DOI: 10.17117/na.2016.02.02.344

Поступила (Received): 24.02.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.02.02.344.pdf>

Герасимов Р.В., Сидоренко С.А., Мелихова М.С. Разработка алгоритма автоматизации решения обратной задачи начертательной геометрии

Gerasimov R.V., Sidorenko S.A., Melihova M.S.
**Development of automation algorithm for solving
the inverse problem of descriptive geometry**

В статье рассмотрена проблема отсутствия взаимно-однозначной связи чертежей с трехмерными моделями. В общем виде представлен алгоритм автоматизации решения обратной задачи начертательной геометрии, сочетающий как элементы B-rep методов так и CSG подходов при решении задач геометрической реконструкции

Ключевые слова: алгоритм, геометрическая реконструкция, автоматизация, начертательная геометрия

The article considers the problem of the absence of one-to-one connection drawings with three-dimensional models. In a General view the algorithm of automation of solving the inverse problem of descriptive geometry, combining both elements of B-rep and CSG methods approaches in solving problems of a geometric reconstruction

Key words: algorithm, geometric reconstruction, automation, descriptive geometry

Герасимов Роман Валерьевич

Ассистент

Северо-Кавказский федеральный университет
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Gerasimov Roman Valerievich

Assistant

North-Caucasus federal university
Stavropol, Pushkin st., 1

Сидоренко Сергей Александрович

Кандидат технических наук, доцент

Северо-Кавказский федеральный университет
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Sidorenko Sergey Aleksandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

North-Caucasus federal university
Stavropol, Pushkin st., 1

Мелихова Маргарита Сергеевна

Старший преподаватель

Северо-Кавказский федеральный университет
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Melikhova Margarita Sergeevna

Senior lecturer

North-Caucasus federal university
Stavropol, Pushkin st., 1

Стремительное развитие информационных технологий в целом и систем автоматизированного проектирования в частности привело к качественному скачку в процессе проектирования и переходу от двухмерных чертежей к цифровым прототипам [1], основанным на использовании трехмерных твердотельных моделей.

Данный переход позволил существенно сократить сроки выполнения проектных работ за счет возможностей, открывающихся при использовании трех-

мерных моделей, а именно за счет автоматизации инженерного анализа, подготовки производства, подготовки чертежей, а также использовании уже существующих наработок и решений в последующих проектах [4]. Но крайне важной особенностью систем автоматизированного проектирования среднего и высшего уровней является то, что все существующие наработки необходимо привести в соответствие с техническими требованиями к исходным данным, так, например, для указанных систем исходные данные должны быть представлены в виде трехмерных моделей. Эта особенность является следствием наличия в современных САПР математического аппарата и алгоритма для решения лишь прямой задачи начертательной геометрии, которая сводится к построению проекций трехмерной модели на различные плоскости.

В связи с вышеизложенным внедрение опыта и наработок, полученных до перехода к системам среднего и высшего уровней, представляет собой достаточно сложную техническую и весьма затратную ресурсную задачу.

Для минимизации влияния данной проблемы необходимо разработать алгоритм автоматизированного решения обратной задачи начертательной геометрии и сопутствующий ей математический аппарат [2], который позволит производить конвертирование существующих чертежей в трехмерные модели, там самым даст возможность полностью реализовать заложенную в концепцию CALS технологий идеологию, а именно – создание двусторонней взаимно-однозначной информационной связи, при которой изменение изображения объекта на чертеже непременно приведет к изменению трехмерной модели.

Получение указанной взаимной связи чертежа и модели является наиболее актуальной проблемой в контексте решения задачи по внедрению в процесс разработки ранее накопленного опыта на предприятиях.

Если рассматривать процесс решения обратной задачи человеком, то его последовательность можно описать следующим образом. Первоначально производится генерация некоторых частных трехмерных фигур из частей трех видов. Если рассматриваемые твердотельные части согласуются с опытом и знанием, то они формируют итоговое тело. В том случае, если происходит несоответствие трехмерной фигуры и проекций, происходит возврат к чертежу и заново генерируются различные пространственные тела. Таким образом, данный способ позволяет получить лучший вариант пространственной модели. В этом процессе грани, ребра и вершины учитываются человеком одновременно и образ пространственной модели выстраивается в воображении человека правильно. В случае, если на чертеже имеются погрешности (размерных составляющих или качества изображения проекций), то ссылаясь на свой опыт и здравый смысл представления чертежей человек параллельно с процессом моделирования трехмерного тела производит мысленную коррекцию представленных ему чертежей для формирования правильного образа пространственного объекта.

Таковыми образом, характерные черты процесса генерации твердотельной модели по чертежу человеком имеют следующий вид:

- применение более эмпирического подхода, нежели логического;
- качественное осмысление фигуры;

- определение и устранение ошибок, неточностей и условностей в чертежах;
- параллельное всестороннее моделирование объекта в связи с одновременным рассмотрением вершин, граней и ребер;
- постоянное взаимодействие со всей информацией о детали.

