

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ГЕОМЕТРИИ ОБЪЕКТОВ В ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВОЙ СИСТЕМЕ

Д.Ю. Гавриленко

Донецкий национальный технический университет

Одной из основных особенностей пространственных объектов земельно-кадастровой системы является их геометрическая целостность. При определении границ соседних объектов координаты вершин вследствие ошибок идентификации и измерений имеют отличия. В работе описан метод связывания вершин смежных объектов. Приведен анализ искажений координат вершин на основе математического моделирования.

***Ключевые слова:** геометрическая целостность, земельно-кадастровая система, математическое моделирование.*

Введение. В процессе ведения земельного кадастра основным учетным элементом является земельный участок. При определении границ земельных участков на практике имеет место ошибки идентификации граничных пунктов, а также погрешность определения координат по данным измерений. В результате этого возникают ситуации, когда границы соседних участков пересекаются или расходятся. Соответственно возникает необходимость разрешения подобных конфликтных ситуаций.

Кроме этого на практике возникла проблема учета в земельно-кадастровых системах (ЗКС) участков, на которые были выданы документы в начале земельной реформы. Эти документы базировались на данных БТИ без выполнения кадастровых съемок и обеспечения кадастровой привязки. В настоящее время для учета этих земельных участков необходимо решить проблему привязки их границ к существующим участкам с выполненными измерениями границ.

Методика исследований. Для решения описанных проблем предлагается алгоритм, который бы уравнивал координаты соседних участков внутри блока с минимальными изменениями площадей участков.

Анализ предыдущих исследований и публикаций. Идея такого решения впервые была рассмотрена в статье [1]. В данной работе несколько изменен подход к решению задачи и доведен до практического использования. С помощью разработанных программных средств были выполнены исследования зависимости искажения координат вершин участков от различных факторов.

Результаты исследований. Основной особенностью представления и хранения данных о границах земельных участков в земельно-кадастровых системах является, так называемая, **связанная (общая) геометрия** [2]. Исходя из этого, граница между двумя соседними участками должна представляться одной линией, а каждая вершина, как на местности, так и в системе определяется одной точкой.

При независимых и реально выполненных кадастровых съемках соседних участков в разное время обязательно должны получить разные координаты одних и тех же границ. Эти различия в координатах в первую очередь вызваны ошибками в идентификации вершин границ на местности, а также ошибками геодезических измерений. Ошибки идентификации вершин при отсутствии межевых знаков, что является наиболее распространенным в отечественной практике, по самым оптимистичным оценкам составляют 10-20 см. Ошибки измерений существенным образом зависят от методики выполнения кадастровой съемки и при использовании современных технологий могут характеризоваться величинами 1-5 см.

Таким образом, в результате кадастровой съемки двух соседних участков (рис. 1) получим разные координаты общих точек m и l . Хранение разных координат в автоматизированной системе, во-первых, противоречит физической сущности (ведь это должна быть одна и та же точка на местности), во-вторых, практически в два раза

увеличивает объем хранимой информации, в-третьих, приводит к нарушению баланса площадей из-за наличия перекрытий участков или их расхождения.

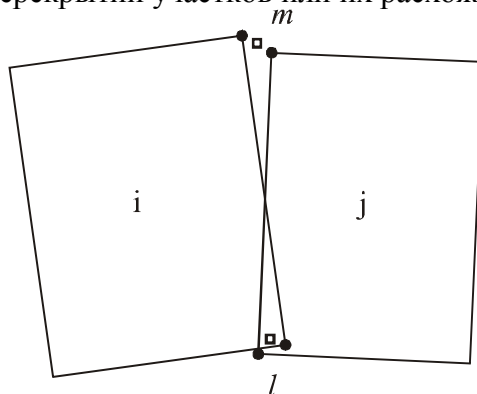


Рис.1. Различие координат одних и тех же точек при съемке соседних участков

Поэтому возникает задача нахождения наиболее вероятных значений координат общих точек соприкасающихся земельных участков (соседних полигонов).

