



ческой картографии [Текст] / А. А. Павлов. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 171 с.

8. Пономаренко, С. И. Adobe Photoshop 7 [Текст] / С.И. Пономаренко. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2003. – 79 с.

9. Соловьев, М. Д. Картографические проекции [Текст] / М. Д. Соловьев. – М.: Изд-во геодез. и картогр. лит. ГУГК при СНК СССР, 1946. – 416 с.

10. Стахов, Е. О. Розвиток комп'ютерних технологій у ДНВП "Картографія" на базі програмного продукту MicroStation [Текст] / Е. О. Стахов // Вісн. геодез. та картогр. – 2009. – № 3. – С. 52-55.

11. Шевченко, В. О. Вимоги до навчальних карт. Чи

втримуються вони? [Текст] / В. О. Шевченко // Вісн. геодез. та картогр. – 2006. – № 5. – С. 21-23.

#### Інтернет-джерела

12. [http://www.geopolygon.ru/catalog/software/credo\\_transform.php](http://www.geopolygon.ru/catalog/software/credo_transform.php)

13. <http://www.gisa.ru/4086.html>

14. <http://www.gisinfo.ru/item/10.htm>

15. <http://gis-lab.info/qa/georef-ag.html>

16. <http://www.indorsoft.ru/products/cad>

Надійшла 10.02.10

\* \* \*

УДК 528.44:004.652

С. Г. Могильний, Д. Ю. Гавриленко

## ТОПОЛОГІЧНА ТА КООРДИНАТНА КОРЕКЦІЯ МЕЖ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КАДАСТРУ

*Рассматриваются правовые аспекты определения границ земельных участков, подчеркивается необходимость переосмысления этих вопросов применительно к автоматизированным системам кадастра. Предложена методика связывания границ соседних объектов, имеющих общую геометрию, на основе ортогонального преобразования координат вершин полигонов при условии минимального искажения площадей. Выполнено математическое моделирование увязывания границ участков как с опорными точками, так и без них. Экспериментально доказана эффективность предлагаемой методики.*

*Legal aspects of parcels boundaries definition are reviewed in the paper. It is emphasized the necessity of these problems reconsideration concerning to automated cadastral systems. It is proposed the methodology for adjustment of neighbouring objects' boundaries on the basis of orthogonal transformation of coordinates of a polygon's vertices under conditions of minimal area alteration. Mathematic modelling of adjustment of neighbouring polygons' boundaries both with reference points and without them is made. The effectiveness of the proposed methodology is experimentally proved.*

В умовах визнання суспільством різних форм власності й прав на нерухомість у вигляді оконтуреної частини життєвого простору, в т. ч. й земельних ділянок, стала очевидною важливість задач однозначного визначення у просторі меж прав та інтересів власників. Справедливе вирішення цього завдання можливе тільки на основі технологій геодезичних вимірів і правового визнання їх результатів. Виразом таких суспільних відносин є земельний кадастр та інші встановлені державою види кадастру [8].

Темою цієї статті є аналіз однієї зі складових інформації у кадастрі – даних про межі земельної ділянки як об'єкта власності.

Доти, поки основним медіумом кадастрової інформації були паперові кадастрові плани, які на топографічній основі відображали та захищали права власників і користувачів, багато питань вирішувалось очевидним способом безпосередньо людиною, яка сприймала кадастровий план як деяку модель реального світу і доповнювала її своїми знаннями та уявленнями про контекстні умови інтерпретації кожного окремого випадку. Тому

© С. Г. Могильний, Д. Ю. Гавриленко, 2010

деякі поняття і сутності кадастрових даних не вимагали глибокої формалізації та абстрагування.

Якщо порівняти за різними вітчизняними законодавчими документами, інструкціями і положеннями зміст поняття "межа земельної ділянки" як об'єкта власності, то помітимо нечіткість, неоднозначність його тлумачення, а головне – невизначеність положення межі на місцевості, що несумісне з точністю геодезичних вимірів. Тому радимо перейняти розуміння важливості цього поняття німцями, які, наприклад, у законі про геодезичне знімання земельної власності землі Баден-В'юртемберг [5] у першому ж параграфі дали однозначне визначення межі як уявної лінії, яка з'єднує точки повороту з вимірюваними координатами.

У нашій же практиці допускається визначати межу як деякий матеріальний об'єкт, який має конкретні розміри у ширину та довжину. Природно, що таке розуміння полегшує сприймання людиною на місцевості положення межі, але воно не може бути однозначним, точним і незаперечним її носієм. Тепер таким медіумом можуть служити тільки координати точок повороту меж, які позначені на місцевості межовими знаками або якщо їх неможливо чи недоцільно закріпити на місцевості, то вони є



точками, що уявляються, але з точно встановленими та юридично визнаними координатами.

За монопольного державного права власності на землю, як це було донедавна, необхідності в такому ретельному визначенні меж не виникало, і в більшості випадків при вирішенні задач межування достатньо було графічної точності картографічних матеріалів. Перенесення старих підходів на нові реалії України у багатьох часто викликає заперечення необхідності точних геодезичних вимірів і вони доводять непотрібність фундаментальної геодезичної підготовки у майбутніх фахівців сфери землеустрою та кадастру [1].

У чинних законодавчих і нормативно-методичних документах немає чітких вимог до координатно-просторового забезпечення кадастрових робіт, та й сам юридичний статус координат вершин ділянок не визначений.

Деякі геометричні параметри земельної ділянки відображаються у державному акті. Це площа ділянки та її план, складений у визначеному масштабі, з зазначеними вершинами та лінійними промірами по межах [6]. Ці дані мають юридичну силу, оскільки вони наведені в документі, що встановлює право володільця; вони йому доступні й зрозумілі. Однак така інформація якось окреслює межі ділянки, але не її просторове положення.

