

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.397-410

УДК 528.4

д.т.н., професор **Карпінський Ю.О.**,
karpinskyi.iuo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0701-1277,
Кінь Д.О., kin.do@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0185-2534,
Київський національний університет будівництва та архітектури,
к. т. н. **Куриляк І.С.**, igork1955@ukr.net, ORCID: 0009-0001-2185-6508,
Науково-дослідний інститут геодезії і картографії,
Ротачов Н.Ю., rotachov_ny@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0007-7870-7451,
Київський національний університет будівництва та архітектури

МЕТОДИКА ТРАНСФОРМУВАННЯ КООРДИНАТ З АРХІВНОЇ СИСТЕМИ (ВАРАШ-42) У ДІЮЧУ (МСК-56) ЗА ДОПОМОГОЮ QGIS

Запропоновано методику трансформування координат з архівної системи координат у діючу за допомогою афінного трансформування методом скінчених елементів у геоінформаційному середовищі QGIS з використанням трансформаційного поля у форматі NTV2. Для реалізації методики визначено схему трансформування координат точок. Було досліджено та реалізовано методику інтегрування трансформаційного поля у геоінформаційне середовище QGIS. Авторами досліджено трансформування координат на територію м. Вараш, Рівненської області та визначено точність одержаних результатів, яка становить у межах допуску.

Розроблена методика дозволяє трансформувати координати з архівних систем координат у чинні, які похідні від УСК-2000, та використовувати ці опрацьовані геопросторові дані у топографо-геодезичній, картографічній, землевпорядній, мітобудівній та в інших сферах діяльності, а також забезпечити дотримання одної із вимог сумісності та інтероперабельності геопросторових даних: системи координат, в якій подаються координатні описи геопросторових об'єктів.

Ключові слова: референц-еліпсоїд; трансформування координат; ГІС, трансформаційне поле, опрацювання геопросторових даних; геодезія; Державна геодезична мережа; Ntv2.

Постановка проблеми. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 року № 1259 «Деякі питання застосування геодезичної референцної системи координат» та наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 10 листопада 2021 року №347 «Про затвердження технічних вимог до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних» [1–4] визначають

обов'язковість використання УСК-2000 з метою забезпечення сумісності геопросторових даних в геоінформаційних системах. Водночас більшість архівних топографо-геодезичних, картографічних, землепорядних і містобудівних матеріалів та документацій були створені у архівних системах координат, наприклад, СК-42 або СК-63, або похідних від них місцевих систем координат. Однією із важливих вимог сумісності та інтероперабельності геопросторових даних є використання єдиної чинної системи координат, тому для дотримання цього положення необхідно застосовувати сервіси та методи трансформування, які дозволяють з максимальною точністю трансформувати координати в УСК-2000.

Для виконання топографо-геодезичних робіт на об'єкті дослідження використовувались такі системи координат:

– архівні системи координат:

1) МСК (Вараш-42) – місцева система координат м. Вараш, яка утворена від СК-42;

2) СК-42 – державна система координат колишнього Радянського Союзу.

– чинні системи координат

1) МСК-56 – місцева система координат Рівненської області, яка утворена від УСК-2000;

2) УСК-2000 – державна геодезична референц система координат України.

На початку було виконано перевірку наявності описів систем координат у міжнародному репозиторію систем координат EPSG, оскільки він використовується практично у будь-якому геоінформаційному середовищі.

Встановлено, що в бібліотеці опису систем координат PROJ.4 присутні такі системи координат:

- СК-42_BL - EPSG 4284;
- СК-42_xy /Gauss Kruger zone 5 - EPSG 28405;
- УСК-2000_BL - EPSG 5561;
- МСК-56_xy /Gauss Kruger - EPSG 9855.

Відсутній опис місцевої системи координат м. Вараш та його зв'язку з СК-42 та опис зв'язку СК-42 з УСК-2000 через трансформаційне поле NTv2.

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження. У роботах проаналізовано основні методи трансформування, розглянуто доцільність їх використання для різних завдань (топографо-геодезичній, картографічній, землепорядній та містобудівній діяльності) [5 – 21]. Науковці зазначили, що доцільним є застосування афінного трансформування методом скінченних елементів.

У статті [8] проаналізовано основні вимоги щодо трансформування та фактори, які впливають на його якість та описано створення трансформаційного поля за допомогою TIN- та GRID-моделей.

Автори зазначають, що якість трансформування координат залежить від наступних факторів [6 – 8]:

- щільність суміщених опорних точок;
- точність визначення координат опорних точок;
- просторове розміщення опорних точок;
- метод трансформування.

У роботі [6 – 8] обґрунтовано використання афінного трансформування методом скінченних елементів. Цей метод локалізує спотворення геодезичних мереж, заданих менш точними пунктами, при переході до систем координат, заданої більш точними координатами, завдяки чому забезпечує вищу точність, порівняно з іншими методами [6 – 8].

