

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій,  
автоматизації та мехатроніки (КІТАМ)

**ЗБІРНИК**  
**студентських наукових статей**  
«Автоматизація та приладобудування»  
«Automation and Development of Electronic Devices»  
**ADED-2017**

Рекомендовано рішенням наукової  
методичної ради  
факультету Автоматики і  
комп'ютеризованих технологій (АКТ)  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол № 8 від 16.03.2017

Харків 2017

## УДК 65.01

Редакційна колегія:

Голова: д.т.н., проф., зав. каф. Невлюдов І.Ш.,  
д.т.н., проф., декан факультету АКТ Филипченко О.І.,  
к.т.н., проф. Косенко В.В.,  
д.т.н., проф. Замірець М.В.,  
д.т.н., проф. Свищ В.М.,  
д.т.н., проф. Палагін В.А.,  
д.т.н., проф. Цимбал О.М.,  
к.т.н., проф. Новоселов С.П.,  
к.т.н., проф. Євсєєв В.В.,  
к.т.н., доц. Пономарьова Г.В.

Відповідальний редактор: к.т.н., доц. Мілютіна С.С

ЗБІРНИК СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ СТАТЕЙ «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ» (Випуск 2017):-Харків/ Редкол.: Невлюдов І.Ш.(голова), та інші. Харків: Вид-во Харківського національного університету радіоелектроніки, 2017.- 122с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2017 (Key infrastructure 2017) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics, 2017.- 122 with.

Збірник містить наукові статті студентів кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, які навчаються за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», «бакалавр». Статті надані в авторській редакції.

## ЗМІСТ

А.О. Голуб	
Способы компенсации похибок акустичних рівнемірів .....	5
М.О. Чуть	
Дослідження методів адаптивного керування інтелектуальною робототехнічною платформою .....	11
И.Л. Кулинич	
Разработка конструкций пьезоэлектрических преобразователей механоэлектрической энергии .....	16
А.І. Сабрекова	
Дослідження методів розпізнавання номерних знаків автомобілей .....	20
Д. П. Десенко	
Дослідження параметрів компонентів мікроелектромеханічних систем .....	24
В. В. Ковальов	
Розробка системи підтримки прийняття рішень робота MR-999e .....	29
М. В. Потапов	
Интеллектуальные агенты на производстве .....	33
И.Г.Гладыш	
Исследование технологии МЕМС электростатического двигателя.....	38
Н.В. Кононенко	
Интерактивный подход для автоматизированного построения 3D моделей объекта .....	42
С. В. Кошевой	
Исследование технологий производства деталей на 3D принтерах .....	48
А.С. Лега	
Разработка автоматизированной системы проектирования по для АСУТП .....	53
Д.О. Курило	
Дослідження методів розподільного керування групою мобільних роботів на підприємстві .....	57
Д. О. Пучков	
Моделирование акселерометра в Inventor .....	61
Б. О. Степаненко	
Аналіз впливу конструктивних параметрів гнучких друкованих плат на їх електричні характеристики .....	65
В. В. Хливецкий	
Исследование технологии межсоединений гибких и гибко-жестких плат .....	71
Б. А. Цимбал	
Защита информации в каналах связи робототехнических систем .....	76
Д.В.Горбань	
Методи оптимального управління автономною мобільною платформою .....	80
М.И. Видешин	
Конструкторско-технологический анализ актюаторов для MOEMS-переключателей.....	85
А.А. Кушлак	
Многокритериальное принятие решений для реализации задач автоматизированного проектирования сборочных процессов устройств с модульной структурой .....	91

А.Е. Баксева	
Розробка методу адаптивної фільтрації в підсистемі енергозбереження «розумний будинок» .....	96
Д.Ю. Савельєв	
Розробка методу та засобів автоматичного прогнозування величини витрат електроенергії .....	101
В.В.Ткаченко	
Дослідження методів частотного керування асинхронним двигуном .....	108
С.Р. Поляков	
Автоматизированная компьютерно-интегрированная система комплексного контроля объектов на предприятиях.....	111
М.О. Волкова	
Експериментальні дослідження методів оптимального управління автономною робототехнічною платформою.....	115
Алфавитный список .....	121

## **ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТА**

**Н.В. Кононенко**

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Украина, 61166, Харьков, пр. Науки 14

E-mail: nataliia.kononenko@nure.ua

Бесконтактные методы на основе оптического освещения достигли значительного процесса в своем развитии. Однако возникает проблема автоматизированного построения пространственных моделей объекта по снимкам. Наиболее точные результаты достигаются на основе интерактивных подходов, так как сочетание нескольких способов 3D-сканирования позволят усовершенствовать существующие методы.

