

УДК 004.932.4

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ С ИЗВЕСТНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ**Хмелевой С. В., Землянская С. Ю., Титова А. Ю.****DETECTION OF IMAGES OF OBJECTS WITH KNOWN GEOMETRY****Hmelevoy S., Zemlyanskaya S., Titova A.**

По двумерному видеоизображению движения объекта определяется его трехмерное пространственное положение. Объект, заранее задан и представляет собой агломерат из нескольких склеенных между собой шаров, что дает возможность визуально четко определять его позицию. Производим поиск границ объекта на изображении при помощи оператора Собеля. Получена трехмерная модель объекта.

Ключевые слова: *оконтуривание изображений, проекция трехмерной модели, итеративный алгоритм.*

Введение Задача поиска трехмерного пространственного положения объекта возникла как одна из задач определения динамики сложных частиц и объектов, стоящих перед институтом технологии частиц (Institute of Solids Process Engineering and Particle Technology) технического университета г.Гамбург, Германия. Наряду с химическими задачами перед институтом стоит ряд задач, требующих применения вычислительной техники для измерения и моделирования поведения частиц.

Имеется некоторый объект, представляющий собой агломерат, состоящий из соединенных сфер одинакового радиуса (0).

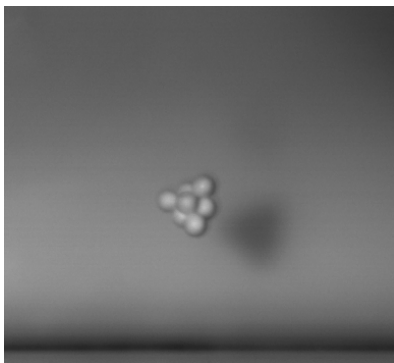


Рис. 1. Объект исследования

Объект может находиться как в свободном падении, контактируя с землей и отскакивая от неё, так и в горизонтальном полете, контактируя с жесткой стенкой. Кроме этого, в зависимости от свойств агломерата возможно разрушение объекта, распад его на несколько более мелких частей. Нахождения простой линейной скорости движения объектов в случае данной задачи недостаточно.

Необходимо полное определение всех сил, действующих на объект, для чего важно нахождение, в том числе и угловой скорости, причем в двух осях. Видеоизображение же, однако, может быть снято только двумерное. Измерение скорости вращения агломерата в двух осях всего по двумерному видеоизображению является нетривиальной научной задачей и представляет как научный, так и практический интерес [1].

Целью статьи является найти трехмерное пространственное положение, выделенного объекта на изображении. Для этого необходимо решить задачи определения положения агломерата, его угла наклона, трехмерную модель и трехмерную скорость движения.

Анализ методов решения задачи Описание трехмерных фигур, создание трехмерных моделей является актуальной научной задачей. Уже существуют стандартные бенчмарки [2, 3, 4, 5], где представлены в различных форматах трехмерные представления животных, людей, геометрических фигур в различных форматах. В [6] методы трехмерного представления моделей разделяют на:

- представление контура фигуры в метрическом пространстве;
- представление с помощью каких-то характеризующих объект параметров (гистограмм);
- представление с помощью особых точек на поверхности объекта (максимумов яркости, перепадов яркости и т.д.);
- представление с помощью геометрических составляющих объекта (ног, рук, головы для человеческой фигуры).

Там же выделяют геометрии и пространства для описания и сравнения таких моделей, из которых можно отметить следующие:

- метрическую геометрию;
- дифференциальную и риманову геометрию;
- дискретную геометрию;
- спектральные пространства.

Среди методов синтеза и обработки объектов выделяют:

- теоретический расчет фигур;
- морфологические преобразования;
- редактирования базовых объектов;
- фильтрацию изображений.

Кроме вопроса трехмерного моделирования, данное исследование связано с темой инвариантного к повороту трехмерного детектирования объектов. Но все работы в данной области также можно отнести к некоторым из описанных выше групп.

