

УДК 528.44

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-1-146-157

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Евгений Ильич Аврунев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (383)344-31-73, e-mail: avrynev_ei@ngs.ru

Выполнение кадастровых работ в отношении объектов недвижимости обуславливает в первую очередь необходимость определения местоположения в территориальном образовании и отражения полученной информации в соответствующих разделах межевого или технического плана. Для решения этой научно-технической задачи в настоящее время используют разнообразные методы создания геодезических построений и различное измерительное технологическое оборудование. Однако отсутствие научно обоснованных требований к точности создания геодезического обоснования и отсутствие методики его построения на местности обуславливает многочисленные проблемы при постановке вновь образованных земельных участков и принадлежащих им объектов капитального строительства на государственный кадастровый учет.

Цель. Предложить технологическую схему передачи системы координат для осуществления градостроительной и кадастровой деятельности в кадастровый квартал территориального образования.

Методы. Теория математической обработки результатов геодезических измерений с элементами математической статистики и метода наименьших квадратов.

Результаты. Предложена технологическая схема, реализация которой позволяет создать вторую ступень геодезического обоснования в кадастровом квартале и оценить точность ее построения.

Ключевые слова: геодезическое обоснование, кадастровый квартал, земельный участок, территориальное образование, метрика геопространства, определяемые пункты, средняя квадратическая ошибка, статистический критерий, математический алгоритм.

Введение

Для выполнения работ по координированию объектов местности для подготовки документов (межевой или технической план), необходимых для постановки на государственный кадастровый учет (ГКУ) и регистрации прав, в кадастровом квартале (КК) территориального образования (ТО) должно быть создано геодезическое построение, позволяющее осуществить соответствующие технологические процедуры [1]. Исходной основой для этого геодезического построения является первая ступень геодезического обоснования (ГО), закрепляющая систему координат на всю территорию ТО и определяющая метрику геопространства, которое необходимо в современных условиях для осуществления градостроительной и кадастровой деятельности [2–9].

К сожалению, в настоящее время при выполнении работ по координированию границ земельных участков (ЗУ) и расположенных на них объектов капитального строительства (ОКС) кадастровыми инженерами используются разнообразные схемы и методы геодезических определений без использования научно обоснованных статистических критериев, определяющих точность выполненных измерений. Данная ситуация определяет вероятность возникновения реестровых ошибок, не позволяющих поставить вновь образованные земельные участки на ГКУ и вызывающих серьезные затруднения при восстановлении утраченных границ ЗУ [10, 11].

Поэтому актуальным направлением развития современных исследований в области геодезического обеспечения землеустроительных и кадастровых работ является разработка научно обоснованных требований и критериев, определяющих требования к схемам создания геодезических построений и позволяющих контролировать точность определения координат на местности [12].

Постановка проблемы

Одной из основных научно-технических задач, требующих своего решения, является разработка технологической схемы передачи координат с исходных пунктов геодезического обоснования, покрывающего все территорию ТО, в кадастровый квартал. Применяемые в настоящее время кадастровыми инженерами схемы геодезических построений характеризуются следующими серьезными недостатками:

- 1) не определены нормативные требования к точности передачи координат в кадастровый квартал, на основании которых необходимо создавать вторую ступень геодезического обоснования;
- 2) отсутствуют требования к точности исходного геодезического обоснования и алгоритм его определения;
- 3) не выполняется анализ стабильности пунктов исходного ГО и, следовательно, метрики геопространства ТО;
- 4) отсутствуют требования к контролю точности выполненного спутникового позиционирования при построении второй ступени геодезического обоснования (при использовании режима RTK);
- 5) не определяется соответствие метрики геопространства физической поверхности Земли в территориальном образовании.

