

УДК 528.7

Шульц Р.В.

## ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА СТВОРЕННЯ АРХІТЕКТУРНИХ 3D МОДЕЛЕЙ ЗА ДАНИМИ ЦИФРОВОГО ФОТОЗНІМАННЯ ТА ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ МІСЦЕВОСТІ.

**Постановка проблеми.** Задача створення архітектурних креслень виникає при вирішенні цілого ряду задач, серед яких будівництво нових об'єктів в умовах існуючої забудови, реконструкція існуючих будівель, створення інформаційних та пошукових систем та ін. Найчастіше основними засобами для отримання архітектурних креслень є безпосередні вимірювання за допомогою лінійок та вимірювальних стрічок, геодезичні методи та фотограмметричні методи. До цього переліку останнім часом додалась технологія наземного лазерного сканування. Вимоги, що їх висувають замовники до якості та інформативності архітектурних креслень можуть суттєво відрізнятись між собою. Основною тенденцією на сьогодні є перехід від двовимірних креслень до просторових тривимірних моделей та бажання багатьох проєктувальників мати не лише геометрично правильну тривимірну модель будівлі, а й користуватися реалістичним фотографічним зображенням. Головним робочим матеріалом для проєктувальників зараз є якісні тривимірні моделі об'єктів з високоякісною фотореалістичною текстурою.

Створення таких моделей можливе при використанні комбінації методів фотограмметрії з результатами наземного лазерного сканування. Використання різних методів отримання даних вимагає розробки відповідної технології виконання польових та камеральних робіт.

**Огляд попередніх публікацій.** Серед відомих публікацій в яких наведено можливі технологічні схеми об'єднання фотографічних зображень та результатів лазерного сканування особливо слід відмітити [1]. В цій роботі наведено класичну технологічну схему об'єднання двох видів інформації, а також запропоновано власну удосконалену схему. Вдосконалена схема базується на використанні окрім хмари точок і фотографічного зображення, бази даних про геометричні об'єкти, які містить об'єкт знімання. Така технологічна схема дозволяє створити найбільш детальну модель об'єкту – інформаційну модель споруди (Building Information Model – BIM). Проблема поєднання фотографічного зображення та хмари точок нерозривно пов'язана з задачею взаємного орієнтування «хмара – знімок». Найчастіше цю задачу вирішують з використанням опорних точок на об'єкті знімання [2]. Цей процес є досить трудомістким, тому розробляються алгоритми автоматизації взаємного орієнтування хмари точок і знімка. Одним з прикладів технологічної схеми з

автоматичним орієнтуванням є робота [3]. Створення надійної технологічної схеми неможливе без врахування особливостей фотограмметричного методу та методу наземного лазерного сканування. Найбільш детально можливості та особливості кожного методу розглянуто в роботах [4;5;6].

В Україні існує певний досвід виконання робіт, які пов'язані з комплексним використанням фотограмметричного методу та методу наземного лазерного сканування. Слід відмітити роботи виконані КПД «Київгеоінформатика» [7] та ДП «Укргеодезмарк» [8].

**Постановка завдання.** Мета роботи – вдосконалення технології використання сучасних методів фотограмметрії та наземного лазерного сканування при створенні архітектурних креслень споруд.

**Основний зміст роботи.** Розробку технології виконання робіт необхідно вести тільки після з'ясування можливостей кожного виду устаткування. Детальне дослідження цих можливостей наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Порівняння характеристик лазерного сканування та цифрового фотознімання**

Характеристики	Сенсор	
	Лазерний сканер	Фотокамера
Просторова роздільна здатність	Висока	Дуже висока
Захват	Дуже добре	Добре
Відтворення кольору	Обмежено	Дуже добре
Освітлення	Активне	Пасивне (активне)
3D щільність точок	Висока	Залежить від текстури
Точність визначення відстані	Висока	Висока
Процедура отримання	Динамічне знімання	Миттєве фото
Зусилля на відтворення 3D моделі	Середні	Високі
Можливість відтворення текстури	Немає або дуже обмежена	Дуже добре
Вартість устаткування	Висока	Низька

При розробці технології робіт необхідно мати одразу повний перелік характеристик та можливостей лазерного сканування і наземного фотознімання. Найбільш зручно привести характеристики і переваги в табличному вигляді. В табл. 1 наведено характеристики двох методів знімання. Важливі висновки, які можна зробити з цієї таблиці наступні:

- виконати якісне фотографування з однієї станції фотографування фотокамери неможливо, отже неможливо сумістити цифрове знімання з станцією сканування. Виконувати фотографування необхідно з різних станцій;
- виконання робіт по фотозніманню необхідно планувати незалежно від робіт по лазерному скануванню, оскільки якість фотоматеріалів залежить від рівня освітленості та інших природних факторів.

