Є.В. Дорожко¹, Е.В. Захарова¹, Г.С. Саркісян¹, П.Б. Міхно²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

²Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЄДИНОФОРМАТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Розглянуто доцільність єдиноформатної технології автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань для потреб дорожньо-будівельної галузі. Зазначена технологія дозволяє виконувати наскрізну автоматизовану обробку результатів геодезичних вимірювань з подальшим автоматизованим проектуванням та передавати результати одного етапу проектування на наступний в єдиному форматі та єдиному проектному середовищі.

Ключові слова: автоматизоване проектування, геодезичні вимірювання, програмний комплекс, камеральні роботи.

Постановка проблеми

Якість виконання дорожньо-будівельних робіт при ремонті та новому будівництві суттєво залежить від якості розроблених проектних рішень. На якість проектних рішень впливає значна кількість чинників, одним з вкрай важливих є якість геодезичних вишукувань та якість їх камеральної обробки. Доволі часто в процесі проектування виникає необхідність у доповненні або виправленні результатів вишукувань, що призводить до необхідності у редагуванні і доопрацюванні цифрової моделі місцевості. Такий процес значно ускладнюється або взагалі унеможливується якщо різні проектні та вишукувальні організації використовують різні програмні комплекси, які відрізняються принципами формування вхідних та вихідних даних, форматами даних тощо. Тому доцільним є використання технології єдиноформатної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань з подальшою передачею даних для розроблення проектних рішень, що дозволить виконувати наскрізну обробку результатів геодезичних вимірювань, побудову цифрової моделі місцевості та розробку проектних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наскрізна єдиноформатна автоматизована технологія обробки геодезичних вимірювань та розробки проектних рішень полягає у передачі результатів одного етапу обробки даних або розробки проектних рішень на інший в одному форматі та одному програмному комплексі [1, 2]. У випадку внесення будь-яких виправлень у поперед-

ніх результатах або розробленні нових рішень на будь-якому етапі, усі зміни мають відображатися у всіх частинах проекту. Такий підхід дозволить використовувати одноразово розроблений у цифровому форматі проект автомобільної дороги на усіх наступних етапах при розробці проектів капітальних ремонтів та реконструкцій [2–4], за умови внесення змін у цифрову модель місцевості. Побудовану таким чином цифрову модель місцевості та ділянки автомобільної дороги можна постійно корегувати та використовувати на етапах геодезичних вишукувань, проектування, будівництва чи ремонту та експлуатаційного утримання до наступних геодезичних вишукувань [4–16].

Формулювання мети статті

Метою даної статті є обґрунтування доцільності розробки єдиноформатної технології автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань з подальшою побудовою цифрової моделі місцевості, яку можна використовувати на усіх етапах життєвого циклу автомобільної дороги.

Виклад основного матеріалу

Наскрізний єдиноформатний цикл включає: конструювання, технологічне проектування, інженерний аналіз, керуючі програми. Це забезпечує цілісність геометрії при переході до кожного наступного етапу. Системи автоматизованого проектування високого рівня значно скорочують цикл «проектування-виробництво» за рахунок наскрізного паралельного проектування. Концепцію наскрізної єдиноформатної технології життєвого циклу автомобільної дороги наведено на рис. 1.

Рис. 1. Концепція наскрізної технології життєвого циклу автомобільної дороги [4]

До останнього часу процес забезпечення наскрізної єдиноформатної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань для задач проектування ремонту або будівництва автомобільних доріг ускладнювався тим, що окремі організації використовували різні програмні комплекси, які відрізняються особливостями в форматах вхідних і вихідних даних. Необхідно також враховувати фактори пов'язані з економічними показниками при виборі одного або декількох програмних продуктів, і, як наслідок – з витратами на навчання фахівців, що неминує веде до зростання вартості робіт. Виникають додаткові складнощі з організації необхідної кількості автоматизованих робочих місць.

