

Распознавание компонент связности в задаче восстановления трехмерной модели по проекционным изображениям

Н.Д. Жилина¹, Т.В. Мошкова¹, С.А. Роменский¹, С.И. Ротков¹, В.А. Тюрина¹

zhilina@nngasu.ru | ng.forever.mtv@gmail.com | romensky.serge@gmail.com | rotkov@nngasu.ru | 55555_73@mail.ru

¹ННГАСУ, г. Нижний Новгород, Россия

В данной статье рассматривается один из способов решения задачи распознавания компонент связности изображений на поле чертеже в проблеме синтеза трехмерной модели. Задача является фрагментом информационной технологии обработки архивов чертежно-конструкторской и технологической документации на бумажных носителях.

Ключевые слова: граф, компоненты связности, проекции, чертеж, каркасная модель.

Recognition of connected components in the problem of restoring a three-dimensional model from projection images

N.D. Zhilina¹, T.V. Moshkova¹, S.A. Romensky¹, S.I. Rotkov¹, V.A. Tyurina¹

zhilina@nngasu.ru | ng.forever.mtv@gmail.com | romensky.serge@gmail.com | rotkov@nngasu.ru | 55555_73@mail.ru

¹NNSAGU, Nizhny Novgorod, Russia

This article describes one of the ways to solve the problem of recognizing the components of the image connectivity in the drawing field in the problem of synthesizing a three-dimensional model. This task is a fragment of the information technology of processing archives of drawing, design and technological documentation on paper.

Keywords: graph, connected component, projections, drawing, wireframe model.

1. Введение

Проблеме синтеза модели 3D объекта по его ортогональным проекциям в последнее время уделяется не так много внимания, однако эта проблема является ключевой при внедрении в промышленность цифровых информационных технологий, таких как PDM, PLM и других. Кроме того, надо учесть и тот факт, что на предприятиях накопились значительные по объему архивы чертежно-конструкторской и технологической документации на бумажных носителях. Без решения задачи ввода данных с чертежа невозможно говорить о полном внедрении упомянутых систем, поскольку вся их работа зависит от полноты и качества введенной в память ЭВМ геометро-графической информации. Наполнение электронных баз данных для PDM и PLM систем может быть произведено различными способами, одним из которых является простейший вариант сканирования чертежа с бумажного носителя и последующее хранение сканированного изображения. Такой вариант мало пригоден для последующего использования в CAD/CAM/CAE системах, требующих данных о геометрических параметрах объектов проектирования и производства. Имеющиеся системы векторизации растровых изображений не в полной мере решают эту задачу, поскольку изначально не были ориентированы на проведение автоматического анализа изображений на поле чертежа и формирование соответствующей базы данных.

В работе [4] формулируется постановка проблемы обработки архивов чертежно-конструкторской и технологической документации, где задача синтеза 3D модели по изображениям на поле чертежа является одним из этапов информационной технологии обработки данных.

В работах [6, 7, 8] приведен аналитический обзор методов синтеза 3D модели, топологического анализа геометрии моделируемого объекта и других аспектов общего решения этой трудно формализуемой задачи, которая может быть определена как обратная задача геометрии и графики [2, 3, 6]. Также в этих работах показано, что программная реализация различных методов и способов синтеза модели 3D объекта зависит от

достоверности введенных данных. Поэтому перед этапом восстановления трехмерной модели объекта по его проекционным изображениям необходимо осуществить этап предобработки имеющейся геометро-графической информации. Необходимость данного этапа обуславливается наличием ошибок во входной информации. Далеко не всегда эти ошибки обуславливаются человеческим фактором, это могут быть повреждения бумажного носителя до этапа сканирования, низкое качество работы сканирующего аппарата, неточности векторизации отсканированного документа, особенности хранения чисел с плавающей запятой (когда в мантиссе возникают неточности в 9-10 знаках) и так далее.

2. Выделение проекционных видов на общем поле чертежа

В соответствии с ГОСТ 2.305-2008 [1] чертеж объекта может состоять из произвольного числа видов, расположенных как на одном, так и на нескольких листах. И в том, и другом случае эти виды должны быть приведены к единой системе координат, на основе которой формируется каркасная модель объекта. Одним из блоков программной реализации алгоритма синтеза является установление и проверка проекционных связей видов между собой [6]. Именно после установления проекционных связей формируется массив 3D координат модели.

Любую проекцию трехмерной модели на плоскость можно представить в виде графа $G(V,R)$, где V - множество вершин, заданных своими координатами, R - множество ребер – линий первого и второго порядка, соединяющих вершины. Структурно сам чертеж также может быть представлен в виде графа $D(F)$, где F – виды или фрагменты изображений объекта, каждый из которых задан в своей системе координат, связанной с системой координат чертежа.