Вітчизняна нормативно-правова база відносно вимог до виконання земельно-кадастрових знімів грішить двома суперечностями. З одного боку, вимоги до точності визначення координат вершин ділянки вони регламентують на підставі точності й детальності відображення кадастрових об'єктів на кадастрових планах відповідного масштабу, а з іншого – реєстрація земельних ділянок допускається в автоматизованому земельному кадастрі, який базується на сучасних ГІС-технологіях, де поняття масштабу взагалі відсутнє [6].

У Положенні про земельно-кадастрову інвентаризацію земель населених пунктів [7] вказується, що основним критерієм при визначенні параметрів земельно-кадастрових знімів є вимоги до точності й деталізації кадастрових об'єктів, а ці вимоги в свою чергу диктуються цільовим призначенням, якістю земель і максимальними можливостями відображення на плані облікової одиниці. У цьому ж документі вказується, що всі роботи з земельно-кадастрової інвентаризації земель повинні виконуватися у відповідності до інструкції з великомасштабного топографічного знімання. Таке механічне перенесення технічних норм і допусків з топографічного знімання на земельно-кадастрову інформацію, особливо на роботу автоматизованої системи кадастру, навряд чи виправдане.

Координати вершин повороту меж земельної ділянки мають бути вказані у технічній документації, а також в обмінному файлі, який наразі є основою для державної реєстрації ділянок.

Інструкція [6, пункт 1.16] містить вимоги до складу технічної документації. У питанні, що розглядається, важливими є такі документи:

- журнал польових вимірювань;
- кадастровий план земельної ділянки, складений за результатами знімання;
- зведений кадастровий план суміжних землевласників і землекористувачів;
- відомість обчислення площі земельної ділянки;
- відомість оброблення результатів теодолітного ходу та обчислення координат поворотних точок меж земельної ділянки.

Згідно з Інструкцією [9, пункт 1.8], земельно-кадастрові дані обмінного файлу повинні відповідати інформації, яка міститься у проектній і технічній документації, а отримано її в результаті виконання землевпорядних робіт.

Як показав аналіз технічної документації, в багатьох випадках, особливо коли йдеться про ділянки приватної забудови та садівничих товариств, у ній нічого не говориться про координати. Проте вони вказуються в обмінних файлах. Тож проконтролювати їх під час приймання файлів не уявляється можливим. Тому можна зробити висновок, що просторове положення земельної ділянки, яке може бути виражене тільки координатами точок меж, у практиці ведення кадастру не має правового статусу.

Як ілюстрацію даного твердження наведемо результати аналізу даних обмінних файлів трьох реальних об'єктів (табл. 1). Аналіз виконано по двох напрямках: взаємне перехрещення суміжних контурів земельних ділянок; розбіжність показників площ земельних ділянок за документами і обчислених за координатами.

Таблиця 1. Узагальнені дані аналізу просторової інформації в обмінних файлах

Номер об'єкта	Кількість ділянок	Кількість ділянок, що мають перехрестя		Відсоток ділянок з різницями площ понад 10 м <sup>2</sup>	Частка ділянок з різницями площ понад 1 % (%)
		штук	%		
I	10192	1198	15,2	8,0	1,7
II	7866	1193	11,7	5,0	6,0
III	8326	892	10,7	35,9	9,6

Аналіз даних табл. 1 показує, що від 10 до 15 % ділянок мають перехрестя, а площі, обчислені за координатами, в багатьох випадках не збігаються з площами, які вказані у правостановлювальних документах.

Особливістю зберігання просторових характеристик об'єктів в автоматизованій системі кадастру, зокрема земельних ділянок, є те, що існують об'єкти одного типу, які є сусідніми та при цьому мають загальні геометричні елементи. При постачанні просторових даних про ділянки в автоматизовану систему необхідно забезпечити чітке стикування об'єктів, які мають спільні межі та належать до одного типу, без розривів та накладань.

На практиці кадастрове знімання сусідніх ділянок може виконуватися в різний час і різними організаціями. Це нерідко призводить до того, що координати вершин сусідніх ділянок не збігаються.

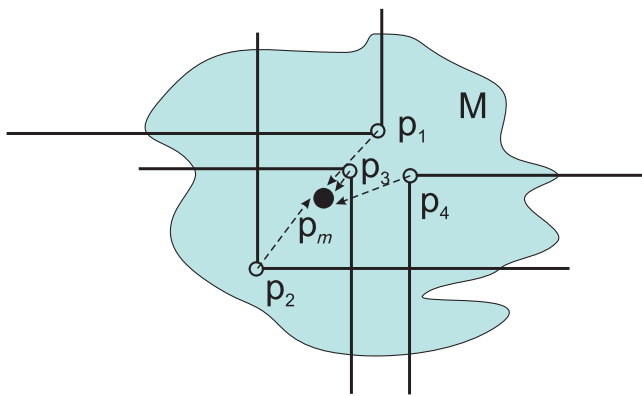


Такий незбіг можна пояснити двома причинами: наявністю помилок розпізнавання (ідентифікації) вершин межі ділянки на місцевості та похибок вимірювань.