Потрібна розробка єдиноформатної наскрізної методики і технології обробки геодезичних вимірювальних робіт з метою створення та побудови високоінформативних цифрових моделей місцевості для розробки на їх основі проекту капітального ремонту автомобільної дороги. Для розробки єдиноформатної наскрізної автоматизованої технології обробки результатів геодезичних вимірювань і створення вихідних матеріалів для розробки проектів капітального ремонту автомобільних доріг необхідно проаналізувати функціональні можливості існуючих програмних продуктів.

Серед відомих програмних комплексів необхідно обирати такі, що дозволяють виконувати автоматизовану обробку результатів геодезичних

вимірювань, будувати цифрову модель місцевості та розробляти проектні рішення по плану траси автомобільної дороги, поздовжньому та поперечному профілях земляного полотна, визначенню об'ємів земляних робіт, оцінки умов руху тощо. Одним з таких програмних комплексів є програмний продукт CREDO.

Програмний комплекс CREDO DIALOGUE є системою автоматизованого проектування і дозволяє вирішувати широке коло завдань від інженерно-геодезичних вишукувань до проектування об'єкта з формуванням вихідних даних у вигляді таблиць і креслень. Комплекс складається з декількох модулів, які працюють в єдиному форматі та дозволяють проводити обробку і проектування в різних областях будівництва. Перевагами системи є оригінальні алгоритми, методи і математичні моделі, що дозволяють оптимізувати проектні рішення геометричного, техніко-економічного розділів проекту; простота освоєння і експлуатації; комплексний підхід, що дозволяє організовувати безперервну технологічну лінію вишукувань і багатоваріантного проектування [11].

Використовуються цифрові моделі місцевості як результат інженерно-геодезичних вишукувань і цифрові моделі проекту як результат проектування. Використання таких моделей дає можливість візуальної оцінки проекту як в статичному так і в динамічному режимі. Існує широкий набір засобів моделювання топографічних поверхонь, ситуацій і

проектів будь-якої геометричної складності [11].

Програмний комплекс CREDO включає в себе більше 40 програмних продуктів (систем і програм), призначених для проектування об'єктів промислового, цивільного і транспортного будівництва, розвідки, видобутку і транспортування нафти і газу, обробки матеріалів інженерно-геодезичних та інженерно-геологічних вишукувань, створення і ведення великомасштабних цифрових планів міст і промислових підприємств, підготовки даних для землеустрою та геоінформаційних систем, вирішення інших інженерних задач. Програмний комплекс CREDO являє собою модульну систему (комплексні технології) взаємодоповнюючих програмних продуктів, які зібрані в автоматизовані технологічні лінії [11].

Забезпечення наскрізної єдиноформатної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань для задач проектування ремонту або будівництва автомобільних доріг можливо здійснювати шляхом залучення інших програмних продуктів, таких як «Топоматик Robur», «Autodesk Civil 3D» та інших.

Висновки

Використання єдиноформатної наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань з подальшою побудовою цифрової моделі місцевості дозволить пришвидшити та полегшити розробку проектних рішень, підвищити їх якість, що в свою чергу призводить до підвищення якості побудованих автомобільних доріг та штурхних споруд.

Література

1. Мазепин П.Г. Шаламов А.В. Сквозное автоматизированное проектирование в CAD / САМ системах : учеб. пос. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 83 с.
2. Дорожко Є.В. Розробка технології наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань при проектуванні капітального ремонту автомобільних доріг / Є.В. Дорожко // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Сер.: Технічні науки. – 2020. – Том 31(70), №2, Ч. 2. – С. 225–229. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-2/37>
3. Бударова В.А. Технология «сквозной» обработки результатов геодезического обеспечения 3D сейсморазведки на территориях месторождений нефти и газа с применением геоинформационных систем // Геодезия и картография. – 2010. – № 5. – С. 19–21.
4. Величко Г.В. Прикладные аспекты проблем эффективности BIM-технологий объектов автотранспортной инфраструктуры // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2019. – № 86, Т.2. – С. 173–183. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2019.86.2.173>
5. Karan E.P. Digital modeling of construction site terrain using

remotely sensed data and geographic information systems analyses / Karan E.P., Irizarry J. // Journal of construction engineering and management. – 2014. – 140(3). – 04013067-1–04013067-12. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000822](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000822)