**Ключевые слова: 3D-сканирования, фотограмметрия, триангуляция.**

## **INTERACTIVE APPROACH THE AUTOMATED CONSTRUCTION OF 3D OBJECT MODELS**

**N.V. Kononenko**

Kharkov national university of radio electronics.

Ukraine, 61166, Kharkov, av. Science 14

E-mail: nataliia.kononenko@nure.ua

Non-contact methods based on optical illumination have made significant process in its development. However, there is a problem of automated construction of spatial models of the object from the images. The most accurate results are achieved through interactive approaches, as a combination of several methods of 3D-scanning will improve the existing methods.

**Keywords: 3D-scanning, photogrammetric, triangulation.**

В настоящее время бесконтактные методы на основе оптического освещения достигли значительного процесса в своем развитии. 3D-сканеры применяются для решения различных прикладных задач, таких как контроль формы, распознавание, визуализация, анимация, и используются в различных областях промышленности, медицины, образовании, научных исследований.

Возникает проблема автоматизированного построения пространственных моделей объекта по снимкам, которая подразумевает необходимую высокую геометрическую точность, гибкость и низкую стоимость сканирования. Выбрать наиболее подходящий метод сканирования – не всегда простая задача. Создание точной и фотореалистичной модели сложного объекта по-прежнему остается актуальной задачей.

3D-сканер представляет собой специальное устройство, которое анализирует физический объект, чтобы получить данные о форме предмета. Собранные данные в дальнейшем применяются для создания цифровой трехмерной модели этого объекта.

Бесконтактные 3D-сканеры можно разделить на две группы – активные и пассивные (рисунок 1).

Пассивными способами сканирования 3D-объектов являются методы, которые основаны на анализе одного изображения. Информация об объеме получается в результате анализа контура, затемнения, текстуры, освещенности и использования методов проектированной геометрии.

Активными способами сканирования 3D-объектов является восстановление объекта по набору двумерных входных изображений, в которых сравнивается расположение одинаковых точек на соседних краях.

Наиболее точные результаты достигаются на основе интерактивных подходов, так как во многих случаях использование одного способа невозможно, поэтому сочетание нескольких способов позволят усовершенствовать существующие методы.

Объединение пассивного и активного способа сканирования позволит достичь результата, который будет удовлетворять требованиям поставленной задачи, при этом:

- сократит время на разработку модели;
- увеличит её точность;
- уменьшит погрешность результата.

Одним из методов, который основанный на анализе одного изображения называется фотограмметрией, изучающий способы определения форм, размеров, пространственного положения и степени изменения во времени различных объектов, по результатам измерений их фотографических изображений.



Рисунок 1 – Определения 3D-профиля на основе бесконтактных методов, использующих световое освещение

Метод основан на обработке стандартных фотографий методами проективной геометрии и первоначально использовалась для оцифровки крупных объектов. Типы данных при производстве фотограмметрических работ представлены на рисунке 2.

