

DOI: 10.18372/2415-8151.25.16779

УДК 528.8.042:622.2

СЦЕНАРІЙ КОМПЛЕКСНОГО 3D-МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФНОЇ ПОВЕРХНІ ЕЛЕМЕНТУ ФАСАДНОГО ДЕКОРУ ЗА ДАНИМИ АДАПТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

Дорошенко Юрій Олександрович ¹, Нещадим Владислав Олегович ²

¹ Професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри архітектури та просторового планування факультету архітектури будівництва та дизайну Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: dua159@ukr.net, orcid: 0000-0001-6050-4401

² Аспірант, асистент кафедри архітектури та просторового планування факультету архітектури будівництва та дизайну Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: architector_vn@ukr.net, orcid: 0000-0001-6443-6864

Анотація. У статті у вигляді ітераційного сценарію комплексного 3D-моделювання представлено авторську комп'ютерну технологію реставрації фасадів пам'яток архітектури шляхом побудови комп'ютерної 3D-моделі елемента фасадного оздоблення за даними адаптивного лазерного сканування рельєфної поверхні такого елемента.

Мета. Метою публікації є презентація ітераційного сценарію комплексного 3D-моделювання рельєфної поверхні елемента фасадного декору для цілей реставрації пам'яток архітектури за даними лазерного адаптивного сканування (хмара точок) з забезпеченням заданої точності відтворення об'єкта моделювання.

Методологія. Дослідження здійснено на основі системного підходу у три етапи: аналіз ситуації з виявленням критичних місць, розробка методу ітеративного адаптивного сканування та його алгоритмізація, експериментальне оцінювання точності даних сканування.

Результати. Запропоновано і проілюстровано ітераційний сценарій комплексного 3D-моделювання рельєфної поверхні елемента фасадного декору для цілей реставрації пам'яток архітектури за даними лазерного адаптивного сканування (хмара точок) з забезпеченням заданої точності відтворення об'єкта моделювання. Виділено особливості і показано застосування адаптивного сканування.

Наукова новизна. Розроблено та схематизовано метод виявлення і додаткового сканування затінених ділянок рельєфної поверхні елемента фасадного декору. Запропоновано оцінку точності сканування та з'ясування граничних меж сканованої ділянки.

Практична значущість. Комп'ютерне моделювання рельєфної поверхні елемента фасадного декору за результатами лазерного сканування (хмари точок) дає змогу здійснювати та оптимізувати трудомісткі процеси реставрації та відновлювального моделювання пошкоджених фрагментів декоративного оздоблення фасадів пам'яток архітектури. Оцінку якості побудови цифрової моделі здійсню-

ється на основі геометричного аналізу виготовленого елемента фасадного декору та з'ясування ступеня відповідності його прототипу. При цьому для виготовлення елементів фасадного декору на основі їх цифрових моделей можуть використовуватися як 3D-принтери, так і фрезерні верстати з ЧПУ.

Ключові слова: сканування, лазерний сканер, сценарій, фасадний декор, рельєфна поверхня, хмара точок, зшивання хмар точок, алгоритм, технологія.

ВСТУП

Потреба у реставрації архітектурної спадщини нині набуває все більшої актуальності. Особливо у зв'язку зі збройною агресією Росії. А власне процес реставрації є невід'ємною частиною практично усіх заходів щодо збереження архітектурної спадщини. З розвитком новітніх технологій з'являються нові методи, засоби і технології реставрації, які сприяють якісному та швидкому відтворенню пам'ятки архітектури чи її окремих фрагментів. Останнім часом для реалізації такого роду задач актуалізується використання сучасних комп'ютерних технологій і лазерних засобів. Ці технології є поки що недостатньо розвиненими і тому актуальним виявляється детальне дослідження їх можливостей та розробка працездатних методів, зокрема, на основі алгоритмів отримання якісної початкової інформації про рельєфну поверхню певного елемента фасадного декору та її використання для комп'ютерного 3-D моделювання під час реставраційних робіт.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Найчастіше руйнація елементів фасадного декору, зокрема, ліпнини відбувається у верхній частині фасаду на аттику, карнизі, фризі. Такі руйнації зазвичай спричинюються атмосферними опадами [1, с.130] або пошкоджуються внаслідок фізичного зношування. Оскільки дані лазерного сканування здатні досить добре описати модель об'єкту сканування (елемента фасадного декору) в цілому, а фотографічні зображення дають змогу визначити ребра та вузлові точки об'єкту, то в роботі [2] пропозиційно наведено відповідну технологічну схему.

