

А.В. ТЕРЕХИН

**Концепция распознавания
произвольно расположенных
трехмерных объектов по двум
изображениям проекций**

УДК 004.932.2

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г. Муром

В статье предложена новая концепция к распознаванию трехмерных объектов по изображениям двух проекций с использованием моделей окто-деревьев и признаков формы.

Введение

В настоящее время активно автоматизируются сборочные процессы на конвейерах современных промышленных предприятий. Во многих случаях узлы, которые необходимо собирать, представляют собой совокупность объемных деталей. Поэтому задача создания новых подходов к распознаванию произвольно расположенных трехмерных объектов является актуальной.

Современные системы автоматического распознавания трехмерных объектов (САР) работают по различным принципам. Наиболее популярными по применению при конвейерной сборке деталей являются камеры фирмы IFM Electronic, датчики технического зрения фирмы Balluff, Sensorpart и системы автоматического распознавания фирмы SICK [1-3].

Датчик технического зрения IFM Electronic O3D2 имеет матрицу с разрешением 64x48 пикселей. Каждый пиксел чипа измеряет расстояние до самой близкой поверхности объекта. Таким образом, получается 3072 значений расстояния до объекта. Изображение на чипе матрицы и соответствующие значения расстояния соответствуют трехмерному изображению. На основе данных можно выполнить детальную оценку характеристик и положения объекта.

Камеры машинного зрения IFM Electronic O2D2, использует падающий свет или лампу подсветки, чтобы обнаруживать контуры

объекта. После обнаружения, электроника прибора сравнивает полученное изображение с изображением эталонных контуров в памяти и, в зависимости от степени соответствия, выдает сигнал.

Видео-датчики фирмы Balluff так же используют падающий свет или лампу подсветки для получения контурного изображения объектов. С помощью встроенного в ПО ConVis® Software набора инструментов можно задать и сравнить по определенным признакам с эталонным изображением: контрастность, ширину, контур, положение объекта в поле зрения и другие параметры (всего 7 инструментов в одном видеодатчике).

Во всех камерах, выпускаемых компанией SICK/IVP, используется принцип трехмерной лазерной триангуляции. Это технология получения трехмерного изображения путем подсветки объекта лазером с одной стороны и получения камерой изображения профиля, формируемого этим лазером (рис. 1).

Множество таких профилей формируют трехмерное изображение объекта. При этом требуется обязательное движение объекта относительно камеры и лазерного луча. Важным параметром для трехмерного сканирования является поле зрения.

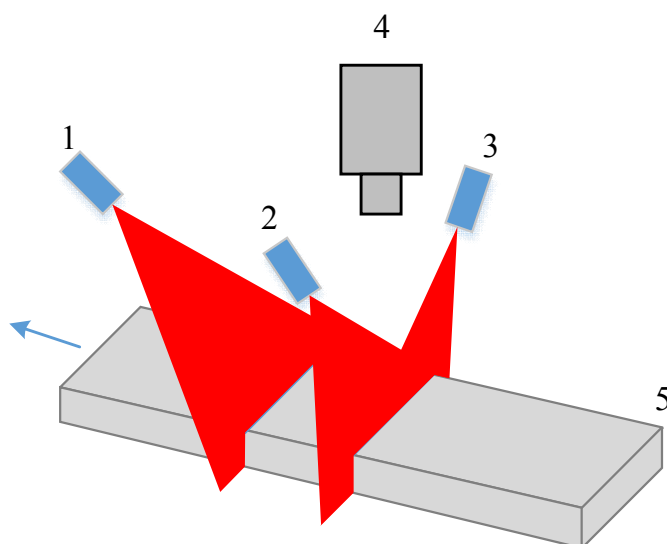


Рис. 1. Схематическое представление операции трехмерной лазерной триангуляции

Датчики технического зрения Sensorpart анализируют изображение, получаемое при помощи одной камеры. Для идентификации

выполняется сравнение форм, определение контуров, яркости, порога серого и контрастности.

