

УДК 004.891

Д.І. Кацал, М.О. Данова, М.В. Потапова, Л.В. Мандрікова

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків

ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ТРИВИМІРНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ РЕАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ ПО ФОТОЗОБРАЖЕННЯМ

Викладено підхід до побудови тривимірних комп'ютерних моделей по фотозображенням наземних об'єктів, зокрема різного роду будівель, з виправленням перспективних відхилень. Проведено критичний огляд існуючих методів та засобів обробки фотозображень. На відміну від існуючих підходів, даний підхід забезпечує якісно новий рівень автоматизації, за рахунок суттєвого скорочення обсягу операцій, що зазвичай виконуються в цьому процесі користувачем. На початку дослідження було поставлено такі задачі: синтезувати модель регулярної структури об'єкта та алгоритм її обчислення по зображенню об'єкта, який би дозволяв вірно визначати регулярну структуру більшого числа об'єктів; розробити метод відновлення текстури об'єкта, що враховує його структуру; розробити метод ректифікації текстур і побудови тривимірної моделі частини об'єкта, видимої на одній фотографії. Показано, що запропонований підхід до побудови тривимірної моделі об'єкта по фотозображенню дозволить по фотографіях при взаємодії з користувачем побудувати тривимірні моделі об'єктів з регулярною структурою, зокрема будівель, за менший час в порівнянні з існуючими аналогами.

Ключові слова: фотозображення, тривимірна комп'ютерна модель, регулярна структура об'єкта, ректифікована структура, оклюзія зображення.

Вступ

Стрімкий розвиток технологій в останнє десятиліття призвів до такого ж швидкого зростання в галузі комп'ютерної техніки та програмного забезпечення. Це стосується повним чином й програм створення комп'ютерної графіки і, зокрема, тривимірного моделювання. Програми тривимірної графіки є на сьогодні одними з самих потужних по своїм можливостям.

Чи не головною такою можливістю виступає достовірна візуалізація віртуального світу, що відіграє важливу роль при створенні у користувача відчуття реальності. Ступінь реалістичності зображення на даний час сильно залежить від точності і якості використовуваних моделей. У системах розширеної реальності для коректного вбудовування віртуальних об'єктів у зображення необхідно точно визначити положення камери в просторі, і оцінити загальне просторове розташування об'єктів спостереження [5].

Одним з головних джерел інформації про об'єкти реального світу є фотозображення, тому в останні 15 років велика увага приділяється розробці методів і систем побудови моделей реальних об'єктів по зображеннях. Однак доведені до комерційного рівня системи, наприклад, Scanoma, ImageModeler, PhotoModeler, вимагають точного виділення вершин, ребер і меж об'єктів на фотозображенні і зіставлення їх вершин, ребер та границь обраної моделі простої форми [10]. Цей процес дуже трудомісткий, тому подібні системи не отримали широкого поширення.

У ситуації, що склалася виникла очевидна потреба в автоматизованих системах побудови тривимірних моделей по зображенням, що не вимагають застосування додаткової апаратури, в яких взаємодія з користувачем зводиться до порівняно невеликої кількості простих операцій.

Одже, *мета статті полягає* у викладенні підходу до побудови тривимірної моделі об'єкта по фотозображенням. Застосування цієї моделі надасть змогу більш автоматизувати процес обробки зображень.

Постановка завдання

Задача полягає у дослідженні алгоритмів та методів побудови тривимірних комп'ютерних моделей реальних об'єктів, з метою зниження обсягу взаємодії з користувачем, що має місце при використанні існуючих методів, а також у розробці нових алгоритмів, що дозволяють по фотозображенням, при взаємодії з користувачем, побудувати тривимірні моделі об'єктів з регулярною структурою, зокрема будівель, за менший час в порівнянні з існуючими аналогами.

Для створення якісних моделей існує ряд способів, але вони вимагають значних витрат часу на ручну роботу і, відповідно, значних матеріальних вкладень.

Для успішної реалізації цього потрібно:

- 1) синтезувати нову модель регулярної структури об'єкта та новий алгоритм її обчислення по зображенню об'єкта, який дозволяє вірно визначати регулярну структуру більшого числа об'єктів, ніж сучасні алгоритми;

2) розробити метод відновлення текстури об'єкта, що враховує його структуру. За рахунок автоматичного відновлення текстури потрібна мінімальна взаємодія з користувачем в порівнянні з аналогами;

3) розробити метод ректифікації текстур і побудови тривимірної моделі частини об'єкта, видимої на одній фотографії.

2. Огляд існуючих методів побудови тривимірних комп'ютерних моделей реальних об'єктів по фотозображенню

Для плоских об'єктів ректифіковане зображення надає змогу компенсувати перспективні відхилення.

