

Проведено аналіз архітектурно-планувальної, архітектурно-композиційної структури, художньої композиції, визначені відмінності та схожості в архітектурному обліці Луганської, Донецької та Запорізької областей та виявлені основні принципи його формування в цих регіонах.

Annotation

The article is devoted to the problem of revealing the main peculiarities of the architectural appearance of the Orthodox churches of the south-east of Ukraine. The architectural planning the composition are analyzed. The differences and similarities of architectural views in Luhansk, Zaporozhye and Donetsk regions are determined, the main principles of formation of architecture of investigated regions.

УДК:721.001.57

А. В. Михайленко

канд. арх., доцент каф. ІТА, КНУБА

ВІД ФОТОЗНІМКІВ ДО ЦИФРОВИХ 3D МОДЕЛЕЙ

Анотація: У статті розглядаються особливості автоматичного моделювання тривимірних об'єктів як важливе доповнення в архітектурному проектуванні, дизайні. Аналізуються технологія, переваги та проблеми формування віртуальних 3D-моделей з 2D-образів реального світу.

Ключові слова: фотограмметрія, автоматичне моделювання, 3D-сканер.

Актуальність та стан проблеми. Комп'ютерне моделювання - невід'ємна частина сучасного архітектурного проектування і всієї архітектурної діяльності. Володіння просторовою об'ємною моделлю (3D-складовою повної інформаційної моделі) - передумова успішного пошуку і результату вирішення найрізноманітніших завдань. При цьому шляхи отримання подібних моделей різні.

Розрізняють три основних способи отримання комп'ютерних геометричних моделей: ручне моделювання з використанням засобів 3D - формоутворення прикладних програм, автоматизоване моделювання із застосуванням 3D - сканування або реконструкції по зображеннях об'єкта, а також залучення бібліотеки моделей з повторним використанням раніше створених прототипів. У цій статті акцентуються питання автоматичного моделювання об'єктів реального світу за допомогою програмно-апаратних засобів, з мінімальним втручанням людини. Створення тривимірних моделей на основі фотографічних або сканованих зображень - перспективний напрямок у комп'ютерній графіці, який вже активно використовується при побудові віртуальної реальності - як в

іграх, так і дизайні предметів, елементах архітектури. Ці можливості нині все більш доступні і рядовим користувачам.

Нагадаємо, що універсального алгоритму перетворення плоскої картини в тривимірний об'єкт не існує. Існує ефективний спосіб створення 2D-стереозображень - зведення двох зображень в анагліфне, але це буде псевдо 3D. Процес побудови адекватної 3D моделі з нуля вручну - досить складний і трудомісткий, тому в більшості випадків навіть досвідчені 3D-розробники намагаються використовувати спеціальні конструктори та генератори. Нерідкі випадки, коли в наявності є тільки фотографії. Наприклад, якийсь архітектурний пам'ятник був знятий в свій час з різних точок, а потім, з якихось причин, втрачений; відсутні також креслення та ескізи. У цьому випадку фотознімки - єдине джерело знань про виріб, і отримати креслення або 3D модель можна тільки по них. В іншому випадку, форми, розташування і складність будівлі може зробити реальний обмір всіх його частин якщо не неможливим, то надзвичайно трудомістким і важкоздійснюваним.

Автоматичне або програмне моделювання на основі двовимірних зображень - новий і досить перспективний вид комп'ютерного моделювання об'єктів через високу швидкість побудови і мінімальне втручання людини. Для архітектурно - будівельного проектування воно може бути не настільки вагомим і поширеним методом, але актуальним, за потреби у легко «одержуваних» елементах дизайну, декору, меблів, конструкцій, антуражу тощо. у вигляді окремих віртуальних аналогів 3D. При цьому допустимі незначні відхилення в параметрах зовнішніх форм, а дані про внутрішню структуру можуть бути не істотними.

Характерно, що генерація 3D-даних знайшла застосування в індустрії розваг при створенні фільмів і відеоігор, в промисловому дизайні, протезуванні, реверс-інжинірингу, електронній комерції, для здійснення контролю якості, побудові ГІС, судової документації, демонстрації культурних артефактів тощо.

Виклад основного матеріалу. Методика автоматичного формування 3D-моделей з 2D-образів може бути зведена до двох технологічних різновидів: 3D-сканування і фотограмметрія. Перший шлях передбачає замкнений ланцюжок обробки реально існуючого фізичного предмета з використанням 3D-сканера і програмних утиліт. Другий шлях формує 3D-об'єкт на основі попередньо знятого відеоматеріалу, фотографій з подальшим їх перетворенням спеціалізованим програмним додатком. Подібні технології отримання 3D-моделей означають здійснення ряду наступних етапів.