Исходя из вышеперечисленных принципов работы можно выделить следующие основные недостатки существующих систем, затрудняющие или исключаящие возможность распознавания произвольно расположенных на конвейере трехмерных объектов:

1. При лазерной триангуляции требуется обязательное движение объекта относительно камеры и лазерного луча, а так же объекты не могут быть произвольно расположены на сцене.

2. Применение датчиков расстояний, как и использование одной камеры вносит ошибки распознавания трехмерных объектов, например в случаях, когда несколько разных объектов направлены к датчику одинаковыми проекциями (например, сфера и цилиндр одного диаметра). В таких ситуациях системы не могут обеспечить даже близкую к 100% вероятность верного распознавания, либо будут выдавать не верные результаты.

В данной статье описывается новая концепция, позволяющая решить задачу распознавания произвольно расположенных трехмерных объектов.

Концепция

Для примера можно рассмотреть несколько трехмерных геометрических фигур.

Допустим, на сцене расположены куб, параллелепипед, и 2 цилиндра (рис. 2).

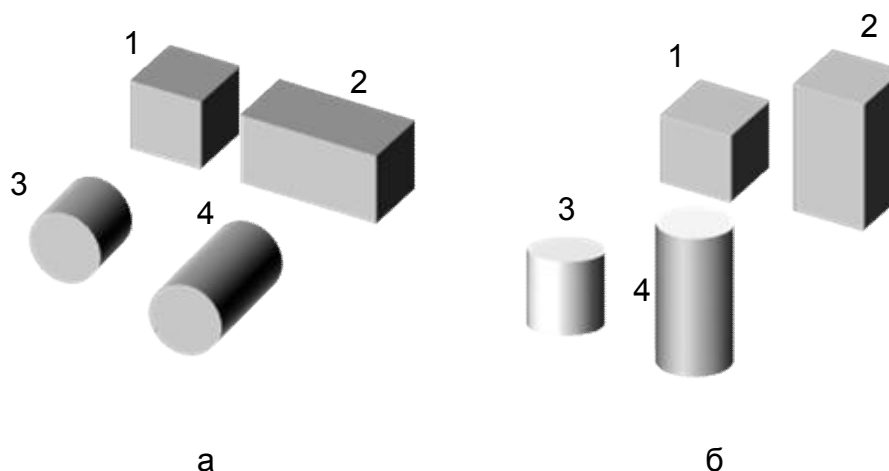


Рис. 2. Трехмерные геометрические фигуры

При этом, ширина и высота куба совпадают с шириной и высотой параллелепипеда, диаметры цилиндров равны.

Сделав снимок объектов одной камерой, расположенной над центром сцены можно получить их прямоугольные проекции (рис. 3).

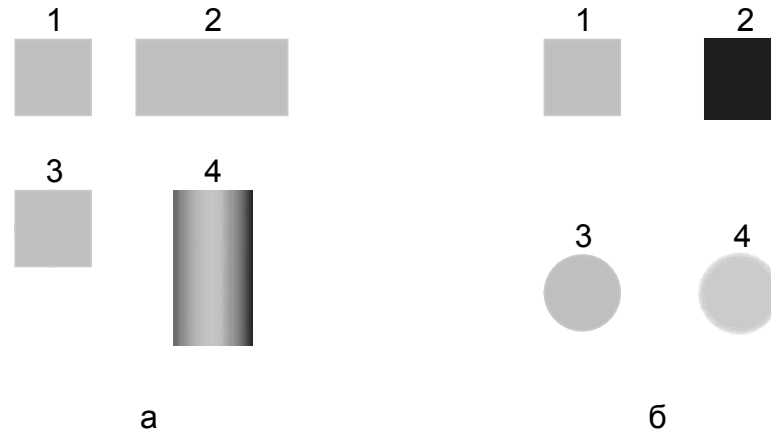


Рис. 3. Прямоугольные проекции трехмерных фигур

При распознавании объектов на рис. 3 а, у объектов 1 и 3 получились одинаковые значения признаков, как и у объектов 2 и 4, и на рис. 3 б – у объектов 1 и 2, 3 и 4, что помешало их идентификации. Отсюда можно сделать вывод, что при распознавании трехмерных объектов, одного изображения часто бывает не достаточно.