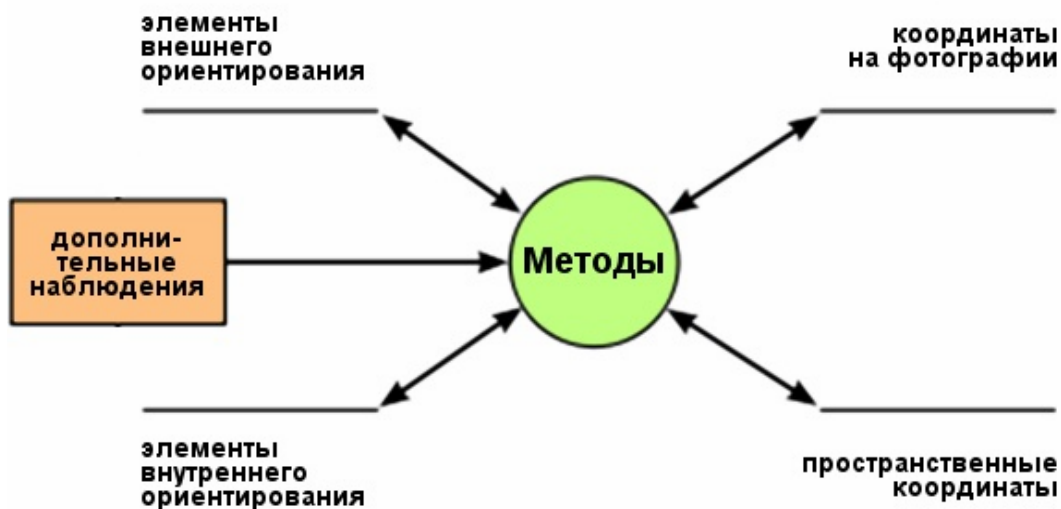


Рисунок 2 – Типы данных

На схеме показаны четыре основных типа данных, которые могут быть, как входными, так и выходными:

- пространственные координаты определяют положение точек объекта в пространстве;
- координаты на фотографии определяют положение точек объекта на пленке или цифровом снимке;
- элементы внешнего ориентирования фотоаппарата определяют его положение в пространстве и направлении съемки;
- элементы внутреннего ориентирования определяют геометрические характеристики процесса съемки.

В фотометрических системах, как правило, используется одна камера, которая производит съемку нескольких кадров. Эти методы позволяют преобразовать модель объекта, чтобы восстановить поверхность по каждому пикселю. Принцип фотограмметрии заключается в том, чтобы сделать несколько изображений объектов и вручную или автоматически найти общие точки на каждой фотографии. После чего происходит восстановление модели объекта по каждому пикселю на снимках. Результатом пассивных способов сканирования является 2D-модель.

Пассивные методы сканирования часто используются с другими 3D-технологиями сканирования. Построение модели может выполняться с использованием так называемой «силуэтной техники», в которой анализируется серия фотографий трехмерного объекта на контрастном фоне. Преобразуя полученные силуэты, формируется оболочка объекта.

Одним из методов получения трехмерных изображений является метод триангуляции. Метод состоит из двух классов – прямых и итерационных. Итерационный метод обладает достаточной универсальностью поэтому, в отличие от прямого, может использоваться для триангуляции областей произвольного вида. За эту универсальность приходится расплачиваться существенно большим потреблением ресурсов и более трудоемкой реализацией метода в конкретном алгоритме.

В настоящее время разработано большое количество программных пакетов на основе того или иного итерационного метода, реализующих построение сеток (частично или полностью) в автоматическом режиме.

Сетки, построенные итерационными методами, как правило, не структурированы и неоднородны. Не структурированность обусловлена тем, что топология сетки формируется в процессе построения, и поэтому естественно может варьироваться даже в пределах одной подобласти.

Поскольку перед построением сетки нельзя ничего сказать о ее будущей структуре, соответственно нельзя гарантировать и ее качества. Часто построенную сетку можно существенно улучшить с помощью одного из многочисленных методов оптимизации. Этой возможностью обычно не пренебрегают, потому что время, затрачиваемое на оптимизацию, как правило, существенно меньше времени, затрачиваемого на построение.

Методы граничной коррекции заключаются в том, что "наложив" на заданную область некоторую уже построенную сетку, можно отсечь от этой сетки все выходящие за пределы нужной области фрагменты, а затем скорректировать положение узлов, лежащих вблизи границы, так, чтобы они попали в "углы", на "ребра" и на "границы" области. Таким образом, алгоритм разбивается на два различных этапа: построение "первичной" сетки и коррекцию "первичной" сетки.

Построение первичной сетки заключается в следующем – исходная область помещается в кубическую сетку, элементы которой последовательно дробятся на более мелкие кубы до тех пор, пока размеры получаемых в итоге кубических ячеек не достигнут желаемой величины. При этом каждый куб дробится только в том случае, если его грани пересекаются границей области (либо внутри куба целиком оказывается особенность вроде отверстия или полости). Таким образом, удается добиться "естественного" увеличения плотности узлов вблизи границ области и ее "особенных" участков. Чтобы избежать значительных перепадов размеров элементов, дополнительно вводят

ограничение на степень "раздробленности" соседних элементов – она не должна отличаться более чем на единицу. На рисунке 2 иллюстрируется идея метода для двумерного случая.

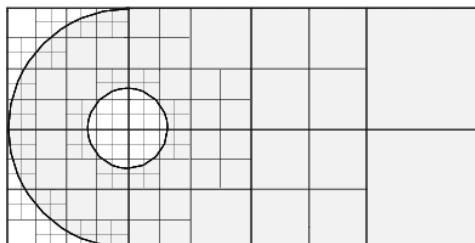


Рисунок 2 – Раздробление области на квадратные ячейки по алгоритму "quadtree"

Следующим этапом метода является построение треугольной (тетраэдрической) сетки на основе полученного разбиения на квадраты (кубы). Поскольку возможных вариантов размещения узлов на ребрах и гранях кубов/квадратов в такой сетке немного, для каждого варианта используется свой заранее заданный шаблон. На рисунке 3 и 4 показаны два набора таких шаблонов: "классический", предложенный Шепардом, и разработанный авторами вариант, основанный на вставке дополнительного узла, позволяющий получить сетки из подобных элементов (и лучшего качества).

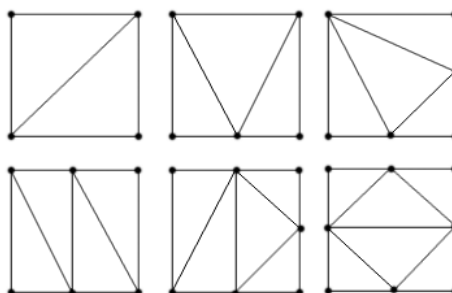


Рисунок 3 – "Классический" набор шаблонов для разбиения квадратов в методе "quadtree"

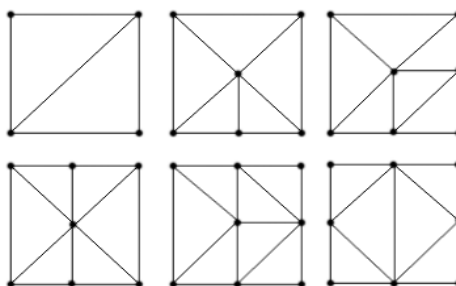


Рисунок 4 – Набор шаблонов с использованием дополнительного внутреннего узла, дающий лучшее качество сетки

На рисунке 5 приведена сетка, получающаяся в результате применения указанных наборов шаблонов.

После построения первичной сетки, наложенной на заданную область, необходимо отсечь у нее все лишнее и скорректировать положение узлов, лежащих близ границы области. Метод решения данной задачи определяется в основном способом задания самой области. Основная трудность при реализации алгоритма граничной коррекции – необходимость добиться того, чтобы "ребра" границы области были аппроксимированы ребрами сетки, а во все "углы" границы непременно попали узлы сетки. Если граница области является гладкой, таких проблем не возникает, но случай, в котором граница

может иметь ряд различных особенностей (она может быть несвязной, невыпуклой, а также состоять из фрагментов поверхностей, пересекающихся под достаточно острыми углами, в том числе иметь конусообразные выпуклости) такая проблема возникает.

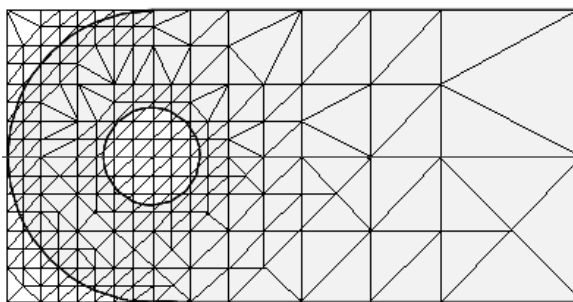


Рисунок 5 – Сетка, полученная на основе алгоритма "quadtree": сверху – по классическим шаблонам, внизу – по улучшенным

Далее процесс граничной коррекции можно разбить на 4 этапа:

- для каждого элемента массива "особых точек" находится ближайший узел первичной сетки и передвигается в эту точку с сохранением всех связей;

- для каждого элемента массива "особых точек" и для каждого ребра границы, в которое входит эта особая точка (таких ребер, может и не быть – если, например, точка является вершиной конусообразного выступа), анализируется множество узлов-соседей передвинутого в эту точку узла первичной сетки и находится узел, ближе всех лежащий к ребру границы. Этот узел проецируется на ребро, и среди множества его соседей вновь находится узел, лежащий ближе всех к ребру (исключая узел, спроецированный на предыдущей итерации). Процедура проекции и поиска подходящих узлов-соседей повторяется до тех пор, пока найденный узел не окажется элементом множества "особых точек" (то есть "ребро" границы окажется полностью аппроксимированным цепочкой ребер первичной сетки). Обработанное "ребро" исключается из дальнейшего рассмотрения. По окончании этого этапа во всех "углах" границы области будут помещены узлы сетки, а все "ребра" окажутся, аппроксимированы цепочками ребер. Далее остается только скорректировать положение узлов вблизи сплайнов;

- для каждого сплайна рассматриваются ребра первичной сетки, пересекающие этот сплайн. Находится точка пересечения ребра с поверхностью и в нее перемещается тот конец ребра, который лежит к ней ближе. Следует делать именно так, а не проецировать ближайший узел на поверхность, поскольку в этом случае спроецированный узел может оказаться за пределами заданной области или попасть внутрь другого тетраэдра. Если ребро делится сплайном точно пополам, для выбора перемещаемого узла проводится дополнительный анализ на основе, например, качества получающихся при этом тетраэдров;

- в конце проводится отсечение всех фрагментов первичной сетки, оставшихся за пределами заданной области (удаляются все узлы и ребра первичной сетки, лежащие вне заданной области).

У алгоритма граничной коррекции существуют свои недостатки:

- повышение требования к входным данным;
- затруднительно использовать для дискретизации областей с заданной триангуляцией границы (фактически невозможно);

- эти методы ненадежны, поэтому построенные с их помощью сетки необходимо проверять на правильность структуры;

- эти сетки обладают априори низким качеством элементов вблизи границы, поэтому для них столь же необходим и этап оптимизации (следует заметить, что при этом, как правило, качество сетки удается существенно улучшить);

- алгоритм граничной коррекции обладает низкой "чувствительностью", поэтому при недостаточно малом шаге триангуляции некоторые особенности области могут быть просто-напросто потеряны.

Но, несмотря на указанные выше недостатки, алгоритм граничной коррекции может быть успешно применен для дискретизации сложных областей, включающих в себя ограничения вида внутренних поверхностей и ребер. Поскольку с алгоритмической точки зрения внутренние "ребра" ничем не отличаются от внешних, не придется даже как-то модифицировать саму программу.

Вследствие того, что создание 3D-моделей будет происходить при помощи фотограмметрического метода – это позволит уменьшить время на построение чертежа, а соответственно и погрешность при его создании. При фотографическом методе отсутствует избыточность измерений, данные нет необходимости прореживать. Вследствие интерактивных подходов для автоматизированного построения пространственных моделей объекта по снимкам позволит получить необходимую геометрическую точность, гибкость и низкую стоимость сканирования. Усовершенствование существующих методов сканирования позволят воссоздавать необходимые объекты в трехмерном пространстве при малом затратах времени на их построение, уменьшит человеческий фактор, что приведет к уменьшению погрешностей и неточностей чертежа, а в дальнейшем и создаваемой модели.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гужов В.И., Методы измерения 3D-профиля объектов. Контактные, триангуляционные системы и методы структурированного освещения: учеб. пособие / В.И. Гужов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. – 82 с.
2. Карманов А.Г., Фотограмметрия: учеб. пособие / А.Г. Карманов. – Санкт-Петербург 2012. – 217 с.
3. Краснопевцев Б.В., Фотограмметрия. - М.: УПП "Репрография" МИИГАиК, 2008. - 160 с.
4. Невлюдов, И. Ш., Бортникова, В. О., & Евсеев, В. В. (2011). Модели жизненного цикла программного обеспечения при разработке корпоративных информационных систем технологической подготовки производства. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, 1(2), 94–101