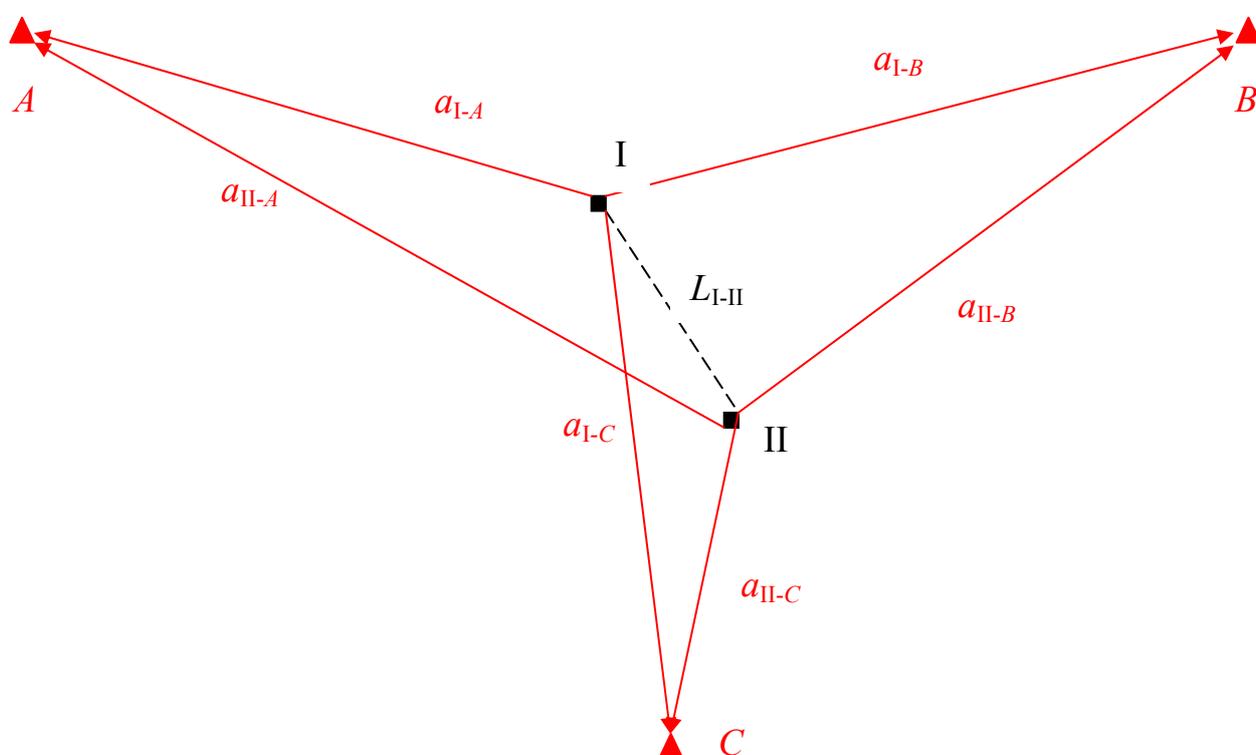
Алгоритм решения проблемы

Решение перечисленных научно-технических задач предлагается осуществить с использованием построения второй ступени геодезического обоснования [11] методом спутникового позиционирования в режиме «статика». В соот-

ветствии с требованиями нормативно-правовых документов в качестве исходных должны использоваться не менее трех пунктов первой ступени геодезического обоснования.

Для контроля точности спутникового позиционирования и возможности использования в случае необходимости наземных измерительных технологий в кадастровом квартале должно быть не менее двух пунктов с наличием между ними прямой оптической видимости. При этом отметим, что для надежного закрепления координатной системы в кадастровом квартале и дальнейшего ее использования при восстановлении утраченных границ ЗУ целесообразно предусматривать закрепление определяемых пунктов с описанием их места расположения и привязкой к твердым контурам местности.

Принципиальная схема такого построения приведена на рис. 1.



