

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

*Изложена методика постановки прямой и обратной задач компьютерного моделирования объектов. Прямая задача подразумевает выработку решений на основе имеющихся сведений и правил; обратная – распознавание сущности на основе имеющихся признаков.*

*The methods of the straight and inverse problem of the object computer modeling are stated. The straight problem implies the development of solutions on the ground of the available data and rules: inverse — recognition of the essence on the ground of the available features.*

### Постановка проблемы

Начиная со школы успеваемость учащихся и студентов оценивается по умению решать задачи и практически игнорируется умение ставить задачи. А постановка задачи – это наполовину ее решение. В учебниках формальное описание задач математики, физики, информатики по сути подразумевает их решение и оторвано от реальной проблемы. В итоге, часто программисты способны лишь решать задачи, когда она описана близко к алгоритму.

### Анализ последних исследований и публикаций

В справочной технической литературе, например [1], описаны конструктивные решения, необходимые для проектирования и изготовления изделий. Реализация этих решений с помощью компьютера описана в ряде публикаций, например [2].

В научной литературе описаны теоретические основы различных проблем, например, связанных с распознаванием образов [3]. В статьях [4 – 5] приведены частные решения некоторых из проблем машинного зрения.

### Формулирование цели статьи

В данной статье приводятся примеры решения задач моделирования объектов, на основе которых обобщается этап перехода от реальной проблемы к ее формальному описанию для реализации компьютерными средствами.

### Изложение основного материала

Содержание задачи определяется целью и возможностями ее реализации.

Моделирование задачи – многоэтапный процесс составления описания, необходимого для изготовления какого-нибудь нового технического устройства, на основе его первичного описания. Моделирование с применением компьютера подразумевает переход от реального объекта (мира) к кодированному описанию его свойств при помощи данных и операций над ними. Такой переход, как правило, выполняется через этапы абстрагирования и формализации:

**Абстракция.** Реальный объект характеризуется множеством свойств и связей с другими объектами и явлениями. Описание их всех даже естественным языком едва ли возможно и нецелесообразно. Поэтому среди свойств выбираются наиболее существенные (информативные) признаки объекта с точки зрения поставленных задач (целей). В результате создается описательная (вербальная) модель.

**Формализация.** Содержание модели определяется не только целью, но и возможностями для ее реализации, в данном случае – функциональными возможностями компьютера. Компьютер может хранить числовую информацию и обрабатывать её в алгоритмической последовательности. Исходя из этих принципиальных возможностей, а также возможностей, которые предоставляются программным обеспечением, описательная модель преобразуется в формальную модель.

Среди задач компьютерного моделирования можно выделить два вида – прямую и обратную задачи. Прямая задача подразумевает выработку решений на основе имеющихся сведений и правил; обратная – распознавание сущности на основе имеющихся признаков. Касаясь области искусственного интеллекта можно выделить еще один подвид обратной задачи – создание сущностей на основе кластеризации имеющихся признаков [6].

При компьютерном моделировании подобных задач должны быть реально взвешены цель и возможности для реализации этой цели.

### Пример прямой задачи

Моделирование задачи получения отображения объекта из совокупности входных параметров. Пример моделирования задачи автоматизированного проектирования конкретного изделия – многодисковой фрикционной муфты (рис. 1) – приведен в статье [1].

Исходная информация – описание концептуальной схемы изделия из справочника [2]:

Муфтами называются устройства, с помощью которых соединяют между собою валы для передачи крутящего момента. Фрикционные муфты относятся к группе муфт, которые применяют для соединения валов во время работы. Для таких муфт является обязательной **плавность включения**, что обеспечивается постепенным усилением сил трения между рабочими поверхностями ведущей и ведомой полумуфт. Одна

полумуфта закреплена на валу на шпонке посадкой с натягом, а вторая подвижна в осевом направлении. Прикладывая к подвижной полумуфте осевую силу  $Q$ , замыкают муфту и обеспечивают передачу момента за счет сил трения на стыке торцовых поверхностей полумуфт. Для **уменьшения габаритов и силы нажатия** применяют многодисковые фрикционные муфты (рис. 1). Желаемый эффект достигается за счет увеличения числа пар поверхностей трения (числа дисков).

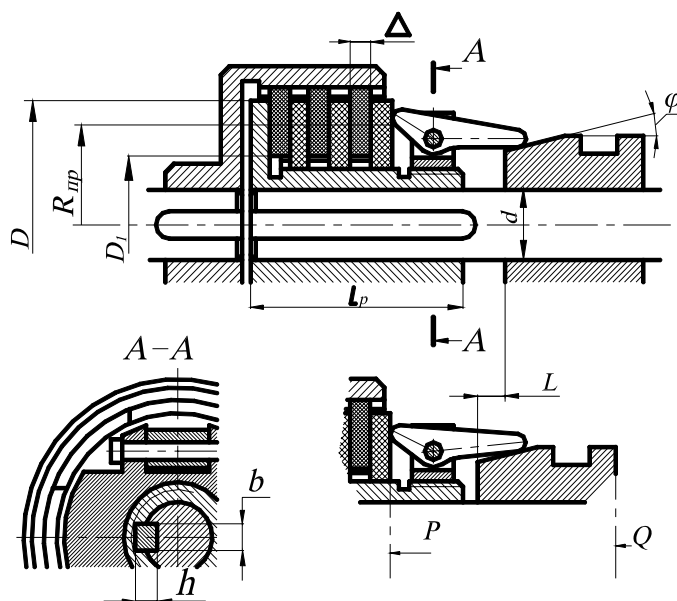


Рис. 1. Чертеж многодисковой фрикционной муфты

На этапе абстракции выделяем те признаки, которые влияют на функционирование изделия, в данном случае – плавность включения муфты (см. рис. 1):

