

О ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СОГЛАСОВАНИЯ ГРАНИЦ КАДАСТРОВЫХ УЧАСТКОВ

С.И. Матвеев (МИИТ)

В 1963 г. окончил геодезический факультет Московского института инженеров землеустройства (в настоящее время — ГУЗ). После окончания института работал в Государственном институте проектирования городов, ЦНИИГАиК, с 1969 г. — на кафедре «Геодезия» МИИТ. В настоящее время — заведующий кафедрой «Геодезия, геоинформатика и навигация» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ). Доктор технических наук, профессор.

Эффективное функционирование рынка недвижимости во многом связано с разработкой автоматизированных информационных систем инвентаризационного типа. Некоторые из них, в частности, предназначенные для создания и ведения единого реестра объектов недвижимости, используют возможности геоинформационных систем, обеспечивающих решение основных задач:

- инвентаризации имущества и объектов недвижимости;
- информационной поддержки принятия управленческих решений;
- оптимизации работ отраслевых и государственных служб.

Однако в существующих автоматизированных системах инвентаризации до сих пор отсутствует модуль автоматизированного согласования границ и площадей смежных землепользований. Особую актуальность такое согласование приобретает в связи с повышением стоимости земли, особенно в границах крупных муниципальных образований.

Неслучайно Постановлением Правительства РФ № 3363 от 9 июня 2006 г. предусмотрено решение о создании в России Информационной системы обеспечения градостроительной деятельности, справедливо названной в работе [1] «кадастром кадастров».

Интенсивный рост мощности вычислительной техники позволяет перейти к новым технологиям принятия управленческих решений. На целесообразность такого перехода обращал внимание классик отечественной кибернетики В.М. Глушков, говоря, что «при автоматизации организационного управления на основе использования ЭВМ следует помнить, что главным залогом ее успеха является коренное изменение традиционной технологии организационного управления». При этом информационные системы переходят в информационно-управляющие, что требует максимальной автоматизации технической составляющей процессов управления. В нашем случае это напрямую относится к процедурам согласования границ и площадей смежных

кадастровых участков. Обычно при таком согласовании возникают невязки, вызванные различием систем координат, кривизной Земли, погрешностями измерений и межеваний. Их устранение, как и разделение земли на отдельные участки, является основной задачей землемеров со времен Древнего Египта. Сложности ее формализации весьма существенно затрудняют создание автоматизированных систем инвентаризации.

Одним из возможных путей формализации является путь представления площади кадастровых участков в виде векторной функции координат:

$$F(X) = S.$$

При этом вектор параметров (координат) x связан с вектором площадей S . В этом случае площадь s_j j -го кадастрового участка определяется известной формулой:

$$s_j = \sum_{i=1}^k x_i (y_{i+1} - y_{i-1}),$$

где x_i обозначает абсциссу i -го угла кадастрового участка, а y_{i-1} и y_{i+1} — ординаты предыдущего и последующего углов.

Вследствие неизбежных погрешностей измерений площади s_j являются случайными функциями координат, а функция $F(\mathbf{X})$ — нелинейной по параметрам. Разлагая параметры этой функции в ряд Тейлора в окрестностях измеренного вектора координат \mathbf{x}_0 и ограничиваясь первыми членами разложения, функцию координат $F(\mathbf{X})$ можно представить как линейную статистическую модель Гаусса–Маркова в виде системы уравнений:

$$A\mathbf{dx} = \mathbf{l} + \mathbf{v} \text{ с } M(\mathbf{v}) = \mathbf{0};$$

$$\mathbf{l} = \mathbf{S} - \mathbf{S}_0;$$

$$K(\mathbf{S}) = \sigma^2 \mathbf{P}^{-1},$$

где $\mathbf{A} = (\partial S / \partial \mathbf{x}_0)$ — известная матрица частных производных;

$$\mathbf{S}_0 = F(\mathbf{x}_0);$$

$M(\mathbf{v})$ — математическое ожидание вектора поправок (\mathbf{v}) и вектора площадей (\mathbf{S});

\mathbf{dx} — вектор поправок к измеренным координатам;

$K(\mathbf{S})$ — ковариационная матрица вектора площадей;

σ — стандарт ошибок площадей;

\mathbf{P} — диагональная матрица весов площадей, в которой вес i -го кадастрового участка \mathbf{p}_i равен стоимости единицы площади i -го участка (s_i).