-  базовые векторы, полученные в результате применения ГНСС-технологий
-  контрольная длина линии, измеренная наземным измерительным средством
-  исходные пункты геодезического обоснования, созданного в территориальном образовании
-  определяемые пункты второй ступени ГО внутри кадастрового квартала

Рис. 1. Модифицированный лучевой вариант построения второй ступени геодезического обоснования

Наличие базовых векторов относительно трех исходных пунктов позволяет выполнить контроль точности спутникового позиционирования с использованием следующих формул:

$$\Delta_X^{i-j} = \begin{bmatrix} \Delta_{X1} = X_I^A - X_I^B \\ \Delta_{X2} = X_I^A - X_I^C \\ \Delta_{X3} = X_{II}^A - X_{II}^B \\ \Delta_{X4} = X_{II}^B - X_{II}^C \end{bmatrix}; \quad \Delta_Y^{i-j} = \begin{bmatrix} \Delta_{Y1} = Y_I^A - Y_I^B \\ \Delta_{Y2} = Y_I^A - Y_I^C \\ \Delta_{Y3} = Y_{II}^A - Y_{II}^B \\ \Delta_{Y4} = Y_{II}^B - Y_{II}^C \end{bmatrix};$$

$$\Delta_{\text{ИСХ}} = \begin{bmatrix} \Delta_1 = \sqrt{\Delta_{X1}^2 + \Delta_{Y1}^2} \leq t \cdot m_{\text{НОРМ}} \\ \Delta_2 = \sqrt{\Delta_{X2}^2 + \Delta_{Y2}^2} \leq t \cdot m_{\text{НОРМ}} \\ \Delta_3 = \sqrt{\Delta_{X3}^2 + \Delta_{Y3}^2} \leq t \cdot m_{\text{НОРМ}} \\ \Delta_4 = \sqrt{\Delta_{X4}^2 + \Delta_{Y4}^2} \leq t \cdot m_{\text{НОРМ}} \end{bmatrix}; \quad \Delta_{\text{СР}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}} \leq t \cdot m_{\text{НОРМ}}, \quad (1)$$

где $m_{\text{НОРМ}}$ – нормативная средняя квадратическая ошибка (СКО) построения второй ступени геодезического обоснования, которая обусловлена категорией земель, на которых расположено территориальное образование;

t – статистический коэффициент перехода от СКО к предельным значениям и при принятии гипотезы о нормальном характере распределения случайных ошибок измерений с доверительной вероятностью $\beta = 95\%$, принимаемый $t = 2$.

Невыполнение статистического критерия $\Delta_{\text{СР}}$ (1) определяет необходимость принятия следующих гипотез:

- 1) точность спутникового позиционирования не соответствует требованиям нормативных документов;
- 2) исходное геодезическое обоснование (ГО) создано с точностью, которая не соответствует требованиям выполнения работ по координированию объектов недвижимости в кадастровом квартале;
- 3) в силу антропогенного или тектонического воздействия геопространство территориального образования изменило свою метрику;
- 4) метрика геопространства не соответствует физической поверхности Земли, применительно к которой подготовлена проектная документация и возведены объекты капитального строительства.

Проверку выдвинутых гипотез предлагается выполнять в том числе с использованием контрольной длины линии, измеренной наземным измерительным средством L_{I-II} между определяемыми пунктами второй ступени. При этом точность технологического средства, в соответствии с «критерием ничтожного влияния», должна соответствовать следующему условию:

$$m_{\text{ИЗМ}} \leq 0,11 \cdot m_{\text{НОРМ}}; \quad m_{\text{ИЗМ}} = a + b \cdot L_{i-j(\text{км})}, \quad (2)$$

Сравнение контрольной длины линии со своим значением, вычисленным по координатам определяемых пунктов, позволяет сформировать вектор расхождений Δ_i , компоненты которого вычисляются и оцениваются на соответствие нормативным требованиям по следующей формуле:

$$\Delta_i = \begin{bmatrix} \Delta_1 = L_{\text{I-II}} - \sqrt{(X_{\text{I}}^A - X_{\text{II}}^A)^2 + (Y_{\text{I}}^A - Y_{\text{II}}^A)^2} \leq t \cdot m_{\text{НОРМ}} \\ \Delta_2 = L_{\text{I-II}} - \sqrt{(X_{\text{I}}^B - X_{\text{II}}^B)^2 + (Y_{\text{I}}^B - Y_{\text{II}}^B)^2} \leq t \cdot m_{\text{НОРМ}} \\ \Delta_3 = L_{\text{I-II}} - \sqrt{(X_{\text{I}}^C - X_{\text{II}}^C)^2 + (Y_{\text{I}}^C - Y_{\text{II}}^C)^2} \leq t \cdot m_{\text{НОРМ}} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

При невыполнении статистического критерия (3) принимается первая гипотеза и все сеансы спутникового позиционирования выполняются повторно.

