

УДК 528.23

д-р техн. наук, професор Карпінський Ю.О.,
karp@gki.com.ua, ORCID: 0000-0002-0701-1277,
Кінь Д.О., kondanil24@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0185-2534,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ КАРТОМЕТРИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ В СЕРЕДОВИЩІ ГІС

Досліджено методи та можливості визначення територій площ територій на еліпсоїді стандартними методами в середовищі геоінформаційної системи ArcGIS for Desktop by ESRI. Встановлено, що стандартними засобами геоінформаційної системи ArcGIS визначення площ територій здійснюється за формулами Гаусса на площині без врахування картографічних проєкцій та кривизни Землі.

Ключові слова: визначення площ територій, картометричні операції в середовищі ГІС.

Актуальність. Стрімкий розвиток ГІС, як інструмента для роботи з просторовими даними, та її результативність за останні 20 років зумовлюють впровадження таких систем і технології майже в кожній галузі виробництва та сфері надання послуг. Розвиток геоінформаційних технологій сприяє використанню строгих комп'ютерних методів для виконання різноманітних картометричних операцій на еліпсоїді.

В теперішній час у Науково-дослідному інституті геодезії і картографії виконуються дослідження картометричних операцій на еліпсоїді в середовищі різноманітних ГІС, зокрема рішення прямих та обернених геодезичних задач на еліпсоїді, визначення геодезичних координат B та L на еліпсоїді Красовського по прямокутним координатам x , y в проєкції Гаусса-Крюгера, визначення прямокутних координат x , y в проєкції Гаусса-Крюгера по геодезичним координатам B та L на еліпсоїді Красовського, перетворення прямокутних координат x , y в проєкції Гаусса-Крюгера із однієї зони в іншу, визначення площ територій на еліпсоїді та інші. В статті приводяться результати досліджень визначення площ територій на еліпсоїді стандартними засобами ArcGIS.

Метою роботи є дослідження точності визначення площі територій на еліпсоїді Красовського по прямокутним координатам x , y в проєкції Гаусса-Крюгера стандартними засобами ArcGIS.

Результати досліджень. Емпіричні дослідження було виконано в середовищі ArcGIS for Desktop 10.5 by ESRI. Загальна методика експериментів

полягала в статистичному порівнянні значень картометричних властивостей геопросторових об'єктів, визначених аналітичними методами як еталонної моделі та значеннями, отриманих стандартними засобами в середовищі ArcGIS. Проведення експериментальних робіт включало виконання таких етапів:

- розроблення еталонної моделі аналітичними методами включаючи стислий огляд формул, обґрунтування вибору формул, точність формул;
- створення масиву контрольних територій, оцінка репрезентативності їх масиву, програмування вибраних формул в середовищі MATLAB, документування сценарію виконання обчислення площі території на еліпсоїді Красовського по прямокутним координатам x , y в проекції Гауса-Крюгера перерахунку координат;
- проведення експерименту в середовищі ArcGIS: опис вихідних дат і систем відліку, введення масиву територій, визначення площ, експорт результатів, документування сценарію проведення експерименту;
- статистичний аналіз отриманих результатів,

Еталонними моделями для дослідження були прийняті 8 умовних ділянок квадратної форми зі стороною 1 км, які були розміщені в 6-ій зоні проекції Гауса-Крюгера в інтервалі 50 км від осьового меридіану на відстані 5550000 м від екватора.

Визначення площ еталонних моделей аналітичним методом було виконано з використанням формул, наведених у роботі [1], за допомогою програмного засобу MATLAB R2013b (версія 8.2) (рис. 1).

Вихідними даними системами координат були обрані 6-а зона в проекції Гауса-Крюгера з осьовим меридіаном 33° та референц-еліпсоїд Красовського, дати яких наведено у таблиці 1 і таблиці 2 відповідно.