Таким чином, для підвищення ефективності процесів, які пов'язані із обробкою супутникових фотозображень потрібно побудувати тривимірну модель, що складається з вертикальних площин, і отримати з вихідних фотографій єдину ректифіковану текстуру.

Найпопулярнішим способом отримання таких текстур є виділення на зображенні чотирикутника, відповідного прямокутника в просторі, наприклад, стіни.

Альтернативним способом є завдання прямокутної системи координат через точки сходу. Точки сходу - це точки на зображенні, де перетинаються проекції паралельних в просторі ліній.

Наприклад, в Google SketchUp користувач повинен задати на фотографії дві пари відрізків, що визначають горизонтальні точки сходу для перпендикулярних площин.

У заданій системі координат можна здійснювати тривимірне моделювання з використанням моделі перспективної геометрії.

Недоліком всіх існуючих методів є необхідність активної взаємодії з користувачем для створення точної ректифікованої текстури.

Метод, в якому використовується аналіз піків автокореляції зображення, підходить тільки для випадків з одним рядком регулярності, яка займає більшу частину зображення без значних оклюзій.

Для більш складних випадків можна використовувати розріджені фрагменти зображення. Вони можуть вибиратися випадковим чином або як околиці особливостей.

Схожі між собою фрагменти групуються за допомогою оцінки деякої моделі регулярності. Якість роботи таких алгоритмів різко падає при аналізі об'єктів з більш складними регулярними структурами.

У задачах визначення структури об'єктів, дослідники часто обмежуються класом об'єктів «будівлі», як найбільш актуальним для практики. Тоді завдання може формулюватися як пошук вікон.

Для вирішення використовується детектор подібний Viola- Jones або евристичні підходи, що враховують схожість кутів вікон і наявність градієнта по периметру вікон.

Вікна сильно відрізняються один від одного, тому поточні результати алгоритмів пошуку вікон не дають фінального рішення.

Кращі алгоритми для інтерпретації фасадів намагаються описати вхідне зображення високорівневою моделлю, наприклад, граматичним висновком [7].

Вибір правил граматики (наприклад, для вертикальних або горизонтальних розділень на прольоти та поверхи) та їх параметрів (наприклад, координат розділень) може виконуватися за допомогою випадкових марковських ланцюгів.

Існуючі алгоритми недостатньо ефективні для зниження рівня оклюзії, до того ж вони залежать від правил граматичного виводу, а також вибору метрик.

Сучасні алгоритми не здатні вирішувати похідні задачі сегментації з гарантованим результатом.

Тому все більша увага на сьогодні приділяється процесу інтерактивної сегментації зображень. Більшість сучасних алгоритмів сегментації є розвитком алгоритму GraphCut. Алгоритм трактує все зображення як граф, кожна вершина якого відповідає пікселю зображення.

Вершини, відповідні сусіднім пікселям, зв'язуються ребрами. Також додаються 2 термінальні вершини, які зветься витоком і стоком, та зв'язуються з іншими вершинами. На ребрах графа визначається вагова функція.

Користувач вказує кілька пікселів (точок), які належать об'єкту і фону. Вершини графа, відповідні точкам об'єкта і фону, зв'язуються відповідно з витоком і стоком ребрами з нескінченно великою вагою.

У графі знаходиться мінімальний розріз, який ділить граф на дві частини.

Пікселі, що потрапили в один підграф з витоком, вважаються об'єктом, решта – фоном. Нескінченна вага ребер між точками забезпечує виконання заданих користувачем обмежень. Чим більше відрізняються кольори сусідніх пікселів, тим вага ребра між ними менше, а значить більш імовірно, що розріз графа пройде між ними.

Для сучасних алгоритмів інтерактивної сегментації зображень текстури об'єктів з регулярною структурою, загороджені об'єктами переднього плану, є складним завданням. Існуючі алгоритми в

основному розраховані на виділення одного об'єкта з гладкою межею на контрастному фоні.

В даному випадку є кілька об'єктів з рваними границями і деколи не сильно відрізняються за кольором від фону.

Існуючі алгоритми відновлення та синтезу зображень можна розділити на два великі класи. Алгоритми першого класу засновані на складанні та вирішенні рівнянь в приватних похідних. Вони добре підходять тільки для відновлення вузьких і невеликих областей, таких як подряпини на фотографіях.

В іншому випадку результат виходить дуже розмитим.

Методи другого класу засновані на копіюванні інформації з іншої частини зображення на невідому область попиксельно або невеликими фрагментами.

Деякі алгоритми активно заповнюють невідому область, часто з використанням функції пріоритету. Інші ж формулює спеціальну функцію енергії, і знаходять таке копіювання фрагментів, яке мінімізує цю функцію.