Порівняльний аналіз можливостей наземного лазерного сканування та цифрового фотознімання наведено в табл. 2.

Таблиця 2

### Порівняння можливостей лазерного сканування та цифрового фотознімання

Лазерний сканер	Фотокамера
↓ Неточне визначення ліній і вузлів	↑ Точне визначення ліній і вузлів
↓ Погана інформація про колір	↑ Добра інформація про колір
↑ Швидкі та точні метричні дані	↓ Складна обробка і обмежені метричні дані
↑ Найкраща техніка для опису складних та нерегулярних поверхонь	↓ Вимагає багато часу для опису складних та нерегулярних поверхонь
↓ 3D модель неорганізована і без топологічних зв'язків	↑ 3D модель організована і з топологічними зв'язками
↑ Для роботи не потрібне освітлення	↓ Для роботи потрібне освітлення

Як і в попередньому випадку виконаємо порівняльний аналіз:

- при фотографуванні обов'язковою умовою є однозначне визначення за цифровими фотознімками ребер та вузлових точок на об'єкті;
- необхідною є розробка автоматизованого алгоритму обробки цифрових знімків разом із даними лазерного сканування, для полегшення обробки матеріалів фотознімання;
- необхідно забезпечити можливість автоматизованого присвоєння топологічних зв'язків, що отримані за даними фотознімання.

Наведемо загальну технологічну схему виконання робіт з використанням наземного лазерного сканера та цифрової фотокамери відповідно до [1].