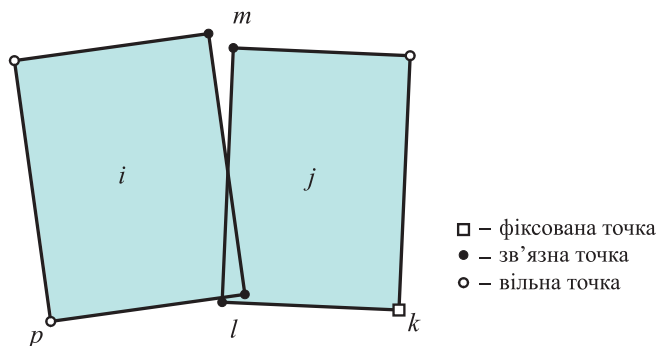
Помилки ідентифікації вершин при відсутності межових знаків (а вони найбільше поширені у вітчизняній практиці) за найоптимістичнішими оцінками становлять 10-20 см. Похибки вимірювань істотно залежать від методики виконання кадастрового знімання і при використанні сучасних технологій можуть характеризуватися величинами 1-5 см.

Під час виконання кадастрових знімів сусідніх ділянок через вплив вищевказаних факторів отримуємо різні положення ( $p_1, p_2, p_3, p_4$ ) однієї і тієї ж точки (мал. 1). Тому можемо говорити, що отримані значення координат точки при зніманні сусідніх ділянок належать до деякої множини  $M$  і вони відмінні від дійсного значення. Це призводить до того, що між суміжними ділянками неминуче будуть або перекриття, або розбіжності (мал. 2).

При відображенні кадастрових даних на планах заданого масштабу виникають розбіжності й нестикування, які регулюються в ході геометричних операцій: ділянки, що не стикуються, переміщують або масштабують. Неточності й похибки компенсуються тоді, коли межа є матеріальним об'єктом або коли сусідні землі не належать до приватної чи суспільної власності: наприклад, посадки, ґрунтові дороги та інші подібні об'єкти. У нас не всі землі ще інвентаризовані, процес розмежуван-



Мал. 1. Похибки визначення координат вершин об'єктів



Мал. 2. Схема суміжних ділянок (полігонів) зі спільними точками

ня далекий від завершення, тож нерідкісні випадки, коли землі дістаються власнику за принципом "правий той, хто перший прийшов".

В автоматизованих системах земельного кадастру подібна некоректність меж недопустима, оскільки це може спричинити такі негативні наслідки:

- порушення цілісності бази даних, оскільки в системі буде множина точок, які мають різні координати, але описують одну і ту ж точку на місцевості;
- зростатиме об'єм інформації, що зберігається;
- порушується баланс площ;
- при виконанні ПС-операцій виникає несумісність визначення об'єктів;
- виникає невизначеність при виконанні геометричних операцій з ділянками, наприклад, при їх поділі або об'єднанні.

Тому маємо потребу в інструменті, який би корегував отримані при виконанні кадастрового знімання координати, щоб їх можна було зберігати в автоматизованій системі кадастру.

Розглянемо найпростіший приклад вирішення подібної задачі (див. мал. 2).

Дві сусідні ділянки мають спільні зв'язні точки, але через зазначені вище причини координати відповідних точок не збігаються. Необхідно оптимальним способом алгоритмічно виконати коректуру координат точок повороту ділянок, щоб виконувались умови зв'язної геометрії, а зміна конфігурації меж була мінімальною.

Для уточнення вимірних координат межових пунктів земельних ділянок пропонується новий алгоритм корегування координат сусідніх ділянок, який враховує ідеї, розглянуті в статті [2]. Щоб відкорегувати розміри і положення контурів меж, використовуємо ортогональне перетворення координат зі зсувом. Таке перетворення апріорно забезпечує мінімальне спотворення конфігурації меж і площ ділянок. Завдання тепер полягає в тому, щоб знайти параметри перетворення, які забезпечують ці оптимальні умови при наявності як випадкових, так і систематичних похибок вимірювання координат.

У цьому разі для деякої сполучної точки  $m$ , що входить у полігон  $i$ , можна записати таке рівняння:

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

де  $X_m, Y_m$  – зрівняні (скореговані) координати точки  $m$ ;  $a_i, b_i, c_i, d_i$  – коефіцієнти ортогонального перетворення для  $i$ -го полігона;  $x_{mi}, y_{mi}$  – вимірні координати вершини  $m$  при кадастровому зніманні  $i$ -ї ділянки ( $i$ -го полігона);  $v_{mi}^x, v_{mi}^y$  – неминучі залишкові нев'язки, викликані похибками вимірювання координат і недосконалістю обраної математичної моделі коректури, які для стислості називатимемо *поправками до вимірних координат*.

Склавши аналогічні рівняння для всіх сполучних і твердих точок (точок з фіксованими координатами, що не підлягають зміні), отримаємо систему рівнянь, з рішення якої можемо знайти зрівняні (скореговані)



координати сполучних точок та коефіцієнти ортогонального перетворення для переобчислення координат вільних точок.

Хоча рівняння (1) є лінійними, рішення системи має суттєві труднощі насамперед тому, що невідомих більше, ніж рівнянь, через це можливий тільки статистичний розв'язок. Оскільки величини поправок містять випадкову складову, то виправдано вирішувати рівняння (1) методом найменших квадратів, так щоб виконувалась умова

$$[p_x v^x v^x + p_y v^y v^y] = \min, \quad (2)$$

де  $P_x, P_y$  – вага поправок у координати.

