

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)

XII Международные научный конгресс и выставка

**ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2016**

**ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**

Сборник материалов

XII International Scientific Congress and Exhibition

**INTEREXPO GEO-SIBERIA-2016**

**PLENARY SESSION**

Proceedings

Новосибирск / Novosibirsk  
СГУГиТ / SSUGT  
2016

26 - -2016. XII . . ., 18–22  
2016 ., : : . -  
: , 2016. – 131 .

ISBN 978-5-87693-914-2  
ISBN 978-5-87693-901-2

XII « -  
- -2016», .

The proceedings include presentations presented at plenary sessions of XII International scientific congress «Interexpo GEO-Siberia-2016».

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

### ***Николай Михайлович Бабашкин***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, зам. начальника отдела аэрокосмосъемки и фотограмметрии, тел. (495)456-91-46, e-mail: babashkin\_nm@nsdi.rosreestr.ru

### ***Сергей Алексеевич Кадничанский***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, кандидат технических наук, начальник отдела аэрокосмосъемки и фотограмметрии, тел. (495)456-91-47, e-mail: kadmichanskiy\_ss@nsdi.rosreestr.ru

### ***Сергей Степанович Нехин***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, доктор технических наук, начальник управления фотограмметрических исследований, тел. (495) 456-91-36, e-mail: nekhin\_ss@nsdi.rosreestr

### ***Леонард Иосифович Яблонский***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, кандидат технических наук, зам. директора, тел. (495)456-95-93, e-mail: yablonskiy\_li@nsdi.rosreestr

Приводится анализ состояния системы создания и обновления государственных топографических карт в Российской Федерации в части перевода их в цифровую форму, периодичности обновления, организационного, информационного, технологического и нормативно-технического обеспечения и др. Даются предложения по переходу от создания цифровых топографических карт методом оцифровки аналоговых оригиналов к методам топографической съемки. При этом решения о необходимости обновления или создания карты заново принимаются на основе анализа актуальности и точности топографической карты. В качестве перспективного направления предлагается переход от традиционного площадного обновления карт к оперативному мониторингу с выявлением, локализацией изменений и их последующим учетом.

**Ключевые слова:** цифровая топографическая карта, технология создания и обновления, мониторинг, точность, актуальность, периодичность.

## **THE MAIN TRENDS IN THE NATIONAL MAPPING DEVELOPMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION**

### ***Nikolay M. Babashkin***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya, St., 26, Deputy head of department on remote sensing and photogrammetry, tel. (495)456-91-47, e-mail: (495)456-91-46, e-mail: babashkin\_nm@nsdi.rosreestr.ru

### ***Sergey A. Kadmichanskiy***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya, St., 26, Ph. D., Head of department on remote sensing and photogrammetry, tel. (495)456-91-47, e-mail: kadmichanskiy\_ss@nsdi.rosreestr.ru

***Sergey S. Nekhin***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya, St., 26, Ph. D., Head of photogrammetric research division, tel. (495)456-91-36, e-mail: nekhin\_ss@nsdi.rosreestr

***Leonard I. Yablonskiy***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya, St., 26, Ph. D., Deputy director, tel. (495)456-95-93, e-mail: yablonskiy\_li@nsdi.rosreestr

The analysis of the current state of national topographic maps creation and up-dating in the Russian Federation as regard to their digitizing, map update rate, organizational maintenance, information service, and regulatory and engineering provision, etc. is outlined. Proposals on the transition from digital topographic map creation by digitizing of analogue maps to survey methods are given. For these purpose the decisions on the necessity of map updating or creation are made on the basis of the relevance analysis and topographic map accuracy. The transition from the traditional areal map updating to the on-line monitoring for the identification of localization changes and their subsequent registration is offered as a strategic pathway.

**Key words:** digital topographic map, mapping and map revision technology, topographic monitoring, geometric accuracy, relevance, map update rate.

С принятием ряда новых нормативных правовых документов возникла необходимость пересмотра и совершенствования деятельности в области геодезии и картографии и, в частности, в области государственного картографирования страны.

Обновляемые государственные топографические карты в настоящее время представлены в аналоговой и частично в цифровой форме (масштаба 1:100 000 – 100%, 1:50 000 – 100% на материковую часть страны, 1:25 000 – 35% на обжитые территории). Цифровые топографические карты (ЦТК) были созданы в результате оцифровки (векторизации) имеющихся топографических карт в аналоговой форме, вследствие чего они не являются моделью местности, а представляют собой цифровую модель аналоговой карты со всеми присущими ей метрическими погрешностями. Метрическое качество ЦТК еще более снижено за счет того, что значительное их количество на момент векторизации уже имело существенное старение или многократно обновлялось.

Периодичность обновления государственных топографических карт определяется требованиями постановления Правительства Российской Федерации и в зависимости от масштаба обновляемой карты и характера территории составляет от 5 до 20 лет. Периодичность обновления карт и планов, являющихся картографической основой государственного кадастра недвижимости, в соответствии с приказом Минэкономразвития № 848 от 13.11.2015 составляет 5-7 (не более 10) лет. При этом по экономическим причинам эти сроки далеко не всегда выдерживаются.

В настоящее время на значительном объеме обновляемых номенклатурных листов (НЛ) топографических карт имеют место недопустимые расхождения в положении контуров с данными новых съёмов, например, кадастровых, а также с картами и планами смежных масштабов. Для целого ряда районов (Российско-Китайская граница, Забайкальский край и др.) имеет место несоответствие реального рельефа местности его отображению на карте.

До 2009 г. необходимость обновления государственных топографических карт отслеживалась на предприятиях топографо-геодезической отрасли: анализировались планируемые к обновлению НЛ и принималось решение, которое согласовывалось с заказчиком. В настоящее время система слежения за степенью актуальности и точностью карт, позволяющая выявлять недопустимые погрешности в положении контуров и элементов рельефа, а также принятия решения о необходимости обновления отсутствует.

В условиях недостаточности бюджетного финансирования задачи по обновлению ЦТК зачастую ставятся бессистемно, т.е. не для всего масштабного ряда (с наиболее крупного до мелкого).

Существенно уменьшился объем информации, получаемой в результате ведения дежурных карт. Информация об изменениях, которые требуют отражения на обновляемой карте, даётся сторонними ведомствами в существенно меньшем объёме и зачастую не вполне ей можно доверять.

Объёмы работ по обновлению явно недостаточны, а практика создания топографических карт заново вообще отсутствует. При таком подходе топографические карты на территорию РФ в целом продолжают стареть, а объем устаревших карт увеличивается.

Применяемые технологии обновления топографических карт и используемые при этом материалы также требуют совершенствования в виду распространенной практики использования космических снимков с недостаточным для дешифрирования и получения ортофотопланов пространственным разрешением.

В настоящее время в федеральном картографо-геодезическом фонде (ФКГФ) содержится огромное количество картографической информации, актуальность которой стремительно падает, а возможности аэрогеодезических предприятий и Росреестра в целом не позволяют проводить широкомасштабное площадное обновление государственных топографических карт и планов. Это приводит к значительному снижению спроса потребителей на картографическую продукцию, которой располагает картографо-геодезический фонд ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД».

Имеющаяся нормативно-техническая документация (НТД) по созданию и обновлению топографических карт и планов разработана 30 и более лет назад и не ориентирована на использование современных технических средств, цифровых аэро- и космических съемочных материалов и технологий.

При постановке государственных контрактов на обновление топографических карт, подготовке соответствующих календарных планов и технических заданий не планируется подготовительный период на анализ исходных карт, поиск необходимых материалов и информации. В результате обновляемая карта получается недостаточного качества и по точности, и по содержанию.

Ограничение бюджетных средств на обновление ЦТК вынуждает исполнителей использовать космические снимки с низкими характеристиками по разрешению на местности и геометрической точности определения планового по-

ложения и высоты объектов, что приводит к увеличению объема полевых работ, увеличению сроков их выполнения.

Вследствие уравнивания заново планово-высотной основы для ранее изданных топографических карт и их пересчета из системы координат СК-42 в СК-95 для отдельных территорий имеют место недопустимые расхождения координат пунктов государственной геодезической сети.

В соответствии с принятым Федеральным законом от 30.12.2015 № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» предлагаются следующие основные направления совершенствования системы создания и обновления государственных топографических карт.

В целях обеспечения необходимой точности и актуальности цифровой топографической информации перейти от создания ЦТК методом оцифровки аналоговых оригиналов к методам топографической съемки.

Реализовать систему организационных мероприятий, направленных на решение полного комплекса вопросов по обновлению карт: взаимодействие Росреестра с другими ведомствами и исполнителями работ при обновлении топографических карт, регламентацию порядка централизованного сбора и ведения дежурной справочной информации, мониторинга актуальности НЛ топографических карт, подготовки и принятия решения по обновлению карт на ту или иную территорию.

Разработать и утвердить полный комплекс нормативных документов, регламентирующий с необходимой подробностью систему создания и обновления топографических карт, требования к периодичности и актуальности, к исходным материалам и результатам, процедуру слежения за старением и принятия решения, технологию выполнения работ, как по съемке, так и по обновлению, начиная с вопросов создания геодезической основы.

Реализовать интеграцию с ведомственными фондами данных пространственной информации, информационными ресурсами федеральных и местных органов власти, Единого государственного реестра недвижимости и информационных систем обеспечения градостроительной деятельности.

Организовать проведение опытно-экспериментальных работ на отдельных представительных территориях (ландшафт, активность хозяйственной деятельности) для отработки современных методов и технологий обновления.

В основу системы обновления государственных топографических карт должны быть положены следующие принципы:

- Переход от традиционного площадного полистного обновления карт к оперативному мониторингу территорий с выявлением, локализацией изменений и их последующим учетом. Предлагаемое технологическое решение предполагает последовательное выполнение взаимосвязанного комплекса процессов оперативного системного мониторинга местности с использованием материалов ДЗЗ, выявление и локализация изменений посредством совместной фотограмметрической обработки «старых» и «новых» фотоизображений (ортофотопланов), цифровой фотограмметрический «фотомонтаж» выявленных участков

с изменениями местности для их последующей регистрации в принятой системе условных знаков и редактирование обновляемой цифровой топографической карты. В результате внедрения такой технологии должно быть обеспечено повышение производительности и экономичности процессов обновления государственных цифровых топографических карт и планов с использованием современных технологий в части оперативной оценки степени их современности и обоснованного планирования и организации работ по поддержанию их на современном уровне. Реализация технологических и программных решений, основанных на принципах оперативного мониторинга и автоматического выявления изменений по цифровым фотоизображениям, значительно расширит возможности ФКГФ и обеспечит непрерывное регламентированное обновление картографической информации.

- Согласование качества картографической информации с комплексом вопросов, определяющих качество государственной геодезической сети. Важнейшим из условий при принятии решения по обновлению топографической карты должен быть процесс анализа ее точности. Точность имеющихся топографических карт должна проверяться по материалам аэрофотосъемки (или космической съемки), привязанным и/или проконтролированным по пунктам современной геодезической сети.

- При обнаружении значительного (устанавливаемого соответствующим нормативным документом) числа недопустимых погрешностей должно приниматься решение о составлении топографической карты заново.

- Работа по обновлению (в том числе по съемке заново) должна планироваться для масштабного ряда карт, начиная с базового масштаба, т.е. самого крупного для данной территории (1:10000, 1:25000), и до самого мелкого (например, 1:200 000) путём автоматизированной генерализации и предусматривать как обновление топографических карт, так и соответствующих слоев единой электронной картографической основы (ЕЭКО).

- В государственных контрактах (календарных планах) на выполнение работ по обновлению должен предусматриваться отдельный этап на подготовительные работы с целью анализа актуальности и точности обновляемых номенклатурных листов ЦТК.

- ЦТК, созданные не путем векторизации аналоговых оригиналов карт, а непосредственно путём съемки с использованием цифровых технологий, могут обновляться многократно.

- ЦТК, созданные путем векторизации аналоговых оригиналов карт должны (как правило) обновляться методом топографической съемки заново с использованием современных технологий, т.к. такие ЦТК с очень большой вероятностью содержат погрешности, присущие аналоговому оригиналу.

- Обновление топографических карт базовых масштабов и планов городов целесообразно осуществлять методами аэрофототопографической съемки преимущественно по материалам цифровой аэрофотосъемки с использованием высокоточной системы определения положения и ориентации (бортового ГНСС оборудования в комплексе с инерциальным измерительным устройством).

- Для получения информации о рельефе для залесенной местности целесообразно использовать воздушное лазерное сканирование. Это позволит принципиально сократить расходы на планово-высотную подготовку, даже исключить процесс фотограмметрического сгущения и использовать аэрофотоснимки для анализа изменений непосредственно после их получения.

- Для обновления карт на труднодоступные необжитые территории могут использоваться отечественные космические снимки с пространственным разрешением 0,7 – 1,0 м.

© Н. М. Бабашкин, С. А. Кадничанский, С. С. Нехин, Л. И. Яблонский, 2016

## РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНОВ РОСРЕЕСТРА НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ 2015 ГОДА

*Алексей Владимирович Басманов*

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, зам. начальника отдела гравиметрии и геодинамики Управления геодезических исследований, тел. (495)456-91-91, e-mail: basmanov\_av@nsdi.rosreestr.ru

Представлены результаты повторных геодезических измерений на пунктах трех геодинамических полигонов Росреестра, полученных в ходе обработки и анализа выполненных в 2014–2015 годах спутниковых наблюдений и локальных гравиметрических измерений.

**Ключевые слова:** Байкальская рифтовая зона, деформации земной поверхности, геодинамический полигон, повторные спутниковые измерения, землетрясения, абсолютные гравиметрические определения.

## RESULTS GEODETIC MONITORING GEODYNAMIC POLYGONS FOR MEASUREMENTS ROSREESTR 2015

*Aleksey V. Basmanov*

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya, St., 26, Deputy Head of the Department of gravimetry and geodynamics from government of geodetic studies, tel. (495)456-91-91, e-mail: basmanov\_av@nsdi.rosreestr.ru

The results of repeated geodetic measurements in three geodynamic polygons Rosreestr obtained after processing and analysis of satellite observations and local gravity measurements performed in 2014–2015.

**Key words:** Baikal rift zone, Earth's surface deformation, geodynamic polygon, repeated satellite measurements, earthquakes, absolute gravity measurements.

В рамках выполнения Государственного задания ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» на 2015 год, специалистами Управления геодезических исследований была проведена работа по изучению современных движений земной поверхности геодезическими методами на базе трех геодинамических полигонов (ГДП) Росреестра, расположенных в одних из самых сейсмоактивных районах Российской Федерации – Северный Кавказ (Северо-Кавказский ГДП), Байкальская рифтовая зона (Байкальский ГДП – район оз. Байкал), Дальний Восток – северная часть о. Сахалин и восточный берег Материка (Северо-Сахалинский ГДП) [1].

Согласно проектной документации выполнения полевых работ, на пунктах деформационных сетей ГДП производились высокоточные спутниковые наблюдения и локальные гравиметрические измерения.

Помимо составления проектной и иной документации, полевым работам на запланированных объектах – геодинамических полигонах, предшествовали ме-

роприятия по подготовке и метрологической аттестации спутниковой и исследование гравиметрической аппаратуры. Спутниковая аппаратура тестировалась на метрологических базисах Учреждения. Для работы было отобрано необходимое количество двухчастотных, двухсистемных геодезических спутниковых приемников фирм: «Leica», «Javad» и ЭОМЗ «Орион».

Исследования абсолютного и относительного гравиметрического оборудования выполнялись на пунктах «Московского гравиметрического полигона» (рис. 1). Данные пункты расположены в различных научно-исследовательских учреждениях: помимо ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» - это ВНИИФТРИ, ИФЗ РАН, ИНАСАН и ГАИШ. С марта по май 2015 года на всех 6-ти опорных пунктах были выполнены определения значений ускорения силы тяжести отечественным баллистическим гравиметром ГБЛ-М №002, с точностью в пределах 3-х мкГал. Из них два пункта «ЦНИИГАиК» (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД») и «Звенигород» (ИНАСАН) в 2005 [4] и 2013 гг. участвовали в региональных сравнениях. Между смежными абсолютными пунктами были выполнены относительные определения с точностью от 2 до 4 мкГал. В измерениях каждой связи было задействовано от 3 до 5 относительных гравиметров Scintrex CG-5.

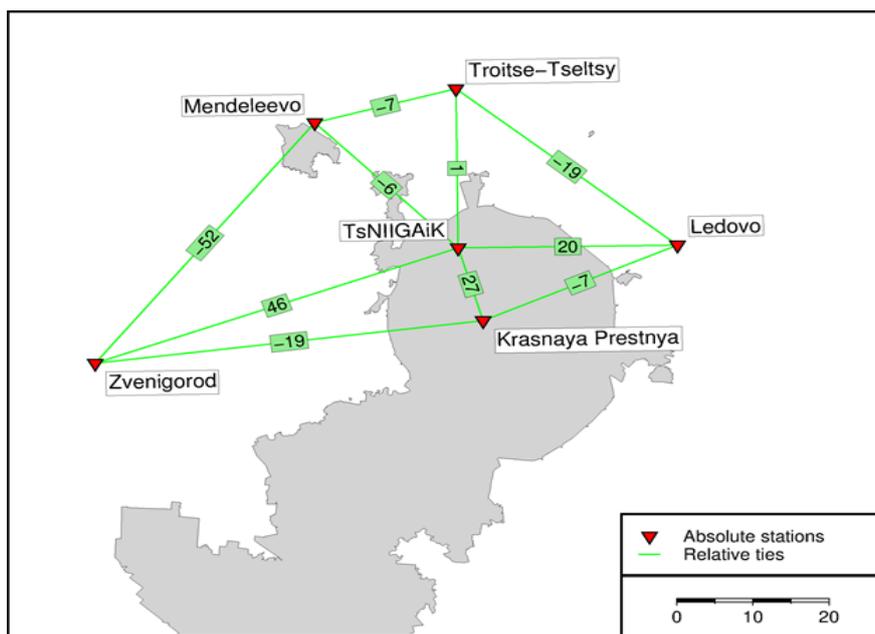


Рис. 1. Схема «Московского гравиметрического полигона»

В таблице представлена краткая информация о циклах наблюдений и геодезической инфраструктуре объектов исследований по состоянию на ноябрь 2015 года.

Спутниковые наблюдения на всех ГДП выполнялись в статическом режиме, обеспечивалась «жесткая» связь между смежными расстановками (минимум 2 пункта). Минимальный интервал времени наблюдений в расстановках устанавливался исходя из длин измеряемых векторов. К примеру, на Северо-

Кавказском ГДП минимальный интервал времени синхронных наблюдений в каждой расстановке составлял 8 часов, максимальная длина определяемого вектора составила 35 км. На Байкальском и Северо-Сахалинском геодинимических полигонах длины линий достигают сотен километров, поэтому, синхронные наблюдения в каждой расстановке выполнялись 24 часа и более.

Таблица

Состав сетей геодинимических полигонов Рсреэстра

№ п/п	Наименование ГДП		
	Северо-Кавказский (район Красной Поляны-Туапсе) [2]	Байкальский (район озера Байкал)	Северо-Сахалинский (северная часть о. Сахалин и восточный берег Материка)
Период наблюдений	2009-2012 гг., 2014-2015 гг.	2011-2012 гг., 2014-2015 гг.	2009-2012 гг., 2015 г.
Количество пунктов спутниковой сети	28	22	21
Количество гравиметрических пунктов	2	6	1

Помимо спутниковых наблюдений, на геодинимических полигонах выполнялись локальные гравиметрические измерения. На рис. 2 приведена схема Северо-Кавказского ГДП, на котором в 2015 году повторно были определены гравиметрические пункты «Сочи» и «ВГС Сочи», а также заложена начальная эпоха наблюдений на пунктах «Туапсе» и «ВГС Туапсе».



Рис. 2. Схема Северо-Кавказского ГДП 2015 г. [5]

На Байкальском геодезическом полигоне (район оз. Байкал) в 2015 году были выполнены повторные гравиметрические наблюдения на пунктах «Талая», «Иркутск» и начальные измерения на пунктах: «Суво», «Кабанск», «Тырган» (рис. 3). Пункт «Нижеангарск» из наблюдений был исключен, работы на нем планируется возобновить в 2016 году.

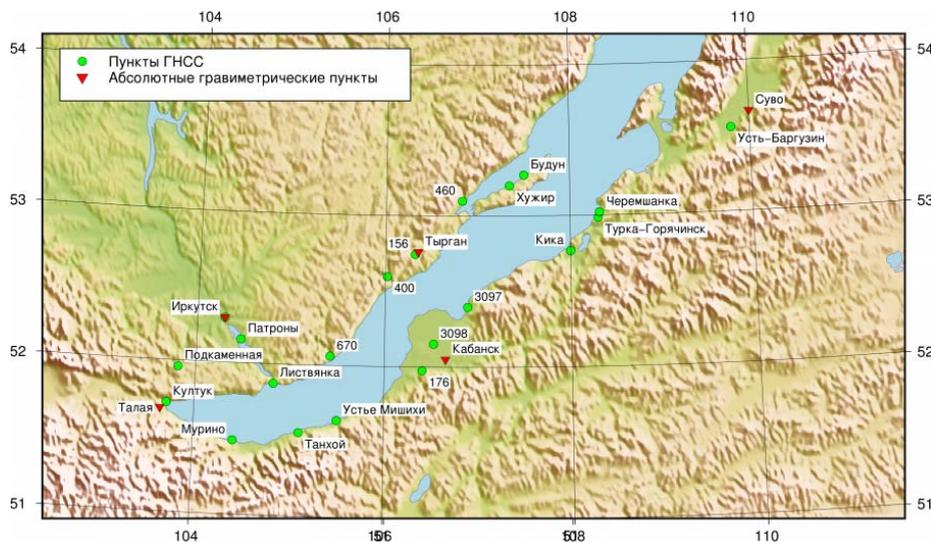


Рис. 3. Схема Байкальского ГДП 2015 г. (район оз. Байкал) [5]



Рис. 4. Схема Северо-Сахалинского ГДП 2015 г. [5]

Гравиметрические пункты «Со-чи», «Талая», «Тырган» и «Суво» расположены на сейсмостанциях входящих в сети Геофизической службы Российской академии наук (ГС РАН) и Байкальского филиала Геофизической службы СО РАН (БФ ГС СО РАН) [6]. Подобная схема размещения гравиметрических пунктов гарантирует наличие подготовленных для абсолютных определений постаментов и их сохранность.

Гравиметрические наблюдения на Северо-Сахалинском ГДП были выполнены только на пунктах «Де-Кастри» и «ВГС Де-Кастри» (начальные наблюдения). В 2016 году планируется расширить гравиметрическую сеть и включить в нее пункты «Николаевск-на-Амуре», «Оха» и «Ноглики» (рис. 4).

В ходе предварительного анализа повторных гравиметрических наблюдений на пунктах «Сочи», «Талая» и «Иркутск», и вертикальных смещений ближайших к ним пунктов спутниковых сетей можно отметить совпадение направлений движений. Для более детальных выводов пока не достаточно данных.

По завершению обработки и сравнительного анализа результатов спутниковых измерений 2015 года с предыдущими циклами наблюдений, по всем трем ГДП были получены значения горизонтальных смещений пунктов деформационных сетей [1], они представлены в виде схем с векторами (рис. 5, 6 и 7). Дополнительно на схемах приводятся наиболее близкие к объектам сейсмические события, зафиксированные Геофизической службой [6] за последний период.

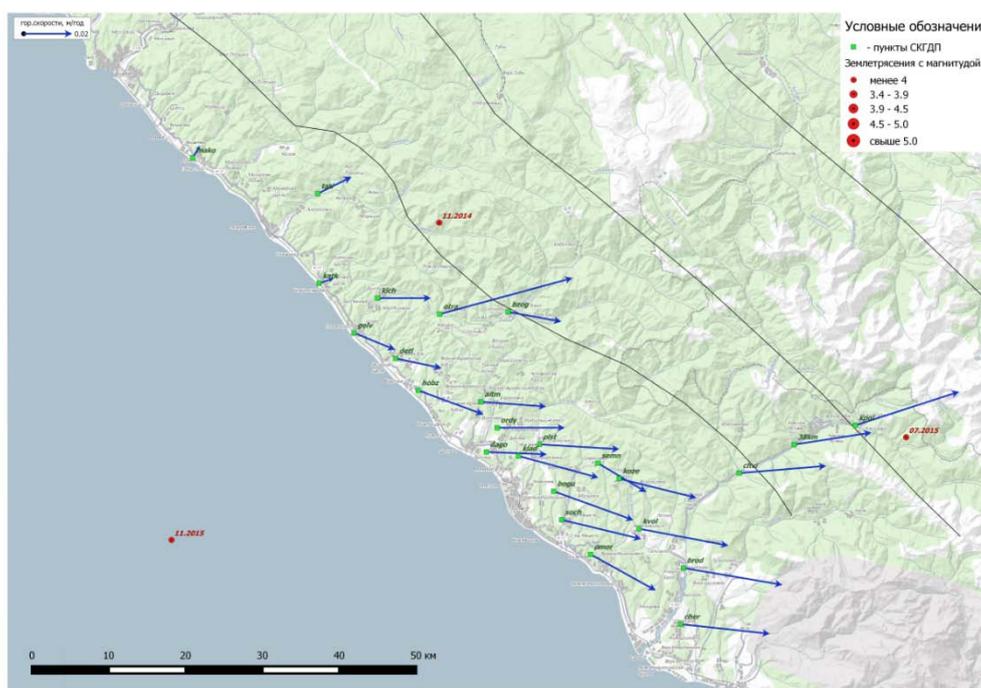


Рис. 5. Схема векторов горизонтальных смещений пунктов Северо-Кавказского ГДП и землетрясений за период 2014-2015 гг.

При сравнении величин смещений, длин линий за период 2014-2015 гг. было выявлено равномерное увеличение деформаций от Туапсе к Сочи; наблюдается сжатие разной степени по линиям «Отрадное-Бзого» (вблизи них произошло землетрясение), «Дагомыс-Нижняя Хобза», «Кладбище-Семеновка»; определены линии испытывающие растяжение: «Красная Воля - Приморский», «Большой Кичмай-Татьяновка», «Большой Кичмай-Отрадное», «Каткова Щель-Большой Кичмай», «Нижняя Хобза-Отрадное», «Головинка-Отрадное», «Детляжка-Отрадное», «Черешня-Красная Поляна», «38 км-Красная Поляна».

Степень «раскрытия» Байкала наиболее наглядно демонстрируют линии между пунктами, расположенными на разных берегах озера.

По результатам проведенного анализа измерений за 2014-2015 гг. можно сказать, что горизонтальные смещения, произошли у большинства пунктов спутниковой сети ГДП. Величины их находятся в пределах 10-30 мм. На рис. 6

видно, как векторы смещений пунктов «Мурино», «Устье Мишихи», «Танхой» и «Култук», которые определяли растяжения в юго-западной части Байкала год назад [3], теперь испытывают либо отсутствие смещений, либо сжатие, наибольшее в районе южной береговой линии озера. В центральной части озера характер движений также изменился – если в прошлом году было зафиксировано сжатие порядка 20-30 мм, то сейчас наблюдается растяжение с преимущественной динамикой восточного побережья. Что скорее всего явилось одной из причин сильного землетрясения ( $M=4.5$ ), произошедшего 3 февраля 2016 года вблизи линии «Хужир-Кика».

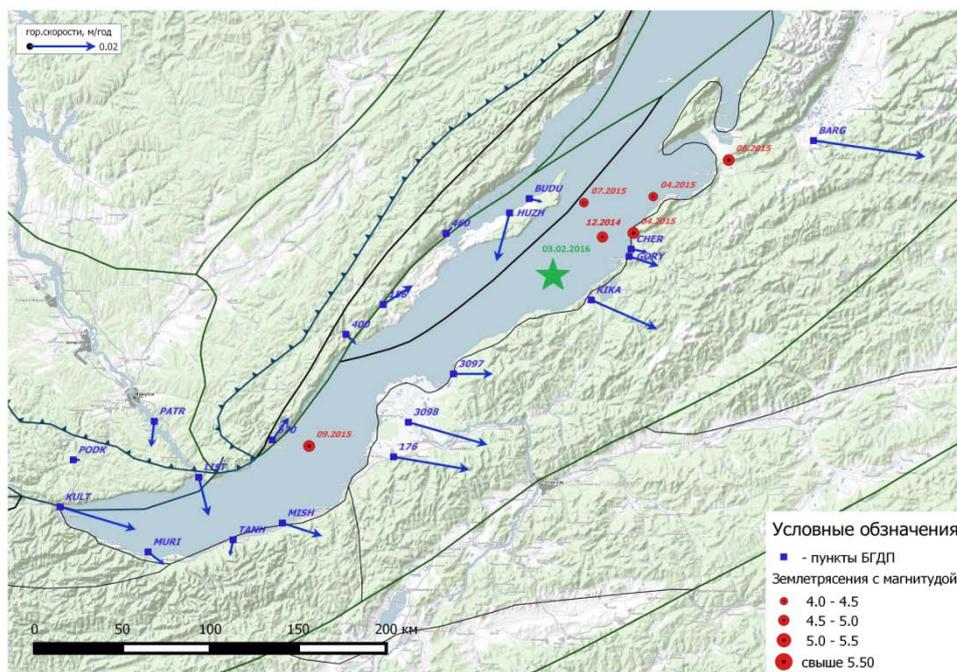


Рис. 6. Схема векторов горизонтальных смещений пунктов Байкальского ГДП (район оз. Байкал) и землетрясений за период 2014-2015 гг.

В настоящее время, на севере Сахалина, происходит разнонаправленное, мозаичное движение по Восточно-Сахалинскому разлому и слабое общее растяжение во всем Северном сегменте острова (рис. 7).

С особым вниманием следует отнестись к величине смещения пункта «Монги-1», горизонтальные смещения которого выбиваются из общей картины движений пунктов Северо-Сахалинского геодинамического полигона.

По результатам работ 2015 года на всех трех геодинамических полигонах выявлены смещения пунктов, значения которых превышают погрешности измерений, что говорит о наличии деформаций земной поверхности районов расположения объектов наблюдений. Дальнейшее развитие полигонов и их мониторинг позволят более детально анализировать характер выявляемых деформаций.

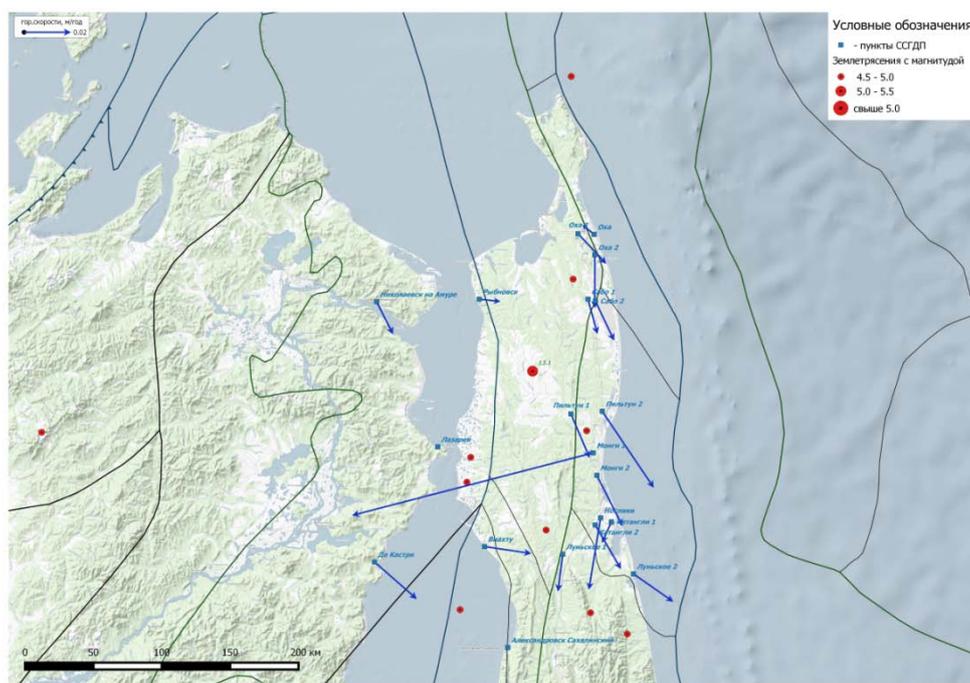


Рис. 7. Схема векторов горизонтальных смещений пунктов Северо-Сахалинского ГДП и землетрясений за период 2012-2015 гг

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Научно-технический отчет «Анализ сейсмического состояния территорий расположения ГДП и степени риска для крупных инженерных сооружений», ФГБУ «ЦГК и ИПД», 2015. – 59 с.
2. Серебрякова Л.И., Басманов А.В. Предварительные результаты обработки и анализа повторных геодезических измерений, выполненных на Северо-Кавказском геодинимическом полигоне Росреестра. // Геодезия и картография, № 4, 2014, С. 44-54.
3. Basmanov A.V., Kaftan V.I., Sermyagin R.A., Oshchepkov L.A., Serebryakova L.I., Spesivcev A.A.. Earth's surface deformation of Baikal rift zone from the data of 2011- 2014 GNSS companies // 26-th IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) General Assembly 2015 «Earth and Environmental Sciences for Future Generations». Prague, Czech Republic, Prague Congress Centre, 22 June-2 July 2015 г.
4. J. Makinen, M. Bilker-Koivula, H. Routsalainen et al. Comparison of absolute gravimeters in metsahovi in 2004 and in zvenigorod in 2005 // International Symposium, Terrestrial Gravimetry: Static and Mobil Measurements. – 2007. – P. 20-23.
5. <http://geod.ru>
6. [www.gsras.ru](http://www.gsras.ru)

© А. В. Басманов, 2016

## **МАРКЕТИНГОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ В ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ**

*Марина Ивановна Ананич*

Администрация Новосибирской области, 630011, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 18, кандидат технических наук, помощник Губернатора Новосибирской области по вопросам науки, инноваций и образования, тел. (383)223-04-55, e-mail: ami@nso.ru

Рассмотрены коммуникации в инновационной деятельности, предложено деление коммуникаций в сфере инноватики на два уровня, показаны задачи каждого уровня.

**Ключевые слова:** маркетинг инноваций, инновационная культура, коммуникации, стратегии, новые индустрии, конкурентоспособность, продвижение на рынок, стимулирование спроса, технологическое развитие.

## **MARKETING COMMUNICATION IN INNOVATION ACTIVITIES: PROBLEMS AND CHALLENGES**

*Marina I. Ananich*

The Administration of the Novosibirsk region, 630011, Russia, Novosibirsk, Krasny prospect, 18, candidate of technical sciences, assistant Governor of the Novosibirsk region on issues of science, innovations and education, tel. (383)223-04-55, e-mail: ami@nso.ru

Reviewed communication in innovation activities, suggested the division of communications in the field of innovation on two levels, illustrates the tasks of each level.

**Key words:** marketing of innovations, innovation culture, communication, strategy, new industry, competitiveness, promotion, stimulation of demand, technological development.

Концепция маркетинга инноваций лежит в основе исследования рынка и поисков конкурентной стратегии предприятия, новых потребностей потребителей и их удовлетворения. Инновации в этом случае являются средством повышения конкурентоспособности компании, увеличения прибыли. При этом стратегия инновационного или технологического развития экономики региона или страны в целом может быть обеспечена созданием новых индустрий на основе прорывных технологий в сочетании с технологическим развитием традиционных отраслей, то есть активным внедрением инноваций – новых продуктов и технологий в производство и широкое потребление населением.

Инновация – это продукт интеллектуального труда, предлагаемый на рынке, который должен быть воспринят сообществом, потребителем. Следовательно, процесс внедрения инноваций невозможен без системы продвижения, формирования коммуникационного процесса.

Коммуникационные процессы в сфере инноватики только начинают глубоко осмысливаться и систематизироваться. Например, по определению генерального директора компании Insiders, инициатора и организатора развития практики коммуникаций в сфере инноваций (InCo) А. Лапшова: «Коммуника-

ции в сфере инноваций – это направление коммуникационной деятельности, специализированный подход и инструментарий, реализуемый с целью объединения участников инновационной деятельности, стимулирования их открытого диалога и сотрудничества для совместного производства инноваций».

По данному определению коммуникационный процесс ограничивается объединением усилий в производстве инноваций, но не затрагивает вопросов выведения их на рынок, стимулирования спроса на инновации. При этом коммуникационный процесс в создании инноваций и в их продвижении значительно различается. В частности в создании инноваций возникают проблемы в коммуникациях между представителями науки, образования, бизнеса, инвесторов и власти, связанные с различиями во взглядах, приоритетах, компетенциях и терминологии, недоверии и др. Ошибки коммуникаций могут привести к неверному определению неудовлетворенных потребностей, выбору разработчика, бизнес-модели, партнеров и команды. С позиций продвижения инновации коммуникации формируются между создателями или производителями нового продукта и потенциальными потребителями, ошибки в этом случае могут привести к неверному выбору целевой аудитории, позиционирования, каналов передачи информации.

Практика показывает, что в создании нового продукта и продвижении его на рынок, принятии и использовании инноваций, участники инновационного процесса включаются в коммуникации в том или ином составе в зависимости от целей, задач и стадии жизненного цикла инноваций. Следовательно, актуальна проблема способности к адекватному восприятию и потреблению инноваций всех участников коммуникационного процесса.

Кроме того, для признания продукта бизнесом или широкими слоями населения необходимо снятие барьеров восприятия новых технологий через формирование общей инновационной культуры, готовности к изменениям в отдельно взятых организациях и обществе в целом. В связи с этим возрастает роль общественных связей, так как общество становится участником процесса коммуникаций, необходимых для продвижения инноваций.

В результате коммуникационного процесса появляется новый продукт – модель коммуникаций, включающая несколько уровней, которая должна представлять новую систему ценностей, связанных с инновацией для общества, для целевых групп потребителей.

Анализ инновационного процесса позволяет выделить два уровня маркетинговых коммуникаций:

1. Концептуальный уровень коммуникаций, задачами которого являются формирование моды на инновации в широких слоях населения; формирование мировоззрения и новых норм поведения, преодоление барьеров восприятия инноваций; формирование мотивации и готовности к изменениям и др.

Для формирования инновационной культуры, инновационного общества необходимы коммуникации с широкой общественностью, направленные на создание привлекательного имиджа инновационной деятельности и нового качества жизни на основе развития технологий.

2. Функциональный уровень коммуникаций: в рамках создания и сопровождения нового продукта актуальным является установление коммуникаций между наукой, образованием и бизнесом, создателями инноваций и инвесторами или заказчиками. В рамках продвижения продукта на рынок - позиционирование новых продуктов, формирование и донесение до потребителей ценности инновационного продукта, выстраивание каналов коммуникаций и др.

Для ускорения процессов коммерциализации инноваций и выхода на рынок, необходимы коммуникации с целевыми аудиториями потенциальных потребителей, направленные на формирование положительного имиджа инновационного продукта и спроса на него.

Представленная уровневая модель коммуникаций в инновациях ориентирована на разные целевые аудитории и позволяет сделать более точный выбор моделей, принципов, технологий и приемов коммуникационного процесса для обеспечения его эффективности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коммуникация в сфере инноваций: проблемы и прогнозы [Электронный ресурс]: Материалы круглого стола / С.А. Наумов [и др.] // Электронный журнал «Медиаскоп», 25.05.2011. – Режим доступа: <http://www.mediascope.ru/node/894>. - Загл. с экрана.

2. Маркетинг в сфере инноваций: классификация задач и инструментов [Электронный ресурс] /В.Д. Макарова// ECONOMIC-JOURNAL.NET. - Выпуск №4.-2013.- Режим доступа <http://economic-journal.net/2013/12/067>.- Загл. с экрана.