Метою роботи є розроблення методики трансформування координат з архівної системи у діючу в Україні за допомогою GRID-моделі трансформаційного поля у вигляді формату NTv2 та програмного забезпечення QGIS на прикладі систем координат Вараш-42, похідну від СК-42, та МСК-56, похідну від УСК-2000.

Виклад основного змісту дослідження. Для дослідження трансформування координат з архівної системи (ВАРАШ-42) у діючу (МСК-56) у геоінформаційному середовищі було використано трансформаційне поле державного підприємства «Науково-дослідного інституту геодезії і картографії» для афінного трансформування методом скінченних елементів. Трансформаційне поле побудовано у вигляді прямокутної сітки кроком 200 x 200 метрів в лінійній мірі (поправки у вузлах сітки даються в лінійній мірі). Для побудови трансформаційного поля сформовано такий порядок:

- побудова TIN-моделі;
- визначення розміру GRID сітки на територію об'єкту;
- побудова регулярної сітки GRID;
- визначення значень поправок в координати у вузлах сітки методом інтерполяції;
- перевірка точності побудови GRID-моделі.

Побудова GRID-моделі виконана в три етапи:

- побудова трансформаційного поля у вигляді TIN-моделі (розбивка території міста на окремі трикутники, вершинами яких виступають суміщені геодезичні пункти);
- побудова регулярної сітки кроком 200 x 200 метрів;
- визначення поправок (інтерполяція) у координати вузлів сітки.

Регулярна сітка кроком 200 x 200 метрів побудована засобами геоінформаційної системи MapInfo. Число комірок 60 (по осі ординат) x 53 (по осі абсцис). Методика призначена для забезпечення трансформування shape-файлів та растрів із Місцевої (Вараш-42) до МСК-56 в межах дії трансформаційного поля. Розміри трансформаційного поля наведені в таблиці 1. Схема трансформування координат точок від існуючої місцевої системи координат об'єкту, утвореної від СК-42 до МСК-56, утвореної від УСК-2000 наведена на рис. 1 і представляє собою строгу послідовність перетворень та трансформувань координат точок.

