УДК 358.3.528

М.М. Степанов

Національна академія оборони України, Київ

МЕТОД ВИМІРУ ВІДСТАНЕЙ НА ЗЕМНІЙ ПОВЕРХНІ ПРИ РОБОТІ З ЕЛЕКТРОННИМИ КАРТАМИ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Розглядається новий метод виміру відстаней на поверхні відносності (еліпсоїді) обертання з урахуванням земної поверхні, який забезпечує необхідну точність при вирішенні прикладних задач з застосуванням електронних карт.

Ключові слова: *електронна карта, інформаційна система.*

Вступ

Сучасне ведення бойових дій військ (сил) відрізняється широким застосуванням новітніх комп'ютерних технологій. В системах пошуку та виявлення цілей, наведення зброї, навігаційних пристроїв, використовується інформація про місцевість ведення збройного конфлікту у вигляді електронних карт місцевості записаних в різних форматах представлення даних. При цьому недоліки паперових карт присутні і в електронних картах. Це обумовлено технологією їх створення. При застосуванні електронних карт для рішення оперативно-тактичних і оперативних задач постає питання про різке підвищення точності обчислень. Складність цих обчислень при підвищенні точності не повинно бути обмежуючим фактором у використанні нових, теоретично обґрунтованих і практично більш точних методів виміру, так як сучасні засоби що застосовують при створенні електронних карт та обчислень спеціалізованого характеру мають достатню продуктивність і обсяг пам'яті для рішення складних обчислювальних задач.

При рішенні практичних задач, наприклад виміру довжини (відстані між об’єктами), застосовуються координатні проекції, наприклад Гаусса-Крюгера, яка широко застосовується в вирішенні прикладних задач. Такий підхід порівняно з обчисленнями в координатах X, Y, Z, у яких за початок приймається центр земного еліпсоїда, чи функціонально зв'язаних з ними геодезичні координати (B – широта, L – довгота), вважається значно більш простим і тому кращим. Однак його точність не задовольняє потреби при вирішенні задач для Збройних Сил. Точність з якою може бути проведено обчислення такими методами коливається приблизно від 3 км до 500 м [1], якщо врахувати розміри об’єктів військового призначення (приблизно до 10 м), то стає очевидним, що такі методи не придатні.

Також потрібно враховувати, що електронні карти – це цифровий вигляд проекції земного еліпсоїда на площину, де не враховується кривизна земної поверхні (рис. 1).

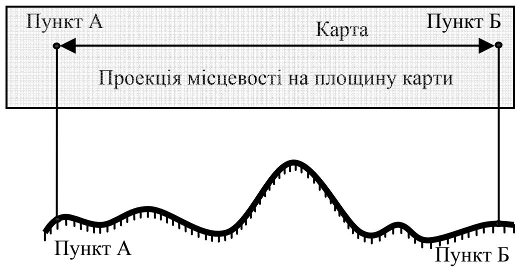

Рис. 1. Кривизна земної поверхні

З рисунка видно, що кривизна поверхні при вирішенні задач по знаходженню відстані між двома пунктами не враховується. Якщо порівняти відстань на площині та відстань на місцевості, то різниця між ними може сягати (завдяки рельєфу місцевості) від десятків метрів до десятків кілометрів [1]. Така різниця при вирішенні деяких питань взагалі неприпустима.

Метою статті є знаходження методу виміру відстані на поверхні відносності при роботі з електронними картами в інформаційних системах Збройних Сил України.

Основний матеріал

У картометрії, а також у морфометрії і при рішенні практичних задач вимір довжин (відстаней), площ і обсягів виробляється з використанням координат проекцій, яка широко застосовується – Гауса-Крюгера. Такий підхід порівняно з обчисленнями в координатах X, Y, Z, у яких за початок приймається центр земного еліпсоїда, чи функціонально зв'язаних з ними геодезичних координат (B – широта, L – довгота), вважається значно більш простим і тому кращим. Однак на даний час правомірні деякі застереження і навіть уточнення.

Задача проектування поверхні відносності на площину складається у відшуканні функцій:

$$x = f_1(B, L); \quad y = f_2(B, L), \tag{1}$$

що забезпечують мінімальні перекручування.

Математично функції (1) перетворять один простір вимірів в інший. Довжини, площі й обсяги –

математичні інваріанти, значення яких не повинні залежати від простору, у якому вони виміряються. Але для різних типів проекцій ці величини, визначені по плоских координатах, не будуть інваріантними. Більш того, навіть для одного типу проекції, але різних по широтах і довготам районів земної поверхні, де різні масштаби перекручувань, інваріантість зазначених величин не зберігається.