Поскольку компьютер оперирует логическими последовательными операциями и не может, как человек, мыслить пространственно, то для формализации процесса генерации твердотельной модели по видам чертежа необходимо все действия описать логически [5]. Для этого необходимо внести ограничения математической модели в виде использования в качестве основы для послойного воссоздания те чертежи, построение видов которых выполнено в соответствии с правилами построения эпюры Монжа [3]. В таком случае весь алгоритм решения задачи можно представить в следующем виде:

1. Задание координатных осей каждому из видов.
2. Определение вершин на трех видах чертежа.
3. Определение трехмерных вершин объекта.
4. Определение вспомогательных точек.
5. Генерация ребер модели.
6. Генерация трехмерной модели.

Первым этапом реконструкции является организация эффективного поиска и установления координат точек каждого вида, для чего необходимо введение координатных осей для каждого из видов. Для обеспечения соответствия координат их начало устанавливается в общей точке для каждой проекции.

Вторым этапом реконструкции является нахождение замкнутых графических контуров, но данной задаче предшествует задача разбиения всех пересекающихся графических примитивов на отдельные элементы в точке их пересечения. Для нахождения точек пересечения примитивов необходимо решить уравнение, задающее эти примитивы.

За определением координат вершин трех видов следует этап определения координат вершин в пространстве модели. Для этого из множества точек трех видов определяются совпадения координат, например, координаты точки $A_1 = x_1; z_1$, затем соответственно точек $A_2 = z_2; y_2$ и $A_3 = x_3; y_3$. Анализ полученных координат показывает что $x_1 = x_3 = x$, $y_2 = y_3 = y$, $z_1 = z_2 = z$, подставляя полученные неравенства получаем, что $A_1 = x; z$, $A_2 = z; y$, $A_3 = x; y$. Следовательно, точки A_1 и A_2 имеют общую координату по z , A_2 и A_3 – общую координату по y , A_1 и A_3 общую координату по x , а это в свою очередь означает, что точки A_1, A_2 и A_3 – в трехмерной системе координат являются одной и той же точкой. Используя рассмотренный метод определения пространственных вершин, определяются координаты остальных точек и строится облако точек трехмерной модели.

Этап определения вспомогательной геометрии базируется на правилах определения траекторий пересечения объемных объектов в начертательной геометрии, а именно на методе секущих плоскостей. При реализации данного этапа каждый из видов чертежа разбивается секущими плоскостями. Причем

точкой начала построения плоскостей является вершина с наибольшей координатой: по оси Z – для вида спереди, по оси Z – для вида сбоку, и наименьшую координату по оси Y – для вида сверху.

Определение координат вспомогательных точек в данном случае происходит аналогично определению координат вершин, так как любой примитив имеет ряд параметров, то можно определить точку пересечения двух векторных объектов чертежа.

Последним этапом является непосредственное воссоздание трехмерной модели. Как описывалось ранее, наиболее оптимальным решением процесса воссоздания является его интеграция с системами автоматизированного проектирования, а именно использование методологии создания твердотельных моделей САПР среднего уровня.

Описанный алгоритм позволяет совместить в себе преимущества двух различных методов геометрической реконструкции, а именно В-гер метода и CSG метода, и что немаловажно при его реализации – имеется возможность интеграции с системами автоматизированного проектирования, за счет использования общего математического аппарата при построении трехмерных моделей. Данные преимущества в совокупности позволяют заложить основу для создания модуля конвертирования чертежей в трехмерные модели.

Список используемых источников:

1. Технология цифровых прототипов.
URL: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/index?siteID=871736&id=12098284>
2. Paphakorn Soonanon, Pisut Koomsap. Towards direct transformation of orthographic-view drawings into a prototype. *Virtual and Physical Prototyping*, 4:2, 2009. 75-90.
3. Боголюбов С.К. Черчение // *Машиностроение*, 1989. 366 с.
4. Сидоренко С.А., Черниговский В.А., Герасимов Р.В. Анализ возможностей применения геометрической реконструкции при построении интеллектуальных систем управления быстрым производством // *Университетская наука-региону Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности*. 2013. С. 27-29.
5. Сидоренко С.А., Мелихова М.С., Герасимов Р.В. Исследование возможности применения искусственных нейронных сетей для управления нелинейными системами // *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*. 2015. №1 (46). С. 74-80

© 2016, Герасимов Р.В., Сидоренко С.А.,
Мелихова М.С.

Разработка алгоритма автоматизации
решения обратной задачи начертательной
геометрии

© 2016, Gerasimov R.V., Sidorenko S.A.,
Melihova M.S.

Development of automation algorithm for
solving the inverse problem of descriptive
geometry