При рассмотрении только косоугольных проекций (рис. 2) возникают аналогичные ситуации при определенном ракурсе и расположении трехмерного объекта.

Суть предлагаемой концепции заключается в использовании двух изображений, получаемых с двух камер. Одна из камер располагается над сценой, другая под углом к сцене (рис. 4).

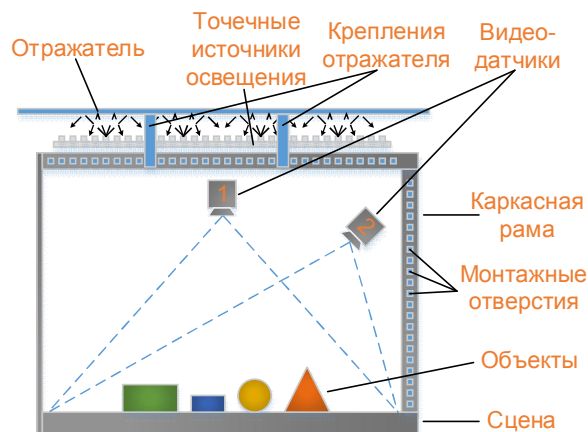


Рис. 4. Схема макета системы автоматического распознавания трехмерных объектов

Камеры располагаются таким образом, что формируемая с их помощью пара изображений позволяет получить достаточное количество информации для идентификации трехмерных объектов.

Камера 1 (далее основная камера), изображенная на рис. 4, располагается над центром сцены и фиксирует ортогональные проекции трехмерных объектов. Любой трехмерный объект имеет 6 ортогональных проекций (на машиностроительных чертежах проекционные изображения внешней видимой поверхности предмета называют видами). **Вид** — это изображение обращенной к наблюдателю видимой поверхности предмета. Стандарт устанавливает шесть основных видов, которые получаются при проецировании предмета, помещенного внутрь куба, шесть граней которого принимают за плоскости проекций.

Вид спереди (главный вид) размещается на месте фронтальной проекции. Вид сверху размещается на месте горизонтальной проекции (под главным видом). Вид слева располагается на месте профильной проекции (справа от главного вида). Вид справа размещается слева от главного вида. Вид снизу находится над главным видом. Вид сзади размещается справа от вида слева.

Число видов выбирают минимальным, но достаточным для того, чтобы точно представить форму изображенного трехмерного объекта. То есть для идентификации одних объектов может быть достаточно трех проекций, а для других необходимо рассмотрение всех шести.

Главный вид должен содержать наибольшую информацию о предмете. Поэтому деталь необходимо располагать по отношению к фронтальной плоскости проекций так, чтобы видимая поверхность ее могла быть спроецирована с наибольшим количеством элементов формы. Кроме этого, главный вид должен давать ясное представление об особенностях формы, показывая ее силуэт, изгибы поверхности, уступы, выемки, отверстия, что обеспечивает быстрое узнавание формы изображенного изделия.

К сожалению, часто случаются ситуации, когда основных видов не достаточно для верного распознавания трехмерных объектов, по причине, описанной в начале статьи. В таких случаях, когда одного изображения проекции трехмерного объекта не хватает, в соответствии с предлагаемой концепцией, для верного распознавания, ис-

пользуется второе изображение, получаемое при помощи камеры 2 (далее дополнительной камеры), изображенной на рис. 1. Это изображение представляет собой косоугольные проекции расположенных на сцене трехмерных объектов.

Примеры пар проекций схематически изображены на рис. 5. (а – ортогональные проекции, б – косоугольные).