Оценивать параметры предложенной модели с помощью стандартных процедур метода наименьших квадратов невозможно по следующим причинам:

— сумма частных производных $(\partial S_i / \partial x_j)$ и $(\partial S_i / \partial y_j)$ по каждой строке равна нулю, из чего следует, что \mathbf{A} является матрицей неполного ранга;

— число строк матрицы \mathbf{A} , равное числу кадастровых участков, значительно меньше числа столбцов (числа коорди-

нат точек кадастровых участков).

Таким образом, эта система уравнений имеет бесчисленное множество решений (псевдорешений). Единственное, оптимальное, так называемое нормальное псевдорешение, можно получить с помощью взвешенной псевдообратной матрицы $\mathbf{A}^{+I,P}$ [2], удовлетворяющей следующим свойствам:

$$\mathbf{A}\mathbf{A}^+\mathbf{A} = \mathbf{A};$$

$$\mathbf{A}^+\mathbf{A}\mathbf{A}^+ = \mathbf{A}^+;$$

$$(\mathbf{A}\mathbf{A}^+)^T \mathbf{P} = \mathbf{P}\mathbf{A}\mathbf{A}^+;$$

$$(\mathbf{A}^+\mathbf{A})^T = \mathbf{A}^+\mathbf{A}.$$

Нормальное псевдорешение \mathbf{dx}_n и соответствующая ему ковариационная матрица, получаемые по формулам:

$$\mathbf{dx}_n = \mathbf{A}^{+I,P}\mathbf{S};$$

$$K(\mathbf{dx}_n) = \sigma^2 \mathbf{A}^{+I,P}\mathbf{P}\mathbf{A}^{+T I,P},$$

обладают известными [2] оптимальными статистическими свойствами:

$$\mathbf{v}^T \mathbf{P}\mathbf{v} = \min,$$

$$\mathbf{dx}_n^T \mathbf{dx}_n = \min,$$

$$SpK(\mathbf{dx}_n) = \min.$$

Эти свойства, по существу, означают получение минимальных изменений и координат, и площадей. При этом, и координаты, и площади будут иметь максимальную точность.

Представленный алгоритм оптимальным образом решает задачу согласования невязок площадей и границ смежных землепользований. Он реализован автором в программном модуле для случая равноточных измерений ($\mathbf{P} = \mathbf{I}$) и легко может быть преобразован к неравноточному случаю.

Представленная модель может быть дополнена ограничениями на параметры (коорди-

наты) и их функции (направления, углы и расстояния).

Наибольшие трудности при реализации алгоритма связаны с получением взвешенной псевдообратной матрицы $\mathbf{A}^{+I,P}$. Из множества численных процедур наиболее эффективными, на взгляд автора, следует считать элементарные ортогональные преобразования, детально изложенные в работе [3].

Автор полагает, что наличие модуля автоматизированного согласования невязок площадей и границ смежных кадастровых участков будет способствовать повышению качества автоматизированных систем инвентаризации и кадастра, и ждет предложений по сотрудничеству с заинтересованными организациями.

▼ Список литературы

1. Ставицкий А.М. UrbaniCS, или трудный, но верный путь к градостроительному кадастру // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. — 2006. — № 4(56). — С. 32–34.
2. Матвеев С.И. О некоторых свойствах взвешенных обобщенно-обратных матриц // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1998. — № 2. — С. 31–38.
3. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач метода наименьших квадратов / Пер. с англ. — М.: Наука, 1986. — 232 с.

RESUME

Efficient operation on the real estate market strongly depends on the development of automated information systems of the inventory type. However the available automated inventory systems lack for the module of automated matching boundaries and areas of the adjacent land tenure sites. The author offers an algorithm providing for an optimal technique to automate the task of matching misclosures for the areas and boundaries of the adjacent sites.