Если на чертеже одновременно размещены несколько проекционных видов, то их можно выделить в компоненты связности этого графа. Применение стандартных подходов к поиску компонент связности (таких как поиск в ширину или глубину, то есть обход всех вершин и ребер графа с фиксацией пройденных вершин) не дадут конечный

результат в виде проекционно связанных видов. В каждой трехмерной модели могут присутствовать отверстия, не связанные с внешней геометрией и они выделяются в отдельные компоненты связности, если использовать, например, поиск в ширину.

В связи с вышеизложенным, в статье предлагается следующий подход к выделению нескольких проекционных видов на чертеже.

При любом способе получения геометро-графической информации, будь то отсканированный чертеж или начерченный в одной из систем автоматизированного проектирования, для всех видов плоских кривых можно выделить область, внутри которой эта кривая помещается. Пусть такой областью у нас будет прямоугольник, назовем его ограничивающим. Для вертикальных и горизонтальных отрезков этот прямоугольник выродится в сам отрезок.

Для каждой компоненты связности тоже запомним ограничивающий прямоугольник, расширяя его при добавлении новых объектов (при необходимости). Проверку же принадлежности объекта будем проводить по принципу: если ограничивающий прямоугольник объекта и ограничивающий прямоугольник компоненты связности имеют общую площадь или вершину или пересекаются их стороны, то объект входит в компоненты связности.

При добавлении объекта в компоненту связности её ограничивающий прямоугольник должен быть переопределен. Примеры различных случаев расположения ограничивающих прямоугольников компоненты и объекта приведены на рис.1.

Более подробная блок-схема процесса выделения проекционных видов представлена на рис.2.

Немного неправильно употреблять термин «компонента связности», так как, строго говоря, объекты внутри выделяемого проекционного вида, могут быть не связаны явно между собой.

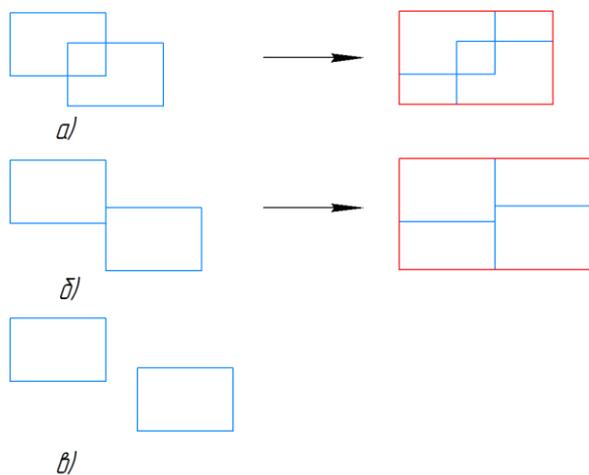


Рис. 1 Различные случаи расположения ограничивающих прямоугольников при определении принадлежности объекта компоненте связности. В случаях а) и б) объект принадлежит компоненте связности и для них определяется новый ограничивающий прямоугольник, показанный красным цветом. В случае в) объект не относится к проверяемой компоненте связности.

При данном подходе для чертежа, содержащего несколько проекционных видов (виды, разрезы, сечения и т.д.) будут выделены в компоненты связности и обработаны все пришедшие в виде входной геометро-графической информации изображения.

3. Практическое применение

Описанный выше способ выделения проекционных видов на чертеже имеет ряд особенностей, позволяющих упростить работу с геометро-графической информацией для последующего ее преобразования в работе алгоритмов восстановления образа объекта по его техническому чертежу.

