

ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОГРАФІЧНОГО ЦЕНТРУ УКРАЇНИ

1. Вступ. Загальне уявлення про географічне положення будь-якої країни дають передусім основні параметри, або сталі її території. Географічні сталі є невід'ємною складовою загальної фізико-географічної характеристики території країни. Вони використовуються в офіційній статистиці, у підручниках, картографічних, наукових, довідникових виданнях. Основними з них є довжина сухопутних та морських кордонів, координати крайніх точок та відстані між ними, площа всієї території країни та окремих її адміністративних одиниць, координати найбільш значних географічних об'єктів тощо. Серед цих сталих особливо важлива в географії категорія “**географічний центр території**”.

Історія визначення географічних центрів має давні традиції. Відомі географічні центри Європи, Азії, інших материків, а також багатьох країн світу. Свій географічний центр мав і колишній СРСР. А нещодавно новий географічний центр було визначено і закріплено на місцевості в Російській Федерації.

Визначення географічних центрів територій належить до задач **центрографії** – статистично-географічного засобу аналізу географічних понять [5]. Засновником центрографії в Росії був Д.І. Менделєєв, який вперше визначив центри територій та населення імперії. Очевидно, що центрографія ґрунтується на методах картометрії, яка традиційно використовується для визначення площ держав, океанів, басейнів, довжин річок, морфометричних характеристик рельєфу та вирішення інших задач [4].

В Україні ідея визначення географічного центру останнім часом привернула увагу науковців та громадськості. З-поміж публікацій з цього питання можна виділити праці В. Шевченка, Я. Кудлика і В. Гриневича.

Скажімо, В. О. Шевченко [1, с. 60] запропонував визначати географічний центр аналоговим методом картометрії за чотирма точками у місці перетину середніх для даної території паралелі й меридіана, що, по суті, звело рішення задачі до визначення центру трапеції, описаної навколо території України. На нашу думку, така заміна складної фігури, якою є територія нашої країни, на описану трапецію може мати місце тільки як попереднє рішення. Взагалі аналоговим методам картометрії притаманні значні обмеження на розмірність і точність вирішення задач, що призводить до неминучого спрощення моделей та спотворення результатів.

Взявши за основу публікації [2, 3], Я. Кудлик і В. Гриневич застосували картометричні методи та комп'ютерне моделювання. Але оскільки в цих жодній публікації немає характеристики використаних картографічних матеріалів, обсягів та параметрів проведених вимірів, а також не дано оцінки точності отриманих результатів, то це дає нам підставу вважати дослідження згаданих авторів недостовірними.

Враховуючи важливість поставленої проблеми, спробуємо вирішити її за допомогою наявних цифрових картографічних даних із застосуванням новітніх комп'ютерних геоінформаційних технологій та відповідних математичних моделей. Але спочатку трохи теорії.

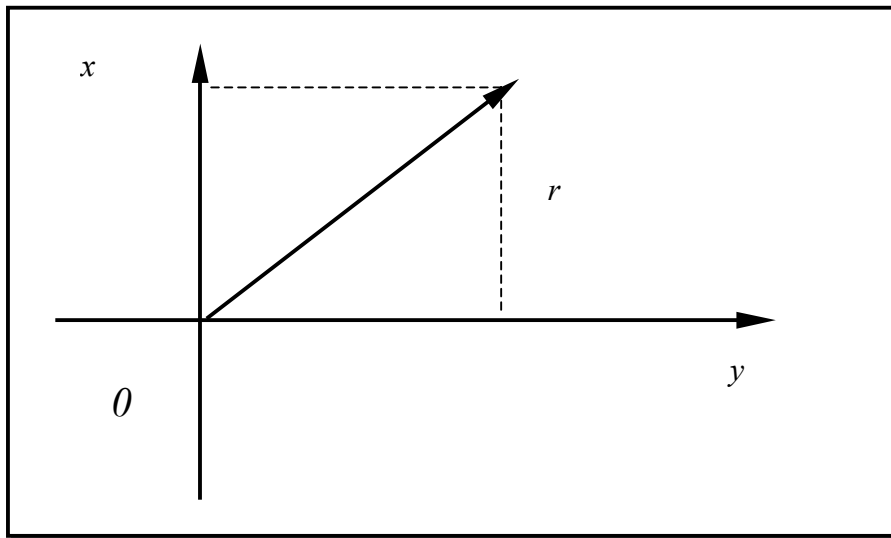
2. Географічний центр території як центр ваги. Насамперед зазначимо, що поняття про географічний центр території у географічній та картографічній літературі чітко не визначене. Так, в Енциклопедичному словнику географічних термінів [5, с. 410] записано: центрометрія визначала географічні центри аналогічно знаходженню центру ваги у механіці. Якщо взяти якусь замкнуту систему A , яка складається з n матеріальних точок або тіл $t \in A$, то імпульсом p цієї системи вважається векторна сума імпульсів матеріальних точок, тобто

