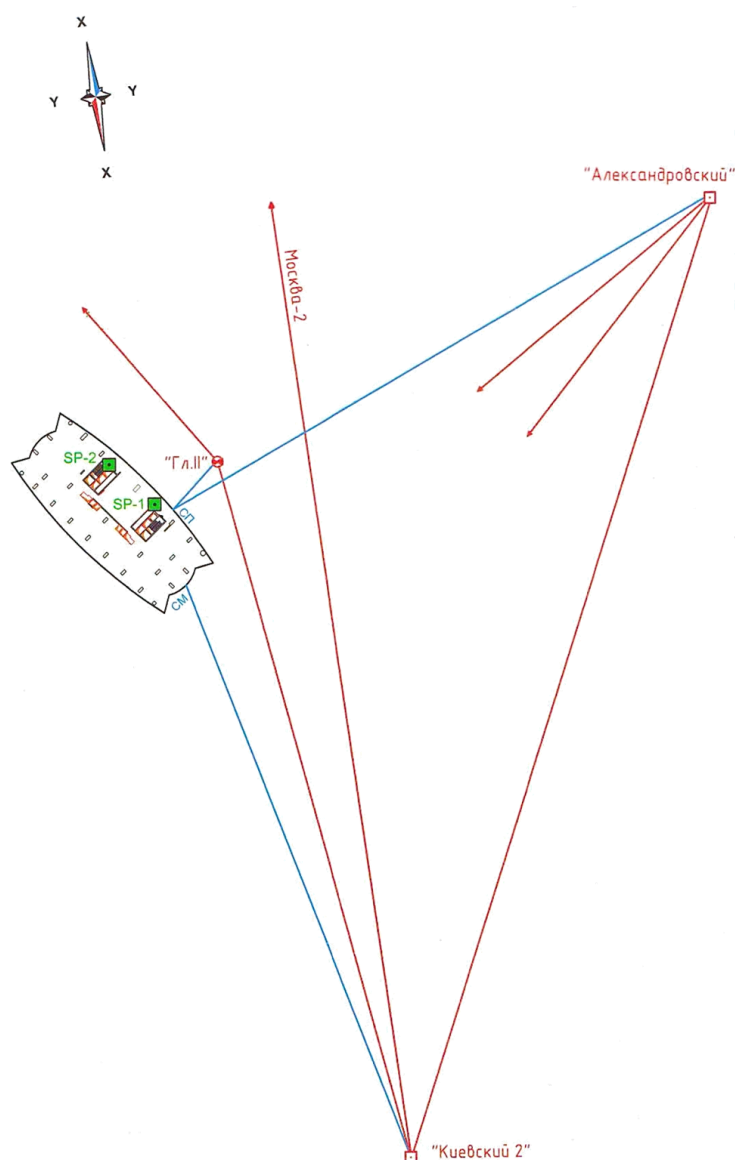


Рис. 3. Схема наблюдений

Прежде всего, встает вопрос об искажении результатов измерений грубыми ошибками. Для устранения их влияния необходимо проверить измерения с помощью одного из статистических критериев. Наиболее популярным в геодезии является критерий Греббса. Для проверки вычисляют статистики

$$\begin{aligned} z_{\max}^X &= \frac{X_{\max} - X_{\text{mean}}}{m}; & z_{\min}^X &= \frac{X_{\text{mean}} - X_{\min}}{m}; \\ z_{\max}^Y &= \frac{Y_{\max} - Y_{\text{mean}}}{m}; & z_{\min}^Y &= \frac{Y_{\text{mean}} - Y_{\min}}{m}; \\ z_{\max}^Z &= \frac{Z_{\max} - Z_{\text{mean}}}{m}; & z_{\min}^Z &= \frac{Z_{\text{mean}} - Z_{\min}}{m}. \end{aligned}$$

Критическая область определяется выражением $z \geq z_q$. Для $n = 24$ и уровня значимости $q = 0,01$ будем иметь $z_q = 3,05$.

Ряд измерений одной величины наиболее просто проверить на наличие систематической погрешности с помощью известного критерия Аббе. Для каждой координаты образуем последовательные разности:

$$d_i^X = X_{i+1} - X_i; \quad d_i^Y = Y_{i+1} - Y_i; \quad d_i^Z = Z_{i+1} - Z_i.$$

По разностям измерений для каждой координаты вычисляют дисперсию

$$m_d^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} d_i^2}{2(n-1)}.$$

Наличие в результатах измерений систематической погрешности определяют из соотношения:

$$\delta = m_d^2 / m^2.$$

Наличие систематической погрешности проверяется по попаданию расчетной величины δ в критическую область $\delta \geq \delta_q$. Величину δ_q выбирают из табл. [1], по количеству наблюдений $n = 24$ и уровню значимости $q = 0,01$. В нашем случае $\delta_q = 0,57$.