1. Збір фото та відеоматеріала.
2. Введення растрових образів або сканування.
3. Розпізнавання образів через

- калібрування;
- з'ясування положення;
- масштабування;
- текстурування.

4. Експорт 3D-моделі в модуль подальшої обробки.

3D-сканер являє собою спеціальний пристрій, який аналізує певний фізичний об'єкт або простір, щоб отримати дані про форму предмета і, по можливості, про його зовнішній вигляд (колір). Результатом обробки даних в подальшому є цифрова тривимірна модель об'єкта. Множина точок геометричних зразків на поверхні об'єкту може бути екстрапольована для відтворення форми предмета (процес, званий «реконструкцією»). Класифікація розрізняє безконтактні 3D-сканери 2 типів: пасивні та активні. При скануванні використовуються певні види випромінювання, і сканується об'єкт через відображення світла або проходження випромінювання через середовище (об'єкт). У таких пристроях застосовується світло, рентгенівські промені або ультразвук.

3D-сканери трохи схожі на звичайні камери. Обидва можуть отримувати інформацію лише з тих поверхонь, що не затемнені. Відмінності між двома цими пристроями в тому, що камера передає тільки інформацію про колір поверхні, що потрапила в її поле зору, а 3D-сканер ще описує відстань до поверхні в кожній точці зображення. Це дозволяє визначити положення кожної точки на зображенні відразу в тривимірному просторі [1].

Комп'ютерна томографія (КТ) - метод сканування і візуалізації, який створює тривимірне зображення внутрішнього простору об'єкта, використовуючи велику серію двовимірних рентгенівських знімків. За аналогічним принципом працює і магнітно-резонансна томографія (МРТ) - ще один прийом візуалізації в медицині, який відрізняється більш контрастним зображенням м'яких тканин тіла, ніж КТ. Ці методики дозволяють отримати об'ємні воксельні моделі, які можна візуалізувати, змінювати і перетворювати в 3D-поверхню використовуючи алгоритми екстракції ізоповерхні.

Зараз багато 3D-моделей отримуються методом лазерного сканування. В умовах багаторівневої просторової сцени один лазер може просто не впоратися з кількістю деталей внаслідок затінення одних об'єктів іншими. Метод обробки цифрових фотографій з декількох ракурсів дозволяє повніше відобразити сцену, але побудова 3D-моделей на їх основі, до останнього часу, була вельми скрутною справою. Пасивні методи сканування (на основі відбитого світла) відносно доступні і в більшості випадків вони не потребують спеціального обладнання. Таким чином користувач сам виявляє і ідентифікує деякі

особливості та форми об'єкта, спираючись на безліч різних його зображень, які і визначають умовну модель цього об'єкта.

КТ сканери створюють не множину точок, а зрізи формату 2D, які накладаються одне на одне, в результаті чого утворюється своєрідна 3D-модель. При цьому існує кілька способів провести таке сканування, яке визначається потрібним результатом, в тому числі: об'ємний рендеринг, сегментація зображень, сітка на основі аналізу зображень [1].

Подібне кінематичне моделювання на основі перерізів можливе за допомогою обертання, видавлювання, витягування за профілем (лофтинга). Таке формоутворення ґрунтується на завданні твірних і напрямних контурів. Об'єкти, одержувані на основі перерізів, базуються на методі «натягування» поверхневої форми на каркас з довільних плоских перерізів [3]. При створенні тривимірних об'єктів кілька форм розташовуються уздовж деякого шляху, тим самим задаючи просторові межі моделі.

Відомо, що за фотографією можна обчислити деякі геометричні характеристики реальності, відображеної на фотознімку. За наявності знімка, знятого об'єктивом з певною фокусною відстанню і визначенням точки перетину осі об'єктива з площиною знімка (центр знімка), можна досить точно обчислити кутові відстані між центром знімка і будь-якою точкою на ньому або на відображеному об'єкті (виробі). Якщо є кілька фотографій, на яких об'єкт знятий з різних точок, то за певними алгоритмами можна обчислити взаємне положення в тривимірному просторі різних точок цього об'єкта. Застосування до обчислених координат точок у просторі простих геометричних перетворень обертання і масштабування, з'єднання отриманих точок відповідними лініями і площинами, - дає можливість отримати 3D-образ. Проекція його на певні площини формує креслення виробу.