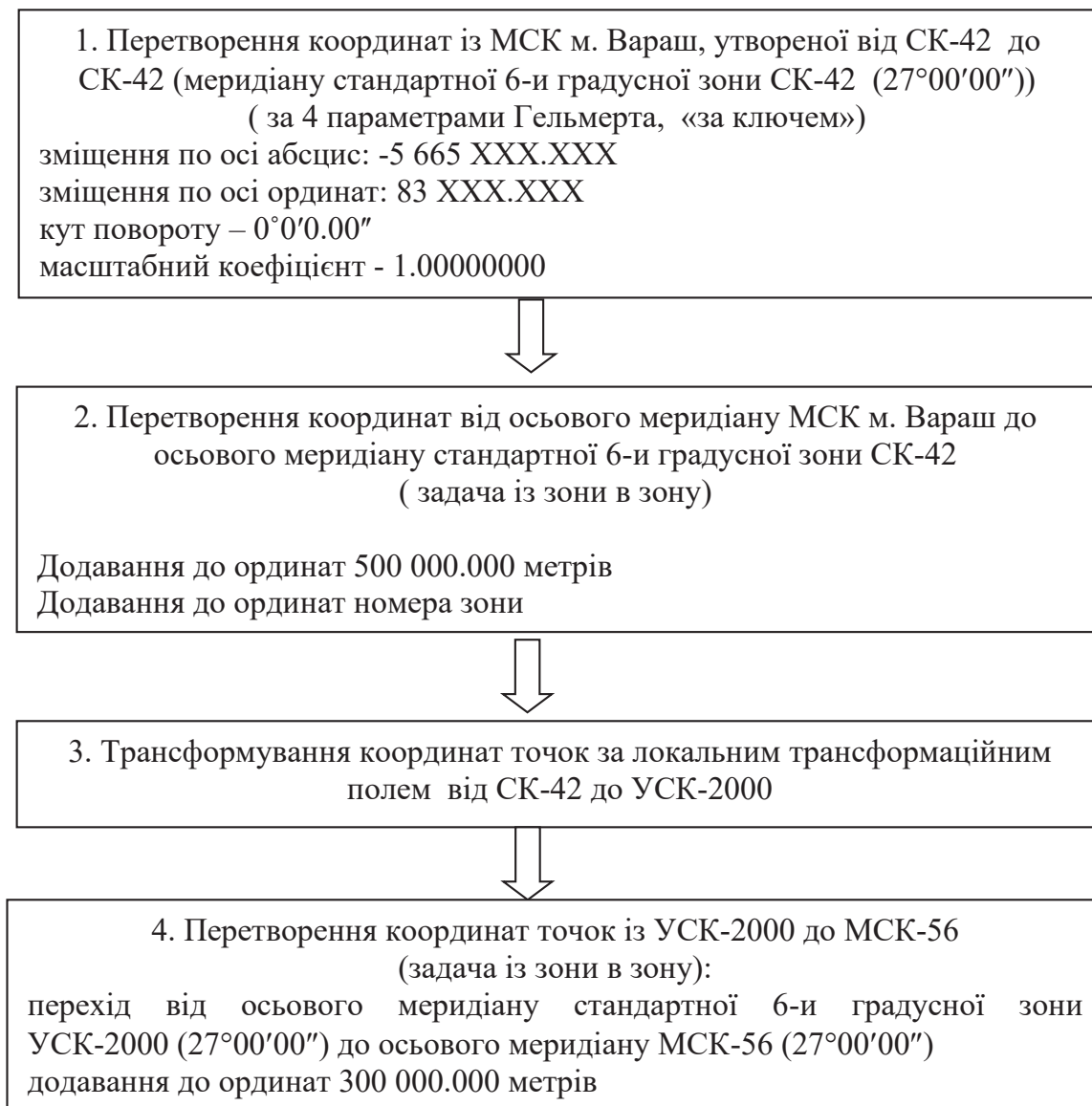


Рис. 1. Схема трансформування координат точок.

Трансформування координат точок із системи координат СК-42 / ВЛ у систему координат УСК-2000 / ВЛ виконується за формулою (1):

$$\begin{aligned} B_{УСК-2000} &= B_{СК-42} + \Delta B/3600; \\ L_{УСК-2000} &= L_{СК-42} + \Delta L/3600, \end{aligned} \tag{1}$$

де $B_{УСК-2000}$ – геодезична координата B точки в системі координат УСК-2000 / ВL в градусах;

$L_{УСК-2000}$ – геодезична координата L точки в системі координат УСК-2000/ ВL в градусах;

$B_{СК-42}$ – геодезична координата B точки в системі координат СК-42 / ВL у градусах;

$L_{СК-42}$ – геодезична координата L точки в системі координат СК-42 / ВL у градусах;

$\Delta B, \Delta L$ – поправки із трансформаційного поля, виражені у секундах.

Таблиця 1

Розміри трансформаційного поля в кутовій мірі

Назва кута поля	B	L
пн.-зх	51° 22' 40.000"	25° 50' 00.000"
пн.-сх.	51° 22' 40.000"	26° 0' 20.000"
пд.-сх	51° 17' 00.000"	26° 0' 20.000"
пд.-зх.	51° 17' 00.000"	25° 50' 00.000"

Контроль виконання трансформації координат здійснено по контрольних точках за формулою (2):

$$\begin{aligned} \Delta X &= X_{t(УСК-2000)} - X_{УСК-2000}, \\ \Delta Y &= Y_{t(УСК-2000)} - Y_{УСК-2000} \end{aligned} \tag{2}$$

де $X_{t(УСК-2000)}, Y_{t(УСК-2000)}$ – координати геодезичних пунктів отримані шляхом трансформації по побудованому трансформаційному полю;

$X_{УСК-2000}, Y_{УСК-2000}$ – контрольні значення координат геодезичних пунктів отриманих з супутникових геодезичних спостережень та вирівнювання міської геодезичної мережі в 2023 році.

Трансформаційне поле в межах території м. Вараш (рис. 2) передбачає трансформування координат від геодезичних В, L в системі координат СК-42 до геодезичних координат В, L в системі координат УСК-2000, проте функціонал QGIS дозволяє виконати трансформування від прямокутних координат в проекції Гаусса-Крюгера СК-42 у прямокутні координати в проекції Гаусса-Крюгера УСК-2000, з використанням трансформаційного поля

NTv2 (рис. 3). Потім було виконано перетворення координат у з прямокутних координат в проекції УСК-2000 в місцеву систему координат МСК-56, похідну від системи координат УСК-2000 та виконано оцінку точності результатів (рис. 4, рис. 5). Середня квадратична похибка трансформування координат точок, яка визначена за контрольними суміщеними пунктами що не брали участь при побудові трансформційного поля складає ± 0.039 м.