Представление **особых геометрических частей** объектов применено в методе 3d SURF (Speeded Up Robust Features). Метод предназначен для определения наличия на зашумленном изображении одной из заранее известных фигур. Выделяются специфические части фигуры, для которых и получаются такие характеристики. Описание специфических точек производится на **дискретном пространстве поиска**, в частности, в [7] – на трехмерном кубе с 256^3 ячейками. Используется матрица Гессииана, содержащая вторые смешанные производные яркостей изображения. Характерные части трехмерной фигуры представляют в виде описательного набора:

$$\{fd, qp, [xp, yp, zp]\},$$

где fd – дескриптор точки;

qp – масштаб точки;

$[xp, yp, zp]$ – позиция точки.

Такие дескрипторы 3d SURF приводятся различными способами [8] к характеристике инвариантного поворота и затем классифицируются с помощью преобразования Хафа [9]. Метод дает возможность распознавать деформированные объекты, например, одну фигуру, находящуюся в различных позициях.

Особые точки на поверхности объекта используются, например, в методе 3d SIFT (Scale Invariant Feature Transform, инвариантное к масштабу преобразование ключевых точек) [10]. В этом методе трехмерное изображение описывается четырехмерной функцией, полученной на основе Гауссиана. Далее находится изображение в пространстве DoG (difference-of-Gaussian) и экстремумы этого изображения, которые после фильтрации и являются ключевыми точками изображения, которые потом приводятся инвариантной к вращению и масштабу. Метод тестировался на медицинских изображениях при различных углах поворота и масштабе. Применение

метода SIFT для распознавания объектов использовалось, например, в [**Ошибка! Источник ссылки не найден.1**]. Сначала получался набор характеристик объекта, затем на изображениях находились эти объекты, даже частично скрытые.

В качестве примера применения **спектральных методов** можно привести [**Ошибка! Источник ссылки не найден.2**], где для получения инвариантного к повороту представления используется преобразование Фурье для изображения, переведенного в сферические координаты. В качестве примера используются изображения микроскопических зернышек пыльцы. Фазовую составляющую полярного преобразования Фурье можно использовать и для определения угла поворота относительно оси XZ. Однако угол поворота относительно оси XY так определить нельзя. Также преобразование и сферическое преобразование Фурье для распознавания трехмерных фигур приведены в [10, 114]. В [14] для этой цели также используются моменты фигур, а в [15] – гистограммы фигур. Также смешанный пространственно-частотный подход использован в [16] для детектирования поворотов объектов вращения (колес, цветов и т.д.)

В [17] предлагается использовать **особые точки на спектральном представлении** объекта. Объект сначала переводится в частотную область, затем приводится к независимому от угла поворота виду; далее получаются отклики от каждого из набора трехмерных фильтров, которые настраиваются на распознавание одного известного объекта. По откликам уже определяется, имеется ли на данном изображении какой-либо известный объект. Как показали исследования, такой подход хорош для определения простых объектов, например, глаз. Но для более сложных структур применимость частотных методов ограничена. Также серьезным недостатком частотных методов является трудность получения именно угла наклона объекта.

Кроме вышеприведенного анализа, в [18] для задачи распознавания лиц приведена следующая группировка методов:

- базированные на правилах, кодирующих априорные знания об объектах;
- базирующиеся на работе со структурными частями объектов, что позволяет варьировать позиции, освещение, точку наблюдения;
- методы сравнения с шаблоном. Используется корреляция между фрагментом изображения и хранящимся шаблоном;
- базирующиеся на внешнем виде. Вместо шаблонов используют набор изображений, полностью характеризующих объект со всех сторон.

Однако такая классификация явно неполная, и построена только на анализе работ по распознаванию лиц.

Анализ применимости существующих методов распознавания трехмерных моделей к заданной

задаче показал, что спектральные методы для решения задачи малоприменимы. Недостатками таких методов является как затрудненность работы со сложными объектами, так и трудность выделения угла наклона из частотного представления. Дискретную геометрию использовать нет необходимости, поскольку разрешение изображений невысоко, сам объект достаточно простой и вычислительная сложность работы с таким объектом тоже совершенно невысокая. Использовать же дифференциальную геометрию нецелесообразно без достаточно веских причин, поскольку не доказана неэффективность работы с простейшей метрической геометрией. Поэтому работа по определению трехмерной скорости будет проводиться в простейшей метрической геометрии.