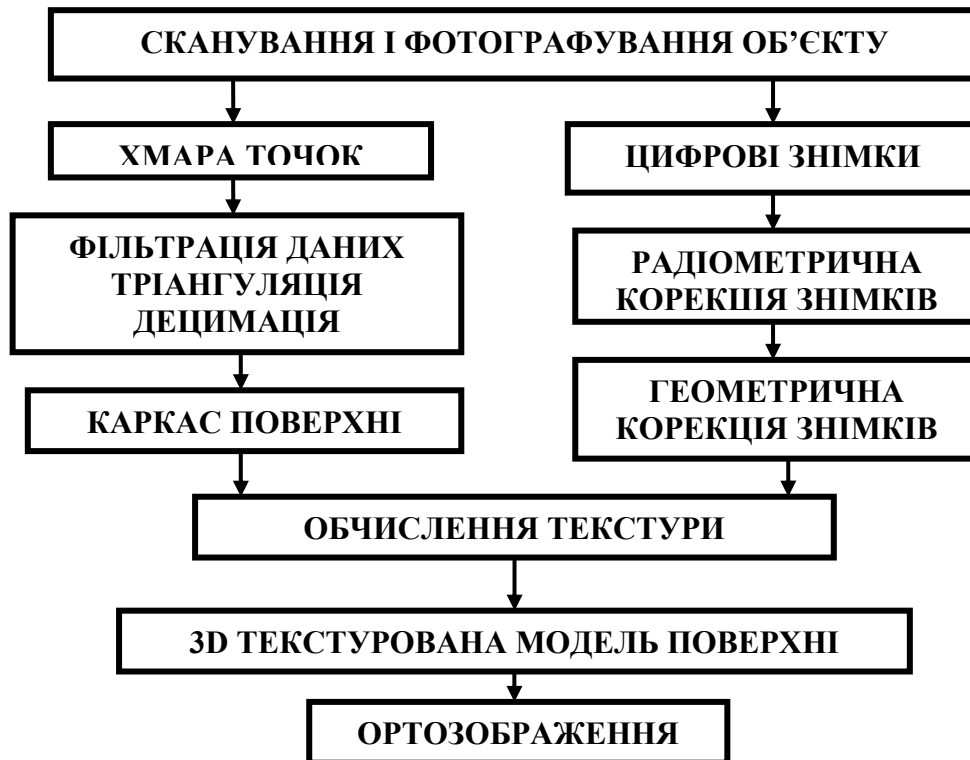


Рис. 1 Загальна технологічна схема збору та обробки даних

Технологічна схема, що наведена на рис. 1 є загальною і представляє технологічний ланцюг в загальному вигляді. Кількість процесів найчастіше є значно більшою. Оскільки матеріали лазерного сканування добре описують модель об'єкту в цілому, а фотографічні зображення дозволяють визначити ребра та вузлові точки об'єкту, то в роботі [3] запропоновано наступну технологічну схему. Обробку матеріалів фотознімання та лазерного сканування виконують окремо для отримання кінцевих продуктів. Для цифрових знімків це буде просторова модель об'єкту, що має довільний масштаб та довільно орієнтована відносно місцевої системи координат. Просторова модель представлена у вигляді точок, ліній і вузлів. Для лазерного сканування просторова модель об'єкту представлена в реальному масштабі але також довільно орієнтована відносно місцевої системи координат. Просторова модель представлена у вигляді хмари точок. Наступним етапом є об'єднання цих двох моделей. При цьому на знімках виконують виокремлення всіх об'єктів за допомогою операторів розпізнавання. Виконують допасування двох просторових моделей з використанням моделей типу DLT+RANSAC. Виконавши процедуру допасування для кожного цифрового знімка обчислюють елементи зовнішнього орієнтування. Знаючи елементи орієнтування знімків обчислюють значення яскравості для кожної точки просторової моделі лазерного сканування. Остаточним етапом є виконання радіометричної корекції моделі. В результаті реалізації запропонованої

технологічної схеми отримують просторову фото реалістичну модель споруди. Реалізацію описаної технологічної схеми наведено на рис. 2.