3. Коммуникация в сфере инноваций: проблемы и прогнозы. [Электронный ресурс] Материалы круглого стола /А.Б. Лапшов, [и др.] // Электронный журнал «Медиаскоп»- Выпуск №1, 2011г.- Режим доступа <http://mediascope.ru/node/719>.- Загл. с экрана.

© М. И. Ананич, 2016

## **РАЗРАБОТКА И НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА**

### ***Бернд Хиллер***

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4; ООО «Фирма Г.Ф.К.», 109004, Россия, г. Москва, пер. Шелапутинский, генеральный директор 6, тел. (499) 212-70-27, e-mail: bhiller@leica-gfk.ru

### ***Харьес Каюмович Ямбаев***

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4, доктор технических наук, профессор, тел. (499)267-15-45, e-mail: yambaev@miigaik.ru

В докладе рассмотрены вопросы разработки и практического применения автоматизированной подсистемы геодезического деформационного мониторинга ГТС, а также основные результаты натурных исследований АСГДМ на шлюзовых камерах Волгоградского гидроузла. Показана эффективность интегрирования электронных тахеометров-автоматов и цифровых инклинометров со сбором и обработкой геодезической информации единой управляющей программой GeoMos.

**Ключевые слова:** тахеометр-автомат, цифровой инклинометр, деформация, мониторинг, управляющая программа, АСГДМ – автоматизированная система геодезического деформационного мониторинга, ГТС – гидротехнические сооружения.

## **DEVELOPMENT AND NATURAL TESTS OF THE AUTOMATED SYSTEM OF DEFORMATION MONITORING**

### ***Bernd Hiller***

Moscow State University of geodesy and cartography, 105064, Russia, Moscow, Gorokhovskiy Lane, 4; SWL «FIRM F. K.», 109004, Moscow, Shelaputinsky lane, director «G.F.K.», tel. (499) 212-70-27, e-mail: bhiller@leica-gfk.ru

### ***Haryes K. Yambayev***

Moscow State University of geodesy and cartography, 105064, Russia, Moscow, Gorokhovskiy Lane, 4, professor, Dr. Sci. Tech., tel. (499)267-15-45, e-mail: yambaev@miigaik.ru

The paper describes problems of the development and practical use of an automated deformation monitoring subsystem ASGDM for waterworks GTS and the main results of ASGDM field studies on lock chambers of the Volgograd waterworks facilities. The effectiveness of the integration of robotic total stations and digital inclinometers with the geodetic data collection and processing in the unified control software GeoMos is demonstrated.

**Key words:** automated total station, digital inclinometers, deformation, monitoring, control program, ASGDM – automated system of geodetic deformation monitoring, GTS – waterworks.

Деформационный мониторинг является важной составной частью общей системы обеспечения безопасности строительства и эксплуатации уникальных и особо ответственных инженерных сооружений.

Основой мониторинга деформаций уникальных инженерных сооружений как гигантские плотны ГЭС, высотные здания, крупные мостовые переходы (особенно вантовые мосты) являются результаты периодических (систематизированных) геодезических наблюдений и геотехнических измерений.

В результате обработки результатов повторных измерений получают информацию о текущем состоянии объекта в виде значений планово-высотных деформаций, смещений и отклонений от проектного или предыдущего его состояния.

Геотехнические средства позволяют фиксировать другие параметры, например, степень напряженно – деформированного состояния (акселерометры, трещиномеры и т.п.). Геодезический и геотехнический мониторинг анализируются совместно для определения корреляции и причин изменения состояния объекта. В общих случаях процесс сбора данных мониторинга нуждается в автоматизации процесса измерений, унификации процедуры и получения результатов с однородной точностью и периодичностью.

Каждый объект уникален и требует создания своей конкретной системы и технологии мониторинга с учётом специфики технологических характеристик и сложности объекта, количества определяемых параметров и необходимой точности измерений, изменяющейся инфраструктуры геоданных и местных условий.

Современные технологии измерений, новейшие средства коммуникаций, мощные вычислительные системы и программные продукты позволяют создавать автоматизированные системы геодезического деформационного мониторинга (АСГДМ), которые востребованы, внедряются и в России, и за рубежом [5] (рис. 1).

АСГДМ обладают рядом отличий и преимуществ в сравнении с традиционными повторными измерениями:

- возможность контроля данных в реальном масштабе времени (онлайн) и с удаленного места доступа;
- возможность, практически, непрерывного мониторинга – 24 часа в сутки, 7 дней в неделю и т.д.
- данные могут передаваться в единый центр обработки информации и принятия соответствующих решений с помощью таких средств, как Wi-Fi, GSM, LAN и по Интернету.

В нашей стране уже реализован ряд проектов АСГДМ [6] на основе реальных автоматизированных средств измерений, например, для деформационного мониторинга мостового перехода Красноярской ГЭС (рис. 2а, 2б).

В работе [5] приведена структурная блок-схема АСГДМ, в которой, кроме средств ГНСС, интегрированы автоматизированные электронные тахеометры (ЭТА) и высокоточные цифровые наклонометры – инклинометры (ВЦИ), управляющее программное обеспечение GeoMos (рис. 1).

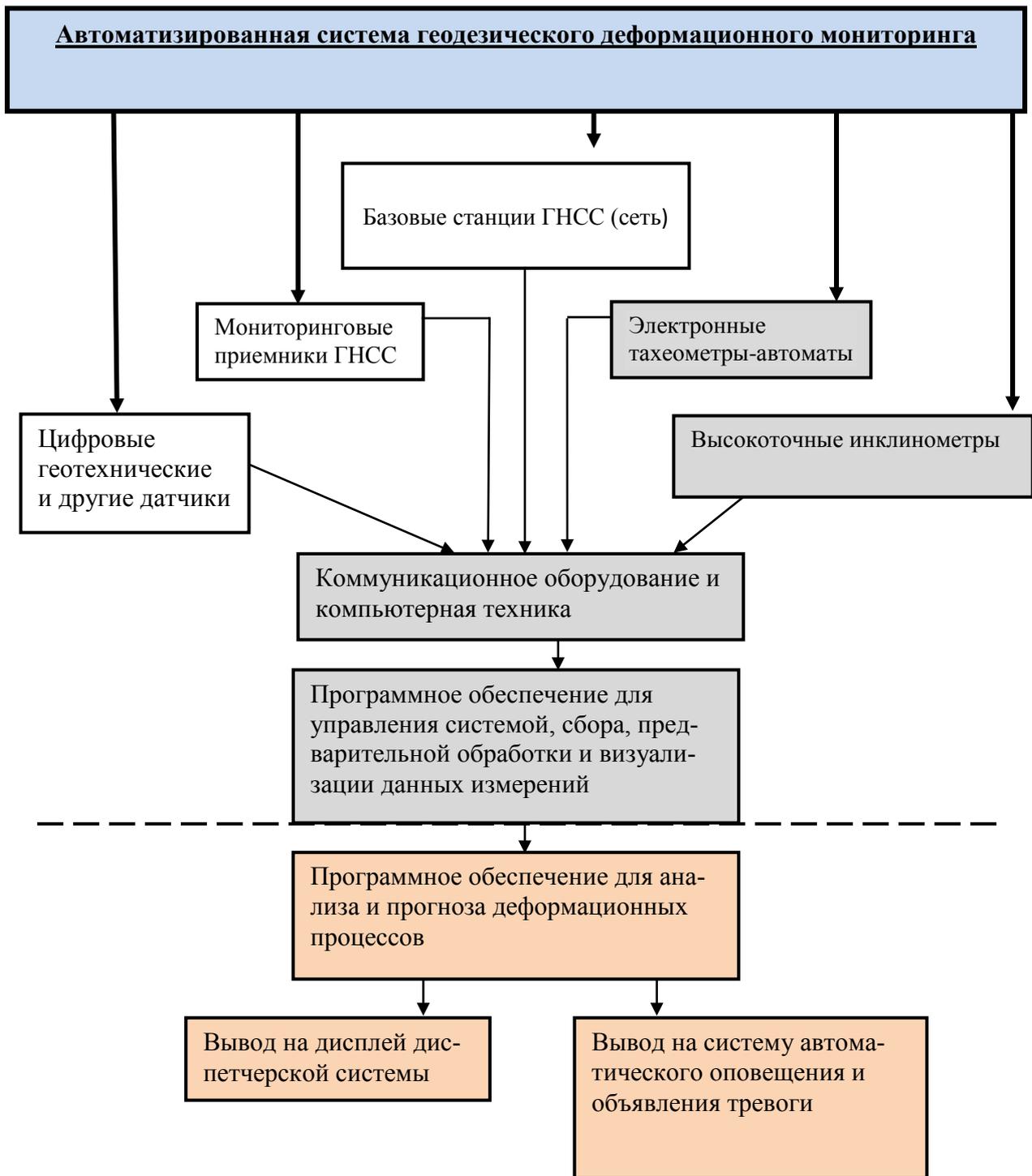
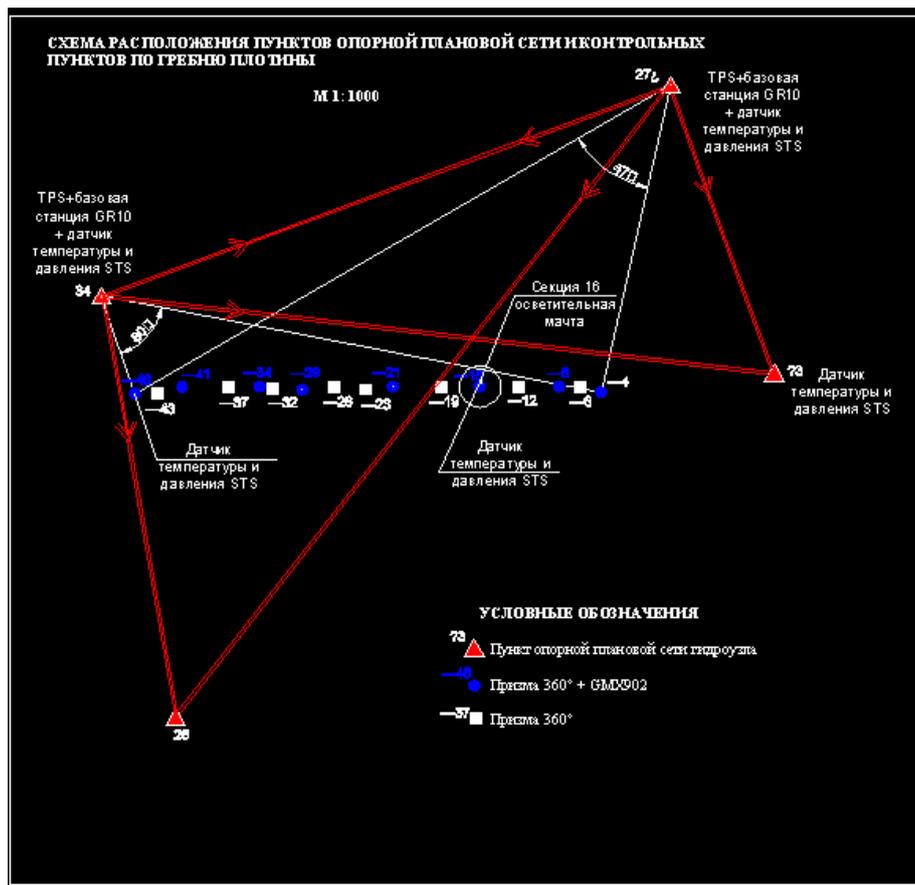


Рис. 1. Блок-схема АСГДМ



а



- ▲ Пункты установки электронного тахеометра-автомата
- Наблюдаемые точки

б

Рис. 2. Деформационный мониторинг мостового перехода на Красноярской ГЭС; (а)- схема мониторинга, (б) – расположение контрольных точек и роботизированных тахеометров

Рассмотрим рекомендуемую в [5] систему АСГДМ для деформационного мониторинга гидротехнических сооружений (ГТС) и полученные результаты натурных исследований такой системы на шлюзовых камерах Волгоградского гидроузла (рис. 3).



Рис. 3. Общий вид шлюзов № 30 и № 31

Кроме того, отметим, что в настоящее время аналогичные по структуре АСГДМ внедряются на таких ГТС, как Бурейская, Саяно-Шушенская и Красноярской гидроэлектростанциях.

Преимуществами АСГДМ на основе современных геодезических средств измерений, геотехнической контрольной аппаратуры и информационных ИТ-технологий являются:

- непрерывный мониторинг 24 часа в день, 7 дней в неделю, 365 дней в году;
- автоматическая запись данных повторных измерений, их анализ и сравнение с расчётными допустимыми значениями;
- подача сигнала тревоги и своевременное оповещение ответственных лиц после обнаружения критических деформаций.

Всё это убеждает в необходимости проведения натурных испытаний и анализе поставленных исследований на реальных объектах и необходимость обобщения практического опыта внедрения автоматизированных технологий деформационного мониторинга, накопленного в России и за рубежом.

Деформационный мониторинг должен сопровождаться разработкой плана мероприятий по снижению риска и ликвидации последствий возможных аварийных ситуаций, по обеспечению безопасности жизнедеятельности и населения, и объекта.

В 1915 году реализован пилот-проект геодезического мониторинга деформаций шлюзовых камер Волгоградского гидроузла (рис. 3) на основе структурной схемы АСГДМ. Работы выполнялись с целью натурных испытаний АСГДМ в реальных условиях действующего гидроузла для мониторинга со-

стояния стенок действующих шлюзовых камер при их заполнении и опорожнении, оценки точности определения полученных планово-высотных перемещений стен камер по отдельности и относительно друг друга.

В качестве измерительных аппаратных средств применялись электронные тахеометры TM-30 и цифровые инклинометры серии NIVEL 200 фирмы Leica Geosystem, а также управляющее программное обеспечение GeoMos той же фирмы (рис. 4). Схема расположения TM-30 и NIVEL 200 на объекте приведена на рис. 5.

### Электронный тахеометр-автомат **TM 30**

#### Характеристики

- Измерение углов:  $\sigma = 1.0''$  (Hz, V)
- Измерение линий:  $\sigma = 0.6\text{mm} + 1\text{ppm}$
- Дальность:  $>10'000\text{m}$
- Автонаведение на цель: до 3000м
- Точность ATR 1''



### Визирные цели **GMP104**



### Управляющая программа

### **GeoMos**

### Каналы связи и инфраструктура

### Датчики углов наклона **Nivel**

#### Характеристики

- Диапазон: А +/- 1.51 мрад (5' 30")
- В +/- 2.51 мрад (9' 30")
- С +/- 3.00 мрад (11')



■ Точность	A	$\pm 1,05''$ (0,5 мм/100м)
	B	$\pm 3,15''$ (1,5 мм/100м)
	C	$\pm 10,05''$ (5,0 мм/100м)

Рис. 4. Состав АГДСМ

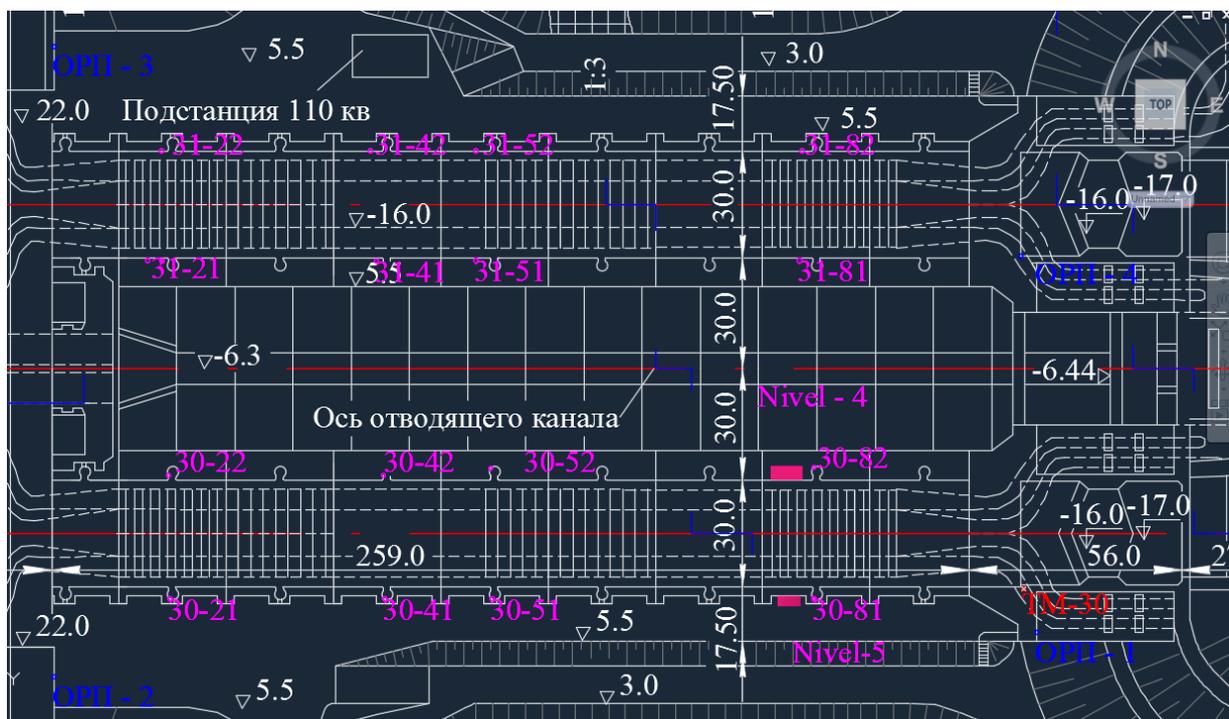


Рис. 5. Схема расположения тахеометра TM30 и инклинометров NIVEL200

Определение трехмерных перемещений контрольных точек выполнялось электронным тахеометром ТМ30 полярным способом. Технические характеристики тахеометра на рис. 4.

Тахеометр устанавливался на пилоне трубчатой конструкции, управляющий промышленный компьютер был смонтирован в специальном ящике в непосредственной близости от пилона и соединен с тахеометром кабелем.

Контрольные точки были закреплены призмами, попарно, на противоположных стенках секций 2,4,5,8 шлюзов 30 и 31. Расстояние до самой дальней точки составляло 266,5 метра (31-22), до самой ближней 46,7 метра (30-81).

Управляющее ПО GeoMos обеспечивало выполнение программы наблюдений и постобработки полученных результатов.

Программа наблюдений подразумевала периодическую установку тахеометра на пилоне для проведения очередного цикла наблюдений и включала следующие операции:

- периодическое переопределение координат базовой точки и ориентирование прибора методом обратных либо линейно-угловой, либо линейной засечки перед началом очередного цикла наблюдений.

- определение координат контрольных точек полярным способом при двух кругах каждые 5 минут.

- снятие отсчетов с комбинированного датчика температуры и давления каждые 10 минут. Полученные данные использовались для автоматического введения поправок в измеренные тахеометром линии.

Контрольные точки на шлюзе 30 и 31 были объединены в две группы, для каждой группы выполнялась вышеуказанная программа наблюдений. Данные поступали на управляющий компьютер и хранились в базе данных SQL (Structured Query Language — «язык структурированных запросов»), а средствами приложений GeoMos просматривались и визуализировались как оперативная информация, так и информация из базы данных.

Для контроля стабильности положения пилона с электронным тахеометром предусматривалось его периодическое переопределение относительно четырех твердых пунктов методом обратной линейной и линейно-угловой засечки. Твердые пункты были закреплены призмами-отражателями на стабильном основании.

Переопределения выполнялись с периодичностью один раз в сорок минут. Автоматическое обновление координат тахеометра не выполнялось, собранные данные использовались только для контроля.

Относительное плановое положение стенок шлюзов друг относительно друга, как за длительный период, так и в периоды шлюзований определялось путем непосредственных измерений восьми горизонтальных проложений между парными точками на противоположных стенках секций, а также их вычислениями по определенным тахеометром координатам контрольных точек.

Для сравнения горизонтальные перемещения контрольных точек в направлении, перпендикулярном оси шлюза, определялись по данным высокоточных

датчиков- инклинометров NIVEL. Два датчика-инклинометра были установлены на шлюзе №30 на противоположных стенках секции № 8.

Управление датчиками-инклинометров выполнялось ПО GeoMos. Вычисление горизонтальных смещений осуществляется путём пересчета угла наклона в линейную величину; по конструкции шлюзовой камеры высота стенки шлюза составляет 20 м., вычисления смещений выполнялись каждую минуту.

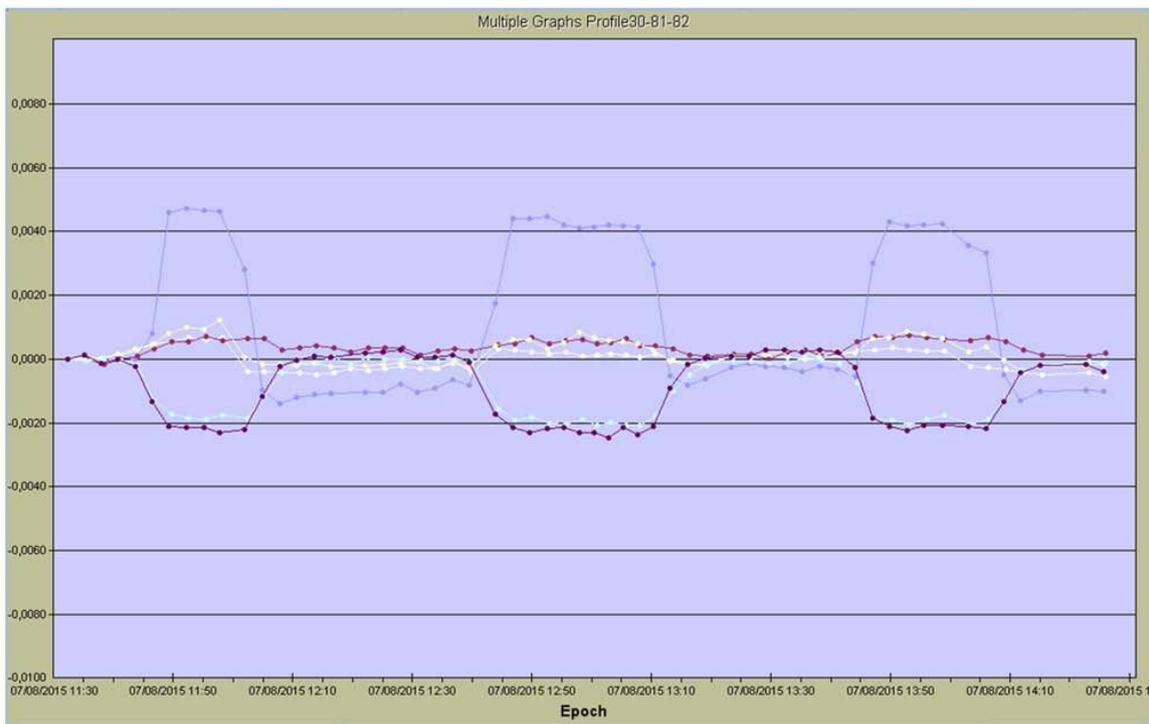
В данном проекте были использованы два датчика-инклинометра, технические данные которых приведены на рис. 4. Инклинометры были закреплены на противоположных стенках секции № 8, шлюза № 30. Для получения общего изменения длины линии между двумя противоположными стенками результаты, полученные для каждого инклинометра, складывались и визуализировались программой GeoMos в виде графика и рассматривались как отдельный виртуальный сенсор.

Преимущества инклинометра типа NIVEL220 – полностью автоматическая и практически не обслуживаемая работа после установки и наладки, высокая чувствительность инклинометров, прямое измерение наклонов стенок шлюза в двух плоскостях. Ограничения – достаточно высокая стоимость при использовании большого количества инклинометров.

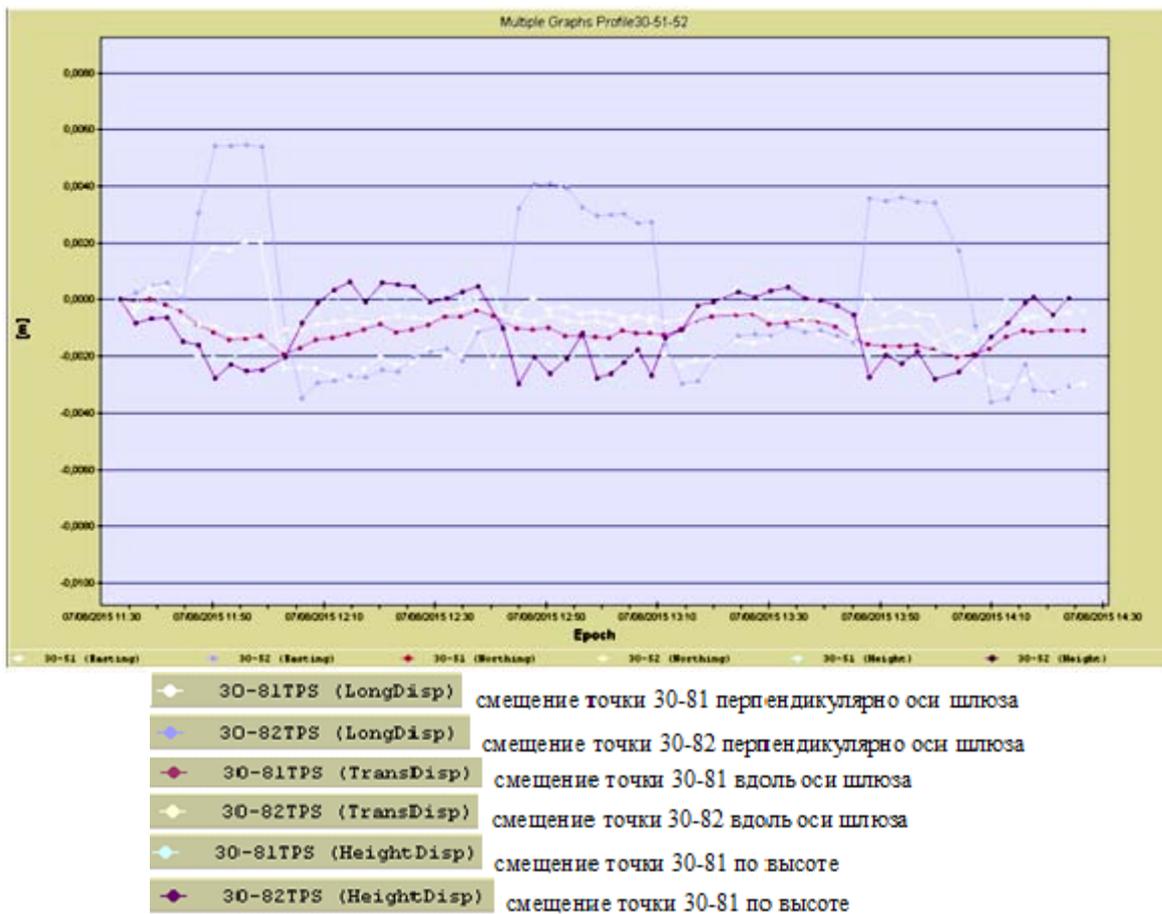
Ниже на графике отражены данные по трем шлюзованиям в период 07.08.2015 с 11ч. 30 мин. до 14 ч. 20 мин. Среднее расстояние для данных контрольных точек от тахеометра составляло 46,7 метра. Возвратные деформации в плане по точке 30-81 в среднем составляли 0.4 – 0.5 мм, по точке 30-82 в среднем 4,2 - 4.5мм в направлении, перпендикулярном оси шлюза, в направлении вдоль оси – в среднем 0.3 - 0.5 мм для обеих точек. По высоте видны четко зафиксированные упругие деформации величиной 2мм для обеих точек. Для наглядности на графиках показаны изменения относительно первого измерения во взятом временном интервале (рис. 6а и б).

Во время проведения работ использовались два способа контроля стабильности положения тахеометра: 1 – периодическое переопределение координат методом обратной линейно-угловой засечки и 2- методом линейной засечки. Во время эксперимента засечка выполнялась в автоматическом режиме с периодом от 40 мин до 15 минут. Координаты станции, по которым рассчитывались координаты искомых контрольных точек, принимались по результатам измерений, выполненных вручную в начале каждого рабочего дня, результаты автоматических повторных измерений использовались только для оценки работы системы (рис. 7 и 8).

На этих графиках: сплошная полоса – координаты станции определенные вручную, отдельные точки – определенные в автоматическом режиме. Так же на графиках показана кривая отсчетов по датчикам-инклинометрам, позволяющая считать, что в период шлюзования можно не учитывать изменение координат тахеометра, поскольку, как выяснилось, пилон с тахеометром перемещался вместе с сооружением.



а



б

Рис. 6. Планово-высотные смещения контрольных точек; (а) – расстояние от тахеометра до контрольных точек 46,7 м, (б) – расстояние от тахеометра о контрольных точек 144 м

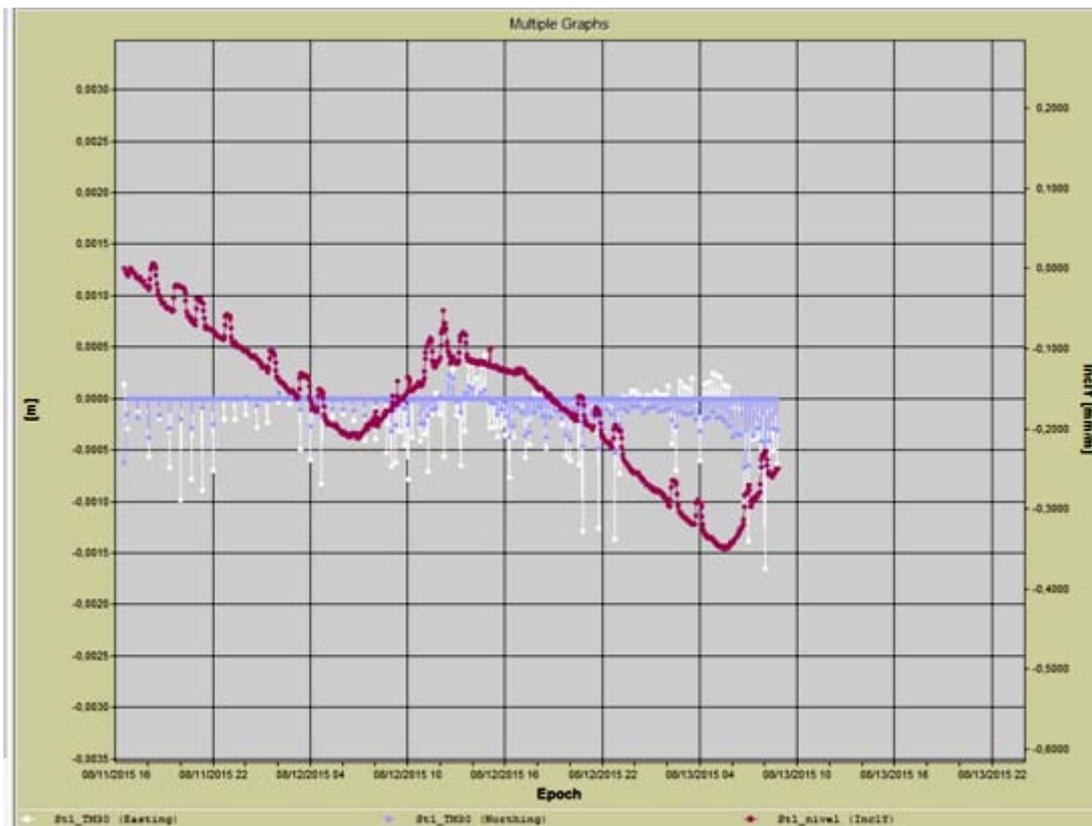


Рис. 7. Обратная линейная засечка, в автоматическом режиме измерений разброс координат составляет  $\pm 0,25$  мм

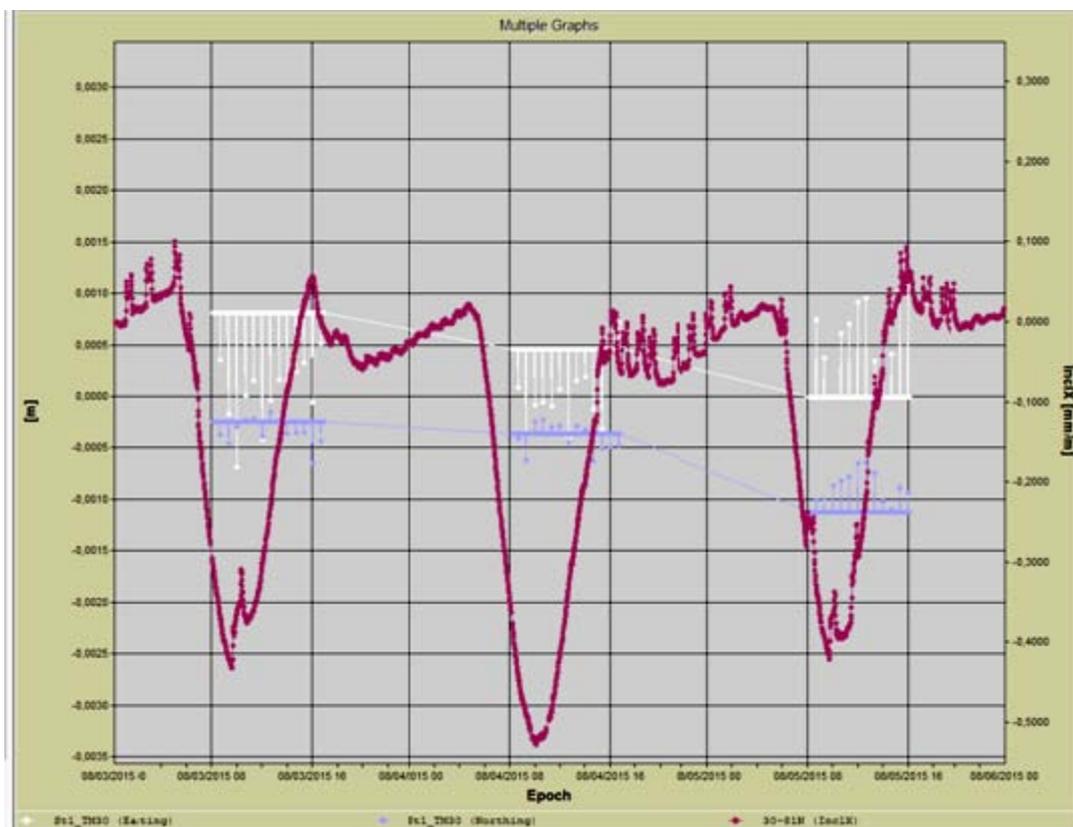


Рис. 8. Обратная линейно-угловая засечка, в автоматическом режиме измерений разброс координат составляет  $\pm 0,5$  мм

- Изменения трехмерного положения контрольных точек в периоды шлюзования при помощи высокоточного электронного тахеометра определяются достаточно надежно;

- опытным путем для конкретных условий проведения данного исследования и для ЭТА типа ТМ-30 установлено, что оптимальные результаты получаются при максимальном удалении контрольных точек от электронного тахеометра не более 170-180 метров;

- система мониторинга надежно фиксировала плановые перемещения в периоды шлюзования в пределах 4-5 мм и высотные деформации величиной  $\pm 2$ мм на расстояниях до контрольных точек от 46м до 174м.

- неравномерные горизонтальные смещения внешних стенок шлюзов (примыкающих к грунту) в среднем составили 1,5 - 2,5 мм, а внутренних (соединенных между собой лотком для сброса воды) от 4 до 5,5 мм;

- полностью подтвердилась целесообразность и рентабельность измерений горизонтальных смещений стенок секций шлюзов системой высокоточных датчиков наклонов - высокоточных инклинометров типа NIVEL200 (рис. 9); направление кренов в продольном и поперечном направлениях в периоды шлюзования, а также вычисленные значения горизонтальных смещений полностью совпадают с данными измерений, полученных роботизированными тахеометрами;



Рис. 9. Горизонтальные смещения по данным измерений инклинометров

- проведение испытаний АСГДМ в рамках данного пилот-проекта позволяет утверждать, что стенки камер шлюзов при наполнении и опорожнении наклоняются равномерно, без изломов и имеют вышеприведенные численные значения;

- при суточных наблюдениях влияние температуры становится существенным (рис. 10). При долгосрочных наблюдениях следует устанавливать инклинометры в местах, защищенных от солнечного нагрева;

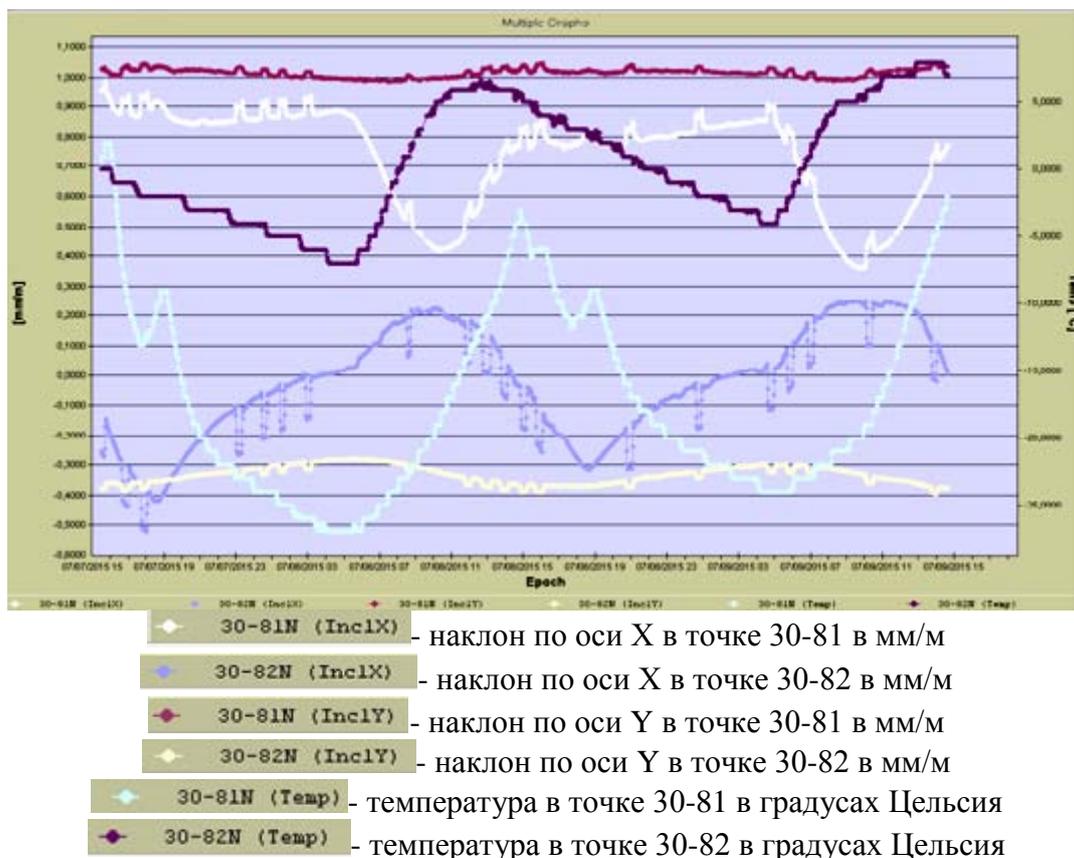


Рис. 10. Измеренные наклоны инклинометрами в мм/м

- датчики-инклинометры работают полностью в автоматическом режиме, имеют высокую чувствительность, могут непрерывно выдавать информацию в течение 24 часов в сутки;

- наблюдения по взаимному влиянию шлюзов 30 и 31 друг на друга при наполнении и опорожнении показали, что при наполнении шлюза № 30 шлюз № 31 «всплывает» на 2-2.5мм. Если рассматривать каждый шлюз в отдельности, то невозможно объяснить некоторые зафиксированные на графиках перемещения. Выглядит это как паразитный шум, а на самом деле это влияние процессов, происходящих на соседнем шлюзе.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хиллер Бернд. Технология геодезического деформационного мониторинга – опыт применения. «Открытый градостроительный форум, сессия «Безопасность строительства и эксплуатации объектов», Новосибирск 2010г., стр. 111-115.
2. Хиллер Бернд, Староверов С.В., Мясников Я.В. О возможности использования цифровой инклинометрии для геодезического мониторинга инженерных сооружений. Известия ВУЗов «геодезия и аэрофотосъёмка». 2015г. №1, стр. 86-87.

3. Kompendium “Die Geheimnisse der Neigungmesstechnik”, Wyler AG, Winterthur. Switzerland, стр. 86-87.
4. Руководство по эксплуатации инклинометров серии NIVEL200.
5. Хиллер Бернд. Цифровые инклинометры в системах автоматизированного геодезического мониторинга деформаций. Известия ВУЗов «Геодезия и аэрофотосъемка», 2015г. №6, с. 23-30.
6. Хиллер Бернд. Староверов В.С., Шульц Р.В., Адаменко А.В. Геодезический мониторинг мостов. Градостроительство и территориальное исследование. К., КНУБА, 2011г., вып. 39, стр. 413-420.

© Бернд Хиллер, Х. К. Ямбаев, 2016

## **ВОПРОСЫ ПРАВОВОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

### ***Геннадий Германович Побединский***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, кандидат технических наук, директор, тел. (495)456-95-80, e-mail: pobedinskiy\_gg@nsdi.rosreestr.ru

### ***Александр Николаевич Прусаков***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, кандидат экономических наук, начальник Управления технического регулирования и средств измерений, тел. (495)456-91-49, e-mail: prusakov\_an@nsdi.rosreestr.ru

Выполнен анализ современного состояния правового и технического регулирования геодезической и картографической деятельности в Российской Федерации, в том числе национальными и отраслевыми стандартами, документами системы ГКИНП (геодезические, картографические инструкции, нормы и правила). Рассмотрены направления совершенствования технического регулирования в сфере геодезии и картографии в связи с принятием в 2015 г. Федеральных законов «О стандартизации в Российской Федерации» и «О геодезии, картографии и пространственных данных ...».

**Ключевые слова:** геодезические, картографические стандарты, инструкции, нормы и правила, техническое регулирование и метрология в сфере геодезии и картографии, методики измерения.

## **THE ISSUES OF LEGAL AND TECHNICAL REGULATION OF GEODETIC AND CARTOGRAPHIC ACTIVITY IN THE RUSSIAN FEDERATION**

### ***Gennady G. Pobedinsky***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya, St., 26, candidate of technical sciences, director, tel. (495)456-95-80, e-mail: pobedinskiy\_gg@nsdi.rosreestr.ru

### ***Alexander N. Prusakov***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya, St., 26, candidate of economic sciences, Chief of Department of technical regulation and control of measuring instruments, tel. (495)456-91-49, e-mail: prusakov\_an@nsdi.rosreestr.ru

The modern analysis of normative and technical regulation of geodetic and cartographic activity in the Russian Federation was done including national and professional standards, documents of GCINR (geodetic, cartographic instructions, norms and rules) system. The directions of technical regulation improvements in the field of geodesy and cartography were considered in line with the event of adoption in the year 2015 of Federal laws named: «About Standardization in the Russian Federation» and «About Geodesy, Cartography and ISD...».

**Key words:** geodetic, cartographic standards, manuals, norms and rules, technical regulation, metrology, method of measurements.

Правовое и техническое регулирование геодезической и картографической деятельности в Российской Федерации осуществляется на основе нормативных правовых актов и нормативно-технических документов различного уровня.

Основными нормативными правовыми актами, регулирующими отношения в сфере геодезии и картографии, являются:

– Конституция Российской Федерации и Федеральные конституционные законы;

– международные договоры и соглашения;

– федеральные законы, непосредственно регулирующие указанную деятельность;

– федеральные законы, регламентирующие геодезическую и картографическую деятельность в смежных отраслях в составе иной деятельности;

– акты Президента Российской Федерации;

– акты Правительства Российской Федерации, нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти.

Нормативно-техническое регулирование в области геодезии и картографии осуществляется следующими группами нормативно-технических документов (НТД), устанавливающих порядок организации геодезических и картографических работ, технические требования к ним, нормы и правила их выполнения:

– нормативно-технические документы, разработанные и утвержденные федеральными органами исполнительной власти в области геодезии и картографии и в области обороны;

– нормативно-технические документы, разработанные в рамках системы ГКИНП (геодезические, картографические инструкции, нормы и правила);

– нормативно-технические документы, разработанные и утвержденные после вступления в силу Федерального закона «О техническом регулировании» [1] и неприменения системы ГКИНП;

– межгосударственные, государственные, национальные, отраслевые и другие стандарты в области геодезии и картографии.

Особое место в системе правового и технического регулирования занимают технические регламенты, являющиеся, с одной стороны нормативными правовыми актами уровня Федерального закона, с другой стороны нормативными документами технического регулирования, и с третьей стороны нормативными документами, включающими положения национальных стандартов.

Принятие в 2015 г. Федеральных законов «О стандартизации в Российской Федерации» [3], «О геодезии, картографии и пространственных данных ...» [5], внесение изменений в ряд федеральных законов, регламентирующих геодезическую и картографическую деятельность в составе иной деятельности, привели к необходимости ускорения процесса переработки и разработки нормативных правовых актов и нормативно-технических документов различного уровня.

В настоящее время в Минэкономразвития России и Росреестре организована и проводится работа по анализу нормативных документов в области геодезии и картографии и подготовке предложений по их переработке.

Основы правового регулирования геодезической и картографической деятельности заложены в Конституции Российской Федерации, согласно которой геодезия и картография, а также наименования географических объектов в соответствии со статьей 71 (пункт "р") отнесены к ведению Российской Федерации.

Нормы правового регулирования геодезической и картографической деятельности применены в некоторых Федеральных конституционных законах, так, например, Федеральным конституционным законом «О принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образовании в составе Российской Федерации новых субъектов - Республики Крым и города федерального значения Севастополя» [29] дано определение Государственной границы Российской Федерации в районе границы Республики Крым на суше, сопряженной с территорией Украины.

Правовое и техническое регулирование в сфере геодезии и картографии в Российской Федерации до недавнего времени осуществлялось в правовом поле Федеральных законов «О геодезии и картографии» [4], «О наименованиях географических объектов» [6], «О техническом регулировании» [1], «Об обеспечении единства измерений» [2], «О лицензировании отдельных видов деятельности» [7,8], «О навигационной деятельности» [9], «О космической деятельности» [10], «О государственном кадастре недвижимости» [11].

Указанные законы регулируют отношения в сфере установления требований и норм к продукции, проверки соответствия продукции установленным требованиям, обеспечения единства измерений, а также отношения, возникающие при разработке (ведении), утверждении, изменении (актуализации), отмене, опубликовании и применении документов по стандартизации.

Примером нормативного акта Президента Российской Федерации в части регулирования геодезической и картографической деятельности в Российской Федерации является Указ «Об утверждении Перечня сведений, отнесенных к государственной тайне» [12], определяющий отнесенные к государственной тайне геопространственные сведения по территории Российской Федерации и другим районам Земли, раскрывающие результаты топографической, геодезической, картографической деятельности, деятельности по дистанционному зондированию Земли, и государственные органы и организации, наделенные полномочиями по распоряжению этими сведениями.

В рамках реализации вышеперечисленных нормативных актов правовое регулирование в сфере геодезии и картографии реализуется посредством подзаконных нормативных актов Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти.

Примером нормативного акта Правительства Российской Федерации в части регулирования геодезической и картографической деятельности в Российской Федерации является постановление Правительства Российской Федерации «О федеральной системе сейсмологических наблюдений и прогноза землетря-

сений» [15], определяющее перечень служб, входящих в эту систему и федеральные органы исполнительной власти, в ведении которых находятся эти службы. В соответствии с этим постановлением в систему сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений входит служба контроля деформации земной поверхности Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Федеральной службы геодезии и картографии России).

Примером нормативно-технических актов, разработанных и утвержденных федеральными органами исполнительной власти в области геодезии и картографии и в области обороны является комплекс Руководств по картографическим и картоиздательским работам части 1 – 4 [33-36], определяющих технические и технологические требования к процессам создания и обновления государственных топографических карт масштабов 1:25000 – 1:1000000, а также обзорно-топографических карт масштабов 1:2500000 и мельче.

Созданная ранее на протяжении нескольких десятков лет база нормативно-технических документов системы ГКИНП (геодезические, картографические инструкции, нормы и правила) составляет около 300 утвержденных документов.

В соответствии со статьёй 6 Федерального закона «О геодезии и картографии» [4] нормативно-технические документы в области геодезической и картографической деятельности устанавливающие порядок организации геодезических и картографических работ, технические требования к ним, нормы и правила их выполнения утверждались федеральным органом исполнительной власти в области геодезии и картографии, а также по согласованию с ним иными федеральными органами исполнительной власти в пределах их компетенции. Кроме того, эти нормативно-технические документы были обязательны для исполнения всеми субъектами геодезической и картографической деятельности, предназначены для государственного регулирования геодезической и картографической деятельности и являлись основой для проведения государственных и иных экспертиз, осуществления федерального государственного надзора в области геодезии и картографии, а также для решения спорных вопросов.

Разработка и утверждение нормативно-технических и методических актов на производство топографо-геодезических и картографических работ на территории Российской Федерации с 1994 г. осуществлялась на основе требований инструкции ГКИНП (ГНТА)-119-94, регламентирующей этот вид деятельности [22]. До этого разработка и утверждение нормативно-технических документов осуществлялась на основе инструкции ГКИНП-119-79.

Инструкция была разработана в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации и Положением о Федеральной службе геодезии и картографии Российской Федерации (Роскартографии). Инструкция устанавливает требования к содержанию, классификации, назначению, порядку разработки, утверждения, регистрации и введения в действие нормативно-технических и методических актов на производство топографо-геодезических и картографических работ на территории Российской Федерации. При подготовке Инструкции были учтены требования, вытекающие из постановления Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 23 июля 1993 г.

№ 722 «Об утверждении правил подготовки нормативных актов» [14] (в настоящее время действует постановление Правительства Российской Федерации от 13 августа 1997 г. № 1009 «Об утверждении Правил подготовки нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти и их государственной регистрации» [16]).

Установление в данной инструкции единых требований к нормативно-техническим и методическим актам на производство топографо-геодезических и картографических работ было направлено на обеспечение единства измерений, стандартизации технических средств и типизации технологий, а также на совершенствование организации учета и контроля работ. Введение ее в действие было направлено на повышение качества выполнения топографо-геодезических и картографических работ и более эффективное использование их результатов.

Нормативно-технические и методические акты, утверждаемые в соответствии с данной инструкцией Федеральной службой геодезии и картографии России, составляют единую систему геодезических, картографических инструкций, норм и правил на производство топографо-геодезических и картографических работ, выполняемых предприятиями, организациями и учреждениями независимо от их организационно-правовых форм. Нормативно-технические и методические акты на производство топографо-геодезических и картографических работ проверялись на соответствие с законами Российской Федерации и основывались на новейших достижениях науки и техники, передовом опыте производства и управления.

Вновь разрабатываемые нормативно-технические и методические акты (НТА) в совокупности с действующими должны были обеспечивать проведение топографо-геодезических и картографических работ в стране по единым техническим нормам и требованиям. К топографо-геодезическим и картографическим работам были отнесены геодезические, астрономо-геодезические, гравиметрические, топографические, топографо-геодезические процессы в составе маркшейдерских работ и инженерных изысканий, аэросъемочные, картографические, картоиздательские и кадастровые работы, а также создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем.

Нормативно-технические и методические акты (НТА) на производство топографо-геодезических и картографических работ в зависимости от сферы распространения, были разделены на следующие категории:

– общегосударственные (общероссийские) нормативно-технические и методические акты, обязательные для всех министерств, ведомств, предприятий, организаций и учреждений независимо от их ведомственной принадлежности и территориального размещения (ГНТА);

– ведомственные (отраслевые) нормативно-технические и методические акты, разрабатываемые в соответствии с общегосударственными (общероссийскими) актами со сферой действия внутриведомственного (отраслевого) назна-

чения, обязательные для предприятий, организаций и учреждений данного ведомства (ОНТА).

Разработка и утверждение общегосударственных (общероссийских) нормативно-технических и методических актов (ГНТА) на производство топографо-геодезических и картографических работ в стране осуществлялась Федеральной службой геодезии и картографии России с участием других заинтересованных министерств и ведомств.

Разработка и утверждение отраслевых нормативно-технических и методических актов (ОНТА) на производство топографо-геодезических и картографических работ осуществлялась соответствующими федеральными органами исполнительной власти по отраслевой принадлежности и их геодезическими службами по согласованию с Федеральной службой геодезии и картографии России.

Нормативно-технические и методические акты на производство топографо-геодезических и картографических работ подлежали обязательной централизованной регистрации и учету в специализированной организации, находящейся в ведении Федеральной службы геодезии и картографии России – в Центральном картографо-геодезическом фонде.

Нормативно-технические и методические акты вступали в силу в общем случае после их утверждения, опубликования как официальных изданий и доведения до заинтересованных организаций.

Нормативно-технические и методические акты на производство топографо-геодезических и картографических работ могли иметь авторство, которое устанавливалось в соответствии с законодательством Федеральной службой геодезии и картографии России на принципиально новые разработки, признанные особым решением научным произведением, отвечающим требованиям для установления авторства.

Инструкцией была установлена следующая классификация видов актов:

- основные положения;
- инструкции;
- нормы и перечни;
- правила;
- словари-справочники географических названий;
- руководства;
- руководящие технические материалы (РТМ);
- методические указания (рекомендации).

Основные положения в четкой и сжатой форме определяли назначение топографо-геодезических (астрономо-геодезических, гравиметрических, нивелирных, топографических, аэросъемочных и других) и картографических работ; выбор: систем координат и высот, картографических проекций, масштабов топографических съемок, сечения рельефа; устанавливали основные технические требования к точности, способам, методам и технологиям (методикам) производства геодезических, топографических и картографических работ, к геодези-

ческой основе и содержанию топографических карт, планов, фотокарт и цифровых моделей местности, географических карт и атласов. В них определяться и другие наиболее важные вопросы производства и качества результатов топографо-геодезических и картографических работ (создание геоинформационных систем, топографо-геодезическое обеспечение ведения кадастров и кадастровых систем, мониторинг, вопросы государственного геодезического надзора и т.д.).

Инструкции детализировали технические требования основных положений и более конкретно определяли технологические схемы производства топографо-геодезических и картографических работ, средства и методы измерений; устанавливали требования к математической обработке и оценке точности астрономических и гравиметрических определений, геодезических, топографических и фотограмметрических измерений, единые требования к качеству, контролю и приемке работ, к каталогизации и оформлению материалов; устанавливали порядок и типовые формы комплектации подлежащих дальнейшему использованию и хранению документов.

Условные знаки для всех видов создаваемых карт и планов относились к инструкциям по топографическим и картографическим работам. Условные знаки устанавливали технические и методические требования к изображению на картах, планах и в атласах контуров и объектов местности (населенных пунктов, гидрографии, почвенно-растительного покрова), рельефа, границ политико-административного и территориального деления, других элементов.

К нормам относились документы, устанавливающие технические требования на выполнение специальных топографо-геодезических и картографических работ, связанные с накоплением, хранением, расходом и естественной убылью (износом) материалов, применяемых при топографо-геодезических и картографических работах и т.п.

Перечни топографо-геодезических, аэросъемочных, картографических материалов, материалов космических съемок и дистанционного зондирования также относились к нормам. Они устанавливали сроки и порядок хранения этих материалов (и результатов работ) с целью их многократного и многоцелевого использования.

Инструкции и правила по транскрипции географических названий устанавливали правила присвоения и написания на топографических картах, планах, в атласах, в словарях-справочниках географических названий и в других изданиях наименований географических объектов, присвоенных им на различных языках и наречиях.

Словари-справочники географических названий содержали названия географических объектов Российской Федерации, других стран и отдельных регионов и устанавливали единое их написание во всех российских изданиях на русском языке.

Правила относились к НТА, устанавливающим требования к конкретным процессам и subprocessам топографо-геодезических и картографических работ, которые не регламентированы другими категориями НТА. Правила закрепления пунктов геодезических сетей устанавливали конструкцию, технологию из-

готовления и закладки центров (реперов, марок) в зависимости от физико-географических условий местности. В них определялись условия, выполнение которых обеспечивает долговременную сохранность и метрологическую стабильность всех геодезических пунктов, находящихся под особой охраной государства. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических и картографических работах определяли специальные требования к организации и технологии работ, предъявляемые с целью исключения производственного травматизма.

Руководства составлялись в развитие основных положений, инструкций, норм и правил. Они устанавливали подробные технологические схемы и порядок ведения работ, включая выбор технических средств, методов, приемов. Руководства содержали формы технической и технологической документации, необходимые паспортные данные технических средств измерений, правила лабораторно-полевых проверок и юстировки приборов, пояснять принципы работы и эксплуатации аппаратуры и т.д.

Руководящие технические материалы (РТМ), как правило, составлялись по отдельным направлениям топографо-геодезического и картографического производства, связанным с внедрением новых технологий, приборов и научной организации, создания системы управления качеством работ, а также в развитие действующих нормативно-технических и методических актов.

Этот вид НТА совместно с методическими указаниями (рекомендациями) предусматривается в основном для обеспечения оперативного внедрения технических новшеств и технологий.

Методические указания (Рекомендации) допускались к применению в целях избежания излишней регламентации топографо-геодезических и картографических работ, ведущихся ведомственными организациями и относящихся глубоко к опытно-методическим, выполняемым по принципиально новым направлениям работы в случаях, когда создание обязательных, указанных выше актов, по каким-либо причинам преждевременно (незавершенность технологий, технических средств и т.п.) и необходима опытно-производственная апробация для их совершенствования и внедрения.

Нормативно-техническое обеспечение геодезического и картографического производства достигалось при помощи развития и совершенствования всей системы нормативно-технических актов, а также развитием и совершенствованием системы государственных стандартов согласно установленному порядку их создания и в пределах полномочий Федеральной службой геодезии и картографии России и Комитетом Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации. При разработке положений, норм и требований, содержащихся в нормативно-технических и методических актах, выборе вида, названия НТА руководствовались следующими основными методологическими принципами:

- целевой ориентации;
- приоритетности народнохозяйственного и межотраслевого подхода;
- сбалансированности;

- комплексности;
- системности (согласованности);
- гармонизации, т.е. использования и взаимного обмена отечественного и зарубежного опыта в нормотворческой деятельности.

Разработка новых и пересмотр устаревших нормативно-технических и методических актов осуществлялись в соответствии с годовыми и перспективными планами и программами, утверждаемыми Федеральной службой геодезии и картографии России.

Организационно разработка нормативно-технических и методических актов проводилась по направлениям деятельности головных научно-исследовательских институтов ЦНИИГАиК<sup>1)</sup>, центров геоинформации, ГЦ «Природа», а также ПКО «Картография», ответственных за стандартизацию, нормативно-техническое обеспечение топографо-геодезических и картографических работ, выпуска геодезической продукции, включая все аспекты этого обеспечения (технические, правовые и экономические).

Общее методическое руководство совершенствования всей системы нормативно-технических и методических актов осуществляла головная научно-исследовательская организация Федеральной службы геодезии и картографии России – ЦНИИГАиК<sup>1)</sup>.

С вступлением в силу Федерального закона «О техническом регулировании» [1], разработка нормативно-технических и методических актов в соответствии с Инструкцией ГКИНП (ГНТА)-119-94 [22] была приостановлена.

Примером нормативно-технических документов, разработанных и утвержденных вне рамок системы ГКИНП, после вступления в силу Федерального закона «О техническом регулировании» [1], является приказ Минэкономразвития России «Об утверждении требований к составу, структуре, порядку ведения и использования единой электронной картографической основы федерального, регионального и муниципального назначения» [18].

Дальнейшее развитие системы технического регулирования геодезической и картографической деятельности осуществлялось в соответствии с Методическими рекомендациями по разработке систем технического регулирования в отраслях и сферах деятельности [30]. В соответствии с Методическими рекомендациями отраслевые системы технического регулирования должны строиться на основе единого понимания конструкции технического законодательства и общих системных принципов. Система технического регулирования в области геодезии и картографии должна включать:

- специальные технические регламенты;
- национальные стандарты, гармонизированные с техническими регламентами;
- национальные стандарты;
- соответствующие разделы общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации;
- стандарты организаций.

При этом стандарты в новой системе технического регулирования имеют статус документов исключительно рекомендательного характера.

В 2006 году по заданию Федерального агентства геодезии и картографии (Роскартографии) в рамках НИР «Разработка системы технического регулирования в области картографии» и «Разработка системы технического регулирования в области геодезии» ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР»<sup>1)</sup> и ФГУП «ЦНИИГАиК»<sup>1)</sup> был подготовлен Проект документа «Предложения по формированию комплекса стандартов для обеспечения системы технического регулирования в области геодезии и картографии» с приложением Перечней действующих НТД в области геодезической и картографической деятельности и предложения по их использованию, пересмотру, переработке. Одновременно в 2006 году по государственному контракту с Министерством промышленности и энергетики Российской Федерации ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР»<sup>1)</sup> приступил к разработке технического регламента «О требованиях к геодезической и картографической продукции, материалам и данным, их производству и реализации». К сожалению эта работа не была завершена в связи с прекращением финансирования.

В области стандартизации в сфере геодезии и картографии совместными приказами Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарта России) и Федеральной службы геодезии и картографии Российской Федерации (Роскартографии) на базе ЦНИИГАиК<sup>1)</sup> в 1996 году был создан технический комитет по стандартизации ТК 394 «Географическая информация/геоматика», а в 1998 году технический комитет по стандартизации ТК 404 «Геодезия и картография».

Примером разработанных в это время стандартов могут служить стандарты серии «Термины и определения»:

- ГОСТ 28441-99 (Межгосударственный стандарт). Картография цифровая. Термины и определения;
- ГОСТ Р 51833-2001. Фотограмметрия. Термины и определения;
- ГОСТ Р 52369-2005 Фототопография. Термины и определения. Общие понятия;
- ГОСТ Р 52438-2005 Географические информационные системы. Термины и определения.

В настоящее время в сфере геодезии и картографии нашли распространение нормативные документы по стандартизации следующих категорий – ГОСТ, ГОСТ Р, СТО, РТМ, РД, МИ. Кроме того, сохраняют свое действие стандарты отрасли (ОСТ), разработанные до введения законодательства по техническому регулированию.

На уровне ГОСТ и ГОСТ Р созданы стандарты следующих видов:

- ОТУ (общие технические условия);
- ОТТ (общие технические требования);
- ТУ (технические условия) на типы, основные параметры и технические требования, а также на термины и определения.

Требования к видам документов по стандартизации и их содержанию в настоящее время устанавливаются Федеральным законом «О стандартизации в Российской Федерации» [3].

Стандартизация в топографо-геодезическом и картографическом производстве осуществляется в целях:

- внедрения передовых технологий;
- повышения уровня безопасности жизни или здоровья людей, охраны окружающей среды, природных ресурсов, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;
- оптимизации и унификации номенклатуры продукции;
- повышения уровня организации при поставке товаров, выполнении работ, оказании услуг;
- обеспечения единства измерений и сопоставимости их результатов;
- предупреждения действий, вводящих потребителя продукции в заблуждение;
- обеспечения потребности граждан, общества и государства в получении объективных и достоверных геодезических и картографических материалов и пространственных данных.

Основными объектами стандартизации в отрасли являются:

- термины и определения;
- технические требования к продукции (в том числе к приборной продукции топографо-геодезического назначения);
- методы испытаний продукции;
- методики выполнения измерений;
- методы и средства поверки средств измерений топографо-геодезического и картографического назначения;
- способы, приемы, режимы, нормы выполнения различного рода работ и услуг в процессе разработки, изготовления, контроля, хранения, транспортирования, ремонта приборной продукции топографо-геодезического и картографического назначения;
- охрана труда и техника безопасности.

Организационно-методической базой для разработки стандартов в отрасли служат основополагающие документы национальной системы стандартизации России, гармонизированные с международными стандартами. На основе и в развитие этих стандартов в отрасли разработаны и внедрены стандарты организации.

Вся практическая деятельность по разработке стандартов осуществляется через технические комитеты по стандартизации. В области геодезии, картографии и пространственных данных в настоящее время действуют технические комитеты ТК 394 «Географическая информация/геоматика», ТК 404 «Геодезия и картография», которые работают на базе ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», и подкомитет ПК7 «Радионавигационные средства для геодезических, гидрографических и землеустроительных работ» ТК 363 «Радионавигация», который образован на базе ОАО «НТЦ Интернавигация».

Целью деятельности технических комитетов является реализация положений Федеральных законов «О техническом регулировании» [1], «О стандартизации в Российской Федерации» [3] и смежных с ним законодательных актов, а также содействие повышению эффективности работ по стандартизации на национальном и международном уровнях.

В своей работе технические комитеты руководствуются действующим законодательством, стандартами национальной системы стандартизации Российской Федерации, другими нормативными документами, утвержденными национальным органом по стандартизации, Положением о техническом комитете.

В задачи технических комитетов входят следующие вопросы:

- планирование разработки стандартов;
- осуществление разработки стандартов и др. нормативных документов;
- обсуждение проектов нормативных документов;
- проведение экспертизы нормативных документов, разработанных в закрепленных за ТК областях деятельности.

В связи с изменениями в законодательстве по стандартизации и метрологии, передачей функций по геодезии и картографии в Росреестр, проведением реорганизации в структуре Росреестра, в 2015-2016 годах произведена реорганизация технических комитетов ТК 394 и ТК 404.

В области геодезии и картографии действуют около 50 межгосударственных (ГОСТ) и национальных (ГОСТ Р) стандартов, охватывающих термины и определения, требования к геодезической и картографической продукции, требования к геодезическим и картографическим приборам, методам их испытаний и поверки. В Справочнике стандартных (нормативных) терминов «Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, геоинформационные системы, пространственные данные» [37] приведены термины около 100 межгосударственных, национальных, отраслевых стандартов и рекомендаций Росстандарта.

Информация о межгосударственных и национальных стандартах РФ публикуется в ежегодных указателях стандартов, издаваемых ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ" Росстандарта на сайте Росстандарта [www.gost.ru](http://www.gost.ru). Сведения о действующих нормативных документах системы стандартизации в области геодезии и картографии публиковались в Указателе действующих нормативно-технических документов, ранее периодически издававшемся ОНТИ ФГУП «ЦНИИГАиК»<sup>1)</sup>.

Одно из важных направлений при разработке стандартов – успешное взаимодействие с Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандартом), как федеральным органом исполнительной власти в области разработки стандартов и метрологии. Особенно необходимо такое взаимодействие при разработке проектов национальных стандартов - начинается оно с планирования работ, включает взаимодействие при подготовке и опубликовании уведомлений о начале и завершении разработки проектов стандартов и завершается проведением экспертизы проектов и их изданием.

Взаимодействие между двумя ведомствами в области стандартизации и метрологии регулируется также специальным Соглашением, подписанным в 2006 году руководителями Госстандарта России и Роскартографии, правопреемниками которых являются Росстандарт и Росреестр соответственно.

В соответствии с Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений» [2] все методики, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений (включая геодезические и картографические работы), подлежат метрологической аттестации. Методика выполнения измерений является одним из важнейших атрибутов любого контроля, поскольку представляет собой совокупность правил и процедур выполнения измерений, которые обеспечивают получение результатов измерений, точность которых находится в установленных границах с заданной вероятностью.

Методики измерений, применяемые в геодезической и картографической деятельности, регламентируются либо нормативными документами на технологические процессы топографо-геодезических и картографических работ, либо отдельными документами (стандартами, руководящими техническими материалами, методиками института, методическими рекомендациями).

Порядок разработки методик измерений и их аттестации в настоящее время устанавливает ГОСТ Р 8.563-2009 «ГСИ. Методики (методы) измерений» [21]. Однако, данный стандарт не распространяется на методики измерений, предназначенные для выполнения прямых измерений, т.е. методики, в соответствии с которыми искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений. Такие методики измерений вносят в эксплуатационную документацию на средства измерений. Подтверждение соответствия этих методик обязательным метрологическим требованиям осуществляется в процессе утверждения типов данных средств измерений.

Большинство высокотехнологичных средств измерений имеет современное программное обеспечение, благодаря чему в технологию геодезических работ может легко вписываться алгоритм прямых измерений, изложенный в руководстве по эксплуатации прибора. Поэтому метрологическая аттестация методик для них не проводится.

ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»<sup>2)</sup> аккредитован на право аттестации методик измерений топографо-геодезического и картографического назначения. ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»<sup>2)</sup> также ведёт Реестр аттестованных методик измерений, разработанных различными организациями и предприятиями отрасли, который в настоящее время включает 26 методик.

В сети интернет на сайте Росстандарта создан Федеральный информационный фонд обеспечения единства измерений, в котором среди прочих данных имеются сведения об аттестованных методиках измерений.

Структура нормативных документов, сложившаяся в области геодезии и картографии, показана на рис. 1.



Рис. 1. Структура нормативных документов, сложившаяся в области геодезии и картографии

В настоящее время правовое и технической регулирование в области геодезии и картографии претерпевает коренные изменения.

Статья 5 Геодезические и картографические работы Федерального закона «О геодезии, картографии и пространственных данных ...» [5], определяет, что, «Требования к геодезическим и картографическим работам и их результатам, за исключением указанных в части 2 статьи 6 настоящего Федерального закона геодезических и картографических работ, устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере геодезии и картографии, а также по согласованию с ним другими федеральными органами исполнительной власти в пределах их компетенции».

Федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере геодезии и картографии, в настоящее время является Министерство экономического развития Российской Федерации.

Принятие Федерального закона [5] обусловило необходимость разработки и принятия целого ряда нормативных правовых актов для его реализации в виде указов Президента Российской Федерации, постановлений Правительства Российской Федерации, приказов Минэкономразвития России, Минобороны России и других федеральных органов исполнительной власти.

Перечнем проектов актов Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти, необходимых для реализации норм федерального закона [6], предусмотрена разработка и принятие 42 нормативных правовых актов, из них 17 в 2016 году и 25 в 2017 году.

Учитывая жёсткие сроки разработки указанных нормативных правовых документов, поставленные в поручении, большую трудоёмкость, потребуется участие ряда федеральных органов исполнительной власти, подрядных организаций и привлечение большого числа специалистов, а также соответствующие финансирование из федерального бюджета.

Статья 32 Федерального закона [5] определяет, что положения, принятых до дня вступления в силу настоящего Федерального закона нормативных актов органов государственной власти СССР, РСФСР и Российской Федерации, регулирующие отношения в сфере геодезии и картографии, действуют до 1 января 2018 года в части, не противоречащей настоящему Федеральному закону и принятым в соответствии с ним иным нормативным правовым актам.

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» [1] основными документами технического регулирования в стране являются:

- технические регламенты (ТР);
- национальные стандарты (ГОСТ Р);
- правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации;
- применяемые в установленном порядке классификации, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;
- стандарты организаций (СТО);
- своды правил (СП);
- международные стандарты (ГОСТ), региональные стандарты, региональные своды правил, стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов;
- надлежащим образом заверенные переводы на русский язык международных стандартов, региональных стандартов, региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств, принятые на учет национальным органом Российской Федерации по стандартизации;
- предварительные национальные стандарты.

Национальные стандарты утверждаются национальным органом по стандартизации в соответствии с правилами стандартизации, нормами и рекомендациями в этой области. В соответствии с Постановлением Правительства Рос-

сийской Федерации от 17 июня 2004 г. № 294 "О Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии» [17] на данный федеральный орган исполнительной власти возложены функции национального органа Российской Федерации по стандартизации. Национальный орган по стандартизации наделен правом разрабатывать и утверждать программу разработки национальных стандартов, а также порядок создания и деятельности технических комитетов по стандартизации. Требования документов по стандартизации в соответствии с законодательством по техническому регулированию исполняются на добровольной основе.

Таким образом, в свете реализации вступивших в силу федеральных законов [1], [3], [5] на рис. 2 показана новая структура нормативных документов в области геодезии и картографии.

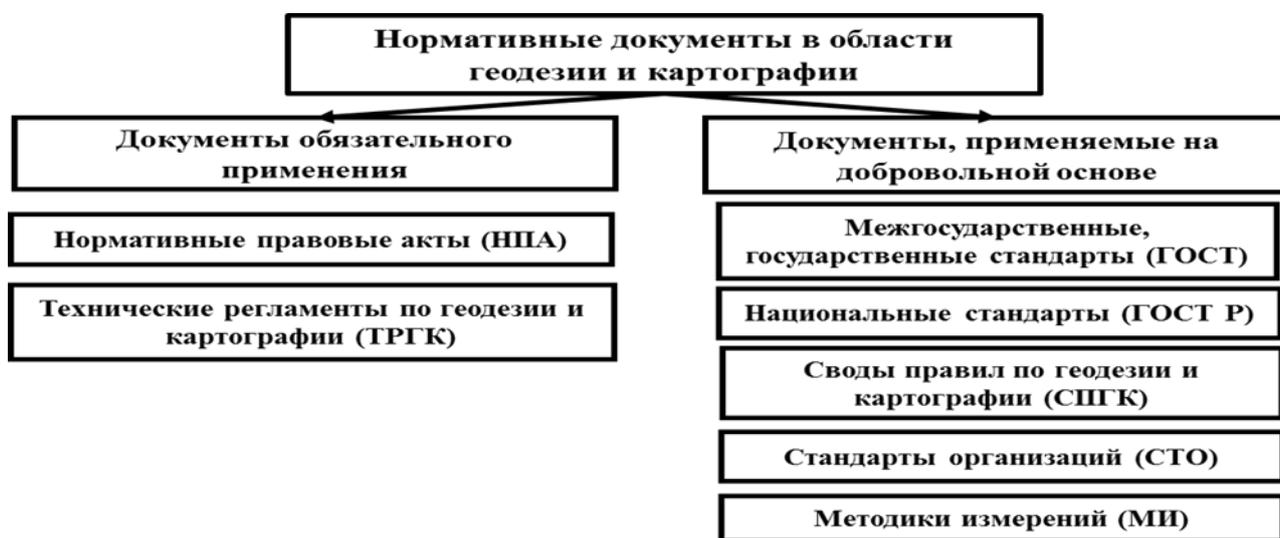


Рис. 2. Структура нормативных документов в области геодезии и картографии в свете вступивших в силу федеральных законов [1], [3], [5]

В связи с этим, а также с учётом положений Федерального закона «О техническом регулировании» [1] имеется настоятельная необходимость системного подхода к решению проблемы по переработке, разработке новых нормативно-технических документов и совершенствованию нормативной базы в области геодезии и картографии в целом.

Принимаемые в последние годы меры по совершенствованию нормативно-технического обеспечения отрасли были направлены, в основном, на решение отдельных проблем в области геодезии и картографии, и часто не согласованы между собой. Комплексной программы, охватывающей все аспекты проблемы, до настоящего времени нет. В результате, в настоящее время, как уже говорилось выше, уровень современности нормативно-технической базы составляет порядка 6%.

Анализ документов по техническому регулированию в области геодезии и картографии, проведенный ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»<sup>3)</sup> в 2015 году, показал следующее:

Анализируемые документы создавались в период 1970 – 2014 годы, поэтому требования к построению, изложению и оформлению нормативных документов регламентировались различными нормативно-правовыми актами. Это обстоятельство для документов, не отвечающих или противоречащих требованиям действующего законодательства является одним из важных аргументов для обновления нормативной базы отрасли. В настоящее время действует Федеральный закон «О техническом регулировании» [1] и Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» [3], согласно которым нормативные документы применяются на добровольной основе.

За период времени с начала 90-х годов прошлого века до наших дней дважды произошли серьезные административные изменения, связанные с передачей отрасли из одного ведомства в другое. Ряд документов был разработан и утвержден Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР, другие документы – Федеральной службой геодезии и картографии России. Это обстоятельство также служит весомым аргументом для обновления нормативных документов.

Одновременно, следует отметить, что актуальность нормативных документов в значительной мере зависит от прогрессивности описываемых в них технологий производства. За рассматриваемый период времени в отрасли произошли важные изменения в методах и средствах измерений:

- освоены и внедрены спутниковые методы и средства измерений;
- появились высокоинтеллектуальные программные средства;
- широко используются новейшие конструкции электронных тахеометров, лазерных сканеров, геолидаров, цифровых аэросъемочных камер, электронных теодолитов и нивелиров, большеформатные плоттеры и цифровые печатные машины.

Все это заставляет пересмотреть не только методики измерений, но и целые технологические процессы выполнения топографо-геодезических и картографических работ.

В связи с вступлением России в ВТО актуальным стал вопрос гармонизации требований национальных стандартов с международными требованиями. Поскольку прямой аналог ТК 404 в ИСО/МЭК отсутствует, возникла проблема ограниченности информационного ресурса для сопоставления требований разрабатываемых стандартов и действующих международных стандартов. По ТК 394 таких проблем не существует, поскольку в ИСО создана разветвленная система стандартов серии 19000 «Геоинформационные системы». Нет также особых проблем при разработке стандартов на геодезические приборы, поскольку ряд зарубежных фирм Германии, Японии, Швейцарии, США, Швеции, Китая активно и успешно продвигают свою продукцию на мировые и российский

рынки, в результате чего имеется база для оценки технического уровня разрабатываемых технических требований.

При осуществлении деятельности по переработке и разработке новых нормативных документов имеются трудности, сдерживающие развитие нормативной базы в области геодезии и картографии, а именно:

- разработка стандартов в области геодезии и картографии не включена в перечень приоритетных направлений по стандартизации;

- отсутствуют группировки геодезической и топографической продукции в общероссийском классификаторе ОК-005-93 [20];

- недостаточное финансирование разработок работ по стандартизации со стороны Росстандарта, как федерального органа исполнительной власти в области технического регулирования, осуществляющего формирование программ (планов) национальной стандартизации (предложения по включению в план со стороны ТК подаются ежегодно). Так, например, ТК 404 ежегодно вносит предложения в план национальной стандартизации по 4-6 позициям, однако включены были в планы с финансированием в 2009 году был только 1 проект ГОСТ Р, в 2011 году - 1 проект, в 2012 году – 1 проект, а в 2013-2015 годах вообще ни одного. Вместе с тем, справедливости ради, следует отметить, что допускается включение в план разработок проектов стандартов за счет средств Заказчика, однако в этом случае следует планировать затраты не только на разработку проекта стандарта, но и на дополнительные процедуры: размещение уведомлений о разработке проекта и о завершении публичного обсуждения проекта, проведение экспертизы проекта НИИ Росстандарта и подготовку к утверждению. Так, например, за счет средств Росреестра в 2011 году были разработаны 6 стандартов на методы и технологии выполнения геодезических и землеустроительных работ с применением спутниковой геодезической аппаратуры;

- недостаточное информационное обеспечение данными о действующих международных стандартах в области геодезии и картографии с последующим осуществлением их переводов;

- недостаточное финансирование Росреестра на переводы международных стандартов, ТК не предоставлен доступ к существующей базе переводов, выполняемых специалистами ФГУП «Стандартинформ» Росстандарта.

К сожалению, до настоящего времени, не урегулирован между Минэкономразвития России и Росреестром вопрос о полномочиях утверждения нормативно-технических документов в области геодезии и картографии для обязательных для исполнения всеми субъектами геодезической и картографической деятельности.

Крайне негативно сказывается на нормативно-техническое регулирование отсутствие у Росреестра функций по государственному метрологическому надзору в области геодезии и картографии.