Виразивши зрівняні значення координат і коефіцієнтів перетворення через їх наближені значення і поправки до них та взявши до уваги рівняння (1), для сполучних точок можна записати такі параметричні рівняння:

$$\begin{aligned} \delta x_m - x_{mi} \delta a_i - y_{mi} \delta b_i - \delta c_i + l_{mi}^x &= v_{mi}^x; \\ \delta y_m + x_{mi} \delta b_i - y_{mi} \delta a_i - \delta d_i + l_{mi}^y &= v_{mi}^y, \end{aligned} \quad (3)$$

де  $\delta x_m, \delta y_m$  – поправки до наближених значень координат сполучних точок;  $\delta a_i, \delta b_i, \delta c_i, \delta d_i$  – поправки до наближених значень коефіцієнтів ортогонального перетворення;  $l_{mi}^x, l_{mi}^y$  – вільні члени, які обчислюються за формулами

$$\begin{aligned} l_{mi}^x &= \bar{X}_m - x_{mi} \bar{a}_i - y_{mi} \bar{b}_i - \bar{c}_i; \\ l_{mi}^y &= \bar{Y}_m + x_{mi} \bar{b}_i - y_{mi} \bar{a}_i - \bar{d}_i, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $\bar{X}_m, \bar{Y}_m, \bar{a}_i, \bar{b}_i, \bar{c}_i, \bar{d}_i$  – наближені значення невідомих.

Склавши рівняння для всіх сполучних і твердих точок, отримаємо загальну систему рівнянь, яка в матричному вигляді матиме такий вигляд:

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{L} = \mathbf{V}, \quad (5)$$

де  $\mathbf{A}$  – матриця коефіцієнтів при невідомих;  $\mathbf{X}$  – вектор невідомих поправок;  $\mathbf{L}$  – вектор вільних членів;  $\mathbf{V}$  – вектор поправок у виміряні координати.

Для вирішення задачі методом найменших квадратів маємо відповідне нормальне рівняння:

$$\mathbf{A}^T \mathbf{P}_v \mathbf{A} \mathbf{X} + \mathbf{A}^T \mathbf{P}_v \mathbf{L} = \mathbf{0}, \quad (6)$$

де  $\mathbf{P}_v$  – матриця ваг вектора  $\mathbf{V}$  поправок:

$$\mathbf{P}_v = \begin{bmatrix} p_{x_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_{y_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & p_{y_g} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Загальна кількість рівнянь системи (5) дорівнює  $q$ :

$$q = \sum_{i=1}^g 2(s_i + t_i), \quad (8)$$

де  $g$  – кількість полігонів, що зв'язуються;  $s_i, t_i$  – відповідно кількість зв'язних і фіксованих точок в  $i$ -му полігоні.

Кількість невідомих у системі дорівнює  $r$ :

$$r = 4g + 2s, \quad (9)$$

де  $s$  – кількість зв'язних точок для двох або більше полігонів у блоці ділянок.

Рішення системи параметричних рівнянь (6) за умовою (2) можливе в тому випадку, коли витримується умова  $q \geq r$ . Однак, якщо умова виконується, але в полігонах, що з'єднуються, нема твердих точок, то рішення буде неоднозначним. Таким чином, має місце типова некоректна за Тихоновим задача [3].

Виходячи з сутності задачі та за аналогією з її рішенням графічно на кадастровому плані, коли контури ділянок, що стикаються або перехрещуються, переміщуються, повертаються та мінімально масштабуються, за регуляризуючий функціонал приймемо умову, що сума модулів зміни площ ділянок до та після зрівнювання буде мінімальною:

$$\sum_{i=1}^g |\Delta S_i| = \min, \quad (10)$$

де  $\Delta S_i = S_i^{\text{вих.}} - S_i^{\text{зр.}}$ , а  $S_i^{\text{вих.}}, S_i^{\text{зр.}}$  – площі ділянки, обчислені відповідно за вихідними та зрівняними координатами.

Для регуляризації рішення системи (5) розглянемо поправки до елементів перетворення полігонів як вимірювані величини з наближеним значенням, що дорівнює нулю. Відповідні параметричні рівняння матимуть вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \delta a_i &= v_{a_i}; & \delta b_i &= v_{b_i}; \\ \delta c_i &= v_{c_i}; & \delta d_i &= v_{d_i}; \end{aligned} \right\} (i=1, \dots, g). \quad (11)$$

Матрицю  $\mathbf{P}_x$  ваг вектора  $\mathbf{X}$  поправок до параметрів полігонів подамо у вигляді:

$$\mathbf{P}_x = \begin{bmatrix} p_{a_1} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_{b_1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & p_{c_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{d_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & p_{d_g} \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Для систем параметричних рівнянь (5) і (3) умова найменших квадратів виглядатиме так:

$$\mathbf{V}^T \mathbf{P}_v \mathbf{V} + \mathbf{V}_x^T \mathbf{P}_x \mathbf{V}_x = \min, \quad (13)$$

а відповідні параметричні нормальні рівняння визначатимуться за формулою

$$(\mathbf{A}^T \mathbf{P}_v \mathbf{A} + \mathbf{P}_x) \mathbf{X} + \mathbf{A}^T \mathbf{P}_v \mathbf{L} = \mathbf{0}. \quad (14)$$

То ж нормальні рівняння (14) розв'язуються однозначно. Отримавши вектор  $\mathbf{X}$  і додавши відповідні поправки до наближених значень невідомих, отримаємо відкореговані координати зв'язних точок і параметри перетворення полігонів. Координати  $X_k, Y_k$  вільних точок  $i$ -го полігона обчислюються за формулами, аналогічними системі (1):





$$\begin{aligned} X_k &= a_i x_k + b_i y_k + c_i; \\ Y_k &= -b_i x_k + a_i y_k + d_i. \end{aligned} \quad (15)$$

Результати корегування координат залежатимуть від прийнятого співвідношення ваг вимірювань і поправок у параметри в матрицях  $P_v$  і  $P_x$ . Варіюючи співвідношенням ваг, прагнемо досягти таких результатів коректури, щоб для регуляризовуючого функціонала виконувалась умова (10).

