

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U101209

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 09-11-2023

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сосса Богдан Ростиславович

2. Bohdan Sossa

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4484-4865

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 193

Назва наукової спеціальності: Геодезія та землеустрій

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Геодезія та землеустрій

Дата захисту: 19-12-2023

Спеціальність за освітою: Кадастр

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 09.193

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет будівництва і архітектури

Код за ЄДРПОУ: 02070909

Місцезнаходження: проспект Повітрофлотський, буд. 31, Київ, 03037, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет будівництва і архітектури

Код за ЄДРПОУ: 02070909

Місцезнаходження: проспект Повітрофлотський, буд. 31, Київ, 03037, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 36.01.81, 36.23.27

Тема дисертації:

1. Методи і моделі підвищення точності наземного лазерного сканування за даними калібрування
2. Methods and models of terrestrial laser scanning accuracy improvement with calibration data

Реферат:

1. Виокремлено складові систематичної похибки визначення координат. Розроблено модель попереднього оцінювання впливу складових систематичної похибки в розрізі універсальної моделі похибок інструмента. Розглянуто вплив зазначених складових на отримані координати шляхом здійснення апріорного симуляційного моделювання отриманих результатів методом Монте-Карло з внесеною систематичною похибкою (дані до калібрування) та з її відсутністю (дані після калібрування). Визначено вплив кожної із зазначених складових та доведено значний вплив складової за виміряну відстань у точність визначення координат. Для отримання діапазону відстаней, на яких можливо проводити калібрування було проведено дослідження мінімального розміру площинного ТОК та було встановлено мінімально необхідні розміри ТОК для однозначного визначення плоскої, сферичної та циліндричної площини. Було проведено дослідження з внесенням похибки в одну з точок, що визначають сферу або циліндр та наступним розрахунком кількості

точок, необхідних для визначення площини. Розглянуто критерії прийнятності в 5%, 10% і 20% зміщення координат центру відносно зміщення координат точки, в яку внесено похибку. Для задач калібрування НЛС запропоновано використовувати критерій прийнятності в розмірі 10%. Також визначено максимальні відстані до площинних ТОК з урахуванням їх стандартних розмірів та найпоширеніших режимів сканування. Розглянуто критерії вибору тестових об'єктів та запропоновано використовувати точкові ТОК для проведення калібрування як такі, що дозволяють проведення калібрування віддалемірного блока. Запропоновано систему статистичного оцінювання ручного і автоматичного режимів визначення координат з хмари точок шляхом порівняння СКП відстаней між точками та розроблено алгоритм оцінки доброякісності вимірювань з метою вибору оптимального режиму при калібруванні. Розроблено методичні основи проектування калібрувального полігону на основі досліджених типів ТОК та за визначеними максимальними відстанями. За основу проектування запропоновано взяти величини мінімальних вертикальних і горизонтальних кутів між тестовими об'єктами. За розробленими методичними основами було розраховано кількість ТОК і запропоновано їх конфігурацію для заданих мінімальних кутів. Запропоновано здійснити роздільний розрахунок трансформації і калібрування параметрів, для чого проведено модифікацію математичної моделі. Для пошуку параметрів трансформації між системами координат полігона та сканера пропонується використовувати алгоритм Кабша-Умеями. Було запропоновано спрощення чисельного розв'язку задачі калібрування методом найменших квадратів шляхом проведення оберненої трансформації координат з СК полігона в СК сканера і наступним розрахунком параметрів калібрування через визначену модель впливу систематичних похибок. Також було розглянуто нелінійний спосіб пошуку параметрів калібрування і створено програму в комплексі Mathcad для нелінійного розв'язання цієї задачі. Проведено практичну апробацію проведених досліджень та проаналізовано її результати. Для проведення калібрування було створено калібрувальний полігон. Координати тестових об'єктів калібрування визначено з кожної станції сканування і за допомогою високоточного електронного тахеометра. За розробленою модифікацією математичної моделі було проведено розрахунки лінійним і нелінійним способом. За результатами оцінки точності даних до та після проведення калібрування було доведено: •збільшення повноти даних через поворот сканера дозволяє частково вирішити проблему неможливості закріплення запроєктованих марок і покращує точність визначення параметрів калібрування; •використання алгоритму Кабша-Умеями дозволяє розрахувати оптимальну матрицю повороту і вектор зміщення при наявності грубих помилок у вимірах та просте для чисельного розв'язання; •розв'язання задачі пошуку параметрів калібрування лінійним та нелінійним способом дає практично, однакові результати; •запропонований спосіб визначення параметрів калібрування доступний для користувачів систем НЛС в звичайних умовах без використання високоточного обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення. Також зроблено загальний висновок про те, що внесення параметрів калібрування у дані, отримані способом НЛС, дозволяє підвищити точність цих систем до рівня, що відповідає нормативним вимогам виконання інженерно-геодезичних робіт при супроводженні будівництва.

2. The components of the systematic error of determining the coordinates are singled out. A model of the preliminary assessment of the influence of the components of the systematic error in the context of the universal model of instrument errors has been developed. The effect of the specified components on the obtained coordinates was considered by performing a priori simulation modeling of the obtained results using the Monte Carlo method with simulated systematic error (data before calibration) and with its absence (data after calibration). The influence of each of the specified components was determined and the significant influence of the component for the measured distance on the accuracy of coordinate determination was proved. In order to obtain a range of distances at which it is possible to carry out calibration, a study of the minimum size of the planar CTO was conducted and the minimum necessary dimensions of the CTO were established for the unambiguous determination of a flat, spherical and cylindrical plane. A study was conducted with the simulation of an error in one of the points defining the sphere or cylinder and the subsequent calculation of the number of points needed to determine the plane. Acceptability criteria of 5%, 10%, and 20% of the center coordinates offset relative to the