Разрешение перечисленных проблем в значительной мере способствовало бы улучшению деятельности по техническому регулированию в области геоде-

зии и картографии, повышению качества нормативных документов и эффективности их внедрения.

В настоящее время назрела необходимость разработки программы технического регулирования в области геодезии и картографии на период до 2020 года с учетом необходимости обновления нормативной базы геодезических, топографических и картографических работ на основе гармонизации с требованиями международных стандартов, оптимизации структуры нормативной базы в условиях рыночного характера экономики и вступления России в ВТО.

В качестве одного из путей решения данной задачи мог бы быть следующий порядок действий:

- переработка и разработка новых нормативно-технических документов;
- объединение переработанных и разработанных нормативных документов в Свод правил по направлениям деятельности (технологиям и т.п.);
- разработка и утверждение на основе сводов правил и международных стандартов национальных стандартов;
- разработка на основе национальных стандартов и принятие технического регламента.

Схема совершенствования правовой и нормативно-технической базы в сфере геодезии и картографии показана на рис. 3.

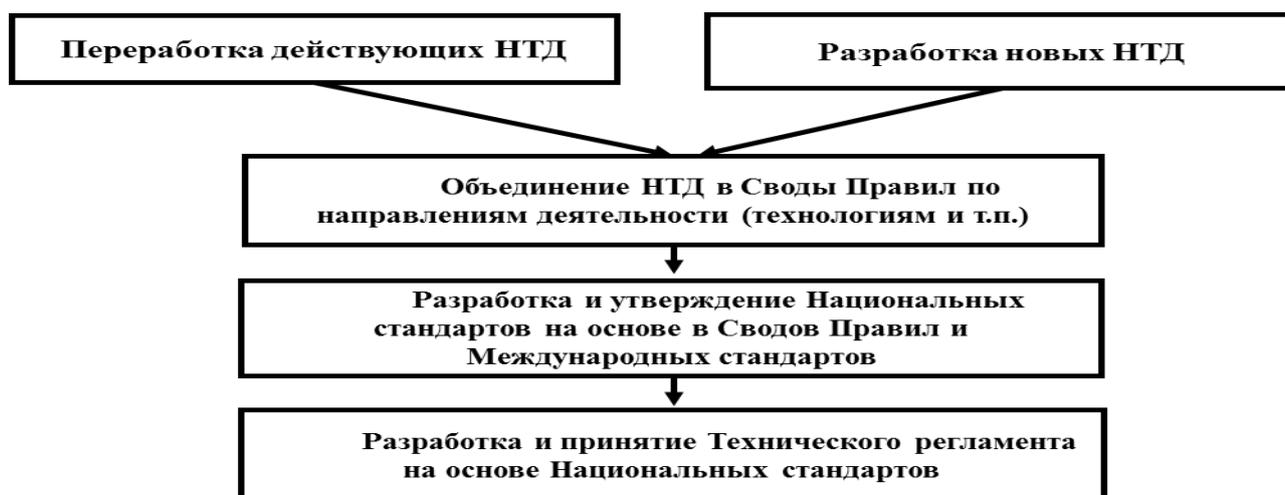


Рис. 3. Схема совершенствования правовой и нормативно-технической базы в сфере геодезии и картографии.

В заключение, хотелось бы отметить, что первоочередным нормативным документом, который подлежит переработке в свете реализации вступивших в силу федеральных законов [1], [3], [5], на наш взгляд, является ГКИНП (ГНТА)-119-94 «Инструкция о порядке разработки и утверждения нормативно-технических и методических актов на производство топографо-геодезических и картографических работ на территории Российской Федерации».

#### Примечания:

<sup>1)</sup> В соответствии с распоряжением Федерального агентства по управлению государственным имуществом от 28.04.2012 г. № 640-р присоединено к ФГУП «Центральный картографо-геодезический фонд», которое впоследствии распоряжением Правительства Российской Федерации от 19.02.2013 г. №220-р было реорганизовано в Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»).

<sup>2)</sup> Создано в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 19.02.2013 г. №220-р путём преобразования ФГУП «Центральный картографо-геодезический фонд», ранее реорганизованного в соответствии с распоряжением Федерального агентства по управлению государственным имуществом от 28.04.2012 г. № 640-р в форме присоединения к нему ФГУП ЦНИИГАиК, ФГУП «Госгисцентр» и ФГУП «Картгеоцентр».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. №184-ФЗ (в ред. на 28.11.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40241](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241).
2. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 г. №102-ФЗ (в ред. на 13.07.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_77904](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904).
3. Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 г. №162-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_77904](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904).
4. Федеральный закон «О геодезии и картографии» от 26.12.1995 г. №209-ФЗ (в ред. на 06.04.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_77904](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904).
5. Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30.12.2015 г. № 431-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_77904](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904).
6. Федеральный закон «О наименованиях географических объектов» от 18.12.1997 г. №152-ФЗ (в ред. на 30.12.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12106462>.
7. Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 08.08.2001 г. № 128-ФЗ (в ред. на 29.12.2010) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12123874>.
8. Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 04.05.2011 г. № 99-ФЗ (в ред. на 30.12.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=LAW;n=182692;req=doc>.
9. Федеральный закон «О навигационной деятельности» от 14.02.2009 г. №22-ФЗ (в ред. на 13.07.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12165206>.
10. Федеральный закон «О космической деятельности» от 20.08.1993 г. № 5663-1 (в ред. на 13.07.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/136323>.
11. Федеральный закон «О государственном кадастре недвижимости» от 24.07.2007 г. № 221-ФЗ (в ред. на 30.12.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=LAW;dst=1000000001;n=70088;req=doc>.

12. Указ Президента Российской Федерации от 30.11.1995 № 1203 (ред. на 03.10.2014) «Об утверждении Перечня сведений, отнесенных к государственной тайне» (в ред. на 28.02.2016) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/10105548>.
13. «Перечень проектов актов Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти, необходимых для реализации норм федерального закона», утверждённым заместителем Председателя Правительства Российской Федерации Д.О.Рогозиным от 26.01.2016 г. №429п-П9.
14. Постановление Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 23.07.1993 г. № 722 «Об утверждении правил подготовки нормативных актов» (утратило силу) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/10102722>.
15. Постановление Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 11.05.1993 г. № 444 «О федеральной системе сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/2108505>.
16. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.08.1997 г. № 1009 «Об утверждении Правил подготовки нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти и их государственной регистрации» (в ред. на 27.08.2015 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/166045>.
17. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.06.2004 г. № 294 «О Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_77904/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/)
18. Приказ Минэкономразвития России от 24 декабря 2008 г. № 467 «Об утверждении требований к составу, структуре, порядку ведения и использования единой электронной картографической основы федерального, регионального и муниципального назначения» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 18 февраля 2009 г. № 13396) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lawmix.ru/prof/12494>.
19. Соглашение о взаимодействии между Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии и Федеральным агентством геодезии и картографии в области обеспечения единства измерений при проведении геодезических и картографических работ, 2006 г.
20. Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93 (ОКП), утверждённый постановлением Госстандарта Российской Федерации от 30.12.1993 г. №301 (в ред. на 01.01.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_12618](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12618).
21. ГОСТ Р 8.563-2009 «ГСИ. Методики (методы) измерений», утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15.12.2009 г. № 1253-ст. – Москва: Стандартинформ, 2010.
22. Инструкция о порядке разработки и утверждения нормативно-технических и методических актов на производство топографо-геодезических и картографических работ на территории Российской Федерации. ГКИНП (ГНТА)-119-94. Утверждена приказом Федеральной службы геодезии и картографии Российской Федерации (Роскартографии) от 04.03.1994 № 23П. М., ЦНИИГАиК, 1994 г. – 24 с.
23. Васильев И.В., Коробов А.В., Побединский Г.Г., Приданкин А.Б. Топографо-геодезическое обеспечение Российской Федерации. Состояние и перспективы развития отрасли геодезии и картографии // Геодезия и картография. – 2014. - №12. – С. 2-11.
24. Васильев И.В., Коробов А.В., Побединский Г.Г. Основные направления топографо-геодезического и картографо-геодезического обеспечения Российской Федерации // Геодезия и картография. – 2015. - №3. – С. 2-13.
25. Стратегия топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации на перспективу до 2030 года (в ред. на 01.04.2015) – проект. - 2015. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=PNPA;frame=401;n=8888;req=doc>.

26. Васильев И.В., Коробов А.В., Побединский Г.Г. О Стратегии топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации // Геодезия и картография. – 2015. – Спецвыпуск. – С.4-11.

27. Прусаков А.Н., Яблонский Л.И. Состояние и перспективы научно-технического обеспечения отрасли геодезии и картографии // Геодезия и картография. – 2015. - Спецвыпуск. – С. 64-70.

28. Федеральный конституционный закон от 21.03.2014 № 6-ФКЗ «О принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образовании в составе Российской Федерации новых субъектов - Республики Крым и города федерального значения Севастополя» (в ред. на 29.12.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=LAW;div=LAW;dst=100026,0;n=165876;req=doc;rnd=0.8157102924305946>.

29. Методические рекомендации по разработке систем технического регулирования в отраслях и сферах деятельности. Утверждены приказом Минпромэнерго России от 23 мая 2006 г. № 112. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=1013](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=1013)

30. Приказ Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарта России) № 139, Федеральной службы геодезии и картографии России (Роскартографии) № 60п от 14.04.1998 г. «О создании Технического комитета по стандартизации «Геодезия и картография». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=EXP;dst=100001;n=325804;req=doc>.

31. Приказ Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарта России) № 393, Федеральной службы геодезии и картографии России (Роскартографии) № 135п от 17.12.1996 г. «О создании Технического комитета по стандартизации «Географическая информация/геоматика». [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

32. Приказ Росстандарта от 29.05.2015 N 629 "О создании технического комитета по стандартизации "Географическая информация/геоматика". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=EXP;dst=100001;n=624921;req=doc>.

33. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 1. Составление и подготовка к изданию топографических карт масштабов 1:25000, 1:50000, 1:100000. ГКИНП 05-050-77. (утв. ГУГК СССР 12.04.1977, Минобороны СССР 31.05.1977) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=ESU;frame=572;n=27734;req=doc>.

34. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 2. Составление и подготовка к изданию топографических карт масштабов 1:200000, 1:500000. ГКИНП 05-053-79. (утв. ГУГК СССР 12.03.1980, ВТУ Генштаба ВС СССР 12.03.1980) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://snipov.net/database/c\\_4294955309\\_doc\\_4293849357.html](http://snipov.net/database/c_4294955309_doc_4293849357.html).

35. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 3. Составление и подготовка к изданию топографической карты масштаба 1:1 000 000 (РКР-3). (утв. ГУГК СССР и ВТУ Генштаба ВС СССР) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9A%D0%98%D0%9D%D0%9F\\_05-052-85](http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9A%D0%98%D0%9D%D0%9F_05-052-85).

36. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 4. Составление и подготовка к изданию планов городов. ГКИНП 05-051-77. (утв. ГУГК СССР и ВТУ Генштаба ВС СССР) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://snipov.net/database/c\\_4224567195\\_doc\\_4293849335.html](http://snipov.net/database/c_4224567195_doc_4293849335.html).

37. Справочник стандартных (нормативных) терминов. / Под общ. ред. В. Г. Плешкова, Г. Г. Побединского / Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – М.: ООО Издательство «Проспект», 2015. – 672 с.

© Г. Г. Побединский, А. Н. Прусаков, 2016

## **ОТ БУМАЖНЫХ КАРТ К ОТКРЫТЫМ ГИС: ПЕРЕХОД К CARTOGRAPHY 2.0 В ИНСТИТУТЕ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ В БУДАПЕШТЕ, ВЕНГРИЯ**

*Ласло Зентаи*

Университет им. Лоранда Этвёша в Будапеште, факультет информатики, 1117, Венгрия, г. Будапешт, ул. Пазмань Петера, 1/А, профессор, зав. кафедрой картографии и геоинформатики, Генеральный секретарь и казначей Международной картографической ассоциации, тел. +36 1 372-29-75, факс: +36 1 372-29-51, e-mail: lzentai@caesar.elte.hu

Институт геологии и геофизики Венгрии (MFGI) является государственным институтом, ответственным за обработку пространственных геолого-геофизических данных в Венгрии. Отдел геоинформатики при Геологической службе Венгрии (отделение MFGI) был основан в 1992 в связи с переходом от производства традиционных карт к цифровым картам. В данной статье описывается данный процесс перехода, а также своевременная адаптация деятельности института к быстро изменяющейся информационной среде.

**Ключевые слова:** современная картография, производство карт, открытые ГИС, геологические карты.

## **FROM PAPER MAPS TO OPEN GIS: THE WAY TO CARTOGRAPHY 2.0 AT THE GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL INSTITUTE OF HUNGARY**

*László Zentai*

Eötvös Loránd University, Faculty of Informatics, Pázmány Péter sétány 1/A, 1117, Hungary, Budapest, Professor, Head of the Department of Cartography and Geoinformatics, Secretary General and Treasure of ICA, tel. +36 1 372-29-75, fax: +36 1 372-2951, e-mail: lzentai@caesar.elte.hu

The Geological and Geophysical Institute of Hungary (MFGI) is a state institute responsible for the handling of geological and geophysical spatial data in Hungary. The Department of Geoinformatics of the Geological Survey of Hungary (a part of the MFGI) was established in 1992, when the transition process of changing the traditional map production to a digital environment was started. The main aim of this paper is to present this process as well as the harmonisation of the activities of the institute and its continuous adaptation to the rapidly developing IT environment.

**Key words:** modern cartography, map production, Open GIS, geological maps.

### **1. CIVIL MAP PRODUCTION IN HUNGARY BEFORE 1990**

The Hungarian civil cartography was centralised before 1990 and was directed and controlled by the *National Office of Lands and Mapping* after World War II. The National Office of Lands and Mapping had been part of the Ministry of Agriculture and Food since 1967; formerly, in 1950–1967, cartography in Hungary was supervised by the National Planning Bureau. The main civil map publishing institute was *Cartographia* (Cartographical Establishment, or *Kartográfiai Vállalat* in Hungarian), which published all kinds of maps for education (primary and secondary school atlases and wall maps), tourist maps, maps and globes. However, this paper is not focusing on the activities of this establishment, only on one professional institute.

Some scientific institutions – not under the direction of the National Office of Lands and Mapping – also dealt with map-making and with cartographic research. They produced thematic maps mostly on the basis of the state topographic maps. Without observing completeness, it is worth mentioning the thematic cartographical activities of the following institutions:

- Central Office of Meteorology,
- Hungarian State Geological Institute,
- Eötvös Loránd Hungarian Geophysical Institute,
- Geographical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences,
- Department of Cartographic at Eötvös Loránd University,
- Enterprise for Survey and Soil Research,
- Scientific and Planning Institute for City-Planning,
- Scientific Research Institute for Public Roads and Transport.

If we look at the number of published paper maps, probably the *Hungarian State Geological Institute (MÁFI)* was the most active among the above listed scientific institutions. Naturally, the geological maps were not really known by civil maps users. I also have to remark that most of the above institutions published their maps with the help of Cartographia. In most cases, Cartographia managed the whole map production process (editing, drawing, printing), but the Hungarian State Geological Institute was one of the few institutes which was able to manage the whole map production process independently (although they got technical support from Cartographia or from the military mapping service).

## **2. THE TRANSITION PROCESS**

The first research on computer-assisted map production in Hungary was performed around 1972. The Department of Cartography at Eötvös Loránd University produced some maps which were based on statistical data and stored in a database. The maps were printed by an early black and white dot matrix printer. Of course, at that time computers were available only at the central administration (an ICT 1905 type main-frame computer and the ALGOL programming language was used), so this project was managed together with the National Planning Bureau. These maps were used for regional planning; the shorter production time of maps was an advantage, although the poor quality of printed maps did not encourage further research. Such maps were not suitable for offset map production unless they were reduced considerably (Figure 1).

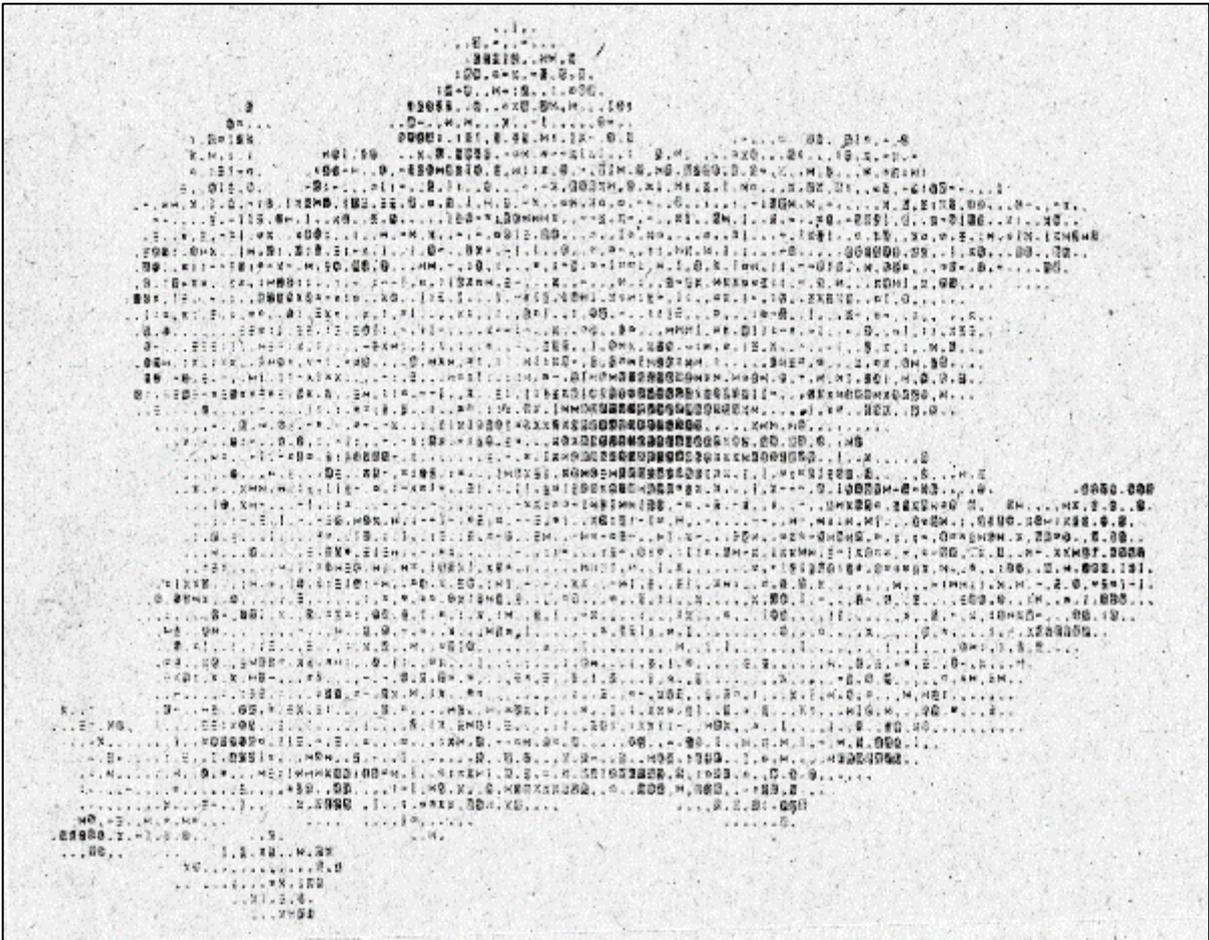


Figure 1: The first digital map production. A thematic map of a county map of Hungary made for regional planning (1972).

The first commercial GIS software which was used in Hungary was the Gradis-2000 (a German-Swiss program). The first two licenses were bought in 1982: one for education at the Technical University of Budapest, and another one for the planning of the first Hungarian nuclear plant in Paks (including the geodetic survey on the terrain). The system was suitable for digitizing, for importing data from other software and for defining all types of graphic objects.

The first Hungarian GIS company, *Geometria*, was established in 1995. As private firms were not allowed in Hungary in those times, this establishment was formed within the Military Mapping Service. It is partly due to its activities that the first digitized state topographic map of Hungary was the 1:200 000 scale military topographic map known as DTA-200. The sheets covering the whole area of the country were digitized by 1987, but not the full content of the paper maps (contour lines were omitted). In this time, all topographic maps (both civil and military) were still classified in Hungary, so these digital maps were not widely used. In 1989, *Geometria* digitized the 1:100 000 scale civil state topographic map series (called OTAB). Thanks to the elimination of classification and to the political and economic changes, this database became widely used and it helped to implement GIS in Hungary.

## **2.1 The first steps of the transition process at the Hungarian State Geological Institute: digitizing**

Nearly all data collected in geological research have spatial and temporal reference. Thanks to this relationship, the *Hungarian State Geological Institute* started to deal with GIS at the end of 1980's, but the independent Department of Geoinformatics of the Geological Survey of Hungary (now part of the MFGI) was established only in 1992. In the meantime, the name of the organisation was changed to the *Geological Institute of Hungary*.

The department was focusing on map digitizing and the conversion of the map production process into digital. At the beginning, they simply wanted to replace the traditional map production/printing process with a digital one and wanted to solve the problem of digitizing. In the middle of 1980's, the institute started to develop its own map digitizing software, but just before completing the software they started to use AutoCAD, which just became available in Hungary. (The COCOM list did not allow Hungary to buy embargoed technologies, especially IT elements: hardware and software).

This was the first institute of Hungary where all machines, equipment and technologies of the traditional map production process were eliminated and completely replaced by digital map production technology. As they were the pioneers in digital cartography at institutional level, they had to find the most suitable technologies themselves. (My department was working with them continuously; we created together the first Hungarian vector-based World Atlas CD-ROM.)

Thanks to the rapid technological development, the department became familiar with the GIS-based thinking: instead of digital map production, they started to concentrate on database driven mapping, thus moving in the direction of GIS. The Institute had so many data collected in about 100 years that it took quite a long time to develop the proper method of handling this large set of data and start to digitize historical geological data. Nevertheless, they understood soon that the process of digitizing is a long process and they first should have to deal with the digitizing of their most recent data and digitize the older data only later, when the technology would be more developed and would make the process much easier and faster.

Two principal aspects can be distinguished in the GIS activity of the Institute in this period. Firstly, it was responsible for providing services for other departments of the Institute (this was the time when IT devices became widely used in the county in more and more places). This objective was achieved by processing the data of geological mapping projects in GIS. Priority was given to the establishment of GIS databases through the digital acquisition of geological information available throughout the country; their processing and analysis facilitated the computer-assisted output of thematic base- and derived maps according to the scale and area required by its customers.

One of the chief aspects of the GIS activity at the Institute was to elaborate standard procedures for map processing and uniform legends, thus enabling a broad range of customers to use and interpret their products. The main advantage of standard procedures was that the thematic maps of any part of the country had consistent legends. We have to note that geological maps were probably the very first maps where the legends were standardized at international level (already in the second part of the 19<sup>th</sup> century). This means that standardization in geological mapping was a well-known and desired process.

Following the trends of recent years, the environmental aspect of geosciences has been putting great emphasis on the GIS processing of a large amount of data for addressing environmental issues. These include land use management, the deposition of communal, industrial, agricultural and radioactive wastes, the assessment of local and regional water supplies as well as of the effects of industrial and agricultural activity and large constructions on the environment, the monitoring of the regime and quality of ground- and subsurface water aquifers. These are some of the major environmental problems that cannot be addressed and reliably solved without the database and the professional knowledge of experts of the Institute. The GIS technology provided tools for experts to integrate the information into a topologically structured multidisciplinary database. Its sophisticated analysis results in producing derived maps specifically for decision-making.

In 1995, the following software products were used in the Institute's Department of Geoinformatics:

- the key software was *Intergraph MGE* (Base Mapper, Analyst, Grid Analyst, Terrain, Modeler, Map Finisher, Map Publisher),
- Bentley *MicroStation*,
- Autodesk *AutoCAD*,
- *MapInfo*,
- ESRI *Arc/Info*,
- Oracle RDBMS.

*Intergraph MGE* was the key software of the time in Hungary at governmental cartography: large scale state topographic maps (civil and military), cadastral maps. *Intergraph* was founded in 1969 as M&S Computing, and it was later renamed to *Intergraph Corporation* in 1980. In 2000, *Intergraph* exited the hardware business (this was a common trend in those years: to abandon workstation production because personal computers became more powerful) and became purely a software developing company.

Concerning the hardware components, the department had

- 5 *Intergraph* workstations,
- some *Intergraph* and *Numonics* digitizing tablets,
- plotters.

The following digital databases were already available or in developing phase:

Name	Scale	Content	Area	Preparedness %
Geological database of the Kisalföld region and Zala county	1:100 000	Geology, geomorphology, hydrology, engineering geology, pedology, environment protection	15 000 km <sup>2</sup>	30
Geological database of the Balaton Highlands	1:25 000	Surface objects (21 coverages)	2000 km <sup>2</sup>	80
Engineering geology database of Budapest	1:40 000	Geology, engineering geology and hydrogeology	150 km <sup>2</sup>	100
Standardised geological database of Hungary	1:100 0001: 200 000	Geological maps	93 000 km <sup>2</sup>	25
Geology database of the West Hungarian Range	1:100 000	Geology and stratigraphy map	15 000 km <sup>2</sup>	50
Radioactive waste deposit database of the Paks Nuclear Power Plant	1:10 000, 1:100 000	40 thematic base maps and derived versions	5000 km <sup>2</sup>	100
County Maps of Hungary	1:100 000	19 counties; geology, exploration status, environmental sensitivity; 5 thematic maps per county	93 000 km <sup>2</sup>	5
Geology database of the Bükk Mountains	1:50 000	Geology, stratigraphy, hydrogeology maps for the hydrogeology model	5000 km <sup>2</sup>	100
Geochemistry database of Hungary	1:500 000	Distribution of 18 elements in the soils and in sub-soil layers	93 000 km <sup>2</sup>	100

One of the most important international research projects in the second part of the 1990's was the so-called DANREG project. This was a complex digital geological database of the DANube REGion with the cooperation of Austria, Hungary and Slovakia at 1:100 000 and 1:200 000 scale. The basic aim of the "Danube Region Environmental Geology Programme" (DANREG) was to arrange the geological and geophysical data of the border zone of the three partner countries in a unified framework, in particular of the band along the Danube where the three capitals (Vienna, Bratislava and Budapest) are situated, and to undertake their uniform interpretation. This was meant as a significant assistance to the decision makers dealing with the management of the region. There were 20 thematic layers (including geological maps, hydrogeological maps, engineering-geological maps, maps for the protection of the environment, geophysical maps). This was one of the first international projects when the participants faced the problem of data harmonization. With the map publishing on CD-ROM, the DANREG project was the first one when the institute tried to manage

the web publication (using GeoMedia WebMap). A worthy recognition of the cartographic achievements of the DANREG programme is that the DANREG map set won the first prize (“The Outstanding map of the year 1999”) in the category of scientific maps and atlases at the Hungarian national map contest.

## **2.2 The next step of the transition process at the Hungarian State Geological Institute: change of the key software**

By using the leading industry standard GIS software (Bentley MicroStation, Intergraph MGE and ESRI ARC/Info), the institute provided customers with digital data in any standard data format existing in the market around 2000. It was a very important step to use a relational database to store information. This was also the time when publishing of maps in earth sciences fell back in Hungary and the Geological Institute of Hungary remained actually the only map maker and publisher. Although its budget was reduced significantly, the institute continued to make remarkable efforts to follow its traditions in map publishing. This was also the time when the key GIS programs started to release their internet map server modules; however, this method of map publication became important only in the next era.

It is a very important fact that digital cartography became the dominant method and publishing concept was in line with the constant technological changes. The institute’s concept was to preserve the traditional appearance of printed maps, especially at the systematic geological survey maps at various scales. This concept was adopted in the publishing of the geological maps of Hungary at that time. We have to remember that the laptop computers of the time were not really powerful and affordable and smaller mobile devices like smartphones and tablets were not yet invented.

Behind the traditional look, there were very deep and radical changes: the process of map making began with querying of the existing databases and using the capability of the GIS systems. The visualization also utilized the capability of these GIS systems. Building of databases was a very huge and persistent program of the Institute, because the use of spatial data of the past 140 years was very valuable in the accomplishment of the Institute’s programs.

The most valuable result in map publishing was the compilation of the Geological Map of Hungary in 1:100 000 scale, which was finished in 2005. The 88 map sheets were prepared on Gauss-Krüger quadrangles and in local (EOTR, the Uniform National Map System for Hungary) coordinate system. Quaternary deposits are essentially classified on genetic basis (beside the age divided upon lithology), while pre-Quaternary assemblages were determined on litho-stratigraphic basis, divided mainly on formations. There are 651 different units in the harmonized legend. Because of limited requests, the plotting of sheets takes place on a 600 dpi printer upon commission with issuing additional CD-ROM and an explanatory booklet.

The topographic bases of the medium and small scale geological maps are derived from the digital state topographic maps of Hungary compiled by the Hungarian Military Mapping Service (the so-called DTA-50, the 1:50 000 scale topographic database completed in 2006, including the whole content of the paper map sheets). The DTA-50 provided very detailed relief representation (contour lines), which is an essential content of geological maps.

The main momentum of this era was the shift of the main GIS software from MGE to ArcGIS. It was not a simple process for the institute. The main reason of the change was that the further development and support of MGE was stopped, and Intergraph replaced MGE with GeoMedia GIS package. With this product, ArcGIS was really dominating the market area all over the world. The development of ESRI products in the map production phase was also important as well as the rapid development of internet services based on ArcGIS. Since the change from MGE to GeoMedia would have been as complicated as the change to ArcGIS, the decision was to move to ArcGIS. There was a similar shift in the Hungarian military mapping, when they also moved from Intergraph to ArcGIS.

### **2.3 The increasing role of internet: on-line map service instead of map production**

2005 was an important year in cartography. Google launched its global mapping service, the *GoogleMaps*. This was not the first global map service (Xerox started its quite simple service about 10 years before, MapQuest had also released its service before Google), but this was the first global service with satellite images and street-level vector-based maps. Microsoft and Yahoo have also released their similar service (BingMaps, Yahoo Maps).

In the most developed countries the national mapping agencies also started to release their national map services, like GéoPortail in France (<http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>) or Mapy.cz in the Czech Republic (<http://mapy.cz/>).

This is also the time that can be called web 2.0. The concept of web 2.0 started to be widely used around 2003-2004 at a conference where the organizers focused on the new generation web services in a brainstorming session. It is really difficult to formulate the term and there is still a huge amount of disagreement about just what web 2.0 means, with some experts characterizing it as a meaningless marketing buzzword, and others accepting it as the new term.

Although *Web 2.0* is not a clear and easily definable term (the phrase may hint at an improved form of the World Wide Web), we can list the new features of the web which has formed this new term:

- Mostly not simple concrete applications, but rather philosophies.

- „Network as platform” – delivering (and allowing users to use) applications entirely through a browser.
- Users owning the data on a site and exercising control (maintain and distribute) over that data.
- An architecture of participation that encourages users to add value to the application as they use it.
- A rich, interactive, user-friendly interface.
- Social-networking aspects.

In 2006, the Time magazine appointed the *Person of the Year YOU*, the user of the new style web services. According to the citation although web 2.0 suggests a new version of the World Wide Web, it does not refer to an update to any technical specification, but rather to cumulative changes in the ways software developers and end-users use the Web.

One of the other important developments of these times is the spread of the mobile devices: smartphones and tablets. Having global mapping services and having more and more powerful mobile devices this produced the opportunity of a new era: the location-based services. As GPS chips were built in mobile devices and digital cameras, the users can easily identify and share their location.



Figure 2: The Hungarian national INSPIRE portal (<http://www.inspiregeoportál.hu>).

Let me mention some important effects of the political change. Hungary submitted a membership application to the European Union in 1994, and the negotiations on entry began in 1998. Finally, Hungary was invited to join the EU in 2004. The EU has a directive called INSPIRE, which is the Infrastructure for Spatial Information in the European Community. The INSPIRE directive aims to create a EU spatial data infrastructure. This will enable the sharing of environmental spatial information among

public sector organizations and better facilitate public access to spatial information across Europe (Figure 2).

INSPIRE is based on a number of common principles:

- Data should be collected only once and kept where it can be maintained most effectively (global on-line services linking national spatial databases).
- It should be possible to combine seamless spatial information from different sources across Europe and share it with many users and applications (the data providing national organizations are not standardized, so the integration of data is really a challenge in certain areas).
- It should be possible for information collected at one level/scale to be shared with all levels/scales; detailed for thorough investigations, general for strategic purposes (this requires IT-driven hierarchical approach).
- Geographic information needed for good governance at all levels should be readily and transparently available (this should be managed by national mapping agencies).
- Easy to find what geographic information is available, how it can be used to meet a particular need, and under which conditions it can be acquired and used (we have to setup national INSPIRE sites, they should be user friendly not only for experts, but for the citizens too).

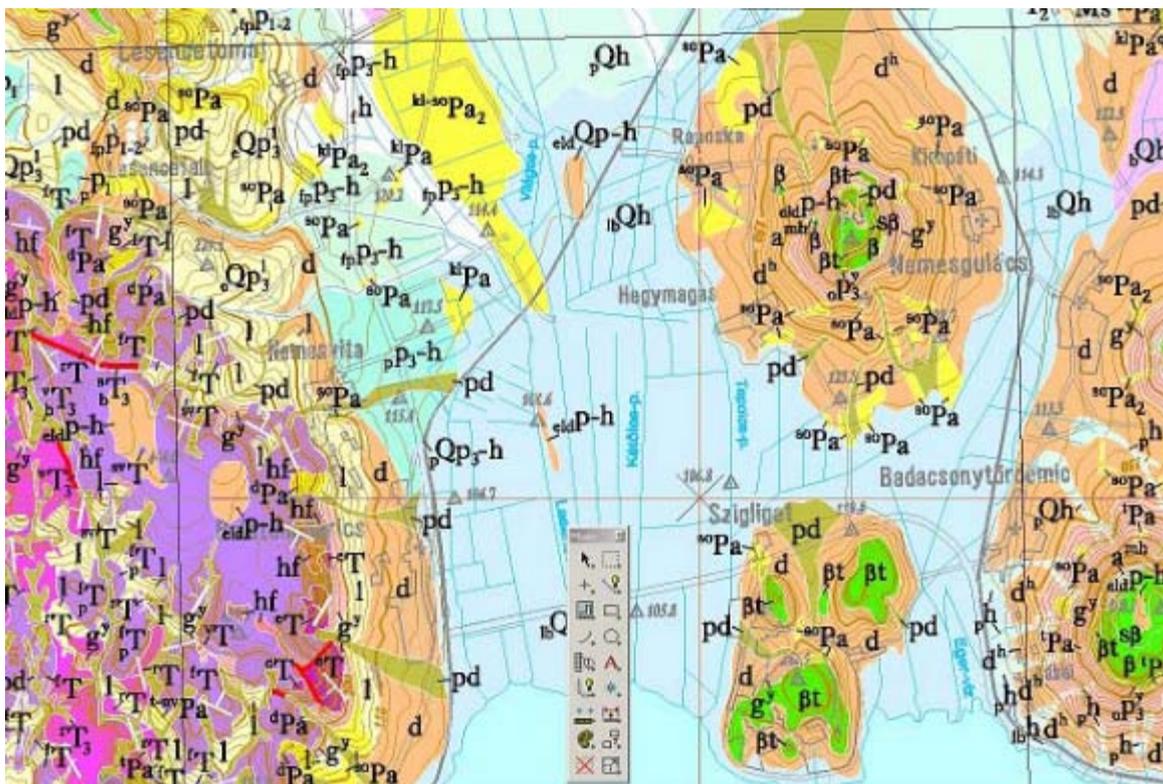


Figure 3: The database of the 1:100 000 scale geological maps.

The internet service of 1:100 000 scale geological maps was released in 2011, which was the first national contribution to the INSPIRE directive (Figure 3). Being familiar with these technologies the Department of Geoinformatics was able to integrate their

data in one system and allow interactive combination of their data in an on-line environment. Some other important databases:

- *GeoBank*: the online database of Hungarian geological units, boreholes and other objects.
- *KINGA*, the public geophysical data service.
- *The National Adaptation Geo-information System* (the overall objective of the project is to develop a multipurpose geo-information system that can facilitate the policy-making, strategy-building and decision-making processes related to the impact assessment of climate change and founding necessary adaptation measures in Hungary).
- Engineering geology map database (Figure 4).

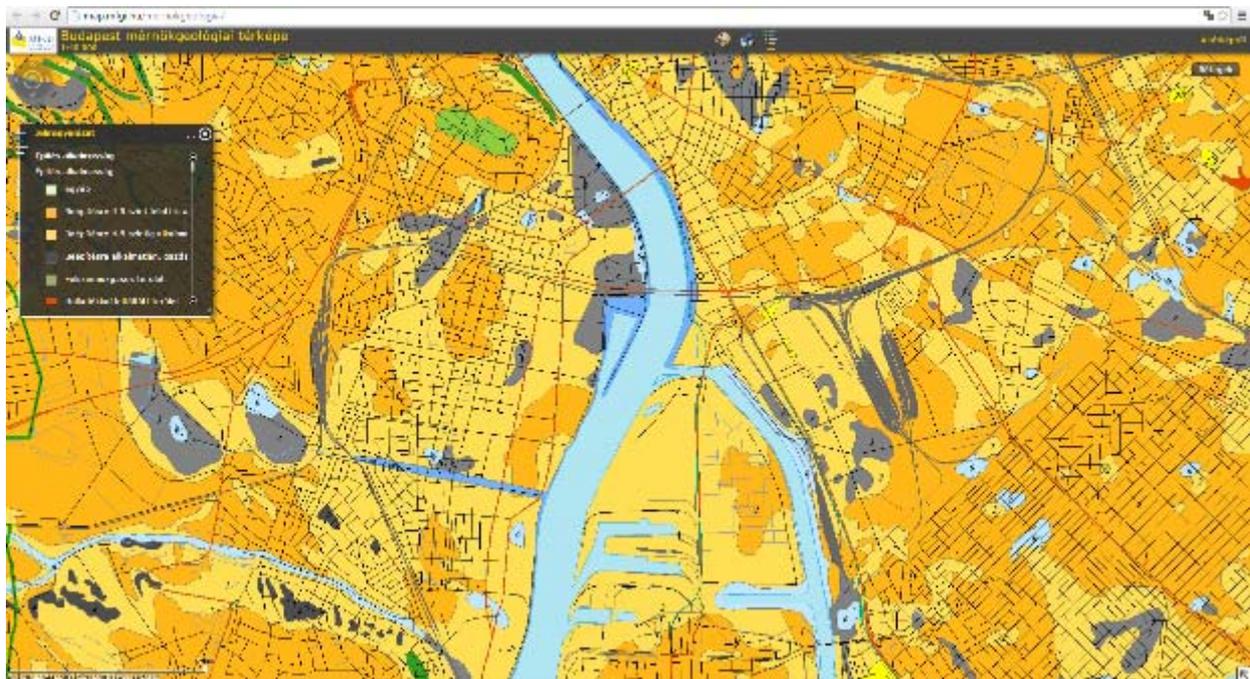


Figure 4: The engineering geology database of Budapest (<http://map.mfgi.hu/mernokgeologia/>).

It is also important to mention international projects. Geology has a long practice in international cooperation. Thanks to the European Union grants some very successful cooperation projects were completed. Such projects regularly use OpenStreetMap as a global mapping service to avoid copyright issues of other commercial services. One of the examples of such project is a *ThermoMap*. ThermoMap estimates the very Shallow Geothermal Potential in terms of Heat conductivity of unconsolidated underground up to 10 m depth. At the moment, nine European countries are involved and each of them has selected a test area to provide and share data (Figure 5).