Выполнение статистического критерия (3) определяет вероятность соответствия точности спутникового позиционирования установленным нормативно-правовым требованиям и первая гипотеза отклоняется.

Проверку второй гипотезы предлагается выполнять на основании анализа каждого компонента векторов, определяемых на основании уравнения (1). Выполнение соответствующего компонента векторов поставленному условию определяет вероятность того, что между i и j исходными пунктами сохранилось взаимное положение и, следовательно, метрика геопространства в этом месте территориального образования осталась стабильной.

При невыполнении этого критерия между пунктами i и z или z и j с вероятностью $\beta = 0,95$ можно говорить об изменении метрики геопространства в этом месте территориального образования и необходимости выполнения соответствующих технологических операций по его восстановлению.

При выполнении статистического критерия (3) и невыполнении критерия (1) в отношении всех компонентов векторов $\Delta^{\text{ИСХ}}$ принимается гипотеза о несоответствии точности исходного геодезического обоснования нормативно-правовым требованиям координирования. В этом случае необходимо выполнять технологические операции по реконструкции исходного ГО и приводить метрики геопространства в соответствие требованиям задач осуществления градостроительной и кадастровой деятельности.

Если не выполняются статистические критерии (1) и (3), но у компонентов векторов Δ_x и Δ_y одни знаки, то с вероятностью $\beta = 0,95$ следует принять последнюю четвертую гипотезу о несоответствии метрики геопространства физической поверхности Земли.

Проверка этой гипотезы осуществляется на основании следующего алгоритма, основанного на использовании оценки математического ожидания соответствующих векторов по формулам среднего арифметического,

$$M_{\Delta X} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{Xi}}{n}; \quad M_{\Delta Y} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{Yi}}{n}, \quad (4)$$

и вычислении несмещенных векторов Δ_X и Δ_Y по следующим формулам:

$$\Delta_X^{\text{ЦЕНТР}} = \begin{bmatrix} \Delta_{X1} - M_{\Delta X} \\ \Delta_{X2} - M_{\Delta X} \\ \Delta_{X3} - M_{\Delta X} \end{bmatrix}; \quad \Delta_Y^{\text{ЦЕНТР}} = \begin{bmatrix} \Delta_{Y1} - M_{\Delta Y} \\ \Delta_{Y2} - M_{\Delta Y} \\ \Delta_{Y3} - M_{\Delta Y} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Подстановка компонентов несмещенных векторов Δ_X и Δ_Y в уравнение (1) и выполнение этих статистических критериев определяет несоответствие метрики геопространства физической поверхности Земли.

Подтверждением этой гипотезы будет являться выполнение следующего статистического критерия, основанного на принципе «ничтожного влияния»:

$$\Delta_M = \sqrt{M_{\Delta X}^2 + M_{\Delta Y}^2} - \left[L_{1-\Pi} - \sqrt{(X_I^{\text{CP}} - X_{II}^{\text{CP}})^2 + (Y_I^{\text{CP}} - Y_{II}^{\text{CP}})^2} \right] \leq 0,11 \cdot m_{\text{НОРМ}}, \quad (6)$$

где среднее значение координат пунктов второй степени вычисляется по следующим формулам:

$$X_I^{\text{CP}} = \frac{X_I^A + X_I^B + X_I^C}{3}, \quad Y_I^{\text{CP}} = \frac{Y_I^A + Y_I^B + Y_I^C}{3}; \quad (7)$$

$$X_{II}^{\text{CP}} = \frac{X_{II}^A + X_{II}^B + X_{II}^C}{3}, \quad Y_{II}^{\text{CP}} = \frac{Y_{II}^A + Y_{II}^B + Y_{II}^C}{3}.$$

Величина Δ_M является системной компонентой, характеризующей несоответствие метрики геопространства реальным размерам объектов недвижимости на физической поверхности Земли и должна учитываться в градостроительной и кадастровой деятельности.