Тому методи виміру довжин, площ і обсягів, у яких використовуються плоскі координати проекцій, не можна визнати теоретично строгими. Тому що методи виміру довжин, площ, обсягів по координатах B і L, за малим виключенням (вимір довжин на меридіанах і паралелях), ще не розроблені, порівняння їх з існуючими засновано на інтуїції. Таке порівняння не може бути прийняте беззастережно.

Нарешті, коли мова йде про застосування електронних карт для рішення оперативно-тактичних і оперативних задач і необхідних при цьому вимірах, складність обчислень не може бути обмежуючим фактором у використанні нових, теоретично обґрунтованих і практично більш точних методів виміру. Сучасні засоби, застосовувані для формування таких карт, мають достатню продуктивність і обсяг оперативної пам'яті для рішення складних обчислювальних задач.

Зі сказаного випливає доцільність розробки методів виміру довжин, площ і обсягів, теоретично коректних, і точність яких не залежала б ні від типу проекції, ні від масштабу карти.

Тут буде розглянутий лише метод виміру відстаней на земній поверхні. Він складається з двох порівняно самостійних частин, теоретичної і процедурної (алгоритмічної).

А. Теоретична основа методу.

Відстань між пунктами B і C, задана плоскою кривою, може бути визначено двома способами:

1) інтегруванням, якщо відстань між пунктами B и C (рис. 2) може бути описано функцією $y = f(x)$, заданою в явному вигляді;

2) по ламаній, апроксимуючей криву BC, якщо $y = f(x)$ невідома.

Потенційні можливості першого (точного) способу дуже обмежені, тому що $y = f(x)$ в більшості практичних задач виявляється невідомою. Нелінійна кусочно-функціональна апроксимація кривої BC буде неточною і, у порівнянні з 2 – громіздкою. Тому спосіб 2 залишається найбільше широко застосовуваним.

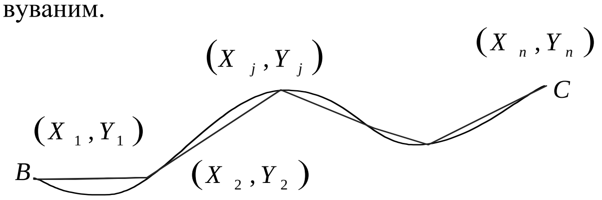

Рис. 2. Вдстань між пунктами B и C

При раціональному завданні координатних крапок на кривій і досить частому розподілі її на ланки – прямолінійні хорди, що стягають відповідні дуги, будуть близькими по довжині цим дугам. Ламана, що апроксимує криву BC, по довжині є близькою до останньої. Найкоротшою відстанню між сусідніми точками є пряма, довжина якої елементарно обчислюється, якщо задані координати її кінців. Довжина ламаної є сума довжин складових її ланок.

Спосіб 2 може бути застосований для визначення довжин кривих (відстаней), заданих на поверхні відносності. У якості такої надалі скрізь буде матися на увазі еліпсоїд обертання Красовського. На відміну від плоских кривих тут найкоротша відстань між сусідніми точками не виражається прямою лінією, довжина якої легко обчислюється, а задається проведеною на поверхні геодезичною лінією. Обчислення довжини цієї лінії виявляється проблематичним.

У системі координат X, Y, Z диференціал геодезичної лінії l_Γ визначається співвідношенням [1]:

$$dl_\Gamma = \frac{1}{c}\left(ydx - xdy\right), \tag{2}$$

де
$$c = a\cos u \sin\alpha; \tag{3}$$

a – екваторіальна піввісь еліпсоїда Красовського; u – приведена широта; α – азимут напрямку диференціала dl_Γ. Здавалося б досить проінтегрирувати f(x), щоб одержати формулу для обчислення довжини геодезичної лінії. Однак це не так. Щоб показати останнє, попередньо зробимо необхідні проміжні викладення. Тому що положення точок (об'єктів) на поверхні відносності фіксується в системі геодезичних координат, від X, Y, Z необхідно перейти до координат B, L. Зв'язок між ними такий:

$$\begin{gathered} X = a^2\cos B\cos L \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\,; \\ Y = a^2\cos B\sin L \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\,; \\ Z = b^2\sin B \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\,, \end{gathered} \tag{4}$$

де b – полярна піввісь еліпсоїда обертання.