6. Hofmann Wellenhof B. Physical Geodesy / B. Hofmann, Wellenhof, H. Morit. – Wien, New York, 2005. – 403 p.
7. Nadolinets L. Surveying instruments and technology / Nadolinets L., Levin E., Akhmedov D. – Florida, 2017. – 253 p.
8. Батракова А.Г. Інженерно-геодезичний моніторинг і контроль в будівництві, частина І. Геодезичні роботи при будівництві мостових переходів: навч. посіб. / Батракова А.Г., Кузьмін В.І. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 116 с.
9. Michal Ondrej. Optimization method singeodeticnet works // 16th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM 2016, www.sgem.org, SGEM 2016 Conference Proceedings, June 28 –July 6, 2016. – Book 2, Vol. 2. – 2016. – PP. 479–486.
10. Innovative technologies in the field of geodesy, land management and design : monograph. – 2021. – 486 p.
11. Назаров А.С. Автоматизированная обработка материалов топографо-геодезических и земельно-кадастровых работ (на примере комплекса CREDO) : учеб. пос. для вузов / Назаров А.С., Неумывакин Ю.К., Перский М.И. – Москва : СП «Кредо-диалог», 2009. – 272 с.
12. Galda M. Geodezja I miernictwo budowlane / Galda M., Kujawski E., Przewlocki S. – Warszawa–Wrocław, 2000. – 402 p.
13. Островський А.Л. Геодезія. Частина перша. Топографія / А.Л. Островський, О.І. Мороз, З.Р. Тартачинська, І.Ф. Герасимчук. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2011. – 440 с.
14. Ляценко А.А. Концептуальне моделювання геоінформаційних систем // Вісник геодезії та картографії. – 2002. – №4(27). – С. 44–50.
15. Anelise Souza. Whole Body Vibration at Different Exposure Frequencies: Infrared Thermography and Physiological Effects / Anelise Souza, Caroline C. Robinson, Matilde Achaval, Milton A. Zaro. // The Scientific World Journal. – 2015. – Vol. 2015, Article ID 452657. DOI: <https://dx.doi.org/10.1155%2F2015%2F452657>
16. Qiang Huang. Field Measurement and Numerical Simulation of Train-Induced Vibration from a Metro Tunnel in Soft Deposits / Qiang Huang, Pan Li, Dongming Zhang, Hongwei Huang, Feng Zhang // Advances in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 2021, Article ID 6688746. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6688746>

References

1. Mazepin, P.G., Shalamov, A.V. (2002). End-to-end computer-aided design in CAD. Textbook. Chelyabinsk, YUrgU Publishing House. [in Russian]
2. Dorozhko, E.V. (2020). Development of technology of through automated processing of results of geodetic measurements at designing of capital repairs of highways. Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences, 31(70), 2, 225–229. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-2/37> [in Ukrainian]
3. Budarova, V.A. (2010). Technology of "end-to-end" processing of the results of geodetic support of 3D seismic

prospecting in the territories of oil and gas fields using geographic information systems. *Geodesy and cartography*, 5, 19–21. [in Russian]

4. Velichko, G.V. (2019). Applied Aspects of the Problems of Efficiency of BIM-Technologies of Transport Infrastructure Objects. *Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University*, 86(2), 173–183. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2019.86.2.173> [in Russian]

5. Karan, E.P., Irizarry, J. (2014). Digital modeling of construction site terrain using remotely sensed data and geographic information systems analyses. *Journal of construction engineering and management*, 140(3), 04013067-1–04013067-12. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000822](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000822)

6. Hofmann Wellenhof, B. & Morit, H. (2005). *Physical Geodesy*. Wien, New York.

7. Nadolinets, L., Levin, E. & Akhmedov, D. (2017). *Surveying instruments and technology*. Florida.

8. Batrakova, A., Kuzmin, V. (2018). *Engineering and geodetic monitoring and control in construction, part I. Geodetic works in the construction of bridges*. Textbook. Kharkiv, KhNADU. [in Ukrainian]

9. Michal, Ondrej. (2016). Optimization method singeodeticnet works. *SGEM2016 Conference Proceedings*, June 28–July 6 2016, 2, 2, 479–486.