Однако сама задача определения трехмерного положения объекта, как показал анализ, является вполне малоизученной и решение её представляет собой значительный научный и практический интерес.

Общий подход к решению задачи исследования. Как показал анализ исследований, при наличии явного объекта, который необходимо распознать на изображении, наиболее распространенным и вполне уместным решением будет создание некоторой базы моделей, с которым будет проводиться сравнение изображения. На самом изображении вполне логично будет провести поиск «областей интереса», а также подвергнуть его улучшению и фильтрации. После чего обработанное изображение должно сравниваться с некоторой базой моделей с целью определения одной наиболее соответствующей. То есть, для решения данной задачи предлагается решение следующих этапов:

- обработка и улучшение исходного изображения с целью выделения информативной части объекта (используются методы фильтрации изображений и морфологические преобразования изображений);
- построение базы моделей, с которыми будет вестись сравнение (включает теоретическое построение трехмерной модели объекта);
- сравнение обработанного изображения с базой моделей (с использованием алгоритмов расчета схожести изображений).

Постановка задачи исследования На этапе выделения границ объекта необходимо определить методы предобработки изображений F , преобразующие исходные изображения A_i в бинарные изображения $O_i = F(A_i)$. При этом должен максимально сохраняться контур каждой окружности, длина разрывов в контуре должна быть минимальной, а сами окружности внутри должны быть заполнены нулями.

На этапе получения проекции модели должна быть сформирована модель M объекта, которая может вращаться в трех плоскостях. Повернутая на углы α, β, γ модель $M(\alpha, \beta, \gamma)$ должна быть

спроецирована на плоскость и будет получена проекция $P(M(\alpha, \beta, \gamma))$.

На этапе сравнения изображения с проекцией необходимо найти меру различия $Dist$ между бинарным изображением $F(A_i)$ и проекцией модели $P(M(\alpha, \beta, \gamma))$. Также необходимо найти такие углы α, β, γ , при которых мера различия $Dist(F(A_i), P(M(\alpha, \beta, \gamma)))$ была минимальной.

Далее рассмотрены подробности пути решения каждого из этих этапов.

Обработка и улучшение исходного изображения Проведен анализ методов предобработки изображений [19]. Он показал, что для подготовки изображения достаточно использование средств пакета Matlab [20]. Данный пакет предоставляет все необходимые средства, как для оконтуривания, так и для бинарных операций. Поэтому обработка и улучшение исходного изображения в данной работе производятся с помощью средств пакета Matlab.

Края (границы) объекта – это кривые на изображении, вдоль которых происходит резкое изменение яркости или других видов неоднородностей на изображении. Другими словами, край – это резкий переход/изменение яркости [21]. Классическим способом для выделения границ является оператор Собеля [22], в котором пиксели изображения подвергаются умножению на матрицу (1) для выделения горизонтальных границ.

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Для выделения вертикальных границ матрица транспонируется. Получается два результата от фильтрации

этими двумя фильтрами, потом результаты усредняются с помощью среднего квадратичного. Такой метод позволяет очень хорошо выделять границы именно круглых фрагментов изображений (0д, е, ж).

Построение базы моделей Как видно из 0, агломерат состоит из 7 шарообразных частей с одинаковыми радиусами. Эксперименты на изображениях, полученные с помощью преобразования Хафа [9], позволили получить размеры этих шаров в пикселях. Зная, что объекты склеиваются между собой, нетрудно определить места, где именно они соприкасаются.

Далее, на основании расчета мест соприкосновения, несложно рассчитать координаты центров шаров. Координаты центров совместно с длиной радиуса шаров полностью характеризуют объект и позволяют, путем их вращения, получить

проекцию объекта в любом положении. Затем удаляются те точки проекции, которые заслоняются частями объекта, которые находятся на переднем плане.