Як відомо

$$dx = \frac{\partial x}{\partial B}dB + \frac{\partial x}{\partial L}dL\,; \quad dy = \frac{\partial y}{\partial B}dB + \frac{\partial y}{\partial L}dL\,. \tag{5}$$

З (4) одержуємо

$$\begin{gathered} \frac{\partial x}{\partial B} = -a^2\sin B\cos L \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B} + \\ + a^2\left(a^2 - b^2\right)\sin B\cos^2 B\cos L \Big/ \left(\sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\right)^3; \\ \frac{\partial x}{\partial L} = -a^2\cos B\sin L \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\,; \\ \frac{\partial y}{\partial B} = -a^2\sin B\sin L \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B} + \\ + a^2\left(a^2 - b^2\right)\sin B\cos^2 B\sin L \Big/ \left(\sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\right)^3; \end{gathered} \tag{6}$$

$$\frac{\partial y}{\partial L} = a^2\cos B\cos L \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\,.$$

З огляду на (4), (5) і (6), знайдемо

$$ydx - xdy = -\frac{a^4\cos^2 B}{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}dL\,. \qquad (7)$$

У (3)

$$\cos u = a\cos B \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\,, \qquad (8)$$

тоді

$$c^{-1} = \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B} \Big/ a^2\cos B\sin\alpha. \qquad (9)$$

Підставивши (7) і (9) у (2) і проінтегрирувавши по координаті L, для $l_Г$ одержимо

$$l_Г = -(\sin\alpha)^{-1}(L_2 - L_1)\cdot a^2\cos B \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B} \quad (10)$$

У геодезичних задачах, у яких азимутальні кути α задані, отримане співвідношення (10) і є рішенням питання про обчислення довжин геодезичних ліній. У системі координат (B, L) дані про кути α відсутні, тому формула (10) не може бути використана.

Розглянемо квадрат диференціала дуги кривої на поверхні еліпсоїда обертання

$$dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 = \left(\frac{\partial x}{\partial B}dB + \frac{\partial x}{\partial L}dL\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial B}dB + \frac{\partial y}{\partial L}dL\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial B}dB + \frac{\partial z}{\partial L}dL\right)^2, \qquad (11)$$

де

$$\frac{\partial z}{\partial B} = \frac{b^2\cos B}{\left(a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B\right)^{1/2}} + \frac{b^2\left(a^2 - b^2\right)\sin^2 B\cos B}{\left(a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B\right)^{3/2}}, \quad \frac{\partial z}{\partial L} = 0.$$

Формулу (11) зручно аналізувати, представивши у виді першої диференціальної форми Гауса

$$dl^2 = E(B, L)dB^2 + 2F(B, L)dBdL + G(B, L)dL^2, \quad (12)$$

де

$$E(B, L) = \left(\frac{\partial x}{\partial B}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial B}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial B}\right)^2;$$

$$F(B, L) = \frac{\partial x}{\partial B}\cdot\frac{\partial x}{\partial L} + \frac{\partial y}{\partial B}\cdot\frac{\partial y}{\partial L} + \frac{\partial z}{\partial B}\cdot\frac{\partial z}{\partial L};$$

$$G(B, L) = \left(\frac{\partial x}{\partial L}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial L}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial L}\right)^2.$$

На еліпсоїді обертання меридіани і паралелі взаємно перпендикулярні, тому $F(B, L) = 0$ (що можна показати, записавши $F(B, L)$ в явному виді). Для $E(L, B)$ і $G(L, B)$ випишемо остаточні формули, опустивши прості, але громіздкі викладення:

$$E(L, B) = a^4 b^4 \Big/ \left(a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B\right)^3;$$

$$G(L, B) = a^4\cos^2 B \Big/ \left(a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B\right).$$

Для квадрата диференціала геодезичної лінії, як і будь-якої лінії на поверхні еліпсоїда обертання, маємо форму

$$dl_Г^2 = \frac{a^4 b^4}{\left(a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B\right)^3}dB^2 + \frac{a^4\cos^2 B}{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}dL^2\,.$$

Отже,

$$l_Г = a^2 \int_{B_1}^{B_2}\int_{L_1}^{L_2} \left[\frac{b^4}{\left(a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B\right)^3}dB^2 + \frac{\cos^2 B}{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}dL^2\right]^{1/2}, \quad (13)$$

де (B_1L_1) і (B_2L_2) – дві точки на поверхні еліпсоїда обертання, між якими обчислюється довжина геодезичної лінії.