Опрацювання матеріалів лазерного сканування (хмари точок) та фотографування (знімок) зазвичай здійснюються окремо. Щодо цього у статті [3] детально описано методи вимірювання лінійних величин, що використовуються у наземному лазерному скануванні. У роботі [4] досліджено точність лазерного сканування під час виконання архітектурних робіт. У [5, 6] детально досліджено фотограмметричні методи отримання моделі фасаду будинку.

МЕТА

Метою публікації є презентація ітераційного сценарію комплексного 3D-моделювання рельєфної поверхні елемента фасадного декору для цілей реставрації пам'яток архітектури за даними адаптивного лазерного сканування (хмара точок) з забезпеченням заданої точності відтворення об'єкта моделювання.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Реставрація елементів фасадного декору належить до процесів фрагментної реставрації. Під час такої реставрації на фасаді виділяється конкретний елемент фасадного декору і для нього розробляється сценарій — зазвичай оригінальний — побудови 3D-моделі, яка з заданою точністю відтворюватиме рельєфну поверхню обраного елемента фасадного оздоблення. Для того, аби побудувати таку модель, потрібно мати якісну (насамперед, достовірну і достатню) початкову інформацію про рельєфну поверхню — хмару точок.

У процесі пошукового дослідження нами проаналізовано відомі фотограмметричні методи і визначено умови їх застосування. Робочим матеріалом фотограмметричних методів є плоска чорно-біла фотографія, на якій рельєф поверхні відтворюється інтенсивністю сірого кольору: від білого до абсолютно чорного. Інтенсивність сірого кольору на фотокартці засвідчує величину кута нахилу відповідної ділянки сфотографованої поверхні до площини основи. Цю технологію можна застосувати і для лазерного сканування, проте після сканування спостерігаються так звані «затінені зони», де «губиться» промінь лазера і результати сканування (точки) є неоднозначними (поява подвійних точок).

У зв'язку з появою таких ділянок (затіненних зон), межі яких визначаються різким збільшенням відстані між сусідніми точками, спричиняється потреба щодо локальної зміни (збільшення) щільності одержуваного точкового масиву. Зазначене реалізується шляхом зміни місця розташування лазерного сканера та його орієнтації відносно сканованої поверхні для додаткового сканування ділянок виявлених «затіненних зон». Якщо таких пере-

становок лазерного сканера кілька, то в результаті вибудовується ітераційний сценарій сканування з контрольним проміжним моделюванням на кожному кроці (перестановці сканера) з опорою на додаткові сканування. Таким чином, внаслідок зміни позицій лазерного сканера вдається усунути недоліки одержуваної хмари точок і забезпечити належну (з позицій точності моделювання) якість сканування.

Розглянемо процес спотворення (зростання похибки) результатів сканування на простому модельному геометричному об'єкті — сфері.

Будь-який переріз сфери площиною являє собою коло.

Отже, розташуємо 3D-сканер на відстані 10 метрів від сфери діаметром 10 метрів та спрямуємо його промінь до центру сфери. Для заданих вище умов тілесний кут сканування та охоплення точок сфери на граничній лінії дорівнює 38,94 градусів (рис. 1).