Пошук мінімуму на всьому просторі ваг – задача громіздка, але, як показали експерименти, можна звузити область пошуку і отримати задовільні для практики результати. Дещо спростимо задачу з допомогою таких умов:

$$\begin{aligned} p_{x_i} &= p_{y_i} = p_{xy} \text{ для } i=1, \dots, s; \\ p_{a_j} &= p_{b_j} = p_{ab} \text{ для } j=1, \dots, g; \\ p_{c_j} &= p_{d_j} = p_{cd} \text{ для } j=1, \dots, g. \end{aligned} \quad (16)$$

Оскільки результат рішення системи (14) не залежить від масштабу ваг, то для звуження області зміни ваг змінних допустимо прийняти, що виконується умова  $p_{xy} + p_{ab} + p_{cd} = 1$ . Пошук мінімуму фактично за двома змінними легко виконати методом градієнтів.

Розглянемо можливість запропонованого алгоритму корегування координат суміжних ділянок на моделі, схему якої подано на мал. 3.

Моделю являє собою блок ділянок розміром 300×100 м, до якого входить 30 ділянок розміром 50×20 м. Площа кожної ділянки становить 1000 м<sup>2</sup>, загальна площа блоку – 30 000 м<sup>2</sup> (3 га).

На моделі виконано декілька експериментів: обчислювалися по 50 варіантів вихідних даних. У кожному окремому експерименті довільно вносилися спотворення до координат вершин меж кожної ділянки, в результаті порушувались умови зв'язності сусідніх ділянок. Спотворення координат мали нормальний закон розподілу з нульовим математичним очі-

куванням і заданою дисперсією, рівною  $\mu$ .

За цими вихідними даними за пропонуваним алгоритмом виконувалась корекція координат у межах усього блоку в двох модифікаціях: без фіксованих точок і з фіксованими точками по кутах блоку ділянок.

За результатами цих розрахунків для кожної вершини були обчислені середньоквадратичні відхилення координат  $x$  та  $y$  відносно еталона моделі. Для цього в кожному експерименті  $j$  для кожної вершини  $i$  обчислювалися різниці координат:

$$\begin{aligned} \delta_{x_i}^j &= x_i^j - x_i; \\ \delta_{y_i}^j &= y_i^j - y_i, \end{aligned} \quad (17)$$

де  $x_i^j, y_i^j$  – зрівняні координати  $i$ -ї вершини;  $x_i, y_i$  – еталонні координати.

За отриманими різницями для кожної з вершин було обчислено середньоквадратичні відхилення в напрямках координатних осей  $\sigma_{x_i}, \sigma_{y_i}$  та лінійне відхилення  $\sigma_i$ :

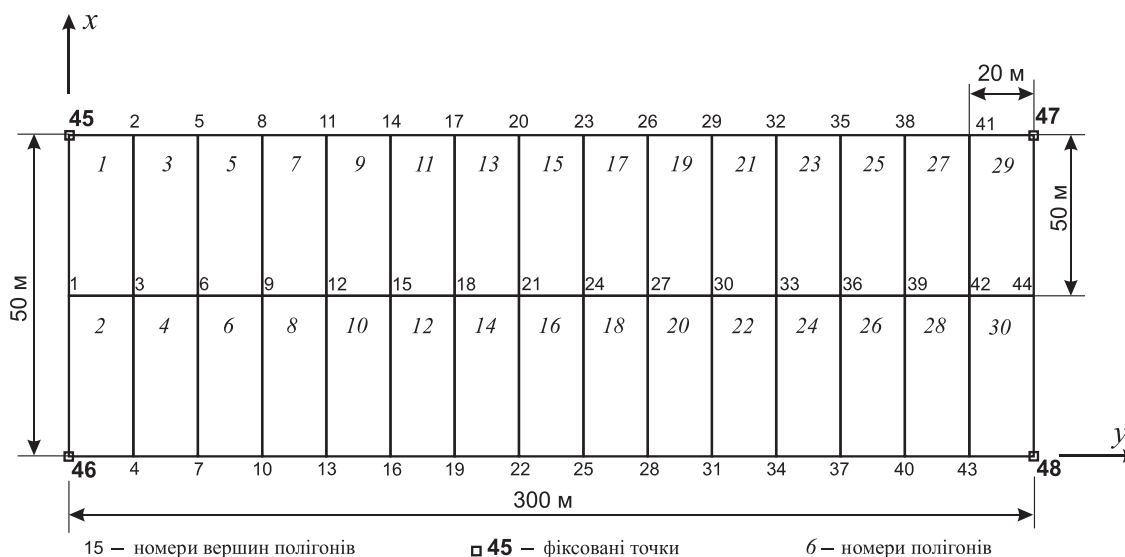
$$\sigma_{x_i} = \sqrt{\frac{\sum \delta_{x_i}^2}{\mu^2 n}}; \quad \sigma_{y_i} = \sqrt{\frac{\sum \delta_{y_i}^2}{\mu^2 n}}; \quad \sigma_i = \sqrt{\sigma_{x_i}^2 + \sigma_{y_i}^2}, \quad (18)$$

де  $n$  – кількість варіантів розрахунків.