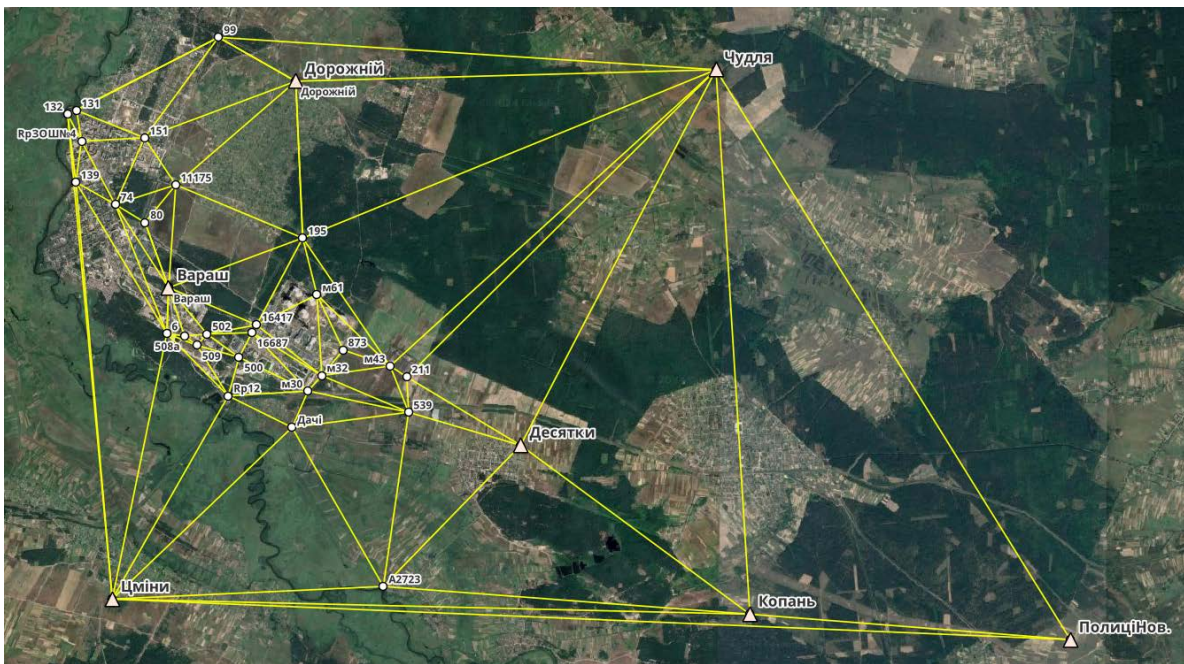


Рис. 2. Схема TIN-моделі на територію об'єкту.

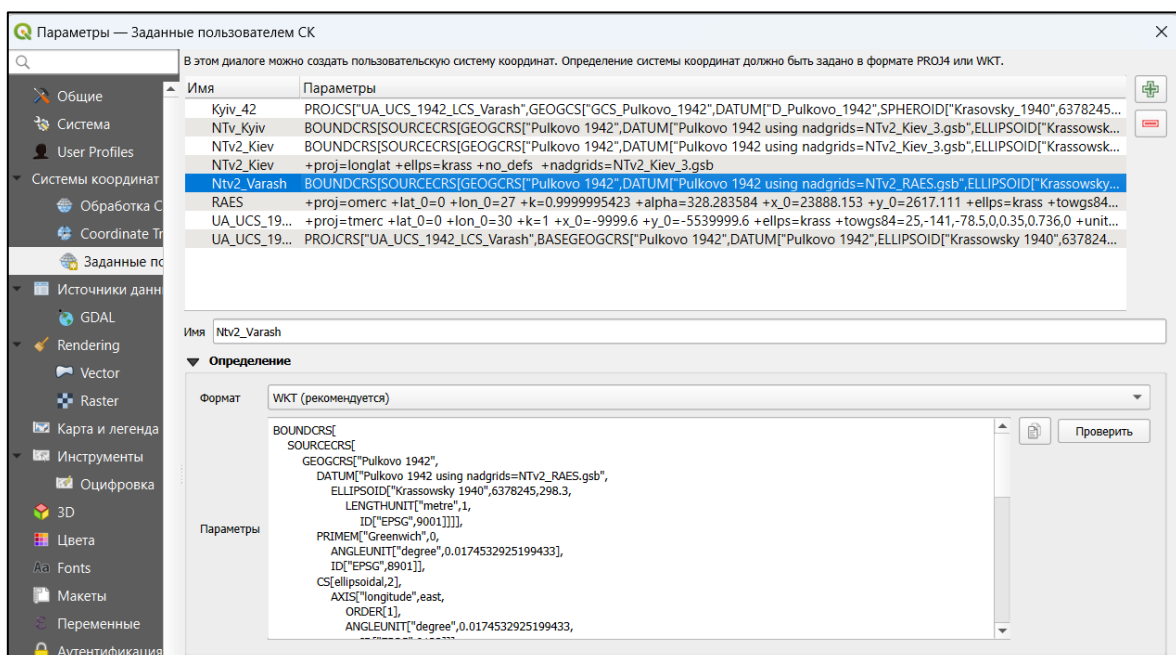


Рис. 3. Додавання опису трансформційного поля Ntv2 на територію м. Вараш у середовищі QGIS.