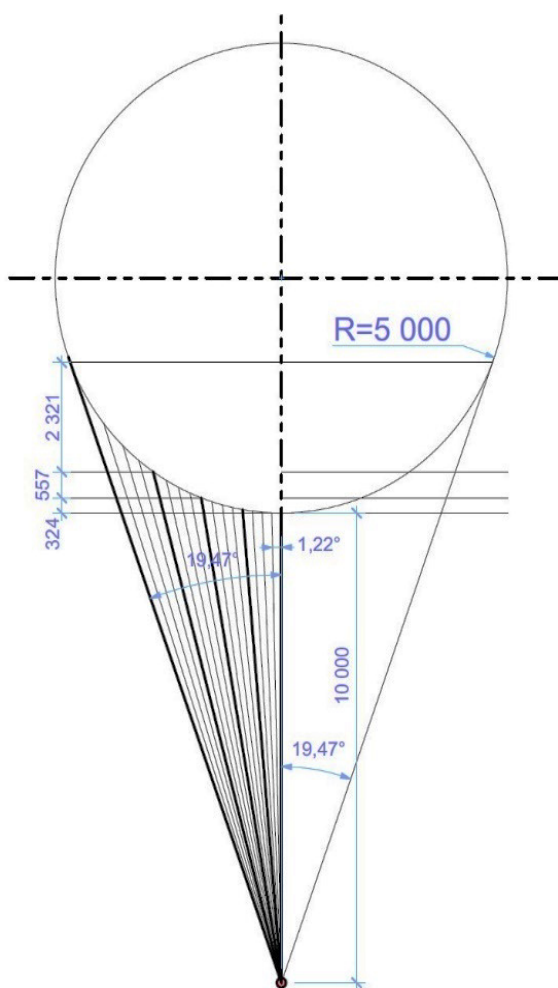


Рис. 1. Розріз сканованої лазерним променем сфери у екваторіальній площині

Точність сканування поверхні (визначені координати точки) найвища, коли лазерний промінь перпендикулярний до поверхні (щодо сфери — це промінь, спрямований до центра сфери). І перманентно зменшується синхронно із зменшенням величини кута нахилу променя до сканованої поверхні. При цьому у разі зміщення променя від центру сфери назовні на фіксований кут похибка сканування зростає непропорційно. Коли похибка сканування стає критично великою, то точність отриманої інформації сканування істотно знижується і наразі стає непринятною. Цим зумовлюється потреба у зміні позиції і орієнтації сканера. Кожна така позиція та сектор сканування фіксуються на спеціальній карті (плані).

Унаслідок сканування з різних позицій створюються додаткові хмари точок. Для отримання єдиного точкового опису сканованої поверхні усі додаткові хмари точок треба інтегрувати в єдину цілісну хмару — єдину точкову модель поверхні. При цьому для коректного об'єднання хмар точок (упорядкованих масивів координат точок) на скановану модель необхідно нанести спеціальні позначки-маркери. Не менше 3-х для кожного окремого додаткового уточнювального сканування. Ці маркери забезпечать коректність і точність «зшивання» хмар точок та певним чином полегшать процес інтеграції точкових масивів (рис. 2).

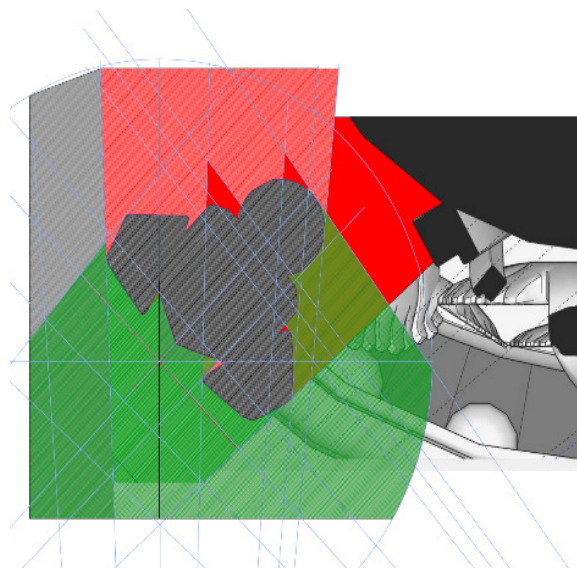


Рис. 2. Зони роботи 3D-сканера для 3-х позицій

Далі наочно продемонструємо і проаналізуємо процес утворення «тіньових» зон на модельному об'єкті. Для цього змодельуємо абстрактний рельєф у вигляді 3D-лабіринту. Лабіринт утворюється методом різновисот-

ного видавлювання смуги постійної ширини, в результаті чого вибудовується своєрідна зубчаста стіна з верхнім обмежувальним профілем у вигляді ламаної або гладкої кривої лінії. Отриманий у такий спосіб лабіринт розглядаємо як своєрідний імітатор рельєфу.