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i. \quad (1)$$

Центром інерції системи A вважається точка, положення якої у двомірному просторі задається радіусом-вектором r_c :

$$r_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i r_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2)$$

де m_i – маса i -го тіла; r_i – радіус-вектор, який визначає положення точки на площині (мал. 1).



Мал.1.

Декартові координати центру інерції дорівнюють проєкціям радіуса-вектора r_c на координатні осі:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}; \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i}. \quad (3)$$

Треба застерегти, що в однорідному полі сил ваги центр інерції збігається з центром ваги.

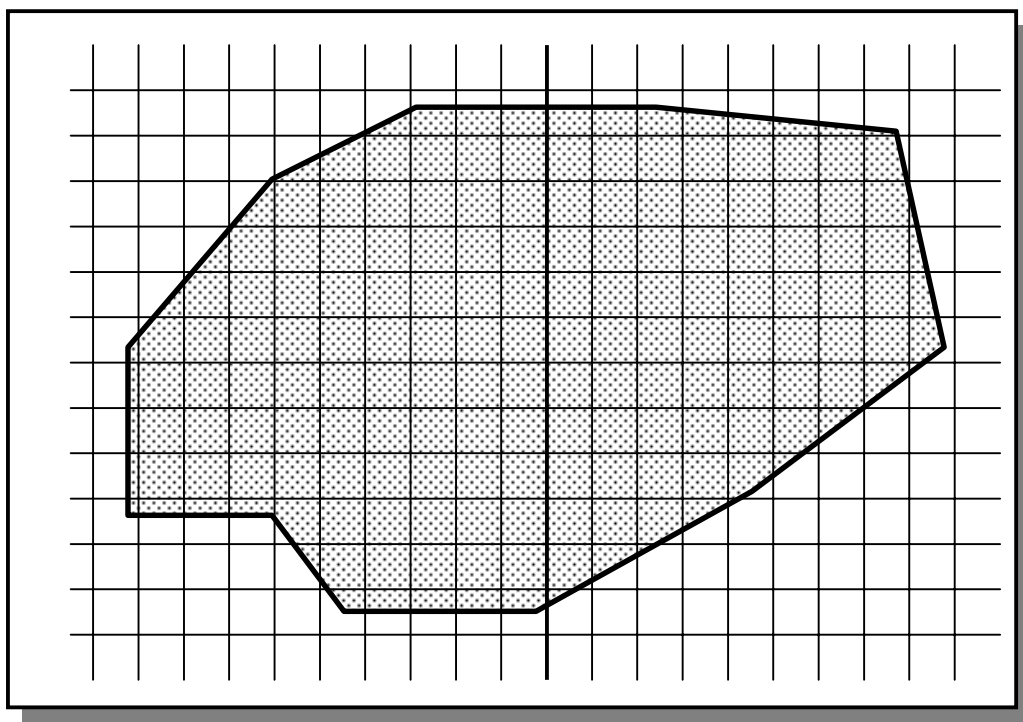
Для побудови замкнутої системи в однорідному полі сил ваги можна скористатися геометрично упорядкованою моделлю, в якій ця система задається точками, розташованими у вузлах сітки квадратів (мал. 2). В англійській літературі ця модель має назву *grid* або *regular grid*. Тоді регулярну модель R_A замкнутої системи A можна зобразити у вигляді моделей m_i точок з системними предикатами P_i , які визначають належність певної точки до цієї системи:

$$R_A = (m_{ii}, P_{ii}); \quad (4)$$

$$P_{ii} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } m_{ii} \in A; \\ 0, & \text{якщо } m_{ii} \notin A; \end{cases}; \quad (5)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Тут n – це кількість вузлів регулярної сітки, які належать даній замкнутій системі.



Мал. 2. Модель однорідного поля у вузлах регулярної сітки.