У більшості випадків одного сканування недостатньо для створення повноцінної моделі об'єкта. Як правило, ряд сканувань з різних напрямів потрібно для того, щоб отримати інформацію про різні сторони об'єкта. Всі результати сканування повинні бути зведені до загальної системи координат - процес, званий прив'язкою зображень чи вирівнюванням, і тільки після цього створюється повна модель. Дані сканування збираються комп'ютером і записуються як точки тривимірного простору, які після обробки перетворюються в триангульовану сітку.

Потім система автоматизованого проектування створює модель, частіше використовуючи замість полігональних 3D-моделей - моделювання поверхні об'єкта через неоднорідний раціональний B-сплайн, NURBS (математична форма для створення кривих і поверхонь), або ж редаговані CAD-моделі, також

відомі як твердотільні моделі. Настає черга для Rhino 3D, Geomagic, Rapidform, PolyWorks, Maya, T Splines, Imageware, CATIA, Revit, AutoCad, ArchiCad тощо.

Наука і технологія відновлення 3D моделей і креслень виробів за фотографіями називається фотограмметрією. Процес моделювання у фотограмметричному програмно-апаратному забезпеченні зводиться до певної послідовності операцій. Перший етап має на меті отримання цифрових фото або відеоматеріалу. Найкращий результат при зйомці досягається на стенді, де позиція моделі в просторі чітко визначена. Для відтворення об'єкт розташовується на спеціально розробленій калібровочній платформі. Цифрова камера на штативі, що рухається по «орбіті», використовується для зйомки об'єкта під різними кутами зору. Максимальна точність досягається, якщо заздалегідь відкалібрувати фотокамеру вбудованими засобами калібрування з точно встановленими фокусними відстанями для кожного знімка.

Після зйомки відбирається серія фотографій в растровому форматі (в середньому, 10-40 шт.), зроблених з різних сторін навколо об'єкта (через 5-10⁰), що перетинаються (до 80%) і відповідають ряду інших вимог. Після вибору відповідних знімків має місце процес приведення їх до приблизно одного й того ж розміру. У разі, коли виріб строго симетричний, можливе підключення дзеркальних копій до набору (ніби з двох симетричних точок).

Після підготовки всі вибрані знімки завантажуються в програму, що розпізнає образи. Програма здійснює калібрування, встановлює систему координат з місцем розташування камер і об'єкта, маскує зображення [2]. Кожен знімок асоціюється з окремою камерою, що має свою власну, фокусну відстань і центр кадру. Спеціальний ресурс додатка визначає самостійно параметри фотозйомки. Після цього на всіх завантажених знімках розставляються поіменовані позначки - так звані калібрувальні маркери, вручну або автоматично. Кожен поіменований маркер відповідає певній точці виробу - найчастіше це кут або перетин, що чітко визначається на знімках (такі перетини можна заздалегідь позначити). Положення маркерів ідентифікуються, доки не отримаємо повідомлення про успішну установку всіх калібрувань.

У результаті таких дій програма отримує множину точок у тривимірному просторі, кожен з яких відповідає одному з маркерів. Ці 3D-дані конвертуються у файл відповідного формату (наприклад, DWG) у вигляді каркасної моделі та імпортуються в програму 3D-моделювання для подальшої маніпуляції. Можливе остаточне доведення геометрії моделі вручну за допомогою стандартних інструментів полігонального редагування. Слід надати необхідну орієнтацію моделі і, нарешті, провести масштабування. Це необхідно, через те що реальні відстані між маркерами для програми не відомі, а розташовуються вони в певних відносних величинах деякої довільної базової метрики. Фінальне

текстурування моделі для окремих підоб'єктів відбувається автоматично на основі текстур, взятих з тих же фотографій. Створена в такий спосіб модель експортується в загальноприйнятні формати для подальшої обробки в 3D пакетах, публікації в мережі інтернет або в якості моделей для 3D-принтерів.

Подібні рішення здійснюються рядом програмних додатків: D-Sculptor, iModeller, Autodesk ImageModeler, PhotoModeler, 3D Software Object Modeller, PhotoSynth, Canoma [5]. Використовуючи вбудовані алгоритми, ці програми виробляють реконструкцію об'ємів і просторів за 2D-образами, дозволяють витягувати точну картину 3D простору і створювати акуратні моделі з високореалістичними текстурами. При цьому деякі програми повністю самостійні у роботі, інші прив'язані до розвинених CAD типу AutoCAD та ін. Отримані моделі легко перетворюються в популярні 3D - формати даних типу: OBJ, DWG, LAS, FBX, IPM, RZI, OBJ, 3DS, LWO, XSI, WRL, VRML, 3DS, Flash, PDF тощо для роботи в інших редакторах.

