

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирская государственная геодезическая академия»

**ВЕСТНИК
СГГА**

**(СИБИРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ)**

Выпуск 2 (15)

Новосибирск
СГГА
2011

УДК 528:535:681.7
В387

Главный редактор

Доктор технических наук, профессор *А.П. Карник*

Редакционная коллегия:

Кандидат технических наук, профессор *В.Б. Жарников* – заместитель главного редактора; член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, президент МИИГАиК *В.П. Савиных*; доктор технических наук, профессор, ректор МИИГАиК *В.А. Малинников*; доктор технических наук, профессор, проректор МИИГАиК *И.Г. Журкин*; доктор технических наук, профессор, первый проректор МИИГАиК *А.Г. Чибуничев*; доктор технических наук, профессор МИИГАиК *Х.К. Ямбаев*; доктор физико-математических наук, профессор, советник губернатора НСО *Г.А. Сапожников*; член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, директор Института горного дела СО РАН *В.Н. Опарин*; доктор биологических наук, директор Института почвоведения и агрохимии СО РАН *К.С. Байков*; кандидат экономических наук, зам. руководителя Территориального управления Росреестра по НСО *Д.А. Ламерт*; доктор физико-математических наук, профессор, зав. лабораторией Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН *В.Ю. Тимофеев*; доктор технических наук, профессор *А.И. Каленицкий*; доктор технических наук, профессор *Д.В. Лисицкий*; кандидат технических наук, профессор *И.В. Лесных*; доктор технических наук, профессор *В.Н. Москвин*; кандидат технических наук, профессор *В.А. Середович*; доктор технических наук, профессор *Л.К. Трубина*; доктор технических наук, профессор *В.Я. Черепанов*; доктор технических наук, профессор *В.Б. Шлишевский*; кандидат технических наук, профессор *Т.А. Широкова*

В387 Вестник СГГА (Сибирской государственной геодезической академии) [Текст] : науч.-технич. журн. / учредитель ФГБОУ ВПО «СГГА». – Вып. 2 (15). – Новосибирск: СГГА, 2011. – 128 с. – ISSN 1818-913X

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГГА

УДК 528:535:681.7

© ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия» (СГГА), 2011

Тел. (383)343-39-37, факс (383)344-30-60
e-mail: rektorat@ssga.ru

Учредитель – ФГБОУ ВПО «СГГА».

ГЕОДЕЗИЯ



УДК 551.2/3

О РЕЗУЛЬТАТАХ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАВИМЕТРИИ НА ЗАПАДНО-СУТОРМИНСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Анатолий Иванович Каленицкий

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры астрономии и гравиметрии СГГА, тел. (913)906-74-53, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Эдуард Лидиянович Ким

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, начальник штаба ГОиЧС СГГА, тел. (383)343-29-00, e-mail: 52tkrbv@rambler.ru

Излагаются результаты гравиметрии во втором цикле наблюдений на примере Западно-Суторминского геодинимического полигона, технология и порядок выполнения натурных измерений.

Ключевые слова: геодинимический полигон, геодезическо-гравиметрические наблюдения.

THE RESULTS OF GRAVIMETRY APPLICATION IN WEST-SUTORMINSKY GEODYNAMIC TESTING AREA

Anatoly I. Kalenitsky

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Prof., Dr., department of astronomy and gravimetry SSGA, tel. (913)906-74-53, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Eduard L. Kim

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., chief of SSGA civil defense and emergency situations headquarters SSGA, tel. (383)343-29-00, e-mail: 52tkrbv@rambler.ru

The results of gravimetry during the second observation cycle, the technology and procedures of in-situ measurements are described by the example of West-Sutorminsky geodynamic testing area.

Key words: geodynamic testing area, geodetic and gravimetric observations.

В настоящее время при проведении геодинимического мониторинга на техногенных полигонах весьма редко применяется гравиметрия.

Известно [1], что гравиметрия является опережающим методом выявления тектонических нарушений. Результаты гравиметрии позволяют еще на ранних стадиях освоения месторождений УВ учитывать особенности геолого-тектонического строения месторождения при его обустройстве.

Результаты комплексного применения гравиметрии и геодезических методов в первом цикле натурных измерений в 2005–2007 гг. на Западно-Суторминском геодинамическом полигоне (ГДП), созданном в пределах площади одноименного месторождения, позволили уточнить геолого-тектоническую структуру месторождения и локализовать участки повышенной промышленной опасности.

Продолжительность и технология натурных наблюдений 1-го цикла были продиктованы возможностями имеющихся в наличии геодезических средств измерений и отечественных гравиметров ГНУ-КВ.

Необходимо было создать трехъярусную гравиметрическую сеть (каркасная опора, опорная сеть сгущения, заполняющая рядовая сеть пунктов измерений) [2], а ограниченное число гравиметров (4 прибора), сокращенные сроки реальной возможности измерений (летом из-за подтоплений, зимой из-за сильных морозов) приводили к существенному «отставанию» гравиметрии от производства натурных геодезических измерений (спутникового координирования и нивелирования).

В связи с этим во втором цикле натурных геодезическо-гравиметрических наблюдений (июнь – ноябрь 2010 г.) был использован гравиметр CG-5 Autograv Scintrex, имеющий улучшенные технические характеристики: минимальное изменение нуля-пункта отсчетного устройства в течение суток, диапазон измерений более 8 000 мГал, разрешающая способность 0,001 мГал, автоматическая система отсчета. При этом предполагалось:

- создание на Западно-Суторминском ГДП одноярусной по точности сети, включающей 23 пункта каркасной сети и 157 пунктов рядовой сети;
- выполнение натурных измерений в течение одного полевого сезона до ноября 2010 г.;
- получение высокой точности измерений как на пунктах каркасной сети, так и в точках рядовых измерений;
- получение высокой точности гравиметрической сети за счет петлевой системы рейсов с перекрытием в узловых пунктах и повторных (при необходимости) рейсов измерений в противоположном направлении.

Для реализации поставленной задачи перед началом работ были выполнены контрольные измерения на базисе в последовательности: А – Б – А – В – А – Б – А – В – А (рисунок).

Для гравиметрической сети ГДП в качестве исходного пункта, был принят пункт А контрольного базиса. Уровень поля силы тяжести в нем принят условным, так как он не был «связан» с пунктами государственной гравиметрической сети.

При проведении гравиметрических измерений на пунктах каркасной сети, по аналогии с первым циклом, применялась технология развития сети в виде системы рейсов, состоящей из петель, замкнутых на исходном пункте А. Петлевые рейсы последовательно перекрывались в общих узловых пунктах, являющихся контрольными точками измерений, и обеспечивали возможность корректировки уче-

та изменения нуля-пункта гравиметра в случае необходимости [3]. Наблюдения на пунктах рядовой сети начинались и заканчивались на пунктах каркасной сети.

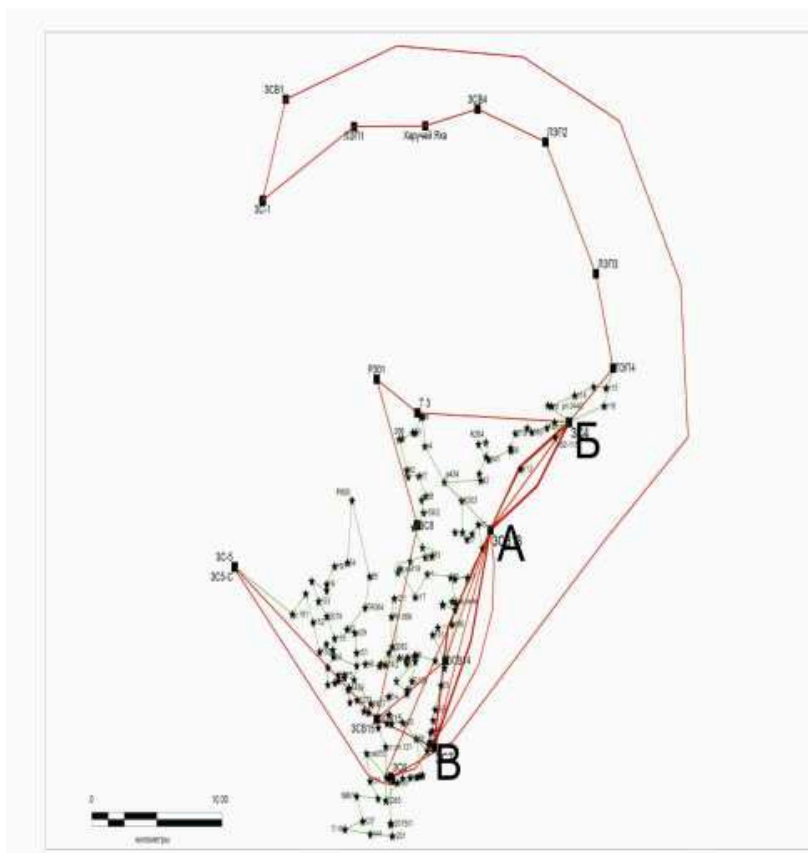


Рис. Схема гравиметрической сети Западно-Суторминского ГДП:

— контрольный базис; — опорные рейсы; — рядовые маршруты

При этом порядок измерения гравиметром CG-5 был следующий:

- установка начальных настроек и параметров прибора;
- полевые измерения на пунктах;
- выгрузка данных из памяти прибора на ПК.

Последовательность полевых измерений непосредственно на пункте включала:

- размещение прибора на треноге над центром пункта либо в стороне, но не далее 3 м от центра пункта;
- включение прибора;
- введение обозначения пункта и номера рейса;
- установка прибора по уровню;
- измерение превышения между верхней плоскостью прибора и центром пункта;
- ожидание в течение 3–5 минут перед началом измерений;
- начало выполнения измерений;
- воспроизведение окончательных данных для просмотра после автоматической остановки измерений;

- анализ полученных результатов;
- запись измерений в память гравиметра;
- выключение прибора.

Измерение превышения между верхней плоскостью прибора и центром пункта выполнялось рулеткой (когда прибор находился над центром пункта) и цифровым нивелиром Leica Sprinter 100 (когда прибор находился вне центра пункта).

В болотистой местности для установки треноги заблаговременно вбивались деревянные колья длиной 1–1,5 м.

Качество гравиметрической сети второго цикла натуральных измерений, выполненных гравиметром CG-5, характеризуется средней квадратической ошибкой определения силы тяжести на каркасных пунктах по результатам измерений равной $\pm 0,003$ мГал, а в точках рядовой сети – $\pm 0,005$ мГал, средней величиной средней квадратической ошибки гравиметровых измерений, составившей $\pm 0,006$ мГал.

Высокая точность гравиметра обеспечила расхождения результатов измерений на узловых точках и точках разновременных повторных измерений не более $\pm 0,010$ мГал, что значительно меньше установленной техническим заданием величины средней квадратической ошибки гравиметровых измерений ($\pm 0,03$ мГал). В итоге отпала необходимость проведения процедуры уравнивания всей сети. Достаточно было распределить с обратным знаком невязки в рейсе по измерениям на пунктах пропорционально времени наблюдений на них относительно момента снятия отсчетов на исходном пункте.

Таким образом, применение гравиметра CG-5 Autograv позволило:

- создать на Западно-Суторминском ГДП одноярусную сеть, включающую все запланированные проектом работ пункты как опорной, так и рядовой сети;
- выполнить натурные измерения в течение одного полевого сезона до начала октября 2010 г.;
- определить аномальное значение силы тяжести по точности выше проектных.

Результаты выполненных работ с применением гравиметра CG-5 Autograv подтвердили аномальное гравитационное поле, полученное в первом цикле наблюдений гравиметрами ГНУ-КВ, а результаты интерпретации позволили более детально уточнить геолого-тектоническое строение месторождения, что дало возможность выработать практические рекомендации по обеспечению устойчивого функционирования объектов месторождения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев А.С., Дедов В.П., Тригубович Г.М. Геофизики должны хорошо знать механику // Геофизика. – 2007. – № 3. – С. 55–62.
2. Инструкция по гравиразведке. – М.: Недра, 1988.
3. Каленицкий А.И., Розенфарб И.А. О структуре и оценке точности опорных гравиметрических сетей крупномасштабных съемок [Текст] // Сборник вопр. рудн. геофиз. Сибири. – Тр. СНИИГГИМСа, вып. 92, 1969.

Получено 01.07.2011

© А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким, 2011

УДК 528.22:551.24

УРАВНИВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ

Владимир Иванович Дударев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры геодезии СГГА, тел. (383)344-36-60, e-mail: kva@ssga.ru

Рассматривается метод уравнивания геодезических сетей, использующий результаты относительных GPS-измерений. Подробно описывается процесс формирования системы уравнений поправок: матрицы коэффициентов и вектора правой части. Этот метод позволяет получать координаты неизвестных пунктов в системе координат начальных пунктов.

Ключевые слова: GPS-измерения, уравнивание геодезических сетей, поправка, координаты наземных пунктов измерения, система координат, спутниковый приемник.

ADJUSTMENT OF GEODETIC NETWORKS BY RELATIVE GPS-MEASUREMENTS

Vladimir I. Dudarev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotno St., Prof., department of geodesy SSGA, tel. (383)344-36-60, e-mail: kva@ssga.ru

The method of equalizing of the geodetic networks, using results of relative GPS-measurements is considered. Process of formation of correction equations system is in detail described: matrixes of factors and vector of the right-hand part. This method allows to receive coordinates of unknown points in system of coordinates of initial points.

Key words: GPS measurements, geodetic network adjustment, correction, coordinates of land stations measurements, coordinate system, satellite receiver.

Определение координат наземных пунктов (НП) с использованием GPS-технологий может выполняться либо абсолютным, либо относительным методами. Первый метод по причине своей низкой точности применяется для решения задач навигационного класса. Второй метод обеспечивает высокие точности, поэтому применяется в задачах высокоточного определения пространственных координат как отдельных НП, так и пунктов геодезических сетей различного назначения.

При использовании абсолютного метода спутниковый приемник устанавливается на определяемом НП и выполняет синхронные GPS-измерения нескольких космических аппаратов (КА) (не менее четырех). В результате математической обработки этих измерений вычисляется радиус-вектор определяемого пункта $\mathbf{R} = [XYZ]^T$ в той общеземной системе координат (ОXYZ), в которой задаются пространственные положения навигационных КА, используемой на момент работы спутниковой радионавигационной системы (СРНС). В настоящее время для пространственно-временного обеспечения проводимых навигационных и топографо-геодезических работ наиболее активно используется СРНС NAVSTAR. Пространственное положение спутников этой СРНС задает-

ся в общеземной системе координат WGS-84. Поэтому под общеземной системой далее будем понимать систему координат WGS-84.

Чтобы получить пространственные координаты НП (радиус-вектор $\mathbf{R}_\Gamma = [X_\Gamma Y_\Gamma Z_\Gamma]^T$) в некоторой референцной системе $(OXYZ)_\Gamma$ (обычно СК-42), необходимо выполнить известное матричное преобразование геоцентрического радиус-вектора \mathbf{R} НП из общеземной системы координат в референцную

$$\mathbf{R}_\Gamma = (1 - k) \cdot \mathbf{R}^T(\omega) \cdot \mathbf{R} - d\mathbf{R}. \quad (1)$$

В этом преобразовании матрица $\mathbf{R}(\omega)$ малых поворотов координатных осей референцной системы координат является итогом последовательного перемножения трех матриц вращения и имеет вид [1, 2]

$$\mathbf{R}(\omega) = \mathbf{R}_3(\omega_Z) \cdot \mathbf{R}_2(\omega_Y) \cdot \mathbf{R}_1(\omega_X) = \begin{bmatrix} 1 & -\omega_Z & \omega_Y \\ \omega_Z & 1 & -\omega_X \\ -\omega_Y & \omega_X & 1 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) обозначено: T – здесь и далее знак транспонирования; k – поправка к масштабу референцной системы координат; $\omega = [\omega_X \ \omega_Y \ \omega_Z]^T$ – трехмерный вектор-столбец малых углов поворота координатных осей референцной системы координат относительно осей общеземной системы; $d\mathbf{R} = [dX \ dY \ dZ]^T$ – трехмерный вектор-столбец смещения начала референцной системы координат относительно начала общеземной системы.

При использовании относительного метода один спутниковый приемник устанавливается на пункте с известными координатами (исходный или опорный пункт), второй – на определяемом пункте. При этом, как правило, пространственное положение исходного пункта задается (известно) в референцной системе координат. Во время рабочего сеанса приемники синхронно отслеживают несколько КА СРНС. В процессе математической обработки измеренных дальностей по линиям КА – НП определяется вектор-столбец $\Delta\mathbf{R}_{i,i+1} = [\Delta X \ \Delta Y \ \Delta Z]_{i,i+1}^T$ ($i = 1, 2, \dots, n$ – число измерений) относительного положения (базовый вектор) определяемого НП к исходному НП в системе координат $(OXYZ)$. Если бы было известно пространственное положение \mathbf{R}_i исходного НП в общеземной системе координат, то пространственное положение \mathbf{R}_{i+1} определяемого НП в этой же системе можно было бы найти как

$$\mathbf{R}_{i+1} = \mathbf{R}_i + \Delta\mathbf{R}_{i,i+1}. \quad (3)$$

Если будет известно пространственное положение $\mathbf{R}_{\Gamma i}$ исходного НП и вектор $\Delta\mathbf{R}_{\Gamma i,i+1} = [\Delta X \ \Delta Y \ \Delta Z]_{\Gamma i,i+1}^T$ относительного положения наземных пунктов в референцной системе координат, то пространственное положение $\mathbf{R}_{\Gamma i+1}$ определяемого НП в этой же системе можно найти как

$$\mathbf{R}_{\Gamma i+1} = \mathbf{R}_{\Gamma i} + \Delta\mathbf{R}_{\Gamma i,i+1}. \quad (4)$$

Применив матричное преобразование (1) при $k = 0$, вектор $\Delta \mathbf{R}_{\Gamma_i, i+1}$ здесь может быть найден следующим образом [4]:

$$\Delta \mathbf{R}_{\Gamma_i, i+1} = \mathbf{R}^T(\omega) \cdot \mathbf{R}_{i+1} - d\mathbf{R} - \mathbf{R}^T(\omega) \cdot \mathbf{R}_i + d\mathbf{R} = \mathbf{R}^T(\omega) \cdot (\mathbf{R}_{i+1} - \mathbf{R}_i). \quad (5)$$

Откуда

$$\Delta \mathbf{R}_{\Gamma_i, i+1} = \mathbf{R}^T(\omega) \cdot \Delta \mathbf{R}_{i, i+1}. \quad (6)$$

Выполнив перемножение матрицы $\mathbf{R}^T(\omega)$ на вектор $\Delta \mathbf{R}_{i, i+1}$ в (6) и выделив при этом вектор ω , можно записать следующее матричное выражение [3, 4]:

$$\Delta \mathbf{R}_{i, i+1} = \Delta \mathbf{R}_{\Gamma_i, i+1} + \mathbf{D} \cdot \omega. \quad (7)$$

В нем матрица \mathbf{D} составлена из координат вектора $\Delta \mathbf{R}$ и имеет вид

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 0 & \Delta Z & -\Delta Y \\ -\Delta Z & 0 & \Delta X \\ \Delta Y & -\Delta X & 0 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

С учетом (4) равенство (7) можно записать как

$$\Delta \mathbf{R}_{i, i+1} = \mathbf{D} \cdot \omega + \mathbf{R}_{\Gamma_{i+1}} - \mathbf{R}_{\Gamma_i}. \quad (9)$$

При формировании матрицы \mathbf{D} следует учитывать направление вектора $\Delta \mathbf{R}$, оно должно совпадать с направлением вектора $\Delta \mathbf{R}_{\Gamma}$ из (4).

Выражение (9) является математической моделью измерений и может быть представлено в общем виде

$$\Delta \mathbf{R}_{i, i+1} = \Delta \mathbf{R}(\omega, \mathbf{R}_{\Gamma_i}, \mathbf{R}_{\Gamma_{i+1}}). \quad (10)$$

Разложим его правую часть в ряд Тейлора в малой окрестности априорных значений векторов ω , \mathbf{R}_{Γ_i} и $\mathbf{R}_{\Gamma_{i+1}}$, ограничившись при этом первыми членами разложения. В итоге имеем

$$\Delta \mathbf{R}_{i, i+1} = \Delta \mathbf{R}(\omega', \mathbf{R}'_{\Gamma_i}, \mathbf{R}'_{\Gamma_{i+1}}) + \left. \frac{\partial \Delta \mathbf{R}}{\partial \omega} \right|_{\substack{\omega=\omega' \\ \mathbf{R}_{\Gamma}=\mathbf{R}'_{\Gamma}}} \cdot \delta \omega + \left. \frac{\partial \Delta \mathbf{R}}{\partial \mathbf{R}_{\Gamma_i}} \right|_{\substack{\omega=\omega' \\ \mathbf{R}_{\Gamma}=\mathbf{R}'_{\Gamma}}} \cdot \delta \mathbf{R}_i + \left. \frac{\partial \Delta \mathbf{R}}{\partial \mathbf{R}_{\Gamma_{i+1}}} \right|_{\substack{\omega=\omega' \\ \mathbf{R}_{\Gamma}=\mathbf{R}'_{\Gamma}}} \cdot \delta \mathbf{R}_{i+1}, \quad (11)$$

где ω' , \mathbf{R}'_{Γ_i} и $\mathbf{R}'_{\Gamma_{i+1}}$ – априорные значения векторов ω , \mathbf{R}_{Γ_i} и $\mathbf{R}_{\Gamma_{i+1}}$.

Величины $\delta \omega$, $\delta \mathbf{R}_i$ и $\delta \mathbf{R}_{i+1}$ являются поправками к априорным значениям векторов ω' , \mathbf{R}'_{Γ_i} и $\mathbf{R}'_{\Gamma_{i+1}}$ и определяются как

$$\delta \omega = \omega - \omega'; \quad \delta \mathbf{R}_i = \mathbf{R}_{\Gamma_i} - \mathbf{R}'_{\Gamma_i}; \quad \delta \mathbf{R}_{i+1} = \mathbf{R}_{\Gamma_{i+1}} - \mathbf{R}'_{\Gamma_{i+1}}. \quad (12)$$

Для нахождения частных производных в выражении (11) воспользуемся равенством (9). Можно записать

$$\frac{\partial \Delta \mathbf{R}}{\partial \boldsymbol{\omega}} = \mathbf{D}; \quad \frac{\partial \Delta \mathbf{R}}{\partial \mathbf{R}_{\Gamma_i}} = -\mathbf{E}; \quad \frac{\partial \Delta \mathbf{R}}{\partial \mathbf{R}_{\Gamma_{i+1}}} = \mathbf{E}, \quad (13)$$

где \mathbf{E} – единичная матрица размерности 3 x 3.

Подставив зависимости (13) в (11), получим

$$\Delta \mathbf{R}_{i,i+1} = \Delta \mathbf{R}(\boldsymbol{\omega}', \mathbf{R}'_{\Gamma_i}, \mathbf{R}'_{\Gamma_{i+1}}) + \mathbf{D}' \cdot \delta \boldsymbol{\omega} - \mathbf{E} \cdot \delta \mathbf{R}_i + \mathbf{E} \cdot \delta \mathbf{R}_{i+1}. \quad (14)$$

Здесь матрица \mathbf{D}' вычисляется с использованием априорных (приближенных) значений векторов $\Delta \mathbf{R}'_{\Gamma}$ и $\boldsymbol{\omega}'$ по формулам:

$$\mathbf{D}' = \begin{bmatrix} 0 & \Delta Z' & -\Delta Y' \\ -\Delta Z' & 0 & \Delta X' \\ \Delta Y' & -\Delta X' & 0 \end{bmatrix}; \quad (15)$$

$$\Delta \mathbf{R}'_{i,i+1} = \Delta \mathbf{R}(\boldsymbol{\omega}', \mathbf{R}'_{\Gamma_i}, \mathbf{R}'_{\Gamma_{i+1}}) = \mathbf{R}(\boldsymbol{\omega}') \cdot \Delta \mathbf{R}'_{\Gamma_{i,i+1}}; \quad (16)$$

$$\mathbf{R}(\boldsymbol{\omega}') = \begin{bmatrix} 1 & -\omega'_Z & \omega'_Y \\ \omega'_Z & 1 & -\omega'_X \\ -\omega'_Y & \omega'_X & 1 \end{bmatrix}. \quad (17)$$

Теперь можно записать уравнение поправок для одного измерения

$$\mathbf{D}' \cdot \delta \boldsymbol{\omega} - \mathbf{E} \cdot \delta \mathbf{R}_i + \mathbf{E} \cdot \delta \mathbf{R}_{i+1} = \Delta \tilde{\mathbf{R}}_{i,i+1} - \Delta \mathbf{R}'_{i,i+1} + \mathbf{V}, \quad (18)$$

в котором $\Delta \tilde{\mathbf{R}}_{i,i+1}$ – трехмерный вектор-столбец результатов относительных GPS-измерений в общеземной системе координат (измеренный базовый вектор, проекции которого выбираются из протокола работы утилиты «Baselines» либо программного комплекса «GPSurvey», либо «Trimble Geomatics Office» и т. п.); $\Delta \mathbf{R}'_{i,i+1}$ – трехмерный вектор-столбец (вычисленный базовый вектор), определяемый по формуле (16) с использованием приближенных значений векторов $\boldsymbol{\omega}'$ и $\Delta \mathbf{R}'_{\Gamma_{i,i+1}}$; \mathbf{V} – трехмерный вектор-столбец поправок к измеренному вектору $\Delta \tilde{\mathbf{R}}$. В уравнении поправок (18) матрицы \mathbf{D}' и \mathbf{E} будут матрицами коэффициентов, векторы $\delta \boldsymbol{\omega}$, $\delta \mathbf{R}_i$ и $\delta \mathbf{R}_{i+1}$ – неизвестными поправками к приближенным (вычисленным) значениям векторов $\boldsymbol{\omega}'$, \mathbf{R}'_{Γ_i} и $\mathbf{R}'_{\Gamma_{i+1}}$, а разность $\Delta \tilde{\mathbf{R}}_{i,i+1} - \Delta \mathbf{R}'_{i,i+1}$ – вектором правой части.

Для n относительных GPS-измерений уравнение (18) образует систему линейных уравнений поправок

$$\begin{aligned} \mathbf{D}'_1 \cdot \delta\boldsymbol{\omega} - \mathbf{E} \cdot \delta\mathbf{R}_1 + \mathbf{E} \cdot \delta\mathbf{R}_2 &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{1,2} - \Delta\mathbf{R}'_{1,2} + \mathbf{V}_1; \\ \mathbf{D}'_2 \cdot \delta\boldsymbol{\omega} - \mathbf{E} \cdot \delta\mathbf{R}_2 + \mathbf{E} \cdot \delta\mathbf{R}_3 &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,3} - \Delta\mathbf{R}'_{2,3} + \mathbf{V}_2; \\ &\dots \\ \mathbf{D}'_n \cdot \delta\boldsymbol{\omega} - \mathbf{E} \cdot \delta\mathbf{R}_{P-1} + \mathbf{E} \cdot \delta\mathbf{R}_P &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_n - \Delta\mathbf{R}'_n + \mathbf{V}_n, \end{aligned} \quad (19)$$

где P – число определяемых пунктов.

Систему уравнений поправок (19) можно представить в виде системы линейных алгебраических уравнений

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{X} = \mathbf{F} + \mathbf{V}. \quad (20)$$

В ней матрица коэффициентов \mathbf{A} является блочной матрицей и в общем случае может быть записана как

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{D}'_1 & -\mathbf{E} & \mathbf{E} & \dots & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{D}'_2 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ & \cdot & \cdot & \cdot & & \\ \mathbf{D}'_n & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & -\mathbf{E} & \mathbf{E} \end{bmatrix}, \quad (21)$$

где $\mathbf{0}$ – нулевая 3×3 матрица; \mathbf{E} – единичная 3×3 матрица.

Вектор-столбец неизвестных \mathbf{X} в (20) составлен из поправок к приближенным значениям малых углов поворота $\boldsymbol{\omega}'$, координатам определяемых НП \mathbf{R}'_{Γ_i} , $\mathbf{R}'_{\Gamma_{i+1}}$ и имеет вид

$$\mathbf{X}^T = [\delta\boldsymbol{\omega}^T \quad \delta\mathbf{R}'_1{}^T \quad \delta\mathbf{R}'_2{}^T \quad \dots \quad \delta\mathbf{R}'_{P-1}{}^T \quad \delta\mathbf{R}'_P{}^T]. \quad (22)$$

Поправки к приближенным значениям малых углов поворота здесь выступают только в роли согласующих параметров. Вектор правой части \mathbf{F} является вектором-столбцом размерности $3 \times n$ и определяется как разность измеренных базовых векторов $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{i,i+1}$ и их вычисленных значений $\Delta\mathbf{R}'_{i,i+1}$

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{1,2} - \Delta\mathbf{R}'_{1,2} \\ \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,3} - \Delta\mathbf{R}'_{2,3} \\ \dots \\ \Delta\tilde{\mathbf{R}}_n - \Delta\mathbf{R}'_n \end{bmatrix}. \quad (23)$$

Если за приближенные значения малых углов поворота принять нулевые значения $\omega' = 0$, то в (12) будет $\delta\omega = \omega$. Тогда вектор неизвестных (22) примет вид

$$\mathbf{X}^T = [\omega^T \quad \delta\mathbf{R}_1^T \quad \delta\mathbf{R}_2^T \quad \dots \quad \delta\mathbf{R}_{p-1}^T \quad \delta\mathbf{R}_p^T]. \quad (24)$$

Решение задачи, рассмотренное выше, можно выполнить иначе. Сначала определить малые углы поворота ω , а затем уже после решения системы уравнений поправок (19) – пространственные положения определяемых НП. При таком подходе данная система уравнений упрощается, так как из нее исключается вектор неизвестных $\delta\omega$. Чтобы найти вектор-столбец ω , нужно для m измеренных базовых векторов $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) между исходными пунктами сформировать на основании равенства (7) систему линейных уравнений [4]

$$\begin{aligned} \mathbf{D}_1 \cdot \omega &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_1 - \Delta\mathbf{R}_{\Gamma_1}; \\ &\dots \\ \mathbf{D}_j \cdot \omega &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_j - \Delta\mathbf{R}_{\Gamma_j}; \\ &\dots \\ \mathbf{D}_m \cdot \omega &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_m - \Delta\mathbf{R}_{\Gamma_m}. \end{aligned} \quad (25)$$

В ней базовые векторы $\Delta\mathbf{R}_{\Gamma_j}$ вычисляются в референционной системе (OXYZ)_Г по известным пространственным положениям \mathbf{R}_{Γ_j} этих же исходных пунктов. После решения системы уравнений (25) находятся углы малых поворотов ω .

Для определения вектора ω в (25) можно применить один из двух приемов. Первый – измерить базовые векторы между опорными НП. Например, векторы $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,1}$, $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,3}$ и $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{3,1}$ (рисунок). Но такой подход приводит к увеличению затрат на выполнение полевых работ. Второй – вместо непосредственно измеренных базовых векторов между опорными НП взять замыкающие векторы, полученные из суммы измеренных базовых векторов по векторным ходам, проложенным между опорными и определяемыми НП. Например, базовые векторы $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,1}$, $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,3}$ и $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{3,1}$ (см. рисунок) могут быть найдены как

$$\begin{aligned} \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,1} &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,4} + \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{4,6} + \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{6,1}; \\ \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,3} &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,4} + \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{4,5} + \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{3,5}; \\ \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{3,1} &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{3,5} + \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{5,6} + \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{6,1}. \end{aligned} \quad (26)$$

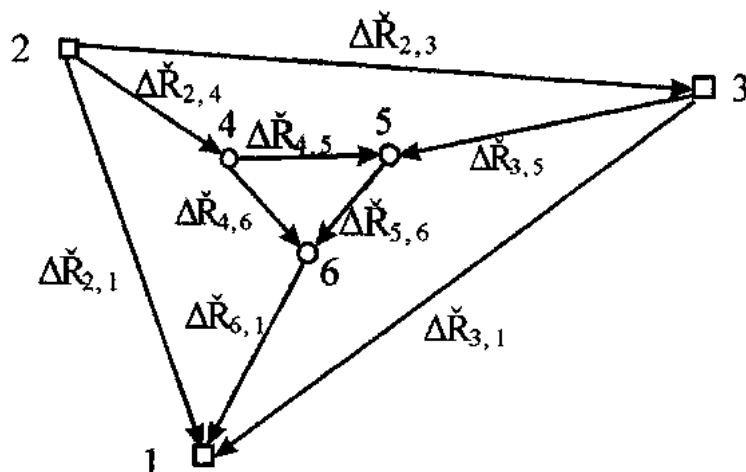


Рис. Схема геодезической сети:

□ – исходный НП; ○ – определяемый НП

Следует иметь в виду, что в равенствах (26) алгебраическое сложение векторов нужно выполнять с учетом их направленности. На основе измеренных либо вычисленных (как замыкающие векторы) значений базовых векторов формируется система линейных уравнений (25). После ее решения находится вектор ω .

Представленный метод уравнивания дает высокие точности определения координат определяемых пунктов в геодезических сетях, создаваемых с использованием GPS-технологий. Он может применяться при развитии локальных и региональных геодезических сетей сгущения. Для достижения хороших результатов желательно, чтобы геодезические построения содержали в себе не менее 4 исходных НП [4]. Соблюдение этого условия приводит к тому, что система линейных уравнений (19) будет хорошо обусловлена и мало чувствительна к ошибкам исходных данных: к ошибкам координат исходных пунктов и результатов измерений [5].

В качестве примера на простой схеме геодезической сети (см. рисунок) рассмотрим последовательность формирования системы линейных уравнений поправок вида (19). Будем полагать, что в этой сети измерены базовые векторы $\Delta\check{R}_{2,4}$, $\Delta\check{R}_{3,5}$, $\Delta\check{R}_{6,1}$, $\Delta\check{R}_{4,5}$, $\Delta\check{R}_{4,6}$ и $\Delta\check{R}_{5,6}$.

Для этой сети система линейных уравнений поправок будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 D_1' \cdot \delta\omega + 0 \cdot \delta R_4 + 0 \cdot \delta R_5 - E \cdot \delta R_6 &= \Delta\check{R}_{6,1} - \Delta R_{6,1}' + V_1; \\
 D_2' \cdot \delta\omega + E \cdot \delta R_4 + 0 \cdot \delta R_5 + 0 \cdot \delta R_6 &= \Delta\check{R}_{2,4} - \Delta R_{2,4}' + V_2; \\
 D_3' \cdot \delta\omega + 0 \cdot \delta R_4 + E \cdot \delta R_5 + 0 \cdot \delta R_6 &= \Delta\check{R}_{3,5} - \Delta R_{3,5}' + V_3; \\
 D_4' \cdot \delta\omega - E \cdot \delta R_4 + E \cdot \delta R_5 + 0 \cdot \delta R_6 &= \Delta\check{R}_{4,5} - \Delta R_{4,5}' + V_4; \\
 D_5' \cdot \delta\omega + 0 \cdot \delta R_4 - E \cdot \delta R_5 + E \cdot \delta R_6 &= \Delta\check{R}_{5,6} - \Delta R_{5,6}' + V_5; \\
 D_6' \cdot \delta\omega - E \cdot \delta R_4 + 0 \cdot \delta R_5 + E \cdot \delta R_6 &= \Delta\check{R}_{4,6} - \Delta R_{4,6}' + V_6.
 \end{aligned} \tag{27}$$

Приближенные значения измеренных значений базовых векторов для данной сети можно получить следующим образом. Сначала вычисляются приближенные значения пространственных координат определяемых НП (геоцентрические радиус-векторы $\mathbf{R}'_{\Gamma 4}$, $\mathbf{R}'_{\Gamma 5}$ и $\mathbf{R}'_{\Gamma 6}$ в референцной системе) по известным координатам опорных НП и измеренным значениям $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,4}$, $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{3,5}$ и $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{6,1}$ базовых векторов (с учетом их направленности) по формулам

$$\mathbf{R}'_{\Gamma 4} = \mathbf{R}_{\Gamma 2} + \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,4}; \quad \mathbf{R}'_{\Gamma 5} = \mathbf{R}_{\Gamma 3} + \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{3,5}; \quad \mathbf{R}'_{\Gamma 6} = \mathbf{R}_{\Gamma 1} + \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{6,1}. \quad (28)$$

Затем при $\omega' = 0$ вычисляются значения базовых векторов $\Delta\mathbf{R}'_{i,i+1}$ как

$$\begin{aligned} \Delta\mathbf{R}'_{6,1} &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{6,1}; & \Delta\mathbf{R}'_{3,5} &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{3,5}; & \Delta\mathbf{R}'_{2,4} &= \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{2,4}; \\ \Delta\mathbf{R}'_{4,5} &= \mathbf{R}'_{\Gamma 5} - \mathbf{R}'_{\Gamma 4}; & \Delta\mathbf{R}'_{4,6} &= \mathbf{R}'_{\Gamma 6} - \mathbf{R}'_{\Gamma 4}; & \Delta\mathbf{R}'_{5,6} &= \mathbf{R}'_{\Gamma 6} - \mathbf{R}'_{\Gamma 5}. \end{aligned} \quad (29)$$

Далее формируются матрицы $\mathbf{D}'_1, \dots, \mathbf{D}'_5, \mathbf{D}'_6$ как

$$\begin{aligned} \mathbf{D}'_1 &= \begin{bmatrix} 0 & \Delta Z'_{6,1} & -\Delta Y'_{6,1} \\ -\Delta Z'_{6,1} & 0 & \Delta X'_{6,1} \\ \Delta Y'_{6,1} & -\Delta X'_{6,1} & 0 \end{bmatrix}; \\ & \dots \\ \mathbf{D}'_5 &= \begin{bmatrix} 0 & \Delta Z'_{5,6} & -\Delta Y'_{5,6} \\ -\Delta Z'_{5,6} & 0 & \Delta X'_{5,6} \\ \Delta Y'_{5,6} & -\Delta X'_{5,6} & 0 \end{bmatrix}; \\ \mathbf{D}'_6 &= \begin{bmatrix} 0 & \Delta Z'_{4,6} & -\Delta Y'_{4,6} \\ -\Delta Z'_{4,6} & 0 & \Delta X'_{4,6} \\ \Delta Y'_{4,6} & -\Delta X'_{4,6} & 0 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (30)$$

После решения системы линейных уравнений (27) по формулам (12) находятся уточненные численные значения радиус-векторов $\mathbf{R}_{\Gamma i}$ определяемых НП, то есть

$$\mathbf{R}_{\Gamma 4} = \mathbf{R}'_{\Gamma 4} + \delta\mathbf{R}_4; \quad \mathbf{R}_{\Gamma 5} = \mathbf{R}'_{\Gamma 5} + \delta\mathbf{R}_5; \quad \mathbf{R}_{\Gamma 6} = \mathbf{R}'_{\Gamma 6} + \delta\mathbf{R}_6. \quad (31)$$

С целью уменьшения численных значений поправок \mathbf{V} к измеренным значениям базовых векторов можно по формуле (6) измеренные базовые векто-

ры $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{i,i+1}$ преобразовать из общеземной системы координат в референцную и получить базовые векторы $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{\Gamma_i,i+1}$

$$\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{\Gamma_i,i+1} = \mathbf{R}^T(\boldsymbol{\omega}) \cdot \Delta\tilde{\mathbf{R}}_{i,i+1}. \quad (32)$$

Затем эти векторы использовать в формулах (18), (19), (21), (23) и (27)–(29) в качестве измеренных, то есть вместо векторов $\Delta\tilde{\mathbf{R}}_{i,i+1}$. В этом случае необходимо предварительно определить вектор-столбец $\boldsymbol{\omega}$ малых углов поворота координатных осей, как это было сказано выше. Здесь следует иметь в виду, что определение вектора $\boldsymbol{\omega}$ по трем исходным пунктам дает плохие результаты. Лучше решать эту задачу по четырем исходным НП [5].