Практичне використання формули (13) надзвичайно утруднено. Покажемо, що можливо і допустимо наступний, порівняно простий шлях рішення задачі. Визначається окремо довжина кривої $l_{Г(L)}$ між координатами L_1, L_2 при незмінному значенні координати B – довжина проекції геодезичної лінії на паралель. Визначається довжина кривої $l_{Г(B)}$ між координатами B_1, B_2 при незмінному значенні L – довжина проекції геодезичної лінії на меридіан. У силу того, що на поверхні еліпсоїда обертання меридіани і паралелі взаємно перпендикулярні, для обчислення $l_Г$ між двома сусідніми точками (B_1, L_1) і (B_2, L_2) можливе використання формули лінійної геометрії

$$l_Г = \sqrt{l_{Г(B)}^2 + l_{Г(L)}^2}\,. \qquad (14)$$

Справді, на площині довжина гіпотенузи прямокутного трикутника є корінь із суми квадратів катетів. Кожен катет є проекцією гіпотенузи на напрямок лінії, на якій лежить цей катет. У нашому випадку проекції $l_{Г(B)}, l_{Г(L)}$ можна ототожнити з катетами деякого прямокутного трикутника (кут між $L_{Г(B)}, L_{Г(L)}$ дорівнює $\pi/2$), а довжину геодезичної лінії – з довжиною його гіпотенузи, тому що $l_Г$ повинно бути найкоротшою відстанню між точками $(B_1, L_1), (B_2, L_2)$. Справа, таким чином, зводиться до відшукання формул для $l_{Г(B)}, l_{Г(L)}$.

При $B = \text{const}$ з (13) випливає

$$l_{Г(L)} = \int_{L_1}^{L_2} a^2\cos B \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\, dL\,. \quad (15)$$

При $L = \text{const}$

$$l_{Г(B)} = \int_{B_1}^{B_2} a^2 b^2 \Big/ \sqrt{\left(a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B\right)^3}\, dB\,. \quad (16)$$

Інтегрування (15) дає

$$l_{Г(L)} = (L_2 - L_1)a^2\cos B \Big/ \sqrt{a^2\cos^2 B + b^2\sin^2 B}\,. \quad (15')$$

Різниця $\left(L_2 - L_1\right)$ у формулу (15') повинна підставлятися в радіанах.

Формальне співвідношення (15') дає неоднозначний результат. Для однакових кутових значень $\left(L_2 - L_1\right)$ лінійні розміри цієї різниці залежать від різниці широт крапок, відстань між якими вимірюються. Тому значення $l_{\Gamma(L)}$ при B_1 буде відмінним від його значення при B_2, якщо $B_1 \neq B_2$ (рис. 3).

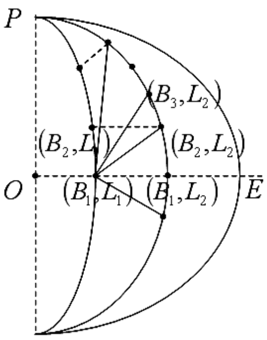

Рис. 3

Щоб виключити неоднозначність, скористаємося рис. 3.

Нехай, для простоти міркувань одна з точок, наприклад $\left(B_1, L_1\right)$, між якими обчислюється довжина геодезичної лінії, розміщена на екваторі і її положення залишається незмінним. Інша ж точка (B_j, L_2) змінює своє положення від екватора до полюса, залишаючись на тому самому меридіані при $L = L_2$. Якщо підставляти в (15') широти B_j, то з їх ростом проекція на паралель геодезичної лінії на рівні B_j буде зменшуватися, прагнучи до нуля при $B_j \to 90^\circ$. В граничній точці $\left(B_j = 90^\circ\right)$ вона стане дорівнювати нулю, і довжина геодезичної лінії визначиться лише меридіанною проекцією, що і буде найкоротшою відстанню. Якщо ж у (15') підставляти значення B_1, то довжина l_Γ, що обчислена по формулі (14), виявиться більше довжини геодезичної лінії. Отже, формула (14) визначає довжину геодезичної лінії лише тоді, коли в співвідношення для $l_{\Gamma(L)}$ з двох можливих підставляється значення більшої широти. Іншими словами, при обчисленні відстані між точками $\left(B_j, L_j\right)$ й $\left(B_k, L_k\right)$ у формулу (15') підставляється B_j, якщо $\begin{matrix}(B_j(\\ (B_k(\end{matrix}$, і B_k, коли $\begin{matrix}(B_k(\\ (B_j(\end{matrix}$.