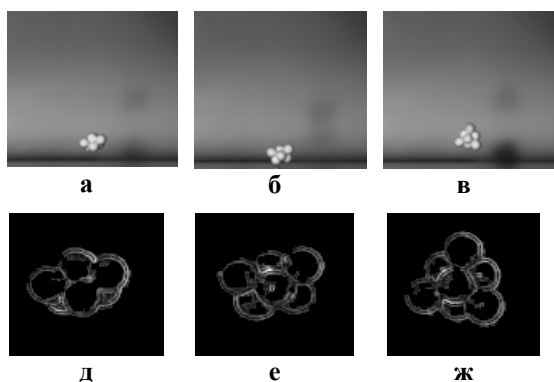


Рис. 2. Фрагменты видеоряда падения изображений:
а, б, в – исходные изображения;
д, е, ж – обработанные оператором Собеля

Поскольку вычислительная сложность построения проекции модели невелика, база моделей как таковая не строится. Для сравнения просто заново выполняется генерация проекции модели в нужном положении.

Сравнение обработанного изображения с проекциями моделей Поскольку объект полностью определяется центрами шаров и их радиусами, поворот объекта в трехмерном пространстве осуществляется путем умножения этих центров на матрицы поворота [23]:

$$M_x(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$M_y(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \sin(\alpha) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$M_z(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Совместный поворот осуществляется последовательным поворотом вокруг каждой из осей.

Такой поворот имеет значительный недостаток: результат нескольких последовательных поворотов на малые углы не равен результату одного большого поворота на сумму этих углов. Также последовательные повороты вокруг всех трех осей не дают того же результата, что один совместный поворот. Однако и матрица совместного поворота не избавляет от вышеуказанного недостатка. Поэтому принято решение при последовательных поворотах

производить один большой совместный поворот, перед этим возвращая фигуру в исходное состояние и потом поворачивая на измененный угол. Такой поворот дает стабильный и повторяемый результат, который можно проверить.

Проекция объекта после поворота получается путем нанесения на плоскость границ каждого шара агломерата, и потом удаления точек, находящихся внутри проекций более близких шаров.

Нахождение меры схожести проекции и изображения. В [6] выделяют следующие виды сходства, каждый со своими достоинствами и недостатками:

- Подобность формы. Просто вычисляется (евклидово расстояние), но не позволяет определять частичную подобность.
- Итеративный алгоритм ближайших точек (Iterative closest point, ICP).

Рассмотрим итеративный алгоритм, упрощенная блок-схема которого представлена на рис.3. Имеются две фигуры: X и Y. Необходимо найти такое перемещение (R,t) для фигуры Y, чтобы перемещенная фигура $Y' = RY + t$ была как можно ближе к X:

$$d(Y', X) = \min_{R,t} d(RY + t, X), \quad (5)$$

где $d(Y', X)$ – некоторое расстояние между фигурами.

Параметрами алгоритма являются:

- выбор меры расстояния между фигурами;
- выбор алгоритма числовой минимизации.

В данном случае алгоритм числовой минимизации работает с параметрами (α, β, γ) , определяющими угол поворота фигуры относительно некоторого начального положения.

В качестве меры расстояния между фигурами в исследовании применяется расстояние Хаусдорфа (Hausdorff distance):

$$d(Y', X') = \max \left\{ \max_{x \in X} d(x, Y'), \max_{y \in Y'} d(y, X') \right\}, \quad (6)$$

где $d(x, Y') = \min_{y \in Y'} \|x - y\|$ – расстояние между точкой

x и фигурой Y' ;

$d(y, X') = \min_{x \in X'} \|y - x\|$ – расстояние между

точкой y и фигурой X' ;

Под понятием расстояния между точками понимается следующее:

Пусть имеется некоторое множество точек X, образующих фигуру. Необходимо найти наиболее близкую точку:

$$x^*(y) = \arg \min_{x \in X} \|y - x\| \quad (7)$$

к Y на X . Близость определяется как мера расстояния:

$$d^2(y, X) = \|x^*(y) - y\|_2^2 = \min_{x \in X} \|x - y\|_2^2 \quad (8)$$

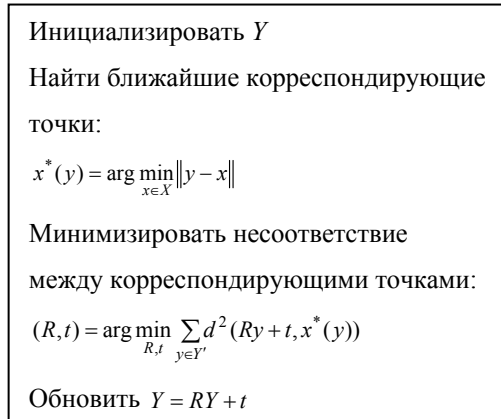


Рис. 3. Упрощенная блок-схема итеративного алгоритма ближайших точек

Для решения данной задачи итеративный алгоритм ближайших точек был модифицирован. Фигура Y , которая, согласно алгоритму, может быть перемещена, в данном случае не должна быть линейно сдвинута (нас интересует угол наклона объекта и все изображения центрируются). И из возможных перемещений фигуры доступна только ротация. После ротации получается проекция фигуры $Y' = P(RY)$, которая и сравнивается с обработанным изображением X :

$$x^*(y) = \arg \min_{x \in X} \|Y' - x\| \quad (9)$$

После определения положения объекта определялась его трехмерная скорость согласно [24].

Результаты исследований Вышеописанный метод определения положения трехмерного объекта был реализован с использованием среды программирования Visual C++ 2008. Экранная форма программной реализации показана на 04. Результаты работы вполне успешные и адекватные, хотя для увеличения точности определения положения объекта и необходимо применение ряда мер по улучшению оконтуривания изображения и модификации сравнения проекции с изображением.

Выводы

В случае, задачи нахождения трехмерных скоростей вращения движущегося агломерата по двумерному видеоизображению метод Particle Image Velocimetry (PIV) неприменим. Необходимо создание нового метода, основанного на методах обработки изображений.

Для одиночного движущегося агломерата, состоящего из набора склеенных вместе шаров, процедура определения скорости будет состоять из следующих этапов:

- поиск границ объекта;
- детектирование структурных элементов;
- определение положения объекта.

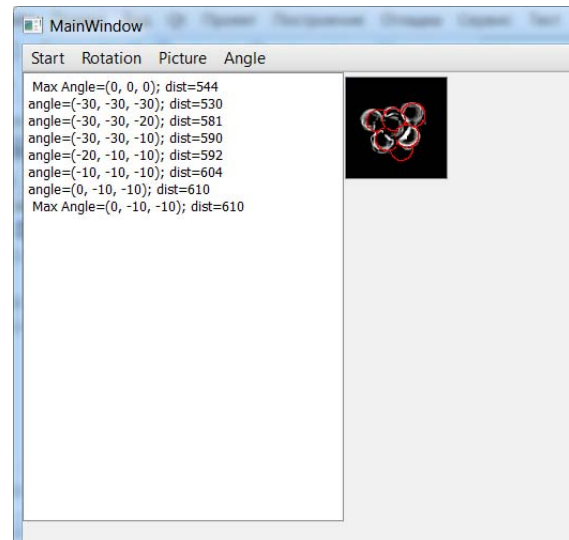


Рис. 4. Экранная форма программной реализации метода

Выполнен поиск границ (оконтуривание) объекта. Для оконтуривания используется среднее квадратичное выделение горизонтальных и вертикальных градиентов по методу Собеля.

Получена трехмерная модель объекта, определены и проверены её преобразования для трехмерного вращения. После трехмерного вращения модели была получена её проекция, которая сравнивалась с оконтуренным объектом. По результатам сравнения определялось наиболее вероятная трехмерная позиция объекта.

Выполнена программная реализация сравнения проекции модели объекта и оконтуренного изображения. Результаты являются вполне адекватными и подтверждают теоретические исследования.

