

ПРО ТОЧНІСТЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПЛОСКИХ ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ

© Савчук С.Г., Тревого І.С., 2001.

Выполнена оценка точности двумерного преобразования координат по данным двух локальных геодезических полигонов.

An accuracy estimation of two-dimensional transformation of coordinates by data of two local geodetic testfields was carried out.

1. Вступ

Перетворення однієї плоскої координатної системи у другу подібну координатну систему (двовимірне трансформування) з використанням пунктів, координати яких відомі у двох системах, є частковим випадком тривимірного перетворення. На відміну від останнього, двовимірне трансформування є найбільш масовою геодезичною задачею при поєднанні класичних і супутникових мереж. Так, при використанні засобів GPS-технології для топографічних знімальних така задача виникає через необхідність перетворення координат пунктів, що становлять геодезичну основу, та знімальних пікетів із системи WGS84/ITRF2000 в систему плоских прямокутних координат у проекції Гаусса-Крюгера на еліпсоїд Красовського 1942 р.

Програмні комплекси, що входять до складу GPS-технології, дозволяють виконувати три- або двовимірне трансформування за відомими координатами вихідних пунктів. Мінімально необхідна кількість вихідних пунктів тривимірного перетворення, для яких відомі координати в обох системах, може дорівнювати трьом. При цьому повинні бути відомими планові і висотні складові, тобто координати B, L , нормальна висота H^{γ} та аномалія висоти ζ . Вплив похибок просторових координат на точність перетворення координат у модельній мережі розглянуто в збірнику наукових праць*. Там, зокрема, зазначено, що параметри тривимірного перетворення можуть значно відрізнятися від своїх "істинних" значень залежно від рівня точності вихідних пунктів, проте похибки у перетворених координатах пунктів всієї мережі є задовільними і залежать, основно, від положення відносно вихідних пунктів, за якими визначаються параметри перетворення.

Дуже часто виконавцям робіт тривимірні координати є недоступними. Це стосується, переважно, висотної складової референсних (локальних) систем координат. Тому на практиці використовують частіше двовимірне трансформування з використанням планових координат x, y .

Метою даної роботи є спроба оцінити реальну точність двовимірного трансформування за даними двох локальних геодезичних полігонів, розташованих на значній відстані між собою, проте в одній координатній зоні проекції Гаусса-Крюгера.

2. Двовимірне трансформування координат

Загальний підхід до визначення параметрів зв'язку двох систем координат полягає у використанні координат тих пунктів, положення яких відоме в обох системах.

Рівняння трансформації має вигляд

$$\begin{aligned} x_{II} &= x_0 + m \cos \alpha \cdot x_I - m \sin \alpha \cdot y_I, \\ y_{II} &= y_0 + m \sin \alpha \cdot x_I + m \cos \alpha \cdot y_I. \end{aligned} \quad (1)$$

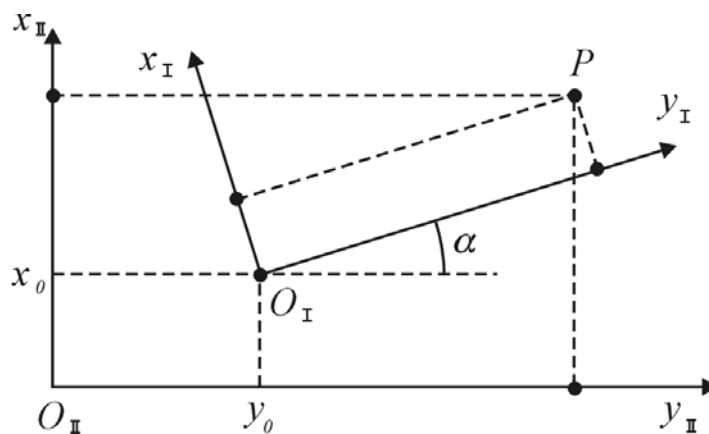


Рис. 1. Схема трансформації плоских прямокутних координат

В рівнянні (1) використовуються: x_0, y_0, m, α – параметри трансформації, x_I, y_I і x_{II}, y_{II} – плоскі прямокутні координати пункту, задані в системах I та II, відповідно.