В заключение следует отметить, что рассмотренный метод был реализован на основе параметрического способа уравнивания с учетом ошибок исходных данных [6] и хорошо зарекомендовал себя при проведении производственных и научно-исследовательских работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лунквист К., Вейс Г. Стандартная Земля. – М.: Мир, 1969. – 277 с.
2. Preliminary results of Finnish – Hungarian Doppler observation campaign / A. Czobor, J. Adam, S. Mihaly, T. Vass // Publ. Astron. Inst. Czechosl. Acad. Scin. – 1984. – № 58. – P. 529–548.
3. Дементьев Ю.В. К вопросу развития опорных геодезических сетей спутниковыми методами // 46 научн.-техн. конф. преподавателей СГГА. – Тез. докл., ч. 1. – Новосибирск, 15–18 апреля 1996 г. – Новосибирск: СГГА, 1996. – 114 с.
4. Дударев В.И. Планирование задач оценивания элементов ориентирования геодезических систем координат // Четвертый Сибирский конгресс по прикладной и индустриальной математике (ИНПРИМ-2000), посвященный памяти М.А. Лаврентьева (1900–1980): сб. статей / СГГА. – Новосибирск: СГГА, 2001. – С. 3–11.
5. Дударев В.И. Влияние ошибок расчета матрицы коэффициентов и вектора правой части на решение СЛАУ в некоторых задачах космической геодезии // Вестник Сибирской государственной геодезической академии / СГГА. – Вып. 7. – Новосибирск: СГГА, 2002. – С. 21–25.
6. Маркузе Ю.И. Алгоритмы для уравнивания геодезических сетей на ЭВМ. – М.: Недра, 1989. – 248 с.

Получено 16.08.2011

© В.И. Дударев, 2011

УДК 528.71

ВЫСОКОТОЧНАЯ СЪЕМКА АРХИТЕКТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ ВЕНЕЦИИ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМОЙ RIEGL VMX-250

Николаус Штудница

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 3580, Austria, Horn, Riedenburgstrabe, 48, e-mail: nstudnicka@riegl.co.at

Геральд Зах

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 3580, Austria, Horn, Riedenburgstrabe, 48, e-mail: gzach@riegl.co.at

Филипп Амон

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 3580, Austria, Horn, Riedenburgstrabe, 48, e-mail: pamon@riegl.co.at

Мартин Пфеннигбауэр

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 3580, Austria, Horn, Riedenburgstrabe, 48, e-mail: mpfennigbauer@riegl.co.at

Последние годы мобильное лазерное сканирование с помощью наземных систем и водных транспортных средств все шире применяется в различных сферах, таких как съемка дорог, железнодорожных сетей и морского побережья. Это стало возможным благодаря непрерывному развитию технологий применения отдельных компонентов, сочетание которых сейчас дает возможность получать высокоточное трехмерное точечное множество с высокой скоростью измерений.

RIEGL VMX-250 – это компактная, гибкая, эффективная система мобильного лазерного сканирования. Устройство можно дополнить благодаря бесшовной интеграции модульной системы камер в аппаратное и программное обеспечение.

Статья дает общее представление о концепции системы и демонстрирует высокое качество данных съемки на примере дворцов Большого канала в Венеции. Описываются идеальный технологический процесс и новые автоматизированные методы обработки данных сканирования, дается анализ плана фасада, полученного в результате сканирования.

Ключевые слова: мобильная система лазерного сканирования, фотограмметрия, съемка, моделирование, ортофотография.

HIGH-ACCURACY SURVEYING OF VENICE LANDMARKS BY RIEGL VMX-250 LASER SYSTEM

Nikolaus Studnicka

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 3580, Austria, Horn, Riedenburgstrabe, 48, e-mail: nstudnicka@riegl.co.at

Gerald Zach

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 3580, Austria, Horn, Riedenburgstrabe, 48, e-mail: gzach@riegl.co.at

Philipp Amon

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 3580, Austria, Horn, Riedenburgstrabe, 48, e-mail: pamon@riegl.co.at

Martin Pfennigbauer

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 3580, Austria, Horn, Riedenburgstrabe, 48, e-mail: mpfennigbauer@riegl.co.at

During the last few years mobile laser scanning operated from land and water vehicles has rapidly been becoming established for various areas of application, such as the surveying of roads, trackage, and coasts. This is based on the continuous technological advancement of the individual components, the combination of which now makes it possible to deliver highly accurate 3D point clouds at very high measurement rates.

The *RIEGL VMX®-250* provides a compact, flexible and high-performance system for mobile laser scanning. The seamless integration of the modular camera system into the hard- and software complements the system.

This report gives an overview of the system concept and demonstrates the high quality of the data, with a project to survey the palaces of the Grand Canal in Venice as an example. The ideal workflow for recording, as well as the newly developed automatic adjustment of scan data is described and analysis resulting in facade plans is outlined.

Key words: Mobile Laser Scanning, Photogrammetry, Surveying, Modeling, Orthoimage.

INTRODUCTION

In 2010 *RIEGL* realized a sensational project in cooperation with Università di Venezia: The VMX-250 was employed to capture the century-old facades of the palaces in the Grand Canal using mobile laser scanning. Results were exemplarily processed based on a few buildings. In this course, the new modular camera system VMX-250-CS6 could be tested in a large project for the first time. The combined processing of the photogrammetric and the laser scan data resulted in colored point clouds, 2D CAD plans, and 3D CAD models using the monoplotted method.

DATA ACQUISITION

Mission Planning

The speed of data acquisition and the huge amounts of data make it essential to carefully plan the surveying mission and the subsequent processing. "Virtual walks" on Google Earth and videos on YouTube provided an overview of the expected conditions in advance: a heavily frequented waterway with traffic driving on the right, roughly four kilometers long and 40 to 70 meters wide. The view of the facades, which are 20 meters high at most, is unobstructed with only occasional Vaporetto stops as an obstacle.



Fig. 1: CAD plan of Venice white: planned trajectory gray: areas with planned control points



Fig. 2: facade of the Palazzo “Casa d’Oro” in Google Earth with swimming Vaporetto stop

Good open sky guarantees sight to as many satellites as possible. Forecasts for the days in question predicted signal reception from between 7 and 10 satellites. A great number of satellites, spread as evenly over the sky as possible, is the most essential requirement for measuring an accurate trajectory of the boat and hence for the accuracy of the data. A 20-meter long Venetian workboat equipped with a crane and a crew was organized. The problem posed by visual obstruction of the facades by the Vaporetto stops was reduced to a minimum by mounting the laser scanning system on a scaffold three meters high (Fig. 6). The height clearance of the bridges of approximately seven meters and the travelling speed of 5 km/h would not impose any restrictions. The ability to perform rapid changes in direction in the canal was not given, which would have contributed to increase the accuracy of the yaw angle. Before departure, two camera positions were chosen such that the cameras were aimed to the right of the boat (due to traffic) for image acquisition. The national reference system "Gauss Boaga", an orthophoto, and a 1:2000 2D CAD plan (Fig. 1) of Venice served as additional sources of information.

Before arrival on 9th of November 2010, the weather was a mainly unknown factor. Disregarding advice from the Venetians, who were struggling with high water, rain and fog, the project commenced as planned. Theoretically, a single day of data acquisition would have sufficed, but due to the bad weather, the canal was scanned and photographed on three days under varying conditions, however mainly without precipitation.

Description of the *RIEGL VMX-250*

The hardware of the VMX-250 consists of two *RIEGL VQ-250* 2D laser scanners, a camera system, an INS-GNSS-unit and an on-board computer fitted into a portable case. The INS-GNSS-unit comprises the electronics for real-time kinematic

(RTK) and three sensors: the sensor of the inertial navigation system (INS), a global satellite navigation system-receiver (GNSS) including antenna, and a wheel sensor (distance measuring indicator, DMI). This last sensor is deactivated when used on a boat. The modular camera system VMX-250-CS6 which is described in the next section is also part of the hardware.

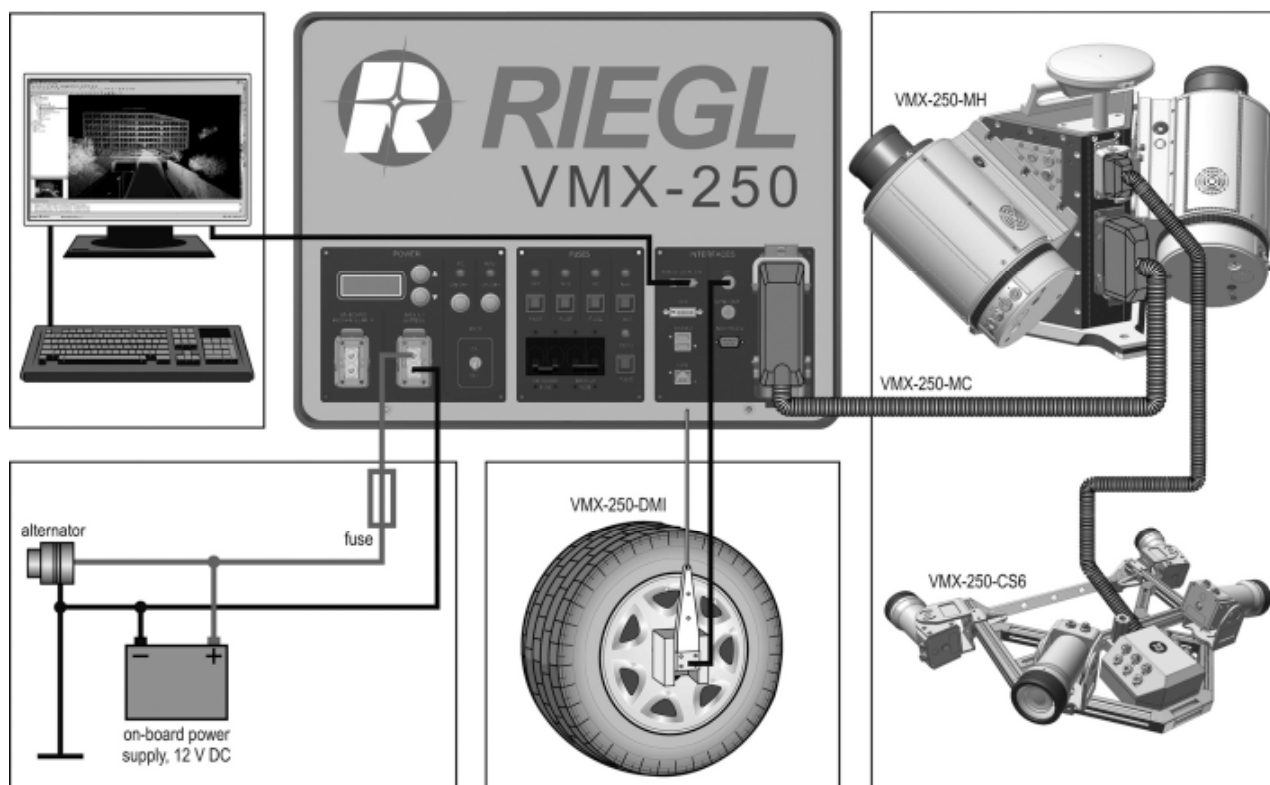


Fig. 3: Block diagram of the Mobile Laser Scanning system *RIEGL VMX-250* in combination with the modular camera system *VMX-250-CS6*. In Venice, the DMI sensor was deactivated for data acquisition by boat and only two cameras were used

The *RIEGL VQ-250* scanners and the INS-GNSS-unit are rigidly attached to a stable mounting platform which can, for example, be mounted on a boat. A single cable connects this measuring head to the control unit box. It is housed in a case and contains the power supply, a computer running the *RiACQUIRE* software package for data acquisition, removable hard drives, and a handy touch-screen providing a convenient control interface for the operator. During acquisition, both laser scanners are operated synchronously, thus taking 3D measurements at the double measurement rate of a single scanner. Key data of the system can be found in Table 1.

Description of the *RIEGL VMX-250-CS6*

The *VMX-250-CS6* camera system complements acquisition of laser scan data with the recording of high-resolution color images. Up to six individually selectable,

fully calibrated digital color cameras with electronic shutters can be integrated. Each of these industrial cameras is encased in a robust aluminum housing allowing reliable operation under adverse conditions. Image triggering can be parameterized individually for each camera either time-based or distance-based. When the picture is captured the camera sends a strobe signal which is precisely time-stamped by the electronics of the camera system. Camera control and image data recording is completely managed by the acquisition software embedding the pictures into the project structure together with the scan data. The accurately time-stamped images can be used to color the scan data, but are also the basis for photogrammetric processing. Additionally, it is possible to record FullHD videos with precise time information.



Fig. 4: Illustration of the camera positions and fields of view at the moment of their synchronous triggering. Light and dark gray cones represent the fields of view of camera 1 and 2 respectively. Scan data is displayed colored with the gray scaled relative reflectance [Rieger (2010)]

The cameras can be attached to the mounting frame and oriented individually to meet the requirements of the current application. A single cable connects the camera system to the VMX-250 measuring head. A robust mechanical connection between these two components guarantees a stable mounting of the camera system with respect to the laser scanners while maintaining the modularity and portability of the whole system at the same time. An additional PC embedded in the control unit is responsible for acquiring image data and storing it on three more hard disks. Although the camera system is designed for use with the cameras offered by *RIEGL*, models

from other manufacturers can be integrated, for example, digital single-lens reflex (DSLR) cameras, and infrared cameras or “360°” camera solutions.



Fig. 5: mobile laser scanning system RIEGL VMX-250 with the modular camera system VMX-250-CS6



Fig. 6: VMX-250 laser scanning system mounted on the workboat "Sante" while scanning the Grand Canal in Venice

Default camera model

The camera model used is based on a Cartesian coordinate system (CaMera Coordinate System, CMCS). The origin is coincident with that of an equivalent pin-hole camera. The x-axis of the right-handed coordinate system is aligned from left to right in the images, whereas the y-axis is aligned from top to bottom. Thus, the z-axis corresponds to the direction of camera's view.

The internal camera calibration describes the ideal pinhole camera represented by the focal length and the equivalent center of the pinhole projected orthogonally onto the chip surface. The x and y axes use separate focal lengths f_x and f_y which are normalized by the respective pixel spreads dx and dy , so that, for example, $f_{x,n} = f_x/dx$. The center of the image in relation to the CMCS is defined by the parameters C_x and C_y , given in pixel units. For lenses with negligible distortion, usually $C_x \sim N_x/2$ and $C_y \sim N_y/2$, whereas N_x and N_y are the pixel offsets in either direction. Deviations from this rule indicate a lens not centered to the sensor.

The lens distortion is modeled by at least two radial and two tangential coefficients: k_1 , k_2 and p_1 , p_2 respectively. In case the radial coefficients of higher order equal 0, the camera model is identical to the one described in OpenCV (<http://opencvlibrary.sourceforge.net/>).

Table 1: Mobile Laser Scanning System *RIEGL* VMX-250 Specifications

2 × <i>RIEGL</i> VQ-250 Laser Scanner	
Effective measurement rate	up to 2 × 300.000 measurements/sec.
Max. measurement range	500 m @ $\rho \geq 80\%$ & 100 kHz 75 m @ $\rho \geq 10\%$ & 600 kHz
Accuracy	10 mm
Precision	5 mm
Scanning rate (selectable)	up to 2 × 100 lines/sec.
Laser Class	1 (eyesafe)
Multi target capability	yes
Range-dependent reflectivity	yes
INS/GNSS properties (trajectory)	
Position (absolute)	typ. 20-50 mm
Position (relative)	typ. 10 mm
Roll, Pitch, Yaw	0.005°, 0.005°, 0.015°
Camera System	
Numbers of cameras	up to 6
Resolution	2 MPx FullHD / 5MPx ¹⁾
lens / FOV	5mm / 80° × 60° ²⁾

1) Higher resolutions on request. External cameras (e.g. reflex or IR cameras) from other manufacturers can be integrated.

2) 12mm lenses with a field of view of approx. 40° × 30° were used for the Grand Canal project.

Parameterization of the camera

The two 5-megapixel-cameras were mounted side by side for photos in portrait format, aiming to the right with a vertical overlap in the field of view. The 12mm lenses have a vertical field of view of approx. 40° and the overlap of approx. 10° resulted in an effective field of view of approx. 70° taking both cameras into account, which corresponds to a pixel pitch of 14mm at a target distance of 20 meters.

White balance was performed using a gray card. Exposure time was set to 8ms and gain to 8dB for acquisition. The cameras were triggered periodically every 1.5 seconds yielding generous overlap between two consecutive pictures.

Parameterization of the scanner

In order to be able to subsequently draw a 2D plan with 1:100 scale from the scan data, a point spacing of one centimeter should be aimed at. This results in

a point spacing of 0.1mm for printouts which can just be distinguished by the human eye.

The acquisition software RiACQUIRE calculates the optimal scan parameters. Speed and distance from the target have to be provided. At a speed of 5km/h and 20m from the target a horizontal point spacing of 2.3cm (ca. 2000 points/m²) per pass and scanner can be achieved.

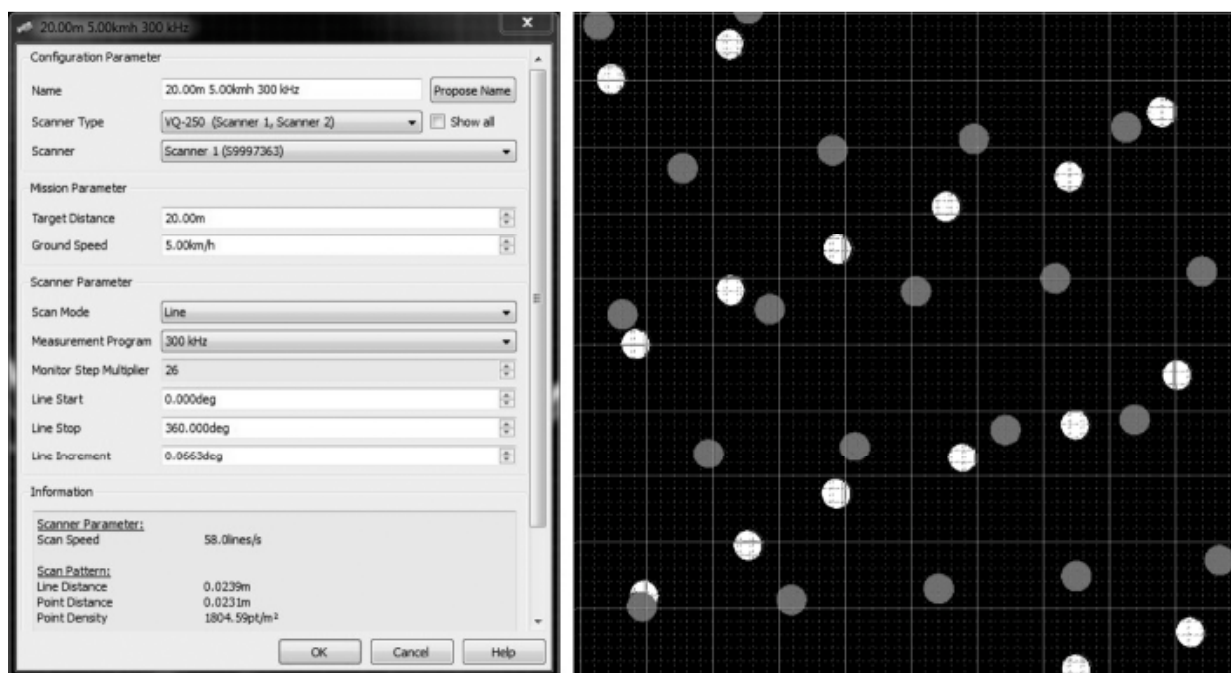


Fig. 7: left: scan parameters applied to a *RIEGL* VQ-250: 58 scan lines per second with an angular resolution of 0.0663° between laser shots, resulting in a point spacing of ca. 2.3cm per scanner and scan. Right: point pattern on the facade (dark gray = left scanner 1, white = right scanner 2), achieves 3,500 points per m² on the facade (1cm grid spacing)

To achieve the necessary point spacing for an "orthoscan" (orthogonal projection of a surface generated from a point cloud) at least three scan passes have to be overlaid. These passes have to be optimally aligned to each other. Ideally a point spacing of 10,000 points per square meter could be achieved in a single pass. However, this would require even higher measurement rates, lower travelling speeds, and less distance to the target, all of which was not possible in practice.

Before the actual surveying, the entire system had been initialized. For purpose it was necessary to perform a quick static alignment procedure and a few minutes of dynamic movements. As soon as the INS-GNSS had reached the required position accuracy, data acquisition began. In the meantime, the white balance of the cameras could be performed.

PROCESSING OF DATA

Even during data acquisition the project was divided into four sectors corresponding to the water sections between the main bridges of the Grand Canal. At the end of every day of acquisition scan and trajectory data were processed into a 3D point cloud using the software package for mobile and airborne applications RiPROCESS. Computing time equals the time necessary for data acquisition.

This way a first quality check could be carried out directly in the field and the scan parameters and camera settings could be verified. The focus of post-processing was on the section three between the Rialto and Scalzi bridges. For scan data adjustment, the records of all three days, containing passes both up and down the canal, were used. Before the actual adjustment, the yaw angle had to be optimized due the slow acquisition speed in conjunction with the lack of changes in direction within the “linear shape” of the water channel. For this purpose selected parts of planar surfaces in the scanned facades of section three were defined, so called “tie planes”. The automatic adjustment feature in RiPROCESS then provided yaw correction values for all scans in this section.

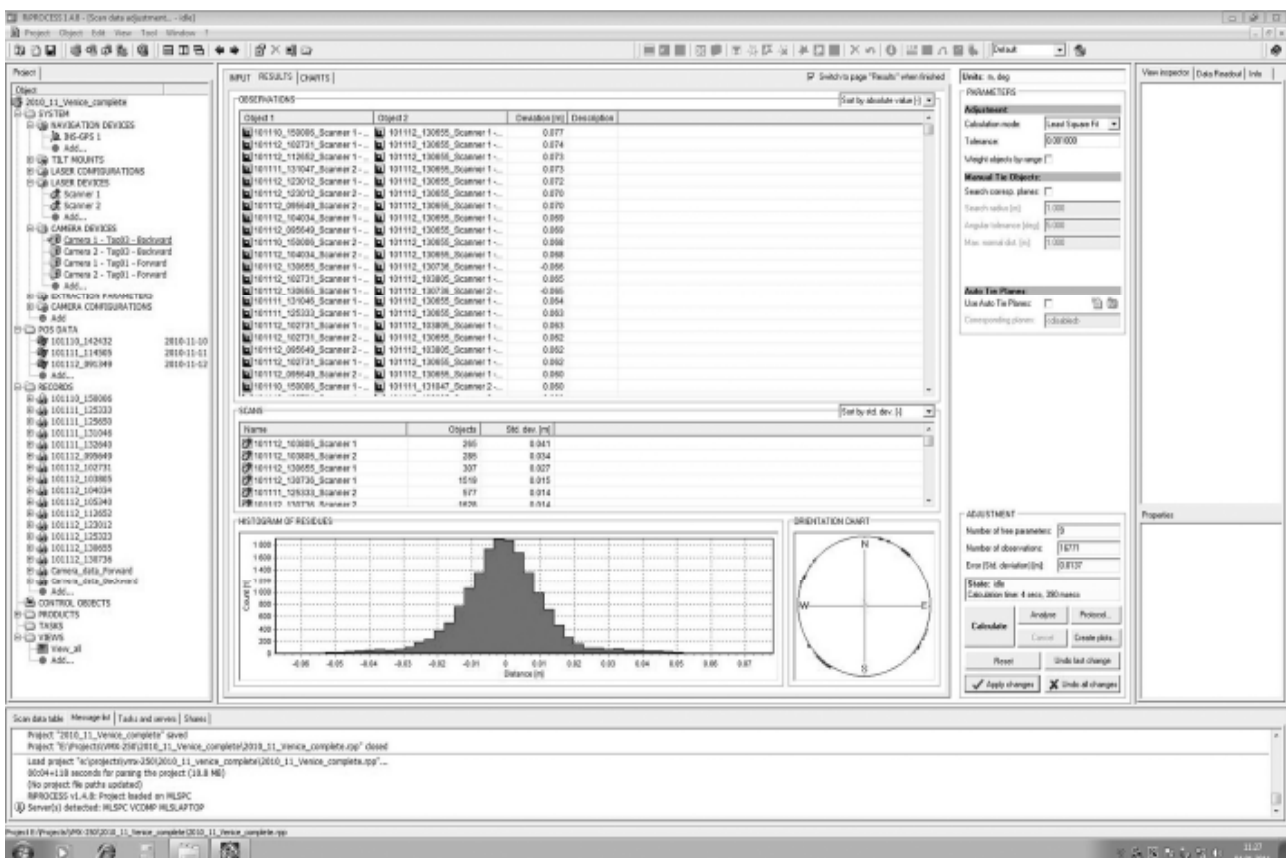


Fig. 8: Screenshot – SDA Analysis Day 1-2-3, section 3

In a second step the software automatically created a table of correction values for orientation, in particular the yaw angle and the positions in addition, which were applied to the trajectory at specific time stamps corresponding to the previously defined tie planes. Adjacent time stamps within a 1-second time window were merged to one single entry. This automated trajectory refinement procedure allows for optimal alignment of the eleven passes from all three days: The result of these adjustment steps shows a residual standard deviation of 0.0137m (Fig. 8) based on all 16,771 observations (95 tie planes).

After these steps of optimizations and the application of the improved trajectory to the point cloud, image data from both overlapping 5-megapixel cameras was subject to refinements. Only the images from the best pass up and down the canal were used. First, the white balance was optimized and then scan and image data were combined. RiPROCESS offers tools for both optimization steps.

By clicking corresponding points in the images and in the point cloud in RiPROCESS, the exact mounting of the cameras (external calibration) was easily determined. This made exact navigation and measuring in image and scan data possible. After another few clicks, the point cloud was colored from the image data and a photorealistic 3D visualization allowed a first breathtaking trip into the virtual world of the Grand Canal.

For further processing in the local Italian coordinate system (Monte Mario / Italy Zone 2), the project was transformed accordingly with the *RIEGL* GeoSysManager during export into the proven LAS format. Additionally, it is possible to check the accuracy using externally surveyed control points, which, however, were not yet available at the time of publication.

MODELING AND EVALUATION OF MEASUREMENT RESULTS

In cooperation with EKG Baukultur and PHOCAD, the registered photos and point clouds were assessed regarding their suitability for further processing. Based on the orthoscans of the facades of the palaces "Casa d'Oro" and "Casa Pesaro", EKG Baukultur GmbH (EKG 2011) drew exemplary 2D CAD plans. Using the "Phidias" software, PHOCAD created an orthophoto and a 3D CAD model based on the RiPROCESS project (Fig. 9-16).

Casa d'Oro

The Palazzo Casa d'Oro is probably the most familiar example of Gothic architecture along the Canal Grande. Constructed from 1421 onwards by order of the wealthy patrician Marino Contarini, it owes its name to the original gilding of the facade. The numerous subsequent owners performed significant building alterations, and the structure suffered considerably during the 19th century. In 1894 Baron Giorgio Franchetti bought the Casa d'Oro and had it reconstructed according to numerous watercolors, lithographs and engravings. He accumulated a large art collection which, together with the casa itself, became state property when he died. Today the Casa d'Oro is used as a museum (Venedig 2011).



Fig. 9: Photo (RIEGL)

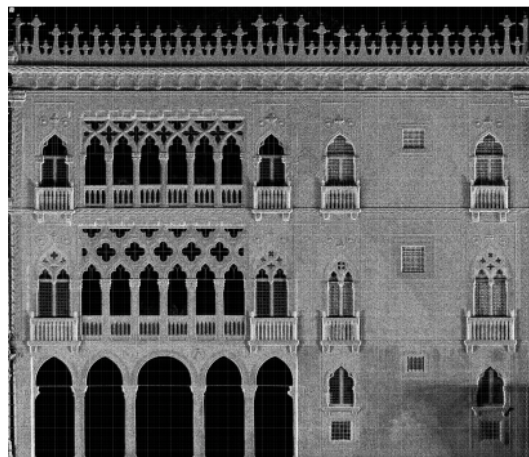


Fig. 10: "Orthoscan" orthogonal depiction of the point cloud (RIEGL RiPROCESS/RiSCANPRO)

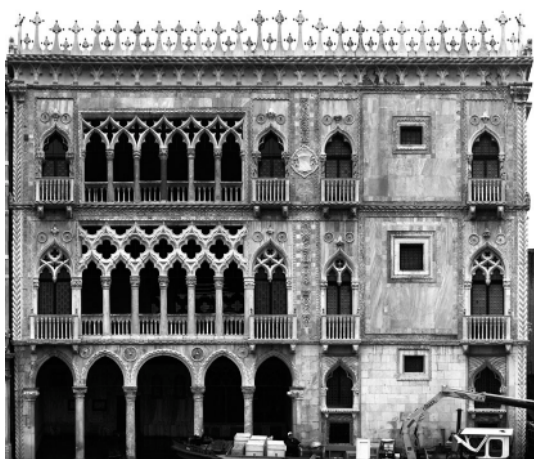


Fig. 11: Orthophoto (Phocad/Phidias)

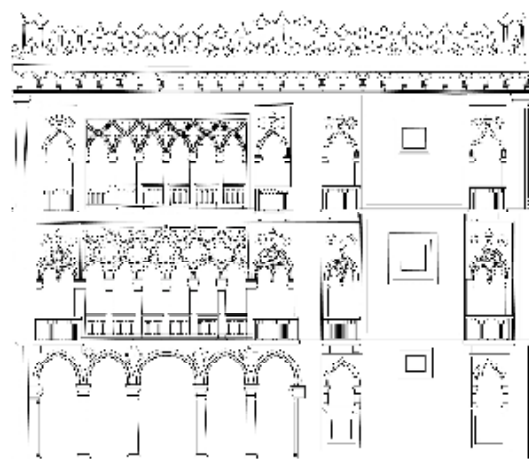


Fig. 12: 2D CAD drawing (EKG)

Casa Pesaro

Construction of the palazzo started in 1628 by combination and modification of some already existing buildings by order of the Pesaro family. The distinguished architect Baldassare Longhena started the project. After his death in 1682 it was finished by Gian Antonio Gasparia in 1710. The palazzo is a famous example of Baroque architecture with a sophisticated marble façade. Today the palace is state property and used as museum for modern art and hosts a famous collection of oriental art (Venedig 2011).

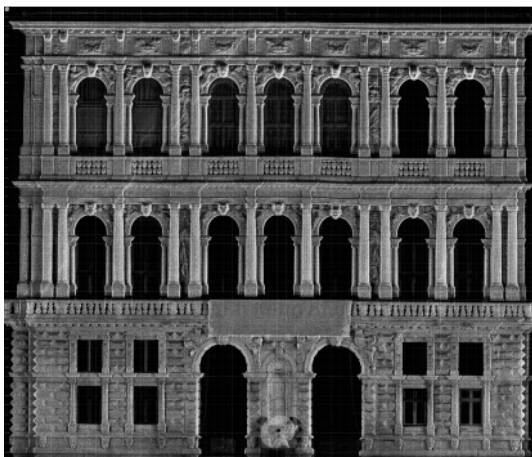


Fig. 13: "Orthoscan" orthogonal depiction of the point cloud (RIEGL RiPROCESS/RiSCANPRO)

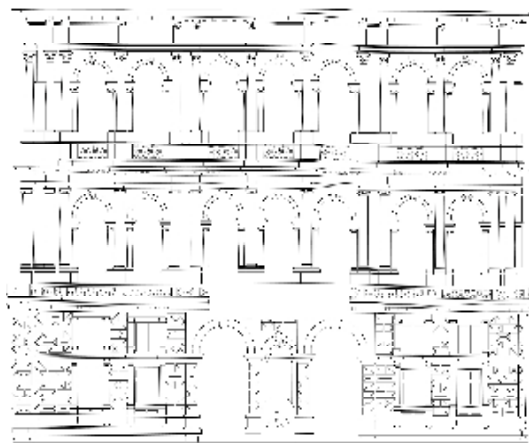


Fig. 14: 2D CAD drawing (EKG)

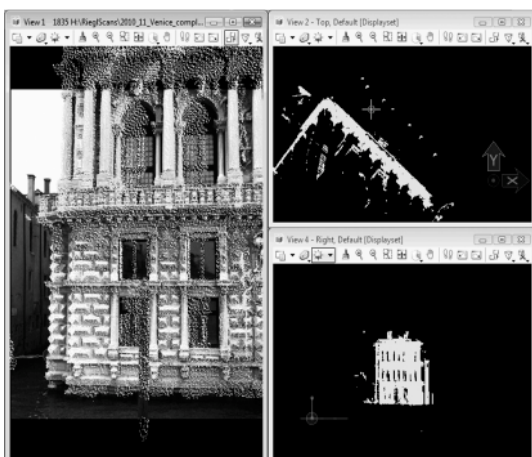


Fig. 15: Monoplotting (Phocad/Phidias)



Fig. 16: 3D CAD drawing (Phocad)

PERSPECTIVES

It has been demonstrated that the mobile scanning system *RIEGL VMX-250* is able to both scan and photograph the facades of the Grand Canal with high resolutions in a short time. The quality of the acquired data is more than sufficient for CAD drawings on a scale of 1:100.

Data acquisition	Time
Data acquisition	3 days + journey
Georeferencing of point cloud and images	approx. 1 man-week (depending on the degree of optimization)
creation of CAD plan	1 day per facade (2D), 2 days per facade (3D)

Further processing options:

- Even higher point resolutions will probably be possible soon through higher measurement and scan rates.
- Measurements of reflectance can provide additional information especially for moist facades.
- The high point density enables graphic representations of irregularities of the facade (for statistical purposes). Deformations, vertical declines, and other structural damage can be made clearly recognizable and visualized to scale.