Для виявлення «тіньових» зон сканованої поверхні лазерний сканер спочатку розміщується над середньою точкою ділянки лабіринту та проводиться рядкове прямокутне сканування лабіринту як рельєфної поверхні (рис. 3).

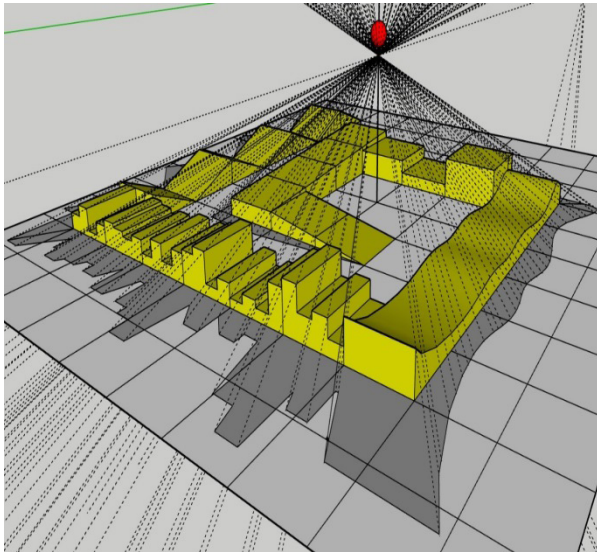


Рис. 3. Затінений лабіринт (вид зверху)

У результаті такого сканування візуалізуються затінені ділянки поверхні сканування. Аналогічно до того, якби в точці, де знаходиться сканер, розмістити джерело світла (лампочку) і зафіксувати тінь від лабіринту (рис. 4).

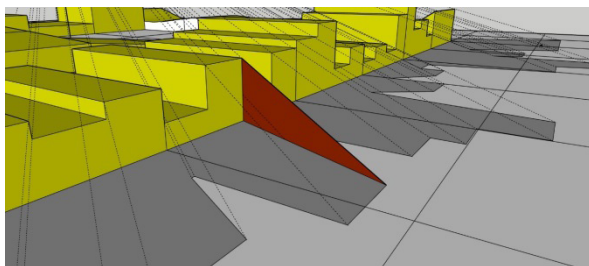


Рис. 4. Візуалізація методу виявлення "затінених" зон сканованої рельєфної поверхні променями лазерного сканера

«Тіньові» зони сканування визначають «невидимі» для сканера з його поточного положення ділянки рельєфної поверхні та вказують місця на сканованій поверхні, де необхідно провести додаткове сканування з вибором оптимального розташування і орієн-

тації сканера задля отримання опису рельєфу втраченої при загальному скануванні зони (рис 4).

Унаслідок уточнювального сканування таких ділянок рельєфної поверхні формуються додаткові хмари точок. Вони уточнюють опис рельєфу у недоступних з початкової позиції сканера місцях. За таких обставин процес сканування стає адаптивним і пристосовується до конкретної рельєфної поверхні.

Отриманими в результаті додаткового локального сканування «затінених» ділянок рельєфної поверхні хмарами точок у відповідних місцях доповнюється початкова хмара точок, яку надалі у зв'язку з цим називатимемо інтегральною хмарою точок.

Початкова хмара сканованих точок математично подається прямокутною матрицею, де кожний її елемент є тричисловим об'єктом (значення координат x - y - z точки). Перетворення початкової хмари точок унаслідок доповнення її додатковими хмарами точок сканування затінених ділянок у інтегральну хмару точок технічно виглядає як заміщення-доповнення певних локальних фрагментів матриці (сукупності елементів матриці) відповідними матрицями координат додаткових хмар точок. У підсумку інтегральна хмара точок подаватиметься як своєрідне багатозарове матрицеве утворення, де певні фрагменти матриці замість сукупності окремих елементів подаються новими матрицями — як украсленнями в тіло вихідної матриці.

В ідеалі для коректного заміщення фрагментів матриці розмірності заміщуваного та заміщуючого матричних компонентів повинні бути однаковими. Але не обов'язково. Заміщуюча матриця може існувати окремо і використовуватися під час моделювання.