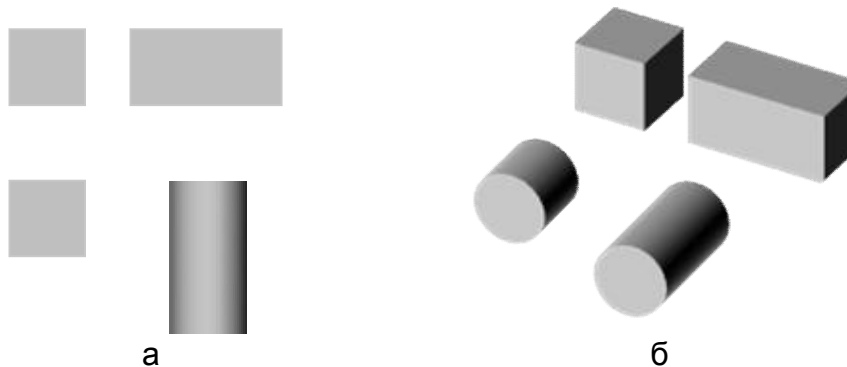


Рис. 5. Примеры пар проекций трехмерных объектов

По отдельности данные изображения имеют недостаточное количество информации для верного распознавания объектов со схожими по форме проекциями. Использование в совокупности изображений объектов с разных ракурсов позволит повысить точность их распознавания.

Если для распознавания ортогональных проекций трехмерных объектов достаточно создать базу данных их эталонов, представляющих собой 6 векторов признаков [10, 11] для каждой из проекций, то для распознавания косоугольных проекций такой способ неприменим. Это связано с тем, что случайное расположение объекта на сцене может представляться бесконечным множеством изображений, каждое из которых, несмотря на то что будет относиться к одному и тому же объекту, будет иметь различные характеристики. Для решения данной проблемы в данной концепции предлагается использовать трехмерные модели эталонов, которые строятся по их ортогональным проекциям.

Существует множество способов представления и хранения трехмерных моделей. В данном случае предлагается использование алгоритма представления объектов в виде октодеревя [4-8]. Выбор именно такого представления трехмерных объектов объясняется удобством их обработки (за счет иерархической структуры) и

минимальным объемом требуемой для хранения памяти ЭВМ, что существенно ускоряет их построение.

С учетом вышеописанного концептуальная схема предлагаемого подхода будет выглядеть следующим образом (рис. 6).

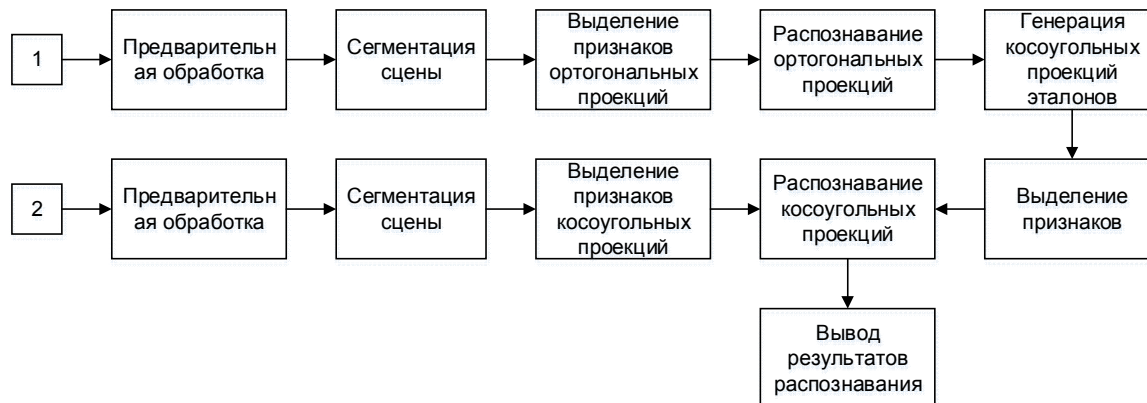


Рис. 6. Концептуальная схема процесса распознавания трехмерного объекта

На рис. 6 цифрами 1 и 2 обозначены основная и дополнительная камеры соответственно.

1. Прежде чем приступить к распознаванию, изображение ортогональных проекций трехмерного объекта (аналогичное схематическому – рис. 5 а) проходит операции предварительной обработки с целью избавления различных помех, сокращения уровня шумов.

2. Далее выполняется сегментация сцены, для определения границ между фоном и изображениями проекций.

3. После того, как на сцене были локализованы проекции трехмерных объектов, для каждого из них вычисляются признаки.

Успех в решении задачи распознавания объектов зависит в значительной мере от того, насколько удачно выбраны признаки. Исходный набор характеристик часто бывает очень большим. В то же время приемлемое правило должно быть основано на использовании небольшого числа признаков, наиболее важных для отличия одного объекта от другого. В рамках данной концепции рассматривались признаки формы, такие как площадь, периметр, длина, ширина изображения проекции объекта и тд. Анализировать данные признаки в явном виде зачастую бывает трудоемко. Это связано с тем, что они имеют различные единицы измерения. Некоторые признаки у одних и тех же объектов имеют крайне малые значения, другие же наоборот очень большое.

Для решения данной проблемы предлагается заменять абсолютные величины относительными.

При формировании вектора признаков формы необходимо пользоваться следующей общей формулой:

$$k_{np} = \frac{a}{b}$$

где a, b – постоянные величины (длина отрезка; длина, ширина изображения проекции объекта; длина отрезка между центрами отверстий, длина отрезка между центром объекта и отрезками и тд).

При этом, $a < b$. Сформированные таким образом признаки будут характеризовать отдельные показатели формы проекций объектов и иметь диапазон значений от 0 до 1. Данный вид признаков существенно упрощает вычисления и ускоряет процесс распознавания.

4. После вычисления признаков рассматриваемых объектов, производится их распознавание путем сравнения с соответствующими значениями эталонов. После завершения данного этапа возможны два варианта:

1) Объект распознан. Это означает что в базе данных был найден только один эталон, проекция которого совпадает по признакам с представленной на изображении.

2) По результатам распознавания были найдены несколько эталонов.

Во втором случае, для каждого из найденных эталонов строится трехмерная модель, поворачивается в виртуальном пространстве аналогично расположению рассматриваемых трехмерных объектов и генерируется косоугольная проекция.

5. Пункты 1-3 выполняются для изображения, полученного при помощи дополнительной камеры.

6. Выполняется идентификация косоугольной проекции среди полученных после выполнения пункта 4 эталонов.

7. Выводятся результаты распознавания трехмерного объекта.

С учетом всего вышесказанного можно представить структуру эталона трехмерного объекта и определить правило или условие верного распознавания трехмерного объекта.

На рис. 7 представлена схема структуры трехмерного объекта.

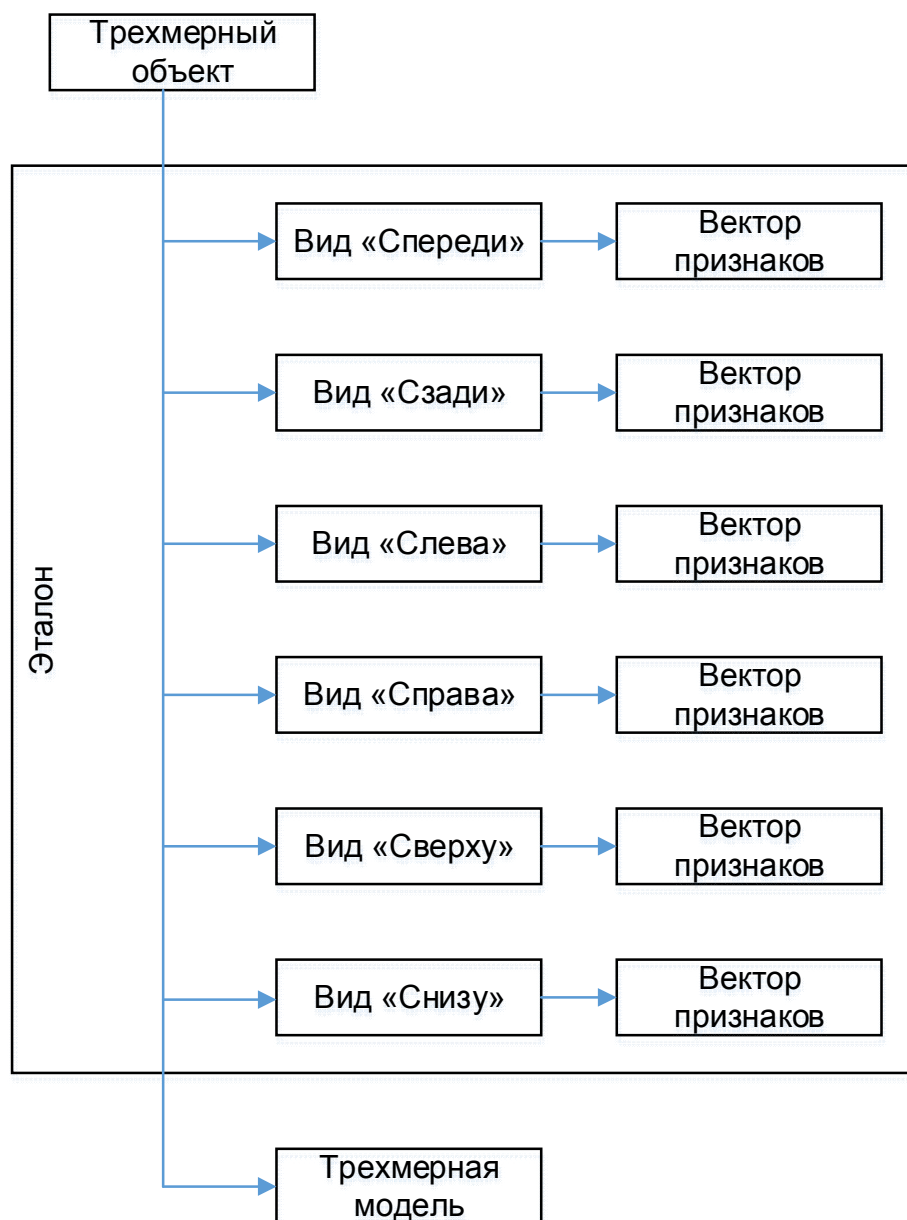


Рис. 7. Структура трехмерного объекта

Согласно предлагаемой концепции, каждый эталон трехмерного объекта будет состоять из 6 векторов признаков, для каждой из его ортогональных проекций и трехмерной модели, позволяющей сформировать косоугольную проекцию в виртуальной сцене с любого ракурса.