Сучасні алгоритми дозволяють швидко і якісно відновити зображення реальної природи в невеликих областях без сильної структури.

Текстури об'єктів з регулярною структурою мають явно виражену структуру, що вимагає збереження.

Алгоритми, що враховують особливості об'єктів інтересу, обмежуються простими випадками загороджування і, наприклад, не справляються з випадками, коли об'єкти переднього плану загороджують близько половини осередків.

3. Основні етапи підходу до побудови тривимірної моделі об'єкта по фотозображенню

Основними етапами пропонованого підходу (рис. 1) є:

1. З фотографій створюються прямокутні текстури площин об'єкта, які спрощують подальший аналіз, і будується тривимірна модель об'єкта.

2. За текстурою об'єкта визначається його регулярна структура, в тому числі використовується для клонування тривимірних моделей регулярних елементів.

3. На текстурах об'єкта визначаються сторонні об'єкти, і текстура під ними відновлюється з урахуванням регулярної структури об'єкта.

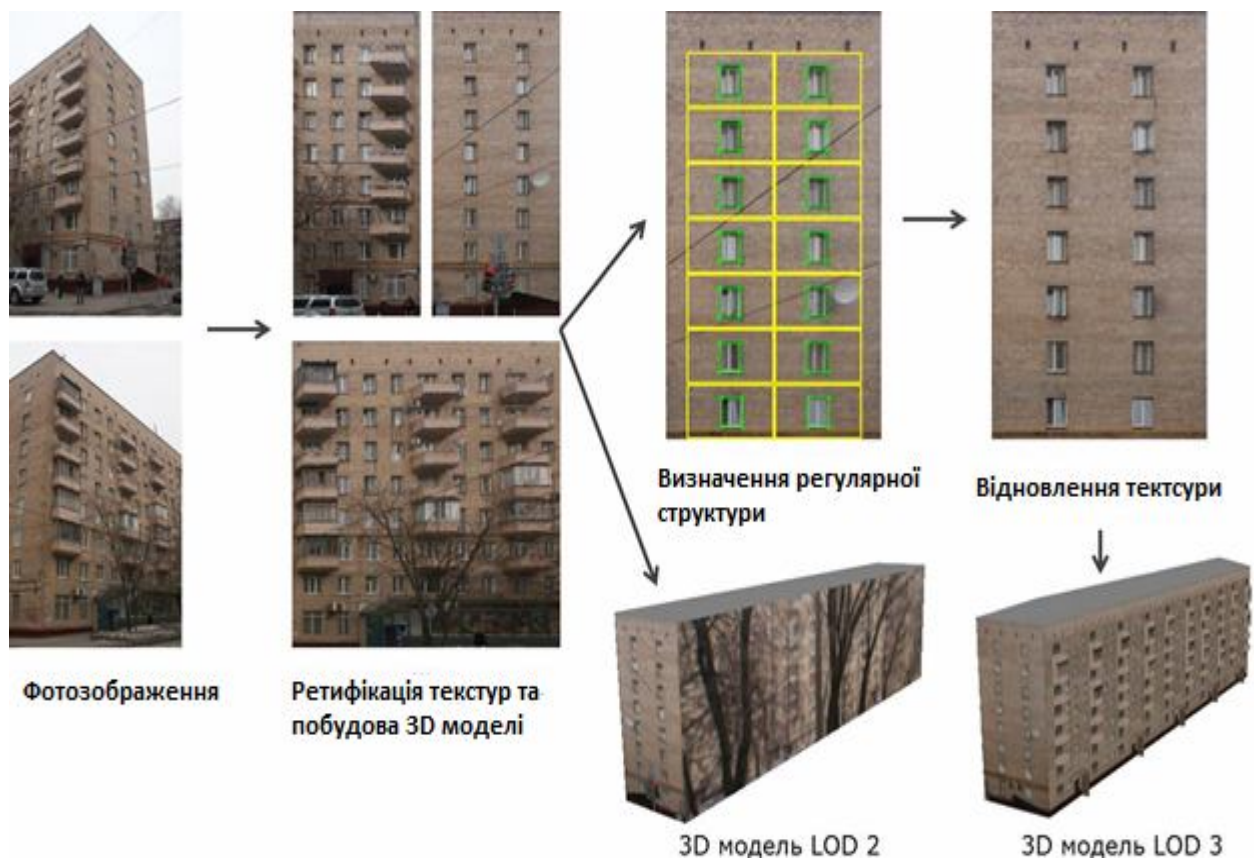


Рис. 1. Схема реалізації підходу до побудови тривимірної моделі об'єкта по фотозображенню

Висновки

Проведено дослідження існуючих методів створення 3D моделей по серії фотознімків.

