

УДК 681.2.08

## 3D сканери

*Бевза І.О., к.т.н., доц. Чадюк В.О.*

### Вступ

З розвитком техніки та інформаційних технологій все більшу роль відіграють цифрові 3D моделі як реальних, так і створюваних об'єктів. Моделі реальних об'єктів потрібні в архітектурі, машинобудуванні, різного роду тренажерах (симуляторах літаків, автомобілів тощо). Моделі створюваних об'єктів використовують в технологіях 3D друку та віртуальної реальності. 3D друк стає важливим напрямком швидкого і досить дешевого виробництва як прототипів, так і деталей різних механізмів, форм для ливарного виробництва, медичних протезів. Побудова віртуальної реальності значно спрощується, якщо є готові цифрові образи реальних об'єктів і не потрібно писати складні програми для їх формування.

Швидке створення цифрових моделей реальних об'єктів стало можливим з появою 3D сканерів – пристроїв, які здійснюють контактну або безконтактно зондування об'єкта, вимірюють відстані до множини точок його поверхні і створюють у такий спосіб у пам'яті комп'ютера цифрову модель об'єкта [1].

### Контактні сканери

Контактні сканери безпосередньо взаємодіють з об'єктом за допомогою

щупа або контактної руки і, виходячи з отриманих даних, формують модельний масив точок поверхні об'єкта.

За механізмом дії контактні сканери поділяють на 3 види, в яких використовують:

– каретку з вимірювальною рукою, розміщеною вертикально (вимірювання вздовж осей відбувається, поки рука рухається вздовж каретки; такий сканер підходить для звичайних плоских або рельєфних поверхонь);

– маніпулятор з високоточними кутовими датчиками, які вимірюють лінійні та кутові переміщення вимірювальної руки (такий механізм найкраще підходить для дослідження внутрішньої поверхні об'єкта з невеликим вхідним отвором);

– поєднання каретки і контактної руки, що дозволяє створювати моделі великих об'єктів складної форми (з отворами та поверхнями на різних рівнях).

Високоточні контактні сканери виробничого призначення називають контактнo-вимірювальними машинами (КВМ). Наприклад, канадську КВМ типу GLOBAL Advantage (рис. 1) застосовують для

розмірного контролю деталей з жорсткими вимогами та допусками, для сканування складних деталей або деталей зі складною поверхнею довільної форми (шестерні, турбінні лопатки тощо) [2].

Недоліками контактних сканерів є те, що досліджувана поверхня може

бути пошкоджена, якщо вона крихка або недостатньо тверда для того, щоб витримати натиск досліджувачого щупа або руки. Також, даний тип сканерів порівняно зі сканерами, що використовують різноманітні хвилі, має доволі низьку швидкість сканування.



Рис. 1. Зовнішній вигляд 3D сканера GLOBAL Advantage

### **Безконтактні активні сканери**

Безконтактні сканери (активні та пасивні) не потребують безпосереднього контакту з поверхнею об'єкта для сканування його поверхні. В активних безконтактних сканерах для зчитування рельєфу поверхні використовують лазерне та

рентгенівське випромінювання, а також ультразвук, в пасивних – цифрові зображення.

### *Часопролітні лазерні 3D сканери*

У цьому виді сканерів використовують часопролітний лазерний далекомір, який визначає відстань до поверхні об'єкта за часом прольоту лазерного імпульсу туди і

назад. Лазерний далекомір визначає за одне вимірювання відстань лише до однієї точки поверхні об'єкта, тому зчитування рельєфу поверхні здійснюють дискретним поворотом вимірювальної осі пристрою, наприклад, за допомогою обертового дзеркала. 3D сканери такого типу можуть вимірювати від 10 000 до 100 000 точок за секунду [1].

Часопролітний сканер дозволяє сканувати предмети на відстанях до кількох кілометрів, що робить можливим його використання для сканування великих штучних та природних об'єктів. Однак даний вид сканерів має невелику точність на малих відстанях, що пов'язано з необхідністю дуже точного вимірювання часових інтервалів. Для досягнення точності в 1 мм похибка у вимірюванні часу прольоту імпульсу не повинна перевищувати 5 пс. Також погано на точність впливає

сканування краю об'єкта, так як на закругленій поверхні світлова пляма подовжується у напрямку вимірювання і зростає невизначеність координати точки відбиття лазерного імпульсу.