Для реализации этого положения предлагается ввести следующий критерий:

$$\frac{\Delta_M}{L^{\text{CP}}} = \frac{1}{M}, \quad (8)$$

где L^{CP} – средний размер оцениваемого объекта недвижимости.

Знаменатель системного искажения кадастровой информации позволит оценить достоверность и научную обоснованность созданной налогооблагае-

мой базы, а также соответствие проектной документации ОКС его размерам, полученным в результате координирования.

Для подтверждения гипотезы об изменении метрики геопространства и получения более достоверного значения знаменателя системного искажения M необходимо применение следующей модифицированной схемы, приведенной на рис. 2.

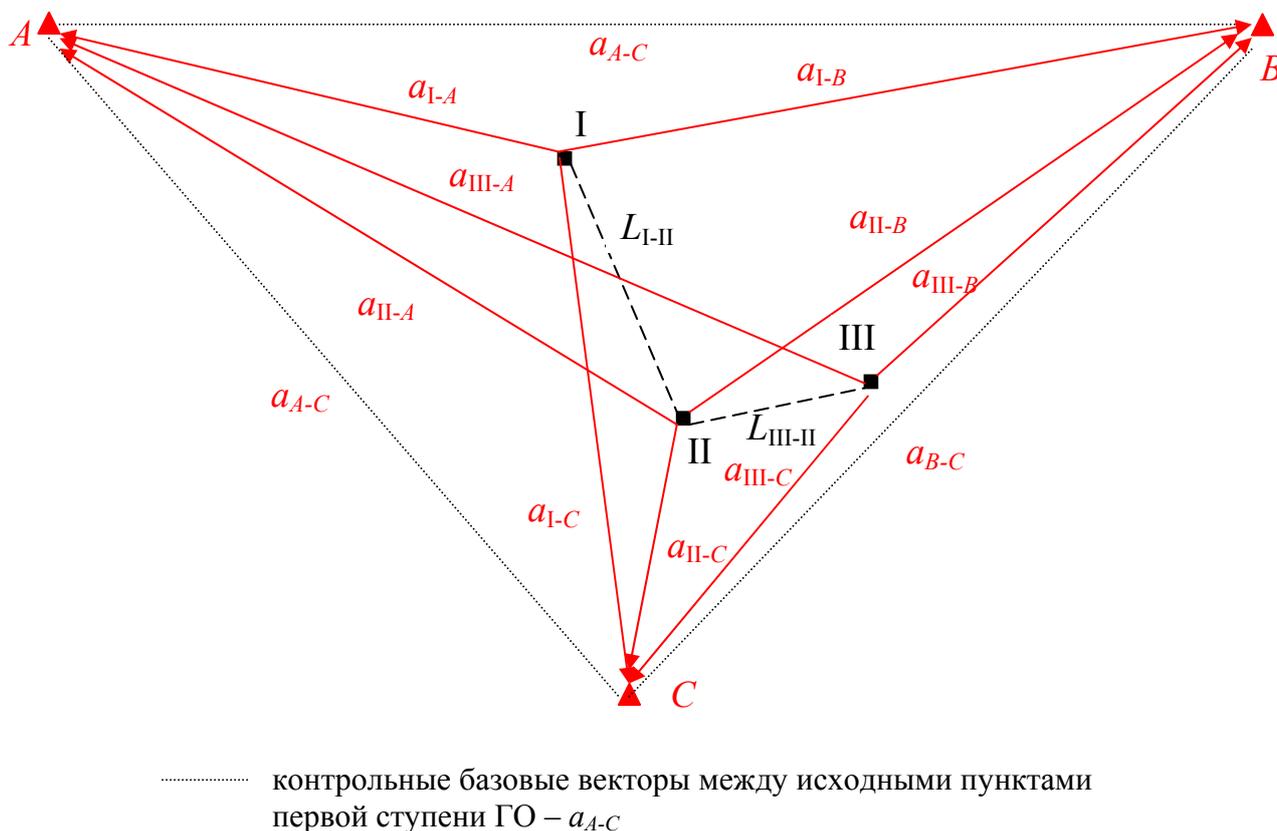


Рис. 2. Модифицированная схема создания второй ступени ГО

При реализации предложенной схемы статистический критерий (6) и соответственно знаменатель системного искажения M следует вычислять с использованием уравнения