REFERENCES

Studnicka N., Riegl J., Ullrich A. (2003): *Zusammenführung und Bearbeitung von Laser - Scandaten und hochauflösenden digitalen Bildern eines hybriden 3D Laser Sensor Systems*, Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik, Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2004, Wichmann Verlag

Ullrich A. and Reichert, R. (2005): *High resolution laser scanner with waveform digitization for subsequent full waveform analysis*, Proceedings SPIE Laser Radar Technology and Applications X, Orlando, Vol. 5791, 82-88

Rieger P., Studnicka N., Pfennigbauer M., Zach G., Ullrich A. (2010): *Mobiles Laser Scanning: Technologische Fortschritte bei der Datenakquisition*, Photogrammetrie Laserscanning Optische 3D-Messtechnik, Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2010, Wichmann Verlag

Riegl (2010): *RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Datenblatt RIEGL VMX-250, RiSCANPRO: www.riegl.com*

Venedig (2011) <http://venedig.jc-r.net/palazzi/>

University of Venice (2010): Università di Venezia, www.iuav.it/homepage/

Phocad (2010): PHOCAD Ingenieurgesellschaft Aachen, www.phocad.de

EKG (2011): EKG Baukultur GmbH Wien/Berlin, www.ekg-baukultur.com

BIOGRAPHICAL NOTES



Nikolaus Studnicka holds a degree on communications and radio-frequency engineering from Vienna University of Technology. Since 1995 he is working with *RIEGL* Laser Measurement Systems, presently as Business Development Manager International Sales. He is author of numerous publications related to terrestrial, mobile and airborne laser scanning, applications of laser scanning and photogrammetry.



Gerald Zach holds a master's degree and a PhD in electrical engineering from Vienna University of Technology and is author and co-author of more than 20 publications in journals and conference proceedings related to monolithically integrated time-of-flight sensors and mobile laser scanning technology. From 2004 to 2009, he was project assistant at the Institute of Electrodynamics, Microwave and Circuit Design, working on optoelectronic integrated circuits. Since 2010, he is with *RIEGL* Laser Measurement Systems as Product Manager, Mobile Laser Scanning.



Philipp Amon is working with *RIEGL* as sales assistant since 2010.



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

CONTACTS

Nikolaus Studnicka, nstudnicka@riegl.co.at
Gerald Zach, gzach@riegl.co.at
Philipp Amon, pamon@riegl.co.at
Martin Pfennigbauer, mpfennigbauer@riegl.co.at
RIEGL Laser Measurement Systems GmbH
Riedenburgerstraße 48, 3580 Horn, Austria
Tel. +43 2982 4211
Fax +43 2982 4210
www.riegl.com

Получено 15.08.2011

© N. Studnicka, G. Zach, Ph. Amon, M. Pfennigbauer, 2011

УДК 528.063.1

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕКТОРОВ СВЕРХДЛИННЫХ БАЗОВЫХ ЛИНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ

Алексей Алексеевич Струков

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант кафедры астрономии и гравиметрии СГГА, тел. (383)361-01-59, e-mail: sgalex@bk.ru

Исследование выполнено в рамках Федеральной целевой программы по реализации инфраструктуры ГЛОНАСС в Новосибирской области и касается проблемы, возникающей при получении координат пунктов в геоцентрической системе координат. Описан эксперимент по обработке сверхдлинных базовых линий (длиной более 1 500 км) с использованием коммерческого программного обеспечения. Приведены результаты анализа обработанных базовых линий методами математической статистики.

Ключевые слова: ITRF, IGS, ковариационный эллипсоид, статистический анализ, целевая программа.

ACCURACY ANALYSIS OF VECTOR SUPER LONG BASELINES BY THE RESULTS OF GPS-MEASUREMENTS

Alexey A. Strukov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., a post-graduate student, department of astronomy and gravimetry SSGA, tel. (383)361-01-59, e-mail: sgalex@bk.ru

The research described in this article was carried out under the Federal Target Program for GLONASS infrastructure realization in the Novosibirsk area. It concerns the problem, arising while determining obtaining the coordinates of points in geocentric coordinate system. The paper describes the experiment on processing super long baselines (longer than 1500 km) using commercial software. The analysis of the baseline processed by the methods of mathematical statistics in this software has been conducted.

Key words: ITRF, IGS, the covariance ellipsoid, statistical analysis, the Target Program.

В настоящее время в спутниковой геодезии актуальным является вопрос точности определения координат наземных пунктов относительно центра масс Земли. В этой статье описан эксперимент по определению координат наземного пункта в общеземной системе координат (ОЗСК), реализуемой пунктами Международной ГНСС-службы (IGS). Сейчас Международная земная координатная основа ITRF является наиболее точной реализацией ОЗСК.

Определяемый пункт является исходным пунктом сети активных базовых станций (АБС), установленных в рамках Федеральной целевой программы реализации инфраструктуры ГЛОНАСС в Новосибирской области. При определении координат пункта от постоянно действующих станций IGS, образующих ITRF, его погрешность будет составлять примерно 6 мм [1].

Одним из условий качественной обработки базовых линий является задание геоцентрических координат начала вектора базовой линии. Это позволяет получить координаты конца вектора с минимальной ошибкой, зависящей от условий съемки. На территории нашей страны в состав ITRF входят некоторые пункты Фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС). В статье [2] рассматриваются следующие доступные средства для получения геоцентрических координат начальной позиции вектора базовой линии:

- навигационная точность геодезической аппаратуры (~ 3–15 м), которой явно недостаточно;
- пересчет из референцной системы координат 1995 г. (СК-95) в WGS-84, также не обеспечивающий достаточную точность из-за погрешности параметров трансформирования между референцной и ОЗСК (~ 10–50 см);
- использование геоцентрических координат пунктов высокоточной геодезической сети (ВГС) и спутниковой геодезической сети 1-го класса (СГС-1), являющееся трудоемким процессом: необходимо выполнить продолжительные сеансы спутниковых наблюдений (около 5 суток) на пунктах ВГС и СГС-1, а также обратиться в службу Госгеонадзора для получения необходимых координат пунктов, на которых выполнялись наблюдения.

Таким образом, наиболее быстрый и экономически выгодный путь – это использование координат пунктов IGS. Измерительные данные станций IGS вместе с их координатами на заданную эпоху доступны в сети Интернет. Для территории Сибирского региона Российской Федерации проблема заключается в больших расстояниях между пунктами – более 2 тыс. км. В статье [2] рассматривались возможности специализированных научных программ на примере программного обеспечения BERNESE, разработанного Астрономическим институтом Бернского университета. В данной статье рассматриваются возможности, которые существуют в коммерческих программных комплексах, поставляемых вместе со спутниковой аппаратурой. Для этого использовалась одна из самых распространенных программ – Trimble Geomatics Office (TGO) производства компании Trimble Navigation. Как известно, эта программа не предназначена для обработки сверхдлинных базовых линий. Тем не менее, проверка ее возможностей и анализ точности полученных результатов представляет интерес для исследований в области обработки сверхдлинных базовых линий и определения геоцентрических координат наземных пунктов.

Исходными данными для проведения эксперимента являлись координаты пунктов в каталоге ITRF2005 на эпоху 1 января 2007 г., которые затем были пересчитаны на эпоху наблюдений 14 января 2008 г. ($t = 2008.0369$). Для проведения эксперимента в геодезическую сеть были включены следующие постоянно действующие опорные станции IGS: Норильск (NRIL), Иркутск (IRKJ), Арти (ARTU), Урумчи (URUM) и Бишкек (POL2). Выбор этих станций обусловлен геометрией расположения, близостью к определяемому пункту NSKW в Новосибирске, качеством измерений и стабильностью работы станций. Схема сети опорных и определяемого пунктов приведена на рис. 1.

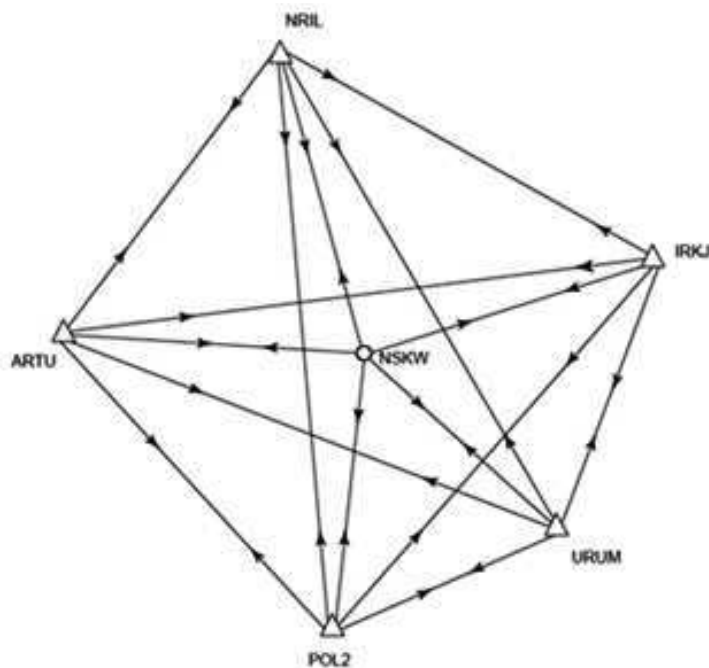


Рис. 1. Схема сети, содержащей пять опорных пунктов и один определяемый:

- \triangle – постояннодействующие станции IGS;
- \circ – определяемый пункт (исходный пункт сети АБС Новосибирской области);
- \longrightarrow – вектор базовой линии

Следует отметить, что базовая станция в Новосибирске не была включена в исследование, так как не имела ранее опубликованных координат в каталоге ITRF. Здесь она рассматривается как пример практического получения координат пункта NSKW относительно координатной основы ITRF.

Эксперимент содержал следующие этапы:

- сбор исходной информации;
- определение координат векторов из обработки сверхдлинных базовых линий по GPS-измерениям с помощью TGO;
- сравнение измеренных базовых линий с «физическим эталоном» (роль которого выполняли пункты и каталог IGS) и вычисление ковариационного эллипсоида;
- сравнение измеренных базовых линий с «теоретическим эталоном» (роль которого выполняли замкнутые векторные фигуры) и вычисление ковариационного эллипсоида;
- обработка сверхдлинных базовых линий в TGO и вычисление ковариационного эллипсоида;
- анализ точности результатов.

На первом этапе в качестве исходной информации использовались измерительные данные за период с 1 по 28 января 2008 г. на сайте Информационной

системы данных о динамике земной коры (CDDIS) [8]. Эти данные включали в себя суточные файлы наблюдений станций IGS в формате RINEX, файлы точных эфемерид за аналогичный период времени. Также на сайте IGS были взяты данные о станциях, входящих в каталог ITRF [8, 10]. Там можно найти координаты пунктов IGS в различных реализациях каталога ITRF. Для нашего эксперимента был выбран каталог ITRF2005. Полученные координаты пересчитывались на середину выбранной эпохи наблюдений $t = 2008.0369$ с использованием скоростей движения литосферных плит.

Информация об особенностях расположения станций, типе аппаратуры, типе измерения высоты антенны предоставляется также на сайте IGS [10].

Второй этап – это непосредственно обработка наблюдений в TGO. Разработчики этого программного обеспечения устанавливают определенные критерии получения качественного решения при обработке наблюдений. В своем исследовании мы придерживались установленных по умолчанию допусков и критериев [7].

В обработке участвовали только независимые базовые линии. Пример выбора независимых базовых линий в одном суточном сеансе представлен на рис. 2, где станция ARTU с известными координатами из каталога ITRF2005 выбрана как пункт наивысшего качества (Control Quality). Соответственно, координаты конца вектора получались сравнимые с качеством этого контрольного пункта. В следующий суточный сеанс фиксировались каталожные координаты следующего пункта, который принимался как точка Control Quality. Выходными данными для дальнейшего анализа являлись на этом этапе координаты и апостериорные ковариационные матрицы векторов базовых линий из отчета по обработке в TGO.

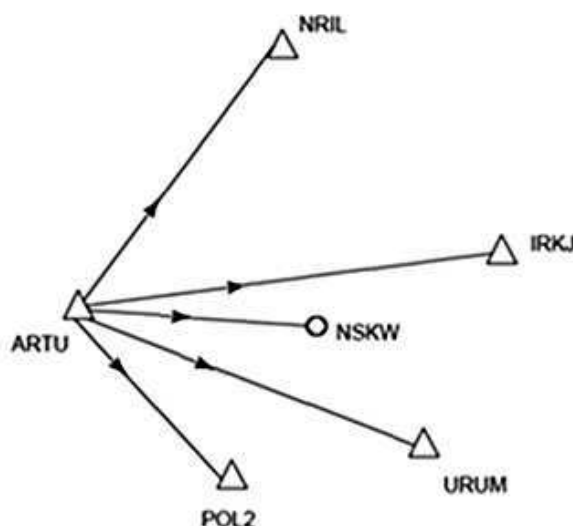


Рис. 2. Схема выбора независимых GPS-векторов базовых линий в одном суточном сеансе

На следующем этапе компоненты векторов базовых линий ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$), образованные разностью каталожных координат станций IGS, сравнивались с полученными компонентами координат из обработки в TGO. Координаты пунктов сети IGS из каталога ITRF2005, пересчитанные на эпоху $t = 2008.0369$, в дальнейшем будем называть «физическим эталоном». Для сравнения измеренных и каталожных сверхдлинных базовых линий использовались следующие формулы:

$$\Delta R_{ij} = R_i - R_j = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}; \quad \Delta R'_{ij} = \begin{bmatrix} \Delta X' \\ \Delta Y' \\ \Delta Z' \end{bmatrix}; \quad \delta R_{ij} = \Delta R_{ij} - \Delta R'_{ij}, \quad (1)$$

где R_i, R_j – векторы координат пунктов сети IGS из каталога ITRF2005;

ΔR_{ij} – вектор базовой линии, даваемый «физическим эталоном»;

$\Delta R'_{ij}$ – базовая линия, полученная по GPS-измерениям после обработки с помощью TGO;

δR_{ij} – разность координат базовых линий «физического эталона» и TGO.

Статистический анализ отклонений измеренных базовых линий от эталонных включал в себя следующие вычисления.

Оценивание систематической погрешности

$$\alpha(\delta R_{ij}) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (\delta R_{ij})_k, \quad n = 10, \quad (2)$$

где n – общее число измеренных векторов базовых линий между двумя любыми пунктами.

Результаты вычислений показали наибольшие систематические отклонения от «физического эталона» на самой длинной линии между пунктами ARTU и IRKJ $\alpha(\delta X) = 1,3$ см, $\alpha(\delta Y) = 6,3$ см, $\alpha(\delta Z) = 7,1$ см.

Оценивание случайных погрешностей измеренных векторов базовых линий выполнялось путем вычисления эмпирической ковариационной матрицы

$$K_{\delta R_{ij}} = \begin{bmatrix} D_{XX} & C_{XY} & C_{XZ} \\ C_{XY} & D_{YY} & C_{YZ} \\ C_{XY} & C_{YZ} & D_{ZZ} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где диагональные элементы матрицы – эмпирические дисперсии D (квадраты стандартных отклонений), а недиагональные элементы матрицы – эмпирические ковариации.

Результатом вычислений на данном этапе являлся ковариационный эллипсоид. Он был получен путем сингулярного разложения ковариационной матрицы

$$K_{\delta R_{ij}} = W \Sigma W^T, \quad (4)$$

где W – ортогональная матрица, столбцами которой являются сингулярные векторы;

$\Sigma = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$ – диагональная матрица упорядоченных по величине сингулярных чисел.

Извлекая квадратный корень из сингулярных чисел, получим полуоси ковариационного эллипсоида в ОЗСК (рис. 3). Если сингулярные числа в матрице Σ упорядочены по убыванию, то $\sqrt{\sigma_1} = a_{max}$ – наибольшая полуось эллипсоида, а $\sqrt{\sigma_3} = c_{min}$ – наименьшая полуось эллипсоида. Соответствующие сингулярным числам сингулярные векторы w_1, w_2, w_3 задают ориентировку осей ковариационного эллипсоида относительно ОЗСК.

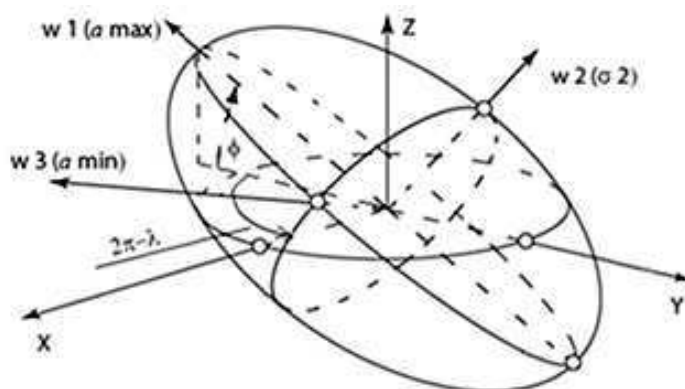


Рис. 3. Ковариационный эллипсоид

На рис. 3 приведена общая схема ковариационного эллипсоида и его ориентировка в географических координатах (долгота λ и широта φ).

На рис. 3: w_1, w_2, w_3 – полуоси эллипсоида, соответствующие квадратному корню из сингулярных чисел $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$; X, Y, Z – оси прямоугольной ОЗСК.

Направление большой полуоси этого эллипсоида, т. е. направление наибольшей вытянутости эллипсоида в географических координатах (λ, φ) определялось по формулам:

$$\lambda = \text{arctg} \left(\frac{w_{21}}{w_{11}} \right), \quad \lambda \in [0; 2\pi); \quad \varphi = \text{arctg} \left(\frac{w_{33}}{\sqrt{w_{11}^2 + w_{22}^2}} \right), \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2} \right]. \quad (5)$$

Положение наибольшей вытянутости определяется по первому сингулярному вектору w_1 , а наибольшей сплюснутости – по третьему сингулярному вектору w_3 матрицы W .

На четвертом этапе выполнялось сравнение измеренных сверхдлинных базовых линий с «теоретическим эталоном». В статье [3] было рассмотрено опре-

деление корреляционных моментов по невязкам фигур в геодезических GPS-построениях для дальнейшего распределения весов измерений при уравнивании. В нашей же статье оценка точности GPS-измерений приводилась путем вычисления эмпирических ковариационных эллипсоидов, полученных по невязкам в замкнутых фигурах.

Невязки обрабатывались так же, как и на третьем этапе, и преобразовывались в ковариационную матрицу. Затем выполнялось сингулярное разложение полученной ковариационной матрицы и строился ковариационный эллипсоид. Также как и на первом этапе было определено направление наибольшей вытянутости эллипсоида в географических координатах.

На пятом этапе ковариационный эллипсоид строился путем разложения эмпирической ковариационной матрицы, которая была получена из осредненных значений ковариационных матриц для каждой базовой линии, вычисленной с помощью модуля обработки базовых линий TGO. Направление наибольшей вытянутости этого эллипсоида также было определено в географических координатах.

Итоги вычислений представлены в табл. 1 и 2 с данными о размерах и ориентировке осей трех видов эллипсоидов в географических координатах.

Таблица 1

Размеры a_{\max} и ориентировка λ , φ больших и малых полуосей ковариационных эллипсоидов в географических координатах

Базовая линия	Сравнение базовых линий с «физическим эталоном»						Обработка базовых линий в TGO					
	Большая полуось			Малая полуось			Большая полуось			Малая полуось		
	φ° σ_{\max}	λ° σ_{\max}	a_{\max} , ММ	φ° σ_{\min}	λ° σ_{\min}	a_{\min} , ММ	φ° σ_{\max}	λ° σ_{\max}	a_{\max} , ММ	φ° σ_{\min}	λ° σ_{\min}	a_{\min} , ММ
ARTU-IRKJ	55	102	44	6	184	14	54	83	4	34	246	0,5
ARTU-NRIL	86	87	49	0	179	5	66	74	3	15	127	0,3
ARTU-URUM	46	123	18	29	248	7	50	76	3	29	207	0,5
ARTU-POL2	75	58	31	5	168	6	50	67	2	19	182	0,3
NRIL-URUM	34	89	27	3	176	3	60	89	4	1	178	0,4
NRIL-POL2	48	120	26	31	168	7	60	82	4	5	163	0,5
IRKJ-NRIL	89	96	81	0	181	6	64	98	3	8	205	0,3
IRKJ-URUM	87	90	88	0	180	5	47	94	3	30	146	0,4
IRKJ-POL2	88	96	73	0	180	10	47	87	3	37	124	0,4
URUM-POL2	3	90	27	2	180	7	43	81	2	47	275	0,3
Среднее	61	95	46	8	184	7	54	83	3	23	185	0,4
Разброс (СКП)	29	18	26	12	23	3	8	9	1	15	49	0,1

Таблица 2

Размеры и ориентировка больших и малых полуосей ковариационных эллипсоидов, полученных по невязкам замкнутых фигур в географических координатах

Сравнение базовых линий с «теоретическим эталоном»						
Замкнутая фигура	Большая полуось			Малая полуось		
	φ° σ_{\max}	λ° σ_{\max}	a_{\max} , ММ	φ° σ_{\min}	λ° σ_{\min}	a_{\min} , ММ
ARTU : NRIL : IRKJ : ARTU	61	102	47	27	259	11
NRIL : IRKJ : URUM : NRIL	80	112	40	5	174	7
IRKJ : URUM : POL2 : IRKJ	42	62	70	47	231	6
URUM : POL2 : ARTU : URUM	13	117	25	28	214	9
POL2 : ARTU : NRIL : POL2	52	98	49	35	127	5
POL2 : NRIL : URUM : POL2	18	69	49	41	143	11
ARTU : IRKJ : POL2 : ARTU	42	126	24	48	295	10
NRIL : URUM : ARTU : NRIL	36	66	61	14	166	10
IRKJ : POL2 : NRIL : IRKJ	45	90	35	20	159	3
URUM : ARTU : IRKJ : URUM	58	62	80	29	213	4
Среднее	45	90	48	29	198	9
Разброс (СКП)	20	24	18	14	54	3

Выводы.

1. Средние значения больших полуосей (a_{\max}) ковариационных эллипсоидов, полученных из сравнения измеренных базовых линий с «физическим» (см. табл. 2) и «теоретическим» (см. табл. 3) эталонами составили значения 46 и 48 мм соответственно. Практическое совпадение их свидетельствует о достоверности так называемой внешней оценки точности определения координат векторов сверхдлинных базовых линий. Среднее значение большой полуоси из обработки в ПО TGO составило 3 мм. Это на порядок (примерно в 16 раз) меньше, чем значения больших полуосей, полученных из сравнения с «физическим» и «теоретическим» эталонами. Этим подтверждается известный из опыта факт завышенной оценки точности результатов обработки векторов базовых линий, получаемой в коммерческих программных продуктах. На завышенную оценку точности также было обращено внимание в статье [4].

2. Осредненные направления наибольшей вытянутости ковариационных эллипсоидов, полученные из сравнения с «физическим эталоном» ($\varphi_{cp}^{физ} = 61 \pm 29^\circ$, $\lambda_{cp}^{физ} = 95 \pm 18^\circ$, см. табл. 1) и «теоретическим эталоном» ($\varphi_{cp}^{теор} = 45 \pm 20^\circ$, $\lambda_{cp}^{теор} = 90 \pm 24^\circ$, см. табл. 2), а также из обработки в ПО TGO ($\varphi_{cp}^{TGO} = 54 \pm 8^\circ$, $\lambda_{cp}^{TGO} = 83 \pm 9^\circ$, см. табл. 1), в пределах оценки возможного раз-

броса практически совпадают. Они соответствуют примерно средней широте и средней долготе пунктов геодезической сети (см. рис. 1).

3. Приведенные эксперименты показали, что измерения и обработка сверхдлинных базовых линий с помощью коммерческого программного обеспечения TGO дают результаты с погрешностью около 5 см. Следовательно, можно ожидать, что после выполнения уравнивания координаты пунктов будут получены с погрешностью не хуже, чем после обработки. Эксперимент показал, что с помощью современного коммерческого ПО возможно сравнительно быстро определять геоцентрические координаты векторов базовых линий в координатной системе ITRS со средней квадратической погрешностью около 5 см.

4. Следовательно, можно ожидать, что привязка наземных пунктов к удаленным на тысячи километров исходным пунктам IGS с помощью спутниковой аппаратуры и коммерческого программного обеспечения позволит получить геоцентрические координаты в ОЗСК примерно с такой же пятисантиметровой погрешностью.

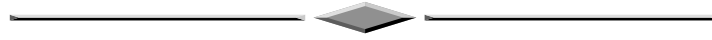
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по Всемирной геодезической системе – 1984 (WGS-84): Международная организация гражданской авиации. – Канада, Монреаль, 2002.
2. Юзефович П.Ю. Координаты WGS-84: как их получить // Новости аэронавигации. – 2004. – № 6(38) [Электронный ресурс]. – http://www.geodinamika.ru/_userfiles/files/Publications/coordinates_wgs_84.pdf.
3. Ярмоленко А.С., Шошина Е.Ю. Определение коэффициента корреляции приращений координат, измеренных GPS-методом // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 2. – С. 15–23.
4. К вопросу оценки точности спутниковых определений, выполняемых на геодинамических полигонах / Л.И. Серебрякова, В.П. Горобец, Л.Ю. Козлова, Р.А. Сермягин // Геодезия и картография. – 2006. – № 6. – С. 34–39.
5. 1996 IERS Annual report – Paris: Central Bureau of IERS – Observatoire de Paris, July 1997.
6. Trimble Geomatics Office: руководство пользователя программного обеспечения, т. 1, т. 2. Trimble Navigation Limited, октябрь 2001 г.
7. Trimble Geomatics Office. Wave Baseline Processing. Руководство пользователя. Trimble Navigation Limited, октябрь 2001 г.
8. Информационная система данных о динамике земной коры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/>.
9. Информация о станциях сети Международной ГНСС службы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/station/log/>.
10. Информация о типах антеннах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <ftp://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/station/general/antenna.gra>.
11. Информация о Международной земной координатной основе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://itrf.ensg.ign.fr/>.

Получено 02.06.2011

© А.А. Струков, 2011

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ И ФОТОГРАММЕТРИЯ



УДК 528.71

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ЦИФРОВОЙ СЪЕМКИ КАМЕРАМИ ULTRACAM ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЗЕМЛИ

Александр Вигерт

Vexcel Imaging GmbH, 8010, Австрия, г. Грац, e-mail: alwieche, michgrub}@microsoft.com

Михель Грубер

Vexcel Imaging GmbH, 8010, Австрия, г. Грац, e-mail: alwieche, michgrub}@microsoft.com

В статье представлены BING карты, которые с 2005 года создаются компанией Microsoft, описываются история и технологии их создания, а также недавно разработанный проект Global Ortho. Дается описание цифровой аэрофотокамеры UltraCamG. Эта камера была специально разработана Vexcel Imaging для Microsoft с целью картографирования в масштабах всей страны и выполнения проекта Global Ortho.

Ключевые слова: BING карты, Global Ortho, UltraCam, UltraMap, цифровая камера, аэрофотокамера, дистанционное зондирование, цифровая фотограмметрия.

APPLICATION OF ULTRACAM SURVEYING DATA FOR THE EARTH DIGITAL MODEL DEVELOPMENT

Alexander Wiechert

Vexcel Imaging GmbH, 8010, Austria, Graz, e-mail: alwieche, michgrub}@microsoft.com

Michael Gruber

Vexcel Imaging GmbH, 8010, Austria, Graz, e-mail: alwieche, michgrub}@microsoft.com

This paper describes the BING maps project carried out since 2005 by Microsoft. The history is described as well as the underlying technology and the most recent Global Ortho project. Also the digital aerial frame camera UltraCamG is described. This camera has been developed specifically by Vexcel Imaging for Microsoft for nation-wide mapping to carry out the Global Ortho project.

Key words: BING maps, Global Ortho, UltraCam, UltraMap, digital camera, aerial camera, remote sensing, digital photogrammetry.

INTRODUCTION

In the last years, global player such as Yahoo, Microsoft or Google entered into the mapping community and invest heavily into the development of internet based

mapping services for consumer and business. Certain dataset are used such as street maps, images and other databases to enable services such as street view, aerial view, and search for driving or walking directions, display of traffic information or search for people, business and locations. Also the platforms offer interfaces such as AJAX or Silverlight which enable the user to build own applications and business on top of the platform by using data and features from the platform. Prominent examples of commercial applications are the use of these internet mapping services by real estate companies or for tourism or for location based advertising.

VIRTUAL EARTH

The processor of BING maps was called Virtual Earth. This project has been launched by Bill Gates during his speech in London at his 50th birthday. The vision Bill shared was impressive: to map 3000 cities in five years with a fully automated workflow and a cost reduction of 90% over current existing methodologies.

To enable this vision, in 2006 Microsoft purchased Vexcel Imaging GmbH, Austria, a leading manufacturer of digital aerial frame cameras. Since then, Vexcel Imaging became a research and development center for BING maps in addition to its commercial aerial camera business. Vexcel Imaging has developed impressive software which allowed Microsoft to process 3D city models in a highly automated workflow. The underlying methodology is based on multi-ray photogrammetry.



Figure 1: Multi-ray photogrammetry is the underlying methodology for Microsoft 3D city model generation. Specific flight pattern ensures redundancy and avoids occlusions

UltraCam images are the sole source for the determination of the vectorized 3D city model. Important for the automated processing are some key image parameters such as redundancy, geometric accuracy and radiometric dynamic. Redundancy has been achieved by a specific flight pattern with 80% forward and 60% sidelap. Due to the leading geometric accuracy and radiometric dynamic of the UltraCam images, it was possible to process surface models (DSM) and terrain models (DTM) in a fully automated workflow. The DSM has been generated by a dense matching of highly overlapping UltraCam images. That leads to very dense and accurate surface models, around 10 to 20 times denser than a typical achieved by airborne Lidar sensor systems.



Figure 2: Highly overlapping UltraCam images (left) with 10cm ground sample distance and high resolution DSM (right), processed by dense matching from the images. Point density of the DSM is around 50 points per square meter, accuracy is better 10 cm.

This DSM is then classified and then filtered automatically into a DTM by using the “knowledge” achieved by the classification.



Figure 3: UltraCam image (left) and classification map (right), derived automatically from the image.

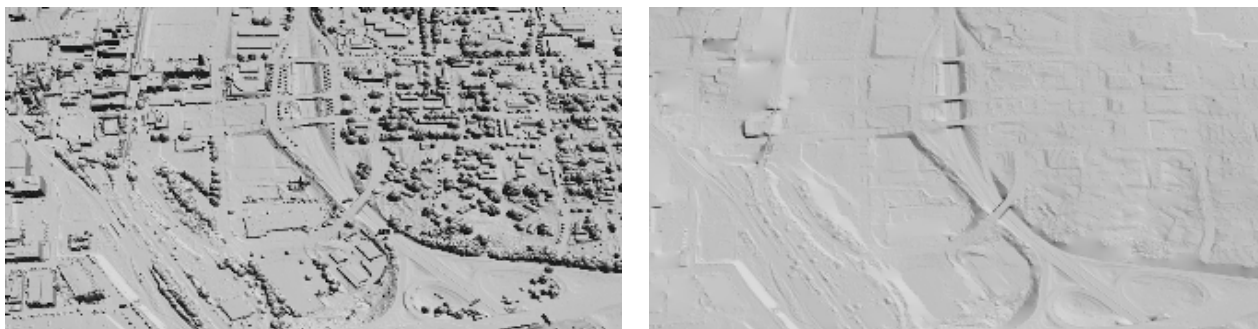


Figure 4: The DSM (left) which has been generated by a dense matchign of the images is filtered into a DTM (right) by a specific algorithm. The classification map is used during the filter process.

The images, DSM, DTM and classification map are then used to extract a vectored roof polygons of buildings. Then the roof polygon is extruded to the bare earth (represented by the DTM) and leads to a vector description of the building. That building now is available as a vector object, can be textured and attributed and used in the global scene as a building object.



Figure 5: Automatically extracted roof polygon (left), extruded and textured vector building (middle) and global scene with the vectored 3D building model.

The results achieved by this workflow have been impressive in quality, speed and automatization. On the internet, the 3D models enabled rich user experience and have been used in a wide range of applications.



Figure 6: Examples of 3D city models in Virtual Earth, generated by the automated workflow based on multi-ray photogrammetry and UltraCam aerial images.

However, that virtual reality still looks virtual to the end user and more artificial compared to a picture of the real world. Based on the feedback from the user, Microsoft changed the design of the platform.

BING maps (<http://maps.bing.com>)

The platform BING maps integrates several data sets, including vector maps, satellite images, aerial nadir images, aerial oblique images and the virtual reality 3D layer.

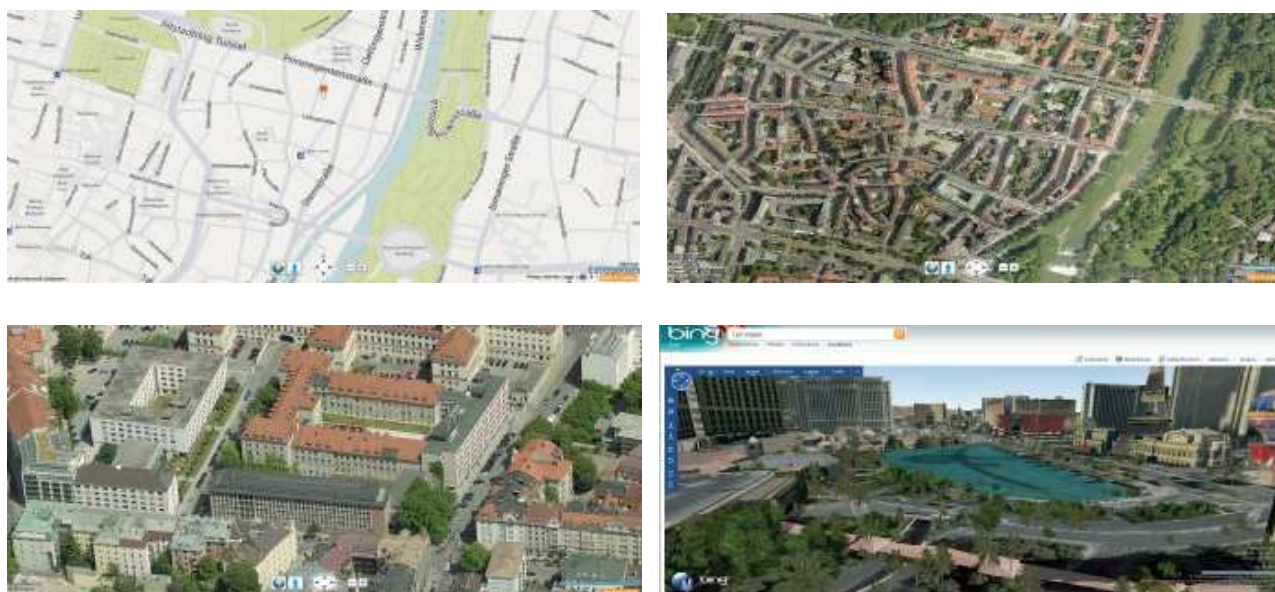


Figure 7: BING maps data sources, such as vector maps (upper left, aerial nadir images (upper right), aerial oblique images (lower left) and virtual reality 3D layer (lower right)

With the growing availability of the oblique images and the very positive feedback on the aerial oblique images, the virtual reality 3D layer has been deactivated in 2010 and replaced by an image based synth view of oblique images.



Figure 8: Virtual reality 3D layer (left) versus oblique image based 3D look and feel (right)

This gives an impressive look and feel based on real images, significantly less artificial than the virtual reality 3D layer. Also, the image based representation allows a smooth transition to the street side level. However, even if this approach sounds purely image based, there is still photogrammetry working the background. To allow a smooth transition (moves, rotations, zooms), knowledge of the underlying 3D structure is required, however in a less detailed representation compared to the virtual reality 3D layer. So, there is still a native 3D structure behind the images. This 3D block structure is derived out of the aerial UltraCam images by the process which has been discussed in the previous chapter.

GLOBAL ORTHO

A big challenge of a world-wide mapping project is the consistency and age of data. Even in well developed areas, there is inconsistency in quality, resolution and age of images.



Figure 9: Marin, Illinois, USA - an example of inconsistent color, resolution and age.

To address this, Microsoft has launched in co-operation with DigitalGlobe a project called Global Ortho. Within 24 months, the whole of USA and Western Europe will be captured by aerial images with a 30cm resolution (15cm in some urban areas).

The coverage of the Global Ortho project is 8.1 million square kilometers in the USA and additional 2,4 million square kilometer in Western Europe. These areas will be mapped by a set of specific cameras called UltraCamG, operated by selected flyers for Microsoft.

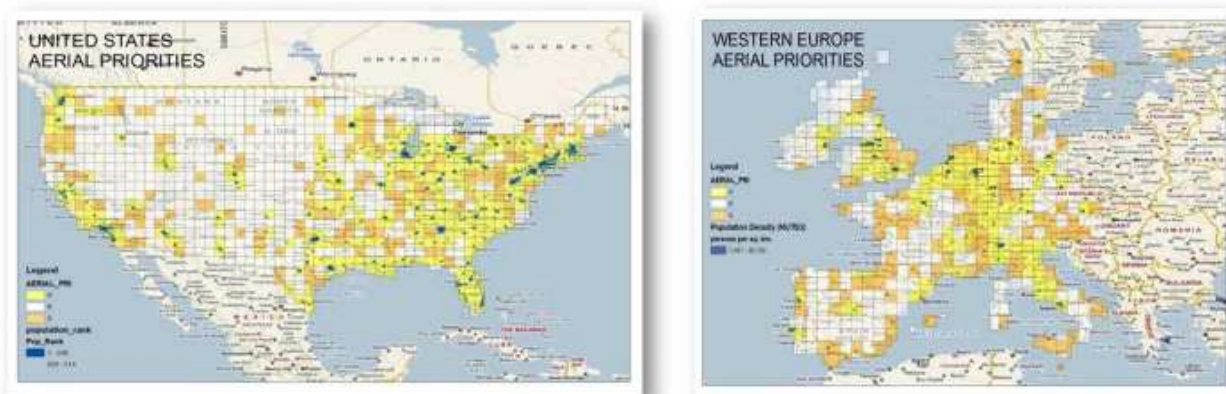


Figure 10: Global Ortho coverage. USA (left) and Europe (right). Color represent priorities, ranging from urban orange) to country side (white).