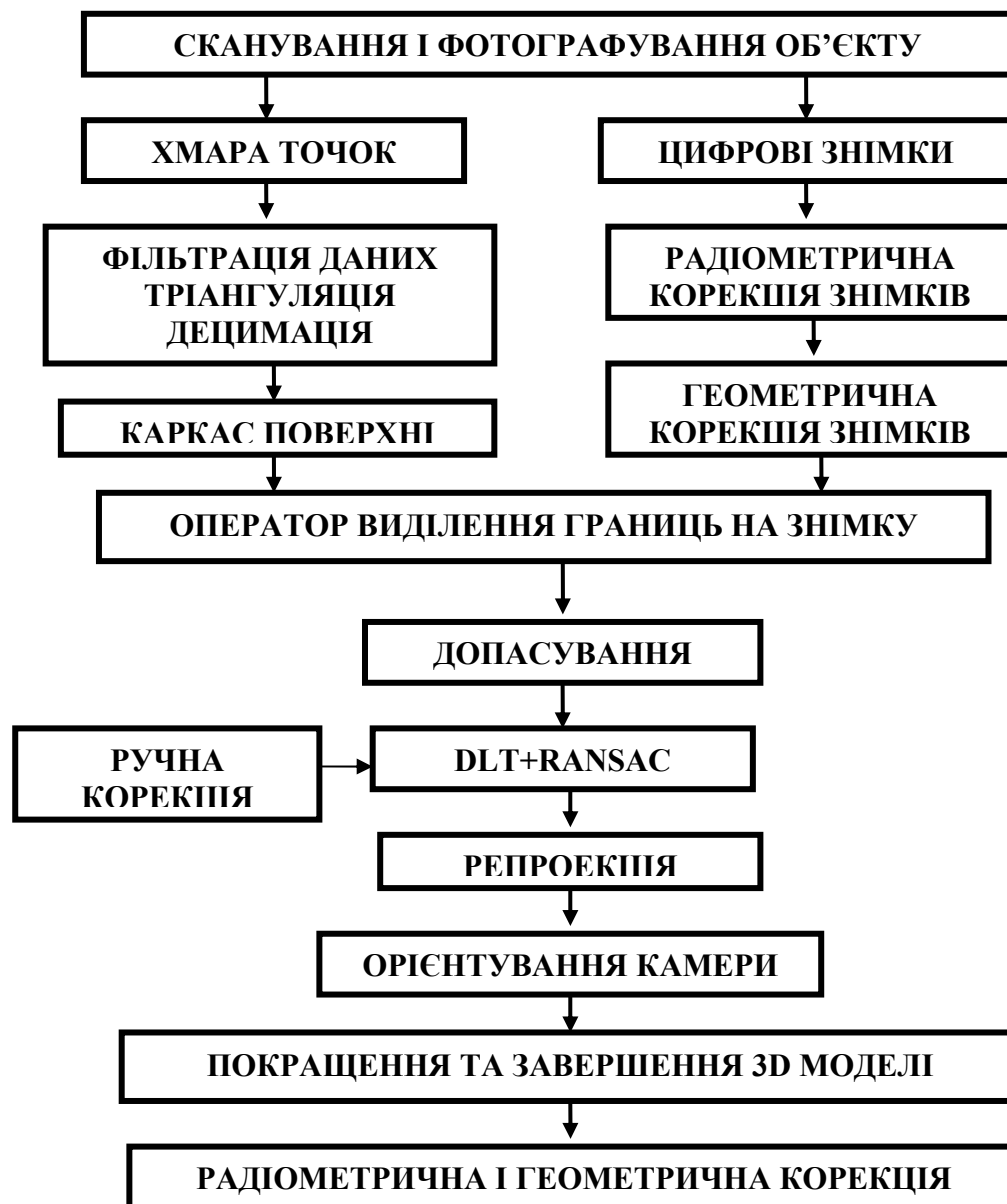


Рис. 2 Технологічна схема автоматичної реєстрації цифрового зображення і хмари точок

Особливістю інженерних споруд є наявність в їх структурі геометричних примітивів, які мають фіксовані параметри. До таких об'єктів належать поверхні у вигляді: сфери, площини, циліндру, тору, конусу та ін. Якщо при орієнтуванні просторових моделей створити базу таких об'єктів і при орієнтуванні фіксувати їх параметри, як незмінні, то це на порядок покращує якість та швидкість орієнтування. Реалізацію описаної технологічної схеми наведено на рис. 3.