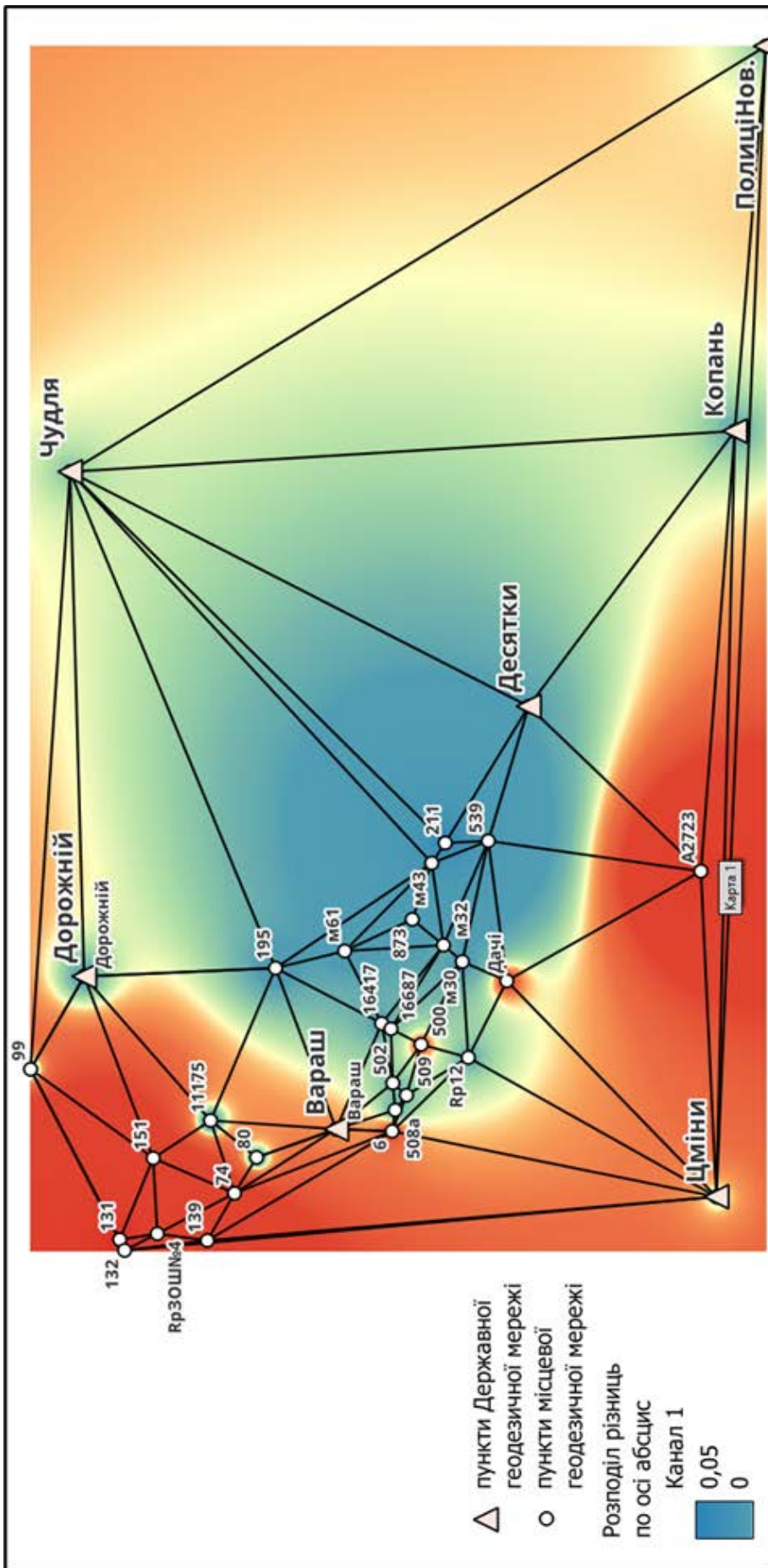


Рис. 4. Візуалізація розподілу різниць координат по осі абсцис (наведено у м)