ULTRACAM

UltraCam is a leading aerial camera series with more than 205 cameras sold world-wide, developed by Vexcel Imaging GmbH, Austria, for the commercial remote sensing market. The cameras are designed to serve photogrammetric applications with typical image resolutions ranging from 50cm to 2.5cm. The camera series has some outstanding features such as the syntopic exposure which leads to parlay free images, superior monolithic image geometry achieved by monolithic stitching, superior image radiometry of 7600 grey values, achieved by monolithic radiometry and a highly automated, very fast 16 bit image processing workflow with automated features such as distributed processing, project based color balancing and embedded aerotriangulation.



Figure 11: UltraCam camera series - UltraCamXp Wide Angle (left), UltraCamXp (middle), UltraCamLp (right).

The first camera was the UltraCamD which has been announced 2003. Since then, Vexcel Imaging, has continuously turned the latest available technology into an innovative series of cameras. Vexcel Imaging constantly updated stability, reliability, accuracy and efficiency of the camera system to the then current available technological possibilities to maximize the benefit of the UltraCam customer.

Digital aerial cameras have basically replaced analog cameras for all kind of applications. Since the first digital cameras came to the market, a constant increase of frame size or more generic: an increase of the amount of pixel across the flight strip took place. The key parameter for the collection efficiency of a digital aerial camera is the number of pixel across flight strip. This directly impacts the number of flight lines required to map a certain area. That development was driven by the need of increased flight efficiency to minimize flight costs, minimize flying time and to minimize project risk. The number of pixels along the flight line has no or only very little impact on the collection efficiency because this can always be offset by a fast frame rate and an automated processing workflow.

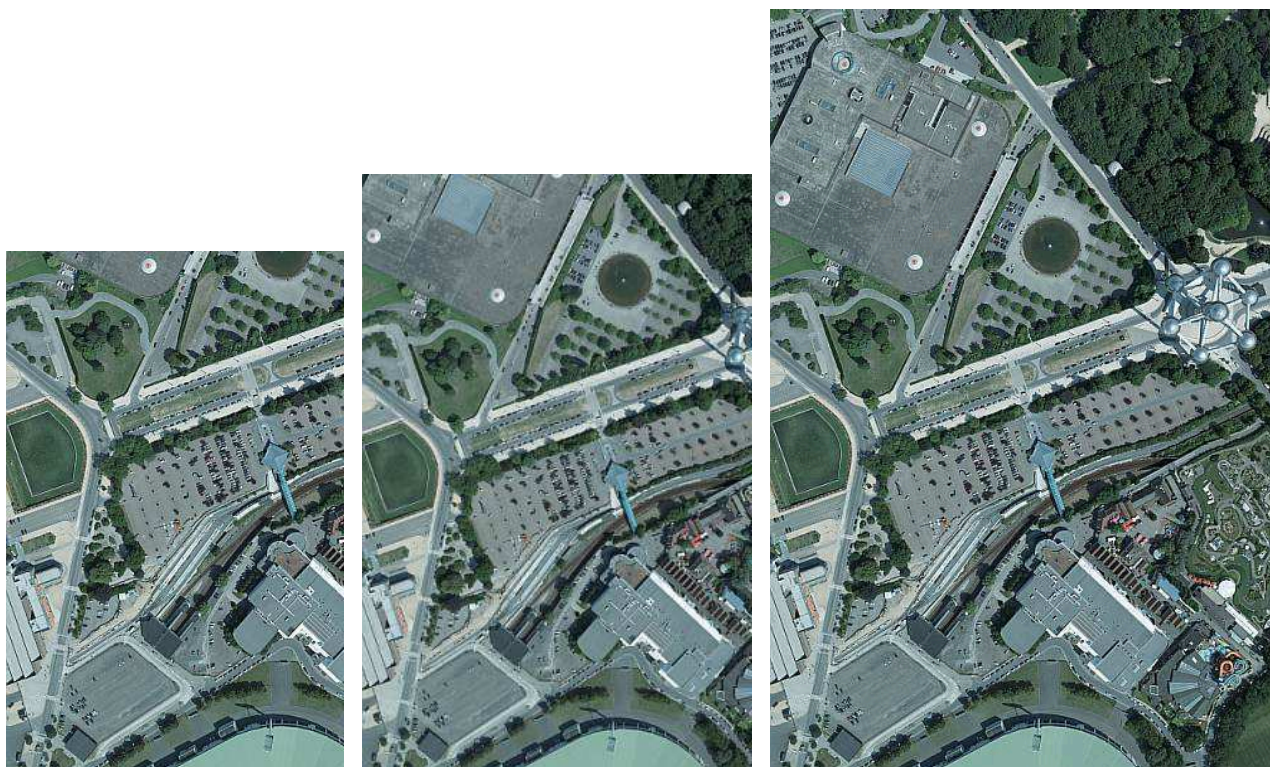


Figure 12: Evolution of the UltraCam frame size. Ranging from UltraCamD (2004, left) to UltraCamX (2006, middle) and to UltraCamXp/UltraCamXpWA (2008/2009, right).

The current UltraCam models are UltraCamLp with a footprint of 11700 pixels across the flight strip, UltraCamXp and its wide angle version UltraCamXp Wide Angle with 17310 pixels across the flight strip. The cameras are commercially available and successfully used world-wide by a wide range of organizations.

To enable the demanding and huge Global Ortho, Vexcel Imaging GmbH has developed a specific camera called UltraCamG. This camera is especially designed for nation-wide ortho mapping. Key parameters are an impressive footprint of 28000 pixels across the flight strip and a reversed pan-sharpening ration of 3:1 between the Pan and the color channels. Thus, the camera collects high resolution color and lower resolution Pan image information. This is reversed to a standard photogrammetric camera which usually collects high resolution Pan for the photogrammetric applications and lower resolution color for the mapping applications. The Pan channel of the UCG is not designed for high accuracy photogrammetric applications; it is designed to enable the processing of a DTM suitable to orthorectify the 30cm color images. This makes the camera and the Global Ortho project independent from any other data sources such as airborne Lidar data. The UCG collects the high resolution images, it collects the lower resolution Pan images which are used to process a DTM automatically based on the above described methodology, and it also collects lower resolution NIR for classification.



Figure 13: UltraCamG camera system (left) and a view on the UltraCamG sensor head and lens system (right)

The pan channel is captured at a large frame with lower resolution and high forward overlap of 85% to ensure automated DSM and DTM production. The color channel has a smaller dimension in flight direction and is exposed with a much higher frame rate and a forward overlap of 20% to ensure coverage. The NIR channel covers only the center part and has full coverage due to suitable forward and sidelap.

Operationally, the camera is designed to be operated at higher altitudes (30cm GSD is being achieved at around 5000m flight altitude and results in an almost 9km wide strip) and very fast air speed. This leads to superior mapping efficiency above all existing camera systems.

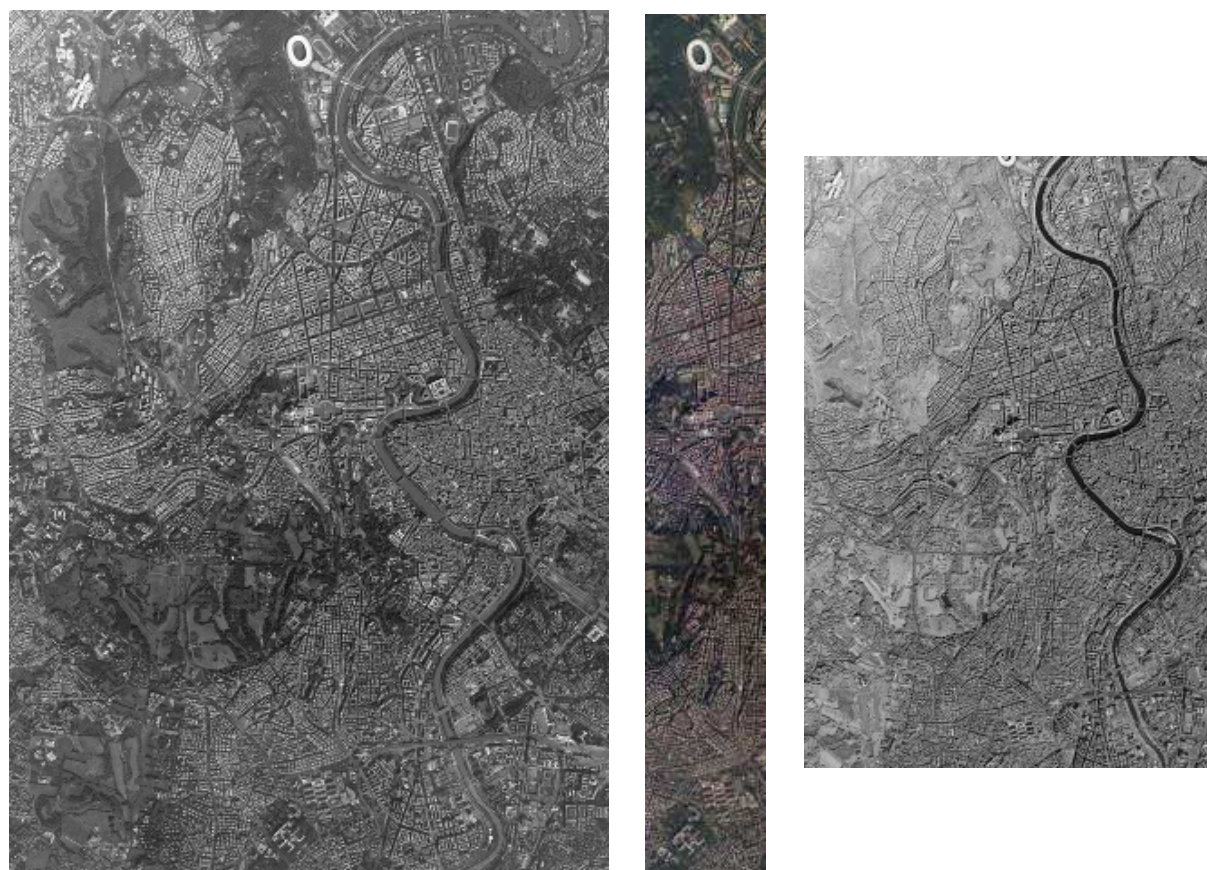


Figure 14: UltraCamG channels: low resolution PAN (left), covering the area with 85% frontlap; high resolution color (middle), covering the area at different frame rate with 20% frontlap; low resolution NIR (right) covering the center but area coverage is ensured by frontlap and sidelap.



Figure 15: UltraCamG frame, Rome, Italy. Shows is oen full frame PAN and one RGB strip. The detail shows the Vatikan. Image resolution is 30cm.

The examples show here give an impression about the outstanding image quality achieved by the UltraCamG. The UltraCamG enables not only Microsoft to map the whole of USA and Western Europe in roughly 24 months only with an impressive image quality, consistency and timeliness. Furthermore, the camera is an excellent example of the leading UltraCam camera design. That design allows developing leading commercial photogrammetric cameras as well outstanding cameras targeting specific applications.



Figure 16: UltraCamG color image example, Frankfurt, Germany.
Image resolution is 30cm ground sample distance.

REFERENCES

Ladstaedter et al, 2010: *Monolithic Stitching: One Sensor Geometry For Multiple Sensor Cameras*, Proceedings of the American Society for Photogrammetry & Remote Sensing, 26-30 April, 2010, San Diego, CA.

Gruber, M. & Wiechert, A., 2009: *New digital aerial cameras by Vexcel Imaging / Microsoft*, Proceedings of the Remote Sensing and Photogrammetry Society (RSPSoc) Annual Conference 2009, 8-11. 9. 2009, Leicester, UK.

Mansholt, U., Ladstädter, R. (2008): *Geometric analysis of Vexcel Imaging UltraCamX test flights*, Proceedings of the XXI ISPRS Congress, 3-11 July 2008, Beijing, China.

Gruber, M., 2007: *UltraCamX, the new digital aerial camera system by Microsoft Photogrammetry*, Proceedings of the Photogrammetric Week 2007, Stuttgart, DE.

Leberl, F. et al. 2003: *The UltraCam Large Format Aerial Digital Camera System*, Proceedings of the American Society for Photogrammetry & Remote Sensing, 5-9 May, 2003, Anchorage, AL.

Получено 15.08.2011

© A. Wiechert, M. Gruber, 2011

УДК 528.7

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ТРИАНГУЛЯЦИИ

Иван Тимофеевич Антипов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА, тел. (383)361-08-66, e-mail: phrs@ssga.ru

Татьяна Александровна Хлебникова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доцент кафедры инженерной геодезии и информационных систем СГГА, тел. (383)343-29-55, e-mail: t.a.hlebnikova@ssga.ru

Анализируется достоверность вероятных ошибок координат точек местности, полученных при уравнивании фототриангуляционной сети. Обосновывается необходимость их учета при оценке точности результатов цифрового картографирования и моделирования местности и ее объектов.

Ключевые слова: трехмерная цифровая модель, цифровая модель рельефа, фототриангуляционная сеть, сгущение опорной геодезической сети, моделирование местности, программный комплекс, средняя погрешность измерения координат, ошибка.

RESEARCH OF PROBABILITY OF SPACE ANALYTICAL TRIANGULATION ACCURACY ESTIMATION

Ivan T. Antipov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Prof. Dr., department of photogrammetry and remote sensing SSGA, tel. (383)361-08-66, e-mail: phrs@ssga.ru

Tatyana A. Khlebnikova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Assoc. Prof., department of engineering geodesy and information systems SSGA, tel. (383)343-29-55, e-mail: t.a.hlebnikova@ssga.ru

The paper deals with the reliability of probable errors of terrain points coordinates calculated from adjustment of a phototriangulation network and proves a necessity to take them into account for accuracy estimation of digital mapping and modelling results.

Key words: 3D Model, relief digital model, phototriangulation network, territory modelling, software, error, coordinate measurements mean error, extension of geodetic control.

В последние годы для представления реальных объектов и рельефа поверхности территорий используются новые цифровые геопространственные продукты, получившие название 3D-моделей. В научной и технической литературе даны различные определения и обозначения, например: трехмерные виртуальные модели местности или 3D (3-Dimensional)-визуализации, трехмерные цифровые модели, 3D-сцены, трехмерные сцены [1, 2].

На основе базовых понятий, приведенных в известных словарях по геоинформатике и картографии (данные, пространственные данные, геопро пространственные данные, местность, территория), в [3] сформулировано свое определение цифрового геопро пространственного вида продукции. Согласно этому определению, трехмерная измерительная видеосцена – это трехмерная цифровая модель участка территории (3D ЦМТ), включающая в себя цифровую модель рельефа и модели других объектов, расположенных в границах рассматриваемой территории, предназначенная для визуализации в статическом или динамическом режимах и расчетно-измерительных операций с использованием специальных программных средств географических информационных систем (ГИС).

Как следует из данного определения, для создания трехмерных видеосцен используются цифровые модели рельефа (ЦМР) и модели объектов (ЦМО), источниками информации для получения которых могут служить различные данные.

Следует оговориться, что использованное выше определение «измерительная» не совсем корректно применительно к трехмерной видеосцене. Процесс «измерения» сводится к совмещению курсора на экране ПЭВМ с выбранной точкой трехмерной видеосцены. При этом происходит не измерение точки, а считывание значений ее координат X , Y , Z из базы данных. Здесь и далее термин «измерение» следует воспринимать с учетом этого пояснения.

Сама форма представления данных на трехмерную модель диктует целесообразность, а в ряде случаев – жесткую необходимость иметь не только координаты точки, но и сведения об их точности. Отсюда в последнее время все острее встает проблема предварительного расчета и фактической оценки точности трехмерных моделей.

Для формирования ЦМР и ЦМО наиболее часто используются аэрокосмические материалы, обработка которых выполняется средствами фотограмметрических технологий [4].

Естественно предположить, что точность трехмерных видеосцен будет характеризоваться совместным влиянием погрешностей цифровой модели местности (ЦММ), погрешностей, привносимых выбранными алгоритмами построения трехмерной видеосцены, а также параметрами используемого персонального компьютера (разрешение экрана, размер курсора и т. д.).

В настоящее время в производственных организациях топографо-геодезической службы России, как и во всем мире, используются специализированные программные комплексы, предназначенные для решения всех задач, в совокупности формирующих современную компьютерную технологию цифрового картографирования. Такие программные комплексы, как правило, входят в состав программного обеспечения цифровых фотограмметрических систем (ЦФС).

Из отечественных систем следует упомянуть ЦФС ЦНИИГАиК (Дельта), РНОТОМОД и ЦФС Талка, которые широко известны и конкурентно способны

по сравнению с зарубежными системами. Все они в разной мере используются в производственных подразделениях предприятий Росреестр (ранее – Роскартография), а также в странах СНГ. Однако, самое широкое распространение получили ЦФС ЦНИИГАиК – около 1 000 рабочих мест. В состав программного обеспечения этой станции входит специализированный компонент РНОТОСОМ, составленный одним из авторов настоящей статьи и предназначенный для построения и уравнивания сетей пространственной аналитической фототриангуляции [5].

Стереофотограмметрическая обработка снимков при создании ЦМР и ЦМО наиболее часто выполняется в два этапа [4]:

- фотограмметрическое сгущение опорной геодезической сети;
- построение отдельных стереомоделей по данным фотограмметрического сгущения и их измерение.

Отсюда ясно, что для правильного суждения о точности готовой трехмерной модели желательно располагать надежными сведениями о точности полученных из фототриангуляции данных, по которым осуществлялись процессы восстановления и ориентирования стереоскопических моделей на отдельные стереопары снимков.

Традиционно о точности фототриангуляции судят по остаточным расхождениям координат на использованных при уравнивании и контрольных опорных точках, а также по другим показателям, обычно приводимым в протоколах вычислительной обработки и характеризующим выполнение отдельных процессов. Однако такая информация крайне скупа и может служить лишь приближенным критерием качества фототриангуляционной сети в целом, но не отдельных точек или стереопар.

Разумеется, существует множество формул для подсчета ожидаемой точности фототриангуляции, полученных разными авторами, исходя из общих закономерностей накопления ошибок в фотограмметрических сетях, установленных Г.В. Романовским более 40 лет назад. Такие формулы в какой-то мере повторяют ставшую исторической формулу Г.П. Жукова. Но и они дают лишь общее представление об ожидаемой точности в наиболее слабом месте маршрутной сети, состоящей из двух секций. В фотограмметрической литературе можно найти и формулы для блочной сети, но применять их следует с большой мерой осторожности, причем только для предварительной оценки типового построения, поскольку в них никак не отражаются особенности конкретной сети.

Отличительной особенностью упомянутого выше компонента РНОТОСОМ является то, что он составлен с учетом общего правила метода наименьших квадратов, по которому процесс уравнивания должен решить две задачи, а именно – подсчитать искомые неизвестные, а также определить вероятнейшие их ошибки. Первая задача решается путем строгого уравнивания сети по условиям коллинеарности с самокалибровкой. При этом предусмотрено обращение матрицы коэффициентов нормальных уравнений с получением клеток $(Q_{эво})_{6,6}$ весовых коэффициентов элементов внешнего ориентирования всех снимков се-

ти и клеток $(Q_{xyz})_{3,3}$ для каждой ее точки [5]. Подсчитывается также среднеквадратическая ошибка единицы веса μ , что позволяет легко оценить вероятную точность всех уравненных величин, как

$$M = \mu\sqrt{Q}.$$

К сожалению, за многие годы широкого применения компонента PHOTOSOM не сложилось общее, единое мнение пользователей о пользе такой вероятнейшей оценки сети. В настоящей статье сделана попытка сопоставить вероятнейшие ошибки координат точек, подсчитанные при уравнивании через весовые коэффициенты, с истинными ошибками и тем самым ответить на вопрос, вытекающий из названия статьи.

Естественно, что объемный эксперимент, предусматривающий операции с истинными ошибками, реально возможен только по макетам снимков. Программы для составления макетов и последующего анализа результатов их обработки входят в компонент PHOTOSOM. При этом общая схема вычислений будет выглядеть следующим образом:

- составление задания для моделирования местности и снимков;
- расчет точек местности и макетов снимков, подготовка исходных данных для фототриангуляции;
- построение и уравнивание фототриангуляции с вероятной оценкой полученных координат точек местности;
- сопоставление уравненной фототриангуляционной сети с исходными макетными данными и определение истинных ее ошибок;
- сравнение истинных и вероятных оценок точности для точек сети с определением отношения между первыми и вторыми и подсчетом количества таких отношений, не превышающих границ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5.

Очевидно, что в матрице весовых коэффициентов в специфичной форме отражаются все особенности фототриангуляционной сети, и в первую очередь – геометрия сети, включая фотограмметрические связи между смежными снимками и маршрутами, вид опорных данных и схему их размещения. Среднеквадратическая ошибка единицы веса отражает измерительные качества исходных данных.

Невозможно в одном эксперименте охватить все многообразие фототриангуляционных сетей. Что касается качества исходных данных, то в выполненном эксперименте принято, что их точность отвечает требованиям хорошей технологической дисциплины, что грубые промахи отсутствуют, а систематические ошибки исключены соответствующими средствами.

Естественно, что в идеале для любой сети вероятные ошибки должны совпадать с истинными, а отношения истинных ошибок к вероятным должны равняться единицам. Поэтому для первого эксперимента нет необходимости жестко копировать устоявшиеся на производстве геометрические параметры сети.

Гораздо важнее выявить общие тенденции, которым подчиняется связь между двумя типами ошибок.

Исходный макет составлен для блока, состоящего из 12 маршрутов по 13 снимков, полученных камерой с фокусным расстоянием 222 мм и стороной кадра 230 мм. Точки на каждой стереопаре размещены группами по две в 15 стандартных зонах, причем по 5 зон с левой и правой сторон пары являются связующими. Верхний и нижний ряды стандартных зон входят в полосы межмаршрутных перекрытий.

В первом варианте было предположено, что рабочим обоснованием обеспечен каждый маршрут, причем опорные точки расположены парами через n базисов фотографирования. При этом счет выполнен последовательно для величины n , равной 2, 3, 4, 6 и 12. В таблице для всех n (соответствующие индексы блоков $n_2, n_3, n_4, n_6, n_{12}$) приведено в процентах количество точек, у которых названные отношения не выходят за конкретную границу. Из всего ряда указанных выше верхних границ отношений в таблицу включена лишь часть 1.0, ... 2.0.

Из таблицы четко видна зависимость количества отношений, лежащих в пределах той или иной границы, от густоты рабочего обоснования. Так, при $n = 2$ почти для 60 % точек в плане и 80 % по высоте истинная ошибка меньше или равна вероятной. Для этого n 80 % истинных ошибок в плане и 95 % по высоте не превосходят удвоенных значений соответствующих вероятных ошибок.

При увеличении интервала между опознаками от 2 базисов до 6 количество точек с отношением в пределах каждой границы постепенно снижается. Но при переходе от $n = 6$ к $n = 12$ эта тенденция для оценки по высоте меняется. Для подтверждения такой смены дополнительно смоделирован и обработан более крупный блок, в котором $n = 18$, а прочие параметры сохранены прежними. Строка $n = 18$ в таблице убедительно свидетельствует о высокой надежности вероятной оценки по высоте не только при очень густом, но и при крайне слабом рабочем обосновании.

Следующий вариант (2) относится к разреженному геодезическому обоснованию. При этом опорные точки располагались как бы по углам прямоугольной сетки, причем в направлении маршрутов сторона клетки равнялась 2, 3, 4 или 6 базисам фотографирования, а поперек маршрутов – 2, 3, 4 или 6 маршрутам. В таблице индексы блоков этого варианта помечены как bc_2, bc_3, bc_4 и bc_6 . Таким образом, блок bc_6 обеспечен всего 9 опорными точками.

Часть таблицы, относящаяся к варианту 2, свидетельствует, что надежность вероятных оценок точности уравнивания при сокращении геодезического обоснования меняется очень слабо. Во всех случаях для 50 % точек истинные ошибки плановых координат лежат в пределах вероятных ошибок. Для высот этот показатель равен примерно 60 %. В пределы удвоенных вероятных ошибок попадают соответственно истинные ошибки 75 % точек в плане и 90 % точек по высоте.

Таблица

Количество точек с отношениями истинных ошибок к вероятным в пределах верхних границ

	По оси X (число точек в процентах)						По оси Y (число точек в процентах)						По оси Z (число точек в процентах)					
Верхняя граница	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Индекс блока	Вариант 1																	
n2	57.7	65.1	71.5	77.9	84.0	87.6	60,4	68,8	75,7	81,6	85.9	88.9	79.2	86.1	90.6	94.0	95.6	96.8
n3	47.2	55.3	61.4	68.0	73.9	78.4	51.5	59.2	65.8	71.9	78.1	82.8	65.1	74.6	80.5	85.7	89.2	92.5
n4	45.4	53.1	60.2	66.9	71.9	77.7	49.7	56.9	64.0	69.5	74.5	79.7	62.4	69.9	76.9	82.1	86.6	90.3
n6	44.3	51.7	58.4	64.5	71.0	75.7	47.1	54.6	60.5	65.6	71.0	76.8	60.1	68.2	75.8	80.6	85.8	89.6
n12	44.5	52.2	59.7	66.3	71.9	77.6	49.1	57.2	64.8	71.0	77.3	82.1	62.9	71.5	78.6	83.9	89.3	92.4
n18	38.1	45.2	52.7	59.2	65.4	71.2	40.1	46.8	54.8	61.1	67.3	72.3	70.9	81.7	88.7	93.1	95.8	96.8
Индекс блока	Вариант 2																	
bc2	45.6	52.7	59.8	66.5	72.6	77.8	50.2	57.8	64.5	71.3	76.9	82.0	65.4	74.0	80.6	85.5	89.2	91.8
bc3	43.6	50.4	57.6	64.1	69.0	74.8	47.9	54.6	61.9	68.3	74.6	80.1	59.3	67.5	75.0	80.7	86.2	89.7
bc4	43.7	50.5	57.1	62.8	68.8	73.5	46.3	53.9	61.3	67.8	74.0	78.8	63.0	71.7	77.9	82.8	87.0	91.0
bc6	44.2	51.3	58.6	64.4	70.2	75.1	47.9	54.7	62.1	68.1	73.8	79.1	60.5	69.0	75.6	81.8	86.6	90.0
Индекс блока	Вариант 3																	
gp1	54.3	63.4	70.1	75.9	80.9	85.1	54.6	62.4	70.3	76.7	82.5	87.7	66.9	74.8	82.0	87.0	90.5	93.1
gp2	51.4	59.0	66,5	73,4	79,2	83,5	46,5	55,2	61,4	68,0	74,7	78,9	58.7	67.2	75.2	81.0	85.9	90.1

Еще один вариант (3) предполагает использование координат центров проектирования, полученных в полете средствами спутниковых навигационных систем. При этом в макетные данные добавлено три каркасных маршрута. Результаты счета замыкают таблицу. Блок gr1 вообще не имеет наземного геодезического обоснования, но для всех маршрутов (и основных, и каркасных) известны координаты центров проектирования. В блоке gr2 по спутниковым измерениям определены только центры проектирования каркасных маршрутов, но на земной поверхности имеются 9 опознаков, один из которых находится в центре блока, а остальные – по 3 на каждой стороне блока. Другими словами, наземное геодезическое обоснование в блоках gr2 и всб одинаково.

Часть таблицы для варианта 3 вполне согласуется с предыдущими двумя ее разделами.

В целом таблица подтверждает достаточный уровень надежности вероятных оценок точности фототриангуляционной сети, строго уравненной по условиям коллинеарности.

Помимо перечисленных выше, проведены многие другие эксперименты, в которых варьировалось количество основных и каркасных маршрутов, поперечное перекрытие, число снимков в маршрутах, число и схема расположения планово-высотных, плановых и высотных опознаков, масштаб фотографирования, количество измеренных на стереопаре точек, средняя погрешность измерения координат и параллаксов точек снимков, средняя погрешность положения опознаков в плане и по высоте. Но результаты вычислений ни разу не вступили в противоречия с общими закономерностям, прослеживающимися по таблице.

Один из дополнительных экспериментов поставлен с целью выявить влияние фокусного расстояния съемочной камеры на соотношение ошибок фотограмметрического сгущения. При этом полностью повторена вся охарактеризованная выше программа вычислений. Были сохранены геометрическая схема блока, все параметры точности исходных данных, масштаб воздушного фотографирования и формат кадра съемочной камеры. Но фокусное расстояние камеры принято равным 153 мм. В итоге оказалось, что достоверность вероятных оценок для высот точек местности хотя и слабо, но связана с углом поля зрения объектива. В числовом выражении положительный эффект составил всего 1–2 %.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Вычисленные при уравнивании вероятные погрешности координат точек фототриангуляционной сети всегда отличаются от истинных значений ошибок. Но примерно для 15–20 % точек разность между этими оценками мала и не превосходит пятой части самих ошибок.

2. Наибольшее влияние на распределение значений отношений оказывают число и схема расположения опознаков (или плотность другого вида рабочего обоснования). Чем лучше схема расположения опознаков, тем большее число истинных ошибок меньше вероятных значений или равно им.

3. Как правило, для 80 % точек истинная ошибка в плане лежит в пределах удвоенной вероятной ошибки. Для высот точек этот показатель близок к 90 %. Поэтому удвоенные вероятные ошибки можно рассматривать как границы доверительных интервалов для истинных ошибок с достоверностью 80 или 90 % соответственно.

4. В целом достоверность вероятных оценок точности координат точек уравниваемой фототриангуляционной сети достаточно высока, что оправдывает их учет в последующих технологических процессах и при характеристике конечных результатов цифрового картографирования и моделирования местности.

5. Необходимы дополнительные исследования, направленные на разработку методов объективной оценки реальной точности цифровых моделей, при построении которых в качестве опоры использованы ориентировочные точки, полученные из фототриангуляции. Желательно расширить круг анализируемых параметров фототриангуляционных сетей, принимая при этом во внимание наиболее часто встречающиеся индивидуальные их особенности.

6. Существенный интерес приобретает анализ соотношения разных типов ошибок для макетных блоков, являющихся аналогами реальных сетей. Такой анализ вполне может вскрыть новые, доселе неведомые свойства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дуда Р.О., Харт П.Е. Распознавание образов и анализ сцен; пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 511 с.
2. Важнейшие фундаментальные и прикладные проблемы геоинформатики / И.А. Соколов, В.Н. Филатов, А.И. Мартыненко и др. // Геодезия и картография. – 2006. – № 11. – С. 47–56.
3. Журкин И.Г., Хлебникова Т.А. Технология получения измерительной трехмерной видеосцены по материалам аэрокосмических съемок // Геодезия и картография. – 2009. – № 8. – С. 43–48.
4. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 100 с.
5. Антипов И.Т. Математические основы пространственной аналитической фототриангуляции. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 2003. – 296 с.

Получено 15.08.2011

© И.Т. Антипов, Т.А. Хлебникова, 2011

УДК 528.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА ТОЧНОСТЬ ОРТОТРАНСФОРМИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Александр Юрьевич Чермошентцев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА, тел. (960)798-55-06, e-mail: fdz2004@bk.ru

В статье рассмотрены вопросы оценки точности ортофотопланов, созданных по космическим снимкам сверхвысокого разрешения IKONOS и Worldview-1 с использованием цифровых моделей рельефа разной точности.

Ключевые слова: космические снимки, цифровая модель рельефа, ортотрансформирование, точность.

INVESTIGATION OF RELIEF INFLUENCE UPON THE ACCURACY OF VERY HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES ORTHORECTIFICATION

Alexander Yu. Chermoshentsev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., a post-graduate student, department of photogrammetry and remote sensing SSGA, tel. (960)798-55-06, e-mail: fdz2004@bk.ru

In the article accuracy assessment of orthorectified images WorldView-1 and IKONOS using digital elevation models of various densities is considered.

Key words: satellite images, digital elevation model, orthorectification, accuracy.

Обработка космических снимков сверхвысокого разрешения с целью определения координат точек местности с высокой точностью предполагает учет различных факторов, вызывающих смещения положения точек на снимке. Одним из основных таких факторов является рельеф местности. Значительные углы отклонения оптической оси космической съемочной системы от надира существенно «снижают» пороговое значение перепада высот, при котором смещениями точек под влиянием рельефа местности можно пренебречь.

В соответствии с требованиями, приведенными в инструкции [1], погрешности создания цифровой модели рельефа (ЦМР) не должны приводить к смещениям точек более 0,3 мм в масштабе ортофотоплана. Предельная величина этих погрешностей вычисляется по формуле:

$$\Delta h_{пред} = \frac{0,3M_k}{\operatorname{tg}\alpha}, \quad (1)$$

где α – угол отклонения проектирующего луча от вертикали;

M_k – знаменатель масштаба создаваемой карты или плана.

Если перепад высот точек местности не превышает удвоенной величины $\Delta h_{пред}$, то для создания карт и планов заданного масштаба трансформирование снимков производится на среднюю горизонтальную плоскость. В остальных случаях необходимо выполнять ортотрансформирование снимков.

Поскольку космические снимки сверхвысокого разрешения используются главным образом для создания крупномасштабных фотопланов, приведем значения смещений точек на фотоплане масштаба 1 : 2 000 под влиянием рельефа для равнинной и всхолмленной территории (табл. 1).

Таблица 1

Ошибки планового положения (мм) точек на фотоплане масштаба 1 : 2 000 в зависимости от превышения точек над средней плоскостью и угла отклонения оптической оси от надира

Угол отклонения оптической оси от надира	Превышение точек местности над средней плоскостью, м							
	2	5	10	15	20	25	30	50
5°	0,1	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	2,2
10°	0,2	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,6	4,4
15°	0,3	0,7	1,3	2,0	2,7	3,3	4,0	6,7
20°	0,4	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,5	9,1
25°	0,5	1,2	2,3	3,5	4,7	5,8	7,0	11,7
30°	0,6	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,7	14,4

Как следует из табл. 1, смещения, вызванные рельефом местности с перепадом высот 10 м и более, необходимо учитывать при трансформировании снимков, полученных со значительными углами (более 5°) отклонения оптической оси от надира.

Цифровые модели рельефа, используемые для обработки космических снимков, могут быть созданы:

- на основе построения геометрической модели местности по паре перекрывающихся космических снимков;
- с использованием геометрической модели местности, полученной по результатам аэрофотосъемки;
- по результатам векторизации горизонталей с топографической карты;
- по данным воздушного лазерного сканирования;
- на основе данных радарной съемки.

В настоящее время для получения стереопары космических снимков на заданную территорию необходимо предварительно сделать заказ на проведение стереосъемки. Поэтому на практике с целью обеспечения оперативности работ для ортотрансформирования в основном используются одиночные снимки и готовые ЦМР.

Возможность создания ЦМР по архивным аэрофотоснимкам ограничена из-за сложного доступа к таким материалам. Несколько проще получить топографические планы и карты крупного и среднего масштабов.

Создание ЦМР по данным воздушного лазерного сканирования на практике ограничивается стоимостью выполнения лидарной съемки.

Благодаря появлению общедоступных ЦМР Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), построенных по результатам радарной съемки, может быть решена проблема получения ЦМР для обработки космических снимков. Точность матрицы высот SRTM варьируется в зависимости от территории и для Евразии характеризуется максимальной ошибкой определения высот 6,2 м [3, 4].

Таким образом, выбор метода сбора исходной информации о рельефе для построения ЦМР с целью ортотрансформирования космических снимков сверхвысокого разрешения определяется главным образом требуемой точностью создания ортофотопланов и доступностью материалов. Цель данной работы заключалась в анализе возможности использования наиболее доступных ЦМР для ортотрансформирования космических снимков сверхвысокого разрешения.

В ходе исследований в программном продукте ENVI выполнена обработка двух космических снимков IKONOS и двух снимков WorldView-1 с пространственным разрешением 0,8 и 0,5 м на территорию населенных пунктов сельского типа с применением разных данных для построения ЦМР. Характеристика используемых материалов приведена в табл. 2.

Таблица 2

Средние квадратические ошибки определения планового положения контрольных точек по ортотрансформированным космическим снимкам

Снимок	Перепад высот в пределах снимка, м	Угол отклонения оптической оси от надира, градусы	$\Delta h_{пред}$	СКО планового положения контрольных точек $m_{\Delta L}$ на фотоплане, м			
				Без ЦМР	SRTM	ЦМР, построенная по горизонталям с сечением, м	
						5	1
IKONOS	20	24	1,35	8,23	1,08	0,71	0,66
	16	29	1,08	2,83	1,17	0,89	0,60
WorldView-1	17,5	9	3,79	6,15	0,82	0,49	0,46
	17,5	22	1,49	1,31	0,91	0,68	0,68

Сначала по формуле (1) рассчитаны величины $\Delta h_{пред}$, которые свидетельствовали о необходимости выполнения ортотрансформирования снимков IKONOS и WorldView-1. Обработка снимков производилась в следующих режимах: с использованием координат опорных точек без ЦМР, на основе координат опорных точек и ЦМР SRTM, по координатам опорных точек и ЦМР, полученной по

результатам векторизации горизонталей с топографической карты ($h_{сеч} = 1$ м). В последнем случае использовались две ЦМР, построенные по горизонталям, векторизованным через 1 и 5 м.