- 1) сила нажатия  $Q$  на коническую втулку;
- 2) суммарное осевое перемещение  $L$  дисков.

На этом этапе также нужно формализовать признак наилучшего конструктивного решения – определить целевую функцию. Таким признаком в данной задаче можно определить наименьшие габариты изделия (хотя при определенных условиях более приоритетным мог оказаться признак минимальной силы нажатия  $Q$ ). В числовом выражении этот признак конкретизируется через объем дискового пространства. Окончательно постановка задачи в формализованном виде представлена ниже.

Разработать систему автоматизированного проектирования многодисковой фрикционной муфты (см. рис. 1).

Данные на входе:

1. Передаваемый крутящий момент  $M_p$  и диаметр вала  $d$ .
2. Ограничения на осевое перемещение  $L_{min}$ ,  $L_{max}$  и силу нажатия  $Q_{max}$ .
3. Характеристики материала дисков (табличные данные).

На выходе конструкторская документация в электронном виде. Задача в данной постановке может быть решена, например, с помощью системы автоматизированного проектирования AutoCAD, SolidWorks [7], Inventor, T-Flex и др.

Задача автоматизированного проектирования муфты в данной постановке была представлена для ее решения на международной олимпиаде по САПР, проводимой в Хмельницком национальном университете. Как показали результаты олимпиады, подобная задача моделируется в системах автоматизированного проектирования SolidWorks, Inventor и T-Flex за 5 – 6 часов. При этом решение данной задачи обеспечивает создание параметрической модели изделия, выбор оптимального варианта, генерацию конструкторской документации на изделие и анимацию.

### Пример обратной задачи

В связи с широким применением систем технического зрения в промышленности и народном хозяйстве актуальным направлением являются разработки, связанные с распознаванием объектов изображения. В целом проблема распознавания образов состоит из описания, обучения и сравнения. Под проблемой описания подразумевается выделение свойств (признаков) образа и определение функции выбора решения. Обучение заключается в наделении признаков соответствующими значениями, а сравнение – в определении близости образов тому или другому множеству. Задача сравнения связана с групповым учетом множества критериев.

Рассмотрим одну из возможных реализаций проблемы распознавания образов на примере идентификации сельскохозяйственной продукции (фруктов и овощей) по цифровому изображению (рис. 2).

В поставленной задаче описание объектов осуществляется через выделение признаков объекта, обеспечивающих его распознавание среди множества других объектов. В идеальном случае признаки не должны зависеть от размеров кучи объекта, расположения и ориентации объектов, но должны содержать

достаточное количество информации для надежной идентификации объектов.

Зрительно один продукт можно отличить от другого (см. рис. 2) через совокупность следующих характеристик: **цвет; текстура; форма; размер.**



Рис. 2. Изображение кукурузы на сером фоне

Каким образом можно формализовать эти характеристики? Первоначально нужно рассмотреть, что из себя представляет цифровое фото. Цифровое фото (растровое изображение) представляет собой массив точек, цвет каждой из которых закодирован определенным образом. Для 24-битного изображения точки рисунка описываются тремя цветами (красный, синий и зеленый), интенсивность каждого из которых кодируется числами от 0 до 255. Эта информация является исходной для поставленной задачи. От нее нужно перейти к формальным признакам (числовым характеристикам), которые позволяют выделять алгоритмически один вид из множества видов продуктов.

Прежде, чем выделять формальные признаки для указанных выше характеристик, необходимо решить задачу отделения множества точек, относящихся к анализируемому продукту. При контрастном и равномерном фоне это можно реализовать двумя способами:

1. Выделяя точки множества продукта в пределах границ этого множества.
2. Отсекая точки фона от массива точек всего изображения.

В первом случае границы множества определяются по пороговому градиенту изменения цветов.

Во втором случае цвет точек фона задается заранее, например, нижним и верхним пределами цветов. Также цвет фона может определяться программно, как наиболее часто встречаемый цвет. Имеются и другие способы (рассмотрены ниже).

**Цвет** большинства продуктов неоднороден. И поэтому он не может быть определен формально, каким либо конкретным кодовым числом. Усреднение по цвету значительно снизит достоверность признака цвета. Поэтому, его можно лишь описать гистограммой повторяемости цветов каждого из 256 кодов. Причем для 24-битного изображения таких гистограмм должно быть три – для красного, синего и зеленого цвета. Признаком по цвету может быть принята степень совпадения гистограмм, оценивание чего можно проводить математическими методами, например, с помощью метода наименьших квадратов, либо через среднее значение цвета в сочетании с дисперсией и другими математическими характеристиками.