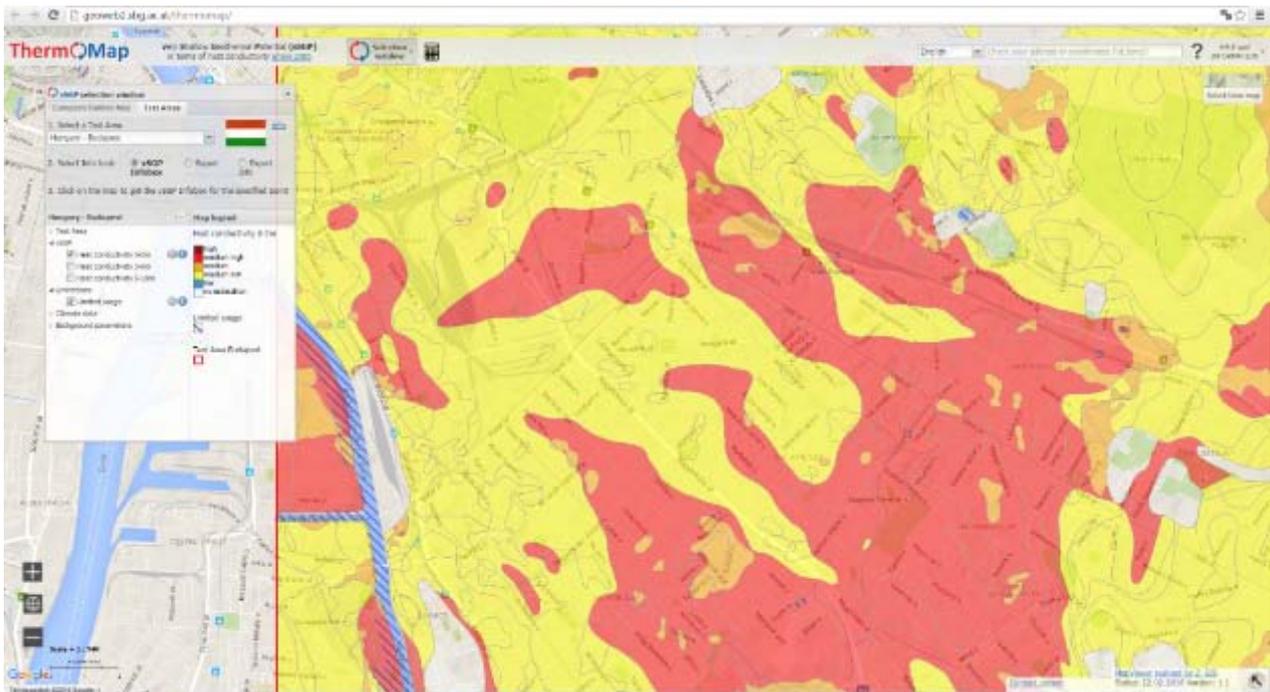


Figure 5: ThermoMap, the Budapest test area (<http://geoweb2.sbg.ac.at/thermomap/>).

Probably the most important international project was *OneGeology*. It is an international initiative of the geological surveys of the world. This project was launched in 2007 and contributed to the ‘International Year of Planet Earth’, becoming one of their flagship projects. Thanks to the enthusiasm and support of the participating nations, the initiative has progressed rapidly towards its target – creating dynamic geological map data of the world, available to everyone via the web. The OneGeology project has made geological spatial data held by the Geological Surveys of the countries more easily discoverable, accessible and shareable. It made a significant contribution to the progress of INSPIRE – i.e. to develop systems and protocols to better enable the discovery, viewing, downloading and sharing of core European spatial geological data. This project succeeded in developing a harmonised data model (based on existing international standards) for 1:1 million geological map data, and serving these data for 21 countries through OGC-compliant web services in a multilingual portal in 18 languages. The project also succeeded in developing a single license for the use of these data. Nowadays 116 countries are contributing to this project (Figure 6).

Summarizing the development of these years, we can say that in contrast to former classical cartographic compilation this radically new approach lets the users define the requested map content. It can be performed by the free selection of the graphical layers and by well-defined queries. According to the direction of development, these possibilities will get priority in the future cartographic activities.

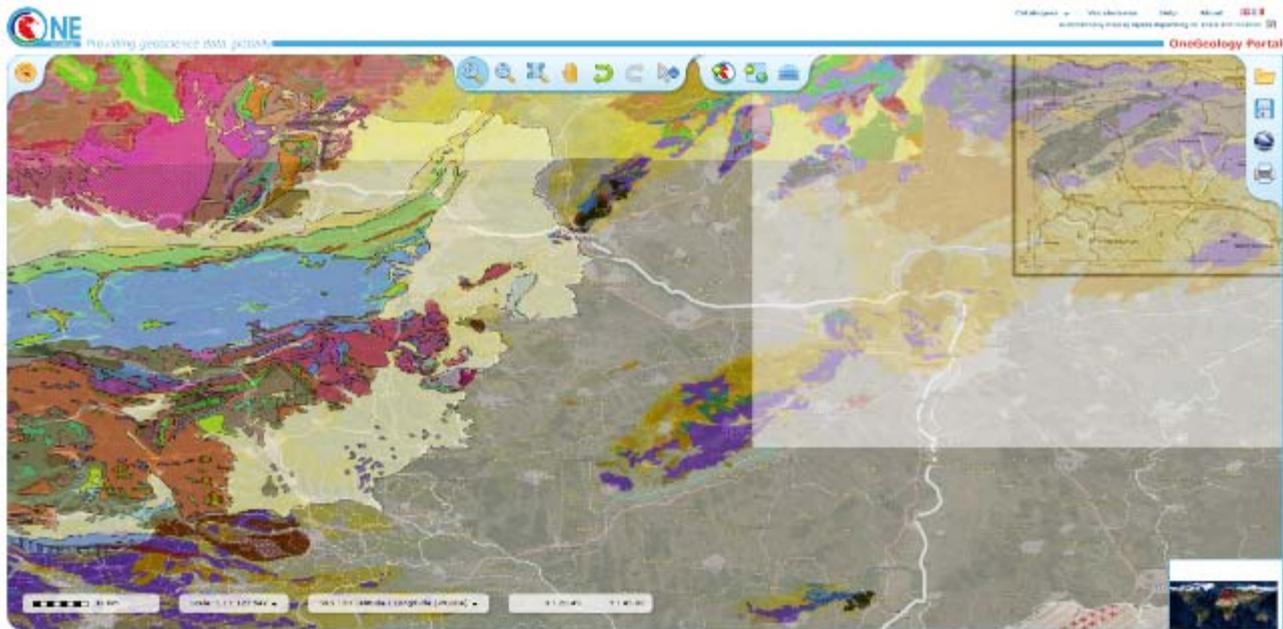


Figure 6: The OneGeology website (<http://portal.onegeology.org/>).

## 2.4 Implementation of Open GIS, but focusing on information security

The Institute started to implement the two main standards of the OGC (Open Geospatial Consortium) after 2005: both the Web Map Service and the Web Feature Service. Since then, the role of OpenGIS in publishing geological data and maps on the internet became more and more important in the institute.

The Institute was re-structured by the Hungarian government in 2012, uniting the *Geological Institute of Hungary* and the *Eötvös Loránd Geophysical Institute*; the new name is the *Geological and Geophysical Institute of Hungary*. Both founding institutions have more than a hundred-year old history, and not only at national but also at international level they are considered pioneers in the field of geological and geophysical research. With the fusion of the two institutes, two complementary kinds of professional experience have been merged, which increases the efficiency of the institute on the field of geology, geophysics, mining, and climate policy.

Major developments in the Department of Geoinformatics, goals achieved:

- Most of the activities of the institutes are focusing on raw material potentials and geothermal energy.
- The GIS team carried out all the GIS activities and map productions for the projects that work on the geological and geophysical tasks of the Hungarian state.
- Data harmonization of borehole/well data and regional maps covering the whole country is continued.
- INSPIRE compliant data schemas and services for geological and geophysical databases.

The institute started to build a new server infrastructure in 2015. All the GIS and database servers are migrated to a new environment. Test servers are set up first, and an automated backup system serves all GIS and database data. The information security became a very important topic of the last year. The institute was forced (by the government) to build a more strict security. Due to this process, the security is now at a higher level and the background systems are regulated.

The institution is starting the implementation of the open source webGIS platform. They really understood that it is a must nowadays and they are working on this new transition process for a long time.

The implementation process of the web-based geological map service can be summarized in the following main steps:

- setup of the database structure,
- design, compilation and cartography of web-based digital geological map,
- implementation of map service,
- implementation of web-based application,
- optimization of the whole system.

The development of web services is a complex task. The complexity is due to the high number of the related components and to the sophisticated relationships between them. There is much more flexibility in the OpenGIS environment and in allowing the users to fine-tune the system to their special needs or make some programming to develop new functions and services.

### **3. CONCLUSION**

The Geological and Geophysical Institute of Hungary is an interesting case study to present the effect of the development of the information technology on a national mapping agency or a similar national institute. The change from an analogue environment to digital was just the first step; these institutes have to follow the technological changes and continuously adopt new functions and technologies. MÁFI and all other similar institutes produced paper maps for a very long time, and they have all data stored in paper records and maps till the end of 1980's years. The stages of the digital evolution from digitizing to web-based services are quite easily identifiable. The most recent challenges for these institutes are the handling of big data and the implementation of OpenGIS. It looks that OpenGIS can give such institutes more flexibility in their services and can provide more standardised environment on international level to support regional and international cooperation. The main elements of cartography 2.0 and web 2.0 are collaboration, interactivity and crowd sourcing. OpenGIS environment is able to support these activities, so it is a logical step for such institutes.

#### 4. ACKNOWLEDGEMENT

The present study was sponsored by the Hungarian Scientific Research Fund (OTKA No. K100911).

#### 5. REFERENCES

- GALAMBOS Cs.: *A földtani térkép – digitalizálástól nyomdáig (Geological maps — from the digitalisation to the publishing)*. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2004., Budapest.
- HAVAS G.: *Földtani térképek publikálása internetes környezetben (Publishing geological maps on the Internet)*. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2004., Budapest.
- HAVAS G.: *A magyar földtan megjelenése a nemzetközi webes térképszolgáltatásokban*. Geodézia és Kartográfia, 2009/09, page 27-30.
- HUNGIS FOUNDATION (eds): *Hungarian GIS Survey 1995*. <http://lazarus.elte.hu/gis/gissur95/gissurv.htm>. Last accessed 21 February 2016.
- SIMÓ B., OROSZ L., BARCZIKAYNÉ SZEILER R.: *MFGI GIS – térinformatika földtanra optimalizálva*. 6. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Debrecen, 2015. [http://geogis.detek.unideb.hu/TKonferencia/2015/kotet\\_2015.pdf](http://geogis.detek.unideb.hu/TKonferencia/2015/kotet_2015.pdf). Last accessed 21 February 2016.
- TURCZI G.: *A GIS földtani alkalmazása Számítástechnika*, 1992/5., Budapest
- TURCZI G.: *A digitális térképkészítés korszaka a Magyar Állami Földtani Intézetben. (The digital map construction event in the Geological Institute of Hungary)*. Annual Report of the Geological Institute of Hungary 2010. p. 97-99.
- ZENTAI L.: *A digitális térképek Magyarországon az első digitális adatbázisoktól a kilencvenes évek végéig*. RS&GIS, 2012/2. <http://www.rsgis.hu/RS&GIS-2012-1-3.html>

© László Zentai, 2016

## **УМЕНЬШЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ШУМОВ В ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С УЧЕТОМ ЭНТРОПИИ**

### ***Бен Горте***

Дельфтский технический университет, факультет гражданского строительства и геонаук, кафедра геонаук и дистанционного зондирования, Нидерланды, 2600 GA Дельфт, ул. Стевинвег, 1, п/я 5048, доктор наук, доцент, тел. +31 15 2781373, e-mail: b.g.h.gorte@tudelft.nl

### ***Энаят Хоссейни Ариа***

Дельфтский технический университет, факультет гражданского строительства и геонаук, кафедра геонаук и дистанционного зондирования, Нидерланды, 2600 GA Дельфт, ул. Стевинвег, 1, п/я 5048, аспирант, тел. +31 15 2781373, e-mail: s.e.hosseiniaria@tudelft.nl

### ***Массимо Мененти***

Дельфтский технический университет, факультет гражданского строительства и геонаук, кафедра геонаук и дистанционного зондирования, Нидерланды, 2600 GA Дельфт, ул. Стевинвег, 1, п/я 5048, доктор наук, профессор, тел./факс: +31 15 2784244/3711, e-mail: m.menenti@tudelft.nl

Целью понижения размерности гиперспектральных изображений является сокращение количества спектральных каналов посредством их выбора или комбинации без значительной потери визуальной информации. В статье анализируется использование энтропии в качестве меры объема информации и связанные с этим проблемы в высокоразмерных пространствах признаков. Исследуется поиск ближайшего соседнего элемента с помощью адаптированного критерия для объемов информации соседних элементов. Из этого следует, что мы имеем дело с прямым методом уменьшения действия шумов изображения в спектральной области, что приводит также к уменьшению пространственного шума, но при этом сохраняет пространственные детали и четкость изображения.

**Ключевые слова:** гиперспектральное изображение, энтропия, уменьшение размерности, поиск ближайшего соседнего элемента, уменьшение шума.

## **ENTROPY-BASED NOISE REDUCTION IN HYPERSPECTRAL IMAGES**

### ***Ben Gorte***

Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geoscience, Department of Geoscience and Remote Sensing, the Netherlands, 2600 GA Delft, Stevinweg 1, P. O. Box 5048, Dr. ir., Assistant Professor in Optical and Laser Remote Sensing, tel. +31 15 2781373, e-mail: b.g.h.gorte@tudelft.nl

### ***Enayat Hosseini Aria***

Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geoscience, Department of Geoscience and Remote Sensing, the Netherlands, 2600 GA Delft, Stevinweg 1, P. O. Box 5048, Ph. D. candidate, tel. +31 15 2781373, e-mail: s.e.hosseiniaria@tudelft.nl

### ***Massimo Menenti***

Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geoscience, Department of Geoscience and Remote Sensing, the Netherlands, 2600 GA Delft, Stevinweg 1, P. O. Box 5048,

The goal of dimensionality reduction of hyperspectral images is to reduce the number of spectral channels, either by selection or by combination, without losing too much of the image information. The paper investigates the use of entropy as a measure of information content, and addresses the associated difficulties in high-dimensional feature spaces. A nearest neighbor solution is studied with an adapted measure for neighborhood volumes. It appears this also provides a straightforward method to reduce image noise in the spectral domain, which also provides spatial noise reduction, while preserving spatial details and image sharpness.

**Key words:** hyperspectral imagery, entropy, dimensionality reduction, neighbor search, noise reduction.

## INTRODUCTION

Hyperspectral images are an important class of remote sensing data products. They are recorded by instruments called imaging spectrometers, where the imaging characteristic relates to the coverage of an object (for example a region on the earth surface) with a two-dimensional set of measurements. Each measurement produces a one-dimensional series of data, being radiances emitted or reflected from that region at different spectral wavelengths (hence: spectrometer). This gives three-dimensional data volumes, with two spatial dimensions corresponding to terrain coordinates in the scene, and on spectral dimension corresponding to wavelengths in the electromagnetic spectrum.

Along all dimensions the data are sampled: the spatial resp. spectral distances (resolutions) between successive samples lead to pixels resp. spectral channels in the data. In remote sensing, using airborne and space borne instruments, spatial resolutions may be anywhere between a few centimeters and hundreds of meters. Spectral resolutions are somewhat more uniform: the spectral ranges considered are usually in the visible (400-700 nm), near infra-red (700-1200nm) and/or short-wave infrared (1200-2500 nm) parts of the spectrum with channels of (typically) 5 – 50 nm wide.

Several satellite missions are equipped with imaging spectrometers, such as MODIS (36 spectral channels), CHRIS (18 spectral channels) and HYPERION (220 spectral channels). Among airborne imaging spectrometers AVIRIS is a well-known system (224 spectral channels), which is used in the examples given in this paper.

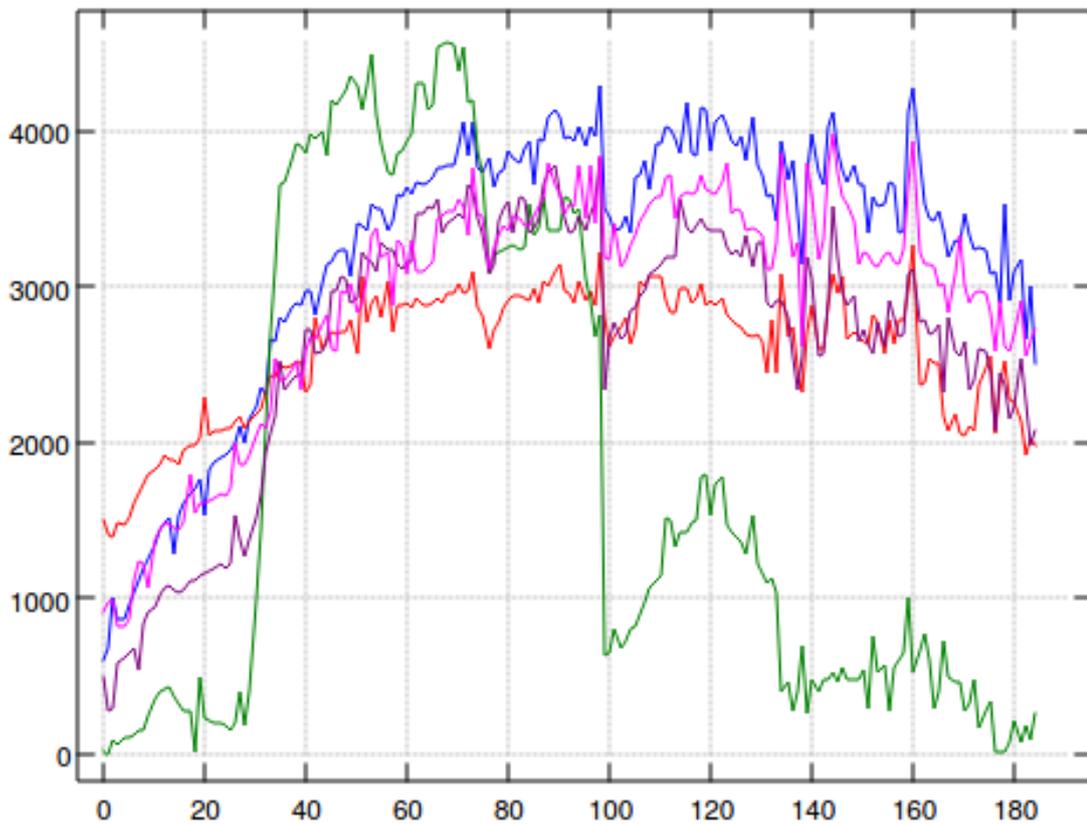


Figure 1: Five spectra at arbitrary pixels in a hyperspectral image with 185 spectral channels between 400 and 2500 nano-meters.

The set of measurements in the range of spectral channels, representing the spectrum that is measured at one spot in the scene and is stored at a pixel of the image, is called the *feature vector* of that pixel. The vector space is the  $M$ -dimensional *feature space* (with  $M$  the number of spectral channels). Each point in the feature space is a (measured) spectrum, which may be also represented as a spectral curve (Figure 1). When points in the feature space are near (perhaps in one *cluster*), the corresponding spectral curves look the same.

The noise reduction method presented in this paper fits in an effort to reduce the dimensionality of hyperspectral image data. The goal of such reduction may be, for example, to reduce the data volume, or to make the data suitable for certain types of statistical analysis, including classification, where high dimensionality could get problematic (*e.g.* during the estimation of distribution parameters). In this context the notion of entropy, as a a measure of information content, plays an important role. The  $k$ -nearest-neighbor method of estimating feature vector probabilities in high-dimensional feature spaces provides an elegant method for noise reduction, which at the same time reduces entropy and provides a measure of information loss during dimensionality reduction.

## DIMENSIONALITY REDUCTION

A general goal of dimensionality reduction is to minimize data volume while maintaining information content. This will only be successful if there is a degree of redundancy in the input data. It requires relevant data to be separated from redundant data, after which the latter may be omitted.

A straightforward method for dimensionality reduction is *channel selection*; where as many redundant channels are removed as possible, under suitable criteria for 'redundant' and for 'as possible'. Other dimensionality reduction schemes use transformations (rotations) in the feature space, the most common method being Principal Component Transform.

As an alternative to channel selection, *band formation* is considered [Hosseini Aria *et al.*, 2012] in our study. From a large number of narrow channels (each occupying a small range of spectral wave-lengths) a smaller number of wider bands is formed, by averaging the values at every pixel. Assuming that each narrow channel is being used for exactly one wide band, the problem can be formulated as finding the wavelengths at which the boundaries of the new bands are placed, and method can be called *Spectral region splitting*. The success in terms of dimensionality reduction vs. information loss depends on the number of new bands and their locations in the spectrum. The challenge is to find optimal locations with a given number of bands, or to find the minimum number of bands, and their locations, with a given value for certain criteria. As to the criteria for a set being optimal we consider:

- **Representation accuracy** measures how similar the original (narrow) channels are to the averages used in the bands.
- **Class separability** addresses whether dimensionality reduction reduces the capability to separate classes from each other in supervised land use/land cover classification.
- **Information content**: By quantifying the amount of information in a dataset, one can search for a configuration of spectral bands where the loss of information is minimal.

In all cases a single set of spectral bands is assumed to be used for an entire image, and one of the concerns is how (the reduction in) representation accuracy, class separability and/or information content is spatially distributed over the image. For images recorded at different types of scenes (for example urban, agricultural, forested, natural, marine, etc.) different sets of spectral bands may be optimal. Therefore we consider dimensionality reduction by *spectral region splitting* to be part of the analysis of an image.

## ENTROPY

The remainder of the paper is restricted to information content measurement, notably to *entropy*. Entropy is a notion from information and communication science. It attempts to express the amount of information contained in a particular message (among all the possible messages in a given context) as the (theoretical) minimum number of data elements needed to precisely transmit that message from a sender to a receiver<sup>1</sup>. In remote sensing terms this translates into the minimum data volume needed to represent (store, transmit) the information in an image. It provides a theoretical minimum for the data size to which images could be reduced by a ideal lossless image compression method. Obviously, the information content of an image depends on the image size, and therefore it is customary to normalize entropy into *bits per pixel*.

Entropy is a powerful, yet quite simple, concept. Considering that information can be subdivided in pieces called packets, a set  $\Omega$  exists containing all possible packets  $p$ . Associated with each packet is the probability  $P(p)$  that an arbitrary piece of an arbitrary, but valid, message is *that* packet. The sum  $\sum_{\Omega} P(p)$  over all  $p$  in  $\Omega$  therefore equals 1.

The amount of information in a packet, measured as the data size within a message needed to encode that packet efficiently, equals minus the logarithm of its probability. One million packets, all being equally probable with  $P(p) = 1/1000000$ , can be encoded in 6 digits from 000000 to 999999, and  $^{10}\log 1/1000000 = -6$ . When probabilities differ, it is efficient to use short strings for frequent packets, at the expense of having to use longer strings for rarer ones. The length of each packet depends on its probability: the number of decimal digits needed to represent each  $p \in \Omega$  most efficiently equals  $^{10}\log P(p)$ . Instead of using decimal digits, we can express message lengths in bits by using  $^2\log P(p)$  instead of  $^{10}\log P(p)$ . The notion of entropy agrees with the intuition that common, predictable pieces of information are those with high probabilities, and that these are less informative than unusual, surprising ones.

When the number of samples (of packets) in a dataset  $D$  is much larger than the total number of possible samples  $\Omega$ , the probabilities  $P(p)$  for all  $p$  in  $\Omega$  can be estimated from the dataset by counting the frequencies of occurrence. If certain packets  $p \in \Omega$  with very low probabilities do not occur in  $D$  at all, they will get an estimated probability of  $P(p) = 0$ , which is close enough to the truth. The entropy  $H$  can now be computed over the entire space  $\Omega$  as the weighted sum of logarithms of probabilities, where those probabilities are also used as weight factors.

$$H(\Omega) = \sum_{p \in \Omega} P(p) \cdot ^2\log P(p) \quad (1)$$

---

1 They know and understand each other very well. They are allowed to design a strategy, and to make any agreement on how to communicate efficiently. They are not supposed to reduce the set of possible messages, however, and if a strategy is tailored to a message, the strategy has to be included in the message.

When the probabilities are already known beforehand, the entropy in a dataset  $D$  can be computed as the sum of logarithms of each packet in  $D$ . Now weighting is not necessary, since packets with higher probability are occurring more often. It is necessary, however, to divide by the sample size  $\#D$ .

$$H(D) = (\sum_{p \in D} -\log P(p)) / \#D \quad (2)$$

## ESTIMATING ENTROPY IN HYPERSPECTRAL IMAGES

A pixel in a hyperspectral image has a feature vector containing a number of measurements, each having a value from a certain range. The range defines the radiometric resolution and translates into a bit count. The sum of bit counts over the channels provides an upper bound for the number of bits required to store the information in a pixel. This number of bits would indeed be needed if any combination of spectral values randomly occurred in the image. In reality, given the small widths of spectral channels in hyperspectral sensors, spectral curves are usually smooth, or at least piecewise smooth (having only a few jumps) – this greatly reduces the number of possible feature vectors, and makes *spectral region splitting* a promising effort in the first place. Furthermore, spectral curves are consequences of physical properties (absorption, reflection, scattering) of materials at and above the earth surface, and many of the spectra that would form valid feature vectors are not resulting from any material (or combination of materials). Finally, entropy takes the frequencies into account at which messages are expected to occur. By using compact encodings for frequent messages further efficiency can be gained.

Despite the above, the number of physically possible hyperspectral feature vectors is still much larger than the number of different feature vectors that actually *does* occur in any given image, which is bounded by the number of pixels.

Because  $\Omega$  is too large, (1) cannot be used to compute the entropy in an image. Method (2) is only useful when the probabilities of the feature vectors (information packets) in the image are already known. It is not possible to compute these from the frequencies at which they occur in the image directly, because the number of feature vectors that *might* occur is much larger than the number that *does* occur. Therefore, counting the latter does not lead to correct probability estimation.

## NEAREST NEIGHBOR ESTIMATION

To estimate high-dimensional feature vector probabilities we investigate Nearest Neighbor estimation, which was successfully applied in multispectral feature spaces during previous work [Gorte and Stein, 1997]. We describe the overall method first and provide details later.

For any  $p$  that is present in the feature space of an image, we find the  $k$  nearest neighbors, also being actually present. In each spectral channel  $i$  we take the minimum and maximum value  $min_i$  and  $max_i$  among the  $k$  neighbors and compute a size  $s_i = max_i - min_i + 1$ . Adding 1 prevents the size to be 0 in case  $min_i$  and  $max_i$  happen

to be equal. By multiplying all sizes over the dimensions  $i$  we obtain the volume  $V_B = \prod_i s_i$  of the smallest rectangular  $n$ -dimensional hyper-block  $B$  that contains  $k$  image feature vectors: the  $p$  we were searching for, plus its  $k-1$  nearest neighbors. When we denote the total number of pixels in the image as  $N$ , the probability for an arbitrary image pixel to have its feature vector (other than  $p$ ) inside  $B$  equals:

$$P_B = (k-1) / N$$

Assuming  $V_B$  is small (because  $k \ll N$ ), the probability density inside  $B$  can be considered homogeneous, and the probability for finding a particular vector in size  $B$ , such as  $p$ , equals:

$$P(p) = P_B / V_B = (k-1) / NV_B = (k-1) / (N \prod_i s_i)$$

For entropy computation according to (2) the base-2 logarithm of  $P(p)$  is needed:

$${}^2\log P(p) = {}^2\log(k-1) - {}^2\log N - \sum_i {}^2\log s_i$$

Substituting this into (2), the entropy of a hyperspectral image  $I$  of  $N$  pixels with feature vectors  $p$  (in which duplicates may occur) equals:

$$H(I) = (\sum_I {}^2\log P(p)) / N = (\sum_I {}^2\log(k-1) - {}^2\log N - \sum_i {}^2\log s_i) / N$$

The following remarks apply:

- $k$  is a (small) positive integer – we used  $k = 11$  in the experiments.
- *Nearest* refers to the distance between features; the nearest neighbors may be far apart in the image (in the scene).
- Distances in the feature space can be measured Euclidian, but literature also suggests other metrics, such as city block distance or fractional distance [Kybic, J. & I. Vnučko, 2012].
- Distance computations and neighbor searches in high-dimensional feature spaces are controversial because of the so-called *curse of dimensionality*, which leads to the observation that the distance between near points gets very similar to the distance between far points. However, the differences between the volumes of hyper-blocks, spanned around near vs. far point pairs, are significant, because volumes are increasing with the  $n$ -th power of sizes.
- Another “curse” of dimensionality is that neighbor searches require brute force: they are slow and hard to optimize when exact results are wanted. By accepting *approximate neighbors*, as, for example, provided by the ANN-software package [Arya and Mount, 1998], significant performance increase is obtained at the expense of little additional inaccuracy.

Nearest neighbor approaches to the high-dimensional entropy problem have been proposed earlier.

[Kybic and Vnučko, 2005] describe optimisations to a 1-NN method, known as the [Kozachenko and Leonenko, 2005] (KL) estimator. [Kybic, 2007] extends from 1-NN to  $k$ -NN; a major difference between his approach and ours is that he uses a single distance to construct an  $M$ -dimensional hypersphere, where we use the minima and maxima in each channel to compute a hyper-block with different sizes along the dimensions.

## NOISE REDUCTION

As a bonus to the above-described probability estimation method, we obtain a very effective method for the suppression of random variations of values in the spatial/spectral domain. These variations materialize as a noisy appearance of individual channels: spatial variation that occurs at single pixels, which cannot be explained by actual heterogeneity in the terrain, and are not observed by any other observation technique. On the other hand, the variations appear as pixel spectra being less “smooth” than, for instance, those measured by field spectrometers (see also Figure 1). We consider these variations to be *noise*.

The proposed suppression is based on the neighbor search introduced above: for each  $p$  find  $k$  neighbors and construct the box  $B$ , defined by the minima and maxima per channel, and finally replace  $p$  by the center  $c$  of box  $B$ ;  $c$  is a new vector where each element (channel) is halfway between the minimum and the maximum of that dimension of  $B$ . After doing this for the entire image most feature vectors will have changed; therefore also the boxes, as well as their centers, change. This gives rise to an iterative process. After a number of iterations, the nearest neighbor search can be re-computed and a new series of iterations performed. This defines higher iteration level. All in all these iterations will not quickly converge, because feature vectors at the outside of the feature space will continue to “go inward” further and further. However, for most of the feature vectors the changes will become very small after a while, and this is when the process can be terminated.

The results after tree iterations of Nearest Neighbor search, with 15 sub-iterations of replacing spectra by spectra of nearest neighbor boxes, as described above, is shown in Figure 2. The image is from the well-known AVIRIS sample image recorded at Indiana Pines agricultural scene in 1992. The image consists of 224 spectral channels between 370 and 2500 nano-meters, from which 39 channels, mostly in the water absorption parts of spectrum, had been removed prior to noise reduction.

The spectra of the five pixels shown in Figure 1 (before noise reduction) are transformed into those in Figure 3 by the operation.



Figure 2: Original (left) and Noise-reduced (right) color composites of a hyper-spectral AVIRIS images. Above: channels (177, 77, 17) mapped to RGB, below: channels (42, 22, 10)

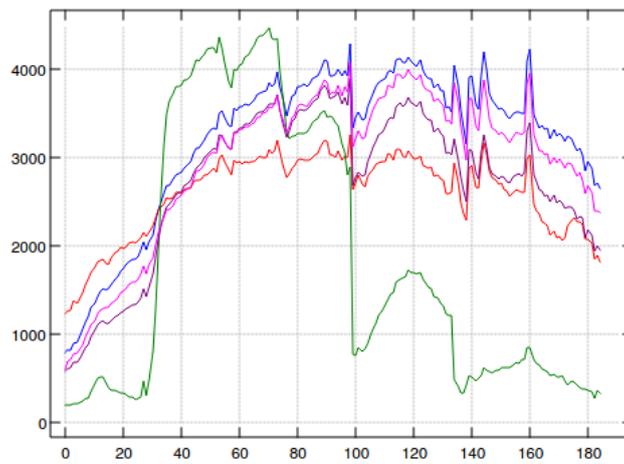


Figure 3: Noise-reduced spectra (cf. Figure 1)

## CONCLUSION

In the context of dimensionality reduction of hyperspectral imagery we described a  $k$ -nearest-neighbor based approach for entropy computation, from which a novel method for noise reduction was derived. The method performs spectral smoothing, which is also clearly visible in the spatial domain. So far, the method has only been applied to AVIRIS imagery; its effect of data from other sensors, with different signal-to-noise ratios, has to be further investigated.

## REFERENCES

- S. Arya, D. M. Mount, N. S. Netanyahu, R. Silverman and A. Wu, Optimal Algorithm for Approximate Nearest Neighbor Searching in Fixed Dimensions, *Journal of the ACM*, 45(6):891-923, 1998.
- Gorte, B.G.H and A. Stein, Bayesian classification and class area estimation of satellite images using stratification, *IEEE TGRS* 36(3) 803-812 (1998)
- S. E. Hosseini Aria; M. Menenti; B. Gorte, Spectral discrimination based on the optimal informative parts of the spectrum, *Proc. SPIE 8537, Image and Signal Processing for Remote Sensing XVIII*, 853709 (2012)
- L.F. Kozachenko, N.N. Leonenko, On statistical estimation of entropy of random vector, *Problems of Information Transmission* 23 (9) (1987)
- Kybic, J. & I. Vnučko, Approximate all nearest neighbor search for high dimensional entropy estimation for image registration, *Signal Processing* 92 (2012) 1302–1316.
- Kybic J .High-dimensional entropy estimation for finite accuracy data: R-NN entropy estimator. *Inf. Process Med Imaging*. (2007) 20:569-80.

© Ben Gorte, Enayat Hosseini Aria, Massimo Menenti, 2016

## **ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕБОСКРЕБОВ. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ БАШЕН И МОНИТОРИНГ НЕБОСКРЕБОВ-БЛИЗНЕЦОВ – БАШНИ ЛАМАР В ДЖИДДЕ, САУДОВСКАЯ АРАВИЯ**

*Кадмос Хатиб*

Компания Drake & Scull International PJSC, Саудовская Аравия, г. Джидда, Р. О. Box 116806, начальник отдела геодезического мониторинга, тел. +966503419485, +9613911187, e-mail: kadmous@mail.ru, elkhatibkadmous@hotmail.com

Башня Халифа (Бурдж-Халифа) – это самый высокий небоскреб в мире и ее высота достигает 880 м. Ее открытие состоялось в 2010 году в Дубаи, и она стала первым сооружением для проведения полного комплекса инженерно-геодезических работ во время строительства и последующего его геомониторинга в процессе эксплуатации. К сожалению, не у всех последующих небоскребов имеются такие условия, как у Башни Халифа. Примером тому небоскребы-близнецы – Башни Ламар в Джидда, Саудовская Аравия, где геодезисты впервые столкнулись со многими неожиданными проблемами, для решения которых потребовалась разработка совершенно новой технологии и программного обеспечения. Эта технология включает в себя применение высокоточного электронного тахеометра с набором различных инструментальных средств, обеспечивает минимальный объем вычислений, высокую точность в пределах 5 мм на 1 000 м, реализуется намного быстрее по сравнению с существующими методами, легко совместима с датчиками угла наклона и используется для геомониторинга в режиме реального времени. Традиционная геодезия в сочетании с новой технологией.

**Ключевые слова:** встроенное приложение Zenith line, мобильный электронный тахеометр ТМ30, Nivel сенсор, точный инклинометр, уравнивание методом наименьших квадратов, совместная обработка данных, скульптурная башня, сверхвысотный небоскреб, смещение и осадки, Leica Geosystems.

## **SURVEYING ENGINEERING CHALLENGES IN THE CONSTRUCTION OF SKYSCRAPERS. HIGH RISE TOWER SURVEY AND MONITORING ON LAMAR TWINS BUILDING IN JEDDAH, KSA**

*Kadmous Khatib*

Drake & Scull International PJSC Company, Saudi Arabia, Jeddah, P. O. Box 116806, Chief of Surveying and Monitoring Department tel. +966503419485, +9613911187, e-mail: kadmous@mail.ru, elkhatibkadmous@hotmail.com

2010 Khalifa Tower (the highest building in the world) 880 meter in Dubai was the reference for all engineering survey and monitoring work in high rise buildings, but unfortunately not all projects have the same condition. 2011 Another challenge at Lamar Towers in Jeddah, Khalifa's survey system does not work well due to conditions of Lamar Towers. New technology with new instruments and tools were created to face the challenge, based on high precision total station, different tools and less calculation, high precision up to 5 mm per 1 000 m, faster more than any method, easy to combine with reading from inclination sensors, used for real time monitoring. Traditional way with new technology.

**Key words:** Zenith Line, onboard application, TM30 automatic total station, Nivel, precision inclinometer, least squares adjustment, data fusion, sculpted tower, super high-rise, offset and settlement, Leica Geosystems.

## **INTRODUCTION**

The Lamar Towers Project is an important strategic high rise luxury project on the Jeddah Sea Front Corniche. The project consists of 72-floors (305m above ground surface) tower, one 63- floors (285m above ground) tower and one 12- floors podium including retail and office space as well as one 2- floors basement for parking. The basement is 8.4m below ground. The podium is 61m high, which is comprised of 2 level retails and 10 level offices. Podium structure is integrated with both towers.

The proposal for the project was submitted by Cayan in 2008 and was approved in the same year. Construction began in 2008 and, when completed in 2013, Tower 1 will be the tallest building in Jeddah, surpassing the recently completed National Commercial Bank. The development is expected to cost about \$ 600 million. The tower was designed by Saudi Diyar Consultants. The Construction Management Service is by Midrar Arabia. The main contractor Drake & Scull construction

Lamar tower has two buildings and each building has two core walls, it is 7 days cycle for one floor construction and Dokka self-climbing form work system is used for the core wall construction. Core walls construct before and the slabs follow after, there are 5 floors height different between them. The core wall is slim and there are 2 tower cranes and 2 placing booms in each core wall so that the space is too narrow to work on the top of them. Also there are further site restrictions.

The feasibility study was carried out to decide what is the best solution for the Lamar tower, The engineer visited the site and collection the field information and it is reported the challenges in surveying works because of the extreme environmental condition such as the weather which is more than 70% humidity and the 50 degree of the temperatures and the construction site conditions is extremely hard for surveyor because of core wall conditions as mentioned above. The small core-wall delivers the other difficulties.

GNSS (Global Navigation Satellite System) solution was primarily proposed to apply active control point concept which is already proved in Burj Khalifa tower in Dubai, 2 GNSS receivers were installed to collect 24-hours GNSS signal and it was analyzed to study the quality of signal and site condition.

It is reported that multipath and cycle slips was over the threshold so that it was decided that GNSS solution was not fit in this site.

## 1. CONSTRUCTION SURVEY & MONITORING CONCEPT

### 1.1 Site conditions

**Construction Cycles** - As all high-rise building in the world the most important things are to achieve to a vertical building closed to the gravity line which make the cladding and the elevator work at the end of the project and keep the huge element at its theoretical center of gravity which will effected if not at (shorting of the columns, sway, settlement , etc.).

**Environmental condition** - During construction the building exposed to multi conditions which make it move around its center of gravity which we can classified into :

#### -Permanent tilt

This tilt factor drives by the permanent concrete shortening and foundation mat settlement. The permanent tilt value shall be calibrated by long term base.