Вираз (10) при $\alpha = \pi/2$ дає проекцію геодезичної лінії на паралель. Порівнюючи цю проекцію з (15'), знаходимо, що з точністю до знака вони збігаються. Як випливає з (14), розходження в знаках не має принципового значення. Інтеграл (16) приводиться до вигляду

$$l_{\Gamma(B)} = \frac{b^2}{a}\int_{B_1}^{B_2}\frac{dB}{\left(1 - e^2\sin^2 B\right)^{3/2}}, \qquad (16')$$

де $e^2 = \left(a^2 - b^2\right)\big/a^2$.

Інтеграл (16') не виражається через елементарні функції в кінцевому виді. Однак функція

$$\left(1 - e^2\sin^2 B\right)^{-1/2}$$

розкладається в рівномірно і швидко збігаючий ряд по ступенях ексцентриситету e

$$\left(1 - e^2\sin^2 B\right)^{-3/2} = 1 + \sum_{n=1}^{\infty}\frac{(2n-1)!!}{2n!!}e^{2n}\sin^{2n}B, \quad (17)$$

де $(2n-1)!!$ означає добуток непарних чисел натурального ряду (наприклад $3!! = 1\cdot 3$), а $2n!!$ – добуток парних чисел $\left(4!! = 2\cdot 4\right)$.

При максимальному значенні $\sin^{2n}B = 1$ вже четвертий член ряду (17) дорівнює усього лише $9{,}371\cdot 10^{-8}$; так що добуток $\frac{b^2}{a}$ на цю величину складає лише частку метра. Отже, можна обмежитися трьома членами ряду, тобто вважати:

$$\left(1 - e^2\sin^2 B\right)^{-1/2} \approx 1 + \frac{1}{2}e^2\sin^2 B + \frac{3}{8}e^4\sin^4 B; \quad (18)$$

$$\begin{aligned}\left(1 + \frac{1}{2}e^2 B + \frac{3}{8}e^4\sin^4 B\right)^3 &= 1 + \frac{3}{2}e^2\sin^2 B + \\ &+ \frac{15}{8}e^4\sin^4 B + \frac{5}{4}e^6\sin^6 B + \frac{45}{64}e^8\sin^8 B + \quad (19) \\ &+ \frac{27}{128}e^{10}\sin^{10}B + \frac{27}{512}e^{12}\sin^{12}B.\end{aligned}$$

По раніше відзначеній причині для інтегрування з великим запасом точності для $l_{\Gamma(B)}$, можуть бути утримані лише перші чотири члени суми (19), тобто можна вважати

$$l_{\Gamma(B)} = \frac{b^2}{a}\int_{B_1}^{B_2}\left(1 + \frac{3}{2}e^2\sin^2 B + \frac{15}{8}e^4\sin^4 B + \frac{5}{4}e^6\sin^6 B\right)dB. \quad (20)$$

Інтегрування (20) дає

$$\begin{aligned} l_{\Gamma(B)} &= \frac{b^2}{a}\left(B_2 - B_1\right) + \\ &+ \left[\frac{3}{4}\left(B_2 - B_1\right) - \frac{3}{8}\left(\sin 2B_2 - \sin 2B_1\right)\right]e^2 + \\ &+ \left[\begin{array}{l}\frac{45}{64}\left(B_2 - B_1\right) - \frac{15}{32}\left(\sin 2B_2 - \sin 2B_1\right) + \\ + \frac{15}{256}\left(\sin 4B_2 - \sin 4B_1\right)\end{array}\right]e^4 + \qquad (21) \\ &+ \frac{25}{64}\left(B_2 - B_1\right) - \frac{55}{192}\left(\sin 2B_2 - \sin 2B_1\right) + \\ &+ \frac{15}{256}\left(\sin 4B_2 - \sin 4B_1\right) - \\ &- \frac{5}{384}\left(\sin 4B_2\cos 2B_2 - \sin 4B_1\cos 2B_1\right). \end{aligned}$$

Різницю $\left(B_2 - B_1\right)$ у формулі (21) варто представляти в радіанах.