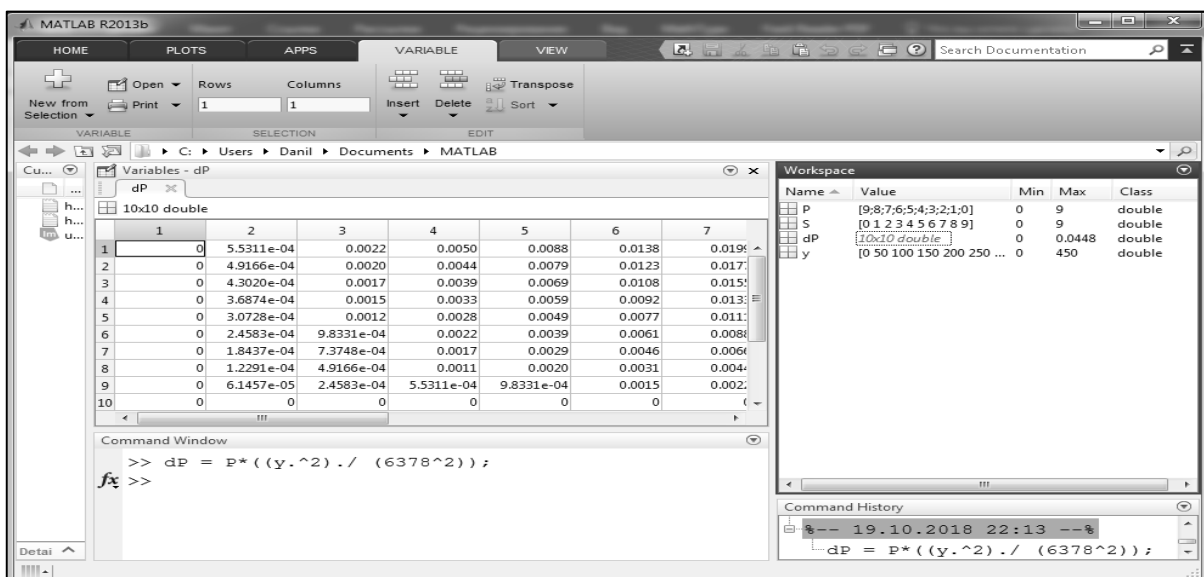


Рис. 1. Реалізація аналітичного методу у програмному засобі MATLAB R2013b

Таблиця 1.

Характеристика системи координат Pulkovo_1942
в проекції Гауса-Крюгера (згідно датумів систем координат ArcGIS)

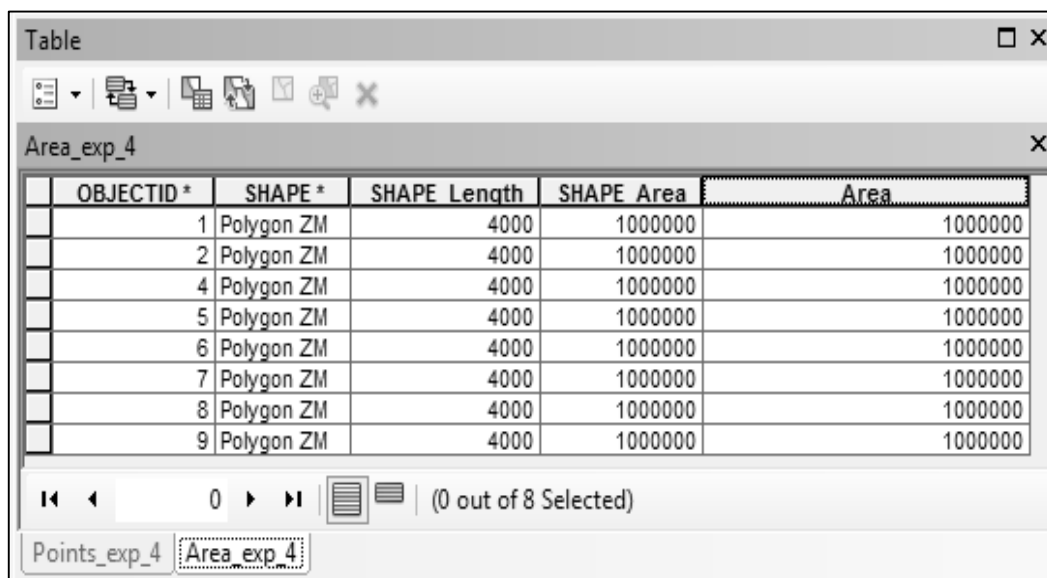
Projected Coordinate System:	Pulkovo_1942_GK_Zone_6
Projection:	Gauss_Kruger
False Easting:	6500000,00000000
False Northing:	0,00000000
Central Meridian:	33,00000000
Scale Factor:	1,00000000
Latitude Of Origin:	0,00000000
Linear Unit:	Meter

Таблиця 2.

Характеристика системи координат Pulkovo_1942
(згідно датумів систем координат ArcGIS)

Geographic Coordinate System:	GCS_Pulkovo_1942
WKID:	4284
Authority:	EPSG
Angular Unit:	Degree (0,0174532925199433)
Prime Meridian:	Greenwich (0,0)
Datum:	D_Pulkovo_1942
Spheroid:	Krasovsky_1940
Semimajor Axis:	6378245,0
Semiminor Axis:	6356863,018773047
Inverse Flattening:	298,3

В середовищі ArcGIS було створено відповідний шар з типом геометрії Polygon, який містив геопросторові об'єкти аналогічні еталонним моделям.