$$\Delta_{M_1} = \sqrt{M_{\Delta X}^2 + M_{\Delta Y}^2} - \left[L_{I-II} - \sqrt{(X_I^{CP} - X_{II}^{CP})^2 + (Y_I^{CP} - Y_{II}^{CP})^2} \right];$$

$$\Delta_{M_2} = \sqrt{M_{\Delta X}^2 + M_{\Delta Y}^2} - \left[L_{II-III} - \sqrt{(X_{II}^{CP} - X_{III}^{CP})^2 + (Y_{II}^{CP} - Y_{III}^{CP})^2} \right]; \quad (9)$$

$$\Delta_{M_1} - \Delta_{M_2} \leq 0,11 \cdot m_{НОРМ}; \quad \Delta_{M_{CP}} = \frac{\Delta_{M_1} + \Delta_{M_2}}{2}; \quad \frac{\Delta_{M_{CP}}}{L^{CP}} = \frac{1}{M}.$$

Принятие гипотезы о несоответствии точности исходного геодезического обоснования нормативным требованиям определяет необходимость использования измеренных контрольных базовых векторов между исходными пунктами и выполнение уравнивания второй ступени геодезического обоснования учетом ошибок исходных данных по алгоритму, предложенному Ю. И. Маркузе [13].

При этом проверке на соответствие точности определения контрольных базовых векторов инструментальной точности спутниковых приемников целесообразно выполнить, используя следующий алгоритм:

$$a_{A-B} + a_{B-C} + a_{C-A} \leq t \cdot m_{\text{ГНСС}}. \quad (10)$$

Выполнение статистических критериев (1) и (3) определяет вероятность принятия гипотезы о соответствии точности определения пунктов второй ступени требованиям нормативно-правовых документов и возможность выполнения математической обработки результатов спутникового позиционирования по алгоритму (7).

Однако учитывая, что точность определения базовых векторов зависит от длины вектора, предлагается вместо формул (7) использовать уравнение для вычисления среднего весового значения координат определяемых пунктов по уравнению

$$X_I^{\text{CP}} = \frac{X_I^A \cdot \frac{P}{a_{I-A}} + X_I^B \cdot \frac{P}{a_{I-B}} + X_I^C \cdot \frac{P}{a_{I-C}}}{\frac{P}{a_{I-A}} + \frac{P}{a_{I-B}} + \frac{P}{a_{I-C}}}; \quad Y_I^{\text{CP}} = \frac{Y_I^A \cdot \frac{P}{a_{I-A}} + Y_I^B \cdot \frac{P}{a_{I-B}} + Y_I^C \cdot \frac{P}{a_{I-C}}}{\frac{P}{a_{I-A}} + \frac{P}{a_{I-B}} + \frac{P}{a_{I-C}}}, \quad (11)$$

$$X_{II}^{\text{CP}} = \frac{X_{II}^A \cdot \frac{P}{a_{I-A}} + X_{II}^B \cdot \frac{P}{a_{I-B}} + X_{II}^C \cdot \frac{P}{a_{I-C}}}{\frac{P}{a_{I-A}} + \frac{P}{a_{I-B}} + \frac{P}{a_{I-C}}}; \quad Y_{II}^{\text{CP}} = \frac{Y_{II}^A \cdot \frac{P}{a_{I-A}} + Y_{II}^B \cdot \frac{P}{a_{I-B}} + Y_{II}^C \cdot \frac{P}{a_{I-C}}}{\frac{P}{a_{I-A}} + \frac{P}{a_{I-B}} + \frac{P}{a_{I-C}}}.$$

В этой формуле для вычисления веса соответствующего базового вектора используется следующее выражение:

$$\frac{P}{a} = \frac{\mu^2}{m_a^2} = \frac{m_{\text{aCP}}^2}{m_a^2}; \quad m_{a_i}^2 = a + b \cdot L_{i(\text{км})}; \quad m_{\text{aCP}}^2 = a + b \cdot L_{\text{CP}(\text{км})}, \quad (12)$$

где a, b – коэффициенты, характеризующие инструментальную точность спутникового приемника.