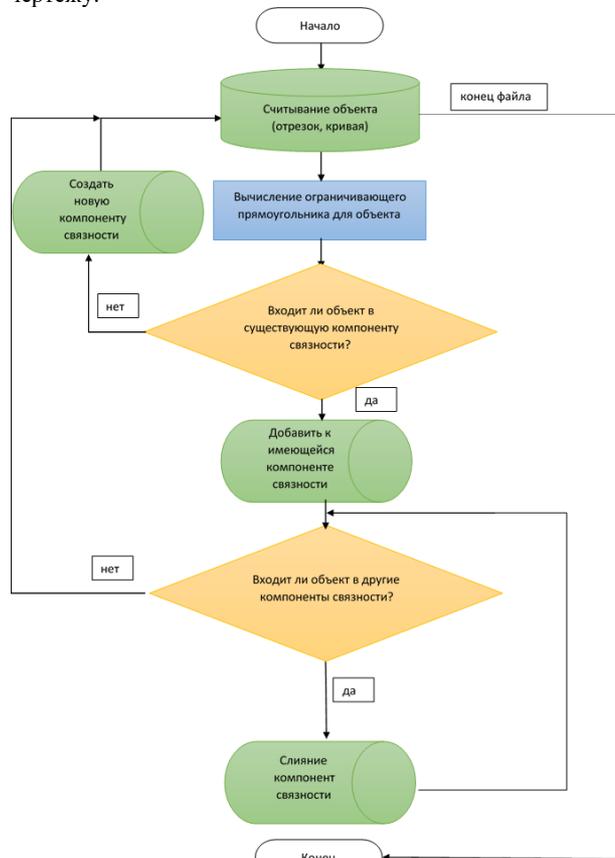


Рис. 2 Блок-схема процесса выделения проекционных видов

Во-первых, удобный способ проверки и восстановления проекционных связей. Сравнив в определенной окрестности ограничивающие прямоугольники выделенных видов, можно выяснить, какие из них имеют (или подразумевают, в случае неточностей входной информации) проекционные связи, а какие являются дополнительными (вынесенные разрезы, сечения и так далее).

Во-вторых, зная ограничивающие прямоугольники для каждого вида, выяснив проекционные связи между ними, можно определять типы проекционных изображений на техническом чертеже (так как согласно ГОСТ 2.305-2008 [1] проекционные виды на чертеже располагаются в определенном порядке).

В-третьих, при работе с геометро-графической информацией, поступающей напрямую из системы автоматизированного проектирования [5] можно получить точки привязки секущих плоскостей для вынесенных разрезов и сечений, считав условные обозначения на чертеже.

4. Заключение

Данный подход позволяет распознавать на поле чертежа все содержащиеся на нем проекционные виды. В число выделяемых попадают как основные, так и дополнительные виды, а также разрезы и сечения.

5. Благодарности

Работа выполнена по грантам РФФИ №17-07-00543 и №19-07-01024

6. Литература

- [1] ГОСТ 2.305-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Изображения - виды, разрезы, сечения (с Поправкой)
- [2] Котов, И.И. Алгоритмы машинной графики / И.И. Котов, В.С. Полозов, Л.В. Широкова. – М.: Машиностроение, 1977. – 232 с.
- [3] Полозов, В.С. Геометрические и графические задачи: Автоматизированное проектирование / В.С. Полозов, О.А. Будеков, С.И. Ротков, Л.В. Широкова. – М.: Машиностроение, 1983. – 280 с.
- [4] Роменский С.А., Ротков С.И., Смычѣк М.М., Тюрина В.А. Синтез 3D модели объекта по изображениям на поле чертежа // 26-я Международная конференция (GraphiCon 2016), Нижний Новгород, 19-23 сентября 2016 г.
- [5] Роменский, С.А. Передача геометро-графической информации из системы автоматизированного проектирования в прикладную программу на примере САПР “Компас-График” // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2015): сб. тр.
- [6] Ротков, С.И. Средства геометрического моделирования и компьютерной графики пространственных объектов для CALS-технологий: Дис. докт. техн. наук: 05.01.01 / С.И. Ротков. – Н. Новгород, 1999. – 287 с.
- [7] Т. В. Мошкова, С. И. Ротков, В. А. Тюрина (2018) Проблема синтеза модели 3D объекта по его проекционным изображениям. Аналитический обзор. Научная визуализация 10.1: 135-156, DOI: 10.26583/sv.10.1.11
- [8] Тюрина, В.А. Разработка методов преобразований каркасной модели в задаче синтеза образа 3D-объекта по его проекциям: Дисс. канд. техн. наук: 05.01.01 / В.А. Тюрина. – Н. Новгород, 2003. – 170 с.

Об авторах

Жилина Наталья Дмитриевна, к.п.н., доцент, проф. кафедры инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета. E-mail: zhilina@nngasu.ru.

Мошкова Татьяна Владимировна, к.т.н., доцент, профессор кафедры Инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета. E-mail: ng.forever.mtv@gmail.com.

Роменский Сергей Александрович, старший преподаватель кафедры Инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета. E-mail: romensky.serge@gmail.com.

Ротков Сергей Игоревич, д.т.н., проф., зав. кафедрой Инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета. E-mail: rotkov@nngasu.ru.

Тюрина Валерия Александровна, к.т.н., доцент, профессор кафедры Инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета. E-mail: 55555_73@mail.ru.