Точность привязки снимков с использованием RPC модели и 4 опорных точек, координаты которых определены спутниковыми геодезическими методами с максимальной ошибкой 0,15 м, составила 0,3–0,7 пикселя.

По результатам обработки снимков определены средние квадратические ошибки планового положения $m_{\Delta L}$ 4 контрольных точек на ортотрансформированных снимках, полученных с использованием разных ЦМР (см. табл. 2).

Ошибки определения планового положения точек местности по снимкам, трансформированным без использования ЦМР, достигали 8 м. Применение ЦМР SRTM позволило добиться приблизительно одинаковой точности ортотрансформирования всех снимков ($m_{\Delta L}$ не превысила 1,2 м, а максимальная ошибка ΔL составила 1,5 м). При использовании ЦМР, построенной по горизонталям с топографической карты с сечением рельефа 1 м, точность ортотрансформирования соответствует требованиям, предъявляемым к планам масштаба 1 : 2 000 ($m_{\Delta L_{дон}} = 1$ м). При этом не наблюдается существенной разницы между результатами ортотрансформирования на основе ЦМР, созданных по горизонталям, векторизованным через 1 и 5 м.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что для высокоточного ортотрансформирования космических снимков сверхвысокого разрешения, полученных при больших углах отклонения оптической оси от надира, необходимо применение ЦМР, точность которой обеспечивает определение высот точек местности с погрешностями, не превышающими величину $\Delta h_{пред}$. Наиболее оптимальным способом сбора данных для построения ЦМР является картографический, целесообразность применения общедоступных ЦМР для ортотрансформирования космических снимков может быть оправдана при отсутствии других исходных данных о рельефе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. – М.: ЦНИИГАиК, 2003. – 80 с.
2. Программный комплекс ENVI: учеб. пособие. – М.: Компания «Совзонд», 2007. – 265 с.
3. Farr, Tom G., Paul A. Rosen. The shuttle radar topography mission: Rev. Geophys, 2007.
4. Карионов Ю.И. Оценка точности матрицы высот SRTM // Геопрофи. – 2010. – № 1. – С. 48–51.

Получено 02.07.2011

© А.Ю. Чермошенцев, 2011

УДК 528.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАДИЕНТНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Станислав Андреевич Арбузов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА, тел. (923)188-42-49, e-mail: stan_i_slav84@mail.ru

В статье рассмотрена методика использования градиентного фильтра Собеля для повышения эффективности автоматизированного дешифрирования.

Ключевые слова: космический снимок, фильтр Собеля, автоматизированное дешифрирование, векторизация.

USE GRADIENT FILTERS FOR AUTOMATIC DECODING OF ANTHROPOGENIC OBJECTS

Stanislav A. Arbuzov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., a post-graduate student, department of photogrammetry and remote sensing SSGA, tel. (923)188-42-49, e-mail: stan_i_slav84@mail.ru

In article method of gradient Sobel filter usage for increasing efficiency automatic decoding is given.

Key words: space image, Sobelfilter, automated decoding, vectorization.

Одной из главных особенностей антропогенных объектов, отображаемых на снимках, является их форма и читаемость контуров. При выявлении подобных объектов по яркостным признакам возникает проблема неразделимости классов, вызванная близостью значений яркости различных объектов, строящихся из материалов со схожими спектральными признаками (дороги, крыши домов, автостоянки и т. д.). По результатам классификации, как правило, практически невозможно отделить здания от дорог и открытого грунта. Для повышения достоверности автоматизированного дешифрирования снимков застроенных территорий, в представленной работе предлагается использовать контуры объектов, полученные при градиентной фильтрации, в качестве отдельного класса.

Для исследования методики использовался снимок QuickBird, полученный на городскую территорию в панхроматическом и многоспектральных каналах. Обработка выполнялась в программном комплексе ENVI. Набор инструментов программного комплекса ENVI содержит два распространенных градиентных фильтра: фильтр Собеля и фильтр Робертса. Результат применения этих алгоритмов для панхроматического изображения представлен на рис. 1. По рисунку видно, что разница между двумя изображениями незначительна, но в результа-

те применения фильтра Собеля наблюдается меньшее количество разрывов контуров.

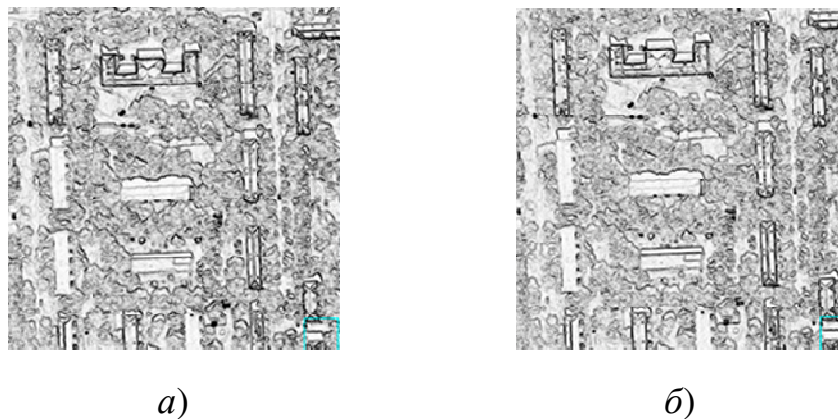


Рис. 1. Инвертированные изображения результатов фильтрации:
а) фильтр Собеля; б) фильтр Робертса

Для увеличения пространственного разрешения многоканального снимка использовалась процедура *ransharpening*. Далее каждый из четырех каналов многоканального изображения подвергался градиентной фильтрации Собеля [1, 2]. Наихудшим образом границы антропогенных объектов были выделены в инфракрасном канале, в остальных трех каналах результат оказался примерно одинаковым.

Кроме зданий, фильтрацией было выделено множество контуров растительности, имеющих различную длину и яркость. Для удаления шумов, вызванных растительностью, было применено «маскирование» (рис. 2) [3].

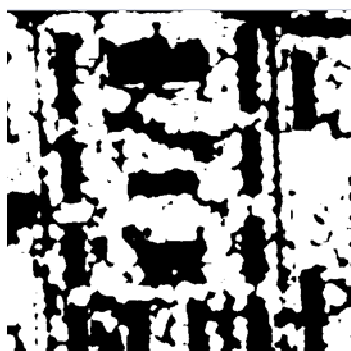


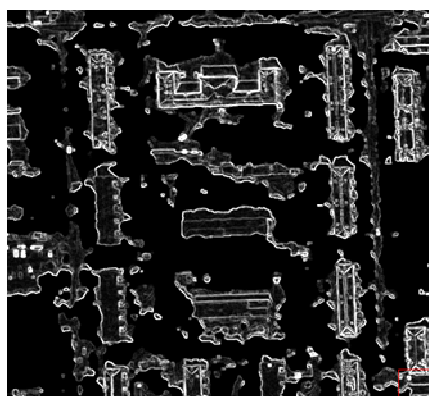
Рис. 2. Маска растительности

Маска растительности строилась по изображению, полученному с помощью нормализованного индекса вегетации NDVI. Фрагменты изображения, удаленные маской при помощи инструмента *BandMatch*, были заменены аналогичными с присвоением среднего значения яркости окружающего фона (рис. 3).

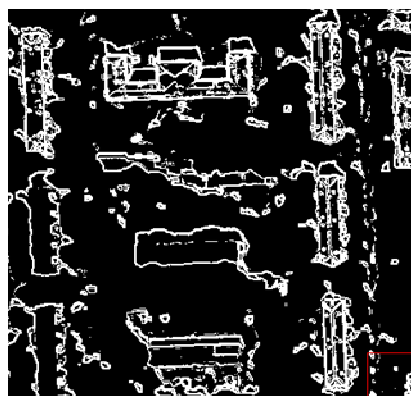


Рис. 3. Результат применения маски и замены значений яркости

Затем проводилась фильтрация получившегося изображения фильтром Собеля. На рис. 4, *а* видим, что контуры зданий имеют перепады яркости. Для дальнейшего использования изображения при помощи бинаризации был выделен диапазон яркостей, таким образом, чтобы контуры объектов оставались замкнутыми (рис. 4, *б*).



а)



б)

Рис. 4. Выделение контуров:
а) фильтрация Собеля; *б)* результат бинаризации

На получившемся бинарном изображении присутствуют контуры зданий, дорог и теней от различных объектов.

Для внесения информации о границах объектов в многоканальное изображение, контуры зданий, полученные на предыдущем этапе, инвертировались и домножались на красную компоненту снимка (рис. 5).

Далее выполнялась классификация многоспектрального снимка с измененным изображением в красном канале. Классификация производилась при помощи алгоритма «расстояние Махаланобиса». Обучающая выборка состояла из

10 эталонов, при этом контурная часть, полученная на предыдущем этапе, была отнесена в отдельный класс. На рис. 5 видно, что каждое здание состоит сразу из нескольких классов. Все классы, принадлежащие зданиям, были объединены (рис. 6).

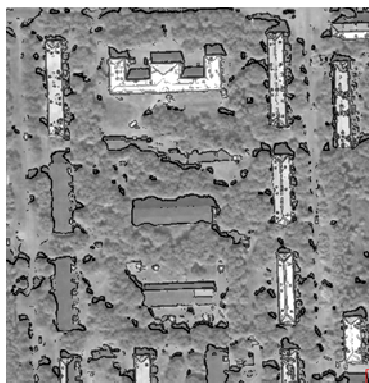


Рис. 5. Изображение в красном канале с выделенным контуром

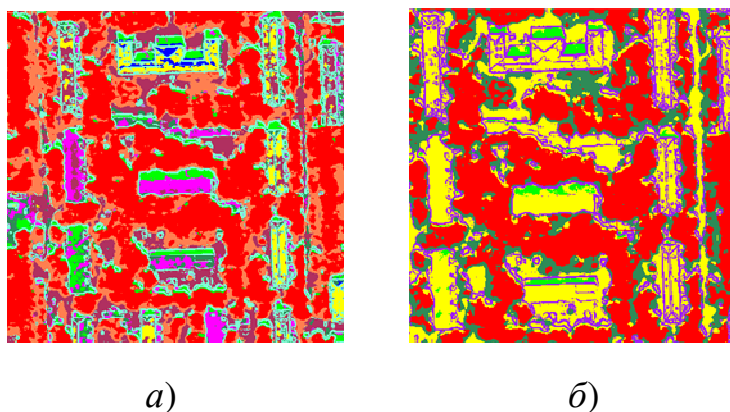


Рис. 6. Результат классификации космического снимка с выделением контуров:
a) до объединения классов; *б)* после объединения классов

Результаты классификации были векторизованы. Полученный векторный слой состоит из замкнутых объектов, что позволяет автоматически удалять или оставлять объекты нужной площади (рис. 7).

По рис. 7 видим, что предложенная методика позволяет достаточно эффективно проводить классификацию антропогенных объектов. Данный способ малоприменим для картографирования городской среды, но он позволяет приближенно оценить площади, занятые различными классами объектов, что может быть полезно при мониторинге различного уровня и назначения. Кроме того, полученный векторный слой вместе с плотной цифровой моделью поверх-

ности может использоваться для определения высот (этажности) зданий, что, возможно, повысит производительность труда при создании карт городских территорий [4].

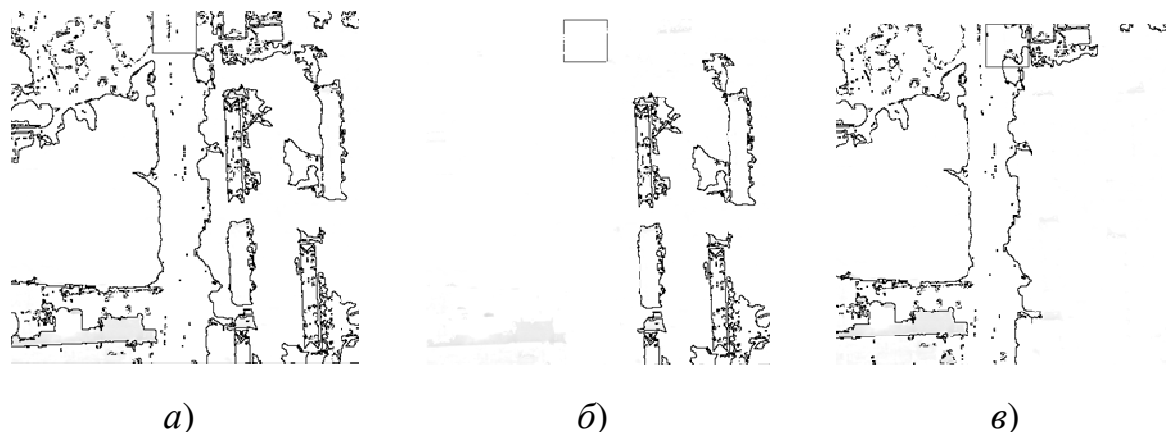


Рис. 7. Фильтрация векторного слоя:

- а) удалены мелкие объекты (шум); б) оставлены только здания; в) оставлены только крупные объекты (крупные промышленные комплексы и дороги с парковками)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Кашкин В.Б., Сухнин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
3. Implementation of automated interpretation and increasing of high resolution images geometrical properties when mapping urban territories / Stanislav Arbuzov // International Summer Student Seminar, 21–25 September 2010, Novosibirsk.
4. Гук А.П., Арбузов С.А. Использование цифровых моделей поверхности для дешифрирования зданий и выделения изменений объектов городской территории // Геодезия и картография. – 2011. – № 3. – С. 24–28.

Получено 02.06.2011

© С.А. Арбузов, 2011

УДК 528.8

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАССЧИТАННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ TASSELED CAP ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ FORMOSAT-2

Максим Александрович Алтынцев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА, тел. (952)915-29-80, e-mail: mnbcv@mail.ru

В статье кратко описана сущность преобразования Tasseled Cap и приведена оценка точности коэффициентов данного преобразования для космических снимков FORMOSAT-2, которые были рассчитаны для участков местности с типовым набором объектов. В результате оценки был сделан вывод о надежности выбора данных участков и о том, что полученные коэффициенты можно использовать для автоматического выделения представленных на участках объектов.

Ключевые слова: метод главных компонент, преобразование Tasseled Cap, корреляционная матрица.

ACCURACY ASSESMENT OF CALCULATED CORRELATION COEFFICIENTS OF TASSELED CAP TRANSFORMATION FOR FORMOSAT-2 IMAGERY

Maxim A. Altyntsev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., a post-graduate student, department of photogrammetry and remote sensing SSGA, tel. (952)915-29-80, e-mail: mnbcv@mail.ru

In article main point of the Tasseled Cap transformation is briefly described and accuracy assessment of this transformation coefficients which were calculated for plots areas with typical set of objects is given. In result of the assessment a summary about selection accuracy of these plots and about opportunity of these coefficients usage for automatic selection of objects is given.

Key words: principal component analysis, Tasseled Cap transformation, correlation matrix.

Преобразование Tasseled Cap является одним из методов обработки многоспектральных снимков и применяется для выделения определенных классов объектов. Это линейное спектральное преобразование. Матрица коэффициентов преобразования Tasseled Cap фиксирована для определенного типа датчика и съемочной системы. Зная коэффициенты преобразования для конкретной съемочной системы, можно выполнить дешифрирование полученных с нее снимков с более высокой точностью [1].

Физическое обоснование метода Tasseled Cap заключается в том, что съемочная система измеряет отраженную от поверхности энергию и фиксирует ее в виде яркости соответствующего элемента изображения, но данные яркости в различных диапазонах сильно коррелированы между собой для различных объектов. Преобразование Tasseled Cap устраняет корреляцию путем перехода от

системы координат, в которой измеренные яркости элементов изображения коррелированы между собой, к системе координат, где они не коррелированы. Для этого находится ортогональный базис, и яркости исходного изображения преобразуются в соответствии с выбранным базисом [2].

Векторы нового базиса определяются таким образом, чтобы элементы каждого вектора не были коррелированы, и соответственно корреляционная матрица удовлетворяла бы условию:

$$C' = \bar{P}' \bar{P}'^T = \begin{pmatrix} \lambda_1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \lambda_k \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где λ_k – собственные значения ковариационной матрицы;

\bar{P}' – вектор средних значений нового изображения P' .

Собственные векторы и собственные значения различны для каждого изображения в зависимости от масштаба и условий съемки и от изображенной на снимке местности и т. д. Подход Tasseled Cap основан на предположении, что собственные векторы для участков изображений, полученных одной съемочной системой и содержащих один и тот же набор объектов, должны быть одинаковыми.

Для FORMOSAT-2 коэффициенты преобразования Tasseled Cap были рассчитаны по 55 тестовым участкам размером 600×600 пикселей с использованием метода MCD (Minimum Covariance Determinant). Расчет выполнялся с помощью программы, написанной на языке программирования Matlab.

Суть данного метода описана в работе [4]. Снимки покрывали лесную территорию Молчановского района Томской области. На тестовых участках были представлены болота, озера, лиственный и хвойный леса. Предварительно все снимки были нормированы по эталонному объекту, в качестве которого был выбран участок хвойного леса [5]. В результате расчета по нормированным снимкам получена матрица преобразования Tasseled Cap:

$$U_{Tas} = \begin{pmatrix} 0,303 & 0,730 & -0,470 & -0,122 \\ 0,218 & 0,337 & 0,772 & -0,212 \\ 0,084 & 0,231 & 0,284 & 0,748 \\ 0,894 & -0,316 & -0,065 & 0,021 \end{pmatrix}.$$

Оценка точности полученных коэффициентов была проведена с помощью формулы (1). В качестве преобразованных с помощью вышеперечисленных коэффициентов изображений было взято 3 участка, представленных на рис. 1.

На данном рисунке порядок назначения цвета для компонентов Tasseled Cap следующий: Red – 1, Green – 2, Blue – 3. Хвойная растительность при данном порядке назначения цвета выделяется светло-синим и фиолетовым цветом, лиственная растительность – сиреневым и красным, трава – пурпурным, вода – голубым, темно-синим и зеленым, болота – оранжевым, желтым и светло-

зеленым. В табл. 1 приведены корреляционные матрицы фрагментов, вычисленных по формуле (1), где в первом случае использовались матрицы собственных векторов, вычисленных для каждого конкретного участка, а во втором – матрица собственных векторов преобразования Tasseled Cap.

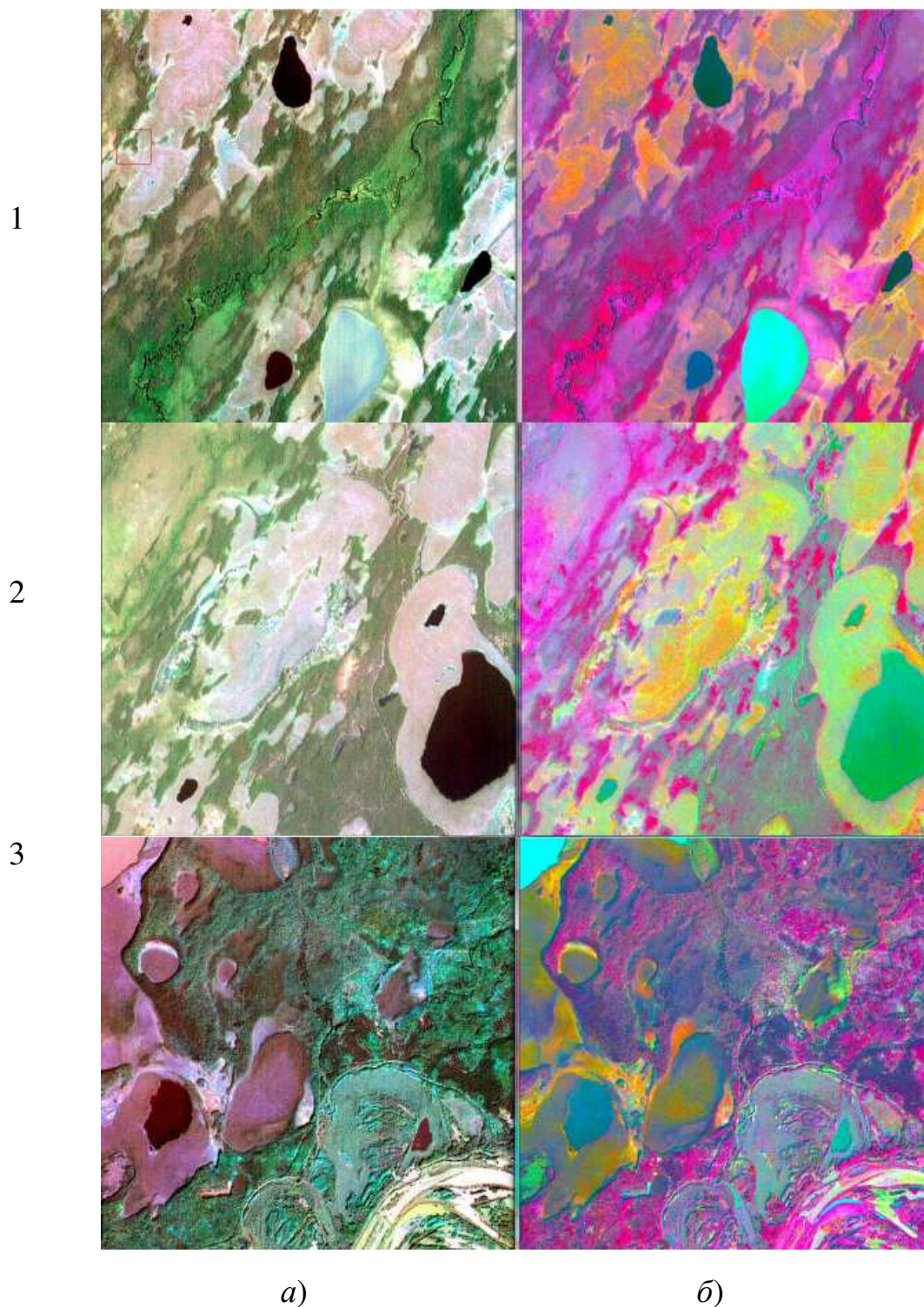


Рис. 1. Участки снимков с типовым набором объектов и их преобразованные с помощью коэффициентов Tasseled Cap изображения:

a) исходные участки; б) преобразованные участки

Таблица 1

Оценка точности корреляционных матриц фрагментов изображений

Номер фрагмента	$\bar{P}' \bar{P}'^T$ для U	$\bar{P}' \bar{P}'^T$ для U_{Tas}
1	$\begin{pmatrix} 567,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 24,7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 566,6 & -7,3 & 3,7 & -15,2 \\ -7,3 & 24,7 & -1,2 & 0,4 \\ 3,7 & -1,2 & 1,5 & 0 \\ -15,2 & 0,4 & 0 & 0,8 \end{pmatrix}$
2	$\begin{pmatrix} 298,0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 66,6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 297,4 & -9,6 & -1,6 & -7,9 \\ -9,6 & 67,0 & 1 & -0,7 \\ -1,6 & 1 & 1,7 & 0 \\ -7,9 & -0,7 & 0 & 0,7 \end{pmatrix}$
3	$\begin{pmatrix} 764,2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 73,2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5,8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2,1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 761,9 & -25,9 & 1,8 & -31,2 \\ -25,9 & 74,1 & 0,6 & 1,4 \\ 1,8 & 0,6 & 5,8 & -0,2 \\ -31,2 & 1,4 & -0,2 & 3,4 \end{pmatrix}$

В первом случае диагональными элементами рассчитанных корреляционных матриц являются собственные значения ковариационных матриц C , а недиагональные элементы равны нулю. Чем ближе значения корреляционных матриц, вычисленных с помощью матрицы преобразования Tasseled Cap, к данным матрицам, тем точнее были выбраны тестовые участки изображений. Из табл. 1 видно, что значения диагональных элементов корреляционных матриц для преобразования Tasseled Cap близки к собственным значениям.

На основе анализа литературных источников можно сделать вывод, что ранее коэффициенты преобразования Tasseled Cap для различных съемочных систем с помощью метода главных компонент рассчитывались по всему снимку, как, например, в работе [6]. Поэтому далее нашей целью стало сравнение коэффициентов Tasseled Cap, полученных по тестовым участкам в первом случае и по всем снимкам во втором. Изображения Tasseled Cap, полученные при расчете коэффициентов по всем снимкам, существенно отличаются от изображений, полученных по участкам (рис. 2).

В табл. 2 приведены средние векторы спектральных яркостей лиственного и хвойного лесов для изображений Tasseled Cap, коэффициенты которых были рассчитаны по тестовым участкам (см. рис. 2, б) и по всем изображениям (см. рис. 2, в).

Чем больше разница между значениями векторов спектральных яркостей, тем лучше должен дешифроваться преобладающий тип леса. Анализируя табл. 2, видим, что для первой компоненты эти значения являются наибольши-

ми для изображения, полученного по предложенному способу, а наименьшим – для изображения Tasseled Cap, полученного по всем снимкам.

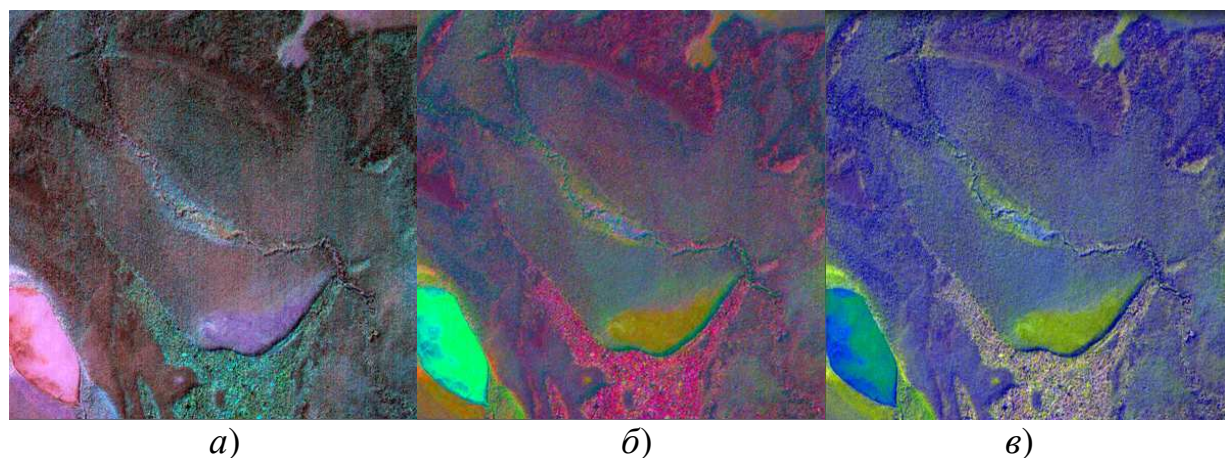


Рис.2. Результаты преобразования Tasseled Cap по коэффициентам, рассчитанным двумя способами:
 а) исходный участок; б) изображение Tasseled Cap по коэффициентам, рассчитанным по тестовым участкам с использованием метода MCD;
 в) по всем изображениям

Таблица 2

Векторы спектральных яркостей лиственного и хвойного лесов

Номер компоненты Tasseled Cap	Номер рисунка				(1)–(2)	(3)–(4)
	Рис. 2, б		Рис. 2, в			
	Лиственный лес (1)	Хвойный лес (2)	Лиственный лес (3)	Хвойный лес (4)		
1	145	110	149	120	35	29
2	59	63	56	50	4	6
3	51	51	36	36	0	0
4	55	55	33	33	0	0

Для второй компоненты данная разница не столь велика для обоих изображений. Но, тем не менее, для изображения Tasseled Cap, полученного по всем снимкам, разница между значениями векторов спектральных яркостей несколько выше. Для третьей и четвертой компоненты разница отсутствует.

Также были исследованы свойства собственных векторов и собственных значений для различных типов участков поверхности (рис. 3). Для этого с различных снимков было выбрано по 2 участка размеров 200 × 200 пикселей трех типов: травянистая растительность, лиственный и хвойный лес. Из табл. 3 видно, что собственные значения близки для однотипных участков и довольно сильно

различаются между участками, на которых изображены разные типы растительности. Средняя величина собственных значений для фрагментов 200×200 пикселей данных типов поверхностей для любых снимков FORMOSAT-2 на летний период сохраняется. А это означает, что базисные векторы преобразования \bar{U} и собственные значения могут служить индикатором сходства объектов одного типа. Этот факт стал одной из причин расчета коэффициентов преобразования Tasseled Cap по тестовым участкам изображения, на которых был представлен определенный набор объектов, а не по площадям всех снимков.

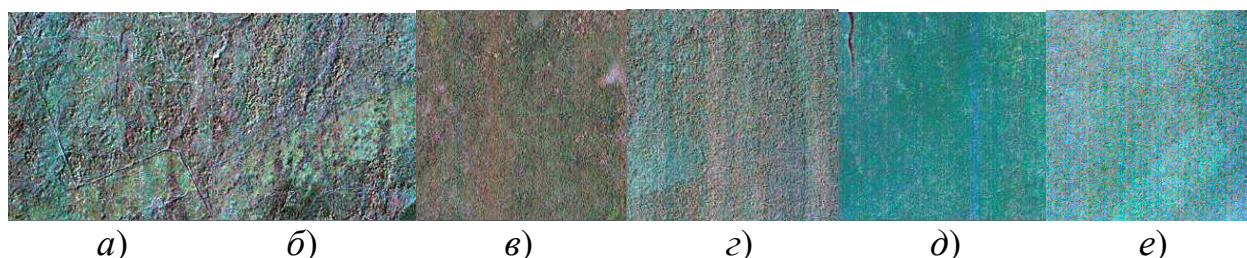


Рис. 3. Фрагменты для однотипных участков:

a), б) – лиственный лес; в), з) – хвойный лес; д), е) – травянистая растительность

Таблица 3

Собственные значения для участков различных типов

λ	Лиственный лес		Хвойный лес		Трава	
	Номер рисунка					
	Рис. 3, а	Рис. 3, б	Рис. 3, в	Рис. 3, з	Рис. 3, д	Рис. 3, е
λ_1	228,833	163,666	70,013	50,869	13,138	29,794
λ_2	10,747	10,650	5,651	7,252	1,580	1,815
λ_3	3,214	3,069	1,892	1,567	0,847	0,790
λ_4	1,533	1,373	1,041	0,808	0,684	0,562

Таким образом, было доказано, что коэффициенты преобразования Tasseled Cap снимков FORMOSAT-2, рассчитанные по тестовым участкам изображения, значительно улучшают дешифровочные свойства представленных на тестовых участках объектов и позволяют эффективно выделить данные объекты. В нашем случае ими стали лиственный, хвойный лес, болота и озера. Оценка точности выбора участков местности, содержащих данные типы объектов, продемонстрировала высокую точность их определения. В результате можно сделать вывод, что полученные коэффициенты Tasseled Cap можно использовать для автоматического выделения данных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kauth R.J., Thomas G.S. The Tasseled Cap – a graphical description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. In: Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. Purdue University, West Lafayette, Indiana, 1976, pp. 4B41-4B51.
2. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модель и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
4. Ouyeyemi G.M., Ipinoyomi R.A. A robust method of estimating covariance matrix in multivariate data. Analele stiintifice ale universitatii “Alexandru Ioan Cuza” Din Iasi, 2009, Tomul LVI, Stiinte Economice.
5. Хлебникова Е.П. Влияние нормирования яркости на достоверность дешифрирования многозональных космических снимков // Геодезия и картография. – 2005. – № 12. – С. 24–28.
6. Horne J.H. A Tasseled Cap Transform for IKONOS Images. In: ASPRS Annual Conference Proceedings, Anchorage, Alaska, 2003.

Получено 12.07.2011

© М.А. Алтынцев, 2011

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ



УДК 630.62

ГОРОДСКИЕ ЛЕСА И ПРОБЛЕМА ИХ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Игорь Михайлович Данилин

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. (913)551-04-31, e-mail: danilin@ksc.krasn.ru

Семён Сергеевич Иванов

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, аспирант института леса, тел. (923)369-83-88

В статье обсуждаются проблемы рекреационного использования городских земель, занятых лесами, и их постановки на государственный кадастровый учет в городе Красноярске.

Ключевые слова: городские земли, городские леса, рекреационное использование, антропогенные воздействия, ландшафт.

URBAN FORESTS (STAND) AND THE PROBLEM OF THEIR RECREATIONAL USE

Igor M. Danilin

V.N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, 660036, Russia, Krasnoyarsk, Academgorodok, 50/28, chief scientific associate, Prof., Dr., tel. (913)551-04-31, e-mail: danilin@ksc.krasn.ru

Semyon S. Ivanov

V.N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, 660036, Russia, Krasnoyarsk, Academgorodok, 50/28, a post-graduate student, tel. (923)369-83-88

The problems of the recreational use of city lands covered with forests and their state cadastral account in Krasnoyarsk city are discussed in the paper.

Key words: urban (city) lands, urban forests (stand), recreational use, anthropological influence, landcover.

Город Красноярск является крупным населенным пунктом Восточной Сибири. Численность населения в Красноярске составляет около 1 млн. человек.

В настоящее время г. Красноярск административно разделен на 7 районов: Железнодорожный, Кировский, Ленинский, Октябрьский, Свердловский, Советский, Центральный. В г. Красноярске расположены многочисленные предприятия машиностроительной, металлургической, химической и лесоперерабатывающей промышленности, энергетики и транспорта, которые оказывают значительное негативное воздействие на окружающую природную среду. В этой ситуации резко возрастает значение территорий земельных участков под городскими лесами и внутригородских насаждений, которые служат местами отдыха населения, естественными фильтрами, очищающими атмосферу от твердых и газообразных поллютантов [1, 2].

Целью работы явилось исследование проблем рекреационного лесопользования в г. Красноярске.

Территория земельных участков под городскими лесами, согласно существующей классификации, относится к рекреационной и предназначена для отдыха населения [3–6]. На территории г. Красноярска она представлена тремя отдельными лесными дачами: Городская лесная дача по левому берегу р. Енисея, Базайская лесная дача (правобережье р. Енисея) и остров Татышев [7]. Площадь территории земельных участков под городскими лесами по состоянию на 2010 г. составляет 7 663 га. В состав территорий земельных участков под городскими лесами отнесены все леса естественного происхождения в пределах городской черты, а также созданные лесные культуры за предыдущий период и территория острова Татышев.

В настоящее время территория лесов города находится в компетенции муниципального учреждения «Городские леса». По степени рекреационной нагрузки отдельных территорий и лесных массивов городские леса разделены на четыре функциональные зоны: парковая (остров Татышев), лесопарковая («Березовая Роща»), зона активного отдыха и зона умеренного отдыха. Расположение функциональных зон по лесным дачам и квартально показано в табл. 1.

Таблица 1

Деление территории земельных участков под городскими лесами на функциональные зоны [7]

Функциональные зоны	Лесная дача (бывшее лесничество)	Номера кварталов	Площадь, га
1. Парковая	Остров Татышев	31, 32	655
2. Лесопарковая	Городская	11, 17, 23, 28, 29	577
3. Зона активного отдыха	Городская	3–5, 8–10, 14–16, 20–22, 24–27, 30, 33	1 998
	Базайская	5–11, 31	737
Итого:			3 967
4. Зона умеренного отдыха	Городская	1, 2, 6, 7, 12, 13, 18, 19	946
	Базайская	1–4, 12–30, 32	2 750
Итого:			3 696
Всего:			7 663

В работе использованы методы закладки пробных площадей и полигонов, определения биометрических показателей городских насаждений, картометрических измерений, дешифрирования аэро- и космических снимков.

Лесистость трех лесных массивов неодинакова и составляет: на левом берегу – 79 %, на правом берегу – 72 %, на острове Татышев – 37 %. В общей совокупности территория земельных участков под городскими лесами представлена целыми массивами и отдельными лесными участками, а также ландшафтами открытого типа, которые образуют лесопарковую зону, целевое назначение которой – выполнение санитарно-гигиенических, культурно-бытовых и эстетических функций.

Характер антропогенного воздействия на территории земельных участков под городскими лесами неодинаков. Основными видами рекреационной нагрузки и в целом антропогенного воздействия являются: прогулки городского населения зимой и летом, спортивные занятия, пикники в лесу, заготовка лесных дикоросов (грибы, ягоды, пищевые и лекарственные растения), купание и загорание на пляжах, туристические походы, организованный сезонный отдых в пионерских лагерях, базах отдыха и пансионатах, занятие садоводством и огородничеством, сенокошение и пастьба скота, свалки промышленных отходов и бытового мусора, неорганизованные стоянки личного транспорта.