Для правильного (несуперечливого) «зшивання-впровадження» двох хмар точок (початкової і доповнювальної) на поверхні сканування виділяється трійка точок, що приймаються базовими реперами інтеграції. Цим забезпечується точне вписування уточнювального масиву точок в основний, базовий масив. Унаслідок виконання таких дій після завершення початкового і серії уточнювальних додаткових фрагментарних сканувань утворюється інтегрована фрагментована матриця, що об'єднує точки з усіх різних сканувань і належним чином задає рельєфну поверхню.

Аналогічно результуюча матриця сканування — хмара точок — може локально доповнюватися хмарами точок у місцях з різкою зміною кривини поверхні. Оскільки в таких місцях для забезпечення належної точності

моделювання (відновлення рельєфної поверхні) вихідної поверхні, необхідно збільшувати щільність розміщення точок сканування. В результаті утворюється інтегрована різнофрагментна матриця нерівномірної структури з різною щільністю розміщення в ній елементів.

Після завершення сканування й формування підсумкової інтегральної хмари точок задана точковим каркасом рельєфна поверхня моделюється методом триангуляції, де кожна трійка прилеглих точок утворює плоский елемент поверхні — трикутник. Очевидно, що розміри таких трикутників будуть різними для різних ділянок поверхні та фрагментів матриці, залежно від густини розміщення точок сканування.

Змодельована поверхня аналізується щодо її геометричної якості та за результатами аналізу приймається рішення або щодо закінчення моделювання, або ж щодо здійснення наступного уточнювального кроку.

ВИСНОВКИ

Комп'ютерне моделювання рельєфної поверхні елемента фасадного декору за результатами лазерного сканування (хмари точок) дає змогу здійснювати та оптимізувати трудомісткі процеси реставрації та відновлювального моделювання пошкоджених фрагментів декоративного оздоблення фасадів пам'яток архітектури. Оцінку якості побудови

цифрової моделі здійснюють на основі геометричного аналізу виготовленого елемента фасадного декору та з'ясування ступеня відповідності його прототипу. При цьому для виготовлення елементів фасадного декору на основі їх цифрових моделей можуть використовуватися як 3D-принтери, так і фрезерні верстати з ЧПУ.

У цій статті описано ключові аспекти лазерного сканування рельєфної поверхні елементів фасадного декору пам'яток архітектури з метою їх комп'ютерного моделювання та подальшого виготовлення.

А саме — ітераційний сценарій комплексного 3D-моделювання рельєфної поверхні елемента фасадного декору для цілей реставрації пам'яток архітектури за даними адаптивного лазерного сканування (хмара точок) з забезпеченням заданої точності відтворення об'єкта моделювання.

Продовженням цього дослідження буде розробка математичного апарату ітераційного сканування в комбінації з комп'ютерним моделюванням.

Передбачається, що відповідно до результатів оцінки якості моделі та виробу можуть вноситися відповідні корективи в процес сканування з подальшим моделюванням. В результаті цього може бути сформований комплексний ітераційний алгоритм уточнювального моделювання і лазерного сканування. Його корисність і необхідність застосування в реставраційній архітектурі очевидні.

ЛІТЕРАТУРА

[1] Казанцева Т. Атик та антаблемент у львівській сецесії / Т. Казанцева / Вісник НУ «Львівська політехніка» «Архітектура» «Ландшафт дахів історичного центру міста: проблеми збереження і регенерації». Львів, 2011. № 716. С. 128–134.

[2] Aguilera D.G., Gonzalez P.R., Lahoz J.G. Automatic Co-Registration of Terrestrial Laser Scanner and Digital Camera for the Generation of Hybrid Models. // ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and Civil Laser 2007, Espoo 2007.

[3] Наземное лазерное сканирование: монография / В. А. Середович, А. В. Комиссаров, Д. В. Комиссаров. – Новосибирск: СГГА, 2009. 259 с.

[4] Катушков В. О. Співвідношення між очікуваною точністю наземного лазерного сканування та вимогами до точності виконання інженерно-геодезичних робіт / В. О. Катушков, Р. В. Шульц, Б. Р. Сосса // Містобудування та територіальне планування. 2012. №44. С. 238–248.