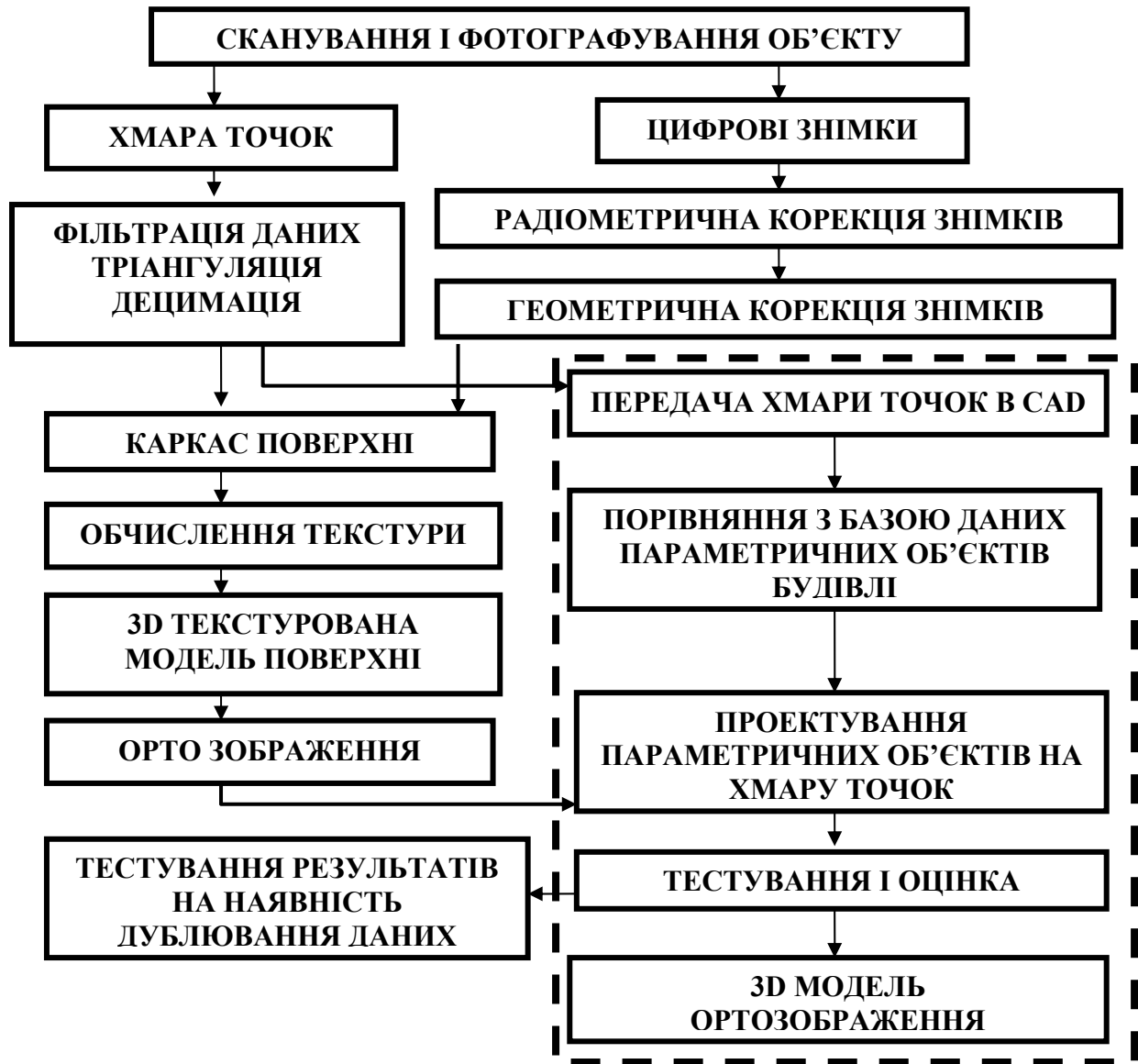


Рис. 3 Технологічна схема збору та обробки даних при використанні бази даних параметричних об'єктів споруди

Наведені технологічні алгоритми не повністю використовують можливості фотографічного зображення. В усіх відомих схемах фотографічне зображення є допоміжним і орієнтується відносно хмари точок лазерного сканера. Однак при використанні фотографічної апаратури, яка дає геометрично правильне зображення, або елементи внутрішнього орієнтування та параметри дисторсії якої відомі, можна побудувати геометрично правильну просторову модель об'єкту, яка буде довільно орієнтована відносно хмари точок лазерного сканера та матиме довільний масштаб. Відомо, що визначення вузлових точок та ребер об'єкту за фотографічними зображеннями є більш надійним.

Отже запропоновано технологічну схему, що наведена на рис. 4, зміст якої полягає в наступному. За отриманими польовим даними фотознімання будують каркасну модель об'єкту. Отриману каркасну модель орієнтують

відносно хмари точок використовуючи відомі алгоритми просторових перетворень (Гельмерта, афінне, DLT). При орієнтуванні приймають каркасну модель, що отримана за даними лазерного сканування незмінною. Виконавши допасування просторової фотограмметричної моделі до просторової моделі за даними лазерного сканування визначають елементи зовнішнього орієнтування знімків і подальша процедура обробки не відрізняється від технологічної схеми рис. 2.