Выполненная проверка подтвердила отсутствие в результатах ГНСС-измерений грубых и систематических ошибок. Это позволяет представить окончательные результаты геодезического мониторинга. Для каждого отражателя на фасаде и точек спутниковых наблюдений на крыше были вычислены горизонтальные смещения $R = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ по циклам.

Статистическая проверка измерений

Дата	Критерий Греббса			Критерий Аббе		
	z			δ		
	X	Y	Z	X	Y	Z
28-29.08.2012	2,138	2,869	2,377	1,116	0,637	1,108
	2,056	1,416	2,248			
24.12.2012	1,496	2,464	1,717	1,400	1,095	1,114
	2,665	1,965	2,254			
20-21.06.2013	2,918	2,643	1,750	0,579	0,871	0,869
	1,302	1,840	2,238			
Критическое значение	3,05			0,57		

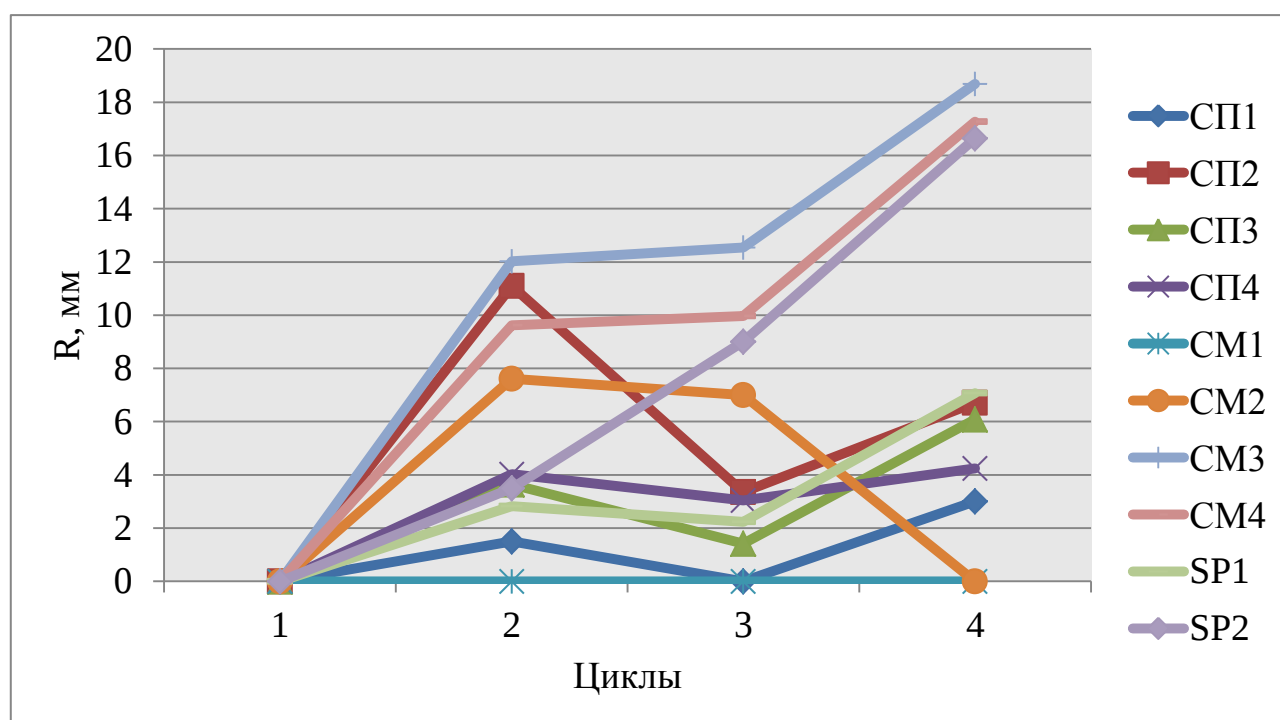


Рис. 4. Измеренные перемещения в точках сооружения в плане

Анализ полученных результатов по точности подтверждает, что в условиях данного эксперимента точность линейно-угловых измерений и ГНСС-измерений является сравнимой и достаточной для измерения кренов высотных зданий. Важно отметить, что благодаря использованию ГНСС, в качестве дополнительного средства измерений, удалось установить общую тенденцию перемещения здания и указать на необходимость дополнительных измерений по некоторым контрольным отражателям на фасаде здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Видуев Н.Г., Кондра Г.С. Вероятностно-статистический анализ погрешностей измерений. – М.: Недра, 1969. – 320 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>А. П. Карник, А. А. Майоров, О. В. Горобцова.</i> Современные образовательные тренды в геоиндустрии	3
2. <i>А. П. Карник, И. А. Мусихин.</i> Создание национальной геодезической ассоциации как обязательное условие инновационного развития геоиндустрии.....	8
3. <i>Чанишэн Тэн, Шэн Го.</i> Система мобильного картографирования в Китае	20
4. <i>М. А. Бровелли.</i> Открытые данные, бесплатное программное обеспечение с открытым исходным кодом и открытый доступ к геоданным для валоризации культурного туризма на примере проекта «Пешеходные маршруты Via Regia».....	30
5. <i>Филипп Амон, Урсула Ригль, Петер Ригер, Мартин Пфеннигбауэр.</i> Применение лазерного сканирования с беспилотных летательных систем (БПЛА) для мониторинга, сложных и комплексных геодезических задач	32
6. <i>Фолькер Швигер, Аннетте Шмитт.</i> Контроль качества и анализ деформаций деревянных сооружений	42
7. <i>А. Магаршак, Ю. Райзман.</i> Опыт использования A3 Edge компанией «Агентство "Балтаэросервис"».....	56
8. <i>М. И. Ананич.</i> О повышении роли университетов в реиндустриализации экономики региона	64
9. <i>В. В. Асмус, А. А. Бучнев, В. П. Пяткин.</i> Кластерный анализ в обработке данных дистанционного зондирования Земли.....	71
10. <i>А. В. Данелян.</i> Использование данных космической съемки со спутников российско-белорусской орбитальной группировки для решения задач контроля техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, землепользования, лесного хозяйства и экологии и обеспечение свободного доступа к геоданным.....	79