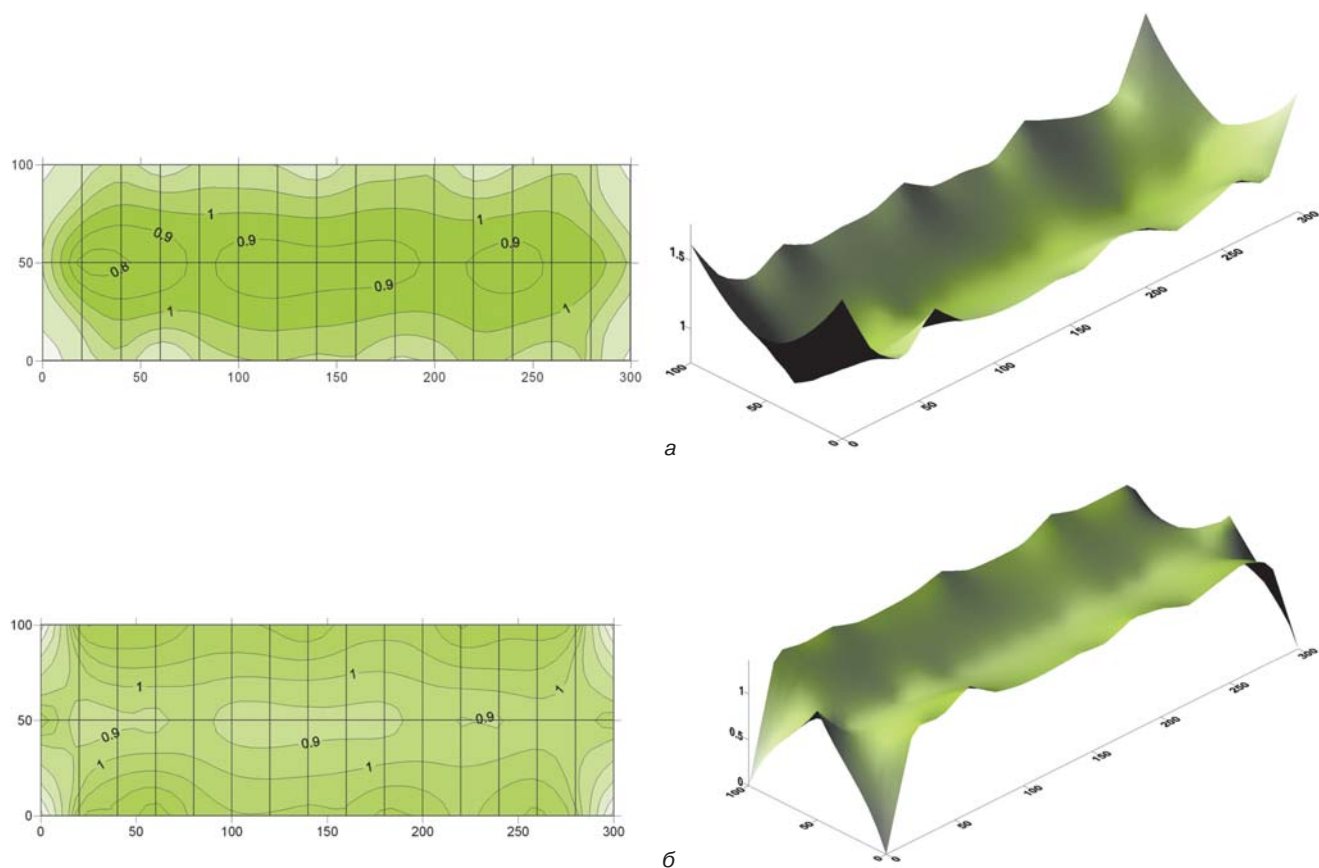
За отриманими середньоквадратичними відхиленнями побудовано графіки ізоліній і поверхні розподілу відповідних величин (мал. 4). Крім того, оцінювалися мінімальні та максимальні величини, а також середні значення середніх квадратичних відхилень значень площі моделі за формулами

$$\sigma_{x_{сеп}} = \frac{\sum \sigma_{x_j}}{m}; \quad \sigma_{y_{сеп}} = \frac{\sum \sigma_{y_j}}{m}; \quad \sigma_{сеп} = \frac{\sum \sigma_j}{m}, \quad (19)$$

де  $m$  – кількість точок моделі, для яких отримано середні квадратичні відхилення (табл. 2).



Мал. 3. Схема моделі



Мал. 4. Графіки ізоліній та поверхня розподілу середніх квадратичних лінійних відхилень  $\sigma$  для обчислень без фіксованих (а) і з фіксованими (б) точками

Таблиця 2. Середні квадратичні відхилення координат від еталона моделі

Варіанти зрівнювання	Середні квадратичні відхилення в одиницях $\mu$					
	по осі x		по осі y		лінійні	
	максим. мінім.	середні	максим. мінім.	середні	максим. мінім.	середні
Зрівнювання одним загальним блоком без фіксованих точок	$\frac{1,42}{0,54}$	0,78	$\frac{1,23}{0,50}$	0,80	$\frac{1,77}{0,74}$	1,12
Зрівнювання одним загальним блоком з 4-ма фіксованими точками по кутах блоку	$\frac{1,07}{0,55}$	0,75	$\frac{1,03}{0,55}$	0,79	$\frac{1,39}{0,80}$	1,09

Аналіз отриманих даних показує, що в результаті зв'язування навіть без фіксованих точок (мал. 4, а) точність визначення координат деяких вершин, до яких примикають 4 ділянки, підвищується у 1,5-2,0 рази у порівнянні з вихідними координатами, а зв'язних точок, котрі входять у два полігони, в 1,2-1,5 рази. Найбільші середні квадратичні відхилення характерні для кутів блоку, де отримано похибки в 1,1-1,4 рази більше, ніж ті, які прийняті при генеруванні вихідних даних.

При зрівнюванні з фіксованими точками (мал. 4, б) зберігається та сама тенденція, за винятком кутів блоку.

Для дослідження змін площ при ув'язуванні полігонів у кожному варіанті розрахунку по зрівняних

координатах вершин обчислювались площі окремих ділянок і площа блоку як сума площ окремих ділянок.

