

ВПЛИВ СТАНУ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ НА ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

© Кубах С., 2010

*Рассмотрено влияние геодезической референционной системы координат на точность
определения площадей земельных участков*

The influence of the geodetic reference coordinate system on the accuracy of the land area

Постановка проблеми. Нині в Україні особливу увагу звертають на створення єдиної державної системи обліку земельних ділянок та нерухомості. Сьогодні земельні ділянки на території країни належать мільйонам власників. Ринок земель та нерухомості швидко розвивається: здійснюється приватизація земель, більшість сільськогосподарських угідь колишніх колгоспів і радгоспів передана в приватну власність громадян України, створено приватні сільськогосподарські організації, впроваджуються операції з земельними ділянками. У зв'язку з цим збільшується обсяг землевпорядних робіт.

Разом з розвитком нормативної і законодавчої бази із землевпорядкування удосконалюються і методи геодезичних вимірювань. Поряд з традиційними способами визначень координат точок земної поверхні, все частіше використовуються і супутникові навігаційні системи GNSS та сучасні технології, що на них основані. Запровадження цих вимірювальних технологій у практику геодезичних робіт в землеустрої (інвентаризації земель) та кадастрі призводить до перегляду чинних принципів та правил, що склалися вже протягом декількох десятиліть.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як відомо, відносні методи супутникової геодезії дають змогу визначати прирости просторових прямокутних координат у референційній супутниковій системі відліку із сантиметровою або субсантиметровою точністю за відстаней у кілька десятків, сотень і навіть тисяч кілометрів.

Чинна державна геодезична система координат УСК-2000, система координат СК-42 і утворені від неї умовна система координат СК-63, а також системи координат регіонів, мають локальні спотворення, зумовлені методами їх створення і технологією врівноваження результатів лінійно-кутових вимірювань у мережі. Внаслідок цього визначення координат точок земної поверхні супутниковими методами в державній або місцевій системах координат стає проблематичним, тому що похибка взаємного положення пунктів перевищує точність супутникового позиціонування майже на порядок і більше. Якщо при зніманні окремих земельних ділянок система координат повинна забезпечити узгодженість натурних даних і даних, отриманих в результаті їх опрацювання на площині, що завжди досягається на практиці, то в наявних геоінформаційних системах земельного кадастру та базах геопросторових даних практично відсутній дієвий механізм автоматизованого узгодження границь і площ суміжних землекористувань. При цьому часто виникають розбіжності, викликані відмінністю систем координат, кривиною Землі, похибками вимірів і розмежувань. Складнощі формалізації такого механізму гальмують створення автоматизованої системи державного земельного кадастру та бази геопросторових даних.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є дослідження точності визначення геометричних параметрів земельних ділянок через відмінність референціальних систем координат.

Виклад основного матеріалу. Важливим елементом геоінформаційного забезпечення кадастру об'єктів нерухомості є геодезичні дані, що є цифровим геопідґрунтям геоінформаційних систем (ГІС). Основними геодезичними даними, які отримують у ході такого забезпечення, є координати межових

знаків земельних ділянок та об'єктів нерухомості на них, а також їхні площі. Площа земельної ділянки є найважливішою її кількісною характеристикою. Площі ділянок, а також об'єктів в їх межах, у світовій практиці використовуються для розв'язання фіскальних завдань і слугують основою для аналітичного опрацювання з метою підготовки необхідних даних для прийняття управлінських рішень. Часто площа всієї ділянки визначається як сума площ окремих елементарних фігур, що її утворюють. Для геоінформаційного забезпечення кадастру актуальними є дослідження, спрямовані на виявлення закономірностей в точності обчислення площ ділянок, визначення напрямів підвищення їх точності і розроблення алгоритмів строгої оцінки точності. Інформація про точності характеристики визначення площ необхідна для обґрунтованого висновку про точність геодезичних вимірювань, а також для прийняття рішень про зміну початкових даних під час повторних визначень площі.