OBJECTID *	SHAPE *	SHAPE Length	SHAPE Area	Area
1	Polygon ZM	4000	1000000	1000000
2	Polygon ZM	4000	1000000	1000000
4	Polygon ZM	4000	1000000	1000000
5	Polygon ZM	4000	1000000	1000000
6	Polygon ZM	4000	1000000	1000000
7	Polygon ZM	4000	1000000	1000000
8	Polygon ZM	4000	1000000	1000000
9	Polygon ZM	4000	1000000	1000000

Рис. 2. Атрибутивна таблиця геопросторових об'єктів для виконання експерименту емпіричним методом

Працюючи в системі координат Pulkovo_1942_GK_Zone_6, за допомогою Calculate Geometry визначено площі в проекції Гаусса-Крюгера (рис. 3).

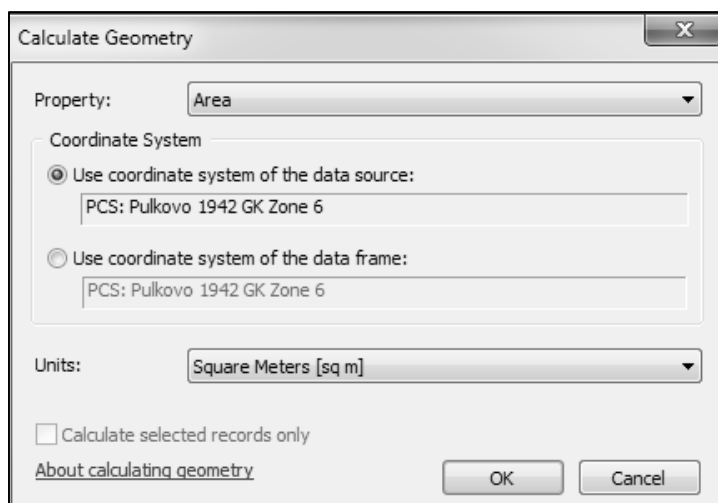


Рис. 3. Вікно Calculate Geometry для визначення площі в проекції Гауса-Крюгера

Різниця між значеннями площ, розрахованих на декартовій площині (P_{et}) та в проекції Гаусса-Крюгера з урахуванням поправки за редукування на поверхню еліпсоїда (P'_{et}) аналітичним методом, та площ геопросторових об'єктів, розрахованих в середовищі ArcGIS, дозволяє зробити висновок, що стандартні засоби даної ГІС визначають площу безпосередньо в декартовій системі координат (табл. 3). Графічно залежність між площею об'єкта, його відстанню від осьового меридіана та величиною поправки за редукування на поверхню еліпсоїда представлено на рисунку 4.

Таблиця 3.

Різниця площ еталонних моделей та у середовищі ГІС

У, км	$P_{et}, \text{км}^2$	$P_{ArcGIS}, \text{км}^2$	$P_{et} - P_{ArcGIS}, \text{км}^2$	$\delta_p, \text{км}^2$	$P'_{et}, \text{км}^2$	$ P'_{et} - P_{ArcGIS} , \text{км}^2$
1	2	3	4	5	6	7
50	1	1	0	0	1	0
100	1	1	0	-0,00006394	0,9999361	0,000063940
150	1	1	0	-0,00025576	0,9997442	0,000255759
200	1	1	0	-0,00057546	0,9994245	0,000575458
250	1	1	0	-0,00102306	0,9989769	0,001023061
300	1	1	0	-0,00159852	0,9984015	0,00159852
350	1	1	0	-0,00230186	0,9976981	0,002301858
400	1	1	0	-0,00313308	0,9968669	0,003133075