REFERENCES

[1] Kazantseva T. Attic and entablature in the department of Lviv / T. Kazantseva / Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic" "Architecture" "Landscape of the roofs of the historic city center: problems of preservation and regeneration." Lviv, 2011. № 716. P. 128–134.

[2] Aguilera D.G., Gonzalez P.R., Lahoz J.G. Automatic Co-Registration of Terrestrial Laser Scanner and Digital Camera for the Generation of Hybrid Models. // ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and Civil Laser 2007, Espoo 2007.

[3] Ground laser scanning: monograph / VA Seredovich, AV Komissarov, DV Komissarov. - Novosibirsk: SGGGA, 2009. 259 p.

[4] Katushkov VO Correlation between the expected accuracy of ground-based laser scanning and requirements for the accuracy of engineering and geodetic works / VO Katushkov, RV Schultz, BR Sossa // Urban Planning and Spatial Planning. - 2012. - №44. - P. 238–248.

[5] Kamnev, I. S.; Seredovich, V. A. (2017) Analy-

[5] Kamnev, I. S.; Seredovich, V. A. (2017) Analysis of the three-dimensional vector façade model created from photogrammetric data. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 2017, 4.

[6] Глотов В. Аналіз методів створення фронтальних планів лазерним наземним скануванням та цифровим зніманням / В. Глотов, Х. Марусаж // Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2013. № 78. С. 30–37.

[7] Нецадим В.О., Гордюк І.В. Методика розробки архітектурних макетів в будівельній сфері на прикладі макету адміністративних будівель Софії, Болгарія. / Нецадим В.О. // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Наук.-техн. збірник / Відпов. ред. М.М. Дьомін. К., КНУБА, 2018. Вип. 50. 500 с. 346-353. Українською та російською мовами.

[8] Нецадим В.О., Дорошенко Ю.О. Комп'ютерні методи реставрації фасадних елементів пам'яток архітектури. / Нецадим В.О. // IX Міжнародна науково-практична конференція «АРХІТЕКТУРА ТА ЕКОЛОГІЯ» 30 жовтня 1 листопада 2018 р., с. 85-87, 2018.

[9] Нецадим В.О., Дорошенко Ю.О. Пропозиційна класифікація елементів фасадного оздоблення будівель за їх об'ємним скануванням. / Нецадим В.О. // V Міжнародній науково-практичній конференції «ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ДИЗАЙНУ» 11 березня 2019 р., с. 116-117, 2019.

[10] Нецадим В.О., Дорошенко Ю.О. Технологічні особливості виготовлення декоративних панелей з деревини / Нецадим В.О. // Всеукраїнській науковій конференції «Дизайн-освіта як галузь креативних індустрій», 18-19 квітня 2019 р., с. 138-143, 2019.

[11] Нецадим В.О., Дорошенко Ю.О. Цифрове моделювання рельєфних елементів фасадного оздоблення будівель. / Нецадим В.О. // VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» присвяченої до 100-річчя з дня народження професора А.В. Павлова, 25-26 квітня. 2019 р., с. 69-72, 2019.

[12] Neshchadym V.O., Doroshenko Y.O. MEANS OF GEOMETRIC SIMULATION IN THE WORK OF 3D SCANNER. / Neshchadym V.O., XX Міжнародної науково-практичної конференції "ПОЛІТ. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ", Київ, 1-3 квітня 2020 року р.

[13] Нецадим В.О., Дорошенко Ю.О. Опорний алгоритм одержання точкової інформації про рельєфну поверхню елементів фасадного оздоблення пам'яток архітектури. / Нецадим В.О. // IX Міжнародна науково-практична конференція «АРХІТЕКТУРА ТА ЕКОЛОГІЯ», Київ, 16-18 листопада 2020 р., с. 92-94, 2020.

[14] Нецадим В.О., Дорошенко Ю.О. Автоматизированное моделирование рельефа элементов фасадного декора архитектурных объектов историко-культурного наследия. / Нецадим В.О. //

sis of the three-dimensional vector façade model created from photogrammetric data. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 2017, 4.