Як відомо, координати межових знаків визначають під час натурних геодезичних робіт (кадастрових зйомок). Згідно з чинними нормативними документами допуск на визначення координат оснований на можливості відображення результатів вимірювань на твердому носії, незважаючи на те, що основним носієм сучасної топографічної інформації стала цифрова карта або цифрова модель місцевості. Так, наприклад, середня квадратична похибка положення межових знаків відносно пунктів геодезичної основи не повинна перевищувати 0,1 мм на кадастрових картах. Іншим прикладом, не пов'язаним з масштабом карти, може бути вимога, щоб середня квадратична похибка положення межового знака щодо найближчого пункту вихідної геодезичної основи, для земель міст не перевищувала 0,1 м. Однак за такої точності положення межових знаків, площа типової ділянки в місті розміром 20х30 м визначатиметься з абсолютною похибкою 2,6 м² та відносною – 1/230. Такі похибки у положенні межових знаків на рівні 0,1 м є причиною багатьох непорозумінь, і наслідком цього є настійна необхідність підвищувати точність визначення положення межових знаків пунктів геодезичної основи і відносно пунктів знімальних мереж. Важливим фактором є якість самої геодезичної основи. Адже добре відомо, що пункти геодезичної основи дають взаємне положення фізичних точок з певною мірою достовірності, яка залежить від технічних можливостей інструментальної бази. Тому введення в опрацювання результатів нових вимірів відносно інших пунктів геодезичної мережі або вилучення деяких з них призведе до зміни координат відповідних точок. Ця зміна не була б такою помітною, якби вимірювальні технології базувалися на тій самій інструментальній базі, що була основою створення традиційних геодезичних мереж. Звідси випливає, що підвищення точності визначення положень межових знаків відносно традиційних пунктів геодезичної основи чи знімальних мереж неможливе. Основною причиною цього є значні похибки взаємного положення пунктів геодезичної мережі, зокрема у системі координат СК-42 ці похибки на відстанях 50-100 км можуть досягати 1 м і більше, що не дає змоги в багатьох випадках з незалежною точністю виконувати геодезичну прив'язку до цих пунктів, хоча сучасні вимірювальні технології це дозволяють. Найбільше ця проблема проявлятиметься при кадастровій зйомці середніх та великих за площею об'єктів. Водночас для малих кадастрових об'єктів ця різниця не повинна домінувати. Як випливає з вищесказаного, при цьому можна перейти на нову геодезичну основу, створену на базі сучасних вимірювальних GNSS-технологій зі збільшенням багаторічних напрацювань з державного земельного кадастру. Якщо вимірювальні технології, які забезпечили реалізацію референційної системи координат у вигляді набору координат опорних пунктів (станцій), використовуватимуться для поточних геодезичних знімів, зокрема і для задач кадастру, можна стверджувати, що їх застосування може забезпечити істотне підвищення точності координатних визначень.

Для детальнішого вивчення питання впливу стану традиційної геодезичної основи на точність визначення геометричних параметрів земельної ділянки виконано експериментальне дослідження. На території Донецької обл. вибрано декілька ділянок різної площі: ~10 000 м² (1 га), ~1 км² (100 га) і ~100 км² (10 000 га). Ці ділянки мають прямокутну форму і координати їхніх вершин визначені із високоточних супутникових вимірювань у загальноземній референційній системі координат ITRS. Оскільки нова геодезична референційна система УСК-2000, що створена в Україні, чітко узгоджена з певною реалізацією цієї загальноземної референційної системи, то можна однозначно перейти від однієї до іншої за допомогою математичного трансформування координат. Термін “математичне трансформування” вжито у тому понятті, що ці дві системи є теоретично тотожними за своєю природною суттю, а принципова різниця полягає лише у їхній практичній реалізації. Отже, ми отримаємо нові координати вершин прямокутних ділянок у системі УСК-2000. Припустимо, що нам поставлена задача визначити координати цих вершин, використовуючи наявні пункти геодезичної мережі. Координати пунктів

геодезичної мережі виберемо із наявних каталогів, де вони можуть бути наведені або у системі СК-42, або в умовній системі СК-63, що є не принциповим, оскільки ці системи мають строгий математичний зв'язок. Для числового експерименту, щоб отримати координати вершин ділянок у зазначеній системі (СК-42/СК-63), ми використали принцип “трансформаційного поля”. Суть цього принципу полягає в тому, що під час створення нової геодезичної референційної системи УСК-2000 у Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (м. Київ) одержано понад 25 тис. різниць геодезичних координат СК42-УСК-2000, які згодом були математично опрацьовані й у кінцевому варіанті отримано рівномірну сітку (грід) з кроком 15”× 15” (350 × 300 м). З використанням цієї сітки (за допомогою білінійної інтерполяції) ми можемо достатньо точно (близько 5–7 см) здійснити перехід від координат системи УСК-2000 до координат у системі СК-42 чи навпаки. У табл. 1 наведено значення координат вершин, вибраних у південній частині Донецької області земельних ділянок у двох системах координат: УСК-2000 та СК-42. Аналогічні дані тільки для північної частини області подано у табл. 2. Такий поділ області зумовлений тим, щоб показати можливі зміни координат системи СК-42 (просторові неоднорідності) відносно нової референційної системи УСК-2000.