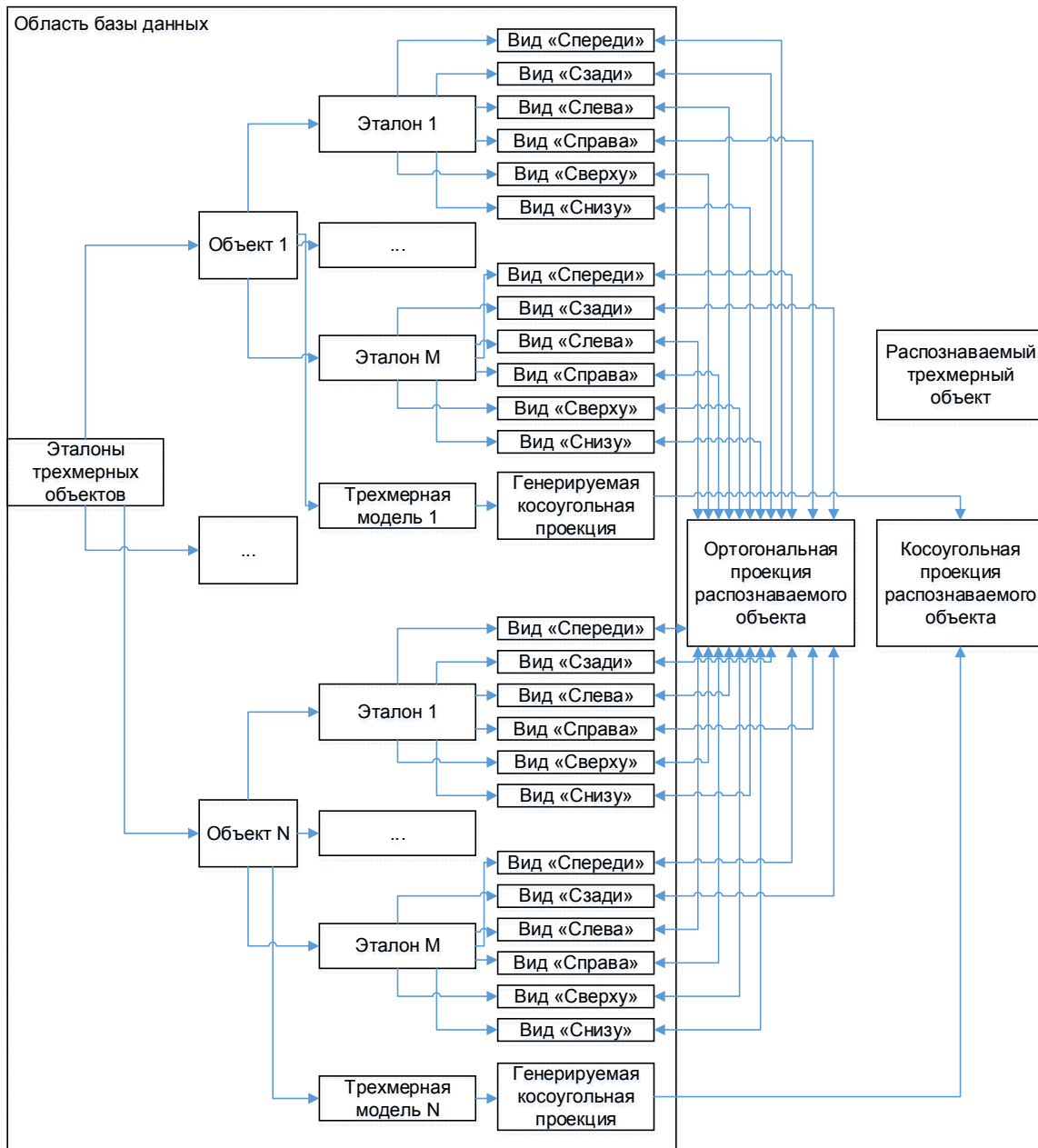


Рис. 8 Схема процесса распознавания трехмерного объекта

Ортогональная проекция идентифицируемого объекта последовательно сравнивается со всеми ортогональными проекциями всех эталонов трехмерных объектов в базе. После этого, для распознанных эталонов строятся косоугольные проекции по их трехмерным моделям, и происходит сравнение с косоугольной проекцией идентифицируемого объекта.