Realviz ImageModeler 4.02 від компанії Autodesk може застосовуватися для розпізнавання 3D-об'єму за фотографіями і подальшого точного розміщення в цьому об'ємі інших 3D-моделей. На основі калібрувальних маркерів від користувача визначаються і моделюючі маркери, які служать опорними точками для розрахунку полігонів (рис. 1).

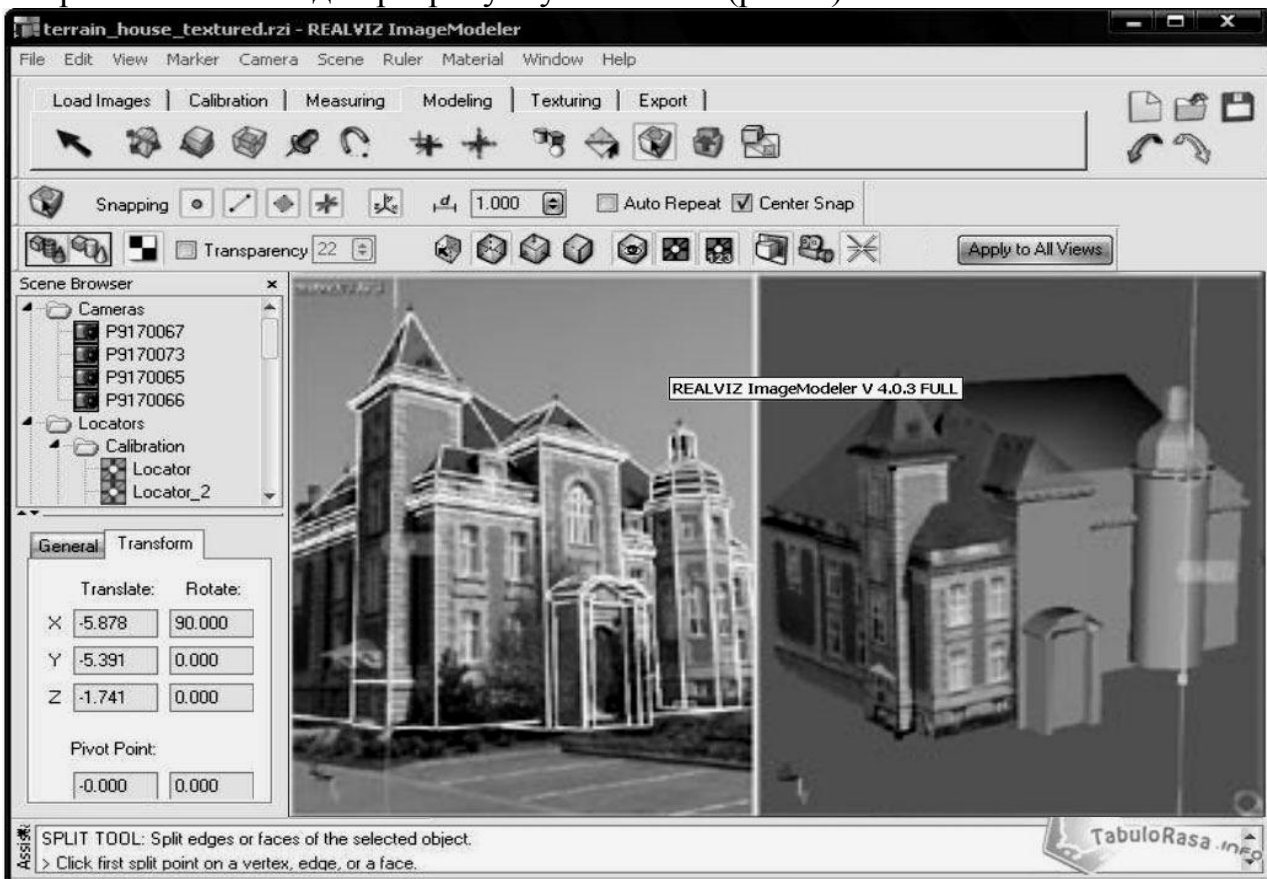


Рис. 1. Програмне моделювання в середовищі RealViz ImageModeler

3D «хмарний» сервіс *Project Photofly 2.1* був запущений в експериментальній лабораторії Autodesk Labs з автоматичним калібруванням фото і «захопленням реальності». Для роботи з програмою не обов'язково володіти професійною камерою і штативом - цілком підійде і аматорський цифровий фотоапарат.