#### -Vibration tilt (Elastic)

This tilt factor drives by the real time factors such as wind and tower crane, sun radiation, etc. This tilt shall be immediately calibrated during every survey action

**Limit of Survey methodology** - The normal total station had a limit in transferring points from the ground floor the top because of the angle calculation, refraction of the x-ray, ppm (pair per million, sunlight effect, delaying in time, not easy to see inside the site, not easy to recognized the center of the prism no real time update for the coordinate the top, etc.

Optical and laser plummet had a short limit in height which obliged you to transfer your bench marks to 20 floors max, then close and start new transferring bench marks which make cumulative errors and make your building go out of tilt rang when your building is vibrating also there is no idea what is the verticality situation during work, and big delay in time while the work is going fast.

GNSS technology which is already proved in Burj Khalifa tower in Dubai ,at some site is useless because of tower cranes, placing booms, thin core walls, height of rebar, etc.

**Safety obstruction:** During contraction at the high-rise building the most important issue is the safety procedures and tools which give a little limit to move and work such as (safety screen, safety stairs, ect.)

### 1.2 Setting out Control points

Transferring the offsite Bench Mark to the site and to the corewall is the fundamental survey work in every corewall and slab setting out.

To obtain precise and reliable coordinates that are not influenced by any other environmental condition and survey technical issue, transferring the ground control coordi-

nates to the top of slab or the top of the existing slab formwork, Lamar tower has unique control point transfer sleeve in every slab that is going through from ground to the top slab. High accurate motorized total station like (TM30) and building survey and monitoring onboard software **”Zenith Line onboard application”** which is specially developed for high rise core wall alignment application is using to setout corewall and monitoring the periodical building movement and concrete shortening. The Zenith Line application is used to have direct measurements from the stable ground benchmark through the survey and monitoring sleeves and the surveyor can operate the survey work under the no influence by sun and identical working condition.

The concept is to set up Automatic Total Station with the onboard Zenith Line application in the same level of the control points (within the plot area of the tower) and transfer the control point coordinates to the working platform on the climbing system with a set of holes in the slab. In the required working slab and where the control points have to be transferred, a special double reflector pole (*circular prism at the bottom, 360° reflector at the top*) will be set up on the slab hole (along the same line of TPS (Terrestrial Positioning System) telescope by a strut and the coordinate will be obtained at the circular and 360° reflectors (Figure 1).

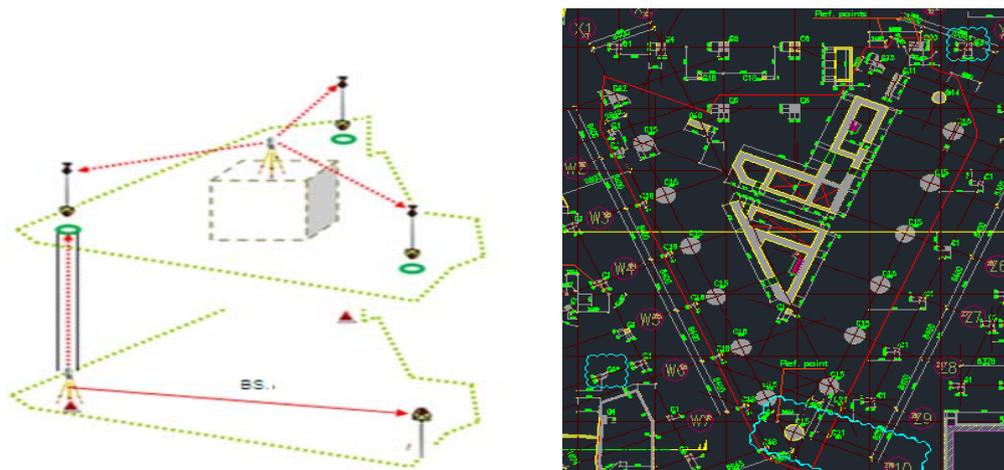


Figure 1

The terrestrial positioning system shall be precisely turn to the zenith line direction by automatic motorize option aiming to the reflector on working slab. The Zenith Line application will calculate the dX, dY of the bottom circular prism even if the telescope is not aiming to the centre of reflector, “Zenith Line” put the telescope vertical (zenith angle = 0.0000 gon) which will be offset from the reflector and ATR (Auto Target Recognition) is ON.

To determine the final coordinate, the original Control Points coordinates shall be recalculated by the dX, dY from the “Zenith Line” and those value shall be used for the surveyor on the top of the core-wall.

On the top section, three to four Zenith Monitoring Tools (360° - Circular dual reflectors pole) shall be set up at the same time for survey at the top of core wall using onboard Zenith Line application and Zenith Monitoring Tool as in the figure below.

To transfer the coordinates from the ground, it has to occupy the survey hole in proper location where has no obstruction in the vertical sight of view on the concrete slab.

The top slab where is the location to get the coordinates from the ground (**Bench Mark**) shall be set up by the **Zenith Monitoring Tool “Z.M.T.”** (a special double reflector pole with *circular prism at the bottom, 360° reflector at the top*) to receive the coordinate in precisely (Figure 2). Three or four (depending on the Core Wall structure, obstacles) sets of Z.M.T. and a total station will be used to determine the precise coordinates of control points that are established on the top concrete slab or slab formwork.

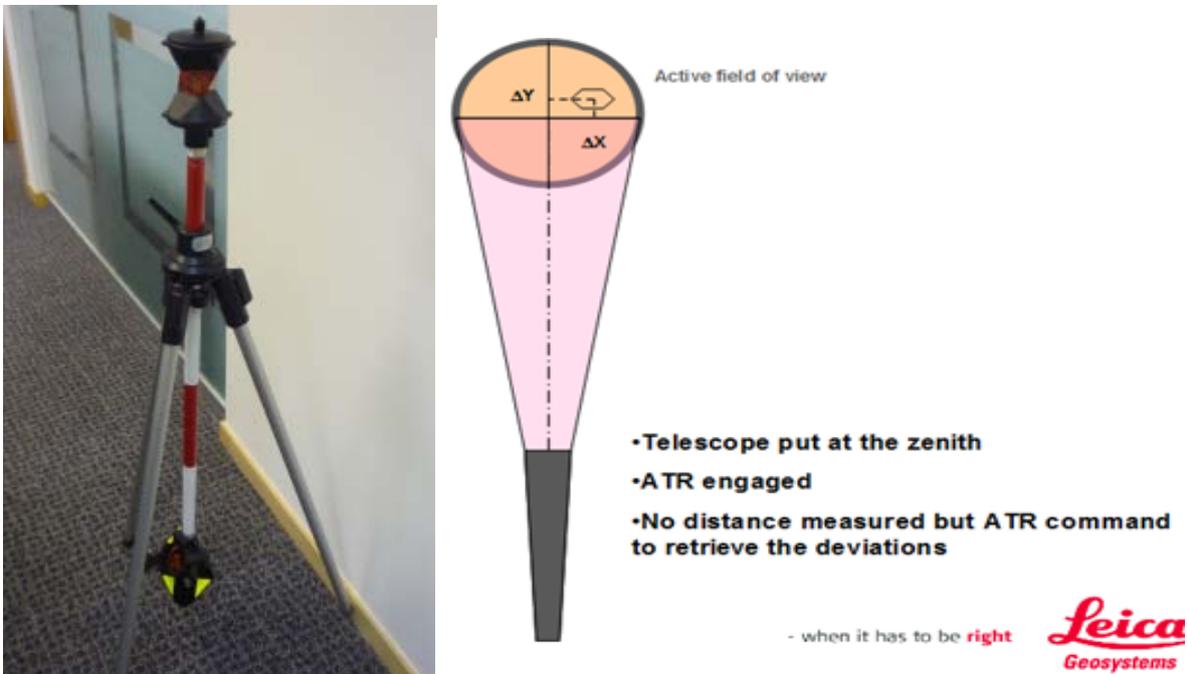


Figure 2

The core walls are being constructed in a sequence of several concrete pours. After each concrete casting the most top slab shall be the location to control the core-wall formworks alignment.

The circle and 360° dual reflectors pole are deployed in good geometry and they are rolled as active control bench marks on the top section.

The total station will observe the geometry of “the circle and 360° dual reflectors pole” by measuring the angles and distances to the 360° reflectors and those information’s with the processed at the Control Office or immediately on site and the resulting coordinates applied to the total station to update its coordinates and orientation.

The total station then observes the control points (nails set in the top of the concrete) to derive the corrections to be applied on the formwork structure. These coordinates are in relation to a continuous line of the building as defined by the control lines and therefore when the points are used to set the formwork for the next pour, the construction progresses as a straight element regardless of building movement.

The surveyor has to set up TPS on the or bench mark, the control holes for the survey shall be opened from ground to the top of the slab. TPS orientation, the survey make orientation step for the TPS set up as per building reference frame.

The **Zenith Monitoring Tool** with Circle and 360° reflectors shall be set up on the top of the concrete slab or the top of the formwork as the receiver from the ground bench mark and the active control points on the core wall.

The surveyor will have to set-up the TPS in a position where he will be able to survey all the marks on the formwork and also some other marks that will be used for other control inside the structure. The tripod will be installed on a very stable place.

### **1.3 Surveying the control points on the formwork**

When the first round of observation will be made, the surveyor will survey the control points on the formwork. He can also survey other marks on the wall and inside the building. Those marks will be used when the surveyor will need to control and set-up other elements in the building. By aiming 3 to 4 marks the surveyor will locate the TPS in the same coordinate frame.



Figure 3

In case there is no line of sight between TPS and the setting out position or it is hard to measure directly, the surveyor shall set 30cm offset line from the concrete beside the core wall as in the below graph (Figure 4).

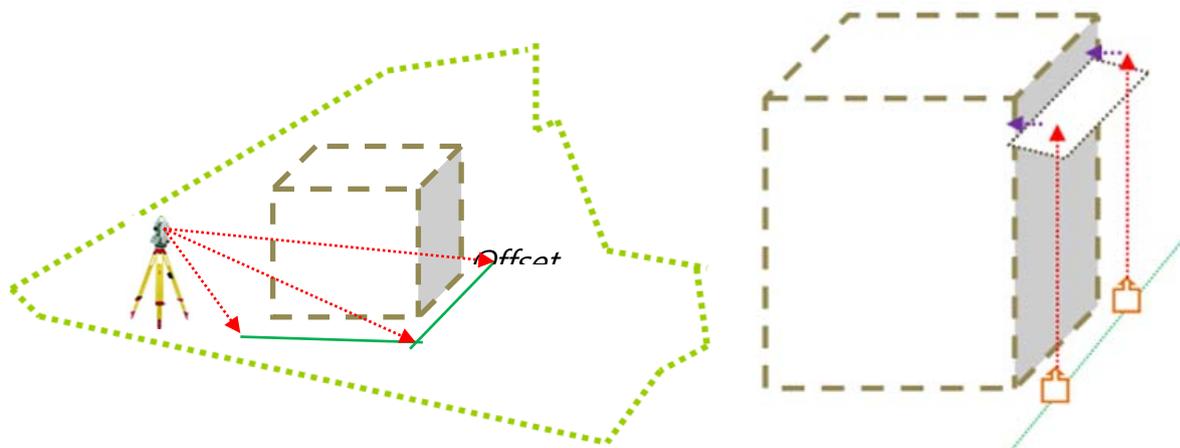


Figure 4

Holes in the slabs have to be opened for laser plummet on the working platform on self climbing formwork. Laser plummet has to be used to adjust the corners of the formwork along with the core walls.

## 2. CONSTRUCTION MONITORING

### 2.1 Foundation Settlement monitoring

There are 28 settlement monitoring points in B2 level foundation mat. Those are surveyed every day after casting, and a weekly basis, bi weekly, and monthly basis according to the monitoring schedule. The monitoring points are anchored into the foundation mat and securely protected. The first class digital level machine is used for every monitoring survey. The monitoring BM gets from 200m away Off site reference. The site BM for level monitoring is updated in each monitoring sessions. The monitoring programs are categories as the soil foundation work session, and building construction monitoring session. In the soil foundation work session, the survey was carried every day to monitor the dynamic settlement during the earth piling work. In the building construction session, the survey was carried every week in the lower floors, biweeks in the middle floors, and the monthly basis in the high floors. Most of the big settlements was in the beginning and middle height of the building about 5-10mm each sessions and the value was decreased to 2-3mm after middle and high level. During the Ground Floor to top level construction period, the total amount of the settlements are 5 mm (max), 14mm (min) (Figure 5-6).



## 2.2 Structure vertical shortening monitoring

The construction the core wall and the columns to the adjusted theoretical floor elevations is referenced to the off-site bench mark, and additional compensation corrections are applied in every floors' construction and the correction shall be made over and above the adjustment it is required to meet design elevation. The compensation corrections are based on the short and long-term effects of the combined structural elements. The concrete shortning is regularly surveyed by the EDM through the survey sleeve.

## 2.3 Building tilt monitoring

The two core walls are under monitoring by networked inclinometer system connected to the computer to detect dynamic building tilt movement and long term periodical permanent structural tilt. The monitoring epoch is every 15 seconds interval and the movement of the two towers was monitored 24/7 to detect the permanent and temporary tilt (Figure 7).

inclination sensor was installed every 15 floor at an equal interval height and connected to each other to reached to a logging file which record in real time the inclination angle between the sensor 24/7.



Figure 7

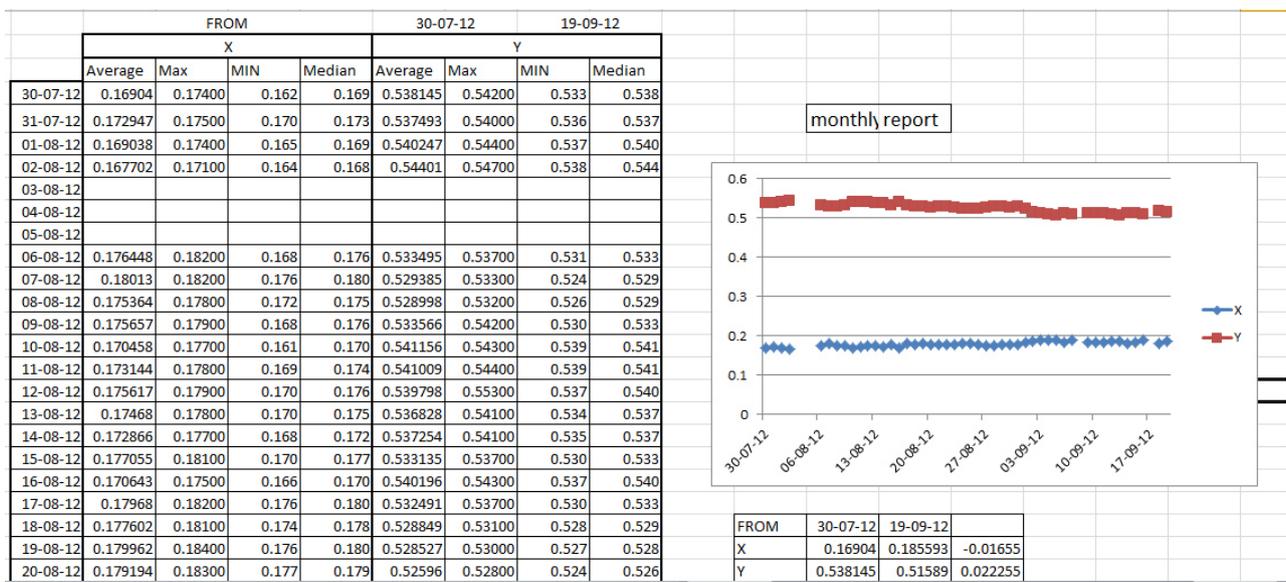
Data from the logging file were studied day by day and generate a graph to calculate the displacement  $dx$  and  $dy$  of the building during survey work to correct the offset by shifting of the coordinate at the drawing according to the results

Using the measurements from the Precise Inclinometers it is then possible to adjust the offsets from the reference control points to the true formwork location.

The basis behind the use of the precise inclinometers data is to measure the rotation of the building in an X-Y direction, i.e. (East – North). It is essential that each Nivel sensor was orientated in the same direction and during installation a series of calibration measurements are taken to synchronize the tilt sensor readings with real position of the building attitude.

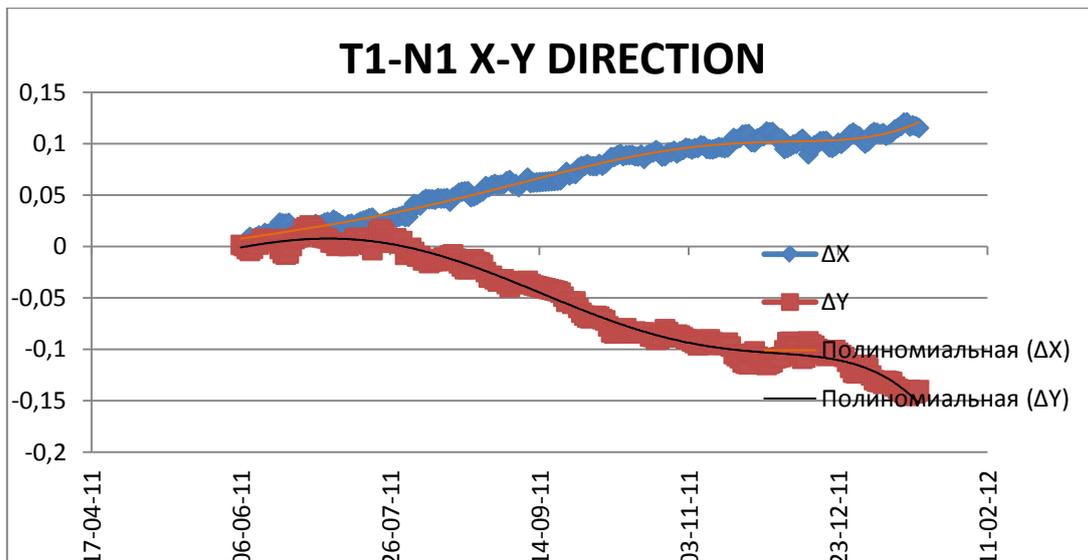
At each sensor location an X-Y offset is measured, through determination of the measured tilt and the distance above the rotation center. It is then possible to project the offset to the desired height, i.e. building top.

The below graphs are the plot of Nivel data in the X & Y direction. The average value of this data for a certain time will describe the tilt and verticality of the tower. The tilt in the X and Y directions for the tower can be adopted in the setting out of the core wall to construct the tower in a vertical position (Figure 8-10)



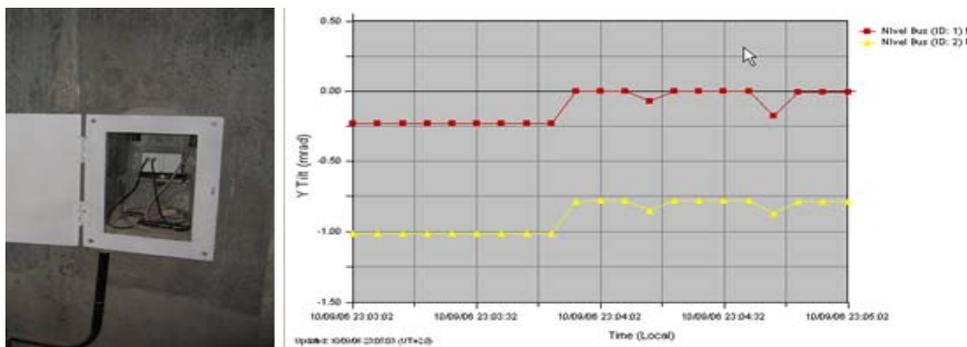
Monthly report of inclination

Figure 8



Yearly report for inclination

Figure 9



Data in real time view

Figure 10

## Conclusiton

Due to the development of the technology, building height and size are going to be tall and big, and it is expected the new challeges such as the method of the construction procedure and selection of the new material, and the survey and monitoring method could be discussed and studied. In terms of the survey and monitoring of the highrise building construction, the movement of the structure in the high rise level could be more dynamic and difficult to handle during the construciton and the precise and accurate understaing of the building structrue movement is mendatory to carry out proper structure compensation program to build the structure in the tolerance of the design and systematic management of the construction history. Systematic management of the survey and monitoring data, reporting, and the new survey and monitoring technolgy can help to develop the smooth and well organized working procedure, the reference documantation to manage the conflict between the cooperation of the many companies and the accurate and reliable survey and monitoring result in the project.

© *Kadmous Khatib, 2016*

## **О СОЗДАНИИ СЕТЕВОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

### ***Алексей Владимирович Басманов***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, главный научный сотрудник, тел. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Владимир Прокопьевич Горобец***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, начальник отдела глобальных навигационных спутниковых систем, тел. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Виктор Иванович Забнев***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, тел. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Владимир Иванович Зубинский***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, ведущий научный сотрудник отдела геодезии, тел. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Илья Алексеевич Ощепков***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, тел. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Геннадий Германович Побединский***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, кандидат технических наук, директор, тел. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Роман Александрович Сермягин***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, тел. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Игорь Анатольевич Столяров***

ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», 125413, Россия, г. Москва, ул. Онежская, 26, начальник управления геодезических исследований, тел. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

Приведен анализ реализации положений Концепции перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений, разработанной в 1995 г. Центральным ордена «Знак Почета» научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии имени Ф. Н. Красовского по заданию Федеральной службы

геодезии и картографии России. Рассмотрены результаты работ по созданию государственной геодезической системы координат ГСК-2011 и ее внедрению. Показаны перспективы дальнейшего развития системы геодезического обеспечения.

**Ключевые слова:** глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), системы координат, ГСК-2011, государственная геодезическая сеть, геодезическое обеспечение.

## **ABOUT CREATION OF NETWORK INFORMATION AND TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE OF GEODETIC SUPPORT OF THE RUSSIAN FEDERATION**

### ***Alexey V. Basmanov***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya St., 26, chief researcher, tel. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Vladimir P. Gorobets***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya St., 26, head of department of global navigation satellite systems, tel. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Victor I. Zabnev***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya St., 26, tel. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Vladimir I. Zubinsky***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya St., 26, leading researcher of department of geodesy, tel. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Ilya A. Oshchepkov***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya St., 26, tel. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Gennady G. Pobedinsky***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya St., 26, Ph. D., director, tel. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Roman A. Sermyagin***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya St., 26, tel. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

### ***Igor A. Stolyarov***

Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Technological Center of Geodesy, Cartography and Infrastructure of Spatial Data, 125413, Russia, Moscow, Onezhskaya St., 26, head of department of geodetic researches, tel. (495)456-95-51, e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

The analysis of implementation of provisions of the Concept of transition of land production to autonomous methods of satellite coordinate definitions developed in 1995 is provided. Central awards «Honour Sign» research institute of geodesy, aerial photograph and cartography of a name F. N. Krasovsky on the instructions of Federal service of geodesy and cartography of Russia. Results of works on creation of the state geodetic system of coordinates of GSK-2011 and its introduction are considered. Prospects of further development of system of geodetic support are shown.

**Key words:** Global Navigation Satellite Systems (GNSS), systems of coordinates, GSK-2011, state geodetic network, geodetic support.

В начале 90-х годов XX века новые технические средства и технологии на базе глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) революционным образом меняли геодезические методы координатных определений как для производственных, так и для научных целей. Возможности серийно выпускаемой аппаратуры позволяли решать практически все виды геодезических задач, в том числе использовать новые способы геодезических измерений в области геодинамики и спутникового нивелирования [22].

Ряд опытно-методических, опытно-производственных и производственных работ, выполненных с использованием спутниковых геодезических приемников, Центральным ордена «Знак Почета» научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии имени Ф.Н. Красовского (ЦНИИГАиК), Верхневолжским аэрогеодезическим предприятием (ВАГП), Московским ордена Трудового Красного Знамени аэрогеодезическим предприятием (МАГП), другими предприятиями Федеральной службы геодезии и картографии России (Роскартографии), Московским государственным университетом геодезии и картографии (МИИГАиК), другими научными и производственными организациями показал возможность существенного роста производительности при выполнении геодезических работ, а также существенного повышения точности при условии соблюдения специальных требований к организации и выполнению полевых измерений и камеральной обработки, метрологической аттестации спутниковых геодезических приемников [2, 3, 24, 25, 36].

В 1995 году разработанная ЦНИИГАиК «Концепция перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений» была рассмотрена и одобрена на расширенном заседании Научно-технического совета Федеральной службы геодезии и картографии России с участием представителей заинтересованных министерств и ведомств [11, 14, 15, 19, 23]. Основная целевая задача Концепции была сформулирована следующим образом «На основе использования стандартной на данное время измерительной аппаратуры обеспечить наиболее рациональное и эффективное в существующих условиях практическое определение координат (и высот) пунктов земной поверхности на всей территории страны с точностями, требуемыми для решения возможно более широкого круга научно-технических и производственных задач».

Концепция предусматривала решение важных научных и прикладных задач, основанном на высокоточных геодезических измерениях:

- построение общеземной фундаментальной геоцентрической системы координат и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований науки и практики. Установление единой геодезической системы координат на территории страны;

- изучение деформаций земной поверхности, предваряющих и сопровождающих землетрясения и другие опасные природные явления. Определение зон аномальных деформаций на территории страны с целью уточнения ее сейсмо-тектонического районирования. Обеспечение работ Службы контроля деформаций земной поверхности;

- изучение фигуры и гравитационного поля Земли и их изменений во времени. Глобальная геодинамика;

- геодезическое обеспечение изучения природных ресурсов и землепользования, кадастра, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых, проектно-изыскательских работ;

- геодезическое обеспечение картографирования территорий страны и акватории окружающих ее морей;

- метрология средств и методов определения координат и ориентирования в пространстве;

- обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации;

- геодезическое и геоинформационное обеспечение делимитации, демаркации и привязки линии государственной границы России, а также границ субъектов федерации внутри страны;

- построение прецизионных сетей специального назначения.

Геодезическим ядром концепции, предназначенным для решения проблемы координатного обеспечения страны в связи с появлением спутниковой аппаратуры оперативных координатных определений, было определено создание на территории страны геодезической сети в единой геоцентрической системе координат на основе использования ГНСС-технологий. Предложенная в Концепции и утвержденная в последующем нормативно-техническими документами системы ГКИНП (геодезические, картографические инструкции, нормы и правила) и национальными стандартами, иерархическая структура спутниковой геодезической сети, включала следующие уровни:

- сеть пунктов постоянных наблюдений ГНСС - фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС);

- сеть пунктов периодически повторяемых наблюдений ГНСС – высокоточная геодезическая сеть пунктов (ВГС);

- спутниковая геодезическая сеть 1-го класса (СГС-1).

Практическая реализация Концепции началась уже в 1995–1996 гг., когда ВАГП по согласованному с ЦНИИГАиК техническому проекту впервые в России выполнило работы по созданию фрагмента спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1) на территории Ивановской, Кировской, Костромской, Нижегородской, частично Владимирской, Рязанской и Ярославской областей, рес-

публик Марий-Эл, Мордовия, Удмуртия и Чувашия общей площадью более 400 тыс. км<sup>2</sup> [4, 20, 24].

В рамках реализации положений Концепции в 1997 г. ЦНИИГАиК был разработан проект Программы перевода геодезического обеспечения России на спутниковые методы [15, 19, 30]. Предложенные мероприятия вошли в Федеральную целевую программу по использованию глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей [40]. В 2001 г. в рамках Федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система» [37] комплекс мероприятий геодезического обеспечения России был выделен в отдельную подпрограмму «Использование спутниковых навигационных систем для геодезического обеспечения территории России», государственным заказчиком которой была определена Федеральная служба геодезии и картографии России (с 2004 Федеральное агентство геодезии и картографии, а с 2009 Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии).

В настоящее время комплекс мероприятий геодезического обеспечения России реализуется в рамках Федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» [38].

В рамках реализации Концепции в 1997 году ЦНИИГАиК была разработана методика построения ФАГС, ВГС и СГС-1 с проектом схемы расположения пунктов ФАГС, ВГС, а в 1999 году под методическим руководством ЦНИИГАиК предприятиями Роскартографии был построен экспериментальный фрагмент сети ФАГС и ВГС, включающий 15 пунктов ВГС и 4 пункта ФАГС в Центральном районе Европейской части Российской Федерации.

В течение 1999-2000 гг. на территории наиболее экономически развитых регионов Европейской части России была построена сеть в составе 72 пунктов, в том числе 12 постоянно действующих и периодически определяемых пунктов ФАГС и 60 пунктов ВГС. Каждый из пунктов ФАГС и ВГС включает в себя целый комплекс основных, контрольных и рабочих геодезических центров с принудительным центрированием. На двух пунктах ФАГС были определены ускорения силы тяжести с использованием абсолютных гравиметров ГБЛ-П, для обеспечения в дальнейшем единства гравиметрической системы и контроля стабильности новой геоцентрической системы, а также гравитационного поля во времени.

В последующие годы на основе полученного организационного и технического опыта развитие сетей ФАГС и ВГС продолжалось в объеме порядка 40–50 пунктов в год. Развитие сетей ФАГС и ВГС осуществлялось в соответствии с Федеральной целевой программой «Глобальная навигационная система».

По состоянию на 1 января 2015 года государственная спутниковая геодезическая сеть насчитывает 4 624 пункта. ФАГС состоит из 54 пунктов, из которых 45 постояннодействующие и 9 периодически определяемые. В состав пунктов ФАГС входят 13 пунктов РАН, 5 пунктов Росстандарта и 36 пунктов Росреестра, 3 пункта совмещены с пунктами РСБД, 8 пунктов совмещены

с пунктами Системы дифференциальной коррекции и мониторинга СДКМ Роскосмоса. ВГС состоит из 326 пунктов. СГС-1 насчитывает 4 244 пункта [22].

Точность любой геодезической системы координат определяется точностью координат исходных (основных, базовых) пунктов геодезической сети, использованных при выводе параметров этой системы, а эффективность ее применения зависит от количества пунктов геодезической сети, практически реализующих эту систему, и их доступности для использования потребителем.

Большинство высокоразвитых стран, имеющих значительные территории, принимая активное участие в международных проектах и программах по созданию единой общеземной геоцентрической системы координат, создают также национальные (государственные) системы координат, оптимальным образом ориентированные на сохранение и развитие геодезического и картографического потенциала, уже созданного к этому времени [16, 17].



Рис. 1. Национальные пространственные (геоцентрические) системы координат

Государственная геодезическая система координат Российской Федерации ГСК-2011 представляет собой геоцентрическую систему координат. По принципам ориентировки в теле Земли ГСК-2011 идентична Международной земной опорной системе координат ITRS, установленной в соответствии с рекомендациями Международной службы вращения Земли (International Earth Rotation and Reference Systems Service — IERS).

Точность установления ГСК-2011 по отношению к центру масс Земли на настоящий момент времени характеризуется средней квадратической погрешностью, не превышающей 10 см.

Основные параметры системы координат ГСК-2011, ее физические и геометрические характеристики определены постановлением Правительства Российской Федерации [27] и приказом Росреестра [29].

Значение размеров большой полуоси принято равным 6 378 136,5 метров, что соответствует принятым к настоящему времени размерам большой полуоси общего земного эллипсоида. Под общим земным эллипсоидом понимается эллипсоид, удовлетворяющий следующему условию для всей Земли.

$$\int_{\sigma} \zeta d\sigma = 0$$

Это условие обеспечивает применение равенства М. С. Молоденского при определении по спутниковым данным значения нормальной высоты  $H_{\gamma}$

$$H_G = H_{\gamma} + \zeta, \text{ где}$$

$H_G$  — значение геодезической высоты по данным ГНСС-измерений;

$H_{\gamma}$  — значение нормальной высоты по нивелирным данным;

$\zeta$  — значение высоты квазигеоида по гравиметрическим данным.

Неотъемлемой частью системы координат ГСК-2011 является новая отечественная глобальная модель гравитационного поля Земли ГАО-2012, которая по уровню точности и детальности не уступает современным зарубежным моделям геопотенциала EIGEN5C и EGM2008.

Основу системы координат ГСК-2011 составляют государственные спутниковые геодезические сети, использованные при выводе параметров этой системы:

- сеть пунктов постоянных наблюдений ГНСС - фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС);
- сеть пунктов периодически повторяемых наблюдений ГНСС – высокоточная геодезическая сеть пунктов (ВГС);
- спутниковая геодезическая сеть 1-го класса (СГС-1).

В структуру государственной геодезической сети, практически реализующих систему координат ГСК-2011 и обеспечивающих ее доступность для использования потребителями также входят сети триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1–4 классов (~283 000 пунктов), уравненные с опорой на пункты ФАГС, ВГС и СГС-1, что обеспечивает возможность использования в системе координат ГСК-2011 огромного количества геодезических, топографических и картографических материалов, созданных ранее на основе традиционных методов и технологий.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть представляет верхний уровень структуры государственной спутниковой сети и служит исходной геодезической основой для построения заполняющих спутниковых сетей и практически реализует геоцентрическую систему координат в рамках решения задач координатно-временного обеспечения.

Количество и расположение постоянно действующих пунктов ФАГС, а также состав аппаратуры и программы наблюдений определяются научно-

технической программой построения и функционирования ФАГС с учетом данных геотектонического районирования и проектов международного сотрудничества. Пункты являются стационарными астрономо-геодезическими обсерваториями, оборудованными комплексом прецизионной аппаратуры: стандартами частоты, метеорологическими датчиков, аппаратурой слежения за локальными деформациями земной поверхности в районе расположения обсерватории и стабильностью положения сооружения, на котором размещаются антенны, и т.д. Все пункты фундаментально закреплены с обеспечением долговременной стабильности их положения как в плане, так и по высоте.

Пространственное положение пунктов ФАГС определяется методами космической геодезии в общеземной системе координат относительно центра масс Земли с ошибкой не более 10 см, а ошибка взаимного положения любых пунктов ФАГС не превышает 1–2 см по плановому положению и 2–3 см по высоте с учетом скоростей их изменений во времени.

Первоначальные координаты пунктов ФАГС на эпоху установления системы координат ГСК-2011 (1 января 2011 года) определялись по результатам общего уравнивания сети с опорой на пункты Международной геодинимической службы IGS, находящиеся как на территории Российской Федерации, так и на территории сопредельных стран. Зарубежные пункты IGS были использованы с целью придания сети ФАГС большей жесткости и достоверности координатных определений, поскольку количество и географическое распределение пунктов IGS на территории России далеко не оптимально. При подборе зарубежных пунктов учитывалось не только их географическое положение, но и регулярность и точность наблюдений. Общее описание технологии уравнивания сети на основе широко используемого IERS метода «мягкого согласования» рассмотрен в работе [22].

Средние квадратические погрешности уравненных координат пунктов ФАГС составили 0.1-1.0 см в плане (пункт ФАГС «Владивосток» - 1.9 см) и 0.2-1.5 см по высоте (пункт ФАГС «Владивосток» — 2.14 см).

В таблице приведены значения элементов трансформирования для систем координат, используемых на территории Российской Федерации в настоящее время. При этом значения параметров, приведенные в ГОСТ Р 51794-2008 [5] были уточнены.

Определение параметров связи системы координат ГСК-2011 с другими системами координат выполнялось путем сравнения координат пунктов государственной геодезической сети известных в других системах координат и полученных по результатам спутниковых определений координат этих же пунктов в геоцентрической системе координат ГСК-2011. Вычисление геодезических высот пунктов в системах координат СК-42 и СК-95 выполнялось по известным нормальным высотам с использованием высот квазигеоида, полученных по моделям EGM-96 и ГАО-2012.

Таблица

№ п/п	Исходная система	Конечная система	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$\Delta Z$ , м	$\omega_x$ 10 <sup>3</sup> угл. с	$\omega_y$ 10 <sup>3</sup> угл. с	$\omega_z$ 10 <sup>3</sup> угл. с	$m \times 10^6$
1	СК-42	ГСК-2011	+23.56 ±2.00	-140.86 ±2.00	-79.77 ±3.00	-2 ±10	-346 ±10	-794 ±10	-0.227 ±0.25
2	СК-95	ГСК-2011	+24.65 ±0.43	-129.14 ±0.37	-83.06 ±0.54	-67 ±10	+4 ±10	+129 ±10	-0.175 ±0.2
3	ПЗ-90	ГСК-2011	-1.44 ±0.2	+0.17 ±0.2	+0.23 ±0.3	-1.738 ±1	+3.559 ±1	-134.263 ±1	-0.2274 ±0.06
4	ПЗ-90.02	ГСК-2011	-0.37 ±0.1	+0.2 ±0.1	+0.21 ±0.2	-1.738 ±1	+3.559 ±0.5	-4.263 ±0.5	-0.0074 ±0.05
5	ПЗ-90.11	ГСК-2011	+0.000 ±0.01	-0.014 ±0.02	+0.008 ±0.01	+0.562 ±0.7	+0.019 ±0.26	-0.053 ±0.23	+0.0006 ±0.001
6	WGS-84 (G1150)	ГСК-2011	-0.34 ±0.1	+0.47 ±0.1	+1.13 ±0.2	-1.738 ±1	+3.559 ±0.5	+65.737 ±0.5	-0.1074 ±0.05
7	ITRF-2008	ГСК-2011	+0.002 ±0.01	-0.003 ±0.02	-0.003 ±0.01	+0.053 ±0.7	+0.093 ±0.26	-0.012 ±0.23	+0.0008 ±0.001

Определялись параметры связи для семи параметрического преобразования, формула которого имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{ГСК-2011} = (1 + m) \begin{pmatrix} 1 & +\omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & +\omega_x \\ +\omega_y & -\omega_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{СК} + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix},$$

где  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  – линейные элементы преобразования, м;

$\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$  – угловые элементы преобразование, рад;

$m$  – дифференциальное различие масштабов систем координат.

Вычисление параметров преобразования выполнялось по программе Pinnacle после отбраковки явных «выбросов» в остаточных отклонениях по координатам.

С целью доведения данных о пунктах государственной геодезической сети ГСК-2011 до потребителей Росреестром на всю территорию Российской Федерации составляются и издаются в бумажном и электронном видах каталоги геодезических пунктов.

Для обеспечения преемственности с материалами, созданными в системах координат СК-42 и СК-95, каталоги пунктов триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1 - 4 класса в системе координат ГСК-2011 были составлены по номенклатурным листам государственных топографических карт масштаба 1:200 000 в соответствии с Инструкцией по составлению и изданию каталогов геодезических пунктов [13].

Разработаны структура и форматы каталогов для спутниковых государственных геодезических сетей (ФАГС, ВГС, СГС-1), в которых планируется помещать все виды координат геодезических пунктов в системе координат ГСК-2011 геоцентрические прямоугольные координаты  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , геодезические коор-

динаты В, L, Н, плоские прямоугольные координаты x, y в проекции Гаусса-Крюгера с шестиградусными зонами.

Каталоги пунктов для каждой спутниковой сети имеют свою собственную структуру и содержание.

Наряду с геодезическими высотами в каталог будут также помещены нормальные высоты пунктов в Балтийской системе высот 1977 года и высоты квазигеоида над общим земным эллипсоидом.

Все значения координат и высот приводятся с указанием класса пункта и способа определения.

Кроме того, каталоги пространственных прямоугольных координат пунктов ФАГС, совмещенных с пунктами наблюдений параметров вращения Земли ГСВЧ, ежегодно публикуются с указанием эпохи в специальных бюллетенях ГСВЧ.

Помимо этого, в соответствии с пунктом 4 постановления Правительства Российской Федерации «О единых государственных системах координат» [27] информацию о составе, техническом оснащении и местоположении геодезических пунктов ГСК-2011, за исключением информации, относящейся к государственной тайне, планируется размещать на официальном сайте Центра точных эфемерид Росреестра.

Концепцией предусматривалась разработка единых нормативно-технических документов, регламентирующих производство геодезических работ на современной инструментальной базе.

В рамках реализации этого положения были разработаны и утверждены следующие нормативно-технические документы:

- Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации [21];
- РТМ Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения [31];
- Правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети [28];
- Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95) [33];
- Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS [12];
- Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS [32].