[6] Glotov V. Analysis of methods for creating frontal plans by laser ground scanning and digital imaging / V. Glotov, H. Marusazh // Geodesy, cartography and aerial photography. — 2013. — № 78. — P. 30–37.

[7] Neshchadym V.O., Gordyuk I.V., Methods of development of architectural models in the construction industry on the example of a model of office buildings in Sofia, Bulgaria. / Neshchadym V.O. // Modern problems of architecture and urban planning: Nauk.-tehn. collection / Answer. ed. M.M. Demin. K., KNUBA, 2018. Vip. 50. 500 p. 346-353. In Ukrainian and Russian.

[8] Neshchadym V.O., Doroshenko Y.O., Computer methods of restoration of facade elements of architectural monuments. / Neshchadym V. O. // IX International Scientific and Practical Conference "ARCHITECTURE AND ECOLOGY" October 30, November 1, 2018, p. 85-87, 2018.

[9] Neshchadym V.O., Doroshenko Y.O., Proposed classification of elements of facade decoration of buildings according to their volumetric scanning. / Neshchadym V.O. // V International Scientific and Practical Conference "DESIGN THEORY AND PRACTICE" March 11, 2019, p. 116-117, 2019.

[10] Neshchadym VO, Doroshenko Y.O. Technological features of making decorative panels from wood / Neshchadym V.O. // All-Ukrainian scientific conference "Design-education as a branch of creative industries", April 18-19, 2019, p. 138-143, 2019.

[11] Neshchadym V.O., Doroshenko Y.O., Digital modeling of relief elements of facade decoration of buildings. / Neshchadym V.O. // VIII All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists "Applied geometry, design, intellectual property and innovative activities of students and young scientists" dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor A.V. Pavlova, April 25-26, 2019, p. 69-72, 2019.

[12] Neshchadym V.O., Doroshenko Y.O., MEANS OF GEOMETRIC MODELING IN THE WORK OF THE 3D SCANNER. / Neshchadym VO, XX International scientific-practical conference "FLIGHT. MODERN PROBLEMS OF SCIENCE", Kyiv, April 1-3, 2020, pp. 85-87.

[13] Neshchadym V.O., Doroshenko Y.O., Reference algorithm for obtaining point information about the relief surface of the elements of the facade decoration of architectural monuments. / Neshchadym V.O. // IX International Scientific and Practical Conference "ARCHITECTURE AND ECOLOGY", Kyiv, November 16-18, 2020, p. 92-94, 2020.

[14] Neshchadym V.O., Doroshenko Y.O., Automated modeling of the relief of the elements of the facade decor of architectural objects of historical and cultural heritage. / Neshchadym // Features of the development of regional architecture: a collection of materials

Особенности развития региональной архитектуры: сборник материалов международной научно-практической конференции / под ред. Н. Н. Шалобыты. Брест: Издательство БрГТУ, 2020. 238с. 68-72.

[15] Нещадим В.О., Дарійчук О.П. Педагогічна аспекти розвитку креативності у студентів архітекторів / Нещадим В.О. // Міжнародної науково-практичної конференції "ПОЛІТ. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ", Київ, 5-9 квітня 2021 р.

[16] Neshchadym V.O, Dariichuk O.P. Means of geometric simulation in the work of 3D scanner/ Neshchadym V.O. // Міжнародної науково-практичної конференції "ПОЛІТ. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ", Київ, 5-9 квітня 2021 р.

[17] Нещадим В.О., Дорошенко Ю.О. Лазерне сканування рельєфних поверхонь як розвиток фотограметричних методів / Нещадим В.О. // Міжнародної науково-практичної конференції "ПОЛІТ. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ", Київ, 5-9 квітня 2021 р.

[18] Нещадим В.О., Нікольчук Б.С., Принципи роботи з хмарою точок у середовищі Revit / Нещадим В.О. // XXIII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми геометричного моделювання» Україна, Мелітополь, 1-4 червня 2021 р., с. 125-133.

[19] Гордюк І.В., Костюченко О.А., Хлюпин О.А. Інноваційні технології створення макетів в архітектурному проектуванні Science and society. Proceedings of the 12th International conference. Accent Graphics Communications & Publishing. Hamilton, Canada. 2019. Pp. 12-17 – С.422-429.