Якщо розглядати проекцію території на поверхню відносності як замкнуту систему в однорідному полі сил ваги, а масу всіх точок однаковою: $m = m_i = 1$, то з урахуванням (3) географічний центр (ГЦ) території визначається в геодезичній системі координат за формулами:

$$B_c = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{n}; \quad L_c = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}. \quad (6)$$

У геодезичній системі координат регулярна сітка квадратів замінюється на регулярну сітку трапецій, причому в цьому випадку роздільна здатність сітки трапецій визначається величиною кроку сітки h_b по широті та h_l по довготі.

3. Географічний центр території як геометричний центр. Без сумніву, визначення географічного центру як центру ваги для певних угнутих територій може призвести до того, що такий центр опиниться поза межами території. В таких випадках можливе визначення географічного центру території A шляхом мінімізації функції:

$$Sk = F(B,L) = \sum_{i=1}^n S_i^k = \min ; \quad (7)$$

$$\Gamma Ц \in A , \quad (8)$$

де S_i – відстань від географічного центру до i -ї точки на контурі території A ; k – показник ступеня; n – кількість точок на контурі території A . Для забезпечення належності географічного центру даній території застосовується метод послідовних наближень:

- для кожного вузла попередньо заданої регулярної сітки трапецій, які належать території A , за формулою (7) розраховується скалярна величина Sk ;
- серед вузлів попередньо заданої регулярної сітки трапецій вибирається такий вузол, для якого Sk буде мінімальною;
- навколо знайденого вузла вибираються чотири трапеції, які розбиваються на дрібніші й обчислювальна процедура повторюється;
- послідовні наближення завершуються при досягненні наперед заданих величин кроків h_B та h_L роздільної здатності сітки трапецій.

Очевидно, що для математично правильних фігур обидва варіанти визначення географічного центру будуть рівносильні.

4. Оцінка точності визначення географічного центру. Середня квадратична помилка (с. к. п.) при визначенні положення географічного центру становить:

$$m_c = \pm \sqrt{m_p^2 + m_F^2} , \quad (9)$$

де m_p – загальна с. к. п. положення точки на карті: $m_p = \pm \sqrt{m_k^2 + m_g^2}$; m_k – с. к. п. положення контурної точки; m_g – с. к. п., викликана генералізацією контурів на топографічних картах; m_F – с. к. п. функції визначення географічного центру.

Середня квадратична помилка положення контурної точки m_k для карт у масштабі 1:200 000 становить [4]:

$$m_k = \pm 1,2 \text{ мм} , \quad (10)$$

що відповідає 240 м на місцевості, а в геодезичних координатах:

$$m_B = 0,13' ; \quad m_L = 0,19' . \quad (11)$$

Середня квадратична помилка m_g , викликана генералізацією контурів для карт у масштабі 1:200 000, дорівнює [4]:

$$m_g = \pm 0,67 \text{ мм} , \quad (12)$$

що становить 134 м на місцевості, а в геодезичних координатах

$$m_B = 0,07' ; \quad m_L = 0,11' . \quad (13)$$

Для визначення середньої квадратичної помилки функції визначення географічного центру m_F треба розглянути лінійну функцію

$$F = k_1 x_1 + k_2 x_2 + \dots + k_n x_n + k_0, \quad (14)$$

де коефіцієнти k_i – константи; x_i – виміряні величини.

До цієї функції можна застосувати відому формулу с. к. п. функції некорельованих аргументів:

$$m_F = \sqrt{\left(\frac{dF}{dx_1}\right)_0^2 m_{x_1}^2 + \left(\frac{dF}{dx_2}\right)_0^2 m_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{dF}{dx_i}\right)_0^2 m_{x_i}^2}. \quad (15)$$

У результаті с. к. п. m_F дорівнюватиме:

$$m_F^2 = k_1^2 m_1^2 + k_2^2 m_2^2 + \dots + k_n^2 m_n^2. \quad (16)$$

Якщо $k_1 = k_2 = \dots = k_n = 1$, то вирази (14) та (16) набудуть такого вигляду:

$$F = x_1 + x_2 + \dots + x_n; \quad (17)$$

$$m_F^2 = m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2. \quad (18)$$

Якщо прийняти, що $m_1 = m_2 = \dots = m_n = m$, то функції B_c та L_c можна представити у вигляді:

$$B_c = \frac{1}{n} B_1 + \frac{1}{n} B_2 + \dots + \frac{1}{n} B_n; \quad (19)$$

$$L_c = \frac{1}{n} L_1 + \frac{1}{n} L_2 + \dots + \frac{1}{n} L_n, \quad (20)$$