Наибольшая рекреационная нагрузка на лесные территории приходится на летний и ранний осенний периоды, хотя некоторые виды отдыха (пешие прогулки, катания на лыжах, пикники) осуществляются и в зимнее время. Отдельные лесные участки подвергаются усиленной рекреации круглогодично, особенно примыкающие непосредственно к промышленным и жилым микрорайонам и садовым товариществам. Прежде всего, это территория кварталов 11, 17, 23, 28, 29, а также территория кварталов 4, 5, 24–27, 30. Кроме того, что данная территория непосредственно примыкает к селитебной зоне города, научным и учебным центрам (Красноярский научный центр СО РАН, Сибирский Федеральный университет, Красноярский государственный аграрный университет), это самая насыщенная рекреационными объектами территория. Здесь расположены лыжные базы, пионерские лагеря, дачи, биатлонный стадион, трамплин, школа для глухонемых детей и др. Указанная территория фактически несет на себе двойную нагрузку, так как, с одной стороны, является «буфером» защиты остальной части городских лесов от избыточной рекреации, с другой – максимально удовлетворяет потребности населения в отдыхе «на пороге города».

Аналогичную рекреационную нагрузку несут на себе лесные ландшафты кварталов 5–7, 9, 11, 31 правобережья, примыкающие к урочищам реки Лалетина по дороге в заповедник «Столбы» и реки Базаиха, где сосредоточены пионерские лагеря, дома отдыха и садовые товарищества. В летний период территория по берегам рек, вдоль дорог, троп и в других доступных местах насыщена отдыхающими.

Отдельно следует отметить характер рекреации на острове Татышев. Располагаясь в центре города Красноярска, остров испытывает в летние выходные

дни мощный рекреационный пресс со стороны отдыхающих, фактически выполняя функции городского парка. Потоки людей в солнечные жаркие дни устремляются со стороны «Стрелки» (устье реки Кача) вглубь острова и беспорядочно распределяются по его территории. Единновременно остров площадью 655 га посещают несколько тысяч человек. Если учесть, что плотность отдыхающих вследствие неодинаковой привлекательности ландшафтных участков неодинакова, то рекреационная нагрузка в отдельные периоды колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен человек на одном гектаре.

Антропогенное воздействие на городские леса оказывают все виды отдыха, которые традиционно сложились и приурочены к тем или иным территориям. Прогулки населения характерны для мест, непосредственно примыкающих к жилым кварталам, а спортивные занятия приурочены в основном к лыжным трассам и спортивно-оздоровительным комплексам. В качестве отрицательного воздействия на городские леса особо следует отметить стихийные пикники, которые, как правило, устраиваются в транспортно доступных местах, вблизи дорог, на опушках и видовых площадках. Характерной для пикниковых мест является высокая замусоренность территории. Зачастую пикники приводят к возникновению лесных пожаров с тяжелыми последствиями.

Еще более ощутимое негативное воздействие на санитарное состояние насаждений и эстетическую ценность микроландшафтов оказывает деятельность садово-огороднических товариществ и дачных участков. Лесные насаждения вокруг них повсеместно превращаются в свалки бытового и строительного мусора, самовольно и беспорядочно вырубается близлежащие деревья и даже отдельные лесные участки.

Экологическая рекреационная емкость лесных участков

Одной из главных задач ведения лесного хозяйства в рекреационных лесах является сохранение природы в таком состоянии, при котором лесные ресурсы не утрачивают своей способности к воспроизводству. Эта задача решается, среди прочего, путем определения предельно допустимой рекреационной емкости.

Рекреационную емкость территории определяют как сумму произведений допустимых рекреационных нагрузок и площадей отдельных участков на этой территории. Допустимые рекреационные нагрузки снижаются в 1,5–2 раза при увеличении влажности почвы и уклонов поверхности склонов, при облегчении механического состава почв до песчаного и супесчаного и увеличиваются по мере увеличения продуктивности (бонитета) и возраста насаждений. При благоустройстве территории, обустройстве дорожно-тропиночной сети, прокладке прогулочных маршрутов, устройстве мест и площадок отдыха, величина допустимых рекреационных нагрузок может быть увеличена в 5–10 раз в сравнении с естественной неблагоустроенной средой, а в парковой и лесопарковой функциональных зонах (при условии полного благоустройства и регулировании движения посетителей) предельные допустимые нагрузки на 1 га могут быть увеличены в несколько десятков раз.

Для неподготовленных ландшафтных участков территории городских лесов, какими они и являются в настоящее время, допустимое количество посетителей одновременно может составить около 20 тыс. чел., в том числе по функциональным зонам: парковая зона – 9,0 тыс. чел.; лесопарковая зона – 1,5 тыс. чел.; зона активного отдыха – 5,5 тыс. чел.; зона умеренного отдыха – 4,0 тыс. чел. Общая экологическая емкость территории земельных участков под городскими лесами составляет 3,2 млн. чел. за летний сезон, или 7,3 млн. чел. в год.

С целью выявления степени рекреационной нагрузки на отдельные участки ландшафтов и обоснованности выделения функциональных зон была изучена посещаемость отдыхающими для каждого лесного квартала. Дополнительными приержками для определения степени посещаемости отдельных лесных массивов являлось наличие на их территории или в непосредственной близости оздоровительных учреждений, спортивных баз, населенных пунктов, пионерских лагерей, дачных участков, транспортных путей или отдельных природных комплексов, используемых для отдыха (водоемы, живописные места), и другие признаки (табл. 2).

Фактическая посещаемость территории земельных участков под городскими лесами определяется численностью населения прилегающих районов с учетом демографического состава. Численность населения Октябрьского, Железнодорожного, Центрального, Свердловского, Кировского районов г. Красноярска составляет около 510 тыс. человек.

В кратковременный 1-2-дневный отдых в конце недели отправляется до 40 % жителей прилегающих районов города, в том числе: на лоно природы – 8–12 %; на дачи и огороды – до 20 %; на базы отдыха – до 10 %.

Таблица 2

Распределение лесных кварталов по степени посещаемости

Леса	Посещаемость/рекреационная нагрузка					
	до 5 чел./га (слабая)		6–20 чел./га (средняя)		свыше 20 чел./га (высокая)	
	Номера кварталов	Площадь, га	Номера кварталов	Площадь, га	Номера кварталов	Площадь, га
Городские	1–2, 6–7, 12–13, 18, 19	946	3–5, 8–10, 14–16, 20–22, 25–27, 30, 33	1 998	11, 17, 23, 28, 29	577
Базайские	1–4, 12–30, 32	2 750	5–11, 31	737	–	–
Островные	–	–	–	–	31, 32	655
Итого:		3 696		2 735		1 232

Учитывая, что значительная часть населения указанных районов выезжает для отдыха на лоно природы и садовые участки вне территории городских лесов, территорию земельных участков под городскими лесами используют для кратковременного отдыха около 10 % отдыхающих – жителей города, что составляет порядка 20,4 тыс. чел. в неделю.

Основной наплыв отдыхающих наблюдается в летнее время, в июле-сентябре, после спада клещевой активности и составляет порядка 16 недель, или 326 400 чел. в год.

Таким образом, рекреационная нагрузка на единицу площади (1 га) существенно колеблется – от 1 человека в день в зоне умеренного отдыха, до 100 и более человек в лесах, прилегающих к жилой застройке, дорогам, остановкам автобусов, объектам отдыха и садовым товариществам. При устройстве земельных участков под городскими лесами необходимо учитывать данные показатели.

Вопросы законодательства и кадастрового учета земельных участков под городскими лесами

Действующее Российское законодательство [3–6] выделяет понятие «городские леса» и определяет их как «рекреационные зоны». Лесной кодекс РФ [4] определяет городские леса как «защитные леса». Согласно «Правилам землепользования и застройки города Красноярска» [8], закону «Об особо охраняемых природных территориях в Красноярском крае» [9], «Положению о лесах города Красноярска» [10], на территории земельных участков под городскими лесами запрещена всякая деятельность, противоречащая целям их образования – строительство и расширение действующих промышленных, коммунальных и складских объектов, дачное и жилищное строительство, а также хозяйственная деятельность, отрицательно влияющая на экологическую обстановку.

Вместе с тем, в настоящее время действует постановление Администрации г. Красноярска «Об утверждении порядка сноса зеленых насаждений на территории г. Красноярска» [11], которое противоречит указанным выше нормативным документам. Данное постановление вводит новое понятие «зеленые насаждения» и к этому понятию приравнивает городские леса, что, на наш взгляд, недопустимо. Существующее законодательство должно четко определять различия между зелеными насаждениями и городскими лесами. Зеленые насаждения подразумевают насаждения общего пользования – сады жилых районов, микрорайонов, бульвары, скверы, насаждения ограниченного пользования и специального назначения – озелененные дворы, участки школ, детских садов и яслей, посадки на улицах и площадях и т. д. Уравнивать значимость отдельно стоящего дерева, газона, клумбы или небольших по площади скверов с городскими лесами некорректно.

В связи с тем, что указанное выше постановление разрешает снос зеленых насаждений при реализации проектов, предусмотренных генеральным планом застройки и документацией по планировке города, соответственно, разрешена и вырубка лесов на территории города, что противоречит Лесному кодексу РФ. Вырубка городских лесов возможна лишь при условии перевода данных земель

в земли населенных пунктов или другие категории земель, в установленном законом порядке.

Особенно остро в настоящее время стоит вопрос с сохранением и благоустройством березовой рощи Студенческого и Академгородка г. Красноярска. Из-за старения роща разрушается естественным путем и нуждается в срочном омоложении. Не проводятся работы по уборке погибших и больных деревьев. В 2009 г. в Сибирском Федеральном университете был разработан проект «Проблемы березовой рощи СФУ и пути их решения», где были учтены маршруты движения людей по роще, места отдыха и спортивных мероприятий при бережном отношении к лесу. Но этот проект так и не был реализован и доведен до сведения жителей. Не реализован и проект особо охраняемой природной территории «Березовая роща», разработанный Институтом леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН, что свидетельствует о том, что городских чиновников в большей степени интересует не экологическая роль леса и интересы жителей города, а возможность получения большей доли прибыли с земельной ренты. В значительной степени такая ситуация возникла из-за того, что, вопреки мнению жителей города, березовая роща из рекреационной зоны была переведена в общественно-деловую зону объектов образования, предусматривающую ее застройку. В результате роща лишилась юридической защиты от вырубки. С большой долей уверенности можно предполагать, что попытки коммерциализации и застройки рощи продолжатся и усилятся в ближайшее время [12].

Так как земли под городскими лесами относятся к объектам муниципальной собственности [9], заявителем о постановке на кадастровый учет выступает орган местного самоуправления. Однако, в настоящее время кадастровый учет этих объектов не ведется по причинам отсутствия финансирования, несовершенства нормативной базы, отсутствия мониторинга состояния, эколого-экономической оценки лесных участков. Совершенно очевидно, что отсутствие кадастрового учета не позволяет разрабатывать и проводить мероприятия по улучшению и восстановлению территорий, занимаемых городскими лесами, обеспечивать эффективное управление ими.

На основании проведенного анализа состояния и использования земель в г. Красноярске, можно констатировать, что в настоящее время состояние территорий земельных участков под городскими лесами нельзя признать удовлетворительным.

С тем, чтобы улучшить санитарное состояние городских лесов, повысить экологическую и рекреационную емкость лесных территорий, обеспечить эффективное и качественное управление землями под городскими лесами, предлагается:

- ужесточить экологические требования и штрафные санкции на нормативной основе к промышленным предприятиям в части ограничения выбросов. Рекомендовать оставлять в городской черте только экологически безопасные производства;

- обеспечить формирование и увеличить до нормативных градостроительных требований количество ландшафтно-рекреационных зон на территории города;
- увеличить в 2 раза (до нормативных требований) количество новых объектов озеленения, реконструкции зеленых насаждений и объемы благоустройства территорий общего пользования – парки, скверы, бульвары, аллеи, городские сады, улично-дорожная сеть. Обеспечить увеличение ассортимента пород древесно-кустарниковой растительности, устойчивой к техногенным нагрузкам и акклиматизированной к условиям города;
- обеспечить систематический контроль со стороны природоохранных органов за выполнением лесохозяйственных мероприятий, направленных на улучшение структуры состояния зеленых насаждений;
- при проектировке новых застроек необходимо обеспечивать максимальную сохранность зеленых насаждений и их восстановление в случае сноса;
- расширить использование современных технологий получения данных и их актуализации на основе ГИС и дистанционных методов съемки;
- при разработке и совершенствовании краевого и федерального законов отдельными статьями прописать определение «Городские леса», ввести в существующий удельный показатель кадастровой стоимости земли «санитарно-экологическую» и «лесорастительную» составляющую лесного участка.

Повсеместный кадастровый учет, получение правового статуса и установления четких границ земельных участков под городскими лесами позволит более эффективно проводить инвентаризацию и мониторинг экологического состояния земель и значительно увеличить поступления в городской бюджет от налоговых сборов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдеева Е.В. Зеленые насаждения в мониторинге окружающей среды крупного промышленного города (на примере г. Красноярска) [Текст]: автореф. дис. ... д.с.-х.н.: 03.00.16 / КрасГАУ. – Красноярск, 2008. – 30 с.
2. Экологическое состояние пригородных лесов Красноярска [Текст] / Л.Н. Скрипальщикова, А.И. Татаринцев, О.Н. Зубарева, В.Д. Перевозникова, В.В. Стасова, Н.В. Грешилова. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 179 с.
3. Федеральный закон РФ от 25.10.2001 № 136-ФЗ «Земельный кодекс РФ». В редакции 2009 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/earth/>
4. Федеральный закон РФ от 4.12.2006 № 200-ФЗ «Лесной кодекс РФ». В редакции 2009 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.leskodeks.ru/>
5. Федеральный закон РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс РФ». В редакции 2009 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/gskrf/>
6. Федеральный закон РФ от 24.07.2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2007/08/01/kada-str-doc.html>
7. Лесохозяйственный регламент городских лесов города Красноярска. – Красноярск: Администрация г. Красноярска, 2009. – 110 с.

8. Правила землепользования и застройки города Красноярска. В ред. Решения Красноярского городского Совета депутатов от 28.11.2008 № 4-55. – Красноярск: Администрация г. Красноярска, 2008. – 37 с.

9. Закон Красноярского края от 28.09.1995 г. № 7-175 «Об особо охраняемых природных территориях в Красноярском крае» В ред. Законов Красноярского края от 27.12.2005 № 17-4403, от 25.10.2007 № 3-620, от 20.03.2008 № 5-1453. Законодательное собрание Красноярского края. – Красноярск, 2008.

10. Положение о лесах города Красноярска. Приложение к Постановлению Администрации города от 4 августа 2009 г. № 286. – 5 с.

11. Постановление главы г. Красноярска 21.06.2006 № 535 «Об утверждении Порядка сноса зеленых насаждений на территории г. Красноярска» (93022). В ред. Постановления Администрации города Красноярска № 258 от 27.04.2007. – Красноярск, 2007.

12. Спасем березовую рощу // Красноярский рабочий. – 2010. – 18 ноября.

Получено 11.08.2011

© *И.М. Данилин, С.С. Иванов, 2011*

УДК 528.44

МАССОВАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ: ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АППРОКСИМИРУЮЩИХ ФУНКЦИЙ

Алексей Михайлович Портнов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра СГГА, тел. (383)344-31-73, e-mail: kkadastr@ssga.ru

Елена Сергеевна Плюснина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры высшей математики СГГА, тел. (383)343-25-77, e-mail: himath@ssga.ru

Кирилл Александрович Карпик

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры кадастра СГГА, тел. (383)344-31-73, e-mail: kkadastr@ssga.ru

Работа посвящена практическим аспектам применения аппроксимирующих функций в ходе массовой оценки объектов капитального строительства. Приведены примеры некоторых функций, используемых как описательная модель распределения стоимости объектов на территории г. Новосибирска.

Ключевые слова: оценка, объект недвижимости, аппроксимирующая функция, описательная модель, метод регрессионного анализа, специалист-оценщик.

MASS ESTIMATION OF REAL ESTATE OBJECTS – FEATURES OF APPROXIMATING FUNCTIONS APPLICATION

Alexey M. Portnov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Assoc. Prof., department of cadastre SSGA, tel. (383)344-31-73, e-mail: kkadastr@ssga.ru

Elena S. Plyusnina

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., senior lecturer, department of higher mathematics SSGA, tel. (383)343-25-77, e-mail: himath@ssga.ru

Kirill A. Karpik

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., a post-graduate student, department of cadastre SSGA, tel. (383)344-31-73, e-mail: kkadastr@ssga.ru

Are considered result of application of approximating functions in the course of a mass estimation of objects of capital construction. Examples of some functions used as descriptive model of distribution of cost of objects on a city territory of Novosibirsk are resulted.

Key words: evaluation, real property object, approximating function, descriptive model, regression analysis method, appraiser.

В последние годы наиболее дискуссионным в сфере недвижимости является вопрос о переходе на единую систему налогообложения недвижимости. После продолжительных консультаций Председателем Правительства РФ еще в апреле 2009 г. была отмечена необходимость создания условий для изменения системы налогообложения недвижимости и введения единого налога на недвижимость. Вопрос, каким будет этот налог, остается открытым, однако, на наш взгляд, в силу различий сложившихся систем и подходов к проведению оценки, консолидированная налогооблагаемая база с учетом созданного государственного кадастра недвижимости будет состоять из двух неотъемлемых частей: кадастровой стоимости земли и кадастровой стоимости зданий, сооружений (улучшений).

Говоря про массовую оценку стоимости земли, следует отметить, что сама методика и полученные результаты при ее реализации в большинстве своем вызывают много споров и разногласий не только у землепользователей, но и у специалистов-оценщиков. Так, например максимальная кадастровая стоимость земельного участка, предназначенного под многоэтажное строительство, в Новосибирске составляет 97,51 млн. руб./га, что, в свою очередь, в 382 раза превышает самый низкий показатель кадастровой стоимости земли данного назначения по городу – 0,26 млн. руб./га.

Однако в силу того, что налоговым кодексом определены приемлемые процентные ставки налога, исчисляемого от величины кадастровой стоимости (например 0,145 % от кадастровой стоимости, для большинства видов функционального использования земель Новосибирска), в большинстве регионов результаты государственной кадастровой оценки были приняты и утверждены органами законодательной и исполнительной власти субъекта Федерации. Данные решения, на наш взгляд, предоставили отсрочку и возможность на основе анализа полученных результатов пересмотреть алгоритмы и применяемые методы без изменения самой системы кадастровой оценки.

Помимо полученных неоднозначных результатов в оценке земель, основной проблемой в реализации предложения Правительства РФ является факт отсутствия методов массовой оценки объектов капитального строительства, отличных от реализуемого в настоящее время затратного подхода. Данный подход использует амортизационную стоимость при расчете налогооблагаемой базы, которая существенно занижает действительную стоимость, а в некоторых случаях при амортизации 100 % приводит ее к нулевому значению.

Основным методом, используемым при массовой оценке стоимости объектов недвижимости, описанным во многих литературных источниках, является метод регрессионного анализа, использующий аппарат аппроксимации рядом функций.

В практических целях в большинстве случаев, в том числе и в методике государственной кадастровой оценки, используют модели, основанные на приближении многомерных данных линейными функциями. Такие модели в каче-

стве регрессоров используют индивидуализированные характеристики оцениваемых объектов.

Тестирование возможной реализации данных моделей, для массовой оценки объектов капитального строительства на территорию города, основывалось на статистических данных о стоимости и местоположении 2 107 объектов, выставленных на продажу в г. Новосибирске.

При расчете параметров модели были использованы уникальные технические и пространственные характеристики объектов, с отсутствием значимых автокорреляций, представленные в таблице.

Таблица

Значения регрессионных коэффициентов

Характеристика объекта	Бета-коэффициенты	Коэффициенты регрессионного уравнения	Бета-коэффициенты	Коэффициенты регрессионного уравнения
	I случай		II случай	
Наличие телефона	0,056984	4 209,96	0,042571	2 370,07
Наличие балкона	0,076045	1 323,78	0,064598	1 072,12
Планировка	0,008770	184,77		
Материал	<u>-0,051489</u>	-1 356,26	<u>0,220786</u>	5 008,17
Тип	<u>0,280366</u>	7 003,53	<u>-0,016798</u>	-415,64
Санузел	<u>0,014033</u>	389,00	<u>-0,064586</u>	-6,20
Расстояние до метро	-0,062400	-6,42	-0,603176	-2,20
Расстояние до центра	<u>-0,613190</u>	-2,38	<u>0,277417</u>	1,04
Расстояние до остановки	0,312465	1,25	-0,045189	-1 108,47

Используя линейную регрессию, были рассчитаны так называемые бета-коэффициенты. Данные коэффициенты выражают долю определенного фактора в величине среднеквадратического отклонения модели от эмпирических данных. Величина коэффициента определяет относительную величину влияния фактора на полученный результат оценки. Возвращаясь к вопросу о возможности использования линейной зависимости, рассмотрим приоритеты влияния различных характеристик объектов на их стоимость. Так, в первом случае (см. I случай в таблице) приходим к выводу, что наиболее значимой характери-

стикой является расположение объекта относительно центра города, однако в этом же случае увеличение расстояния от остановки транспорта до оцениваемого объекта, приводит к возрастанию его стоимости.

При исключении наиболее «слабого» фактора «Планировка» (см. II случай), влияние характеристики «Расстояние от центра» принципиально изменилось. В первом случае данный фактор увеличивал стоимость объекта по мере его приближения к центру, во втором случае происходит обратное – увеличение стоимости объекта по мере его удаления от центра города.

В связи с тем, что применение линейных функций привело к неудовлетворительным результатам, были использованы множественные полиномиальные функции, используемые как модель, описывающую формирование стоимости объекта недвижимости на территории города. На рис. 1, а показано распределение стоимости единицы площади объектов в местной системе координат.

Использование данного класса аппроксимирующих функций привело, несомненно, к увеличению значимости полученных результатов. Так, например, коэффициент детерминизации при подборе и комбинировании различных функций достигал значения 0,91 при уровне значимости $p < 0,05$. Тем не менее, использование нелинейных зависимостей приводило к так называемому эффекту полиномиального раскачивания, т. е. значительной осцилляции значений по ряду локальных территорий (рис. 1, б, в).

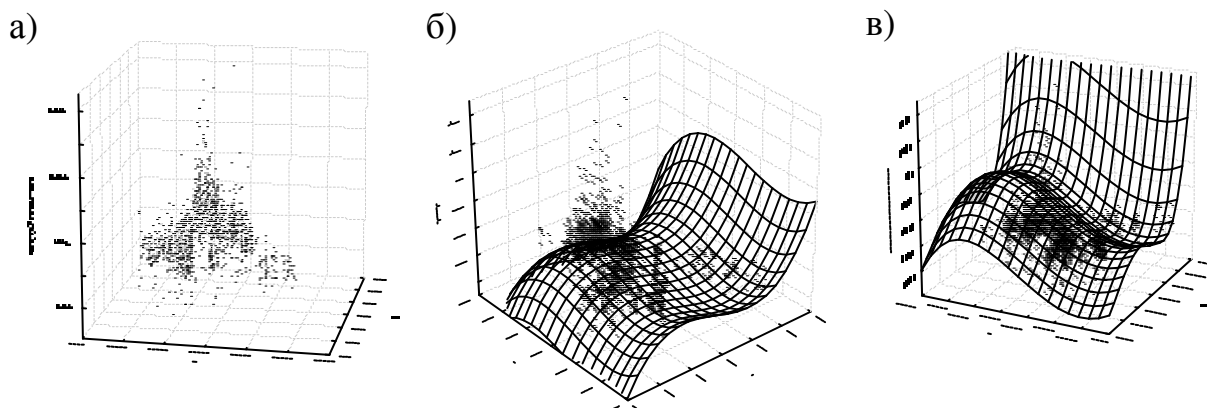


Рис. 1. Распределение стоимости

В ходе дальнейших расчетов были выявлены, несомненно, значимые нелинейные зависимости (рис. 2), например зависимость величины стоимости объектов от фактора «расстояние до остановки». Однако, как было показано ранее, интеграция отдельных факторов в единую модель привела к нелогичным результатам и низким показателям объективности полученных связей.

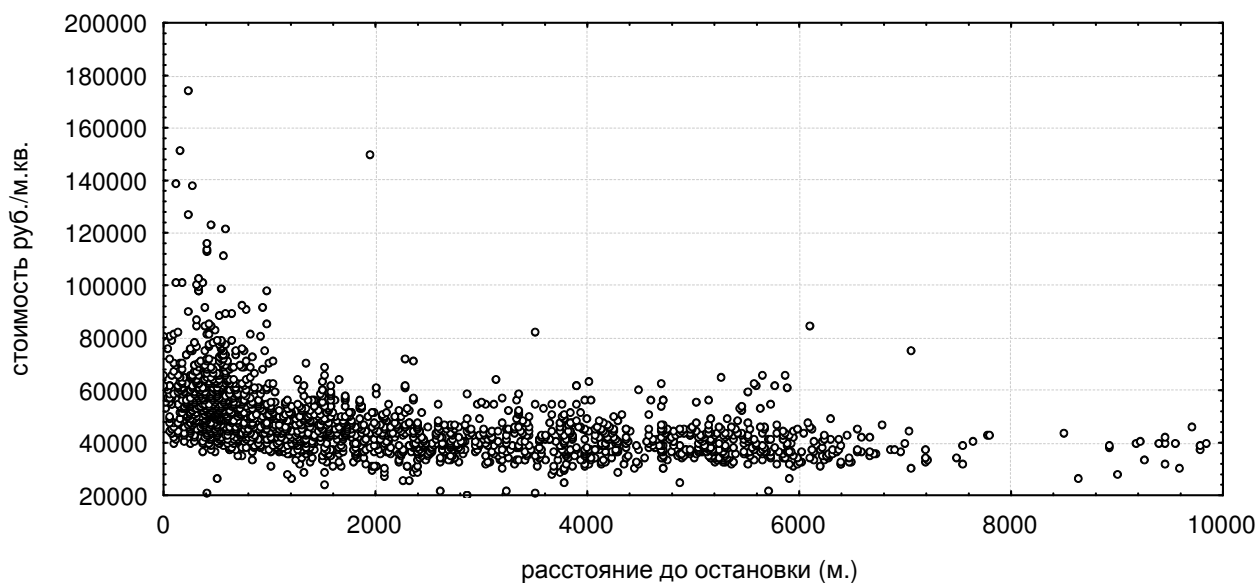


Рис. 2. Распределение стоимости недвижимости в зависимости от удаленности от остановки транспорта

Как показала практика, при проведении массовой оценки стоимости объектов недвижимости использовать напрямую методы аппроксимации данных различными функциями не представляется возможным. В данном случае можно только рекомендовать представленные в работе подходы как вспомогательный ресурс, который необходимо интегрировать с другими методами обработки сложных пространственно-функциональных связей, влияющих на процесс ценообразования. И такие примеры существуют. Так, например, с 2008 г. в Новосибирске реализована и функционирует в on-line режиме система массовой оценки объектов жилой недвижимости, большая работа проведена рядом московских аналитических компаний (www.citystat.ru, www.domoway.ru). Приобретенный практический опыт массовой оценки недвижимости в таких крупных городах, как Новосибирск и Москва, несомненно, должен выявить наиболее перспективные подходы и методы, которые необходимо использовать в реализации программы перехода на единую систему налогообложения недвижимости.

Получено 15.09.2011

© А.М. Портнов, Е.С. Плюснина, К.А. Карпик, 2011

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 551

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ БАСЕЙНА р. ИРТЫША В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Надежда Ивановна Михайлова

Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова, 070007, Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. 30-й Гвардейской дивизии, 34, кандидат геолого-минералогических наук, профессор ВКГУ, тел. (7232)25-32-70

Алена Николаевна Логиновская

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, 070004, Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 69, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры геодезии, землеустройства и кадастра, тел. (7232)28-94-16, e-mail: loginovskaja@bk.ru

Рассматриваются вопросы геологической истории, происхождения и возраста левобережной сети р. Иртыша. Дана характеристика гидрологического режима и многолетней изменчивости стока левых притоков в бассейне верхнего Иртыша.

Ключевые слова: сеть, гидрофизическая сеть, состояние, оценка, источники питания рек, гидрологический режим.

ESTIMATION OF HYDROLOGICAL NETWORK CONDITION OF THE IRTYSH RIVER BASIN IN KASAKHSTAN

Nadezhda I. Mikhailova

East Kazakhstan State University after S. Amanzholov, 070007 Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk c., 30-Gv. Divisii St. 34, Prof., tel. (7232)25-32-70

Alyona N. Loginovskaya

East Kazakhstan State Technical University after D. Serikbayev, 070004 Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk c., Protozanov St., 69, Ph.D., Assoc. Prof., senior lecturer, department of geodesy, land management and cadastre, tel. (7232)28-94-16, e-mail: loginovskaja@bk.ru

It is looked the questions of geological history, age of left bank net of Irtysh. It was given the characteristic of gidrological regimes changes of mix waters of left tributary in the basin high Irtysh.

Key words: network, hydrophysical network, conditions, estimation, river nutrition source, hydrological conditions.

Республика Казахстан относится к числу вододефицитных. Система Зайсан – Иртыш является крупнейшей речной системой Республики Казахстан, поэтому понятен к ней интерес специалистов разных направлений. К сожалению, река оказалась в настоящее время трансграничной, со всеми вытекающими последствиями. Уже сейчас, по данным гидропоста в пос. Буран, безвозвратный отъем воды Китаем составляет два миллиона кубометров в год. Возможно, это обстоятельство послужило причиной снижения уровня воды в Зайсанской части Бухтарминского водохранилища на три метра. Что ждет систему Зайсан – Иртыш через 100–500 и далее лет? Чтобы прогнозировать будущее системы, надо знать закономерности ее развития в прошлом, и на этом основании разрабатывать программы природопользования на будущее.

За более чем столетнюю историю изучения гидрографической сети Юго-Западного Алтая были решены основные проблемы. Было доказано, что структурный план речных систем консервативен, то есть не изменился, по крайней мере, с олигоцена до наших дней. В работах И.С. Чумакова, Ю.П. Селиверстова, В.С. Ерофеева и др. приводится обширный доказательный материал [1, 3, 4, 8, 10]. До сих пор остаются дискуссионными вопросы возраста и происхождения речных систем Юго-Западного Алтая.

История левобережных притоков тесно связана с происхождением и возрастом р. Иртыша. В раннем и начале позднего палеозоя между Сибирским и Казахским материками, по представлениям Л.Б. Зоненшайна, располагаются Иртыш-Зайсанский, Джунгарский и др. океанические бассейны [5]. В них накапливаются мощные вулканогенно-осадочные толщи, будущая земная твердь Алтая. К концу намюра от океанических бассейнов сохраняется на какое-то время остаточный реликтовый морской бассейн. Его положение маркируется распространениями морских отложений в полосе от с. Белая Церковь через р. Кокпеты, р. Буконь, сопку Чекельмес в Зайсанской впадине и Кендерлыкскую структуру. Эти отложения перекрываются толщей песчаников и алевролитов с конгломератами, местами угленосными растительными остатками (рис. 1).

На остальной территории возникла земная кора Алтая в виде суши. От палеоокеанов остается шовная зона. Возможно, это современная Иртышская зона смятия. Во второй половине каменноугольного периода это понижение в рельефе, названное Н.Б. Кассиным Иртышским понижением, также было приемником стока [6]. Эта зона картируется небольшими месторождениями углей и углепроявлений от р. Алей до р. Малоубинка. В основании угленосных отложений залегают конгломераты. Возможно, рельеф был достаточно высоким и расчлененным. Значительная часть той океанской коры, скорее всего, была переработана в зонах субдукции.

Судя по угленосности, влажность была достаточной, а это предполагает наличие речного стока во внутренние области стока. За поздний карбон и пермь герцинский рельеф и реки были трансформированы эрозией и денудацией.

В триасе Саур-Тарбагатай испытывает быстрое поднятие, которое распространяется и на блок Калбы. Формируется новый мезозойский рельеф и мезозойские реки. По мнению Н.Б. Кассина, одновременно начинает формироваться

речная сеть будущего Калбинского нагорья, по-видимому, Иртышское понижение остается базисом стока.

О возможной древности речных долин Калбы можно предполагать по следующим фактам. Долины хорошо разработаны, а речные водотоки небольшие. Речные долины имеют сложную конфигурацию, множество мелких притоков, участки перехватов русел. На рис. 2 и 3 приведены гидрогеологические разрезы через долины рек Кызылсу и Уланка.

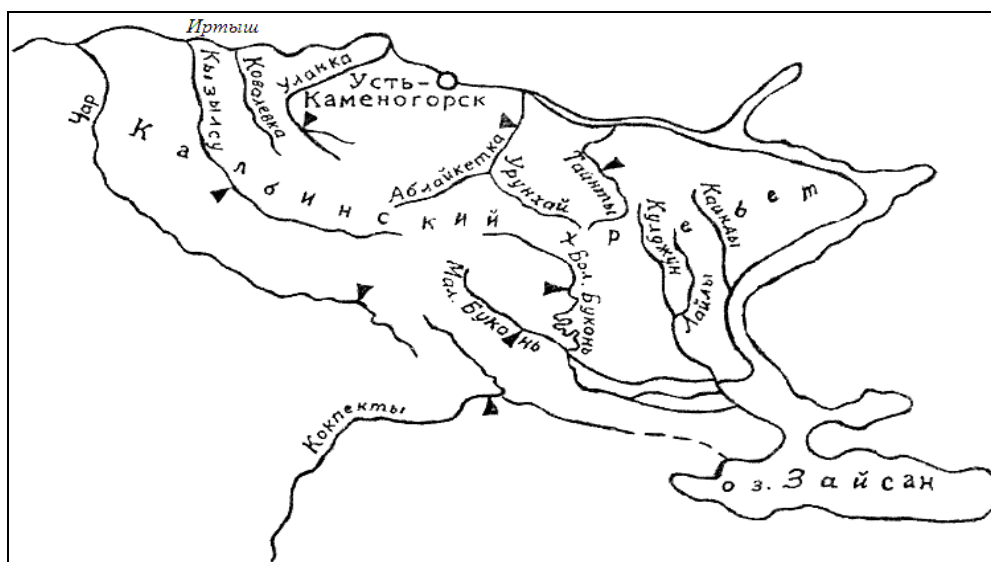


Рис. 1. Орографическая схема территории водосборного бассейна левобережных притоков р. Иртыша

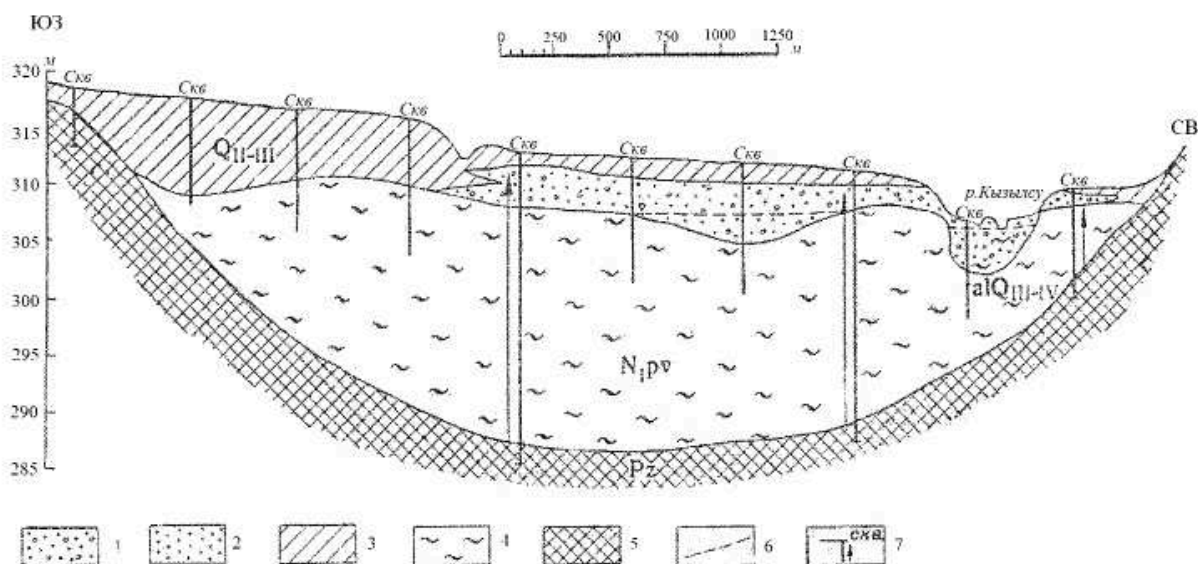


Рис. 2. Гидрогеологический разрез долины р. Кызылсу в створе с Чалобай (составил В.И. Белянин):

1 – гравийно-галечные отложения, участками заглинизированные; 2 – песок; 3 – суглинок с обломками коренных пород; 4 – глина с обломками коренных пород; 5 – палеозойские породы; 6 – уровень подземных вод; 7 – пьезометрические уровни по скважинам

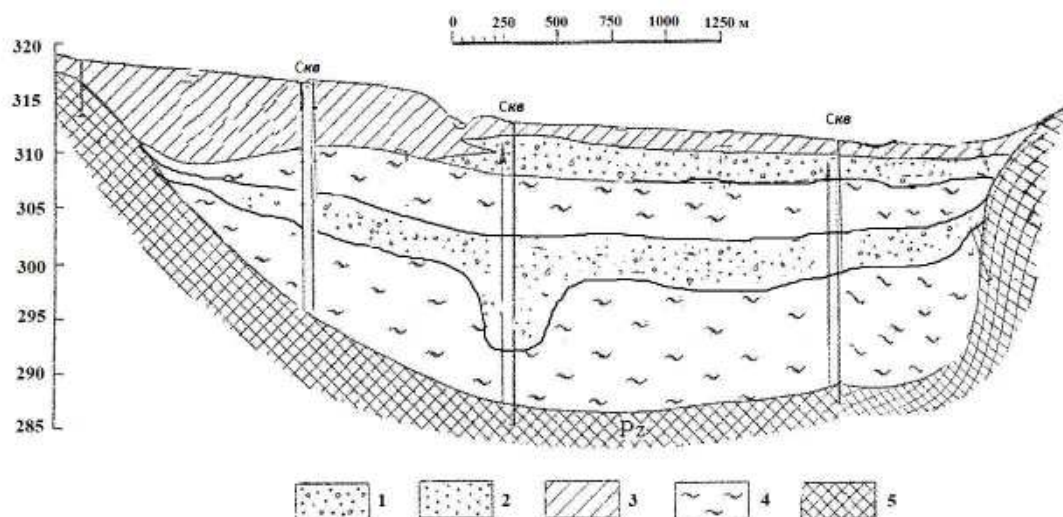


Рис. 3. Гидрогеологический разрез через долину р. Уланка в створе дачного поселка

1 – гравийно галечные отложения, участками заглинизированные; 2 – песок; 3 – суглинок с обломками коренных пород; 4 – глина с обломками коренных пород; 5 – палеозойские породы

По мнению Н.Б. Кассина, возраст красно-бурых глин, заполняющих как долины рек, так и ложбины стока, открытых в сторону долины р. Иртыша, имеют возраст от юрского до мелового времени.