Технологія *3DSOM Pro 2.1* від компанії Creative Dimension Software дозволяє моделювати реальні 3D-об'єкти швидко і просто; вимоги до технічних навичок і апаратних засобів набагато нижчі, ніж у конкуруючих систем.

Оригінальний алгоритм програми від *Disney Research* здатний з кількох сотень зображень будувати тривимірні деталізовані моделі складних сцен безпосередньо з реального життя.

У *Strata Foto 3D CX 2* створення об'єкта, на основі фотографій або відеоряду відбувається повністю автоматично - спочатку генерується орієнтовна геометрія, потім додаються деталі і накладається текстура. Всі етапи можливого редагування безпосередньо в *Strata Foto 3D CX*: від вікна попереднього перегляду об'єкту - до скоригованого детального 3D-образу [4].

Інтерактивна технологія *3-Sweep* була продемонстрована на щорічній конференції з питань комп'ютерної графіки і моделювання SIGGRAPH Asia 2013. Услід за позначенням на фотографії просторових меж об'єкта за допомогою вказівника миші - перетворення в 3D і текстурування моделі виконує програма практично в режимі реального часу [6]. Хоча існує проблема з вирахуванням об'єму.

Компанія *CADScan* представила принципово новий 3D-сканер, за яким можна легко працювати в домашніх умовах, навіть не маючи спеціальних навичок по створенню розфарбованої віртуальної 3D-моделі на основі аналізу фізичного об'єкта. Єдине серйозне обмеження - розмір об'єкта, в якому розташовуються предмети об'ємом до 25 куб. см.

Висновки. Аналіз технологій з автоматичного моделювання дозволяє виділити основні переваги подібних додатків:

- простота і оперативність отримання віртуальних 3D-образів;
- ефективність роботи зі складними частинами і формами;
- адаптивність, відкритість моделей до подальшого редагування;
- різноманітність форматів відтворення 3D-об'єктів;
- широта використання та універсальність застосування;
- мінімальне втручання людини і об'єктивність результатів роботи.

До основних недоліків додатків можна віднести:

- недостатню акуратність і точність відтворених деталей;
- обмеження за розміром об'єктів у зв'язку з можливостями «охоплення» стаціонарним обладнанням (стенд для фотозйомки, камера сканера);

- високі вимоги до знімків - однорідний, краще контрастний фон;
- відсутність на об'єкті відблисків, прозорих і дзеркальних поверхонь, відбитих тіней;
- вимоги до проведення зйомки - повна статичність, центральне розташування, відсутність перекриваючих елементів;
- особливу технічну оснащеність у разі КТ або МРТ.

Отже за успішним вирішенням завдань розпізнавання тексту і символів, найближча мета – повноцінна реалізація алгоритму ФОТО→3D-МОДЕЛЬ, що дозволить удосконалити системи доповненої реальності, автоматизувати багато рядових процесів проектування та системи аутентифікації.

Література

1. Все о 3D-сканерах: от разновидностей до применения. <http://www.cantouch.ru/>
2. Конушин А. Реконструкция модели объекта по силуэтам и по согласованию цветов. Сетевой журнал: Компьютерная графика и Мультимедиа. <http://cgm.computergraphics.ru/>
3. Кучуганов В., Харин В.. Кинематические геометрические модели в концептуальном проектировании. Материалы конф. // GraphiCon 2003, -М. - С. 35-37.
4. Бондаренко С.М. 3D модель из ваших фото. –Ж:СНІР. №12,2010.С.126-131.
5. Шляхтина С. Объемные модели из фотографий. – Ж: КомпьютерПресс 9'2006. <http://www.cpress.ru/>
6. Siggraph Asia 2013. Conference materials. <http://sa2013.siggraph.org/en/>

Аннотация

В статье рассматриваются особенности автоматического моделирования трёхмерных объектов как важное дополнение в архитектурном проектировании, дизайне. Анализируются технология, преимущества и проблемы формирования виртуальных 3D-моделей из 2D-образов реального мира.

Ключевые слова: фотограмметрия, автоматическое моделирование, 3D-сканер.

Abstract

The article discusses the features of automatic modeling of three-dimensional objects as an important addition to the architectural design. Analyzes the technology, the benefits and problems of formation of virtual 3D-models from the 2D-images of the real world.

Keywords: photogrammetry, automatic modeling, 3D-scanner.