Пропонований підхід до побудови тривимірної моделі об'єкта по фотозображенню дозволить по фотографіях при взаємодії з користувачем побудувати тривимірні моделі об'єктів з регулярною структурою, зокрема будівель, за менший час в порівнянні з існуючими аналогами.

Список літератури

1. Столов Е.Л. Распознавание лиц на фотографии путем анализа характерных областей. Ученые записки Казанского Государственного Университета. [Текст] / Шлянников А.В. – 2007. – 154с.
2. Юрин Д.В. Алгоритмы факторизации: достоверность результата и применение для восстановления эпиполярной геометрии. [Текст] / Н.В. Свешикова. - СПб. : Питер, 2006. – 217с.
3. Hartley R. Multiple View Geometry in Computer Vision [Текст] / Zisserman A. – Cambridge University Press, 2004. – 672 p., ISBN: 0521540518.
4. Волегов Д.Б. Предварительное грубое совмещение изображений по найденным на них прямым ли-

ниям для построения мозаик, сверхразрешения и восстановления трехмерных сцен. [Текст] / Юрин Д.В. - СПб. : Питер, 2003. -569 с.

5. Барина О. Быстрый метод семантической сегментации изображений для автоматической трехмерной реконструкции городских сцен по одной фотографии [Текст] / В. Конушин, А. Якубенко, А. Конушин. // Тр. конференции Интеллектуализация обработки информации 2008, с. 22-24.

6. Якубенко А. Восстановление структуры и текстуры фасадов городских зданий [Текст] / В. Кононов, И. Мизин, В. Конушин, А. Конушин., 2011, No5, с. 61-75.

7. Triggs B. Matching constraints and the joint image [Текст] / Vokhmitsev J.A. // Workshop on computer Science and Information Technologies CSIT'2006, Karlsruhe, Germany, 2006. P. 177-178.

8. Волегов Д.Б. Параллельный алгоритм для отыскания водяных знаков в изображении. [Текст] / Юрин Д.В. - СПб. :Питер, 2003. -569 с.

Надійшла до редколегії 30.10.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.С. Козелкова, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ТРЕХМЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ФОТОИЗОБРАЖЕНИЯМ

Д.И. Кацал, М.А. Данова, М.В. Потапова, Л.В. Мандрикова

Изложен подход к построению трехмерных компьютерных моделей по фотоизображениям наземных объектов, в частности различного рода зданий, с поправкой перспективных отклонений. Проведен критический обзор существующих методов и средств обработки фотоизображений. В отличие от существующих подходов, данный подход обеспечивает качественно новый уровень автоматизации, за счет существенного сокращения объема операций, обычно выполняемых в этом процессе пользователем. В начале исследования были поставлены следующие задачи: синтезировать модель регулярной структуры объекта и алгоритм ее вычисления по изображению объекта, который бы позволял верно определять регулярную структуру большего числа объектов; разработать метод восстановления текстуры объекта, учитывающий его структуру; разработать метод ректификации текстур и построения трехмерной модели части объекта, видимой на одной фотографии. Показано, что предлагаемый подход к построению трехмерной модели объекта по фотоизображению позволит по фотографиям при взаимодействии с пользователем построить трехмерные модели объектов с регулярной структурой, в частности зданий, за меньшее время по сравнению с существующими аналогами.

Ключевые слова: фотоизображения, трехмерная компьютерная модель, регулярная структура объекта, ректифицированная структура, окклюзия изображения.

APPROACH TO THE BUILDING OF THE THREE-DIMENSIONAL COMPUTER MODEL REAL OBJECTS ON PHOTO IMAGES

D.I. Katsal, M.O. Danova, M.V. Potapova, L.V. Mandrikova

The approach to the construction of three-dimensional computer models based on photoimages of terrestrial objects, in particular various buildings, is corrected, with the correction of prospective deviations. A critical review of existing methods and tools for processing images. Unlike existing approaches, this approach provides a qualitatively new level of automation, due to a significant reduction in the amount of operations usually performed by the user in this process. At the beginning of the research, the following tasks were set: to synthesize the model of the regular structure of the object and the algorithm for its calculation from the image of the object, which would allow us to correctly determine the regular structure of a larger number of objects; to develop a method for restoring the texture of an object, taking into account its structure; To develop a method of rectification of textures and construction of a three-dimensional model of a part of an object visible in one photograph. It is shown that the proposed approach to the construction of a three-dimensional model of an object from a photoimage will allow for the creation of three-dimensional models of objects with a regular structure, in particular buildings, from the photographs in interaction with the user, in less time in comparison with existing analogues.

Keywords: photoimages, three-dimensional computer model, regular object structure, rectified structure, image occlusion.