Постепенно возникающая гипсометрическая разность между описываемой территорией и расположенными севернее блоками будущей Западно-Сибирской низменности начала обеспечивать общий сток на север по Иртышскому понижению. А.В. Гольберт считает, что в триасе и ранней-средней юре в пределах седиментационной области Западно-Сибирской плиты в это время существовал еще довольно контрастный эрозионно-тектонический рельеф, а Урал и Алтай-Саянская складчатая область представляли собой, по-видимому, горные сооружения с абсолютными отметками до 1 000–2 000 м. Сибирская платформа и Казахская складчатая страна, видимо, были высокими, холмистыми плоскогорьями [9]. Только в поздней юре, когда родилось Западно-Сибирское море, а в конце мела – Кулундинский прогиб, сформировались окончательно условия для стока вод по Иртышскому понижению. По-видимому, так родилась долина р. Иртыша, сама р. Иртыш. По мере роста Алтайского свода за счет попятной эрозии сформировались все его притоки.

Реки Тайнты, Аблайкетка, Уланка, Кызылсу формируют свой сток на северных склонах Калбинского нагорья. На южном склоне Калбинского хребта берет начало р. Кызылсу, также впадающая в р. Иртыш слева, и речки Кулуджун, Каинды, Большая и Малая Буконь, стекающие в Зайсанскую впадину. Река Чар, хотя и течет большую часть своего пути в северном направлении, но своими верховьями располагается на южных склонах Калбинского нагорья.

Водный режим реки, или закономерное изменение во времени характеристик водности, во многом определяется величиной и соотношением источников питания рек. Нами для определения источников питания рек Калбинского нагорья принят метод К.П. Воскресенского. Для определения источников питания рек исследуемой территории было построено в общей сложности 32 гидрографа для р. Большая Буконь (с. Джумба), р. Малая Буконь (с. Малая Буконь), р. Аблайкетка (с. Самсоновка), р. Кокпекты (с. Кокпекты), р. Чар (с. Николаевка), р. Тайнты (с. Огнёвка), р. Уланка (с. Уланское), р. Шигилек (с. Шигилек) за средние, максимальные и минимальные по водности годы. Анализ результатов показывает, что для рек данной территории главным источником питания является снеговое питание. Доля снегового питания в среднем составляет 52,8–78,8 %. На втором месте по значимости стоит грунтовое питание, его доля составляет 15,1–33,8 % соответственно. Доля дождевого питания составляет 6,1–13,4 %.

В результате анализа можно сделать вывод, что внутригодовое распределение стока рек Калбинского нагорья характеризуется растянутым весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года, когда сток составляет 83,5 % (р. Большая Буконь – с. Джумба), 82,8 % (р. Кокпекты – с. Кокпекты), 74,7 % (р. Уланка – с. Уланское), 67,2 % (р. Аблайкетка – с. Самсоновка), 74,5 % (р. Тайнты – с. Огнёвка), 80,3 % (р. Шигилек – с. Шигилек), 85,1 % (р. Кызылсу – с. Остиковка), 82 % (р. Чар – с. Николаевка), 88,9 % (р. Малая Буконь – с. Малая Буконь), 71,2 % (р. Сибинка – с. Алгабас).

Наблюдается сравнительно высокая осенняя межень, когда сток составляет 10,6 % (р. Большая Буконь – с. Джумба), 11 % (р. Кокпекты – с. Кокпекты), 10,4 % (р. Уланка – с. Уланское), 17,3 % (р. Аблайкетка – с. Самсоновка), 15,7 % (р. Тайнты – с. Огнёвка), 9 % (р. Шигилек – с. Шигилек), 11,8 % (р. Кызылсу – с. Остиковка), 11,8 % (р. Чар – с. Николаевка), 6,1 % (р. Малая Буконь – с. Малая Буконь), 12,6 % (р. Сибинка – с. Алгабас).

Зимний сток изменяется от 5,9 % (р. Большая Буконь – с. Джумба), 6,2 % (р. Кокпекты – с. Кокпекты), 14,9 % (р. Уланка – с. Уланское), 15,5 % (р. Аблайкетка – с. Самсоновка), 9,8 % (р. Тайнты – с. Огнёвка), 10,7 % (р. Шигилек – с. Шигилек), 3,1 % (р. Кызылсу – с. Остиковка), 6,2 % (р. Чар – с. Николаевка), 5 % (р. Малая Буконь – с. Малая Буконь), 16,5 % (р. Сибинка – с. Алгабас). Начало половодья приходится на начало апреля и марта. Продолжительность половодья составляет в среднем 106–119 дней. Водность рек в межень различна: средние модули меженного стока изменяются: 10,2 л/(с·км²) р. Б. Буконь – с. Джумба, л/(с·км²) р. Кокпекты – с. Кокпекты, 1,80 л/(с·км²) р. Уланка – с. Уланское, 2,86 л/(с·км²) р. Аблайкетка – с. Самсоновка, л/(с·км²) р. Тайнты – с. Огнёвка, 6,90 л/(с·км²) р. Шигелек – с. Шигелек, л/(с·км²) р. Кызылсу – с. Остиковка, 2,48 л/(с·км²) р. Чар – с. Николаевка.

Характеристики годового стока левобережных притоков верхнего Иртыша за многолетний период приведены в таблице.

Характеристики годового стока левобережных притоков верхнего Иртыша за многолетний период [2]

Река – пункт	Расход воды, м ³ /с	Модуль стока, л/(с км ²)	Слой стока, мм	Коэффициент вариации
р. Б. Буконь – с. Джумба	6,95	10,2	321	0,39
р. Тайнты – с. Огневка	5,44	-	-	0,33
р. Уланка – с. Уланское	1,80	1,80	57	0,46
р. Сибинка – с. Алгабас	2,47	-	-	0,99
р. Аблайкетка – с. Самсоновка	4,58	2,86	90	0,39
р. Шигилек – с. Шигилек	1,52	5,90	1,86	0,45
р. Кокпекты – с. Кокпекты	3,29	-	-	0,62
р. Кызылсу – с. Остиковка	1,68	-	-	0,59
р. Чар – с. Николаевка	4,52	2,48	78,0	0,40
р. М. Буконь – с. М. Буконь	1,19	-	-	0,68

Анализ показывает, что водность р. Б. Буконь у с. Джумба составляет 10,2 л/(с·км²), а р. Уланка у с. Уланское 1,80 л/(с·км²), р. Аблайкетка у с. Самсоновка 2,86 л/(с·км²), р. Шигилек у с. Шигилек 5,90 л/(с·км²), р. Чар у с. Николаевка 2,48 л/(с·км²) [2].

Хронологические графики и разностные интегральные кривые годового стока левобережных притоков р. Иртыша представлены на рис. 4. Анализ показывает, что многолетним колебаниям стока р. Большая Буконь свойственна отчетливо выраженная цикличность. В ходе годового стока отчетливо проявляется 2-3- и 4-5-летняя цикличность, внутривековые циклы длительностью 8 и более лет.

В ходе стока р. Большая Буконь за 1958–2007 гг. можно выделить шесть полных внутривековых циклов: 1958–1963, 1964–1971, 1972–1982, 1983–1990, 1991–1999, 2000–2007 гг. с продолжительностью 6, 8, 11, 8, 9 и 8 лет соответственно.

Таким образом, средняя продолжительность внутривекового цикла для р. Большая Буконь за исследуемый период составила 8,3 лет. Средние цикловые расходы составили 7,93; 9,03; 6,86; 8,08; 6,25 и 7,54 м³/с соответственно. Последний цикл оказался приближенный к среднему по водности, а предшествующий – самым маловодным из всего ряда наблюдений. Средний многолетний расход р. Большая Буконь в замыкающем створе за период наблюдений равен 7,53 м³/с.

Наиболее высокие годовые расходы р. Большая Буконь за анализируемый период наблюдались в 1958, 1966, 1971, 1990 и 2001 г. (13; 15,6; 13,5; 11,9

и 14,9 м³/с соответственно). Годами повышенной водности являются также 1960, 1988, 1991, 1994 и 2007 г. Можно считать, что исследуемый период относится к нисходящей ветви предыдущего векового цикла водности 1991–1999 гг. и к восходящей ветви цикла водности, начало которого приходится на интервал 2000–2007 гг.

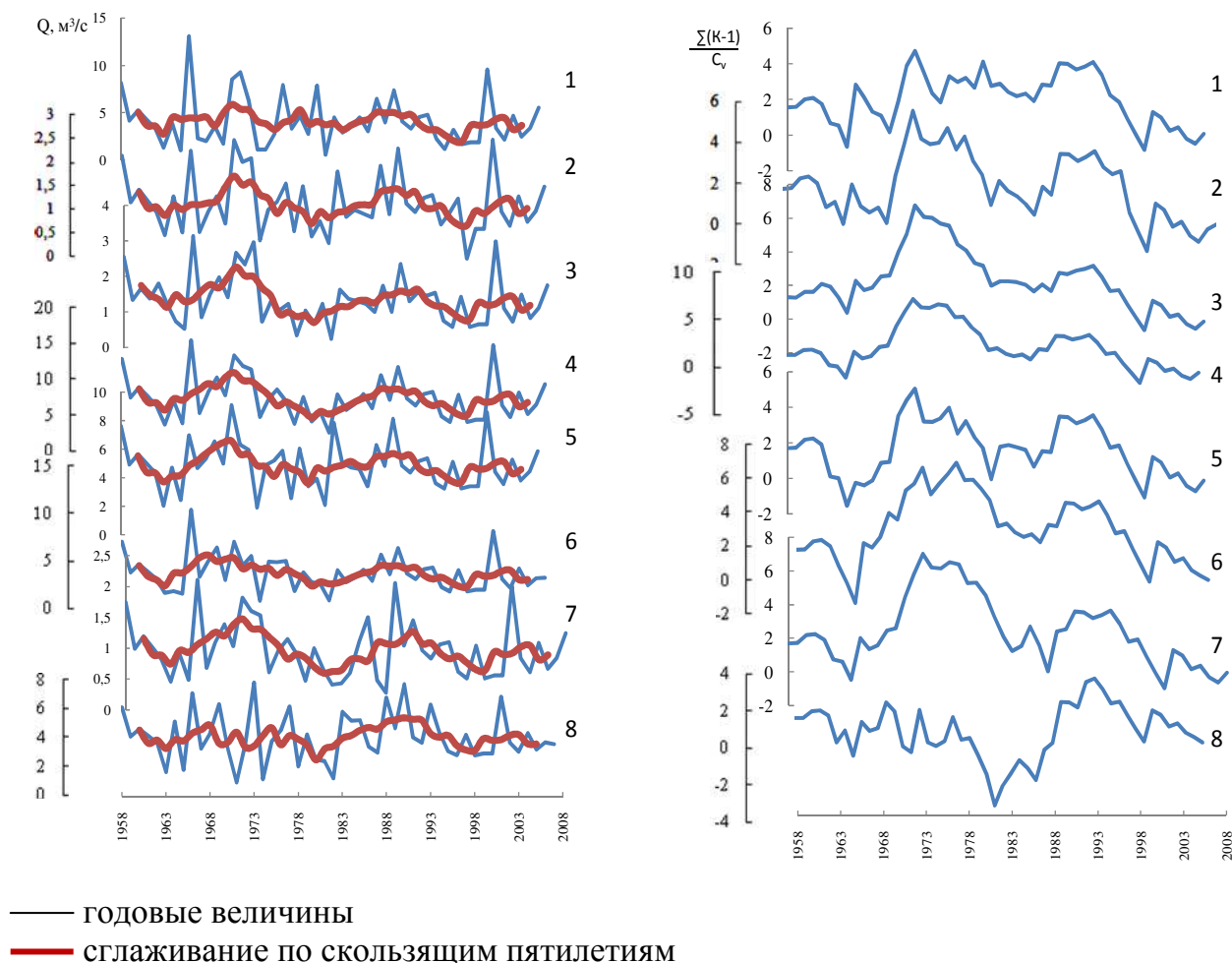


Рис. 4. Многолетние колебания и разностные интегральные кривые годового стока левобережных притоков р. Иртыша:

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1 – р. Кокпекты – с. Кокпекты; | 5 – р. Тайнты – с. Огневка; |
| 2 – р. Шигилек – с. Шигилек; | 6 – р. Аблайкетка – с. Самсоновка; |
| 3 – р. Малая Буконь – с. Малая Буконь; | 7 – р. Уланка – с. Уланское; |
| 4 – р. Большая Буконь – с. Джумба; | 8 – р. Чар – с. Николаевка |

Колебания стока р. Тайнты – с. Огневка в общих чертах близки колебаниям стока р. Большая Буконь у с. Джумба. В ходе стока р. Тайнты можно выделить также шесть циклов, за период 1958–2007 гг.: 1958–1963, 1964–1971, 1972–1982, 1983–1990, 1991–2000, 2001–2007 гг. с продолжительностью 6, 8, 11, 8, 10 и 7 лет соответственно.

Средняя продолжительность циклов составила 8,3 лет. Среднецикловые расходы равны 5,95; 5,61; 4,4; 5,63; 4,18 и 5,14 м³/с соответственно. Наиболее высокие годовые расходы р. Тайнты за анализируемый период наблюдались в 1958, 1966, 1971, 1983, 1990 и в 2001 г. (7,66; 7,01; 9,12; 7,89; 8,15 и 14,9 м³/с соответственно). Средний многолетний расход р. Тайнты у с. Огнёвка за период наблюдений составил 4,92 м³/с.

В ходе стока р. Кокпекты – с. Кокпекты можно выделить 6 циклов: 1958–1962, 1963–1972, 1973–1982, 1983–1990, 1991–1998, 1999–2007 гг. Продолжительностью циклов составила 8,3 лет. Наиболее низкие годовые расходы р. Тайнты за анализируемый период наблюдались в 1965, 1974, 1975, 1982 и 1996 гг. (1,06; 1,11; 1,11; 0,57 и 1,2 м³/с соответственно). Средний многолетний расход р. Кокпекты составил 4,13 м³/с.

В ходе стока р. Кызылсу в 1958–2007 гг. можно выделить 6 циклов: 1958–1962; 1963–1974; 1975–1982; 1983–1987; 1999–1996, 1997–2007 гг. с продолжительностью 5, 11, 8, 5, 9 и 11 лет соответственно. Средняя продолжительность циклов составила 8,2 лет. Средний многолетний расход р. Кызылсу у с. Остиковка за период наблюдения составил 1,74 м³/с.

Выявленные закономерности многолетнего хода годового стока рек в целом характерны для всех рассматриваемых левобережных притоков р. Иртыша с учетом их различий в высотном положении, экспозиции и других местных особенностей.

Палеографический анализ поведения гидротермических особенностей и изменения геосистем показывает, что направленная аридизация и похолодание, начавшееся в позднем эоцене, будут направленно продолжаться и дальше. За последние 7 млн. лет среднегодовые температуры понизились с +20 °С до +2 °С, количество осадков на равнинах понизилось с 1 500 до 220 мм, а в горах несколько увеличилось до 1 500–2 000 мм [7]. За этот промежуток времени прошло остепнение, уменьшение водности рек, исчезновение некрупных рек, особенно левобережных. Медленные, постепенные изменения компонентов геосистем приведут к их смене через 100–1 000 лет, уменьшению водности рек, к еще большему остепнению. Радикальные изменения в состоянии геосистем внес сам человек за последние 400 лет, осваивая природные ресурсы левобережья. Лес вырубался для строительства, на топливо, освобождались площади под посевы. Поэтому можно предположить, что малые левобережные реки не будут достигать р. Иртыша и со временем отомрут.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бувалкин А.К. Юрские отложения Восточного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1978.
2. Гидрологические ежегодники рек бассейна Оби и Иртыша, 1954-2008 гг. (материалы фонда ВК ЦГМ).
3. Геология СССР. Восточный Казахстан, т. 41, ч. 1, под. ред. Нехорошева В.П. – М.: Недра, 1967.
4. Ерофеев В.С. Геологическая история южной периферии Алтая в палеогене и неогене. – Алма-Ата: Наука, 1969.

5. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Моралев В.М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. – М.: Недра, 1976.
6. Кассин Н.Г. Материалы по палеогеографии Казахстана. – Алма-Ата, 1947.
7. Михайлова Н.И. Ретрогностический анализ и прогноз развития геосистем Юго-Западного Алтая. // Материалы междунар. научно-практ. конф. «Глобализация: противоречия, проблемы и перспективы», ч. IV. – Усть-Каменогорск, 2004.
8. Селиверстов Ю.П. Основные этапы формирования рельефа Алтая. // Материалы по геологии и полезным ископаемым Алтая и Казахстана. Нов. сер. Вып. 33. – Л., 1960.
9. Гольберт А.В. Основы региональной палеоклиматологии. – М.: Недра, 1987.
10. Чумаков И.С. Кайнозой Рудного Алтая. – М.: Наука, 1965.

Получено 18.08.2011

© Н.И. Михайлова, А.Н. Логиновская, 2011

УДК 502

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ НА ОСНОВЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭКОЛОГИИ

Михаил Абрамович Креймер

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат экологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования СГГА, тел. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

В статье приведен анализ распределения химических элементов и показана их роль в техносфере и биосфере. Представлено различие биогеохимических закономерностей между ними. Обосновано совершенствование управления природопользованием на основе биогеохимических принципов. Подчеркнута новая роль экономики природопользования по управлению биогенной миграцией атомов 3-го рода.

Ключевые слова: биогеохимические процессы, интеграция классификаций, управление природопользованием.

NATURE MANAGEMENT IMPROVEMENT ON THE BASIS OF BIOCHEMICAL PROCESSES IN ECOLOGY

Mikhail A. Krejmer

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Assoc. Prof., department of ecology and nature management SSGA, tel. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

Analysis of chemical elements distribution and their role in technosphere and biosphere are presented. The difference between their biochemical laws is shown. Improvement of nature management on the basis of biochemical processes is substantiated. The new role of environmental economics in managing biotic migration of 3rd genus atoms is underlined.

Key words: biochemical processes, classifications integration, nature management

Деятельность человека, государства и цивилизации видоизменяется по мере увеличения спектра используемых химических элементов и на их основе создаются новые вещества и технологии. Если использование химических элементов планеты не отличает нас от объектов биосферы, то создание новых технологий и веществ (химических соединений, сплавов), изменяет окружающий мир. Потенциальные биогеохимические возможности человечества представлены в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева.

Помимо освоения новых периодов, система химических элементов надстраивается экологическими группами. Так, в справочнике Дж. Эмсли [1] наряду с физико-химическими характеристиками приведена и экологическая распространенность в природных средах, биологическая роль, геологические запасы и фактические объемы добычи. В докладе рабочей группы Международной комиссии по радиологической защите по условному человеку приведено распределение 51 химического элемента по отдельным органам и тканям [2]. Гео-

химические аспекты окружающей среды изложены в двух монографиях [3] и [4]. В работе [3] рассмотрен химический состав объектов биосферы: литосферы, атмосферы, гидросферы, почвы и растений. В работе [4] – состав используемых и выбрасываемых веществ в окружающую среду по техногенным системам: окружающей среде городов, сельскохозяйственным и горнопромышленным территориям. В учебном издании Г.Г. Шалминой и Я.Б. Новоселова [5] обсуждается необходимость и возможность эколого-геохимической оценки на основе химических элементов для формирования безопасной жизнедеятельности. Деятельность гигиены окружающей среды направлена на контроль по содержанию ингредиентов в среде обитания человека в продуктах питания, при превышении которых должны соблюдаться обязательные технико-экономические мероприятия.

В.И. Вернадский [Цит. по: 6, с. 37] предложил классификацию по 6 группам, учитывая распространенность химических элементов и их доступность для технологического применения. А.В. Бгатов [7] предложил классификацию химических элементов, обосновывающую их этапную роль в эволюции жизни на Земле. Проведенное нами объединение классификаций В.И. Вернадского и А.В. Бгатова позволило получить новую общую методическую схему по совершенствованию научных основ регулирования биогеохимической деятельности человека как ведущего экологического фактора в биосфере. Подразумевается, что объединение классификации об эволюционных закономерностях и классификации по возможности природопользования позволит совершенствовать управление природопользованием на основе биогеохимических процессов в экологии.

Важным методологическим положением является то, что при решении экологических проблем необходимо руководствоваться биогеохимической классификацией химических элементов, которые для общества в целом являются ступеньками прогресса, а для человека – фактором роста и размножения. В табл. 1 представлена роль химических элементов с точки зрения ресурсной освоенности и эволюционной функции. Содержательный анализ этой таблицы позволил конкретизировать экологические задачи и сформулировать социально-экономические алгоритмы по их решению.

Благородные газы (аргон, гелий, криптон, ксенон, неон). Биогенная роль не определена. Имеют широкое промышленное и медицинское применение. Санитарно-гигиенические нормативы отсутствуют, хотя имеются отдельные исследования о санитарно-токсикологических свойствах. Не установлен биогеохимический круговорот.

Благородные металлы (золото, иридий, осмий, палладий, платина, родий, рутений). По классификации А.В. Бгатова золото относится к группе брэйнг-элементов, а осмий – к группе агрессивных элементов. Промышленное и медицинское применение имеют отдельные химические элементы. Потенциально токсичными микроэлементами по классификации микроэлементозов являются золото и палладий. Имеются ориентировочно безопасные уровни воздействия на человека в атмосферном воздухе только для платины и рутения.

Таблица 1

Классификация элементов для регулирования
биогеохимической деятельности

Группа	Благородные газы	Благородные металлы	Циклические элементы	Рассеянные элементы	Сильно радиоактивные элементы	Элементы редких земель
Число элементов	5	7	44	11	7	15
Процент от общего числа элементов (92)	5,44	7,61	47,82	11,95	7,61	16,30
Абсолютная масса элементов в земной коре, т	10^{14}	10^{12}	$2 \cdot 10^{19}$	10^{16}	10^{15}	10^{16}
Процент от общей массы земной коры	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$	99,8	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$
Перво-элементы			H, C, N, O, P, S			
Макро-элементы			K, Na, Ca, Mg, Cl, Si,			
Эссенциальные микроэлементы			Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Se, Mo, Co, F	I		
Условно эссенциальные микроэлементы			As, Ni, V, Cd, (Pb),	Br, Li		
Брэйн-элементы		Au	Sn, Tl, Te, Ge	Ga		
Нейтральные			Al, Ti, Rb			
Конкуренты			Ba, Sr	Cs		
Агрессивные		Os	Hg, Be, Bi			
Перспективные элементы, определяющие миграцию атомов 3-го рода	He, Ne, Ar, Kr, Xe	Ru, Rh, Pd, Ir, Pt	B, Zr, Ag, Sb, Hf, W, Re	Sc, Rb, Y, Nb, In, Ta,	Po, Rn, Ra, Ac, Th, Pa, U	La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu

Циклические элементы (азот, алюминий, барий, бериллий, бор, ванадий, висмут, водород, вольфрам, гафний, германий, железо, кадмий, калий, кальций, кислород, кобальт, кремний, магний, марганец, медь, молибден, мышьяк, натрий, никель, олово, рений, ртуть, свинец, селен, сера, серебро, стронций, сурьма, таллий, теллур, титан, углерод, фосфор, фтор, хлор, хром, цинк, цирконий). Это основная группа химических элементов, определяющая состояние биосферы и человека. По мнению А.В. Бгатова, элементы выполняют биогенную роль первоэлементов, макроэлементов, эссенциальных микроэлементов, условно эссенциальных микроэлементов и брэйи-элементов. В число циклических элементов входят абиогенные: нейтральные (алюминий, титан), конкуренты (барий, стронций) и агрессивные (бериллий, висмут, ртуть). В то же время не определена биогенная роль следующих циклических элементов: бор, вольфрам, гафний, рений, серебро, сурьма и цирконий.

По классификации, определяющей микроэлементозы, важнейшими эссенциальными микроэлементами являются: селен, молибден, медь, цинк, хром, марганец, кобальт, железо; условно эссенциальными являются: кремний, мышьяк, ванадий, никель, фтор, бор. К группе токсичных относятся: бериллий, висмут, ртуть, барий, алюминий, кадмий; к группе условно токсичных – таллий, теллур, олово, титан, серебро, вольфрам, цирконий. Не определена роль в образовании микроэлементозов следующих химических элементов: гафний, германий, рений, стронций, сурьма. При этом следующие химические элементы являются основными каркасными для биосферы: натрий, калий, магний, кальций, углерод, водород, кислород, азот, хлор, фосфор, сера.

Рассеянные элементы (бром, галлий, индий, иттрий, йод, литий, ниобий, рубидий, скандий, тантал, цезий). Биогенные функции определены: для йода – эссенциальный; брома, лития – условно эссенциальные; галлия – брэйи-элемент; рубидия – нейтральный. Для цезия, индия, иттрия, скандия, тантала и ниобия не определена биогенная роль и не установлена роль образования микроэлементозов.

Практически для всех циклических и рассеянных элементов изучены санитарно-токсикологические свойства и имеются санитарно-гигиенические нормативы. В соответствии с этими регламентами осуществляют использование природных ресурсов, организацию малоотходной технологии и мероприятия по охране окружающей среды.

Сильно радиоактивные элементы (актиний, полоний, протактиний, радий, радон, торий, уран). Для этих химических элементов не определена в полной мере биогенная функция и роль в образовании микроэлементозов. Практически для всех элементов этой группы имеются сведения о санитарно-токсикологических свойствах, имеются нормативы для радиоактивных веществ, но отсутствуют санитарно-гигиенические нормативы для химических соединений.

Элементы редких земель (гадолиний, гольмий, диспрозий, европий, иттербий, лантан, лютеций, неодим, празеодим, прометий, самарий, тербий, тулий, церий, эрбий). Для этих химических элементов не определена биогенная функция и

роль в образовании микроэлементов. Практически для всех элементов этой группы имеются неполные сведения о санитарно-токсикологических свойствах и отсутствуют санитарно-гигиенические нормативы.

Элементы, не вошедшие в классификацию В.И. Вернадского (америций, астат, берклий, калифорний, кюрий, лоуренсий, менделевий, нептуний, нильсборий, нобелий, плутоний, технеций, фермий, франций, эйнштейний). Преимущественно характеризуются очень редкой встречаемостью или искусственным образованием. Для некоторых химических элементов (астат, плутоний, технеций) изучены токсические свойства.

Каждый химический элемент формирует самостоятельный предмет исследования, а некоторая их группа – объект исследования. В совокупности они образуют область дисциплины и вид деятельности – экологию и природопользование.

Наряду с анализом геохимических групп в аспекте биогенной роли, приведенной в табл. 1, нами было рассмотрено биогеохимическое различие между биосферой и техносферой [8, С. 188–192]. В качестве методического приема использована работа В.И. Вернадского о материально-вещественном отличии живых естественных тел биосферы от ее косных естественных тел [9, С. 70–77]. В ней В.И. Вернадский привел сравнение косных и живых естественных тел по 16 признакам, отражающих миграцию атомов 1-го и 2-го рода. Наше дополнение включает миграцию атомов 3-го рода.

Анализ приведенных 16 отличий (табл. 2) позволяет сделать следующие выводы об экологии и природопользовании в технико-экономической системе.

Таблица 2

Биогеохимическое различие биосферы и техносферы

Биосфера	Техносфера
1. Преимущественно используются первоземные элементы (водород, углерод, кислород, азот, сера, фосфор), частично макроэлементы (калий, натрий, кальций, магний, хлор, кремний)	1. Использование и контроль не только циклических элементов, но и создание технологии по использованию рассеянных, редких и радиоактивных элементов
2. Химические вещества используются для роста и размножения	2. Новые химические вещества используются для создания средств производства, обеспечивающих экстенсивный рост населения и развитие цивилизации
3. Естественный отбор. Число рождающихся организмов каждого вида больше, чем возможности пропитания территории. Конкуренция и выживание наиболее приспособившихся обуславливают оптимизацию биоразнообразия. Численность особей не увеличивается	3. Социальная солидарность. Защита материнства и детства, консолидированная помощь инвалидам и пенсионерам обуславливают наличие в обществе населения с медицинскими ограничениями к трудовой деятельности и низкой социальной активностью. Численность населения увеличивается

Продолжение табл. 2

Биосфера	Техносфера
<p>4. Используемые первоэлементы являются продуктами питания (электролиты). Используемые макроэлементы и эссенциальные микроэлементы находятся в окружающей среде в биологическом оптимуме. Отсутствие перво- и макроэлементов на отдельных территориях ограничивает существование флоры и фауны</p>	<p>4. Человек производит, применяет и выбрасывает в окружающую среду химические вещества, не пригодные для питания растений, отдельных насекомых и животных. Тем самым трофические циклы не образуются. Для сохранения здоровья человека разрабатываются санитарно-гигиенические нормативы для всех веществ и создается санитарно-техническое оборудование (газопылеочистка, очистка сточных вод)</p>
<p>5. Отходы жизнедеятельности не образуются, а являются продуктами питания и специфического потребления другими представителями сообщества</p>	<p>5. Отходы жизнедеятельности человека не могут использоваться другими представителями из-за химической, биологической и радиационной опасности, поэтому уничтожаются. Отходы производства образуются: – при добыче одного химического элемента из руд, обогащении и физико-химическом рафинировании; – при сжигании органического топлива, содержащего различные химические элементы, которые с золой уноса и шлаком загрязняют окружающую среду; – использование изделий приводит к образованию твердых бытовых и промышленных отходов и захоронению на специальных полигонах</p>
<p>6. Не все рассеянные и редкие элементы в биосфере играют известную существенную роль в экологических циклах</p>	<p>6. Роль редких и рассеянных химических элементов как спутников жизнедеятельности человека возрастает по мере расширения техногенеза. Редкие и рассеянные элементы могут нести новые биологические свойства для организма человека и менять социальные аспекты поведения человека в обществе. Из-за своей малой естественной распространенности в окружающей среде химических элементов 3-го рода необходимо совершенствование принципов санитарной стандартизации и гигиенического нормирования</p>

Биосфера	Техносфера
7. Стихийная концентрация редких и рассеянных элементов приводит к гибели объектов биосферы	7. Наличие геохимических аномалий является благоприятным условием экономического и социального процветания популяции людей. Привлечение агрономических методов приводит к созданию искусственных барьеров на пути токсического действия высоких концентраций элементов 3-го рода
8. Известны и описаны биогеохимические циклы для углерода, азота, кислорода, серы, фосфора	8. Новые и видоизмененные биогеохимические циклы по отдельным группам химических элементов могут предопределять эволюцию общественно-экономических формаций. Возможность вовлечения элементов 3-го рода в техногенную деятельность детерминирует формирование новых экономических условий жизни
9. Круговорот химических элементов происходит автономно друг от друга	9. Круговорот одних химических элементов является экономическим фактором для организации круговорота других химических элементов
10. Биосфера обеспечивает очистку атмосферного воздуха и воды водоемов перед использованием их компонентов объектами флоры и фауны	10. Государство не имеет технико-экономических возможностей общепланетарной очистки атмосферного воздуха и воды водоемов. Человек является вторичным пользователем воды водоемов и атмосферного воздуха после объектов биосферы
11. Биогеохимические циклы, трофические цепи и метаболизм организмов не образуют «тупиковых» циклов круговорота химических элементов и их соединений в окружающей среде	11. В результате промышленной деятельности образуются отходы, которые захораниваются от дальнейшего участия в биогеохимических процессах
12. Биологические формы жизни на Земле адекватны природно-климатическим условиям и биогеохимическим особенностям территории, поэтому распространение форм жизни на Земле ограничено	12. Практически вся поверхность суши и дна морей и океанов содержит скопления химических соединений, которые при соответствующем развитии технологии становятся полезными ископаемыми. В результате этого вся территория Земли становится техносферой и временным или постоянным местом проживания человека

Биосфера	Техносфера
<p>13. Биосферные процессы с учетом естественного отбора и природно-климатических ограничений обеспечивают устойчивое развитие. Продолжительность устойчивого развития на Земле определяется геологическими и солнечно-земными связями</p>	<p>13. Устойчивое развитие возможно в интересах одного государства за счет других государств посредством перераспределения вещества и энергии. Продолжительность устойчивого развития определяется социально-экономической терпимостью населения стран-доноров.</p>
<p>14. Для устойчивого развития биосферы концентрация химических элементов должна находиться в физиологическом оптимуме</p>	<p>14. Для устойчивого развития общества концентрация химических элементов должна находиться выше уровня рентабельной технологии и (или) ниже санитарно-гигиенических нормативов</p>
<p>15. Нет необходимости экономических отношений, так как творящее существо гибнет, если нарушает физико-химические закономерности</p>	<p>15. Человек творчески подходит к физико-химическим процессам и становится единоличным собственником продукции, производства, цены, политики, предавая этому свое экономическое объяснение</p>
<p>16. Для изучения геохимических аспектов биосферы применимы алгоритмы, предложенные Ю. Одумом с дополнением специфической трансформации атомов 1-го и 2-го рода [10]:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) потоки энергии преимущественного внешнего источника; 2) пищевые цепи в виде миграций атомов 1-го и 2-го рода; 3) структура пространственно-временного разнообразия, определяемая экологическими факторами; 4) круговороты питательных элементов (биогеохимические круговороты); 5) развитие и эволюция; 6) управление (кибернетика) 	<p>16. Для регулирования биогеохимической деятельности человека целесообразно воспользоваться алгоритмами Ю. Одума с дополнением специфической трансформации атомов 3-го рода [10]:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) потоки энергии преимущественного внутреннего источника; 2) пищевые цепи для человека по критерию безопасности и качества, наряду с ними – технологические цепи по миграции атомов 3-го рода; 3) структура пространственно-временного разнообразия, наряду с ограничениями по экологическим факторам, расширяется благодаря экономическим возможностям; 4) круговороты питательных и промышленных элементов (биогеохимические круговороты); 5) развитие и эволюция полноценно здорового человеческого общества; 6) управление в обществе на основе известных параметров токсикометрии

Не только рост использования в количественном отношении, но и расширение перечня химических элементов свидетельствуют о появлении новой формы миграции атомов 3-го рода и зависимости будущих алгоритмов управления системой «человек и биосфера» от теоретических основ регулирования биогеохимической деятельности по критерию сохранения биосферы и здоровья человека. Роль химических элементов 3-го рода изучена мало [11, С. 37–75], хотя, по нашему мнению, эта классификация определяет содержание экологической политики государства.

Классическое содержание экологии, токсикологии, гигиены, учения о микроэлементах, профессиональных заболеваний, отдаленных последствиях в онтогенезе в настоящее время нуждается в интеграции на основе знаний о биогеохимической миграции атомов 3-го рода и алгоритмах принятия управленческих решений, отличающихся от известных для атомов 2-го рода.

В геологическое время возникла система биогеохимических циклов химических элементов, характеризующихся различной скоростью и участием в эволюции биосферы. В историческое время была интенсифицирована система биогеохимических циклов химических элементов 1-го и 2-го рода. С технизацией общества интенсифицируется система биогеохимических циклов элементов 3-го рода.

Миграция атомов 1-го и 2-го рода, интенсифицированная человеком, имеет общие биогеохимические закономерности с биосферой. Миграция атомов 3-го рода будет существенно отличаться от известных в биосфере и, тем самым, формировать новый перечень экологических проблем.