При построении гистограмм повторяемость цвета должна быть соотнесена ко всему количеству точек продукта (площади области изображения продукта в точках) для того, чтобы не влияли на признак цвета размеры изображения продукта.

Для некоторых продуктов, которые имеют неоднородный цвет (желто-красное яблоко), целесообразно классифицировать цвета, с последующей их раздельной обработкой.

**Текстура** – рисунок, образуемый на поверхности объекта. Например, арбуз полосатый, кожура апельсина и лимона имеют мелкую зернистость и т. д. Уже из приведенных примеров можно выделить два вида дескрипторов текстуры, первые характеризуют ее на уровне макрообластей, вторые – на уровне микрообластей (вплоть до пиксельной текстуры).

Для формального описания текстуры на уровне макрообластей нужно выделить из объекта области с пикселями однородного цвета (сегментировать объект), а затем уже можно определять формальные признаки: размер выделенных областей (площадь в пикселях); форму (длина большой и малой осей); взаимное расположение (одинаковость расстояния между центрами, параллельность осей и т. д.); градиент цвета между областями.

Для формального описания текстуры на уровне микрообластей следует найти регулярности сочетаний групп пикселов и запомнить их в матричном представлении (см. работу перцептрона).

Существуют и другие более простые способы описания текстуры, один из них – это функциональное представление изменения цвета с помощью метода Фурье. При этом в качестве формальных признаков принимаются коэффициенты уравнений (реализован в данной задаче – см. ниже).

Для описания **формы** прежде всего необходимо выделить граничные точки области объекта, по ним построить сигнатуру области. Сигнатурой называется одномерное функциональное представление границы. Затем можно, исследуя кривую, определять такие признаки формы, как выпуклость, вогнутость и т. п.

Один из вариантов этого метода в качестве сигнатуры использует так называемую функцию плотности наклона. Эта функция представляет собой гистограмму значений угла касательной. Поскольку гистограмма является мерой концентрации величин, функция плотности наклона строго соответствует участкам границы с постоянными углами касательной (прямые или почти прямые участки и имеет глубокие провалы для участков, соответствующих быстрому изменению углов, выступы или другие виды изгибов).

Следует заметить, что в данной задаче необязательно иметь полное представление области от начала до конца, достаточно иметь только лишь куски контура, по которым можно строить гистограммы значений конкретных характеристик.

**Периметром** области называется длина ее границы. Хотя иногда периметр применяется как дескриптор, чаще он используется для определения меры компактности области, равной квадрату периметра, деленному на площадь. Отметим, что компактность является безразмерной величиной (и поэтому инвариантна к изменению масштаба). Она будет минимальной для поверхности, имеющей форму диска.

Размер продукта может определяться по тому же самому периметру. При этом, поскольку может не обнаружиться вся замкнутая линия обхода контура, можно определять форму исходя из функциональных характеристик кусков контура.

#### **Перспективы дальнейших исследований**

Оценивая возможности современных систем автоматизированного проектирования можно отметить, что в перспективе с их помощью можно эффективно реализовывать задачи моделирования САПР комплексного изделия (например, автомобиля), состоящего из множества изделий (типа муфты). Для постановки подобных задач необходимо смоделировать комплексную систему, внутри которой взаимодействуют модели автоматизированного проектирования более простых изделий. При этом необходимо будет решить проблемы оптимальной компоновки изделий, перестройки системы с учетом оптимизации каждого изделия в отдельности и системы в целом и др.

#### **Список використаних джерел**

1. Свирневский Н. С. Моделирования задачи автоматизированного проектирования изделия / Свирневский Н. С. – Хмельницкий : ТУП, 2006. – 359 с.
2. Чернин И. М. Расчеты деталей машин / И. М. Чернин, А. В. Кузьмин. – Минск : Вышэйшая школа, 1974. – 590 с.
3. Shalkoff R. J. Digital image processing and computer vision / Shalkoff R. J. – New York – Chichester – Brisbane – Toronto – Singapore : John Wiley & Sons, Inc., 1989. – 489 p.
4. Свирневский Н. С. Идентификация образов по статистическим характеристикам цвета / Н. С. Свирневский, В. Г. Камбург // Вісник ХНУ. – 2005. – № 3. – С. 110 – 113.
5. Свирневский Н. С. Метод идентификации объектов по признакам текстуры поверхности через разложение сигнала цвета в ряд Фурье / Свирневский Н. С. // Искусственный интеллект. – 2006. – № 4. – С. 796 – 803.
6. Свирневский Н. С. Оценка возможности имитации интеллекта на компьютере / Свирневский Н. С. // Вісник ТУП. Технічні науки. – 2004. – № 1. – Ч. 1. – С. 166 – 168.
7. Тику Ш. Эффективная работа: SolidWorks 2004 / Тику Ш. – СПб. : Питер, 2005. – 768 с.