а с. к. п. визначення координат географічного центру з урахуванням рівнянь (9) та (18) дорівнюватимуть:

$$m_{Bc} = \pm \sqrt{m_{kB}^2 + m_{gL}^2 + \left(\frac{m_L}{\sqrt{n}}\right)^2}; \quad (21)$$

$$m_{Lc} = \pm \sqrt{m_{kL}^2 + m_{gL}^2 + \left(\frac{m_L}{\sqrt{n}}\right)^2}. \quad (22)$$

5. Вхідні картографічні матеріали. Для визначення координат географічного центру України було використано цифрову топографічну карту в масштабі 1: 200 000, розроблену нашим інститутом. Технічні характеристики вхідного цифрового картографічного матеріалу характеризуються такими показниками: поверхня

відносності – еліпсоїд Красовського; система координат – геодезична (B, L). Для векторизації вхідного картографічного матеріалу використано растроскануючу технологію. По вихідному картографічному матеріалі на сканері Anatech Eagle 4050 фірми “Intergraph”, підготовлено растрову модель з роздільною здатністю 500 dpi. Трансформування вихідного матеріалу в геодезичну систему координат з урахуванням деформацій виконано із застосуванням програмного продукту I/RAS PC фірми “Intergraph”. Після векторизації цифрові топографічні карти були конвертовані у середовище MapInfo. Замкнутий полігон побудовано по точках сухопутної ділянки Державного кордону України з переходом на берегову лінію по Чорному та Азовському морях.

6. Алгоритм визначення географічного центру України. Для визначення координат географічного центру було розроблено програму в середовищі Delphi для Windows NT / 95. Програма виконує такі функції:

- завантаження 8 686 точок периметра сухопутної ділянки Державного кордону України та берегової лінії України по Чорному та Азовському морях з цифрової карти в масштабі 1: 200 000;
- побудова регулярної сітки трапецій на територію країни роздільною здатністю з кроком 0,1'.
- обчислення координат географічного центру за формулами (4);
- оцінка точності координат географічного центру за формулами (10) та (11);
- виведення результатів розрахунку.

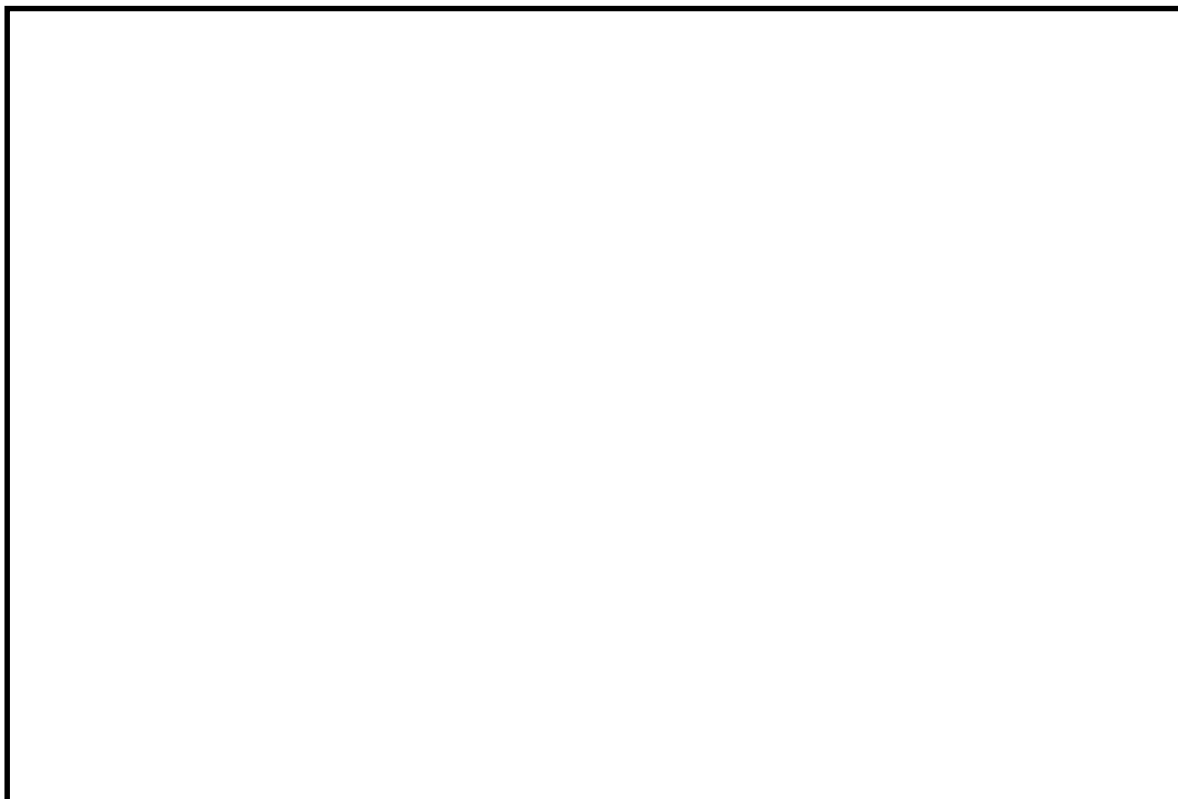
Контроль розрахунку, виконаний у програмному середовищі MicroStation SE функцією Measure Area з опцією Mass Properties, підтвердив отримані результати в межах прорахованої точності.