[20] Гордюк І.В., Композиційні матеріали для 3Д принтера / Гордюк І.В.// Архітектура та Екологія: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (м.Київ, 112-14 листопада 2019 року). К.: НАУ, 2019. с.45-48.

of the international scientific-practical conference / ed. NN Shalobyty. — Brest: BrSTU Publishing House, 2020. — 238p. 68-72.

[15] Neshchadym V.O., Dariychuk O.P., Pedagogical aspects of creativity development in students of architects / Neshchadym V.O. // International scientific-practical conference "FLIGHT. MODERN PROBLEMS OF SCIENCE", Kyiv, April 5-9, 2021, p. 138-143.

[16] Neshchadym V.O, Dariichuk O.P. Means of geometric simulation in the work of 3D scanner/ Neshchadym V.O. // International scientific-practical conference "FLIGHT. MODERN PROBLEMS OF SCIENCE ", Kyiv, April 5-9, 2021, p.

[17] Neshchadym V.O., Doroshenko Y.O., Laser scanning of relief surfaces as the development of photogrammetric methods / Neshchadym V.O. // International scientific-practical conference "FLIGHT. MODERN PROBLEMS OF SCIENCE", Kyiv, April 5-9, 2021, p. 138-143.

[18] Neshchadym V.O., Nikolchuk B.S., Principles of working with a point cloud in Revit / Neshchadym V.O. // XXIII International scientific-practical conference "Modern problems of geometric modeling" Ukraine, Melitopol, June 1-4, 2021, p. 125-133.

[19] Gordyuk I.V., Kostyuchenko O.A., Hlyupin O.A., Innovative technologies for creating layouts in architectural design Science and society. Proceedings of the 12th International conference. Accent Graphics Communications & Publishing. Hamilton, Canada. 2019. Pp. 12-17 — P.422-429.

[20] Gordyuk I.V., Composite materials for 3D printers / Gordyuk IV // Architecture and Ecology: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference (Kyiv, November 112-14, 2019). — K. : NAU, 2019. - p.45-48.

ABSTRACT

Doroshenko Y., Neshchadym V. The scenario of obtaining initial information about the embossed surface of the facade decor element using laser scanning.

The article examines the computer technology of restoration of architectural monuments, namely the process of obtaining point information for the construction of a spatial 3D model of the element of the facade.

Goal. *The purpose of the publication is to present an iterative scenario of complex 3D-modeling of the relief surface of the facade decor element for the purposes of restoration of architectural monuments according to laser scanning (cloud of points) with a given accuracy of reproduction of the modeling object.*

Methodology. *Architectural elements of facade decor are classified according to scanning features.*

Results. *Three types of decorative elements have been identified, according to scanning features. 2D-facade decor, 3D-volume decor and 4D-sculptural. Hardware 3D scanner. An example for scanning is the capital of the Corinthian order, which shows the emergence of "shaded" areas, and how to eliminate them.*

Scientific novelty. An algorithm for eliminating shaded areas has been developed. The error in the scanning process is investigated on the example of the sphere, and the maximum allowable scanning range.

Practical significance. Restoration reproduction of elements of facade decor according to its model requires high enough accuracy, which causes adequate obtaining of primary geometric information (clouds of incidental relief surface of the element of facade decoration points). Therefore, such information should be obtained by scanning the reproduced relief surface at certain points by a special algorithm that specifies the trajectory of the laser beam and the mode of fixing the coordinates of the points. The process of obtaining qualitative initial information in the format of a point cloud, their density and the stitching process are considered.

Keywords: laser scanner, script, facade, decor, embossed surface, point cloud, stitching, algorithm, technology

AUTHOR`S NOTE:

Doroshenko Yurii, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Architecture and Spatial Planning, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Design, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: dua159@ukr.net, orcid: 0000-0001-6050-4401

Neshchadym Vladyslav, Postgraduate student, assistant of the Department of Architecture and Spatial Planning, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Design, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: architector_vn@ukr.net, orcid: 0000-0001-6443-6864

Стаття подана до редакції 01.06.2022р.

Стаття прийнята до друку 14.06.2022р.