Результаты

Выполненные исследования позволяют сформировать технологическую схему выполнения геодезических работ и их математической обработки по соз-

данию второй ступени геодезического обоснования в кадастровом квартале территориального образования. Блок-схема приведена на рис. 3.



Рис. 3. Технологическая схема построения и математической обработки второй ступени геодезического обоснования в кадастровом квартале

Заключение

Разработанную технологическую схему предлагается закрепить в нормативно-правовых документах, регламентирующих выполнение кадастровых работ при подготовке документов для государственного кадастрового учета объектов недвижимости, расположенных в кадастровом квартале территориального образования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аврунев Е. И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости: монография. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 143 с.
2. Карпик А. П., Осипов А. Г., Мурзинцев П. П. Управление территорий в геоинформационном дискуссе : монография. – Новосибирск, СГГА, 2010. – 280 с.
3. Карпик А. П. Анализ состояния и проблемы геоинформационного обеспечения территорий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4. – С. 3–7.
4. Карпик А. П., Хорошилов В. С. Сущность геоинформационного пространства территорий как единой основы развития государственного кадастра недвижимости // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 134–136.
5. Karpik A. P., Avrunev E. I., Truhanov A. E.. To the question of geodetic and cartographic provision of cadastral register // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, No. 18. – P. 39601–39602.
6. Seredovich V. A., Avrunev E. I., Plyusnina E. S. Rproposals On Mathematical Prosessing Improvement of Geodetic Measurements For Geodetic Monitoring of Engineering Constructions // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, No. 24. – P. 45553–45557.
7. China Construction of Geometric Model and Topology for 3d Cadastre – case Study in Taizhou, Jiangsu [Электронный ресурс] / Yuan Ding, Changbin Wu, Nan Jiang, Bingqing Ma, Xinxin Zhou // FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch. – New Zealand, May 2–6, 2016. – Режим доступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_06.pdf (accessed 10 November 2017).
8. Thompson R. J., Van Oosterom P., Soon K. H. Mixed 2D and 3D Survey Plans with Topological Encoding [Электронный ресурс] // FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch. – New Zealand, May 2–6, 2016. Режим доступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_17.pdf (accessed 10 October 2017).
9. Stoter J., Ploeger H., Roes R., Van der Riet E., Biljecki F., Ledoux H. First 3D Cadastral Registration of Multi-level Ownerships Rights in the Netherlands [Электронный ресурс] // FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch. – New Zealand, May 2–6, 2016. – Режим доступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_37.pdf (accessed 10 October 2017).
10. Карпик А. П., Варламов А. А., Аврунев Е. И. Совершенствование методики контроля качества спутникового позиционирования при создании геоинформационного пространства территориального образования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 185–188.
11. Аврунев Е. И., Метелева М. В. О совершенствовании системы координатного обеспечения государственного кадастра недвижимости // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 1 (25). – С. 60–66.
12. Савиных В. П., Ямбаев Х. К., Генике А. А. Проблемы реконструкции городских геодезических сетей на основе GPS-технологий // Тезисы докладов международной конференции. – Новосибирск, 1995. – С. 5–7
13. Маркузе Ю. И., Хоанг Нгок Ха. Уравнивание пространственных наземных и спутниковых геодезических сетей. – М. : Недра, 1991. – 275 с.

Получено 17.01.2019

© Е. И. Аврунев, 2019

DESIGNING OF GEODESIC CONTROL FOR COORDINATE SUPPORT OF CADASTRAL WORKS IN TERRITORIAL ENTITY

Evgeny I. Avrunev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cadastre and Territorial Planning, phone: (913)901-38-23, e-mail: avrynev_ei@ngs.ru

Performing cadastral works in respect of real estate objects requires first of all the need to determine the location in the territorial unit and reflect the information received in the relevant section of the boundary or technical plan. To solve this scientific and technical problem, at present, various methods of creating geodesic structures and various measuring technological equipment are used. However, the lack of scientifically based requirements for the accuracy of creating a geodetic control and the absence of a methodology for building it on the ground causes numerous problems in the registration of newly formed land plots and their capital construction objects in state cadastral registration

Objective: to offer a technological scheme for transferring the coordinate system for the implementation of urban planning and cadastral activities in the cadastral block of a territorial entity.