За обчисленими та еталонними значеннями площ визначались відхилення: у кожному варіанті розраховувались різниці в площі ділянок за таким виразом:

$$\delta S_i^j = S_i^j - \tilde{S}_i^j, \quad (20)$$

де  $S_i^j, \tilde{S}_i^j$  – площі  $i$ -го полігона в  $j$ -му варіанті розрахунку, обчислені відповідно за вихідними даними та скорегованими координатами.

За отриманими даними для кожного полігона та блоку в цілому обчислювались середньоквадратичні величини корегування площ:

$$\sigma_{S_i} = \sqrt{\frac{\sum_{s_i}^n \delta_{S_i}^2}{m_{S_i}^2 n}}, \quad (21)$$

де  $n$  – кількість варіантів розрахунків;  $m_{S_i}$  – середня квадратична похибка площі полігона, обчислена за вихідними координатами.

Аналогічно були обчислені середні квадратичні відхилення вихідних площ за координатами до зрівнювання. Отримані середньоквадратичні величини корегування площ зведено у табл. 3.



Таблиця 3. Середньоквадратичні величини корегування площ

Варіант зрівнювання	Скореговані значення окремих ділянок			Те саме по блоку
	середні	максимальні	мінімальні	
Зрівнювання цілим блоком без фіксованих точок	0,65	0,80	0,51	0,81
Зрівнювання цілим блоком з 4-ма фіксованими точками по кутах блоку	0,66	0,82	0,56	0,88

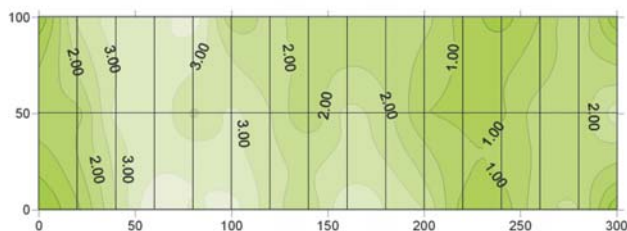
Середньоквадратичні відміни площі окремої земельної ділянки знаходяться в діапазоні від 0,5 до 0,8 середньоквадратичної похибки визначення площі, а середні величини дорівнюють 0,6.

Таким чином, можна зробити висновок, що корегування геометрії меж ділянок не погіршує результати вимірювань з точки зору визначення площ окремих ділянок. Підтвердженням цьому можуть бути і середньоквадратичні відхилення площ еталона моделі (табл. 4).

Наведені дані свідчать про те, що при зв'язуванні ділянок запропонованою методикою в 1,4 раза підвищується точність визначення площі окремої ділянки та в 2,2-2,4 раза – загальної площі блоку.

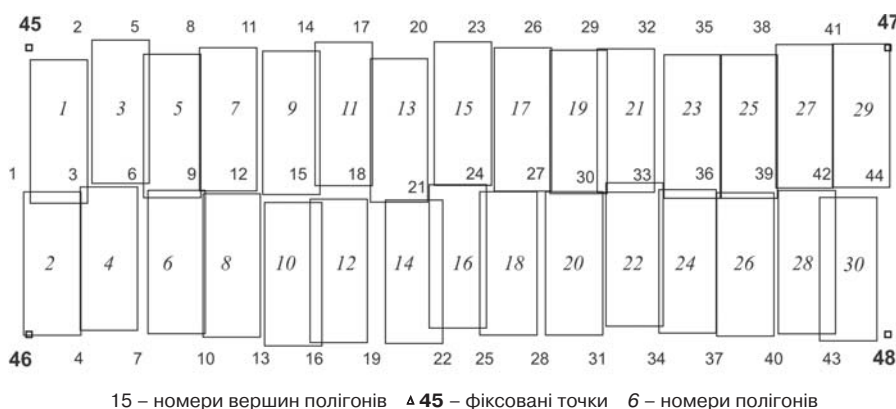
Таблиця 4. Середньоквадратичні відхилення площ окремих земельних ділянок і площі всього блоку від еталона моделі

Варіант зрівнювання	Середньоквадратичні відхилення площ, $m^2$			блоку в цілому $\sigma_S$
	середні $\sigma_{S_i \text{сер}}$	максимальні	мінімальні	
Вихідні площі	1,00	1,19	0,82	0,93
Зрівнювання загальним блоком без фіксованих точок	0,70	0,55	0,88	0,42
Зрівнювання загальним блоком з 4-ма фіксованими точками по кутах блоку	0,68	0,54	0,87	0,38



Мал. 6. Лінійні відхилення координат від еталона моделі після зрівнювання з грубими зміщеннями

Крім забезпечення геометричної цілісності об'єктів, методика дає змогу уникнути грубих помилок при визначенні їх просторового розташування. Для дослідження цієї особливості було використано модель, описану раніше (див. мал. 3). При цьому до координат меж полігонів спочатку було внесено спотворення, які моделюють випадкові похибки вимірювання та розпізнавання. Кожен з полігонів зміщувався грубо, зміщення по осях встановлювались довільно, розмір зміщення підпорядковувався нормальному закону з дисперсією 2 м (мал. 5).



Мал. 5. Розташування полігонів у блоці після зміщення

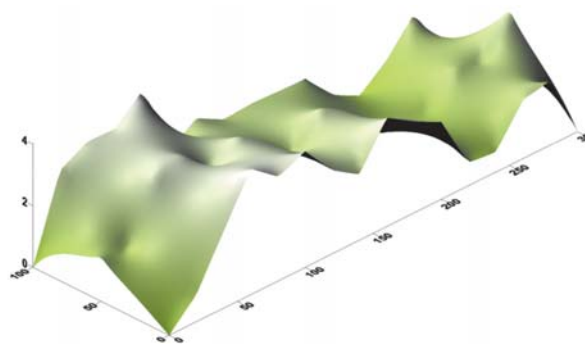
Після зрівнювання моделі з грубими зміщеннями цілим блоком з 4-ма фіксованими точками по кутах блоку отримані координати точок були ідентичні результатам зрівнювання моделі, в якій грубих зміщень не було. Картину розподілу лінійних відхилень координат наведено на мал. 6.