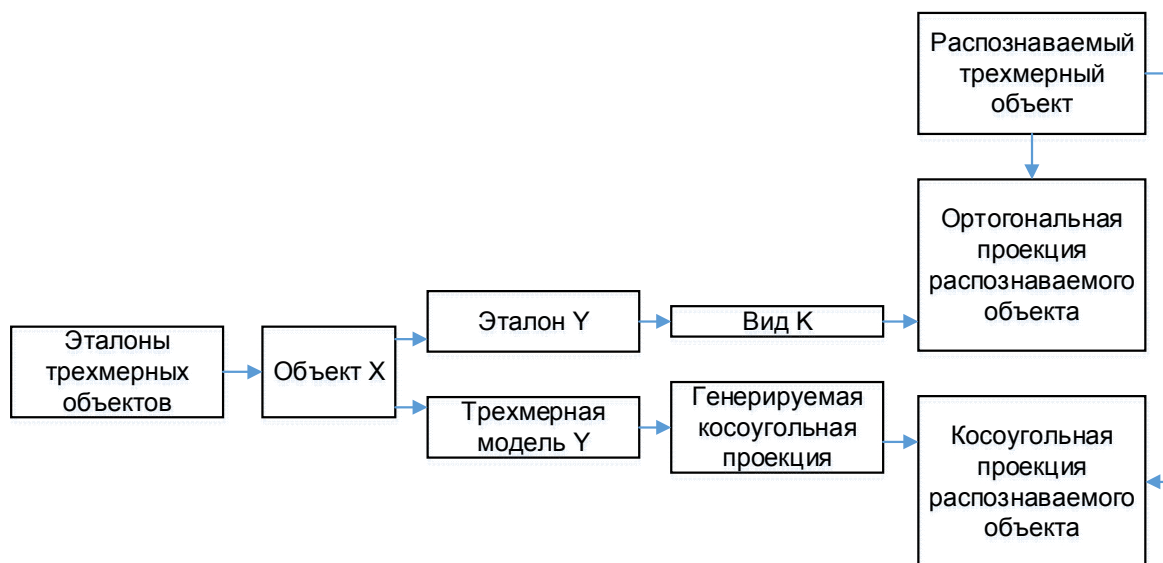


Рис. 9. Решающее правило распознавания трехмерного объекта

Объект считается распознанным, если в базе данных эталонов после выполнения операции распознавания, была найдена только одна пара проекций (ортогональной и косоугольной), как показано на рис. 9.

Заключение

В данной статье была предложена новая концепция, решающая задачу распознавания произвольно расположенных трехмерных объектов в системах автоматического распознавания с использованием двух камер. Данная концепция может быть использована при разработке и проектировании систем автоматического распознавания на сборочном конвейере [9], а так же для решения прикладных задач [10].

Литература

1. Sensoren // ensoren.ru: сайт. URL: <http://www.sensoren.ru> (дата обращения: 25.11.2013)
2. Sick sensor intelligence // sick-automation.ru: сайт. URL: <http://www.sick-automation.ru/> (дата обращения: 25.11.2013)
3. Sensotec // sensotek.ru: сайт. URL: <http://sensotek.ru/> (дата обращения: 25.11.2013)
4. Цыганков М.А.: Эффективная визуализация объемов с помощью октантных деревьев. // Программирование. 1999. № 3. С. 32-42.
5. Волобой А.Г.: Метод компактного хранения октантного дерева в задаче трассировки лучей. // Программирование. 1992. № 1. С. 21-27.

6. *Jackins, C.L., Tanimoto, S.L.*: Octrees and Their Use in Representing Threedimensional Objects. CGIP. 14 (1980) p. 249-270

7. *Noborio, H., Fukuda, S., Arimoto, S.*: Construction of the Octree Approximating Three-dimensional Objects by Using Multiple Views. IEEE Trans. PAMI. Vol. 10 No. 6 (1988) p. 769-782

8. *Chien, C.H., Aggarwal, J.K.*: Volume/Surface Octrees for The Representation of 3-D Objects. CGIP. Vol. 36 (1986) p. 100-113

9. Терехин А.В. Распознавание трехмерных объектов с использованием двух камер // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2013. № 4. С. 57-62

10. Терехин А.В. Распознавание трехмерных объектов по изображениям двух проекций / Информационные технологии. 2014. №4. С. 43-48