Литература

1. Хмелевой С. В. Детектирование объектов с известной геометрией на изображении / Хмелевой С. В., Азаренко Д. В. // Системы и средства искусственного интеллекта ССИИ 2013: Материалы Международной научной молодежной школы (23-27 сентября 2013 года, пос. Кацивели, АР Крым, Украина). – Донецк: ИПШ «Наука і освіта», 2013. – 248с. – С. 211 – 214.
2. Datasets of 3d shapes [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://homes.esat.kuleuven.be/~jknopp/_tmp_data/index.html.
3. Project TOSCA Tools for non-rigid shape comparison and analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tosca.cs.technion.ac.il/book/resources_data.html

4. Sharp3d. Data Set for SHREC 2009 - Shape Retrieval Contest of Partial 3D Models [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.itl.nist.gov/iad/vug/sharp/benchmark/shrecPartial/data.html>
5. Princeton Shape Benchmark [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://shape.cs.princeton.edu/benchmark/>
6. Numerical geometry of non-rigid shapes / Alexander Bronstein, Michael Bronstein, Ron Kimmel. – Springer Verlag, 2008. – 360 pages, 50 illustrations (7 in color).
7. Hough Transforms and 3D SURF for robust three dimensional classification / J. Knopp, M. Prasad, G. Willems, R. Timofte, L. Van Gool.
8. Orientation Invariant 3D Object Classification using Hough Transform Based Methods / Jan Knopp, Mukta Prasad, Luc Van Gool. – 3DOR'10, October 25, 2010, Firenze, Italy.
9. Преобразование Хафа / А. Дегтярева, В. Везневец [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ict.edu.ru/ft/002407/num1degt.pdf>.
10. Kobbelt L. Rotation invariant spherical harmonic representation of 3d shape descriptors / Kobbelt L., Schrder P., Kazhdan M., Funkhouser T., Rusinkiewicz S. – 2003.
11. Saupé D. 3d model retrieval with spherical harmonics and moments / Saupé D., Vranic D.V. –DAGM-Symposium on Pattern Recognition. – 2001.
12. Osada R. Shape distributions. ACM Transaction on Graphics / Osada R., Funkhouser T., Chazelle B., Dobki D. – 2002. – P. 807 – 832.
13. Skewed Rotation Symmetry Group Detection / Seungkyu Lee, Yanxi Liu. – IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2009.
14. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С.. Москва: Техносфера, 2006. – 616с.
15. Дьяконов В. Matlab. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / Дьяконов В.. – СПб.: Питер, 2002. – 608с.
16. Сирота А. А. Статические алгоритмы обнаружения границ объектов на изображении / А. А. Сирота, А. И. Соломатин. – Вестник ВГУ, серия: системный анализ и информационные технологии, 2008. – № 1.
17. Оператор Собеля [Електронний ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия. – Россия, 2013. – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/%CE%EF%E5%F0%E0%F2%EE%F0_%D1%EE%E1%E5%EB%FF.
18. Матрица поворота [Електронний ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия. – Россия, 2013. – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/%CC%E0%F2%F0%E8%F6%E0_%EF%EE%E2%EE%F0%EE%F2%E0.
19. David J. Heeger. Notes of motion estimation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cns.nyu.edu/~david/handouts/motion.pdf>
2. Datasets of 3d shapes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://homes.esat.kuleuven.be/~jknopp/_tmp_data/index.html.
3. Project TOSCA Tools for non-rigid shape comparison and analysis [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://tosca.cs.technion.ac.il/book/resources_data.html
4. Sharp3d. Data Set for SHREC 2009 - Shape Retrieval Contest of Partial 3D Models [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.itl.nist.gov/iad/vug/sharp/benchmark/shrecPartial/data.html>
5. Princeton Shape Benchmark [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://shape.cs.princeton.edu/benchmark/>
6. Numerical geometry of non-rigid shapes / Alexander Bronstein, Michael Bronstein, Ron Kimmel. – Springer Verlag, 2008. – 360 pages, 50 illustrations (7 in color).
7. Hough Transforms and 3D SURF for robust three dimensional classification / J. Knopp, M. Prasad, G. Willems, R. Timofte, L. Van Gool.
8. Orientation Invariant 3D Object Classification using Hough Transform Based Methods / Jan Knopp, Mukta Prasad, Luc Van Gool. – 3DOR'10, October 25, 2010, Firenze, Italy.
9. Преобразование Хафа / А. Дегтярева, В. Везневец [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ict.edu.ru/ft/002407/num1degt.pdf>.
10. Kobbelt L. Rotation invariant spherical harmonic representation of 3d shape descriptors / Kobbelt L., Schrder P., Kazhdan M., Funkhouser T., Rusinkiewicz S. – 2003.
11. Saupé D. 3d model retrieval with spherical harmonics and moments / Saupé D., Vranic D.V. –DAGM-Symposium on Pattern Recognition. – 2001.
12. Osada R. Shape distributions. ACM Transaction on Graphics / Osada R., Funkhouser T., Chazelle B., Dobki D. – 2002. – P. 807 – 832.
13. Skewed Rotation Symmetry Group Detection / Seungkyu Lee, Yanxi Liu. – IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2009.
14. Gonsales R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij v srede MATLAB / Gonsales R., Vuds R., Jeddins S.. Moskva: Tehnosfera, 2006. – 616с.
15. D'jakonov V. Matlab. Obrabotka signalov i izobrazhenij. Special'nyj spravochnik / D'jakonov V.. – SPb.: Piter, 2002. – 608с.
16. Sirota A. A. Sticheskie algoritmy obnaruzhenija granic ob#ektov na izobrazhenii / A. A. Sirota, A. I. Solomatin. – Vestnik VGU, serija: sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii, 2008. – № 1.
17. Operator Sobelja [Електронний ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия. – Россия, 2013. – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/%CE%EF%E5%F0%E0%F2%EE%F0_%D1%EE%E1%E5%EB%FF.
18. Matrica povorota [Електронний ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия. – Россия, 2013. – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/%CC%E0%F2%F0%E8%F6%E0_%EF%EE%E2%EE%F0%EE%F2%E0.
19. David J. Heeger. Notes of motion estimation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cns.nyu.edu/~david/handouts/motion.pdf>