7. Результати моделювання. Визначено координати географічного центру України:

$$B = 49^{\circ}01,1'; L = 31^{\circ}23,4'.$$



Мал. 3. Місцезнаходження географічного центру України на карті.



Мал. 4. Географічний центр України на фрагменті карти Черкаської області.

Визначений авторами географічний центр України знаходиться на північній околиці м. Шпола Черкаської області (мал. 3 та 4).

Середня квадратична помилка визначення координат географічного центру склала:

$$m_B = \pm 0,14';$$

$$m_L = \pm 0,20';$$

Загальна середня квадратична помилка визначення положення географічного центру України становить:

$$m_s = \pm \sqrt{m_B^2 + m_L^2} = \pm 0,24',$$

що відповідає на місцевості 407 м.

Література

1. Шевченко В. О. Про географічний центр території України. // Український географічний журнал. 1993. – №1. С. 60.
2. Дітчук І. Дещо про крайні точки, географічний центр, компактність території та довжину кордонів України. // Краєзнавство, географія, туризм. – 2000. №34 (183). – С. 2-5.
3. Заставний Ф.Д. Географія України: У 2-х кн. – Львів: Світ, 1994.– 472 с.
4. Волков Н.М. Принципы и методы картометрии. –М.: Из-во АН СССР. 1950. – 328 с.
5. Энциклопедический словарь географических терминов. / Гл. ред. С.В. Калесник. – М.: Сов. Энцикл., 1968. – 440 с.

Ю.А. Карпинский, А.А. Лященко, А.Н. Дегтярь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ЦЕНТРА УКРАИНЫ

Р е з ю м е

Рассматриваются методы определения географических центров территорий как центров тяжести замкнутых систем. Предлагаемым способом решения является применение методов геоинформационных систем, основанных на использовании вычислительной геометрии, цифровой картографии и баз картографических данных. Для вычисления координат географического центра выполнено построение регулярной модели сетки рамок трапеций на цифровой топографической карте Украины с шагом $0,1'$. Вычисленный географический центр Украины расположен на северной окраине г. Шпола Черкасской области. Выполнена оценка точности полученных результатов.

Y. Karpinsky, A. Lyastchenko, A. Djohtjar

DETERMINATION of GEOGRAPHICAL CENTRE of UKRAINE

S u m m a r y

The methods of determination of geographical centers of territory are considered as centers of gravity closed systems. Proposed by way of decision is using geographical information systems, founded on use the computing geometry, digital cartography and the cartographic databases. For calculation of coordinates of geographical center there was is executed building of regular model of net of frames of trapezoids like GRID - model on digital topographical map of Ukraine with at a walk $0,1'$. The Computable Geographical Center of Ukraine is disposed on north fringe with. Shpola of Chercas district. Estimation of accuracy of got results is executed.

Науково-дослідний інститут
геодезії і картографії
Тел.: (044) 227-06-84, 227-36-85
Факс: (044) 227-42-52
E-mail: info@gki.com.ua

Надійшла 09.07.01