В «Основных положениях о государственной геодезической сети Российской Федерации» было отражено состояние государственной геодезической сети страны на эпоху формирования системы геодезических координат 1995 года, приведены основные характеристики этой системы, основные принципы ее установления и определены структура и основные принципы дальнейшего развития государственной геодезической сети Российской Федерации как составной части новой высокоэффективной государственной системы геодезического

обеспечения территории Российской Федерации, основанной на применении методов космической геодезии и использовании глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS.

Нормами плотности размещения пунктов государственных нивелирных, геодезических и гравиметрических сетей на территории Российской Федерации [18] определено количество пунктов на тыс. кв. километров для следующих территорий:

- 20 для городских и сельских поселений, других муниципальных образований;
- 1 для иных экономически освоенных территорий, территорий повышенного риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также приграничных территорий;
- 0,1 для районов Крайнего Севера и приравненных к ним районов.

Кроме того, техническим комитетом по стандартизации ТК 404 «Геодезия и картография», а также подкомитетом ПК 7 «Радионавигационные средства для геодезических, гидрографических и землеустроительных работ» технического комитета ТК 363 «Радионавигация» были разработаны и утверждены Росстандартом национальные стандарты Российской Федерации серии «Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ», реализующие положения Концепции, ГОСТ Р 51794-2008 [5], ГОСТ Р 53864-2010 [6], ГОСТ Р 55024-2012 [7], ГОСТ Р 55535-2013 [8], ГОСТ Р 55536-2013 [9], и ряд других.

Система координат ГСК-2011 была введена Постановлением Правительства Российской Федерации «О единых государственных системах координат» [27] одновременно с системой координат ПЗ-90.11. Пунктом 2 постановления установлено, что система геодезических координат 1995 года (СК-95), установленная постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 г. № 568 в качестве единой государственной системы координат, и единая система геодезических координат 1942 года (СК-42), введенная постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г. № 760, применяются до 1 января 2017 г. в отношении материалов (документов), созданных с их использованием.

В связи с этим до 1 января 2017 года планируется проведение следующих основных мероприятий по обеспечению перехода к ГСК-2011:

- подготовка методических указаний по технологии перехода к ГСК-2011 при ведении государственного кадастра недвижимости;
- выполнение анализа причин региональных деформаций МСК субъектов РФ и разработка методов их устранения;
- разработка технологических решений проблемы перевода в ГСК-2011 геодезических и картографических материалов, выполненных ранее в других системах координат;
- разработка программного обеспечения реализации перехода от существующих систем координат к ГСК-2011;

- создание высокоточной цифровой модели высот квазигеоида над общим земным эллипсоидом системы координат ГСК-2011 на территорию Российской Федерации;

- вычисление поправок к значениям уклонов отвесных линий за переход к системе координат ГСК-2011 на территории Российской Федерации.

В рамках реализации мероприятий ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012-2020 годы» [38] и ФЦП «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014-2019 годы)» [39] предусмотрено достижение следующих количественных показателей пунктов государственной спутниковой сети к 2020 году:

80 пунктов ФАГС;

350 пунктов ВГС;

6 000 пунктов СГС-1.

Это позволит достичь к 2020 году следующих точностных характеристик системы координат ГСК-2011:

погрешность взаимного положения пунктов ФАГС 0.5 см;

погрешность геоцентричности системы координат ГСК-2011 1 см;

погрешность распространения системы координат ГСК-2011 на территории Российской Федерации, реализуемая системой ГЛОНАСС 2 см;

В настоящее время в соответствии с пунктами 3 и 4 постановления Правительства Российской Федерации «О единых государственных системах координат» [27] и пунктом 13 д) Положения о полномочиях федеральных органов исполнительной власти по поддержанию, развитию и использованию глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС [26] подписан приказ Росреестра от 23.03.2016 г. № П/0134/16 «Об утверждении геометрических и физических числовых геодезических параметров государственной геодезической системы координат 2011 года» [29].

Федеральной целевой программой «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014–2019 годы)» [39] предусмотрено до 2019 г. во всех субъектах Российской Федерации, включая Республику Крым и город федерального значения Севастополь, осуществить переход к единой геоцентрической открытой системе координат.

Основные направления дальнейшего развития системы геодезического обеспечения Российской Федерации были рассмотрены в работах «Системы координат» [34] и «Высотное и гравиметрическое обеспечение» [35].

Развитие новых технологий и средств геодезических измерений привело к необходимости изменений в принципах построения всей системы геодезического обеспечения. Эти принципиальные изменения происходят не только в структуре построения геодезических сетей (спутниковых, нивелирных и гравиметрических), но в характере взаимосвязей, составляющих системы геодезического обеспечения: координатной, высотной и гравиметрической. Это связано в первую очередь с повышением точности государственной системы координат и изменением принципов ориентации осей координат в теле Земли отно-

сительно центра масс и оси вращения. ГСК-2011 практически на порядок по сравнению с СК-95 (на два порядка по сравнению с СК-42).

Решение вопросов дальнейшего развития государственной системы координат в первую очередь связано с совершенствованием сети пунктов ФАГС, как основы системы координат. Это совершенствование должно идти в двух направлениях - создание на 3-4 пунктах ФАГС расширенного комплекса астрономо-геодезических средств измерений и дальнейшее расширение сети постоянно действующих пунктов ФАГС. Комплекс современных средств измерений должен включать как минимум лазерные спутниковые дальномеры, а в перспективе малые транспортируемые антенны РСДБ, а также измерительной аппаратуры международной спутниковой геодезической системы DORIS. Такая комплектация помимо уточнения самих измерений за счет более достоверного учета влияния атмосферы, даст дополнительную информацию о точности ориентировки осей координат. Проектирование новых постоянно действующих пунктов ФАГС должно вестись с учетом геотектонической структуры территории России и возможностями передачи наблюдений в единый центр обработки в режиме реального времени. С другой стороны, важным требованием к размещению пунктов ФАГС является их относительно равномерное распределение на территории России с расстоянием между пунктами в среднем порядка 500-800 км. Эти требования к размещению новых пунктов ФАГС, во-первых, обеспечат дифференцированный подход к определению скоростей изменений координат во времени для разных геотектонических структур, во-вторых, обеспечат более благоприятные условия для распространения единой системы координат и скоростей на пункты геодезических сетей более низкого уровня (прежде всего при дополнительных или периодических определениях пунктов ВГС) и в третьих, создадут более благоприятные условия для развития систем функциональных дополнений ГНСС (RTK, VRS, PPP и др.).

Увеличение числа постоянно действующих пунктов ФАГС, при условии выбора их местоположения в соответствии с геотектонической структурой, позволит, с одной стороны, более детально учитывать влияние этих региональных деформационных процессов на точность государственной системы координат, с другой стороны, регистрация региональных характеристик движения земной поверхности даст ценную информацию для анализа этих процессов их последующего моделирования и прогнозирования.

Поскольку территория России имеет сложную геотектоническую структуру, то наряду с глобальными изменениями на территории России присутствуют и региональные деформационные процессы, вызывающие движения земной поверхности [22, 34].

Для учета этих деформационных процессов, величина которых соизмерима с точностью ведения Единого государственного кадастра объектов недвижимости, необходимо выполнение комплексных научных исследований.

Проблемы по развитию сети ФАГС связаны с их размещением на территории Сибири и Дальнего Востока. По нашему мнению этот вопрос необходимо решать на основе комплексного межведомственного взаимодействия, на основе

соглашений с ГК «Роскосмос», Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Федеральным агентством научных организаций (ФАНО России) и Российской академией наук (РАН).

Таким образом, основными направлениями работ по совершенствованию системы геодезического обеспечения Российской Федерации являются:

- выполнение комплекса фундаментальных и профильных научно-исследовательских работ, обеспечивающих развитие всех составляющих системы геодезического обеспечения (координатного, высотного и гравиметрического), с учетом влияния геодинамических процессов;

- дальнейшее развитие государственных геодезических сетей ФАГС, ВГС и СГС-1 в соответствии с планами мероприятий ФЦП ГЛОНАСС в целях обеспечения точностных характеристик государственной системы координат и создания благоприятных условий для развития функциональных дополнений технологий ГНСС;

- оборудование части пунктов ФАГС средствами астрономо-геодезических измерений, основанных на разных физических принципах (РСДБ, лазерных дальномеров и др.), этот принцип комплектации оборудования принят в международной практике и получил название коллокационного принципа;

- модернизация МСК, разработка алгоритмов и математических моделей пересчета координат географических объектов в государственную систему координат ГСК-2011, с целью обеспечения решения задач картографирования территории России и государственного кадастра недвижимости в единой государственной системе координат;

- развития технологии определения эфемерид в режиме реального времени и проведение других мероприятий базовой составляющей системы геодезического обеспечения в целях создания благоприятных условий для развития функциональных дополнений ГНСС технологий.

В части совершенствования законодательных и правовых вопросов, то это в первую очередь вопросы повышения ответственности за разрушение геодезических центров и вопросы реституции.

Вопросы сохранности геодезических центров связаны не только с возможными негативными последствиями хозяйственной деятельности, но и причинами природного характера - влияние изменений характера распространения вечной мерзлоты, процессов эрозии, которые в последние годы резко возросли, особенно в северных регионах [1], и других природных явлений.

Для уменьшения влияния причин природного характера, имея в виду в первую очередь сохранность реперов главной высотной основы, следует принимать меры в двух направлениях. Во-первых, следует совершенствовать конструкции нивелирных центров с использованием, где это возможно, буровых технологий и значительно увеличить в процентном отношении число фундаментальных и вековых реперов (последние в обязательном порядке для узловых

пунктов линий нивелирования). Второй путь связан с комплексированием узловых пунктов полигонов нивелирования I, II классов с пунктами ФАГС и ВГС.

Повышение требований к точности определение высот квазигеоида обуславливает необходимость не только повышения детальности и точности гравиметрических данных и данных о рельефе, но и дальнейшее развитие теории определения геопотенциала и ее практическая реализация в современной системе геодезического обеспечения.

На основании вышеизложенного, для определения основных направлений развития системы геодезического обеспечения Российской Федерации наиболее целесообразным представляется постановка НИР «Обоснование и разработка Концепции создания сетевой информационно-технологической инфраструктуры геодезического обеспечения Российской Федерации».

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абросимов А.В., Сизов О.С. Геопространственное дистанционное обеспечение предотвращения рисков, связанных с термоэрозией в условиях Крайнего Севера // Геопрофи. — 2013. — № 6. — с. 10–14.
2. Генике А.А., Кислов В.С., Юношев Л.С. Создание полигона для аттестации спутниковых приемо-вычислительных комплексов// Геодезия и картография. – 1994. - № 2. – с. 10–13.
3. Генике А.А., Лобазов В.Я., Ямбаев Х.К. Результаты исследований аппаратуры спутникового позиционирования GPS WILD-SYSTEM 200// Геодезия и картография. – 1993. – № 1. – с. 8–13.
4. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Картгеоцентр, 2004. — 355 с.
5. ГОСТ Р 51794-2008 Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразования координат определяемых точек.
6. ГОСТ Р 53864-2010 Глобальная навигационная спутниковая система. Сети геодезические спутниковые. Термины и определения.
7. ГОСТ Р 55024-2012 Сети геодезические. Классификация. Общие технические требования.
8. ГОСТ Р 55535-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Общие технические требования к системам геодезического мониторинга.
9. ГОСТ Р 55536-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Общие требования к фундаментальным геодезическим параметрам.
10. ГОСТ Р Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Оценка точности определения местоположения. Основные положения.
11. Жданов Н.Д., Макаренко Н.Л. О концепции перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений // Геодезия и картография. — 1998. — № 3, с. 1–5.
12. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем. ГЛОНАСС и GPS ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. / Неверов Л.В., Ашурков М.О., Минченко А.Н. — М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 124 с. Утверждена приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 18 января 2002 г. № 3-пр.

13. Инструкция по составлению и изданию каталогов геодезических пунктов. ГКИНП (ГНТА)-01-014-02. Утверждена приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 27 февраля 2002 г. № 24-пр.
14. Концепция перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1995. — 24 с.
15. Макаренко Н.Л. О переходе на автономные спутниковые методы определения координат. / Геодезия и картография. — 1996. — № 5. — с. 4–7.
16. Методические вопросы построения глобальных и региональных геодезических сетей (начало) // Абдрахманов Р.З., Демьянов Г.В., Кафтан В.И., Побединский Г.Г. // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. — 2013. — № 1(48). — с. 80–85.
17. Методические вопросы построения глобальных и региональных геодезических сетей (окончание) // Абдрахманов Р.З., Демьянов Г. В., Кафтан В. И., Побединский Г. Г. // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. — 2013. — № 2(49). — с. 67–70.
18. Нормы плотности размещения пунктов государственных нивелирных, геодезических и гравиметрических сетей на территории Российской Федерации. Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 16 августа 2002 г. № 608.
19. О концепции и программе перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений// Е.А. Жалковский, Г.В. Демьянов, В.И. Зубинский, Н.Л. Макаренко, Г.А. Пьянков. Геодезия и картография. — 1998. — № 5. — с. 1–12.
20. Опыт использования GPS-приемников в работах, выполняемых Верхневолжским АГП / Побединский Г.Г., Еруков С.В., Грибов Ю.Б., Андриянов В.А. / Геодезия и картография. — 1997. — № 8. — с. 6–13.
21. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации. ГКИНП (ГНТА)-01-006-03. М.: ЦНИИГАиК, 2004. — 28 с. Утверждены приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 17 июня 2003 г. № 101-пр.
22. Переход топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений. К 20-летию Концепции. / Басманов А. В., Горобец В. П., Забнев В. И., Зубинский В. И., Лазарев С. А., Макаренко Н. Л., Побединский Г. Г., Сермягин Р. А., Столяров И. А./ Геодезия и картография. - 2015. - Спецвыпуск. - с. 12-25.
23. Плешаков И.Я., Макаренко Н.Л., Демьянов Г.В. Состояние и перспективы развития системы геодезического обеспечения страны в условиях перехода на спутниковые методы. Материалы юбилейной научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы развития геодезии, фототопографии, картографии и геоинформационных систем», посвященная 850-летию г. Москвы: (Москва, ЦНИИГАиК, сентябрь 1997 г.). Часть 1. М. — ЦНИИГАиК, 1998. — с. 21–30.
24. Побединский Г.Г., Грибов Ю.Б. Опыт работы ВАГП по созданию городских геодезических сетей и фрагмента спутниковой сети 1 класса с использованием приемников WILD GPS System 200. — Тезисы докладов международной конференции «Сферы применения GPS технологий». Новосибирск, 21–23 ноября 1995 г.». — Новосибирск.: СГГА. – 1995. – с. 42–44.
25. Побединский Г.Г., Еруков С.В. Использование спутниковых приемников GPS WILD-SYSTEM 200 Верхневолжским АГП // Геодезия и картография. — 1994. — № 1. — с. 9–14.
26. Положение о полномочиях федеральных органов исполнительной власти по поддержанию, развитию и использованию глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах обеспечения обороны и безопасности государства, социально-экономического развития Российской Федерации и расширения международного сотрудничества, а также в научных целях. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2008 г. № 323.

27. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат».
28. Правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети. — М.: ЦНИИГАиК, 2001. — 52 с. Утверждены приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 7 мая 2001 г. в дополнение к «Правилам закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей».
29. Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23 марта 2016 г. № П/0134/16 «Об утверждении геометрических и физических числовых геодезических параметров государственной геодезической системы координат 2011 года».
30. Программа перевода геодезического обеспечения России на спутниковые методы и навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. / Демьянов Г.В., Жалковский Е.А., Плешаков И.Я., Бровар Б.В., Зубинский В.И., Остач О.М. «Навигация-97»: Сборник трудов второй Международной конференции «Планирование глобальной радионавигации», Москва, 24–26 июня 1997 г. Т. 2. — М.: Интернавигация. 1997. — 489 с.
31. РТМ 68-14-01 Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения. / Татевян Р. А. — М.: ЦНИИГАиК, 2001. — 28 с. Утвержден приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 24 апреля 2001 г. № 93-пр.
32. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. ГКИНП (ОНТА)-01-271-03 / Андриянов В. А., Бородко А. В., Еруков С. В., Ефимов Г. Н., Копачевский В. С., Лифарь Т. В., Лобазов В. Я., Побединский Г. Г., Шабанов Е. В., Ямбаев Б. Н. М.: ЦНИИГАиК, 2003. — 182 с. Утверждено приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 13 мая 2003 г. № 84-пр.
33. Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95). ГКИНП (ГНТА)-06-278-04 / Бовшин Н.А., Бровар Б.В., Демьянов Г.В., Зубинский В.И., Майоров А.Н., Майорова Н.В. — М.: ЦНИИГАиК, 2004. — 137 с. Утверждено приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 1 марта 2004 г. № 29-пр.
34. Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Системы координат (начало) // Горобец В.П., Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. // Геопрофи. — 2013. — № 6. — с. 4–9.
35. Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Высотное и гравиметрическое обеспечение (окончание) // Горобец В. П., Демьянов Г. В., Майоров А. Н., Побединский Г. Г. // Геопрофи. — 2014. — № 1. — с. 5–11.
36. Сферы применения GPS-технологий. Новосибирск, 21–23 ноября 1995 г.: тез. докл. Международной конференции. – Новосибирск: СГГА, 1995. – 115 с.
37. Федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 20 августа 2001 г. № 587.
38. Федеральная целевая программа «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 3 марта 2012 г. № 189.
39. Федеральная целевая программа «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014–2019 годы)». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 10 октября 2013 г. № 903.
40. Федеральная целевая программа по использованию глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей. Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 ноября 1997 г. № 1435.

© А. В. Басманов, В. П. Горобец, В. И. Забнев, В. И. Зубинский,  
И. А. Ощепков, Г. Г. Побединский, Р. А. Сермягин, И. А. Столяров, 2016

## **ВЫЧИСЛЕНИЕ РАВНОВЕЛИКОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ ДЛЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ МОНГОЛИИ В МАСШТАБЕ 1 : 200 000**

### *Даш Оюунцэцэг*

Монгольский государственный университет науки и технологии, Горно-геологический институт, 14191, Монголия, г. Улаанбаатар, Сухэбаатарский район 8, Бага тойруу 34, главный корпус МонГУНиТ, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой геодезии, тел. +976-11-452485, тел. +976-11-99172910, e-mail: daoyunaa@yahoo.com, daoyunaa@must.edu.mn

### *Пурэвжав Эрдэнэчимэг*

Монгольский государственный университет науки и технологии, Горно-геологический институт, 14191, Монголия, г. Улаанбаатар, Сухэбаатарский район 8, Бага тойруу 34, главный корпус МонГУНиТ, магистр технических наук, преподаватель кафедры геодезии, тел. +976-11-452485, моб. +976-11-88056133, e-mail: erde\_amara@yahoo.com

Ранее топографические карты Монголии составлялись в проекции Гаусса – Крюгера в эллипсоиде Красовского, а тематические карты – в нормальной равновеликой конической проекции с двумя стандартными параллелями. В законе «О геодезии и картографии» Монголии от 1997 г. было установлено использование всемирной системы WGS-84. В данной статье рассматривается вопрос о выборе и вычислении нормальной равновеликой цилиндрической проекции Монголии в масштабе 1 : 200 000 в системе WGS-84, вычисление масштабов  $m$  и  $n$ , построение графика масштаба длин и площадей.

**Ключевые слова:** равновеликая коническая проекция, масштаб длин, масштаб площадей.

## **CALCULATION OF CONFORMAL CYLINDRICAL PROJECTION FOR 1 : 200 000 SCALE TOPOGRAPHIC MAP OF MONGOLIA**

### *Dash Oyuntsetseg*

Mongolian University of Science and Technology, School of Geology and Mining, 14191, Mongolia, Ulaanbaatar, Sukhbaatar district 8<sup>th</sup> khoroo, Bagatoiruu 34, Doctor of Science (Ph. D.), Professor, Head of the Department of Geodesy, tel. (976)-11-452485, tel. +976-11-99172910, e-mail: daoyunaa@yahoo.com, daoyunaa@must.edu.mn

### *Purevjav Erdenechimeg*

Mongolian University of Science and Technology, School of Geology and Mining, 14191, Mongolia, Ulaanbaatar, Sukhbaatar district 8<sup>th</sup> khoroo, Bagatoiruu 34, Master of technical Sciences, lecturer, Department of Geodesy, tel. +976-11-452485, e-mail: erde\_amara@yahoo.com

Transformation parameters for the coordinate systems in Mongolia are discussed. Up to now there is no clarity of parameter transformation for medium-scale topographic mapping. How to choose and calculate a normal conformal cylindrical projection for the topographic map of Mongolia at scale 1 : 200 000 in WGS-84 as well as to calculate scales  $m$  and  $n$ , and scales of length and square measure are considered.

**Key words:** coordinate system, projection, conformal cylinder, coordinate grid.

Implementation of the Land Law of Mongolia has been intensively carried out with respect to the transition of Mongolia into the market economy relations and adoption of the new Constitution of Mongolia. Within the scope of policy approved by the Government of Mongolia, measures such as enhancing of land relations, improvement of land registration, development of legal environment, creation of conditions for extension and implementation of land possession, land use and ownership rights of citizens, legal entities and organizations, proper land use, bringing land into the economic turnover and flow and upgrading of security and liabilities have been prioritized.

According to the Resolution 25 of the Government of Mongolia dated as of January 28, 2009 on “Transition to consolidated coordinates system”, the international geodetic coordinates of WGS-84 shall be used for geodetic observations and processing, the Baltic sea structure shall be used for heights networking and the UTM projection of the universal transversal Mercator shall be used for large and medium scale topographic mapping respectively based on Article 5.2.1 of the Mongolian Law on Geodesy and Cartography. The Resolution has been in use since May 01, 2009. Mapping and data conversion previously made by digital mapping have been finished [3].

The 1:200 000 scale topographic map of the territory of Mongolia based on astronomic points was created during 1932-1937 with the assistance of the former Soviet Union.

For the years of 1938-1950 the first national geodetic network was created and topographic maps at scales 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000 and 1:1 000 000 covering the entire territory of Mongolia were re-produced and published in the Mongolian language.

The projection has to be calculated before the map compilation according to the following requirements:

1. Projection should be conformal
2. Deformations shall be as small as possible.

For this purpose a mapping scale, design, grids and average meridian line should be known well in order to calculate the projection. Projection compression ( $\alpha$ ) must be considered for 1:5 000 000, or larger scale map [1].

Cylinder projection has been calculated in accordance with the formula of “two parallel lines of conformal standard” [1].

Rectangular coordinates of conformal cylindrical projection are determined by the following formula:

$$X = \frac{\beta}{\text{mod}} \frac{1}{2} \lg U * \mu * 100 \text{cm}$$

$$Y = \beta * \lambda = \beta * \frac{\lambda''}{\rho''}$$
(1)

It:  $X, Y$  - rectangular coordinates

$\beta$  - Projection constant

$U$  - function for each latitudes

$\mu$  - scale

$\lambda$  - longitude

$\rho = 57.3''$

mod = 0.4342945

Calculations have been made by Microsoft Office Excel 2010 and data processing was carried out by AutoCad 2010 and AutoCad Land 2002 software.

In order to calculate coordinate grids of Mongolia we used the following values:

North latitude:  $\varphi_x = 52^\circ 10'$

South latitude:  $\varphi_\theta = 41^\circ 30'$

Left longitude:  $\lambda_e = 119.75^\circ$

Right longitude:  $\lambda_w = 87.75^\circ$

*Calculation data:*

- Scale:  $\mu = 1 : 200000$
- Ellipsoid: Krasovski
- Semi-major axis:  $a = 6378245 \text{m}$
- Semi-minor axis:  $b = 6356863 \text{m}$
- Eccentricity:  $e = 0.006693427 \text{m}^2$
- Average latitude:  $\varphi_o = 46^\circ 50'$
- Latitude's frequency:  $\Delta\varphi = 10'$
- Average longitude:  $\lambda_o = 103.75^\circ$
- Longitude's frequency:  $\Delta\lambda = 15'$
- Mathematical constants that should be calculated: mod = 0.4342945 ;  $\rho = 57.3''$

Rectangular coordinates were calculated as follows:

- $\psi$  angle at each latitude
- $U$  function for each latitude
- Surface radius of primary vertical at average latitude
- Projection constant  $\beta$
- Projection rectangular coordinates.

The territory of Mongolia is covered by 323 sheets of 1:200 000 scale. Rectangular coordinates of 4,225 points have been determined and the coordinate grid has been created.

As length scales along the meridian line ( $m$ ) and parallel line ( $n$ ) of the conformal cylindrical projection are equal ( $m=n$ ), the following formula is used when determining the projection deflection [1]:

$$\begin{aligned} m = n &= \frac{\beta}{r}; \\ p &= m^2; \\ \omega &= 0; \end{aligned} \quad (2)$$

Where:

- $m$  – length scale along the meridian line
- $n$  – length scale along the parallel line
- $p$  – area wise deformation

Calculations:

- Surface radius of primary vertical at each latitude:

$$N = 6387638.060_M$$

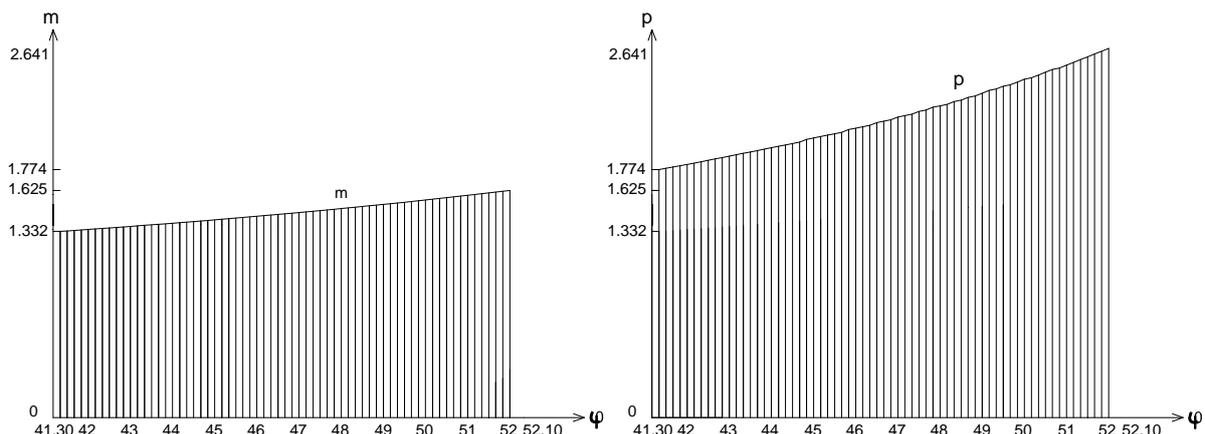
- Parallel radius at each latitude:

$$r = 4784058.072_M$$

Projection deformations according to the above radius calculations are as follows:

$$m = n = 1.332$$

$$p = m = 1.774$$



Deformation chart

The deformation charts has been created by  $m$ ,  $n$  ( $m=n$ ) and  $p$ , where:

- $p$  - Area-wise deformation line
- $m$  - Length scale along the meridian line
- $\varphi$  - Latitude

## CONCLUSION

1. There are less errors or deformations when creating cartographical grid by means of conformal cylindrical projection calculation. 0.004 cm of error has been estimated while creating the meridian and parallel lines. Theoretically, such errors should be less than 0.01 cm.
2. 1:200 000 scale topographic map of Mongolia should be calculated by the normal conformal cylindrical projection.

## REFERENCES:

1. Vachrameeva, L.A., Bugayevsky, L.M., Kazakova Z. L. Mathematical cartography. Moscow, Nedra, (1986), 98-113 pp.,
2. A. Damdinsuren, J. Altantsetseg, B. Ragchaa. Geodesy (First volume), Ulaanbaatar, 2007.
3. Law of 2003, Geodesy and Mapping Law of Mongolia [electronic version]. Web-site: <http://www.nottingham.ac.uk/iessg/>

© *Dash Oyuntsetseg, Purevjav Erdenechimeg, 2016*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ НА КОНЕЧНЫХ ПУНКТАХ IGS ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ PPP С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ BERNESE И ОНЛАЙН-СЕРВИСА CSRS-PPP**

*Ашраф Абдаллах*

Университет Штутгарта, Институт инженерной геодезии, Германия, Stuttgart, D-70174, Geschwister-Scholl-Str. 24D, магистр, тел. +49 (0711) 6858-4051, факс: +49 (0711) 6858-4044, e-mail: ashraf.abdallah@ingeo.uni-stuttgart.de

*Фолькер Швигер*

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

Кинематическая оценка PPP – это одна из самых больших проблем получения высокой точности позиционирования, сдвиг временной шкалы навигационных спутников играет важную роль в оценке PPP, особенно в кинематическом режиме. В статье анализируется влияние сдвигов временной шкалы навигационных спутников на кинематическое решение PPP. В исследованиях использованы два инструментария для обработки: программное обеспечение Bernese GNSS и онлайн-сервис CSRS-PPP. Для оценки рассматривались временные шкалы навигационных спутников IGS со сдвигом 30 секунд. В данном исследовании проводились наблюдения и обработка трех кинематических траекторий на реке Рейн в районе г. Дуйсбург (Германия). Данные обрабатывались с интервалом 5 секунд. Кинематические решения PPP сравнивались с решением по двойным разностям, полученным программным обеспечением Bernese GNSS.

Программное обеспечение Bernese GNSS выдает два решения по умолчанию – среднее SD для трех траекторий – 9 см в плане и 18 см по высоте. Адаптированное программное обеспечения Bernese дает лучшее решение по средним SD – 7 см в плане и 12 см по высоте. Выполнен последующий анализ результатов по данным из онлайн-сервиса CSRS-PPP. Сервис предоставляет среднее SD 6 см по восточному направлению, северному и по высоте. Результаты обработки данных позволяют оценить кинематическое решение PPP посредством программного обеспечения Bernese GNSS и онлайн-сервиса CSRS-PPP. CSRS-PPP улучшает точность в плане на 33 % по сравнению с точностью, полученной из решения по умолчанию с помощью программного обеспечения Bernese, и по высоте более чем на 67 %.

**Ключевые слова:** точные эфемериды от IGS, кинематические GPS-PPP, программное обеспечение Bernese GNSS, онлайн-сервис CSRS-PPP.

## **PERFORMANCE OF IGS FINAL SATELLITE DATA FOR KINEMATIC PPP SOLUTIONS USING BERNESE SOFTWARE AND CSRS-PPP ONLINE SERVICE**

*Ashraf Abdallah*

University of Stuttgart, Institute of Engineering Geodesy, Germany, Stuttgart, D-70174, Geschwister-Scholl-Str. 24D, M. Sc., tel. +49 (0711) 6858-4051, fax: +49 (0711) 6858-4044, e-mail: ashraf.abdallah@ingeo.uni-stuttgart.de

## **Volker Schwieger**

University of Stuttgart, Institute of Engineering Geodesy, Germany, Stuttgart, D-70174, Geschwister-Scholl.-Str. 24D, Dr.-Ing., Professor, Director of the Institute of Engineering Geodesy, tel. +49 (0711) 6858-4041, fax: +49 (0711) 6858-4044, e-mail: volker.schwieger@ingeo.uni-stuttgart.de

The kinematic PPP estimation is one of the greatest challenges to obtain high accuracy for positioning. The satellite clock interval plays a major effect on the PPP estimation, especially in the kinematic mode. This paper analyses the impact of the interval of satellite clocks on the kinematic PPP solution. Two processing tools have been used in this study: Bernese GNSS software and the CSRS-PPP online service. IGS satellite clocks with an interval of 30 seconds have been considered for the estimation. In this research study, three kinematic trajectories, which were observed on the Rhine River, Duisburg, Germany have been processed. The processed data have an interval of 5 seconds. The kinematic PPP solutions are compared to the double-difference solution of Bernese GNSS software.

Bernese GNSS software provides two solutions; the default solution shows for the three trajectories a mean SD of 9 cm in the horizontal components and 18 cm in the height plan. The adapted solution of Bernese software delivers a better solution with a mean SD of 7 cm in the horizontal components and 12 cm in the height plan. Further analysis results from CSRS-PPP online service are introduced in this research. It delivers a mean SD of 6 cm in East, North, and height. The results provide insights for the PPP kinematic solution using Bernese GNSS software and CSRS-PPP online service. CSRS-PPP achieves more than 33 % improvement in the horizontal accuracy than that obtained from the default solution of Bernese software; it achieves in height, more than 67 %.

**Key words:** IGS Final Ephemeris, kinematic GPS-PPP, Bernese GNSS software, CSRS-PPP online service.

## **1. INTRODUCTION**

Over the last two decades, the precise point positioning (PPP) technique, which uses only a single receiver has gained an increase of interest. To obtain the centimeter accuracy level, a dual frequency GNSS instrument is required (Gao, 2006). Zumberge et al. (1997a) have been through the group of the Jet Propulsion Laboratory (JPL) administrated the most efficient method for the PPP estimation for GPS data. Zumberge et al. (1997b) introduced the PPP estimation using precise satellite clock data with 30 second interval.

As seen in Equation (1), the true geometric range  $r$  between the receiver coordinates  $x_R, y_R, z_R$  and satellite coordinates  $x_S, y_S, z_S$  is a function of the time difference between the transmitted GNSS signal from the satellite  $t^S$  and the received signal from the receiver  $t^R$ . This time is multiplied by the speed of light in vacuum  $c$ . The satellite clock bias  $\delta^S$  is adjusted using of the precise clock ephemeris. The receiver clock bias  $\delta^R$  is estimated during the estimation (Hoffmann-Wellenhof, et al., 2000). The pseudo-range  $\rho$  in metre is calculated regarding Equations 2.a, b, and c (Kaplan & Hegarty, 2006).  $I_\rho$  symbol mentions to the ionospheric delay in metre;  $T_\rho$  denotes to the tropospheric delay in metre.  $\varepsilon_\rho$  and  $\varepsilon_\rho$  refer to the un-modelled errors e.g. the solid earth tides, pole tides, ocean and atmospheric loading, and the random noise ef-

fects (Mirsa & Enge, 2012). In case of the carrier phase measurements, the range between the satellite and the receiver could be measured by the total numbers of full cycles plus the fractional cycle at the receiver. These numbers of cycles are multiplied by the carrier wavelength ( $\lambda$ ). The carrier phase measurement in metre ( $\lambda\Phi$ ) can be presented as in following Equation (3) (Mirsa & Enge, 2012).

$$r = c(t^R - t^S) = c \cdot \Delta t = \sqrt{(x_S - x_R)^2 + (y_S - y_R)^2 + (z_S - z_R)^2}, \quad (1)$$

$$\rho = c \left( (t^R + \delta^R) - (t^S + \delta^S) \right) + I_\rho + T_\rho + \varepsilon_\rho, \quad (2.a)$$

$$\rho = c(t^R - t^S) + c(\delta^R - \delta^S) + I_\rho + T_\rho + \varepsilon_\rho, \quad (2.b)$$

$$\rho = r + c(\delta^R - \delta^S) + I_\rho + T_\rho + \varepsilon_\rho, \quad (2.c)$$

$$\lambda\Phi = r + c(\delta^R - \delta^S) - I_\phi + T_\phi + \lambda N + \varepsilon_\phi, \quad (3)$$

The precise satellite orbits and clocks may be provided from the International GNSS Service (IGS). The final ephemeris is obtained with a time latency of 12-18 days after the observation day with an orbit accuracy about 2.5 cm and an interval of 15 min. The clocks are available with two intervals: 5 min and 30 sec with an accuracy around, 0.075 ns. The IGS satellite orbit and clock data can be obtained from the FTP server under (<ftp://igsb.jpl.nasa.gov/pub/product/www/>) (IGS-FTP, 2015). Further satellite orbits are available from the Centre of Orbit Determination in Europa (CODE) (CODE, 2015). The satellite orbit data have an interval of 15 minutes, and the clock data from CODE are presented with two intervals: 30 and 5 seconds. These kind of satellite data can be downloaded from the FTP server under (<ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/yyyy/>).

Typically, the concept of the PPP solution for the dual frequency measurement data is based on the ionosphere-free linear combination. This linear combination includes the carrier phase ( $\Phi$ ) and code data ( $\rho$ ), see Equation (4) and (5) (Mirsa & Enge, 2012):

$$\Phi_{IF} = \frac{f_{L1}^2}{(f_{L1}^2 - f_{L2}^2)} \Phi_{L1} - \frac{f_{L2}^2}{(f_{L1}^2 - f_{L2}^2)} \Phi_{L2} = 2.546\Phi_{L1} - 1.546\Phi_{L2}, \quad (4)$$

$$\rho_{IF} = \frac{f_{L1}^2}{(f_{L1}^2 - f_{L2}^2)} \rho_{L1} - \frac{f_{L2}^2}{(f_{L1}^2 - f_{L2}^2)} \rho_{L2} = 2.546\rho_{L1} - 1.546\rho_{L2} \quad (5)$$

where

- $\Phi_{IF}$  &  $\rho_{IF}$  ionosphere-free linear combination for carrier phase and code data,
- $f_{L1}$  &  $f_{L2}$  GPS frequencies of the  $L_1$  and  $L_2$  signals,
- $\phi_{L1}$  &  $\phi_{L2}$  carrier phase for the signals  $L_1$  &  $L_2$ ,
- $\rho_{L1}$  &  $\rho_{L2}$  code data for the signals  $L_1$  &  $L_2$ .

The ionosphere-free linear combination removes the first order of the ionospheric error. Therefore, higher order ionospheric terms are recommended for more accurate solution (Keder, et al., 2003) & (Bassiri & Hajj, 1993). The troposphere zenith delay consists of two parts: dry (hydrostatic) and wet zenith delay. The dry part can be

modelled, and it represents around 90% of the total delay (Hoffmann-Wellenhof, et al., 2000). The wet part depends on the water vapour along the signal path. This part is unpredictable and varies quickly (Mirsa & Enge, 2012). By considering the arbitrary zenith angle of the signal, the troposphere delay is functionally estimated related to the elevation angle using the mapping function for dry and wet parts and the elevation angle (Böhm, et al., 2006a) & (Hoffmann-Wellenhof, et al., 2000). More information about the tropospheric delay can be found in Saastamoinen (1973), Hopfield (1969), Marini (1972), Niell (1996), Böhm, et al., (2006.a), and Böhm, et al., (2006.b).

This paper investigates the performance of the IGS satellite clocks with an interval of 30 seconds on the PPP kinematic solution. Two processing tools are used in this research study: (i) Bernese GNSS software, which uses the linear interpolation between the two known neighbor clocks (Dach, et al., 2007) and (ii) CSRS-PPP online service, which uses the linear interpolation process as well. Moreover, as a contact with Tétreault(2015), *'The standard deviations of the interpolated clocks are adjusted to take into account the behavior of the respective satellite clocks'* The reference solution in this research is the double-difference solution from Bernese GNSS software. Three trajectories have been observed on the Rhine River, Duisburg, Germany as part of the project *"HydrOs - Integrated Hydrographical Positioning System"*.

The investigation of the effect of satellite clocks interval is a major area of interest within the field of the kinematic PPP solution. Previous study from Fei et al. (2010) has documented the effect of different satellite clock products on the kinematic PPP solution. One day of the static IGS station, ALGO, with an interval of 1 second has been processed using IGS satellite clocks with an interval of 30 seconds. The estimated RMS was in 5 cm in the East and North and 11 cm in the height direction. The clocks are linearly interpolated and the PPP solution is estimated using the TriP software, which is delivered by Wuhan University, China. To determine the effects of satellite clock interval for the kinematic PPP solution using CSRS-PPP online service, Abdallah & Schwieger (2014) have reported the accuracy of kinematic data with an interval of 1 second. The estimated RMS is 5 cm in the horizontal direction and in 10 cm in the height direction.