11. <i>Оюунцэрэн Нямсурэн, Оюунбилэг Цэнд.</i> Оценка сельскохозяйственных земель в Монголии	84
12. <i>Тумурбаатар Балжинням, Оюунцэрэн Нямсурэн, Агваангонгор Амарсайхан.</i> Положение государственного учета и регистрации земель Монголии.....	90
13. <i>Ян Цвинер, Райнер Ягер.</i> Управление полетами, навигация и наведение различных беспилотных летательных аппаратов и пилотируемых мультикоптеров	98
14. <i>Р. В. Шульц, А. А. Анненков, Н. В. Белоус, В. Я. Ковтун.</i> Комплексный геодезический мониторинг высотных зданий	109

CONTENTS

1. <i>A. P. Karpik, A. A. Mayorov, O. V. Gorobtsova.</i> Modern educational trends in geo-industry	3
2. <i>A. P. Karpik, I. A. Musikhin.</i> Creation of national geodetic association as an indispensable condition of innovative development of geo-industry	8
3. <i>Changsheng Teng, Sheng Guo.</i> Mobile mapping system in China	20
4. <i>M. A. Brovelli.</i> Open data and free and open source geospatial software for cultural and touristic valorisation: the case of «The paths of Via Regina»	30
5. <i>Philipp Amon, Ursula Riegl, Peter Rieger, Martin Pfennigbauer.</i> Uav based laser scanning for monitoring applications and challenging, complex surveying tasks	32
6. <i>Volker Schwieger, Annette Schmitt.</i> Quality control and deformation analysis for a timber construction	42
7. <i>Alexander Magarshak, Yuri Raizman.</i> «Baltaeroservice» agency experience with A3 Edge	56
8. <i>M. I. Ananich.</i> About increase of the role of universities in reindustrialization of economy of the region.....	64
9. <i>V. V. Asmus, A. A. Buchnev, V. P. Pyatkin.</i> Clustering in Earth remote sensing data processing	71
10. <i>A. V. Danelyan.</i> The use of space imagery data from satellites of the russian-belarusian spacecraft constellation intended to control natural and industrial disasters, land use, forestry, ecology and provide free access to geospatial content.....	79
11. <i>Oyuntseren Nyamsuren, Oyunbileg Tsend.</i> The issues of croplands evaluation in Mongolia.....	84
12. <i>Tumurbaatar Baljinnyam, Oyuntseren Nyamsuren, Agvaangongor Amarsaihan.</i> Current situation of Mongolian land registration	90
13. <i>Jan Zwiener, Reiner Jäger.</i> Flight control and navigation for scalable and arbitrarily dimensioned uav and manned multicopters	98
14. <i>R. V. Schultz, A. A. Annenkov, N. V. Belous, V. J. Kovtun.</i> Complex geodetic monitoring of high-rise buildings	109

Научное издание

XI Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Сборник материалов

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *К. В. Ионко*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 13.04.2015. Формат 60 × 84 1/16

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 6,85. Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, 108, ул. Плеханова, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, 108, ул. Плеханова, 8.