### Триангуляційні сканери

Триангуляційні сканери, подібно до часопролітних, використовують лазерний промінь, який спрямовується на поверхню досліджуваного об'єкта. Зображення світлової плями на об'єкті подають на цифрову камеру. У залежності від того, як далеко розташована світлова пляма, її зображення з'являється на різних пікселях камери. Для калібрування триангуляційного вимірювача відстані використовують контрольну пластину, розташовану на відомій відстані, відмічаючи на цифровому зображенні положення контрольного пікселя (рис. 2).

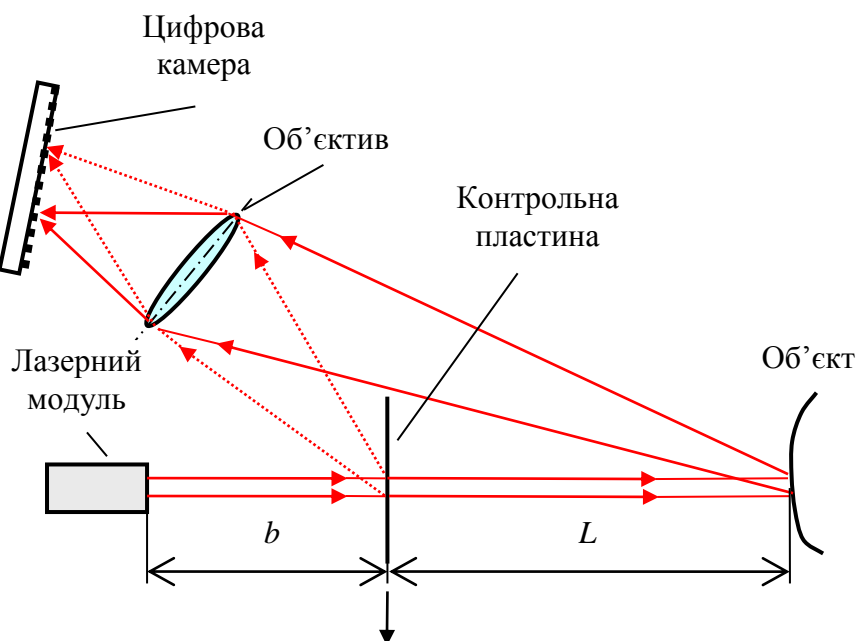


Рис. 2. Схема триангуляційного вимірювача відстані

Тріангуляційний метод вимірювання відстані був відомий задовго до появи лазерів і ґрунтувався на тому, що схема вимірювання утворює прямокутний трикутник, в якому відстань є одним з катетів, який знаходять за відомим іншим катетом (базою) та вимірним гострим кутом.

Тріангуляційний сканер має високу роздільну здатність (до десятків мікрометрів), однак сканування об'єкту з високою роздільною здатністю займає досить багато часу. Більш того, зображення може спотворитись, якщо об'єкт або сканер будуть рухатись. Фундаментальними обмеженнями тріангуляційного методу є спекл-структура лазерної плями на шорсткій поверхні об'єкта, яка виглядає в цифровому зображенні як сукупність світлих та темних пікселів, а також дифракційна межа Аббе в  $\lambda/2$ , характерна для будь-яких лінзових систем формування зображення ( $\lambda$  – довжина хвилі лазерного випромінювання) [3].

#### *Сканери на основі коноскопичної голографії*

Коноскопією називають спостереження інтерференційної картини, утвореної конусними світловими пучками. Коноскоп складається з кристала з подвійним променезаломленням, розташованого між двома фільтрами з круговою поляризацією, які забезпечують інтерференцію ортогонально поляризованих звичайної та незвичайної хвиль на виході

коноскопа шляхом перетворення лінійної поляризації у кругову.