References

1. Hmelevoj S. V. Detektirovanie ob#ektov s izvestnoj geometrijej na izobrazhenii / Hmelevoj S.V., Azarenko D.V. // Sistemy i sredstva iskusstvennogo intellekta SSII 2013: Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj molodezhnoj shkoly (23-27 sentjabrja 2013 goda, pos. Kaciveli, AR Krym, Ukraina). – Donec'k: IPShI «Nauka i osvita», 2013. – 248s. – S. 211 – 214.

Хмільовий С.В., Землянська С.Ю., Тітова А.Ю.
Детектування зображень об'єктів з відомою геометрією

Детектування зображень об'єктів з відомою геометрією. По двовимірному відеозображенню руху об'єкта визначається його тривимірне просторове положення. Об'єкт, заздалегідь заданий і становить агломерат з декількох склеєних між собою куль, що дає можливість візуально чітко визначити його позицію. Виконуємо пошук меж об'єкта на зображенні за допомогою оператора Собеля. Одержана тривимірна модель об'єкта.

Ключові слова: *оконтурювання зображень, проекція тривимірної моделі, інтерактивний алгоритм.*

Hmelevoy S., Zemlyanskaya S., Titova A. Detection of images of objects with known geometry

The problem of searching three-dimensional attitude of object is appeared as one of the objectives determine the dynamics of complicated molecules and objects in chemical technology for processing control synthesis. The purpose of detection to assign available of an object in the image and find its position in the coordinate frame of pixels in the original image. On two-dimensional video motion of an object is defined by its three-dimensional position. The object specified

in advance and is an agglomerate of several glued together balls, which gives the ability to clearly define its position. In this paper, we propose using the Sobel operator for detection edge of object in the image. Finally, we attempt to received the three-dimensional model of object and tested it converting for three-dimensional rotation.

Key words: *boundary detection, projection of three-dimensional model, iterativny algorithm.*

Хмільовий С.В. – к.т.н., доцент кафедри АСУ Донецького національного технічного університету, hmelevoy@cs.donntu.edu.ua.

Землянська С.Ю. – к.т.н., асистент кафедри АСУ Донецького національного технічного університету, zsaa@ya.ru.

Тітова А.Ю. – магістр, аспірант кафедри АСУ Донецького національного технічного університету, a.titova.wk@gmail.com.

Рецензент: **Рач В.А.**, д.т.н., професор.

Стаття подана: 09.03.2014