Methods: theory of mathematical processing of geodetic measurements with elements of mathematical statistics and the method of least squares.

Results: proposed is the technological scheme, the implementation of which allows to create a second step of the geodetic control in the cadastral block and evaluate its accuracy.

Key words: geodetic control, cadastral block, land parcel, territorial entity, geospatial metrics, determined points, root mean square error, statistical criteria, mathematical algorithm.

REFERENCES

1. Avrunev, E. I. (2010). *Geodezicheskoe obespechenie gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti [Geodetic support of the state real estate cadastre]*. Novosibirsk: SSGA Publ., 143 p. [in Russian].
2. Karpik, A. P., Osipov, A. G., & Murzincev, P. P. (2010). *Upravlenie territorij v geoinformacionnom diskuse [Territorial administration in the geoinformation discuss]*. Novosibirsk: SSGA Publ., 280 p. [in Russian].
3. Karpik, A. P. (2014). Current state and problems of territories GIS support. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aehrofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4/S, 3–7 [in Russian].
4. Karpik, A. P., & Khoroshilov, V. S. (2012). The essence of territories geoinformation environment as a uniform basis for state property cadastre development. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aehrofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 2/1, 134–136 [in Russian].
5. Karpik, A. P., Avrunev, E. I., & Truhanov, A. E. (2015). To the question of geodetic and cartographic provision of cadastral register. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(18), 39601–39602. Retrieved from <http://www.republication.com>.
6. Seredovich, V. A., Avrunev, E. I., & Plyusnina, E. S. (2015). Proposals On Mathematical Processing Improvement of Geodetic Measurements For Geodetic Monitoring of Engineering Constructions. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(24), 45553–45557. Retrieved from <http://www.republication.com>.
7. Yuan Ding, Changbin Wu, Nan Jiang, Bingqing Ma, & Xinxin Zhou. (2016). China Construction of Geometric Model and Topology for 3d Cadastre – case Study in Taizhou, Jiangsu. *FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch, May 2–6*. New Zealand. Retrieved from http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_06.pdf (accessed November 10, 2017).

8. Thompson, R. J., Van Oosterom, P., & Soon, K. H. (2016). Mixed 2D and 3D Survey Plans with Topological Encoding. *FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch, May 2–6*. New Zealand. Retrieved from http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_17.pdf (accessed October 10, 2017).
9. Stoter, J., Ploeger, H., Roes, R., Van der Riet, E., Biljecki, F., & Ledoux, H. (2016). First 3D Cadastral Registration of Multi-level Ownerships Rights in the Netherlands. *FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch, May 2–6*. New Zealand. Retrieved from http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_37.pdf (accessed October 10, 2017).
10. Karpik, A. P., Avrunev, E. I., & Varlamov, A. A. (2014). Improving methods for quality control of satellite positioning when creating geo-space territorial education. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aehrofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4/S, 182–186 [in Russian].
11. Avrunev, E. I., & Meteleva, M. V. (2014). Improvement of coordinates support of state property cadastre. *Vestnik SGGGA [Vestnik SSGA]*, 1(25), 60–66 [in Russian].
12. Savinykh, V. P., Yambaev, Kh. K., & Genike, A. A. (1995). Problems of reconstruction of urban geodetic networks based on GPS-technologies. In *Tezisy dokladov mezhdunarodnoj konferencii [Abstracts of Reports of the International Conference]* (pp. 5–7). Novosibirsk [in Russian].
13. Markuze, Yu. I., & Hoang Ngok Ha. (1991). *Uravnivanie prostranstvennyh nazemnyh i sputnikovyh geodezicheskikh setej [Equalization of spatial terrestrial and satellite geodetic networks]*. Moscow: Nedra Publ., 275 p. [in Russian].

Received 17.01.2019

© E. I. Avrunev, 2019