Таблиця 1

**Координати вершин земельних ділянок у двох референційних системах
для південної частини Донецької області**

Вершини ділянки	УСК-2000		СК-42	
	X	Y	X	Y
(100 × 100 м)				
1	5209020.886	7424803.473	5209022.585	7424802.521
2	5209144.413	7424809.565	5209146.161	7424808.599
3	5209140.395	7424891.244	5209142.143	7424890.279
4	5209016.868	7424885.154	5209018.568	7424884.202
(1000 × 1000 м)				
1	5217739.303	7443214.163	5217740.708	7443213.271
2	5218767.714	7443261.518	5218768.955	7443260.630
3	5218719.938	7444301.015	5218721.335	7444300.125
4	5217691.525	7444253.847	5217692.938	7444252.958
(10 × 10 км)				
1	5200707.448	7405632.741	5200709.241	7405631.708
2	5300763.822	7410920.737	5300765.377	7410919.832
3	5296280.495	7513367.617	5296281.493	7513366.267
4	5196203.669	7509955.038	5196204.578	7509954.223

Таблиця 2

**Координати вершин земельних ділянок у двох референційних системах
для північної частини області**

Вершини ділянки	УСК-2000		СК-42	
	X	Y	X	Y
(100 × 100 м)				
1	5400656.176	7505137.574	5400657.179	7505139.114
2	5400779.749	7505142.152	5400780.819	7505143.694
3	5400776.830	7505220.959	5400777.902	7505222.501
4	5400653.257	7505216.383	5400654.261	7505217.923
(1000 × 1000 м)				
1	5391323.472	7510819.774	5391324.471	7510821.287
2	5392352.213	7510856.668	5392353.204	7510858.183
3	5392309.882	7512040.636	5392310.880	7512042.163
4	5391281.138	7512003.972	5391282.144	7512005.498
(10 × 10 км)				
1	5329502.849	7442693.570	5329504.478	7442694.777
2	5429578.666	7447509.184	5429580.115	7447510.674
3	5425696.620	7547482.114	5425697.899	7547483.911
4	5325597.986	7544574.315	5325598.824	7544575.789

Потім на основі даних табл. 1 обчислено площі цих ділянок координатним методом за формулою:

$$P = \frac{1}{2} (X_1(Y_2 - Y_4) + X_2(Y_3 - Y_1) + X_3(Y_4 - Y_2) + X_4(Y_1 - Y_3)) \quad (1)$$

Таблиця 3

Обчислені площі ділянок у двох референцних системах для південної частини області

Південь	S_{УСК-2000}, га	S_{СК-42}, га	Різниця, га
(100 × 100 м)	1.01	1.01	0
(1000 × 1000 м)	107	107	0
(10 × 10 км)	1036488	1036489	1

Таблиця 4

Обчислені площі ділянок у двох референцних системах для північної частини області

Північ	S_{УСК-2000}, га	S_{СК-42}, га	Різниця, га
(100 × 100 м)	0.98	0.98	0
(1000 × 1000 м)	122	122	0
(10 × 10 км)	1011652	1011657	5

Як видно із даних табл. 3 та 4, різниці площ, обчислених у двох системах, практично не відрізняються.

Висновки. Місцеві системи координат повинні мати зв'язок з Державною геодезичною системою координат УСК-2000. Якщо умовна система СК-63 і переважно місцеві системи координат адміністративних одиниць створені на основі системи СК-42, то їхні сучасні аналоги, зокрема і СК-63, повинні ґрунтуватися на системі УСК-2000. Перерахування координат можливо виконати, використовуючи трансформаційне поле перетворення координат між системами СК-63 та УСК-2000, яке зберігає точність СК-42. Однак цей перерахунок та механізм впровадження Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 у всіх галузях господарства мають бути економічно доцільними, оскільки потребують значних витрат.

1. Барановський В.Д., Карпінський Ю.О., Кучер О.В., Ляшенко А.А. *Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земельного кадастру. Системи координат і картографічні проекції* / За заг. ред. Ю.О.Карпінського. – К.; НДІГК, 2009. – 96 с. 2. Будников В.Т., Колевид Т.К., Лобазов В.Я. *Вопросы координатной основы кадастровых работ* // *Геопрофи.* – 2004. – № 6. – С. 49–52. 3. Демьянов Г.В. *Геодезические системы координат, современное состояние и основные направления развития* // *Геодезия и картография.* – 2008. – № 9. – С. 17–20. 4. Ефимов Г.Н. *Результаты уравнивания астрономо-геодезической сети* // *Геодезия и картография.* – 1995. – № 8. – С. 17–22. 5. Матвеев С.И. *О возможности автоматизированного согласования границ кадастровых участков* // *Геопрофи.* – 2007. – № 1. – С. 53–54.