Применим согласно [1] ортогональное преобразование для каждого полигона. Тогда для некоторой точки m , входящей в некоторый полигон i , можем записать следующее уравнение

$$\begin{aligned} X_m &= a_i \cdot x_{mi} + b_i \cdot y_{mi} + c_i; \\ Y_m &= -b_i \cdot x_{mi} + a_i \cdot y_{mi} + d_i, \end{aligned} \quad (1)$$

где X_m, Y_m – уравненные координаты точки m ;

a_i, b_i, c_i, d_i – коэффициенты ортогонального преобразования для полигона i ;

x_{mi}, y_{mi} – координаты вершины m при кадастровой съемке.

Аналогичные уравнения можно записать для всех общих точек и для опорных точек. Из совместного решения всех уравнений можно найти коэффициенты ортогонального преобразования и перевычисленные координаты как общих, так и не общих точек.

Выразив уравненные значения переменных через приближенные значения и поправки к ним, можно записать следующие параметрические уравнения

$$\begin{aligned} \delta x_m - x_{mi} \cdot \delta a_i - y_{mi} \cdot \delta b_i - \delta c_i + l_{mi}^x &= v_{mi}^x; \\ \delta y_m + x_{mi} \cdot \delta b_i - y_{mi} \cdot \delta a_i - \delta d_i + l_{mi}^y &= v_{mi}^y, \end{aligned} \quad (2)$$

где l_{mi}^x, l_{mi}^y – свободные члены параметрических уравнений:

$$\begin{aligned} l_{mi}^x &= \bar{X}_m - x_{mi} \cdot \bar{a}_i - y_{mi} \cdot \bar{b}_i - \bar{c}_i; \\ l_{mi}^y &= \bar{Y}_m + x_{mi} \cdot \bar{b}_i - y_{mi} \cdot \bar{a}_i - \bar{d}_i, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\bar{X}_m, \bar{Y}_m, \bar{a}_i, \bar{b}_i, \bar{c}_i, \bar{d}_i$ – приближенные значения неизвестных;

$\delta x_m, \delta y_m$ – поправки к приближенным значениям, получаемые из решения системы.

Общая система в большинстве случаев является слабо обусловленной, поэтому для ее решения необходимо использовать или метод регуляризации проф. Тихонова [3] или метод сопряженных градиентов [4].

Автором реализованы оба метода, которые дают тождественные результаты при определенных значениях параметра регуляризации Тихонова и условиях сходимости в методе сопряженных градиентов.

Рассмотренная технология позволяет увязывать земельные участки в пределах определенного блока участков, которые в перспективе образуют полностью заполненную участками область (рис. 2). При этом связывание выполняется и без опорных точек.



Рис.2. Расположение земельных участков частной застройки внутри блоков, ограниченных улицами и переулками

В процессе выполнения кадастровых работ и поступления данных в автоматизированную систему, осуществляется перевычисление координат по рассмотренному алгоритму каждый раз при присоединении нового земельного участка. Поэтому можно предположить, что значения окончательных координат будут зависеть от порядка присоединения участков.

Для исследования вопроса влияние порядка присоединения участков было выполнено моделирование. Модель представляет собой блок, состоящий из одинаковых по площади и размерам участков (рис.3). Размер каждого участка 20×50 м, а площадь 1000 кв.м. Изначально координаты вершин всех соседних участков внутри блока совпадали, т.е. ошибок не было. В последующем в координаты вершин каждого участка модели вносились искажения, которые подчиняются нормальному закону распределения со средним квадратическим отклонением 100 мм.

	45	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	47
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	
1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	44	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
	46	4	7	10	13	16	19	20	25	28	31	34	37	40	43	48

Рис.3. Модель исследования

В начале был выполнен расчет с одновременным уравниванием координат всех участков блока с четырьмя опорными точками по углам блока. Полученные координаты каждой вершины X_i , Y_i были приняты для сравнения с другими расчетами со случайным порядком присоединения полигонов. Всего было выполнено 20 вариантов расчетов. В каждом варианте расчета j для каждой вершины вычислялись разности координат:

$$\begin{aligned} \delta_{X_i}^j &= X_i^j - X_i; \\ \delta_{Y_i}^j &= Y_i^j - Y_i. \end{aligned} \quad (4)$$

По полученным разностям для каждой из вершин были вычислены среднеквадратические отклонения по координатным осям σ_{X_i} , σ_{Y_i} и общего положения σ

$$\sigma_{X_i} = \sqrt{\frac{\sum \delta_{X_i}^2}{n}}; \quad \sigma_{Y_i} = \sqrt{\frac{\sum \delta_{Y_i}^2}{n}}; \quad \sigma = \sqrt{\sigma_{X_i}^2 + \sigma_{Y_i}^2} \quad (5)$$

где n – вариантов расчетов.