Regarding the solution using Bernese, Abdallah & Schwieger (2015) have presented the accuracy of the Bernese GNSS software for two trajectories of our study. The used satellite clocks were from CODE with an interval of 5 seconds. This means, in this case, that the measurement sample matches the interval of satellite clocks. The reported SD of the absolute errors for the first trajectory was 6 cm, 2.1 cm, and 6.8 cm in East, North and height directions respectively. Moreover, the second trajectory showed 1.7 cm in East, 2.6 cm in North, and 4.9 cm in height.

## **2. GNSS SOLUTIONS**

The PPP solution in this study has been obtained using Bernese GNSS software V. 5.2 and the CSRS-PPP online service. The solution methodology using the two processing tools is explained in the next points.

## 2.1 Bernese GNSS Software

Using Bernese GNSS software V. 5.2, the GNSS data can be processed in post processing in static and kinematic mode. This software was developed at the Astronomical Institute of the University of Bern (AIUB), Switzerland. The software is widely used to solve geodetic networks. It deals with the GNSS measurement data for double-difference (Differential GNSS estimation), and zero-difference (PPP solution estimation) (Dach, et al., 2007). The software has a windows user interface for easy usage during the processing. Figure 1 depicts the processing schedule using Bernese software. The processing steps can be concluded as follows:

1. Download the related orbits from IGS ftp server for the satellite orbit and clock data (IGS-FTP, 2015).
2. The orbit tools consist of three programs:
  - **POLUPD** program: convert the Earth orientation parameters to Bernese format,
  - **PRETAB** program: convert the satellite data to a tabulate orbit file,
  - **ORBGEN** program: generate the standard orbit format to Bernese software.
3. Pre-processing tools for RINEX files, which contain three programs:
  - **RNXGRA** program: check the overview of the RINEX data,
  - **RNXSMT** program: this program aims to clean the RINEX observation data. The outliers and cycle slips are screened. Later, the cycle slips are corrected,
  - **RXOBV3** program: this program is used to transform the RINEX observation file into Bernese binary format.
4. Clock Synchronization for the receiver clock using the dual code combination; these clocks are stored into the observation files. This step is carried out through program (**CODSPP**). Moreover, an a priori kinematic file is created also to be inserted to the final solution.
5. The parameter estimation of the zero-difference solution (**PPP** solution) is estimated using the main program of GPSEST program. In this case, the orbit data, observation data after receiver clock synchronization, and the a priori kinematic file are inserted into the estimation. Two loops from GPSEST program are carried inside the software to get the final solution:
  - I. The first solution is aimed to generate a residual file for data based on the  $L_3$  linear combination. The satellite residuals for each epoch are written as elevation dependent weighting of the observations. The residuals are screened. The default considered values to be screened is 6 mm for the phase residuals and 60 cm for the code residuals. The bad observation data are marked and written to the observation files,
  - II. The second solution is based on the cleaned observation.
6. In case of double-difference solution (the right box in the flow chart in Figure (1)):
  - The base line form is created using **SNGDIF** program.

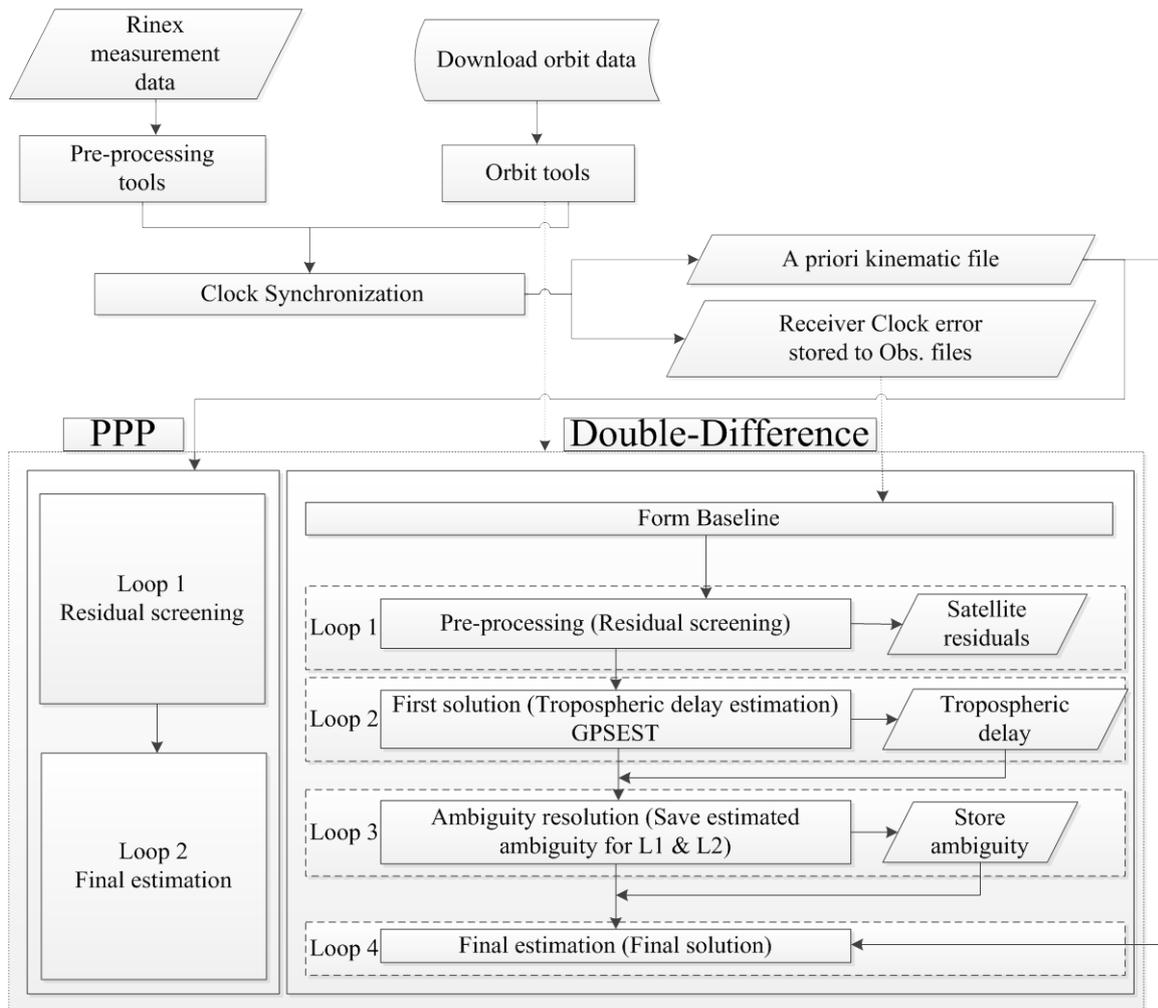


Figure 1: General processing schedule for Bernese GNSS software

○ Regarding the main estimation for double-difference solution, four loops **GPSEST** program and other sub- programs are considered.

- I. The first loop aims to screen the satellite residuals using float solution of ionosphere-free linear combination  $L_3$ ,
  - II. The second loop aims to estimate the tropospheric delay using float solution  $L_3$ ,
  - III. The estimated tropospheric delay parameters are inserted to the third loop to estimate the ambiguity for  $L_1$  &  $L_2$ ,
  - IV. The final solution is accomplished through the forth loop by inserting the estimated ambiguity. The kinematic PPP estimation (Epoch-wise solution) is activated in this final loop.
7. The final estimated output is the epoch-wise kinematic file for double-difference or PPP solution.

## 2.2 CSRS-PPP Online Service

The Canadian Spatial Reference System (CSRS) is an online service for the PPP solution for static and kinematic RINEX measurement data. This service is provided by the National Resource of Canada (NRC). CSRS-PPP online service is one of the most

famous services. The access of the service is available for registered users under (CSRS-PPP, 2015). The user uploads the RINEX file to the website, and he obtains the solution details via e-mail. As seen in Figure (2), the user may select the type of processing, and the datum. Finally, the RINEX file is selected to be uploaded.

Figure 2: CSRS-PPP online service technique (CSRS-PPP, 2015)

### 3. KINEMATIC PPP SOLUTION AND ANALYSIS PROCEDURE

As seen in Table 1, the reference system for the two processing tools is ITRF2008 (International Terrestrial Reference Frame) (ITRF, 2015). The estimated PPP coordinates from Bernese GNSS software have XYZ format; later, they are transformed to Ellipsoidal/UTM system; On the other hand, CSRS-PPP provides Ellipsoidal/UTM system. The IGS final products are used for the two processing techniques with satellite orbit of 15 minutes interval and clock of 30 seconds interval. The satellite and receiver antenna phase variation are based on IGS-ANTEX format (NGS, 2014). The troposphere estimation is a little bit different; the estimation using Bernese software is estimated based on the Global mapping Function (GMF) model, which is the meteorological data is base on the Global Pressure and Temperature (GPT) model. On the other side, the hydro-static troposphere delay is modelled in CSRS-PPP using Davis model based on GPT model. The wet part is modelled using Hopfield model based on GPT and the mapping function is GMF. The ionosphere delay is eliminated mainly using the linear ionospheric free combination, and the second order is considered also for the two solutions. Only GPS measurement data are processed with an interval of 5 seconds and an elevation angle of 10°.

Table 1: Processing parameters

ID	Bernese GNSS software	CSRS-PPP online service
Reference System	ITRF2008	
Coordinate format	XYZ	XYZ/Ellipsoidal/UTM
Satellite Orbit and clock ephemeris	IGS final (Orbit: 15 min interval & clock: 30 sec interval)	
Satellite phase center offsets	IGS ANTEX	
Receiver phase center offsets	IGS ANTEX	
Tropospheric model	GMF (GPT)	Dry :Davis (GPT)
		Wet: Hopfield model (GPT)
		GMF
Ionospheric model	Linear ionospheric free combination	
	second order parameters	
GNSS System	GPS	
Observation data	Both phase and code	
Elevation cut-off angle	10°	
Sampling rate	5 second	

As shown in Figure 3, mainly the double-difference solution from Bernese GNSS software have been considered as the reference solution for the obtained PPP solutions from Bernese software and CSRS-PPP online service. In this contest, the error  $\delta_{i,j}$  between the refernce coordinates  $M$  and the PPP solution  $M'$  are estimated as to be in Equation (6).  $i$  refers to the number of epochs, and  $j$  mentions to the East, North, and ellipsoidal height. The root mean square error (RMS), which refers to the error relative to the know coordinates estimated regarding to Equation (7);  $n$  refers to the total number of epochs. Furthermore, the standard deviation  $\sigma$  is calculated as shown in Equation (8) relative to the mean error value  $\mu$  (Mikhail, 1976). The kinematic measurements have been twice processed using Bernese software: ① the default solution with the default solution; ② the adapted solution, which means, deactivate the screening of the residuals in the GPSEST process.

$$\delta_{i,j} = M - M' \quad (6)$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta_{i,j})^2} \quad (7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta_{i,j} - \mu)^2} \quad (8)$$

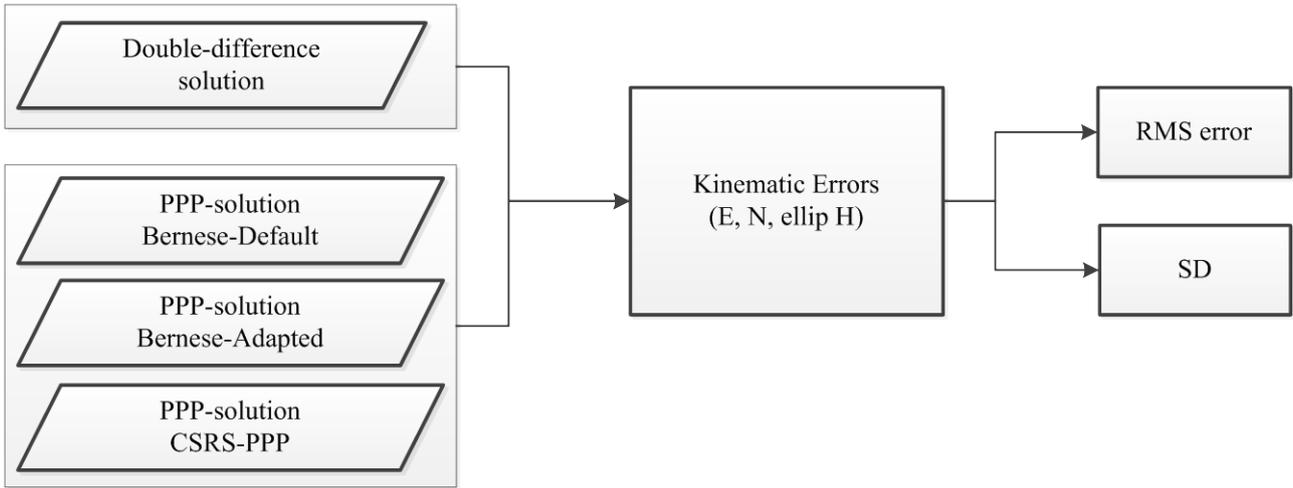


Figure 3: Processing scheme

#### 4. EXPERIMENTAL WORK

In order to identify the accuracy of kinematic PPP solution that obtained from Bernese GNSS software and CSRS-PPP, three kinematic trajectories have been surveyed from Duisburg harbor, Rhine River, Duisburg, Germany with a total length around 51 km. These data are observed as a part of ‘HydrOs - Integrated Hydrographical Positioning System’ project (Beitenfeld, et al., 2014). An antenna of LEIAX1203+GNSS and a receiver LEICA GX1230+GNSS are located on the surveying vessel (Mercator) to collect the GNSS data. Figure 4 presents the surveying vessel and the GNSS antenna over it. Figure 5 shows the layout of the first trajectory; other trajectories are in the same location. Some details about the three trajectories are reported in Table 2. The data have been observed during two days; the start and end time are listed, as well.

Table 2: Details of the observation data

ID	Country/ City	Year/ DOY	Start time			End time			Interval	Trajectory Length [km]
			hh	mm	ss	hh	mm	ss	ss	
1	Germany/	2014/126	07	40	00	10	10	05	05	10.70
2	Duisburg	2014/126	10	17	05	14	15	00	05	19.40
3	Duisburg	2014/127	06	14	20	11	34	30	05	21.00



*Figure 4: Observation vessel for the measurement data  
 Mercator observation vessel (left figure); GPS antenna over the vessel (right figure)  
 Photo by: Annette Scheider (IIGS)*



*Figure 5: Layout of the first trajectory (DOY: 2014/126)  
 © Google earth (Image: 30.06.2015)*

## 5. RESULTS AND DISCUSSION

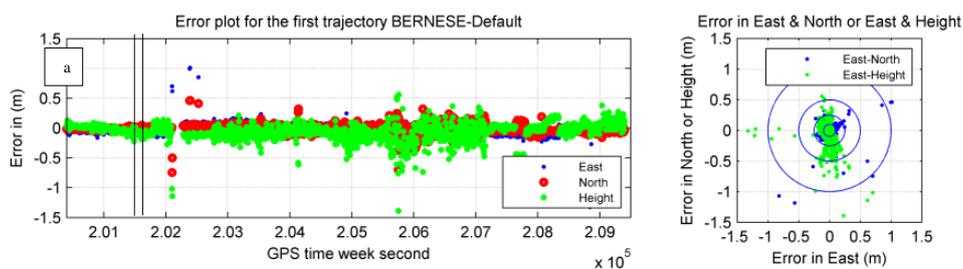
As previously described, the RINEX measurement data have been processed using Bernese GNSS software and CSRS-PPP online service. To begin this process, the data of three kinematic trajectories are differenced with a virtual station from **SAPOS** (**SA**telliten **PO**sitionierungsdienst der deutschen Landesvermessung). This SAPOS station was provided from SAPOS-NRW team (SAPOS-NRW, 2014). SAPOS is a CORS (Continuously Operating Reference Station) service, which is collecting the GNSS data around Germany (SAPOS, 2014). The PPP estimation using Bernese

GNSS software is carried through an automatic script (Bernese Protocol Engine (BPE)).

### 5.1 Bernese GNSS software solution

To distinguish between the two solutions, Figure 6a - f presents the PPP solution errors for the three trajectories using Bernese GNSS software. The left part of these plots shows the errors in the East, North, and height plans. The horizontal axis refers to the GPS time week second and the vertical axis mentions the error value in meter. The right part of these plots provides the error plots in two planes: East-North, and East-Height planes. Figure 6a – b shows the PPP error for the default and adapted solution for the first trajectory. The solution faces some loss of lock during the measuring; therefore, some epochs have not been resolved; the un-resolved epochs are marked with two dashed lines. The default solution in East and North show errors up to 25 cm and other epochs report more than this value. Otherwise, the results obtained in the height direction show higher PPP errors. This error reaches up to 50 cm. On the other hand, the adapted solution shows a smoother solution than that reported from the default solution. Table 3 summarizes the statistical analysis for the Bernese PPP estimation; the default solution for the first trajectory shows a RMS of one decimeter in the horizontal and 18 cm in height. The adapted solution shows a little improvement in the horizontal plan; otherwise, an obvious improvement in the height plan, which reports one decimeter.

Regarding the second trajectory, Figure 6c – d shows the PPP errors; the default solution reports in the horizontal direction up to more than 25 cm. In height direction, the solution shows errors more than half meter and increased up to 1 m in some epochs. The adapted solution shows a smooth PPP solution, which decreases the error's ranges. As given in table 3, the solution is closed to the first trajectory. The third trajectory shows a better solution than that obtained from the previous trajectories; the possible explanation is due to the lower number of cycle slips and higher convergence time. The solution shows errors up to more than 50 cm, and 1 m for the horizontal and height directions, respectively; see Figure 6e – f. The statistical results for this trajectory that reported in table 3, shows a RMS for the default solution of 7 cm for horizontal plan and double decimeter for height. The adapted solution delivers a RMS of 5 cm in horizontal plan and 15 cm in height plan.



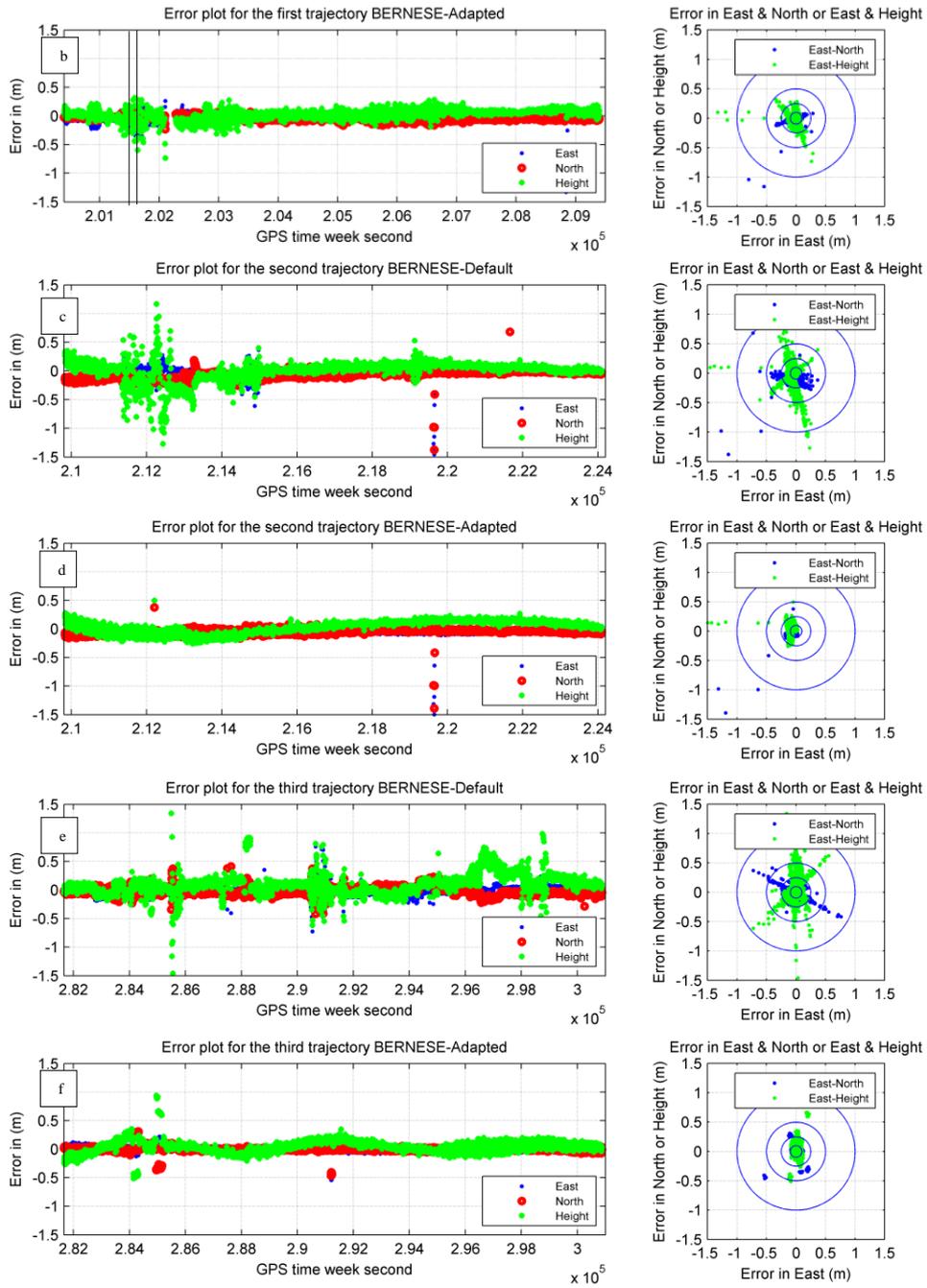


Figure 6: PPP solution from Bernese GNSS software

Table 3: Statistical results from Bernese GNSS software

		TRAJ1			TRAJ2			TRAJ3		
		East	North	height	East	North	height	East	North	height
<b>Default-Solution</b>	<b>RMS [m]</b>	0.104	0.120	0.178	0.10	0.11	0.186	0.078	0.072	0.203
	<b><math>\sigma</math> [m]</b>	0.103	0.119	0.164	0.087	0.089	0.186	0.078	0.07	0.184
<b>Adapted-Solution</b>	<b>RMS [m]</b>	0.081	0.104	0.010	0.10	0.09	0.113	0.050	0.052	0.149
	<b><math>\sigma</math> [m]</b>	0.081	0.096	0.096	0.068	0.075	0.107	0.050	0.052	0.144

## 5.2 CSRS-PPP Online Service solution

Interesting results are obtained from the PPP solution from the online service of CSRS-PPP. Figure 7a shows the PPP solution for the first trajectory. The trajectory faces loss of lock as to be seen in the dashed lines. The solution is deviated after these un-resolved epochs. Possible explanation of this deviation is to be due to the shifted in the ambiguity resolution after the loss of lock. The errors display up to more than 25 cm in East-North and up to more than 50 cm in the height direction. Figure 7b – c refer to the errors for the second and third trajectories; the solution shows a significant improved accuracy. The results obtained from the analysis indicate up to more than 10 cm in the horizontal direction and up to more than 25 cm in the height direction.

Table 4: Statistical results from CSRS-PPP online service

	TRAJ1			TRAJ2			TRAJ3		
	East	North	height	East	North	height	East	North	height
<b>RMS [m]</b>	0.182	0.114	0.068	0.082	0.082	0.087	0.023	0.026	0.041
<b><math>\sigma</math>[m]</b>	0.098	0.104	0.063	0.066	0.072	0.087	0.022	0.022	0.033

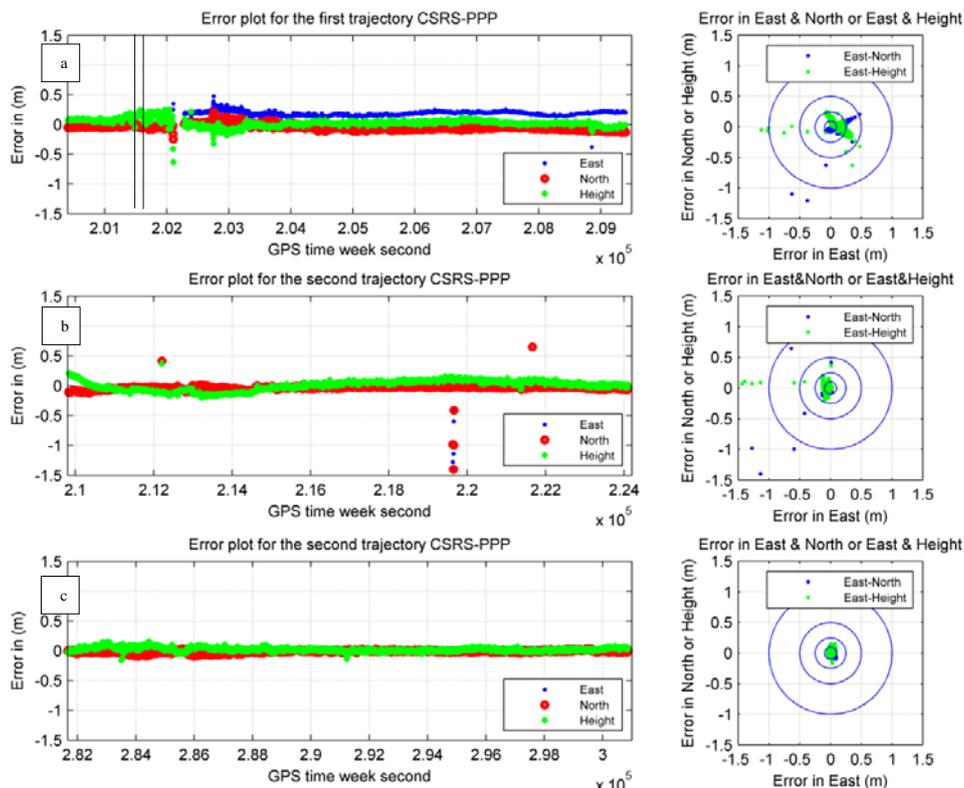


Figure 7: PPP solution from CSRS-PPP online service

The statistical results for the solution from CSRS-PPP online service are set out in Table 4. The first trajectory shows the highest error due to the loss of lock during the

measurement. The solution has a higher RMS in the East & North directions than the one obtained in the height direction. The second trajectory indicates a RMS in East, North in 8 cm and around 9 cm in the height. The third trajectory shows the best solution, where it reports couple cm in the horizontal and 4 cm in height.

### 5.3 Discussions

As previously mentioned, the two processing tools have the same IGS satellite orbits data with a clock interval of 30 seconds. Nevertheless, there are differences in estimation process and tropospheric delay modelling between those two methodologies. In this current study, two solutions have been estimated using Bernese GNSS software. As to be seen in Figure 8, the study found that the  $SD_{mean}$  from the default solution delivered 9 cm for East and North plans. Moreover, obtained one for height is 18 cm level. The adapted solution from Bernese GNSS solution showed  $SD_{mean}$  of 7 cm in East and North plans; for height, it achieved  $SD_{mean}$  of 12 cm. The most interesting finding was that, the CSRS-PPP provided a better solution, especially in height direction, than that achieved from Bernese GNSS software. The online service showed 6 cm in all plans.

By comparing the current results to the previous ones of Abdallah & Schwieger (2015), Bernese GNSS software provided with CODE satellite clocks of 5 seconds a better solution than that obtained from IGS satellite clocks with 30 seconds. Abdallah & Schwieger (2015) have been reported that the mean SD with 5 seconds clocks was 4 cm, 2.40, and 5.9 cm in the East, North, and height, respectively. The comparison of results with those from Abdallah & Schwieger (2015) study confirms that, Bernese GNSS software provides with CODE orbit data with clock interval of 5 seconds a better solution in horizontal plan than that obtained from CSRS-PPP online service. In height plan, the two solutions delivered almost the same accuracy.

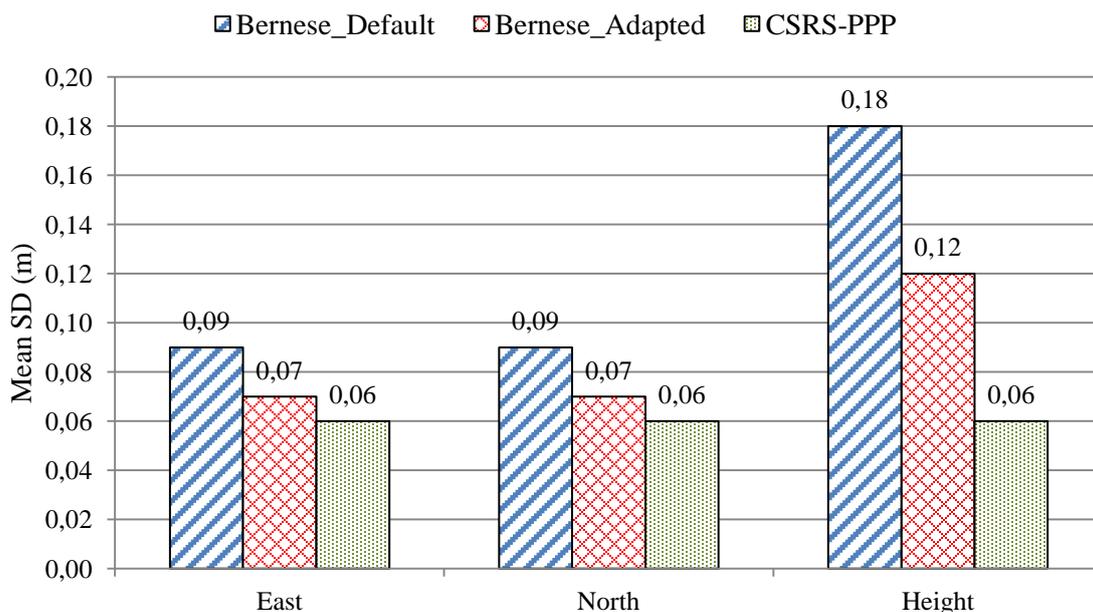


Figure 8: Mean SD for Bernese GNSS and CSRS-PPP online service

## 6. CONCLUSION

This research establishes a framework for the exploration of the effect of the satellite clock interval on the PPP kinematic measurements using Bernese GNSS software and the CSRS-PPP online service. Moreover, this study enhances our understanding of one of the parameters, which are affecting the kinematic PPP estimation. Three kinematic trajectories have been measured for two days on the Rhine River, Duisburg, Germany. In this study, the double-difference solution from Bernese GNSS software has been considered as the reference solution. The used satellite clocks in this study were IGS with an interval of 30 s. The results indicate that the achieved mean SD from the default solution of Bernese GNSS software were 9 cm in the two horizontal components and 18 cm for height. The processing has been extended to adapt the Bernese solution by deactivating of satellite residual screening. This adapted solution from Bernese delivered a better solution than that achieved from the default solution. The horizontal components showed mean SD of 7 cm; in height, the solution showed mean SD of 12 cm. Other side, the CSRS-PPP online service showed a better solution with 6 cm for all plans.

In a comparison with the previous study of Abdallah & Schwieger (2015), Bernese GNSS software using CODE orbit data with 5 seconds satellite clocks delivered the best solution. Moreover, the CSRS-PPP online service comes in the second time regarding the estimated accuracy. Finally, the solution using Bernese software with IGS satellite clocks with an interval of 30 seconds comes later in the accuracy level, even with the adapted solution. Therefore, this study recommends the using of the Bernese GNSS software with CODE satellite clocks with 5 seconds for the kinematic application with high rate observation interval. Otherwise, it is best to use the CSRS-PPP online service to obtain an acceptable PPP accuracy for the kinematic measurements.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Ms. Annette Scheider for receiving the GNSS measurements through the HydrOs project. Special thanks go to our partners from the BfG Mr. Harry Wirth and Mr. Marc Breitenfeld. Further thanks also for Mr. Bernhard Galitzki form SAPOS-NRW for providing us with the reference station. Further thanks for Mr. Pierre Tétreault in the Natural Resources Canada for the kindly contacts regarding the CSRS-PPP online service. The authors would like to thank the Egyptian higher education ministry and the German Academic Exchange Service (DAAD) in Germany for the funding of the PhD research.

## REFERENCES

- Abdallah, A. & Schwieger, V. (2014): Accuracy Assessment Study of GNSS Precise Point Positioning for Kinematic Positioning. In: Schattenberg, J., Minßen, T.F.: Proceedings on 4th International Conference on Machine Control and Guidance, Braunschweig, Germany, Braunschweig, pp. 167-178.

- Abdallah, A. & Schwieger, V. (2015): Kinematic Precise Point Positioning (PPP) Solution for Hydrographic Applications. FIG Working Week 2015, Sofia, Bulgaria.
- Bassiri, S. & Hajj, G. (1993): Higher-Order Ionospheric Effects on the GPS Observables and Means of Modeling Them. *Manuscripta Geodetica*, Springer-Verlag, 18(5), pp. 280-289.
- Beitenfeld, M., Wirth, H., Scheider, A. & Schwieger, V. (2014): Development of a Multi-Sensor System to optimize the Positioning of Hydrographic Surveying Vessels. In: Schattenberg, J., Minßen, T.F.: *Proceedings on 4th International Conference on Machine Control and Guidance*, Braunschweig, Germany, Braunschweig, pp. 75-86.
- Böhm, J., Werl, B. & Schuh, H. (2006.a): Troposphere mapping functions for GPS and VLBI from ECMWF operational analysis data. *Journal of Geophysical Research*, 111(B02406), pp 1-9.
- Böhm, J., Niell, A., Tregoning, P. & Schuh, H. (2006b): Global Mapping Function (GMF): A new empirical mapping function based on numerical weather model data. *Journal of Geophysical Research*, L07304(33), pp. 1-4.
- Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P. & Meindl (Eds), M. (2007): *Bernese GPS Software Version 5.0. User manual*. Bern, Switzerland: Astronomical Institute, University of Bern.
- Fei, G., Xiaohong, Z., Xingxing, L. & Shixiang, C. (2010): Impact of Sampling Rate of IGS Satellite Clock on Precise Point Positioning. *Geo-spatial Information Science*, June, 13(2), pp. 150-156.
- Gao, Y. (2006): Precise Point Positioning and its challenges. *Inside GNSS*, Nov/Dec, 1(8), pp. 16-18.
- Hoffmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. & Collins, J. (2000): *GPS: Theory and Practice*. fourth ed. New York: Springer-Verlag/Wien.
- Hopfield, H. 1969: Two-quartic tropospheric refractivity profile for correcting satellite data. *Journal of Geophysical Research*, 74(8), pp. 4487-4499.
- Kaplan, E. D. & Hegarty, C. J. (2006): *Understanding GPS Principles and Applications*. second ed. United States of America: Artech House.
- Keder, S., Hajj, G., Wilson, B. & Heflin, M. (2003): The effect of the second order GPS ionospheric correction on receiver positions. *Geophysical Research Letters*, August, 30(16).
- Marini, J. (1972): Correction of satellite tracking data for an arbitrary tropospheric profile. *Journal of Radio Science*, 7(2), pp. 223-231.
- Mikhail, E. M. (1976): *Observations and Least Squares*. New York: University Press of America.
- Mirsa, P. & Enge, P. (2012): *Global Positioning System Signals, Measurements, and Performance*. Revised second ed. Lincoln: Ganga-Jamuna Press.
- Niell, A. (1996): Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths. *Journal of Geophysical Research*, 101(B1), pp. 3227-3246.
- Rizos, C., Janssen, V., Roberts, C. & Grinter, T. (2012): Precise Point Positioning: Is the Era of Differential GNSS Positioning Drawing to an End?. FIG Working Week, Rome, Italy.
- Saastamoinen, J. (1973): Contribution to the theory of atmospheric refraction. *Bulletin Géodésique*, 107(1), pp. 13-34.
- Tétreault, P., 2015. Personal contact by email, Canadian Geodetic Survey, Natural Resources Canada.
- Zumberge, F., Heflin, B., Jefferson, C., Watkins, M., Webb, H. (1997a): Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. *Journal of Geophysical Research*, 10 March, 102(B3), p. 5005-5017.
- CODE, 2015. CODE ftp server. Available at: <ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/2014/> [Accessed August 2015].
- CSRS-PPP, 2015. CSRS-PPP. Available at: <http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> [Accessed 20 August 2015].
- IGS-FTP, 2015. IGS-FTP. Available at: <ftp://igsceb.jpl.nasa.gov/pub/product/1791/> [Accessed 20 August 2015].

ITRF, 2015. ITRF. Available at: [http://itrf.ign.fr/doc\\_ITRF/Transfo-ITRF2008\\_ITRFs.txt](http://itrf.ign.fr/doc_ITRF/Transfo-ITRF2008_ITRFs.txt)  
[Accessed 1 July 2015].

NGS, 2014. Antenna Absolute Calibrations. Available at: <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>  
[Accessed October 2014].

SAPOS, 2014. SAPOS. Available at: <http://www.sapos.de/>  
[Accessed 15 October 2014].

SAPOS-NRW, 2014. SAPOS-NRW. Available at: <http://www.sapos.nrw.de/>  
[Accessed 15 October 2014].

© *Ashraf Abdallah, Volker Schwieger, 2016*

1.	. . . , . . . , . . . , . . . -	
	.....	3
2.	. . . .	-
	2015 .....	9
3.	. . . .	
	: .....	16
4.	. . . , . . . .	-
	.....	19
5.	. . . , . . . .	-
	.....	32
6.	. . . . :	
Cartography 2.0	, .....	54
7.	, , . . . -	
	.....	69
8.	. . . .	-
	.....	79
9.	. . . , . . . , . . . , . . . , . . . , . . . , . . . , . . .	
	.....	90
10.	, . . . .	-
	1 : 200 000.....	107
11.	, IGS .	-
PPP	Bernese	-
	CSRS-PPP .....	112

## CONTENTS

1. <i>N. M. Babashkin, S. A. Kadnichanskiy, S. S. Nekhin, L. I. Yablonskiy</i> . The main trends in the national mapping development in the Russian Federation .....	3
2. <i>A. V. Basmanov</i> . Results geodetic monitoring geodynamic polygons for measurements Rosreestr 2015 .....	9
3. <i>M. I. Ananich</i> . Marketing communication in innovation activities: problems and challenges .....	16
4. <i>B. Hiller, H. K. Yambayev</i> . Development and natural tests of the automated system of deformation monitoring .....	19
5. <i>G. G. Pobedinsky, A. N. Prusakov</i> . The issues of legal and technical regulation of geodetic and cartographic activity in the Russian Federation .....	32
6. <i>László Zentai</i> . From paper maps to open GIS: the way to Cartography 2.0 at the Geological and Geophysical Institute of Hungary .....	54
7. <i>Ben Gorte, Enayat Hosseini Aria, Massimo Menenti</i> . Entropy-based noise reduction in hyperspectral images .....	69
8. <i>Kadmous Khatib</i> . Surveying engineering challenges in the construction of skyscrapers. High rise tower survey and monitoring on Lamar twins building in Jeddah, KSA .....	79
9. <i>A. V. Basmanov, V. P. Gorobets, V. I. Zabnev, V. I. Zubinsky, I. A. Oshchepkov, G. G. Pobedinsky, R. A. Sermyagin, I. A. Stolyarov</i> . About creation of network information and technological infrastructure of geodetic support of the Russian Federation .....	90
10. <i>Dash Oyuntsetseg, Pureyjav Erdenechimeg</i> . Calculation of conformal cylindrical projection for 1 : 200 000 scale topographic map of Mongolia.....	107
11. <i>Ashraf Abdallah, Volker Schwieger</i> . Performance of IGS final satellite data for kinematic PPP solutions using Bernese software and CSRS-PPP online service .....	112

- -2016

. .

. .	020461	04.03.1997.
	14.04.2016.	60 × 84 1/16
. . . 7,62.	100	. 55
630108,	-	, 108, . , 10.
630108,	, 108,	. , 8.