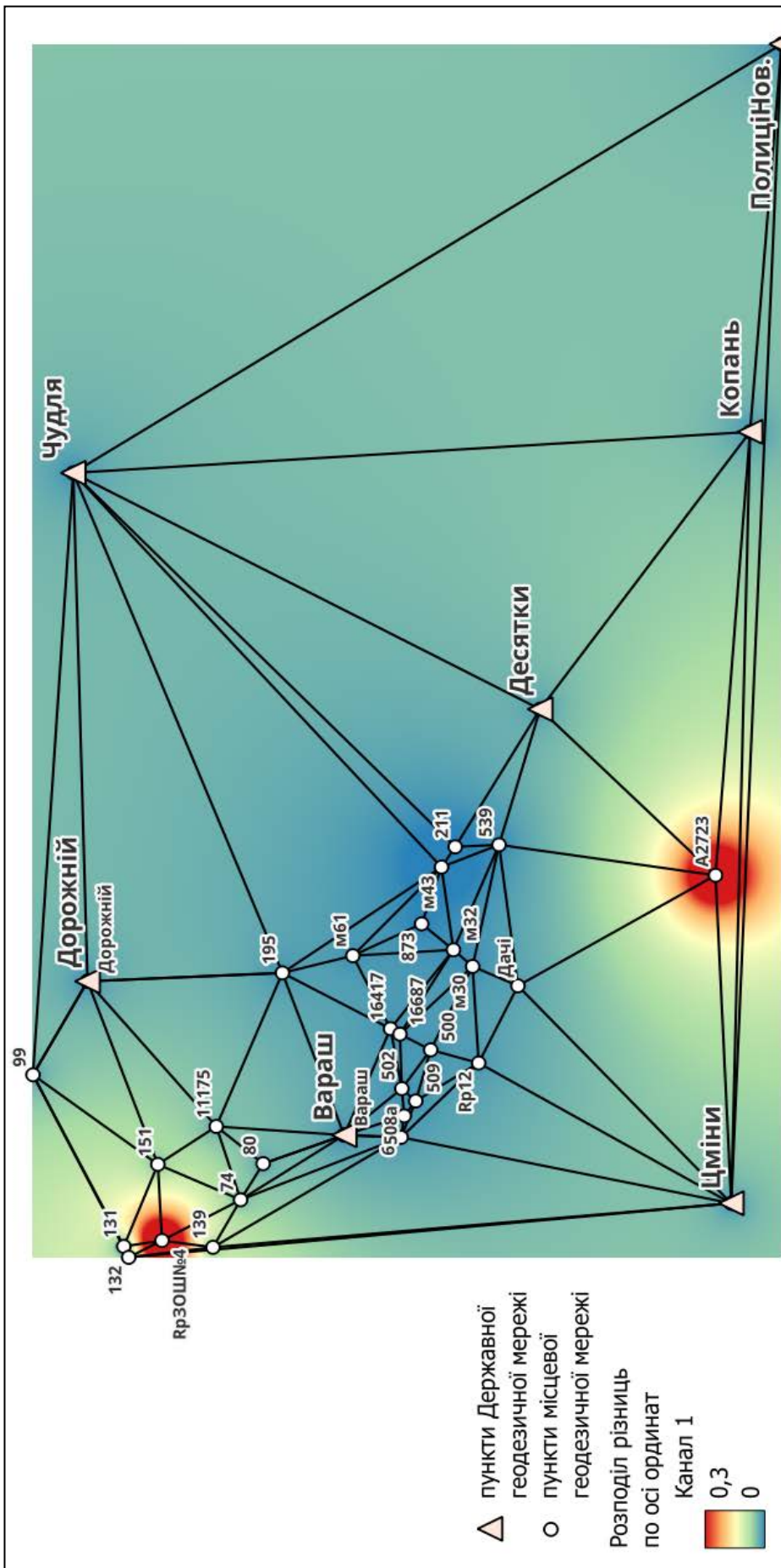


Рис. 5. Візуалізація розподілу різниць координат по осі ординат (наведено у м)

Висновки. Розроблена методика трансформування координат з архівної місцевої системи координат, похідної від системи координат СК-42 у діючу в Україні місцеву систему координат УСК-2000 за допомогою GRID-моделі трансформаційного поля у вигляді формату NTV2 та програмного забезпечення QGIS була апробована на прикладі координат точок у системах координат Вараш-42, похідної від СК-42, та МСК-56, похідної від УСК-2000.

За результатами дослідження встановлено, що середня квадратична похибка одиниці ваги складає 0,024 м. Оскільки контрольні координати були отримані з точністю у межах допуску – до 0,05 м; зроблено висновок, що отримані за допомогою локального трансформаційного поля NTV2 на територію м. Вараш координати є придатними для подальшого їх використання.

Список джерел

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 року № 1259 «Деякі питання застосування геодезичної референцної системи координат» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-%D0%BF#Text>.
2. Закон України Про національну інфраструктуру геопросторових даних: прийнятий 13 квіт. 2020 року № 554-IX// Відомості Верховної Ради України. – 2020. – № 37. – Ст. 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.
3. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних: Постанова Кабінету Міністрів України від 26 трав. 2021 р. № 532. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-п#Text>.
4. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження технічних вимог до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних» від 10 листопада 2021 р. № 347. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text>.
5. Karpinskyi Yu., & Kin D. (2020, April). Research of the transition from cartometric to analytical operations. XXV Jubilee International Scientific and Technical Conference «Geoforum – 2020», Lviv, Ukraine. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34353.40806>.
6. Карпінський Ю., Грачов О. (2001). Трансформування растрових моделей цифрових карт і планів. Вісник геодезії та картографії, № 3, С. 65–73.
7. Карпінський Ю.О., Грачов, О.Г. Класифікація методів інтерполяції та апроксимації функцій трансформації растрових зонражень [Текст] / О.Г. Грачов // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. – Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2005. – С. 22-25

8. Карпінський, Ю., Кучер, О., & Заєць, І. (2013). ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ТА ПОБУДОВА ТРАНСФОРМАЦІЙНОГО ПОЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ КООРДИНАТ МІЖ СИСТЕМАМИ СК-42 ТА УСК2000. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. Вип. 78, с. 169 – 172. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1530/gka78201328.pdf>.

9. Карпінський Ю.О. Афіне трансформування координат методом скінченних елементів. *Вісник геодезії та картографії*. 2002. №4 (27). С. 23-27.

10. Карпінський, Ю.О., & Нудельман, В.І. (2018). Використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 у середовищі Arcgis ESRI. *Містобудування та територіальне планування*, (68), 725-733. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/МТР_2018_68_86.

11. Мельник В.М. Інтерполяція поправок трансформації координатних систем / В.М. Мельник, В.Л. Расюн // *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки*. – 2014. – Вип. 4. – С. 320-328. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvgrp_tekhn_2014_4_40.