offset of the coordinates of the point in which the error was simulated were considered. It is proposed to use a 10% acceptance criterion for TLS calibration problems. The maximum distances to planar CTOs are also determined, taking into account their standard sizes and the most common scanning modes. The criteria for the selection of test objects were considered and it was proposed to use point targets for calibration as those that allow the calibration of the EDM unit. A system of statistical evaluation of manual and automatic modes of determining the targets coordinates is proposed by comparing the MSE of distances between points, and an algorithm for assessing the quality of measurements as well as choose the optimal mode during calibration. A methodological bases for the design of a calibration polygon have been developed based on the investigated types of CTO and according to the determined maximum distances. It is proposed to take the values of the minimum vertical and horizontal angles between the test objects as the basis of the design. According to the developed methodical bases, the number of CTO was calculated and their configuration was proposed for the specified minimum angles. It is proposed to carry out a separate calculation of the transformation and calibration parameters, for which a modification of the mathematical model was carried out. To find the parameters of the transformation between the coordinate systems of the polygon and the scanner, it is suggested to use the Kabsh-Umeyama algorithm. It was proposed to simplify the numerical solution of the calibration problem by the method of least squares by carrying out the inverse transformation of the coordinates from the CS of the polygon to the CS of the scanner and then computing for the calibration parameters through the defined errors model. A non-linear method of finding calibration parameters was also considered and a program was written in the Mathcad software for the non-linear solution of this problem. A practical approbation of the conducted research was made and its results were analyzes. A calibration test site was created for calibration. The coordinates of the calibration test objects were determined from each scanning station and with the high-precision electronic total station. According to the developed modification of the mathematical model, calculations were carried out in a linear and non-linear way. According to the results of the assessment of the accuracy of the data before and after the calibration, it was proved: •increasing the completeness of the data due to the rotation of the scanner allows to partially solve the problem of the impossibility of fixing the designed targets and improves the accuracy of determining the calibration parameters; •the use of the Kabsh-Umeyam algorithm allows one to calculate the optimal rotation matrix and transition vector in the presence of gross errors in measurements and simple numerical solution; •solving the problem of computing calibration parameters in a linear and non-linear way gives practically the same results; •the proposed method of determining calibration parameters is available to end-users of TLS systems in normal conditions without the use of high-precision equipment and specialized software. A general conclusion was also made that using the calibration parameters into the data obtained by the TLS method allows to increase the accuracy of these systems to the level that meets the regulatory requirements for the performance of engineering and geodetic works during construction support.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- R. Shults, A. Annenkov, G. Seitkazina et al., Analysis of the displacements of pipeline overpasses based on geodetic monitoring results, *Geodesy and Geodynamics*, Vol. 13, Issue 1, Jan. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.geog.2021.09.005>

- Сосса Б.Р. Деякі питання оптимізації процесу розрахунку при калібруванні наземних лазерних сканерів. Містобудування та територіальне планування: науково-технічний збірник. Київ, 2023. №84. С. 365-375, <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.365-375>
- B. Sossa, Criteria for choosing test objects type for terrestrial laser scanners calibration. Geodesy, Cartography and Aerial Photography (Геодезія, картографія та аерофотознімання). Lviv, 2022. Vol.95. P. 31-38. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2022.95.031>
- Катушков В.О., Сосса Б. Р. Дослідження деформації одиночного аналітичного аерознімка з дрона. Інженерна геодезія. Науково-технічний збірник. Київ, 2019. Вип. 67. С. 95-101, <https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.67.95-101>
- Сосса Б. Р. Визначення оптимального типу і розміру площинних марок, що застосовуються під час калібрування наземних лазерних сканерів. Інженерна геодезія. Науково-технічний збірник. Київ, 2018. Вип. 65. С. 227-238.
- Сосса Б. Р. Порівняльне оцінювання точності координат точкових марок, отриманих способом наземного лазерного сканування. Вісник Чернігівського Державного Технологічного Університету. Чернігів, 2015. Вип. 2(78). С. 165-171.
- Шульц Р. В. Сосса Б. Р. Системне калібрування наземних лазерних сканерів: моделі та методики. Вісник геодезії та картографії. Київ, 2015. Вип.2. С. 25-30.
- Шульц Р. В. Сосса Б. Р. Технологія визначення деформацій опор резервуарів за даними наземного лазерного сканування. Вісник геодезії та картографії. Київ, 2012. Вип.5. С. 14-17.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Нестеренко Олена Вікторівна
2. Olena Nesterenko

Кваліфікація: к. т. н., професор, 05.24.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6908-5821

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет будівництва і архітектури

Код за ЄДРПОУ: 02070909

Місцезнаходження: проспект Повітрофлотський, буд. 31, Київ, 03037, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кохан Світлана Станіславівна
2. Svitlana S. Kokhan

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.07.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6009-7591

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

Код за ЄДРПОУ: 04778363

Місцезнаходження: вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дорожинський Олександр Людомирович
2. OLEKSANDR L. DOROZHYSKYI

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.24.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3476-9948

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071001

Місцезнаходження: м.Львів-13, вул.С.Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Самойленко Олександр Миколайович
2. Oleksandr M. Samoilenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.24.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9426-8707

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державне підприємство "Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів"

Код за ЄДРПОУ: 02568182

Місцезнаходження: вул. Метрологічна, буд. 4, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство економіки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Адаменко Олександр Вікторович

2. Oleksandr Adamenko

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.24.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7608-1845

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет будівництва і архітектури

Код за ЄДРПОУ: 02070909

Місцезнаходження: проспект Повітрофлотський, буд. 31, Київ, 03037, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Карпінський Юрій Олександрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Карпінський Юрій Олександрович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Сосса Богдан Ростиславович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна