

16. Якимович, Б. А. Анализ эффективности и совершенствование переналаживаемых производственных систем машиностроения : дис. ... д-ра техн. наук. – Ижевск, 1994. – 333 с.
17. Якимович, Б. А. Анализ методов получения прогнозной трудоемкости при обработке корпусных деталей в ГПС машиностроения / Б. А. Якимович, А. И. Коршунов // Сборник научных трудов кафедры МсиС / под ред. Ф. Ю. Свитковского, А. И. Тананина. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1996. – С. 73–77.
18. Якимович, Б. А. Экспертные методы оценки структурно-параметрической сложности деталей / Б. А. Якимович, А. И. Коршунов // Информатика–Машиностроение. – 1997. – № 3. – С. 28–32.
19. Кузнецов, А. П. Оптимальный выбор элементов структур-стратегий производственных систем машиностроения // Экономика и производство. – 2004. – № 1. – М : Межотраслевой институт проблем технологии коммуникаций и управления. – С. 35–38.
20. Кузнецов, А. П. Исследование и оптимальный выбор структур-стратегий производственных систем машиностроения в условиях неопределенности (Постановка задачи) А.П. Кузнецов, Б.А. Якимович / AKADEMICKÁ DUBNICA 2002 : Zborník prednášok z 8. medzinárodnej vedeckej konferencie s účasťou. Diel I. – Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2002. – S. 207–212.
21. Емельянов, С. В. Модели и методы векторной оптимизации / С. В. Емельянов [и др.] // Техническая кибернетика. Итоги науки и техники. – М. : Изд. ВИНТИ, 1972. – Т. 5.
22. Кузьмин, И. В. Оценка эффективности и оптимизация АСКУ. – М. : Сов. радио, 1971.
23. Основы моделирования сложных систем / под. общ. ред. И. В. Кузьмина. – Киев : Вища шк. Головное изд-во, 1981. – 360 с.
24. Подиновский, В. В. Оптимизация по последовательно применяемым критериям / В. В. Подиновский, В. М. Гаврилов. – М. : Сов. радио, 1975.
25. Сигорский, В. П. Математический аппарат инженера. – Киев : Техника, 1975.
26. Мушик, Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер ; пер. с нем. – М. : Мир, 1990. – 208 с.

УДК 681.327.1

М. П. Осипов, аспирант

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ В ЗАДАЧЕ СТЕРЕОРЕКОНСТРУКЦИИ

В статье описаны основные этапы работы программного комплекса, обеспечивающего реконструкцию поверхности объекта по набору его изображений, полученных с разных точек зрения. Описаны два подхода к реконструкции в зависимости от степени сложности поверхности.

В процессе современного промышленного проектирования и производства большую роль играет наличие геометрических моделей обрабатываемых поверхностей. Геометрические модели широко применяются в машиностроении, медицине, археологии, в области мультимедиа и т. д. На сегодняшний день существует три основных подхода к построению моделей [1]:

1. Вручную с помощью распространенных программ моделирования.
2. Автоматически по шаблонам используя известные физические свойства реальных объектов.

3. Восстановление модели по изображениям объекта и другой известной о нем информации.

Первый и второй подходы требуют больших вычислительных усилий и очень сложны в реализации, поэтому на практике наибольшее внимание привлекает именно третий подход. На сегодняшний день существует несколько программных продуктов, использующих данный подход (ВИДИС, Photomodeler и т. д.). Основные недостатки существующих программных комплексов:

1) значительная доля участия человека как оператора фотограмметрических преобразований;

2) использование устройств (структурированного света), которые находятся в прямом взаимодействии с объектами сцены, оказывают на сцену воздействие и сами являются ее участниками;

3) сложность работы с комплексом, что создает проблемы в обучении операторов.

Поэтому актуальной задачей является комплексная автоматизация обработки снимков, т. е. сведение к минимуму участие человека как оператора, без использования дополнительного оборудования.

Для решения этой задачи может быть использован подход, который лежит в основе работы фотограмметрического комплекса дистанционных измерений, разработанного автором.

Работа комплекса состоит в использовании многоугольной стереосъемки, при которой вид одного и того же фрагмента внешнего мира фиксируется с нескольких различных ракурсов. Полученные изображения и параметры камер, которые были установлены в момент фотосъемки, вводятся в компьютер. Далее программа создает исходные трехмерные модели путем преобразования двумерной информации, содержащейся в фотографиях, в точно рассчитанные трехмерные точки, линии и плоскости.

В рамках комплекса реализованы два подхода восстановления поверхности объекта. С помощью первого подхода можно с высокой степенью точности выполнять обмеры объектов, состоящих в основном из плоских элементов с крупными формами, либо производить приблизительные обмеры объектов со сложной поверхностью. Этот процесс происходит с непосредственным участием оператора. Основные этапы работы:

1) на ключевом изображении выделяется контур объекта, угловые точки контура являются характерными точками объекта;

2) оператором производится последовательная идентификация соответственных точек на других изображениях (точки являются соответственными, если они являются проекциями одной и той же точки поверхности объекта);

3) соответственные точки автоматически корректируются корреляционной функцией [2], после проведенной процедуры точки установятся в точное соответствие;

4) производится слабая калибровка (оцениваются внешние и внутренние параметры камеры путем анализа полученных точек соответствия);

5) вычисляются пространственные координаты соответственных точек объекта с использованием классического фотограмметрического подхода [3];

6) восстановление поверхности объекта посредством работы триангуляции Делоне по набору характерных точек [4];

7) модификация триангуляции в соответствии с контурными линиями объекта (необходимо для точного восстановления формы поверхности).

Качество восстанавливаемой поверхности прямо пропорционально зависит от количества измеренных опорных точек, принадлежащих этой поверхности. Для сложных поверхностей такое количество необходимых точек может достигать сотен тысяч. В этом случае оператор не в состоянии вручную обработать все точки (выделение характерных точек и установка их в точное соответствие). Поэтому для таких случаев автором был разработан второй подход – метод иерархического восстановления поверхности.

Работа метода делится на два этапа:

- 1) создание грубой модели поверхности;
- 2) улучшение поверхности.

Грубая модель поверхности создается при непосредственном участии оператора. Процесс создания представляет собой стандартный метод восстановления поверхности объекта, описанный выше (первый подход), в котором оператор устанавливает соответствие ключевым точкам изображения и контролирует правильность восстановления формы поверхности.

Процесс улучшения поверхности в общих чертах аналогичен стандартному методу восстановления поверхности. Отличие состоит лишь в полной автоматизации идентификации и установки в точное соответствие характерных точек изображения. На данном этапе характерные точки изображения определяются автоматически с использованием методов анализа и обработки изображения, разработанных автором.

Идентификация соответствующих точек осуществляется в два этапа:

- 1) определение точек соответствия на изображениях грубой поверхности объекта; происходит установление соответствия для точек, являющихся различными изображениями одного фрагмента поверхности объекта;
- 2) корректировка полученных точек для установления их в точное соответствие; процесс корректировки осуществляется в некоторой окрестности посредством работы корреляционных методов.

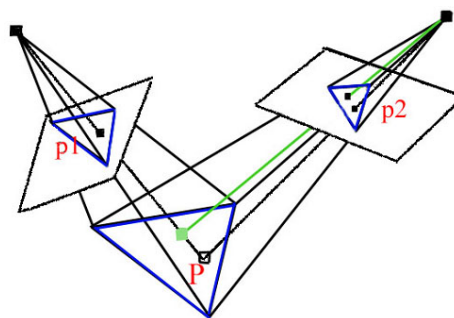
Ключевые моменты работы первого этапа (см. рисунок):

- 1) выбор очередной характерной точки на первом изображении (точка $p1$);

- 2) определение точки на грубой поверхности (точка P), изображением которой является выбранная точка $p1$;

- 3) проецирование найденной точки поверхности P на плоскость второго изображения (точка $p2$).

Поскольку грубая модель поверхности представлена в виде триангуляционного разбиения, набор треугольников на поверхности объекта проектируется в набор треугольников на его изображениях. Таким образом, сформированы триангуляционные разбиения, покрывающие изображения объекта. В результате такого разбиения установлены соответствия между триангуляционными разбиениями первого и второго изображений. Теперь область поиска соответствующих точек грубой модели сужается до пределов соответствующих треугольников, покрывающих эти точки.



Определение точек соответствия с помощью грубой модели объекта

Достоинства метода иерархического восстановления поверхности по сравнению со стандартным методом восстановления поверхности:

- 1) резкое увеличение скорости работы комплекса;
- 2) уменьшение вероятности определения ложных соответствий;
- 3) существенное уменьшение доли ручного труда оператора (работа оператора ограничивается только созданием грубой модели).

Список литературы

1. Конушин, А. Реконструкция модели объекта по силуэтам и по согласованию цветов в дискретных представлениях / А. Конушин // Графика и мультимедиа: электрон. журн. – 2003. – № 2. – Режим доступа к журн. : http://cgm.graphicon.ru/issue2/reconstruction_survey
2. Nishihara, H. K. PRISM: A practical real-time imaging stereo matcher / H. K. Nishihara // Technical Report. – Cambridge, 1984. – 31 p.
3. Бобир, Н. Я. Фотограмметрия / Н. Я. Бобир, А. Н. Лобанов, Г. Д. Федорук. – М. : Недра, 1974. – 472 с.
4. Скворцов, А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А. В. Скворцов. – Томск : Томский ун-т, 2002. – 128 с.

УДК 532.5.011

И. Г. Русяк, доктор технических наук, профессор;
М. М. Горохов, кандидат физико-математических наук, доцент;
С. М. Колосов, инженер

Ижевский государственный технический университет

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ТЕЧЕНИЯ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В КРИВОЛИНЕЙНЫХ КООРДИНАТАХ

В работе рассматривается задача обтекания трехмерного тела потоком несжимаемой жидкости, вязкость которой является функцией пространственных переменных. Рассматриваются тела различной формы. В зависимости от формы тела предлагается использовать различные системы координат и соответствующие конечно-разностные сетки. Технология перехода к новым системам координат основана на преобразованиях Вивьяна–Винокура, сохраняющих дивергентный вид уравнений. Предложены постановки задач и способы построения конечно-разностных сеток.

Рассмотрим классическую задачу обтекания тела потоком жидкости. Подобная задача рассматривалась многими авторами [1–6], чаще всего как задача обтекания сферы [1–4] или осесимметричного тела [5, 6]. Основная трудность решения подобного рода задач заключается в выборе конечно-разностной сетки для построения численного решения. Конечно-разностная сетка должна быть адаптирована, с одной стороны, к форме обтекаемого тела, с другой – к полю течения, возникающего вокруг тела. Если при этом рассматривается взаимодействие внешнего течения и динамического или теплового пограничного слоя вблизи тела, возникающего, например, в связи со вдувом (отсосом) массы с поверхности тела или в связи с горением последнего, то конечно-разностная сетка должна быть адаптирована еще и к форме поверхности тела. От качества таким образом построенной сетки во многом будет зависеть точность численного решения и скорость сходимости разност-