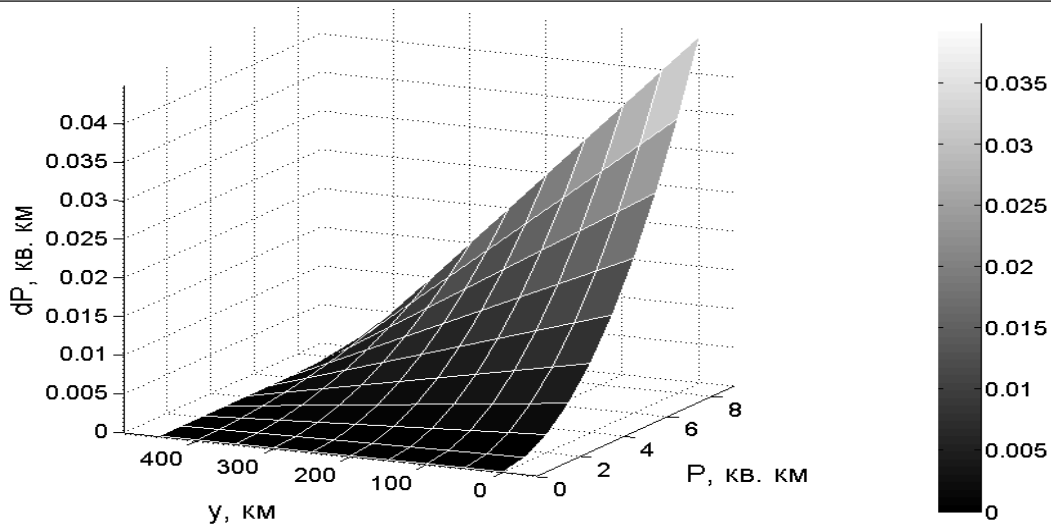


Рис.4. Графік залежності поправки від площі земельної ділянки та середньої відстані між нею та осьовим меридіаном зони

Попередні дослідження однієї із важливих характеристик землеустрою та кадастру – площі територій, свідчать про те, що середовище ГІС для обчислення площ територій, не зважаючи на наявність детальних датумів референц-еліпсоїдів, систем координат та проєкцій, що використовуються, не враховує величину їх збільшення в проєкції Гауса-Крюгера, що визначається за формулою (2) та формулою (3):

$$P'_{et} = P_{et} + \delta_P, \quad (2)$$

$$\delta_P = -\frac{y_m^2}{R_m^2} P_{et}, \quad (3)$$

де y_m – середня відстань між осьовим меридіаном зони та земельною ділянкою;

R_m – середній радіус кривизни еліпсоїда Красовського, який для території України складає 6378 км.

P_{et} – обчислена площа земельної ділянки на площині Гауса-Крюгера.

Для обчислення площ земельних ділянок на поверхні референц-еліпсоїду необхідно у значення площі, яка в проєкції Гауса-Крюгера, ввести зазначену поправку і тоді площа земельної ділянки (P'_{et}) не буде залежати ні від якої системи координат на площині Гауса-Крюгера [1].

Дослідження визначення площ геопросторових об'єктів доводить, що стандартні засоби ArcGIS обчислюють її на декартовій площині без врахування кривизни Землі, що обумовлює актуальність розроблення відповідної аплікації, яка буде враховувати поправки за редукування на поверхню еліпсоїда.

Висновки. Результати проведених досліджень дозволяють зробити висновок, що для використання програмного засобу ArcGIS при вирішенні

геодезичних, землевпорядних та кадастрових задач необхідно розробити аплікації, що дозволять значно підвищити точність картометричних властивостей (периметр, кути нахилу, експозиції схилів, зони видимості) з урахуванням кривизни Землі.

Список використаних джерел

1. Барановський В.Д., Карпінський Ю.О., Лященко А.А. Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земельного кадастру. Визначення площ територій / За заг. ред. Ю.О. Карпінського. - К.: НДІГК. 2009. – 92 с.

д-р техн. наук, професор Карпинский Ю. А., Конь Д. А.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРТОМЕТРИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В СРЕДЕ ГИС

Исследованы методы и возможности определения площадей территорий на эллипсоиде стандартными методами в среде геоинформационной системы ArcGIS for Desktop by ESRI. Установлено, что стандартными средствами геоинформационной системы ArcGIS определение площадей территорий осуществляется по формулам Гаусса на плоскости без учета картографических проекций и кривизны Земли.

Ключевые слова: определение площадей территорий, картометрические операции в среде ГИС.

DSc, professor Karpinskyi I. O., Kin D.O.,
Kyiv National University of Construction and Architecture

RESEARCH CARTOMETRIC OPERATIONS IN THE ENVIRONMENT OF GIS

The methods and possibilities of calculating areas of territories on the ellipsoid by standard methods in the environment of the geographic information system ArcGIS for Desktop by ESRI are researched. It has been established that the standard methods of the geographic information system ArcGIS calculating areas of the territories using the Gauss formulas in the plane without taking into account the cartographic projections and the curvature of the Earth.

Key words: calculating areas of territories, cartometric operations in the environment of GIS