12. Fazilova, D. (2022). Uzbekistan's coordinate system transformation from CS42 to WGS84 using distortion GRID model. *Geodesy and Geodynamics*, 13(1), 24-30. DOI: 10.1016/j.geog.2021.10.001.

13. Garnero, G. (2014). Use of NTV2 transformation grids in engineering applications. *Earth Science Informatics*, 7(2), 139-145. DOI: 10.1007/s12145-013-0135-1.

14. González-Matesanz, J., Dalda, A., Quirós, R., & Celada, J. (2003, June). ED50-ETRS89 transition models for the Spanish geodetic network. In *Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Toledo* (pp. 4-7). URL: <http://www.euref.eu/symposia/book2003/4-6.pdf>.

15. Oliveria, L.C., Santos, M.C., Nievinski, F.G., Leandro, R.F., Costa, S.M., Santos, M. F., ... & Maia, T. B. (2009). Searching for the optimal relationships between SIRGAS2000, South American Datum of 1969 and Córrego Alegre in Brazil. In *Observing our Changing Earth* (pp. 71-79). Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-85426-5_9.

16. Turner, J., Preston, C., Winthrop, R., Thatcher, I., Swales, P., & Finney, J. (2021). Advances in engineering survey grid transformations for rail infrastructure. In *High Speed Two (HS2): Infrastructure Design and Construction (Volume 1)* (pp. 461-471). ICE Publishing. URL: <https://learninglegacy.hs2.org.uk/document/advances-in-engineering-survey-grid-transformations-for-rail-infrastructure/>.

17. Weber, V., Navratil, G., & Blauensteiner, F. (2022). Managing Inhomogeneity in the Control Point Network during Staking Out Cadastral

Boundaries in Austria. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(5), 274. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi11050274>.

18. Yun, S., Lee, H., & Song, J. (2020). Studies on derivation of appropriate geodetic system transformation schemes for spatial data. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 38(6), 561-571. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.6.561>.

19. Зуска, А., Трегуб, Ю., & Янкін, О. (2023). Аналіз впливу перетворення координат поворотних точок земельних ділянок із системи СК-63 в УСК-2000 на їх лінійні параметри та площу. *Просторовий розвиток*, (3), 108–121. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.3.108-121>.

20. Кубах, С.М., & Черняга, П.Г. (2011). Використання референціальних систем координат при виконанні кадастрових робіт. *Вісник геодезії та картографії*, (3), 36-41. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2011_3_10.

21. Habib, M. (2023). Grid-on-Grid Transformation for Integrating Spatial Reference System of Multi-source Data. In: Feng, G. (eds) *Proceedings of the 9th International Conference on Civil Engineering*. ICCE 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 327. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2532-2_53.

Dr. S., Professor, **Yurii Karpinskyi**, Assistant **Kin Danylo**,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Ph. D., **Kuryliak Ihor**,
SE “Research Institute of Geodesy and Cartography”,
Rotachov Nikita,
Kyiv National University of Construction and Architecture

METHOD TRANSFORMATION OF COORDINATES FROM THE ARCHIVE SYSTEM (VARASH-42) TO THE CURRENT SYSTEM (LCS-56) USING QGIS

This article proposes a technique for transforming coordinates from an archival coordinate system into an active one using affine transformation using the finite element method in the QGIS geoinformation environment using a transformation field in the NTV2 format.

The purpose of the work is to develop a method of transforming coordinates from the archival system into the one operating in Ukraine using the GRID model of the transformation field in the form of NTV2 format and QGIS software using the example of the Varash-42 coordinate system, derived from CS-42, and LCS-56, derived from UCS-2000. To implement the technique, a scheme for transforming

point coordinates is defined. The technique of integrating the transformation field into the QGIS geoinformation environment was researched and implemented. The authors investigated the transformation of coordinates on the territory of the city of Varash, Rivne region, and determined the accuracy of the obtained results, which is within the limits of tolerance.

According to the results of the study, it was established that the average squared error of a unit of weight is 0.024 m. Since the control coordinates were obtained with an accuracy within tolerance – up to 0.05 m; it was concluded that the coordinates obtained with the help of the NTV2 local transformation field for the territory of Varash are suitable for their further use.

The developed technique makes it possible to transform coordinates from archival coordinate systems derived from UCS-2000 to use processed geospatial data in topography-geodetic, cartographic, land management, land surveying and other spheres of activity, as well as to ensure compliance with one of the requirements for compatibility and interoperability of geospatial data: a coordinate system in which coordinate descriptions of geospatial objects are provided.

Keywords: reference ellipsoid; coordinate transformation; GIS, transformation field, processing of geospatial data; geodesy; State geodetic network; Ntv2.