10. *Innovative technologies in the field of geodesy, land management and design*. Monograph (2021).

11. Nazarov, A.S., Neumyvakin, Yu.K., Persky, M.I. (2009). *Automated processing of materials for topographic-geodetic and land-cadar works (for example, the CREDO complex)*. Textbook for universities. Moscow, JV «Credo-Dialogue». [in Russian]

12. Galda, M., Kujawski, E., Przewlocki, S. (2000). *Geodezja I miernictwo budowlane*. Warszawa–Wroclaw. [in Polish]

13. Ostrovsky, A.L., Moroz, O.I., Tartachinskaya Z.R., Gerasimchuk, I.F. (2011). *Geodesy. Part One Topography*. Lviv, Publishing House of Lviv polytechnics. [in Ukrainian]

14. Liashchenko, A.A. (2002). Conceptual modeling of geographic information systems. *Bulletin of Geodesy and Cartography*, 4(27), 44–50. [in Ukrainian]

15. Anelise, Sonza, Caroline C., Robinson, Matilde, Achaval, Milton A., Zaro. (2015). Whole Body Vibration at Different Exposure Frequencies: Infrared Thermography and Physiological Effects. *The Scientific World Journal*, 2015, ID 452657. DOI: <https://dx.doi.org/10.1155%2F2015%2F452657>

16. Qiang, Huang, Pan, Li, Dongming, Zhang, Hongwei, Huang,

Feng, Zhang. (2021). Field Measurement and Numerical Simulation of Train-Induced Vibration from a Metro Tunnel in Soft Deposits. *Advances in Civil Engineering*, 2021, ID 6688746. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6688746>

Рецензент: д-р техн. наук, професор В.П. Кожушко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: ДОРОЖКО Євген Вікторович
кандидат технічних наук, завідувач кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – evgeniy.dorozhko@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2894-2131>

Автор: ЗАХАРОВА Еліна Володимирівна
асистент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – linazaharova21@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8811-451X>

Автор: САРКІСЯН Гор Саркісович
доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – gorsar14@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2343-4461>

Автор: МІХНО Павло Борисович
доцент кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
E-mail – mikhno1982@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8045-6478>

JUSTIFICATION OF THE EXECUTIVITY OF THE SINGLE-FORMAT TECHNOLOGY OF AUTOMATED PROCESSING OF THE RESULTS OF GEODESIC MEASUREMENTS

Y. Dorozhko¹, E. Zakharova¹, G. Sarkisian¹, P. Mikhno²

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

²Mykhailo Ostrohradsky National University of Kremenchug, Ukraine

The expediency of single-format technology of automated processing of geodetic measurements for the needs of the road construction industry is considered. This technology allows you to perform end-to-end automated processing of geodetic measurements with subsequent automated design and transfer the results of one design phase to the next in a single format and a single design environment.

Through single-format automated technology for processing geodetic measurements and development of design solutions is to transfer the results of one stage of data processing or development of design solutions to another in one format and one software package. In the event of any corrections to previous results or the

development of new solutions at any stage, all changes should be reflected in all parts of the project. This approach will allow the use of a one-time digitally developed highway project at all subsequent stages in the development of overhaul and reconstruction projects, subject to changes in the digital model of the area. The digital model of the terrain and section of the highway constructed in this way can be constantly adjusted and used at the stages of geodetic surveys, design, construction or repair and maintenance until the next geodetic surveys.

End-to-end single-format cycle includes: design, technological design, engineering analysis, control programs. This ensures the integrity of the geometry in the transition to each subsequent stage.

Providing end-to-end automated processing of geodetic measurement results for road repair or construction design tasks can be done by involving software products such as «CREDO», «Topomatic Robur», «Autodesk Civil 3D» and others.

The use of single-format end-to-end automated processing of geodetic measurements with the subsequent construction of a digital terrain model will speed up and facilitate the development of design solutions, improve their quality, which in turn improves the quality of roads and man-made structures.

Keywords: *automated design, geodetic measurements, software, in-house work.*