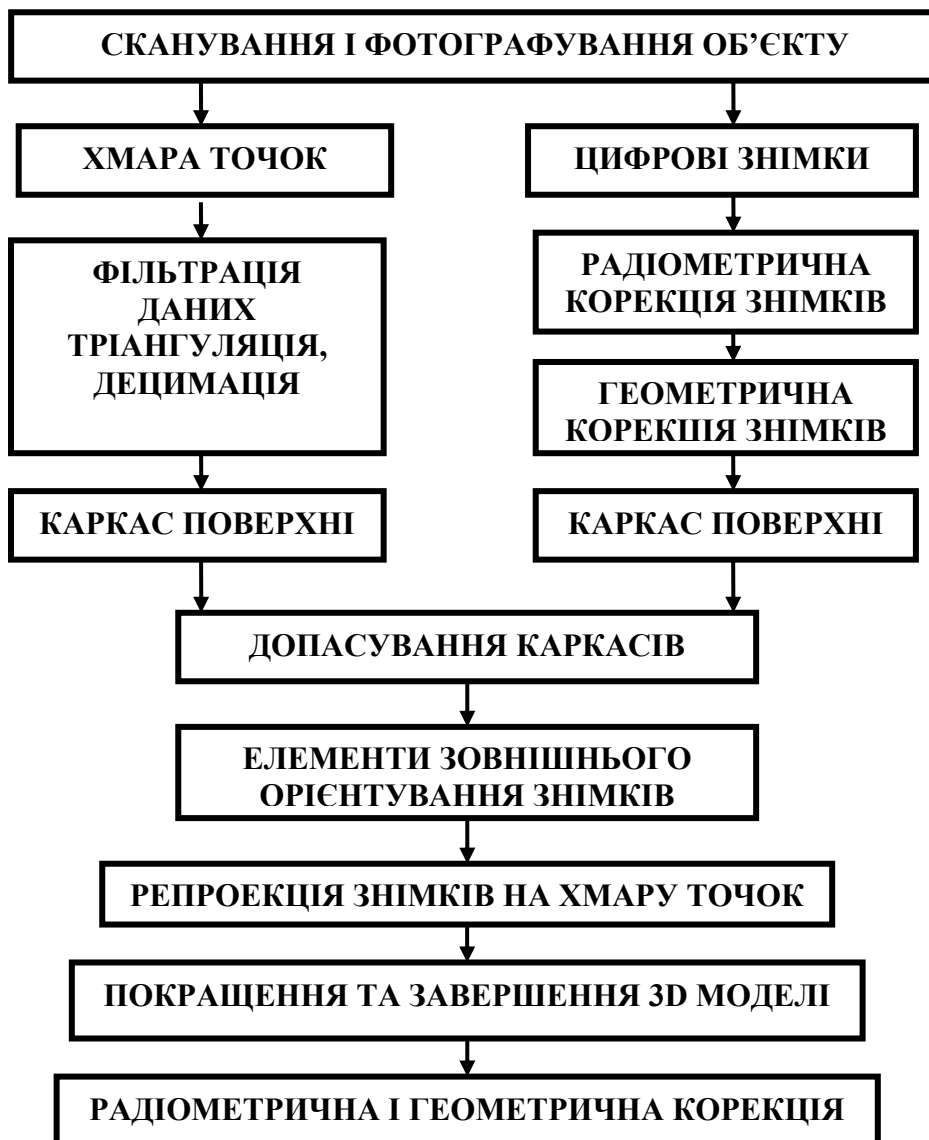


Рис. 4 Запропонована технологічна схема автоматичної реєстрації цифрового зображення і хмари точок

**Висновки.** В результаті дослідження запропоновано технологічну схему створення 3D моделей за даними цифрового фотознімання та лазерного сканування місцевості. Відповідно до запропонованої технології необхідно в подальшому розробити методику виконання робіт за допомогою цифрової фотографічної апаратури та апаратури лазерного сканування.

## Література

1. *Murphy M., McGovern E., Pavia S.* Parametric Vector Modelling of Laser Surveys of 17<sup>th</sup> Century Classical Architecture in Dublin. // The 8<sup>th</sup> International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST 2007.
2. *Balis V., Karamitsos S., Kotsis I., Liapakis C., Simpas N.* 3D Laser Scanning: Integration of Point Cloud and CCD Camera Video Data for the Production of High Resolution and Precision RGB Textured Models: Archaeological Monuments Surveying Application in Ancient Ilida. // FIG Working Week 2004, Athens, Greece 22-27 May 2004.
3. *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.
4. *Boehler W., Marbs A.* 3D Scanning and Photogrammetry for Heritage Recording: a Comparison. // Proceeding 12<sup>th</sup> International Conference on Geoinformatics, University of Gavle, Sweden 7-9 June 2004.
5. *Ioannidis Ch., Demir N., Soile S., Tsakiri M.* Combination of Laser Scanner Data and Simple Photogrammetric Procedures for Surface Reconstruction of Monuments. // CIPA 2005 XX International Symposium, Torino, Italy 2005.
6. *Ronnholm P., Honkavaara E., Litkey P., Huuypa H., Huuypa J.* Integration of Laser Scanning and Photogrammetry. // IAPRS Volume XXXVI, Part 3, 2007.
7. *Дишлик О., Марков С., Тревого І.* Підхід до побудови тривимірних моделей складних просторових об'єктів при комплексному використанні технологій лазерного сканування та фотограмметрії. // Сучасні досягнення геодезичної науки і техніки (II), Львів, 2008 р. – С. 101-105.
8. *Белоус Н., Горб А., Ковтун В.* Лазерное 3D сканирование в дальних и варяжских пещерах Свято-Успенской Киево-Печерской Лавры. // Сучасні досягнення геодезичної науки і техніки (I), Львів, 2008 р. – С. 139-144.

## АНОТАЦІЯ

Вдосконалено технологію використання сучасних методів фотограмметрії та наземного лазерного сканування при створенні архітектурних креслень споруд.

## АННОТАЦИЯ

Усовершенствована технология использования современных методов фотограмметрии и наземного лазерного сканирования при создании архитектурных чертежей сооружений.

## SUMMARY

The technology of use modern methods of photogrammetry and terrestrial laser scanning at creation of architectural buildings drafts are improved.