Підтвердженням практичної придатності формул (15') і (21) може служити результат порівняння розрахованих по них довжин $l_{\Gamma(L)}$ (дуга в 1° при

$B = 46^\circ$) і $l_{\Gamma(B)}$ ($B_1 = 45^\circ$ і $B_2 = 46^\circ$) з довідковими даними ([2], стор. 362):

Проекції	Довідкові значення	Розрахункові значення
$l_{\Gamma(L)}$, (м)	77465	77464,5944
$l_{\Gamma(B)}$, (м)	111144	111143,05024

Видно, що при значних довжинах дуг розбіжність складає лише частки метра.

Довжина відрізка кривої на еліпсоїді обертання, заданої координатами

$$\left(B_1, L_1\right), \left(B_2, L_2\right), .., \left(B_j, L_j\right), \left(B_k, L_k\right), .., \left(B_n, L_n\right),$$

обчислюється по формулі

$$l_{\Gamma n} = \sum_{j=1}^{n-1} l_{j,j+1},$$

де $l_{j,j+1} = \sqrt{l^2_{\Gamma(B_{jk})} + l^2_{\Gamma(L_{jk})}}$; $l_{\Gamma(B_{jk})}, l_{\Gamma(L_{jk})}$ – проекції геодезичної лінії, що з'єднуює дві сусідні точки $\left(B_j, L_j\right), \left(B_k, L_k\right)$.

Тому що отриманий результат надалі використовується при вимірі площ ділянок земної поверхні, він повинний бути представлений окремим алгоритмом і відповідною стандартною підпрограмою $\|\Gamma\|$.

На земній поверхні положення точки фіксується трьома координатами: B – широтою, L – довготою, H – висотою над рівнем моря. Відстані, що обмірювані на поверхні еліпсоїда, будуть відрізнятися від обмірюваних на землі. Тому визначені між j-й і k-й точками довжини геодезичних ліній $l_{j,k}$ мають потребу в коректуванні.

Коригувальним елементом є перевищення точок одна над іншою

$$\Delta H_{jk} = \left(H_k - H_j\right(.$$

Прийнявши $l_{\Gamma(jk)} = l_{j,j+1}$ і ΔH_{jk} за катети деякого прямокутного трикутника, можемо визначити тангенс кута γ, що лежить проти ΔH_{jk},

$$\operatorname{tg} \gamma = \Delta H_{jk} / l_{\Gamma(jk)},$$

звідкіля

$$\gamma = \operatorname{arctg}\left(\Delta H_{jk} / l_{\Gamma(jk)}\right).$$

Скоректована довжина геодезичної лінії буде дорівнювати

$$l_{\Gamma(jk)} = l_{\Gamma(jk)} / \cos \gamma.$$

В. Алгоритм.

Вихідні дані для програмування:

1) координати точок лінії, довжина якої обчислюється

$$\left(B_1, L_1, H\right), \left(B_2, L_2, H_2\right), ..., \left(B_j, L_j, H_j\right),$$
$$\left(B_k, L_k, H_k\right), ..., \left(B_n, L_n, H_n\right);$$

2) константи

a = 6378245 м;

b = 6356863,01877 м;

e^2 = 0,006693421623;

1 рад = 57°17'44",8 = 206264",8.

Висновки

Таким чином, на відміну від застосовуваних, з урахуванням ресурсних можливостей засобів, за допомогою яких формуються електронні карти, пропонується теоретично більш строгий і більш точний метод виміру відстаней між об'єктами земної поверхні.

Список літератури

1. *Закатов П.С. Курс вищої геодезії / П.С. Закатов. – М.: Надра, 1976. – 510 с.*
2. *Довідник з картографії / [Берлянт А.М., Гедимін А.В., Кельнер Ю.Г. та ін.].. – М.: Надра, 1988. – 427 с.*

Надійшла до редколегії 16.11.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Х.В. Раковський, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЭЛЕКТРОННЫМИ КАРТАМИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ

М.Н. Степанов

Рассматривается новый метод измерения расстояний на поверхности относительности (эллипсоиде) вращения с учетом земной поверхности, который обеспечивает необходимую точность при решении прикладных задач с применением электронных карт.

Ключевые слова: *электронная карта, информационная система.*

METHOD OF MEASURING OF DISTANCES ON AN EARTHLY SURFACE DURING WORK WITH ELECTRONIC CARDS IN THE INFORMATIVE SYSTEMS OF MILITARY POWERS OF UKRAINE

M.N. Stepanov

The new method of measuring of distances is examined on the surface of relativity (ellipsoid) of rotation taking into account an earthly surface, which provides necessary exactness at the decision of the applied tasks with the use of electronic cards.

Keywords: *electronic card, informative system.*