На рис.4. представлены графики общих средних квадратических отклонений.

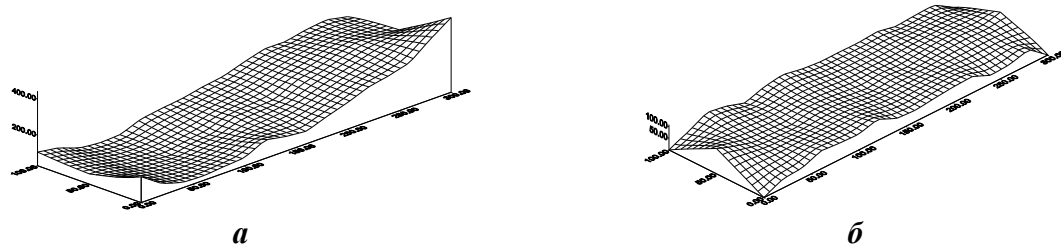


Рис. 4. Графики распределения средних квадратических отклонений при случайном порядке присоединения участков при отсутствии опорных точек (а) и с четырьмя опорными точками по углам (б)

Анализ полученных графиков свидетельствует о том, что при отсутствии опорных точек независимо от порядка присоединения среднеквадратические отклонения увеличиваются к границам блока. Это увеличение в рассматриваемой модели происходит примерно в 4 раза. При наличии четырех опорных точек среднеквадратические отклонения координат всех вершин не превосходит 100 мм, т.е. величины заданных искажений. При этом в обоих случаях обеспечивается геометрическая целостность участков всего блока.

Максимальное изменение площади отдельного земельного участка после уравнивания даже при отсутствии опорных точек не превышает 1,0–1,5%.

Кроме того, данный метод можно использовать для упрощения технологии выполнения кадастровых съемок, в частности внутри частной застройки. Обуславливается это тем, что, как правило, земельные участки в частной застройке сгруппированы блоками, которые ограничиваются улицами и переулками (рис.2). Определив координаты вершин по углам блока традиционными методами, съемку границ участков внутри блока достаточно выполнять по упрощенной методике, например, линейными обмерами.

Вывод

Предложенная методика увязывания границ, основанная на связанной геометрии и ортогональных преобразованиях отдельных полигонов, обеспечивает геометрическую целостность земельных участков и позволяет упростить технологию кадастровых съемок. Поскольку она требует большой объем вычислений, то ее реализация эффективна лишь в рамках некой автоматизированной информационной земельно-кадастровой системы.

Литература

1. Могильний С.Г., Павельчак Т.В. Інформаційні технології забезпечення просторової прив'язки об'єктів кадастрових зйомок // Вісник геодезії та картографії. –2001. -№1. – С. 39-43
2. Гавриленко Д.Ю. Структура просторової інформації в автоматизованих земельно-кадастрових системах // Матеріали II міжнародної конференції молодих вчених ГАС-2009. Львів, 2009. – С.123–126.
3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука 1979. Изд. 2-е – 283 с.
4. Фаддеев Д.К., Фаддеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. М.: Физмат. 1960., – 655 с.

Аннотация

Д.Ю. Гавриленко. Метод забезпечення цілісності геометрії об'єктів в земельно-кадастровій системі.

Однією з головних особливостей просторових об'єктів земельно-кадастрової системи є їх геометрична цілісність. При визначенні меж сусідніх об'єктів координати вершин в наслідок помилок ідентифікації та вимірювань відрізняються. В роботі описано метод зв'язування

вершин суміжних об'єктів. Наведено аналіз спотворень координат вершин на основі математичного моделювання.

Ключові слова: геометрична цілісність, земельно-кадастрова система, математичне моделювання.

Summary

D.Ju.Gavrilenko. Method of provision of integrity of object geometry in the land cadastre system.

Integrity it's a one of main features of land cadastre systems' spatial objects. In identification process of bounds adjacent objects point coordinates has errors. In work had described method of binding point of adjacent objects. Also gave coordinates' distortions analyse based on mathematic modelling.

Keywords: geometrical integrity, earth-cadastre system, mathematical design.