Коноскопічна голографія, як і звичайна голографія, є інтерферометричним методом запису зображення об'єкта. У коноскопичній голографії вимоги до когерентності джерела випромінювання та роздільної здатності фоточутливого шару датчика зображення значно менші, оскільки об'єкту та опорну хвилі утворюють незвичайна та звичайна хвилі кристала з подвійним променезаломленням і різниця ходу цих хвиль досить мала. За формою хвильового фронту коноскопична голографія нагадує голографію Габора, де також кожна точка об'єкта відображається в інтерференційній картині концентричними смугами (зонами Френеля). Осьове зміщення точки поверхні викликає радіальне переміщення смуг, за яким і визначають глибину рельєфу поверхні [4].

#### *Сканери зі структурованим світлом*

В основі цього метода сканування лежить проекція світлової сітки безпосередньо на об'єкт. Цифрова камера, розташована трохи в стороні від проектора, фіксує деформацію спроектованого малюнка сітки і за цими даними комп'ютер будує модель сканованого об'єкту. Перевагами сканерів, що використовують структуроване світло, є їх швидкість і точність. За частку секунди даний тип сканерів знімає не одну, а декілька точок або все поле зору відразу. Це

дозволяє уникнути спотворення даних від руху. До того ж, створені моделі об'єктів більш точні, порівняно з моделями, створеними за допомогою триангуляційного сканера. Деякі існуючі системи дозволяють сканувати об'єкти в режимі реального часу.

### **Безконтактні пасивні сканери**

Пасивні сканери, на відміну від активних, не випромінюють світло, а використовують те випромінювання, що надходить із навколишнього середовища. Зазвичай сканери даного типу використовують видиме або інфрачервоне випромінювання. Даний тип сканера є відносно дешевим, так як в більшості випадків не потрібно спеціальне складне обладнання, лише звичайна цифрова камера, але точність його невисока.

### *Стереоскопічні сканери*

Даний тип сканерів використовує 2 цифрові камери, розташовані на певній базовій відстані одна від одної. Цифровий аналіз стереознімків дозволяє визначити відстань до кожної з точок. Точність такого сканера теж невисока.

### *Фотометричні сканери*

Даний тип сканерів має одну камеру, яка робить декілька знімків за різних напрямків освітлення об'єкта. Модель об'єкта створюють, відтворюючи поверхню за множинами пікселів отриманих знімків.

### *Силуетні сканери*

У сканерах цього типу використовують контури з послідовних фотографій об'єкта на

контрастному тлі. Отримані силуети виділяють зі знімків і перетворюють, щоб отримати видиму оболонку об'єкта. Даний спосіб не дозволяє будувати моделі об'єктів зі складною поверхнею.

### *Фотограмметричні сканери*

Даний тип сканерів використовує принципи фотограмметрії, формуючи щось на зразок панорамний фотознімків. Спираючись на різні зображення об'єкта, користувач сам виявляє та ідентифікує деякі особливості форми об'єкта. Для цього використовують певні програмні додатки, такі як D-Sculptor, iModeler, Autodesk ImageModeler або PhotoModeler.

Такі сканери застосовують, коли потрібно швидко створити тривимірну модель об'єкта з простою формою, наприклад, будівлі.

### **Висновок**

Сучасні методи 3D сканування об'єктів дозволяють виконувати різноманітні завдання, виходячи з того, якого розміру об'єкт потрібно просканувати, з якою точністю, як швидко та наскільки часто потрібно сканувати об'єкти і чи є вони крихкими або дорогими.

### **Література**

1. Какие типы 3d сканеров существуют? [Електронний ресурс] – Режим доступу до статті: <https://3d-daily.ru/equipment/3dscan-type.html>; – назва з екрана;

2. GLOBAL S Координатно-измерительная машина, повышающая производительность [Електронний ресурс] – Режим доступу до статті: <http://www.hexagonmi.com/ru-RU/products/coordinate-measuring-machines/bridge-cmms/global-advantage>; – назва з екрана;
3. Alvarez I. On-line metrology with conoscopic holography: beyond triangulation / I. Alvarez, J. M. Enguita, M. Frade et al. // Sensors. – 2009. – Vol. 9, issue 9. – P. 7021–7037.
4. Sirat G. Conoscopic holography / G. Sirat, D. Psaltis // Optics Letters. – 1985. – Vol. 10, № 1. – P. 4–6.