Розподіл відхилень координат вершин полігонів у блоці подібний до розподілу середньоквадратичних відхилень, які отримані за результатами оброблення 50-ти варіантів вихідних даних.

Проаналізувавши отримані результати, ми дійшли таких висновків:

1. Запропонована методика зв'язування полігонів зі спільною геометрією забезпечує геометричну цілісність об'єктів як при випадкових, так і при грубих помилках, а також сприяє підвищенню точності визначення координат і площ.

2. Величини уточнених площ ділянок у середньому становлять 0,6 точності їх визначення, що





дає підстави стверджувати: зрівнювання межових вершин сусідніх полігонів за пропонованою нами методикою не погіршує точність визначення.

3. Наявність фіксованих пунктів по кутах незначно (на 1-3 %) зменшує середню квадратичну похибку при визначенні площі окремої ділянки, але набагато (на 10-15 %) покращує точність визначення площі всього блоку і тим сприяє покращенню якості облікування площ.

4. Середня квадратична похибка визначення площі окремої ділянки при ув'язуванні полігонів зменшується приблизно в 1,4 раза по відношенню до площ, визначених за вихідними координатами.

5. Наш алгоритм дозволяє виправляти грубі помилки визначення просторового розташування полігонів.

Запропонована методика ув'язування меж, що базується на спільній геометрії та ортогональних перетвореннях окремих полігонів, забезпечує топологічну коректність встановлення меж земельних ділянок в автоматизованій системі земельного кадастру, не допускає грубих спотворень результатів навіть при наявності значних помилок визначення положення ділянок у просторі. Отож, автоматична методика відповідає діям фахівця, що на топографічній основі графічно аналізує та узагальнює результати кадастрових знімків.

Оскільки методика розрахована на значні обсяги обчислень, то її застосування ефективне лише в рамках автоматизованої інформаційної земельно-кадастрової системи.

#### Література

1. Мартин, А. Зміст вищої освіти у галузі землеустрою: сучасний стан, проблеми та шляхи вирішення [Текст] / А. Мартин, Й. Дорош, З. Флекей // Землеустр. вісн. – 2009. – № 5. – С. 32-36.

2. Могильний, С.Г. Інформаційні технології забезпечення просторової прив'язки об'єктів кадастрових зйомок [Текст] / С.Г. Могильний, Т.В. Павельчак // Вісн. геодез. та картогр. – 2001. – № 1. – С. 39-43.

3. Тихонов, А.Н. Методы решения некорректных задач [Текст] / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. – Изд. 2-е. – М.: Наука, 1979. – 283 с.

4. Larson, G. Land registration and cadastral systems [Text] / G. Larson. – New York, 1991. – 175 p.

5. Vermessungsgesetz. Landesvermessungsamt Baden-Wuerttemberg. – Stuttgart, 1991. – 14 s.

#### Інтернет-джерела

6. Інструкція про порядок складання, видачі, реєстрації і зберігання державних актів на право власності на земельну ділянку і право постійного користування земельною ділянкою та договорів оренди землі (Наказ Держ. ком. України із зем. ресурсів від 04.05.1999 № 43, зі змін. 2001, 2002, 2003 і 2008 рр.) [Електрон. ресурс], 2010 [Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0354-99>. – Загол. з екрана].

7. Положення про земельно-кадастрову інвентаризацію земель населених пунктів (Наказ Держ. ком. України із зем. ресурсів від 26 серп. 1997 р. № 85) [Електрон. ресурс], 2010 [Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0522-97>. – Загол. з екрана].

8. Положення про регіональні кадастри природних ресурсів (Затв. 28 груд. 2001 р. № 1781) [Електр. ресурс], 2010 [Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1781-2001-%EF> – Загол. з екрана].

9. Про затвердження вимог до структури, змісту та формату файлу обміну даними результатів землепорядних робіт в електронному вигляді на магнітних носіях (Наказ Держ. ком. України із зем. ресурсів № 136 від 23 трав. 2003 р.) [Електрон. ресурс], 2010 [Режим доступу: <http://vilghas.ua/content/view/276/6/> – Загол. з екрана].

Надійшла 07.06.10

\* \* \*

УДК 332.68

Р. Б. Шульган

## ВРАХУВАННЯ КРИТЕРІЮ ЗАБРУДНЕНOSTІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УЗДОВЖ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ВАРТОСТІ ЗЕМЕЛЬ

*Установлена необходимость коррекции стоимости земельных участков близости автомобильных дорог с учетом уровней загрязненности атмосферного воздуха. Вычислены размеры зон загрязнения для разных классов дорог и уточнены локальные коэффициенты коррекции нормативной стоимости земли, учитывающие размещение земельного участка в зонах с разной степенью загрязненности атмосферного воздуха.*

*The necessity of correcting the value of lands along roads in accordance with level of air pollution is grounded. The sizes of pollution areas for the roads of different classes are defined. The local coefficients of correction of normative land value taking into account the land placement in areas with different levels of air pollution are calculated.*

**Вступ.** Як відомо, транспортні засоби є одними з найбільших забруднювачів атмосферного повітря, води та ґрунтів, шумового та вібраційного за-

бруднення. Розташування земельної ділянки поряд з автомобільною дорогою з інтенсивним рухом зумовлює забруднення ґрунтів та атмосферного повітря, а це в свою чергу значною мірою впливає на вартість земель у таких місцях.

© Р. Б. Шульган, 2010