REFERENCES

1. The Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine of September 22, 2004 No. 1259 "Some issues of application of the geodetic reference coordinate system". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-%D0%BF#Text>. {in Ukrainian}
2. The Law of Ukraine On the National Infrastructure of Geospatial Data: adopted on April 13. 2020 No. 554-IX// Information of the Verkhovna Rada of Ukraine. – 2020. – No. 37. – 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>. {in Ukrainian}
3. On the approval of the Procedure for the functioning of the national infrastructure of geospatial data: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 26. 2021 No. 532. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-п#Text>. {in Ukrainian}
4. The Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine "On approval of technical requirements for geospatial data, metadata and geoinformation services of the national infrastructure of geospatial data" dated November 10, 2021 No. 347. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text>{in Ukrainian}
5. Karpinskyi Yu., & Kin D. (2020, April). Research of the transition from cartometric to analytical operations. XXV Jubilee International Scientific and

Technical Conference «Geoforum – 2020», Lviv, Ukraine. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34353.40806>. {in English}

6. Karpinskyi Y., Grachev O. (2001). Transformation of raster models of digital maps and plans. *Bulletin of Geodesy and Cartography*, No. 3, pp. 65-73. {in Ukrainian}

7. Karpinskyi Y.O., Grachev O.G. Classification of methods of interpolation and approximation of raster imagery transformation functions [Text] / O.G. Grachev // *Modern achievements of geodetic science and production: a collection of scientific papers - Lviv Polytechnic National University*, 2005. {in Ukrainian}

8. Karpinskyi Y., Kucher O. & Zaiets I. (2013). Justification of the method and creation of the transformation field of coordinate transformation between CS-42 and UCS-2000 systems. *Geodesy, cartography and aerial photography*, Vol. 2013, No. 78, 169-172. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1530/gka78201328.pdf>. {in Ukrainian}

9. Karpinskyi Y. (2002). Affine transformation of coordinates by the method of finite elements. *Bulletin of geodesy and cartography*, Vol. 2002, No. 4(27), 23-27. {in Ukrainian}

10. Karpinskyi Y., Nudelman V. (2018). Using of the state geodetic coordinate reference system UCS-200 in the ArcGIS ESRI. *Urban planning and territorial planning*, Vol. 2018, No. 68, 725-733. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2018_68_86. {in Ukrainian}

11. Melnyk V., Rasiun V. (2014). Interpolation of amendments transformation of coordinate systems. *Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management. Technical sciences*, Vol. 2014, No. 4, 320-328. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvgrp_tekhn_2014_4_40. {in Ukrainian}

12. Fazilova, D. (2022). Uzbekistan's coordinate system transformation from CS42 to WGS84 using distortion GRID model. *Geodesy and Geodynamics*, 13(1), 24-30. DOI: 10.1016/j.geog.2021.10.001. {in English}

13. Garnero, G. (2014). Use of NTV2 transformation grids in engineering applications. *Earth Science Informatics*, 7(2), 139-145. DOI: 10.1007/s12145-013-0135-1. {in English}

14. González-Matesanz, J., Dalda, A., Quirós, R., & Celada, J. (2003, June). ED50-ETRS89 transition models for the Spanish geodetic network. In *Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for Europe (EUREF), Toledo* (pp. 4-7). URL: <http://www.euref.eu/symposia/book2003/4-6.pdf>. {in English}

15. Oliveria, L. C., Santos, M. C., Nievinski, F. G., Leandro, R. F., Costa, S. M., Santos, M. F., ... & Maia, T. B. (2009). Searching for the optimal relationships between SIRGAS2000, South American Datum of 1969 and Córrego Alegre in

Brazil. In *Observing our Changing Earth* (pp. 71-79). Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-85426-5_9. {in English}

16. Turner, J., Preston, C., Winthrop, R., Thatcher, I., Swales, P., & Finney, J. (2021). Advances in engineering survey grid transformations for rail infrastructure. In *High Speed Two (HS2): Infrastructure Design and Construction (Volume 1)* (pp. 461-471). ICE Publishing. URL: <https://learninglegacy.hs2.org.uk/document/advances-in-engineering-survey-grid-transformations-for-rail-infrastructure/>. {in English}

17. Weber, V., Navratil, G., & Blauensteiner, F. (2022). Managing Inhomogeneity in the Control Point Network during Staking Out Cadastral Boundaries in Austria. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(5), 274. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi11050274>. {in English}

18. Yun, S., Lee, H., & Song, J. (2020). Studies on derivation of appropriate geodetic system transformation schemes for spatial data. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 38(6), 561-571. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.6.561>. {in English}

19. Zuska A., Trehub Y., Yankin O. (2023). Analysis of the impact of converting the coordinates of turning points of land plots from the CS-63 system to UCS-2000 on their linear parameters and area. *Spatial development*, Vol. 2023, No. 3, 108-121. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.3.108-121>. {in Ukrainian}

20. Kubakh S. & Cherniaha P. (2011). Using of reference coordinate systems in cadastral works. *Bulletine of geodesy and cartography*, Vol. 2011, No. 3, 36-41. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2011_3_10. {in Ukrainian}

21. Habib, M. (2023). Grid-on-Grid Transformation for Integrating Spatial Reference System of Multi-source Data. In: Feng, G. (eds) *Proceedings of the 9th International Conference on Civil Engineering*. ICCE 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 327. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2532-2_53. {in English}