* Цюпак І., Дульцев А., Третьяк К., Савчук С. Точність перетворення просторових координат пунктів. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр. – Львів: Ліга-Прес, – 2000. – С. 45 – 50.

Трансформація координат, в даному випадку, представлена у вигляді таких параметрів: переносу початку координат (x_0, y_0) та повороту осей координат (α) (рис. 1). Для розв'язування рівняння вигляду (1) необхідно мати не менше двох пунктів з координатами, відомими в двох системах I та II .

3. Визначення параметрів трансформації

На двох локальних геодезичних полігонах – в районі м. Яворова Львівської обл. та м. Свалява Закарпатської обл. – статичним методом GPS-спостережень були визначені геоцентричні прямокутні координати X, Y, Z в системі ETRF'97 (Європейська земна референсна система відліку). Знання цих координат еквівалентно знанню плоских прямокутних координат $(x, y)_{ETRF'97}$ – завжди існує перетворення вигляду $(X, Y, Z)_{ETRF'97} \rightarrow (B, L)_{ETRF'97} \rightarrow (x, y)_{ETRF'97}$. Для деяких пунктів цих полігонів були відомі плоскі прямокутні координати $(x, y)_{SK-42}$ в проекції Гаусса-Крюгера. Склавши для цих пунктів рівняння

$$\begin{aligned} x_{II_i} &= x_0 + p \cdot x_I - q \cdot y_I, \\ y_{II_i} &= y_0 + q \cdot x_I + p \cdot y_I, \end{aligned} \quad (2)$$

розв'язуємо їх методом найменших квадратів та визначаємо параметри x_0 і y_0 , а також допоміжні параметри p і q . Потім обчислюємо параметри перетворення m і α за формулами

$$\left. \begin{aligned} m &= \sqrt{p^2 + q^2}, \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{q}{p} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Параметри трансформації, отримані для вказаних полігонів, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

**Параметри трансформації плоских прямокутних координат
на двох геодезичних полігонах**

Параметри трансформації	Яворівський полігон	Свалявський полігон
p	1,00000217	0,99999910
q	0,00001803	0,00001491
x_0	120,560	135,631
y_0	24,143	44,062
m	1,00000217	0,99999638
α	3,719"	3,076"

Якщо через параметри трансформації Яворівського полігона обчислити координати відповідних пунктів Свалявського полігону та порівняти їх з вихідними координатами, то отримані різниці координат будуть знаходитись в межах 1 – 3 м (табл. 2).

Очевидно, що характер зміни різниць координат є не випадковим, а має певне систематичне походження. На наш погляд, однією із причин таких значних розходжень в координатах є прив'язка GPS-спостережень до різних вихідних пунктів. Так, геоцентричні прямокутні координати пунктів Яворівського полігона були отримані внаслідок прив'язки до пунктів LVIV і SULP, які входять в мережу CEGRN (Центрально-Європейський геодинамічний проект CERGOP). Координати пунктів Свалявського полігона визначалися

Таблиця 2

Порівняння координат трансформованих і заданих

№ пункту	Δx , м	Δy , м
1	0,81	-2,44
2	0,97	-2,65
3	0,97	-2,66
4	1,08	-2,74
5	1,07	-2,69
6	0,86	-2,63

через прив'язку до перманентних станцій GRAZ (Австрія), MATE (Італія) та METS (Фінляндія), які входять у мережу станцій IGS (Міжнародна служба з геодинаміки). Тобто вихідні пункти знаходились в різних системах відліку. Різниця між вказаними системами може досягати до 20 см. Якщо на точність безпосередньо визначених координат пунктів локальних полігонів такі розходження практично не впливають, то на точність трансформації вони вже суттєво впливають.