Рассмотренные биогеохимические процессы определяют предмет управления природопользованием в границах установленных экологических закономерностей. Знание пределов природных процессов, представляемых в виде экологического районирования, в некоторых случаях не согласовывается с границами, установление которых предусмотрено российскими кодексами (водный, лесной, градостроительный и пр.).

Территориальная привязка объектов хозяйственной деятельности человека осуществляется как экологическая и кадастровая процедура. Биосферосовместимость хозяйственной деятельности должна проводиться с учетом известных биогеохимических процессов, сформировавшихся в геологическое время, и процессов, получивших развитие в историческое время. В табл. 3 приведены научные основы по совершенствованию механизмов техносферы на основе биогеохимических принципов. Модели согласования на основе миграции атомов 1-го и 2-го рода существенно отличаются от миграции атомов 3-го рода. В историческое время увеличилась техногенная миграция атомов 1-го и 2-го рода, что привело к изменению структуры биологического разнообразия с доминированием человека, сельскохозяйственных растений и животных.

Совершенствование природопользования
на основе биогеохимических принципов

Время и механизмы	Биогеохимические принципы В.И. Вернадского		
	1	2	3
1. Геологическое	Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению	Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы	С криптозой заселение планеты должно было быть максимально возможное для всего живого вещества, которое тогда существовало
2. Историческое	Техногенная миграция атомов регулируется человеком	Техногенная миграция атомов приводит к нарушению экологических закономерностей в биосфере	Изменяется структура биологического разнообразия с доминированием человека, сельскохозяйственных растений и животных
Миграция атомов	Содержание экономики природопользования		
Атомы 1-го и 2-го рода	Создание технических средств снижения загрязнения окружающей среды	Районирование природопользования по экологическим, антропогенным и техногенным интересам	Регулирование численности населения и экономической деятельности в отдельных природных комплексах
Атомы 3-го рода	1) разработка систем инженерного регулирования процессов перехода химических элементов из одного цикла в другой; 2) обоснование уровня технико-экономических затрат на регулирование биогеохимических циклов в техносфере	3) изучение порогов, при которых возможны переходы химических элементов между природными, техногенными и антропогенными циклами; 4) снижение опасности химических элементов за счет изменения физико-химических свойств и перевод в инертные вещества	5) нормирование предельно допустимого содержания химических элементов 3-го рода в объектах окружающей среды с учетом отдаленных последствий и специфических функций в организме человека

Биосферосовместимость для химических элементов 1-го и 2-го рода практически достигнута за счет технических решений и экономических расходов, благодаря которым не нарушаются состояние здоровья человека и биологическое разнообразие биосферы. Устойчивость биосферы обусловлена биологическим разнообразием, число показателей которых значительно превышает возможность построения экономико-математических моделей. Показатели состояния здоровья человека также многогранны и дифференцированы, как гигиенические, медицинские, социальные и пр. В обществе они представлены в виде государственных институтов, обеспечивающих социальную защищенность населения. Экономические расходы могут быть направлены только на регулирование той части циклов, которая является материальным производством. Экономическое регулирование природными процессами маловероятно, или они могут осуществляться в очень короткий отрезок времени, после чего наступает экологический кризис. Все государства мира едва ли обладают такой суммой финансовых средств.

Для управления биогенной миграцией атомов 3-го рода необходимо новое содержание экономики природопользования. Определяющую роль должны играть не объемы вовлеченных в хозяйственный оборот химических соединений, а физико-химические свойства веществ, которые могут изменить биологическое разнообразие, неустойчивое в экосистеме. Это может привести к эволюции биосферы в поисках устойчивости и образованию биогеохимических процессов, представляющих опасность для здоровья человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эмсли Дж. Элементы: пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.
2. Человек. Медико-биологические данные (Публикация № 23 Международной комиссии по радиологической защите) / Коллектив авторов; пер. с англ. – М.: Медицина, 1977. – 496 с.
3. Белоус А.А. и др. Геохимия окружающей среды / А.А. Белоус, Л.И. Грабовская, Н.В. Тихонова. – М.: Недра, 1976. – 248 с.
4. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саев, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
5. Шалмина Г.Г., Новоселов Я.Б. Безопасность жизнедеятельности Эколого-геохимическая и эколого-биохимическая основы: учебное пособие. – Новосибирск: Сибирская академия государственной службы, Новосибирская государственная медицинская академия, Сибирская государственная геодезическая академия, 2002. – 433 с.
6. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высш. шк. – 1989. – 528 с.
7. Бгатов А.В. Биогенная классификация химических элементов // Философия науки. – 1999 – № 2(6). – С. 80–90.
8. Креймер М.А. Биогеохимическое различие биосферы и техногенеза как основа экономики природопользования // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 3. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. Ч. 1: сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апреля 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 188–192.
9. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. – М.: Наука, 1980. – 320 с.

10. Одум Ю. Основы экологии / пер. с англ.; изд. под ред. и предисл. д-ра биол. наук Н.П. Наумова. – М.: Мир, 1975. – 740 с.

11. Янин Е.П. Экологическая геохимия и проблемы биогенной миграции химических элементов 3-го рода // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. – М.: Наука, 2003.

Получено 12.08.2011

© *М.А. Креймер, 2011*

ХРОНИКА

ИТОГИ РАБОТЫ ДИССЕРТАЦИОННЫХ СОВЕТОВ В 2010 ГОДУ

THE RESULTS OF DISSERTATION COUNCILS WORK IN 2010

Подведены итоги работы диссертационных советов при Сибирской государственной геодезической академии в 2010 году.

В диссертационном совете Д 212.251.01 успешно прошли защиты:

- докторской диссертации **Айрапетяна Валерика Сергеевича** «Совершенствование методов создания ИК-лидарных систем на основе нелинейно-оптических кристаллов для исследований атмосферных газов» по специальности 01.04.05 «Оптика», выполненной на кафедре физики СГГА. Консультант: д-р техн. наук В.В. Чесноков;

- кандидатской диссертации **Шелкового Дениса Сергеевича** «Разработка и исследование принципов построения и схемы оптического трехспектрального пирометра» по специальности 05.11.07 «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы», выполненной на кафедре оптико-электронных приборов СГГА. Научный руководитель: канд. техн. наук В.М. Тымкул;

- кандидатской диссертации **Корнеева Владимира Станиславовича** «Разработка и исследование оптических магнитоуправляемых микромеханических устройств» по специальности 01.04.05 «Оптика», выполненной на кафедре физики СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук В.В. Чесноков;

- кандидатской диссертации **Бродникова Александра Федоровича** «Разработка и исследование миниатюрных ампул реперных точек для эталонных мер температуры» по специальности 05.11.15 «Метрология и метрологическое обеспечение», выполненной на кафедре метрологии, стандартизации и сертификации СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук В.Я. Черепанов.

В диссертационном совете Д 212.251.02 успешно прошли защиты:

- кандидатской диссертации **Ашраф Абдель Ванис Абдель Мавла Бешр** (гражданина Египетской Арабской Республики) «Разработка и совершенствование технологий определения деформаций инженерных сооружений с помощью современных высокоточных геодезических способов и средств измерений» по специальности 25.00.32 «Геодезия», выполненной на кафедре инженерной геодезии и информационных систем СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук Г.А. Уставич;

- кандидатской диссертации **Басаргина Андрея Александровича** «Разработка методики пространственного моделирования деформаций и осадок фундаментов зданий и сооружений по результатам геодезических измерений» по специальности 25.00.32 «Геодезия», выполненной на кафедре инженерной геодезии и информационных систем СГГА. Научный руководитель: канд. техн. наук А.Г. Неволин;
- кандидатской диссертации **Стефаненко Николая Ивановича** «Совершенствование системы геодезического мониторинга арочно-гравитационной плотины Саяно-Шушенской ГЭС» по специальности 25.00.32 «Геодезия», выполненной на кафедре инженерной геодезии и информационных систем СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук А.П. Карпик;
- кандидатской диссертации **Гордиенко Антонины Сергеевны** «Разработка методики использования вейвлет-преобразования для обработки космических снимков высокого и среднего разрешения при мониторинге лесных массивов» по специальности 25.00.34 «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия», выполненной на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук А.П. Гук;
- кандидатской диссертации **Йехиа Хассан Мики Хассан** (гражданина Египетской Арабской Республики) «Обработка разновременных разномасштабных аэрокосмических снимков для выделения изменений при мониторинге территорий» по специальности 25.00.34 «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия», выполненной на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук А.П. Гук;
- кандидатской диссертации **Бударовой Валентины Алексеевны** «Технология автоматизированной обработки результатов геодезического обеспечения 3D сейсморазведки в Западной Сибири» по специальности 25.00.32 «Геодезия», выполненной на кафедре астрономии и гравиметрии СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук А.И. Каленицкий;
- кандидатской диссертации **Гринь Григория Анатольевича** «Методические решения и технологическая реализация комплексного геодезического контроля подводных переходов магистральных трубопроводов» по специальности 25.00.32 «Геодезия», выполненной на кафедре инженерной геодезии и информационных систем СГГА. Научный руководитель: канд. техн. наук П.П. Мурзинцев;
- кандидатской диссертации **Белоносова Андрея Юрьевича** «Методика дешифрирования космических снимков для картографирования нефтеперспективных геоструктур (на примере Курганской области)» по специальности 25.00.34 «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия», выполненной на кафедре астрономии и гравиметрии СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук А.И. Каленицкий;
- кандидатской диссертации **Адьяна Александра Арсеновича** «Разработка методов использования космических изображений для оценки инженер-

но-геологических условий горных районов» по специальности 25.00.34 «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия», выполненной на кафедре космического мониторинга ГОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии». Научный руководитель: д-р геол.-минерал. наук А.Т. Зверев;

- кандидатской диссертации **Лазерко Марии Михайловны** «Совместная обработка материалов аэрокосмических и наземных съемок для создания 3D моделей городских территорий» по специальности 25.00.34 «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия», выполненной на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук А.П. Гук.

В диссертационном совете Д 212.251.04 успешно прошли защиты:

- кандидатской диссертации **Малыгиной Олеси Игоревны** «Разработка земельно-информационной системы на территорию субъекта Российской Федерации (на примере Новосибирской области)» по специальности 25.00.26 «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель», выполненной на кафедре кадастра СГГА. Научный руководитель: канд. техн. наук В.А. Середович;

- кандидатской диссертации гражданина Республики Казахстан **Беристенова Алимбека Тайнигазиновича** «Совершенствование земельно-оценочных работ для управления земельными ресурсами» по специальности 25.00.26 «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель», выполненной на кафедре кадастра СГГА. Научный руководитель: д-р техн. наук В.Н. Москвин.

Все вышеуказанные диссертационные работы получили положительную оценку Экспертных советов, утверждены ВАК, их авторам присвоены соответствующие ученые степени.

Редакция журнала искренне поздравляет авторов, руководителей и консультантов выполненных научных исследований и надеется на плодотворное сотрудничество.

(По материалам отчетов
председателей диссертационных советов
Д 212.251.01, Д 212.251.02, Д 212.251.04)

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

ANNIVERSARIES



1 мая 2011 г. исполнилось 65 лет заведующему кафедрой экономики землеустройства и недвижимости СГГА, доценту, кандидату исторических наук Гагарину Анатолию Ивановичу.

А.И. Гагарин родился на Алтае, в семье учителя и рано начал производственную деятельность: рабочим, трактористом, мастером ремонтного цеха, позднее механиком, капитаном речного судна, освобожденным председателем профкома Новосибирского пароходства, зам. директора Института повышения квалификации работников энергетики. Высшее образование получил в Новосибирской высшей партийной школе. Интерес к экономике и ее путям развития реализовался в кандидатской диссертации, которую он защитил в 1984 г.

В СГГА Анатолий Иванович работает с 1997 г., в 1999 г. избран и до настоящего времени является заведующим кафедрой экономики землеустройства и недвижимости, ставшей выпускающей в академии и одной из ведущих в этой области в вузах г. Новосибирска.

Инициатор открытия специальностей экономического профиля, природопользования, недвижимости, машиностроения, а в 2009 г. – инноватики. В 2005 г. становится профессором СГГА, активно развивает актуальное научное направление «природопользование».

Автор около 60 научных и научно-методических работ, читает ряд лекционных курсов по экономике и инноватике, руководит подготовкой аспирантов, активно участвует в организации межвузовских семинаров и конференций, общественной жизни академии и города.

29 августа 2011 г. исполнилось 65 лет Попову Анатолию Михайловичу, кандидату технических наук, профессору, заведующему кафедрой кадастра и геоинформационных систем Тюменского государственного нефтегазового университета.

А.М. Попов хорошо известен специалистам сибирских регионов как один из основоположников кадастровых работ в г. Тюмени и Тюменской области, активный участник и организатор многих совещаний и конференций в рамках МА «Сибирское соглашение» и АСДГ, а в последние годы – как научный работник, заведующий кафедрой одного из крупнейших вузов Западной Сибири, являющимся устойчивым партнером нашей академии.

А.М. Попов – выпускник Военно-Инженерной академии им. В.В. Куйбышева, подполковник запаса, имеет десять правительственных наград, Почетный геодезист РФ.



Редакция журнала сердечно поздравляет юбиляров, желает благополучия и творческих успехов!

УДК 004:349.4171.418:336.22

**ОБ ИТОГАХ РАБОТЫ СЕМИНАРА
«ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА
НЕДВИЖИМОСТИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И СИСТЕМЫ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ЕДИНОГО ГЕОПРОСТРАНСТВА»**

Дмитрий Андреевич Ламерт

Территориальное управление Росреестра по НСО, 630082, Россия, г. Новосибирск, ул. Дачная, 60, заместитель руководителя Территориального управления Росреестра по НСО, кандидат экономических наук, тел. (383)328-15-60, e-mail: u54@r54.kadastr.ru

**THE SEMINAR WORK RESULTS
«INFORMATION INTERCHANGE BETWEEN THE STATE PROPERTY
CADASTRE, URBAN DEVELOPMENT GIS AND TAXATION SYSTEM WITHIN
THE UNIFORM GEOSPACE»**

Dmitry A. Lamert

Novosibirsk region Rosreestr territorial board, 630082, Russia, Novosibirsk, Dachnaya St., 60, Deputy director Novosibirsk region Rosreestr territorial board, Ph.D., tel. (383)328-15-60, e-mail: u54@r54.kadastr.ru

В рамках VII Международной выставки и научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2011» 19–29 апреля 2011 г. участниками семинара «Информационное взаимодействие государственного кадастра недвижимости, информационных систем обеспечения градостроительной деятельности и системы налогообложения недвижимости на основе единого геопространства» стали представители государственной власти, органов местного самоуправления, профессиональные участники рынка кадастровой деятельности. На семинаре обсуждались узловые вопросы информационного взаимодействия органов кадастрового учета и регистрации со смежными службами в современных условиях.

Федеральный закон от 24.07.2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» (далее «Закон о кадастре») определяет государственный кадастр недвижимости как федеральный государственный информационный ресурс. В широком смысле информационный ресурс – это совокупность данных, организованных для эффективного получения достоверной информации. Ключевыми принципами кадастра являются общедоступность и достоверность его сведений, взаимообмен данными с другими государственными информационными ресурсами.

Закон о кадастре предусматривает особую форму получения и предоставления кадастровой информации, информационное взаимодействие с органами государственной власти и органами местного самоуправления через обмен электронными документами и сведениями. Целями такого взаимодействия являются, с одной стороны, возможность внесения в кадастр недвижимости сведений, которыми располагают органы государственной власти или местного

самоуправления, с другой стороны – обеспечение возможности использования этими органами самоуправления актуальных сведений кадастра для выполнения возложенных на них функций.

Примером организации информационного взаимодействия является совместная деятельность органов кадастрового учета и налоговых органов в рамках администрирования земельного налога. Нормативными актами, административными механизмами определены порядок обмена сведениями о земельных участках признаваемых объектов налогообложения по земельному налогу, в том числе: состав и форматы передаваемых сведений, периодичность передачи. Устраняются расхождения в классификаторах адресов в информационных системах путем организации совместного ведения Классификатора адресов России (КЛАДР). В целом развивается положительный опыт, являющийся хорошим примером продуманного и эффективного взаимодействия.

Отметим, что при администрировании земельного налога необходима унификация системы адресов объектов недвижимости в КЛАДР с адресными реестрами органов местного самоуправления. Проблемой является взимание земельного налога с земельных участков, занятых многоквартирными жилыми домами, что связано со сложностью определения размера долей в праве общей долевой собственности на такие земельные участки у собственников помещений в многоквартирном доме.

Имеют место серьезные проблемы в организации информационного взаимодействия органов кадастрового учета с другими органами государственной власти и местного самоуправления. В частности, установленные «Законом о кадастре» и подзаконными актами состав и периодичность предоставления кадастровых сведений (ежеквартально в форме кадастровых карт без характеристик земельных участков) не позволяют этим органам эффективно использовать информацию при осуществлении ими полномочий по разработке градостроительной документации, а также по распоряжению земельными участками и землями государственной и муниципальной собственности.

С другой стороны, в органы кадастрового учета практически не поступает информация об установленных охранных зонах, территориальных (градостроительных) зонах, об административных границах субъектов Российской Федерации, муниципальных образований и населенных пунктов, являющихся важным фактором правового режима земель. На сегодняшний день на территории Новосибирской области в кадастр недвижимости внесены сведения всего о 53 охранных зонах, причем источником сведений о них являлись не органы власти, а правообладатели зонообразующих объектов. Сведения о территориальных зонах в орган кадастрового учета вообще не передавались. Источники данной проблемы видятся не в нежелании органов власти участвовать в информационном взаимодействии, а, прежде всего, в сложности механизмов такого взаимодействия, в использовании различных систем координат, в необходимости нести дополнительные затраты, например, на проведение мероприятий землеустройства,

в отсутствии у органов власти специального программного обеспечения, позволяющего выгружать информацию в требуемые форматы обмена данных.

Отдельно следует отметить, что из процесса информационного взаимодействия фактически исключены основные профессиональные участники кадастровых отношений – кадастровые инженеры. Предоставляемая им сегодня кадастровая информация в форме кадастровых планов территорий ни по форме, ни по содержанию не соответствует установленной «Законом о кадастре» технологии проведения кадастровых работ. Вместе с тем, от качества предоставляемой кадастровым инженерам информации напрямую зависит качество результатов кадастровых работ, а, значит, и качество кадастровой информации.

Во исполнение решений Правительства РФ по созданию многофункциональных центров предоставления государственных и муниципальных услуг (МФЦ), возникает потребность организации доступа к информационному ресурсу сотрудников МФЦ, содержащему кадастровые сведения и сведения государственного реестра прав. Для сотрудников МФЦ, осуществляющих прием заявлений и документов на кадастровый учет и государственную регистрацию прав, в целях ускорения кадастровых и регистрационных действий, необходимо предусмотреть полномочия по вводу соответствующей информации в информационную систему государственного кадастра недвижимости и единого государственного реестра прав.

Участниками семинара разработаны следующие предложения.

1. Государственный кадастр недвижимости есть основа единого геоинформационного пространства, ключевой источник сведений для мероприятий, связанных с государственным и муниципальным управлением земельными ресурсами, оборотом недвижимого имущества, планированием использования земель и налогообложения. В связи с этим должны быть оптимизированы механизмы информационного взаимодействия с другими органами государственной власти и местного самоуправления. Форматы, состав, периодичность и условия получения кадастровой информации должны соответствовать функциям органов местного самоуправления. Параллельно с этим, должны быть максимально упрощены процедуры передачи сведений от органов власти в орган кадастрового учета, особенно в части сведений об охранных зонах и территориальных зонах. Реализация подобных мероприятий обеспечит не только развитие и улучшение условий для деятельности органов власти и местного самоуправления, повышения качества государственных и муниципальных услуг, но и станет одним из показательных шагов на пути модернизации общества, органов государственной власти и местного самоуправления.

2. В отношении определенных категорий пользователей кадастровой информации, прежде всего кадастровых инженеров и многофункциональных центров предоставления государственных и муниципальных услуг (МФЦ), должна быть реализована на практике предусмотренная законом о кадастре возможность организации доступа к информационному ресурсу, содержащему кадастровые сведения. Для сотрудников МФЦ, осуществляющих прием заявлений

и документов на кадастровый учет и государственную регистрацию прав, требуется предусмотреть полномочия по вводу соответствующей информации в информационную систему государственного кадастра недвижимости и единого государственного реестра прав.

3. С целью обеспечения связи между земельными участками и объектами недвижимости на законодательном уровне должны быть определены порядок присвоения адресов, создана единая для всех ведомств информационная система адресов, определен орган, отвечающий за ее ведение.

Обобщенные замечания и предложения участников семинара направлены в орган нормативно-правового регулирования в сфере кадастровых отношений – Министерство экономического развития Российской Федерации для практического использования.

Получено 11.09.2011

© Д.А. Ламерт, 2011

УДК 378

ИТОГИ ПРИЕМНОЙ КАМПАНИИ 2011 г. В СИБИРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ

Инна Вячеславовна Рязанцева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, директор Центра тестирования и профориентации СГГА, тел. (383)343-37-01

RESULTS OF STUDENTS ENROLLMENT CAMPAIGN 2011 AT SIBERIAN STATE ACADEMY OF GEODESY

Inna V. Ryazantseva

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., director of testing and vocational counseling centre, SSGA, tel. (383)343-37-01

В Сибирской государственной геодезической академии подведены итоги приемной кампании 2011 г. Контрольные цифры приема выполнены полностью. Зачисление абитуриентов на очную форму обучения завершилось в «первую волну», 5 августа.

Приемная кампания проходила в условиях сложной демографической ситуации. В 2011 г. общее количество выпускников школ Новосибирской области составило 12 096 человек, в то время как вузы г. Новосибирска готовы были принять 16 тыс. первокурсников, около половины из них – на бюджетную форму обучения. К тому же, в среднем 20–25 % выпускников школ уезжают поступать в другие регионы. Несмотря на это конкурс по заявлениям в среднем составил 9 человек на место (в 2010 г. аналогичный конкурс составил 10 человек на место). В СГГА за счет средств федерального бюджета на очную форму было выделено 585 мест, что на 56 мест больше, чем в 2010 г. На все специальности и направления подано 4 706 заявлений (в 2010 г. было подано 4 696 заявлений). В этом году в академию пришли высоко мотивированные абитуриенты, в том числе со средним профессиональным образованием.

В итоге конкурсные испытания выдержали и *были зачислены в академию на очную форму*: 743 чел., из них 39 чел. – по целевому набору (в 2010 г. – 64 чел.), 16 чел. – на основании имеющихся льгот (в 2010 г. – 20 чел.), 39 чел. – выпускники Технического лицея при СГГА (в 2010 г. – 45 чел.). Увеличилось количество победителей и призеров Олимпиад школьников: в этом году зачислено 39 чел. (в 2010 г. – 19 чел.). Платное образование на очной форме обучения в академии будут получать 154 чел. (в 2010 г. – 279 чел.).

С введением ЕГЭ была упрощена процедура поступления в Новосибирские вузы выпускников из области и других регионов. Около 80 % подавших заявления в СГГА – не являются жителями г. Новосибирска. Наибольшее количество документов принято от выпускников школ г. Томска, Республики Тыва и Республики Якутия, Алтайского края, Кемеровской, Тюменской областей. В СГГА также увеличилось количество абитуриентов – представителей Казахстана,

Таджикистана, Киргизии и Азербайджана. В результате в академию на очную форму обучения зачислено 460 чел. из Новосибирской области и других регионов России, что составляет 70 % от всего поступившего контингента.

Самые высокие конкурсы традиционно были на направлениях подготовки: «Экономика», «Менеджмент», «Информационная безопасность» и «Землеустройство и кадастры». Возросла популярность направлений «Картография и геоинформатика», «Экология и природопользование», «Геодезия и дистанционное зондирование». Наименее востребованными оказались направления «Опготехника», «Стандартизация и метрология» и «Приборостроение».

На бюджетные места заочной формы обучения на 109 мест было подано 415 заявлений. Общий конкурс в институте дистанционного обучения составил 3,8 человек на место. Здесь традиционно популярны направление «Землеустройство и кадастры» и специальность «Прикладная геодезия».

На очную форму обучения в Техникум геодезии и картографии при СГГА принято 150 человек по направлениям «Прикладная геодезия», «Картография», «Аэрофотогеодезия», «Землеустройство», «Информационные системы». Всего в г. Новосибирске начальное и среднее профессиональное образование в 2011 г. выбрали 4 700 выпускников школ Новосибирской области.

Успешно завершен прием в магистратуру академии: 80 человек были приняты на бюджетные места и 3 – на места с полным возмещением затрат.

Основная трудность приемной кампании по-прежнему связана с возможностью абитуриентов параллельно поступать в несколько учебных заведений. Из 4–5 тысяч абитуриентов более 2/3 уходят в другие вузы. Результаты проведенного нашим Центром тестирования и профориентации анкетирования абитуриентов показали, что для 26 % респондентов выбор учебного заведения определяют родители. В этой связи необходимо активизировать работу с родителями в школах. При опросе нами установлено, что дополнительную информацию о вузе школьникам и их родителям удобнее всего получать: на сайте вуза – 64 %, на «Дне открытых дверей» – 40 %, на индивидуальных консультациях представителями вуза в школе – 17 % (абитуриентам была дана возможность выбрать несколько вариантов ответов). Поэтому важна постоянно корректируемая программа профориентационной работы как академии в целом, так и основных ее учебных структур с целью популяризации специальностей и направлений академии.

Получено 11.09.2011

© И.В. Рязанцева, 2011

ХРОНИКА ОСНОВНЫХ СОБЫТИЙ СГГА

THE CHRONICLE OF MAIN SSGA EVENTS

28 июня.

На Ученом совете СГГА 28 июня 2011 г. были подведены итоги 5-летней международной деятельности академии. Отмечены активно развивающаяся научно-инновационная сфера и ежегодное проведение Международных форумов «ГЕО-Сибирь», «Интерра», «ГЕОМИР».

Представители академии участвуют в работе Международной ассоциации геодезистов (в комиссии № 6), в организации общественно-значимых профессиональных мероприятий в странах ближнего и дальнего зарубежья.

Успешно ведется работа академии по подготовке и переподготовке специалистов для зарубежных стран (Китай, Монголия, Казахстан, Узбекистан и др.), подготовка кандидатов и докторов наук.

Академия добилась высокого уровня организационно-правовой работы со всеми категориями принимаемых зарубежных гостей, студентов и аспирантов.

В СГГА созданы хорошие условия, позволяющие поддерживать контингент иностранных студентов и аспирантов в 120–150 человек.

Важной частью международного сотрудничества стало участие специалистов СГГА в проекте «Темпус» (с 2009 г. по настоящее время) по разработке магистерской программы «Земельно-информационные системы и администрирование», результаты которого приняты к реализации.

Ученый совет постановил одобрить результативную деятельность академии, ее институтов, НИС, МЦО, аспирантуры, кафедры русского языка по основным направлениям международной деятельности, обеспечивающим новое качество работы и ее общественное признание.

На совете были приняты конкретные решения по дальнейшему совершенствованию международной деятельности, активному продвижению бренда СГГА в ближнее и дальнее зарубежье.

28 июля.

В институте геологии и минералогии СО РАН состоялось расширенное заседание президиума Новосибирского отделения Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), на котором СГГА была принята ее коллективным членом. Участие в рамках МАНЭБ в решении актуальных задач современности позволит академии, ее кафедрам и лабораториям выйти на новые горизонты образования, науки и практики. Одним из первых мероприятий для СГГА здесь станет международный семинар по оценке экологических рисков, который пройдет в Израиле в сентябре 2011 г.

31 августа.

Академию посетил полномочный представитель президента РФ в Сибирском Федеральном округе В.А. Толоконский. В соответствии с программой

В.А. Толоконский осмотрел выставку инновационных разработок СГГА для СФО и встретился с коллективом академии.

В.А. Толоконский высоко оценил работу академии по подготовке нужных для Сибирских регионов специалистов, ее активное участие в распределении и закреплении своих выпускников на производстве, отметил укрепляющиеся научно-производственные связи СГГА с крупными компаниями округа: добывающими, энергетическими и промышленными.

В.А. Толоконский пожелал всему коллективу академии успешного завершения работы по преобразованию СГГА в университет инновационного типа.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОДЕЗИЯ

1. <i>А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким.</i> О результатах применения гравиметрии на Западно-Суторминском геодинимическом полигоне	3
2. <i>В.И. Дударев.</i> Уравнивание геодезических сетей по результатам относительных GPS-измерений.....	7
3. <i>Николаас Штудницка, Геральд Зах, Филипп Амон, Мартин Пфеннигбауэр.</i> Высокоточная съемка архитектурных памятников Венеции лазерной системой RIEGL VMX-250.....	16
4. <i>А.А. Струков.</i> Анализ точности определения векторов сверхдлинных базовых линий по результатам GPS-измерений.....	30

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ И ФОТОГРАММЕТРИЯ

5. <i>А. Вигерт, М. Грубер.</i> Применение данных цифровой съемки камерами UltraCam для создания цифровой модели Земли.....	39
6. <i>И.Т. Антипов, Т.А. Хлебникова.</i> Исследования вероятностей оценки точности пространственной аналитической триангуляции	50
7. <i>А.Ю. Чермошенцев.</i> Исследование влияния рельефа местности на точность ортотрансформирования космических снимков сверхвысокого разрешения.....	58
8. <i>С.А. Арбузов.</i> Использование градиентных фильтров для автоматизированного дешифрирования антропогенных объектов	62
9. <i>М.А. Алтынцев.</i> Оценка точности рассчитанных коэффициентов преобразования Tasseled Cap для космических снимков FORMOSAT-2.....	67

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

10. <i>И.М. Данилин, С.С. Иванов.</i> Городские леса и проблема их рекреационного использования	74
11. <i>А.М. Портнов, Е.С. Плюснина, К.А. Карпик.</i> Массовая оценка объектов недвижимости: особенности применения аппроксимирующих функций	83

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

12. <i>Н.И. Михайлова, А.Н. Логиновская.</i> Оценка состояния гидрологической сети бассейна р. Иртыша в Республике Казахстан	88
13. <i>М.А. Креймер.</i> Совершенствование управления природопользованием на основе биогеохимических процессов в экологии.....	97

ХРОНИКА

14. Итоги работы диссертационных советов в 2010 году.....	109
15. Юбилейные даты.....	112
16. <i>Д.А. Ламерт.</i> Об итогах работы семинара «Информационное взаимодействие государственного кадастра недвижимости, информационных систем обеспечения градостроительной деятельности и системы налогообложения на основе единого геопространства».....	114
17. <i>И.В. Рязанцева.</i> Итоги приемной кампании 2011 г. в Сибирской государственной геодезической академии.....	118
18. Хроника основных событий СГГА	120

CONTENTS

GEODESY

1. <i>A.I. Kalenitsky, E.L. Kim.</i> The results of gravimetry application in West-Sutorminsky geodynamic testing area.....	3
2. <i>V.I. Dudarev.</i> Adjustment of geodetic networks by relative GPS-measurements	7
3. <i>Nikolaus Studnicka, Gerald Zach, Philipp Amon, Martin Pfennigbauer.</i> High-accuracy surveying of Venice landmarks by RIEGL VMX-250 laser system.....	16
4. <i>A.A. Strukov.</i> Accuracy analysis of vector super long baselines by the results of GPS-measurements.....	30

SPACE SURVAYING AND PHOTOGRAMMETRY

5. <i>Александр Вигерт, Михель Грубер</i> Application of UltraCam surveying data for the Earth digital model development.....	39
6. <i>I.T. Antipov, T.A. Khlebnikova.</i> Research of probability of space analytical triangulation accuracy estimation.....	50
7. <i>A.Yu. Chermoshentsev.</i> Investigation of relief influence upon the accuracy of very high resolution satellite images orthorectification	58
8. <i>S.A. Arbuzov.</i> Use gradient filters for automatic decoding of anthropogenic objects	62
9. <i>M.A. Altyntsev.</i> Accuracy assesment of calculated correlation coefficients of Tasseled Cap transformation for FORMOSAT-2 imagery	67

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING

10. <i>I.M. Danilin, S.S. Ivanov.</i> Urban forests (stand) and the problem of their recreational use.....	74
11. <i>A.M. Portnov, E.S. Plyusnina, K.A. Karpik.</i> Mass estimation of real estate objects – features of approximating functions application.....	83

ECOLOGY

12. <i>N.I. Mikhailova, A.N. Loginovskaya.</i> Estimation of hydrological network condition of the Irtysh river basin in Kazakhstan	88
13. <i>M.A. Kreymmer.</i> Nature management improvement on the basis of biochemical processes in ecology	97

CHRONICLE

14. The results of dissertation councils work in 2010	109
15. Anniversaries	112
16. <i>D.A. Lamert</i> . The seminar work results «Information interchange between the state property cadastre, urban development GIS and taxation system within the uniform geospace»	114
17. <i>I.V. Ryazantseva</i> . Results of students enrollment campaign 2011 at Siberian State Academy of Geodesy	118
18. The chronicle of main SSGA events.....	120

Правила оформления статей

Журнал «Вестник СГГА» публикует статьи, представляющие научный и практический интерес по современным вопросам наук о Земле, а также оптики, экономики, образования и пр.

Оформление статей, направленных в журнал, должно строго соответствовать приведенным правилам.

1. Статья должна быть представлена в редакцию журнала на одной стороне стандартного листа формата А4, а также в электронном варианте (на электронном носителе CD или по электронной почте: rio.ssga@ssga.ru).

2. Статья должна быть тщательно выверена автором. За достоверность и точность приведенных фактов, цитат, географических названий, собственных имен и прочих сведений несет ответственность автор.

3. Статья должна быть подписана автором (при наличии нескольких авторов – всеми соавторами).

4. К статье прилагаются экспертное заключение о возможности опубликования, рецензия.

5. К статье соискателя, аспиранта обязательно прилагается рецензия научного руководителя.

6. Объем статьи (без информации об авторах), включая таблицы, иллюстративный материал и библиографический список, не должен превышать 10 страниц компьютерного текста (для гуманитарных наук – 16 страниц).

7. Порядок оформления статьи:

– УДК;

на русском и английском языках:

– заголовок;

– сведения об авторах: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, должность, полное название места работы, его почтовый адрес, телефон, адрес электронной почты;

– аннотация статьи;

– ключевые слова.

Далее – основной текст статьи, библиографический список.

8. Текстовый материал должен быть набран на компьютере в формате Word 2003.

9. Кегль (размер) шрифта основного текста статьи – 14 пт, тип – Times New Roman, межстрочный интервал – одинарный.

10. Поля: левое, правое, верхнее и нижнее – по 20 мм, абзацный отступ – 10 мм, выравнивание по ширине.

11. Заголовок статьи набирается прописными буквами (шрифт Arial, кегль – 12).

12. Аннотация и ключевые слова набираются шрифтом Times New Roman, кегль – 12. Аннотация включает характеристику основной темы, проблемы объекта, цели работы и ее результаты. В аннотации указывают, что нового не-

сет в себе данный документ в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению. Средний объем аннотации – не более 500 печатных знаков. Ключевые слова выбираются из текста публикуемого материала.

13. Названия и номера рисунков указываются под рисунками, названия и номера таблиц – над таблицами. Таблицы, схемы, рисунки, формулы, графики не должны выходить за пределы указанных полей.

14. Таблицы и рисунки должны быть помещены в тексте после абзацев, содержащих ссылки на них.

15. Ссылки на литературу помещаются в квадратных скобках.

16. Математические и химические формулы, а также знаки, символы и обозначения должны быть набраны на компьютере (сканированные формулы не принимаются). В формулах относительные размеры и взаимное расположение символов и индексов должны соответствовать их значению, а также общему содержанию формулы.

17. Формулы, набранные в редакторе формул, должны иметь кегль – 14, кегль индексов – 10.

18. Научная терминология, обозначения, единицы измерения, символы, применяемые в статье, должны строго соответствовать требованиям государственных стандартов.

19. В авторском оригинале необходимо пронумеровать страницы по порядку.

20. Не допускается применение выделений в тексте статьи (жирного шрифта, курсива и т. п.), в том числе и в формулах.

21. Иллюстрации, приведенные в статье, должны быть высокого качества, хорошо читаемы и представлены в одном файле с текстом статьи.

22. Не допускается применение фоновых рисунков и заливки в схемах, таблицах.

23. Словесные надписи и числа на иллюстрациях должны иметь размер шрифта 12 пт.

При несоблюдении указанных правил редакция журнала не принимает статью к изданию.

Плата за публикацию статей с авторов не взимается.

Научное издание

**ВЕСТНИК
СГГА**
(СИБИРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ)

Выпуск 2 (15)

Редакторы: *Е.К. Деханова, Е.Н. Ученова*
Компьютерная верстка: *Н.Ю. Леоновой*
Перевод на английский язык: *И.В. Никоновой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.97.
Подписано в печать 27.09.2011. Формат 70x100 1/16.
Печать цифровая.
Усл. печ. л. 10,32. Тираж 1000 экз.
Заказ Цена договорная.
Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГГА
630108, Новосибирск, 108, Плахотного, 10.
Тел. (382) 343-12-55, e-mail: rio.ssga@ssga.ru

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГГА
630108, Новосибирск, 108, Плахотного, 8.