

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

На правах рукописи

УДК 004.5

БОЯРЕВИЧ
Олег Николаевич

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА КАК СИГНАЛОВ
ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии проектирования
электронных систем

Научный руководитель
Василевская Людмила Александровна,
кандидат медицинских наук,
ведущий научный сотрудник

Консультант
Ролич Олег Чеславович,
кандидат технических наук, доцент

Минск 2016

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Василевская Людмила Александровна,
кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии

Консультант:

Ролич Олег Чеславович
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Бондарик Василий Михайлович,
кандидат технических наук, доцент, декан факультета непрерывного и дистанционного обучения учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет»

Защита диссертации состоится «20» января 2016 г. года в 11⁴⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 415, тел.: 293-20-88, e-mail: kafpiks@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Создание естественных, легких в управлении человеко-машинных интерфейсов для различных приложений является актуальной научной задачей. В настоящее время проводится довольно много исследований по созданию методов распознавания образов, позволяющих бесконтактно взаимодействовать с компьютером посредством жестов рук. К ним можно отнести работы ряда ученых: Нагапетян В.Э., 2013; Алфимцев А.Н., 2008; Ойкономидис И. (*Oikonomidis I.*), 2011; Шаои Ч. (*Shaowei C.*), 2011; Марака М. (*Maraqqa M.*), 2012; Пижу Н. (*Pugeault N.*), 2011; Шотон Д. (*Shotton J.*), 2011; Ван Р.У. (*Wang R.Y.*), 2009; Сана А. (*Sanna A.*), 2012 и др. На основе разработанных методов созданы различные программные продукты и приложения, большинство из которых носит исключительно научный или исследовательский характер. Программ, имеющих широкое практическое применение, очень малое количество. Наиболее значимыми являются программные продукты фирм *Microsoft*, *PrimeSense* и *SoftKinetic IISU*. В разработке аппаратных средств детектирования движений человека добились такие компании как *LeapMotion*, *SoftKinetic*. Наиболее известными полнофункциональными приложениями в данной сфере являются: *Flutter*, *PointGrab HGRS*, *XTR3D*, *EyeSight PC*

Несмотря на отдельные успехи, качество разработанных алгоритмов распознавания жестов рук и пальцев, как динамических, так и статических, с использованием цветных видеокамер и трехмерных сенсоров все еще остается недостаточным для построения практических систем человеко-машинного взаимодействия. Главными недостатками существующих методов являются чувствительность к изменениям освещения, потребность обучения системы для каждого оператора, невысокое качество распознавания жестов и небольшая скорость распознавания.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность выбранной темы обусловлена недостаточно высокой производительностью существующих методов и отсутствием строгих алгоритмов применения данных методов распознавания статических и динамических жестов как сигналов дистанционного управления.

Таким образом, актуальной является задача создания усовершенствованных методов и алгоритмов распознавания жестов руки, позволяющих повысить производительность системы и точность детектирования движений человека для использования их при создании систем бесконтактного человеко-машинного взаимодействия.

Степень разработанности проблемы

Большой вклад в изучение и создание принципов, методов и алгоритмов распознавания жестов и движений человека внесли работы таких ученых как: Нагапетян В.Э., 2013 – «Методы распознавания жестов руки на основе анализа дальностных изображений»; Алфимцев А.Н., 2008 – «Разработка и исследе-

дование методов захвата, отслеживания и распознавания динамических жестов»; Оикономидис И. (*Oikonomidis I.*) – «Эффективная модель на основе 3D отслеживания суставов рук с использованием *Kinect*» (*Efficient Model-based 3D Tracking of Hand Articulations using Kinect*).

На основе разработанных методов созданы немногочисленные практические приложения, наиболее значимые из которых:

1) программные библиотеки *Kinect SDK (Microsoft)*, *OpenNI/NITE (PrimeSense)*, *PMD SDK* и *SoftKinetic IISU* для распознавания ключевых точек тела человека посредством применения трехмерных сенсоров;

2) сенсоры компаний *LeapMotion*, *SoftKinetic* для распознавания ключевых точек руки человека;

3) компьютерные приложения *Flutter*, *PointGrab HGRS*, *XTR3D*, *EyeSight PC* для управления компьютером посредством простых жестов рук.

Однако, в указанных выше работах не достаточно полно освещены вопросы применения вспомогательных методов и алгоритмов, направленных на повышение производительности и качества распознавания жестов. Так же данные работы в большей степени носят теоретический характер и слабо затрагивают вопросы практического применения разработанных методов и алгоритмов.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является разработка компьютерной модели системы дистанционного управления механизмами специального назначения на базе алгоритмов детектирования опорных точек, распознавания жестов и знаковых элементов движений человека.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

– классификация жестов и движений человека в различных сферах деятельности, формирование множества элементов знаковых движений и опорных точек для детектирования сигналов дистанционного управления механизмами специального назначения;

– анализ существующих методов отслеживания и распознавания жестов руки, а также бесконтактного человеко-машинного взаимодействия;

– разработка вспомогательных моделей и алгоритмов, направленных на повышение производительности и качества распознавания жестов, предназначенных для построения систем дистанционного управления механизмами специального назначения.

Объектом исследования являются технические средства приёма сигналов движений человека.

Предметом исследования являются биофизические особенности движений человека в процессе формирования знаков управления механизмами специального назначения.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй

ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерное проектирование электронных систем».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли результаты исследований ведущих ученых и мировых разработчиков, специализирующихся на разработке методов и алгоритмов распознавания жестов и движений человека.

Для получения теоретических результатов исследования применялись результаты современных способов, направленных на оптимизацию и улучшение существующих методов распознавания как статических, так и динамических жестов человека.

Методологическую основу исследования составили методы теории графов, вычислительной геометрии, математического анализа, теории распознавания образов.

Информационная база исследования для литературного анализа по данной теме сформирована на основе более ранних наработок и исследований в этой области, а также электронных ресурсов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке методов подачи сигналов посредством жестов и новых моделей, обеспечивающих решение задач распознавания статических и динамических жестов руки по дальностным изображениям человека.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Принцип подачи жестовых сигналов дистанционного управления, основанный на соблюдении последовательности движений человека, позволяющий исключить распознавания посторонних (шумовых) движений.

2. Анализ методов распознавания статических и динамических жестов, позволивший выявить оптимальное соотношение показателей производительности и качества распознавания жестов.

3. Алгоритмы распознавания статических объектов, основанные на методе скелетизации дальностных изображений, позволяющие повысить качество распознавания жестов и движений человека до 89% за счет отделения силуэтов человека в дальностном изображении и разделения их на кластеры.

4. Модель скелетизации дальностных изображений, построенная с применением вычислений позиций исходных статических точек тела человека, позволяющая выделить дополнительные опорные точки.

Теоретическая значимость диссертации состоит в совершенствовании методов и алгоритмов извлечения и распознавания жестов руки, обеспечивающих лучшее на сегодняшний день качество человеко-машинного взаимодействия.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что на основе разработанных моделей и алгоритмов могут быть созданы программные при-

ложения, позволяющие управлять различными механизмами посредством жестов, взаимодействовать с компьютером посредством нескольких пальцев руки, переводить жесты глухонемых в текстовый вид, управлять компьютером с помощью заранее назначенных динамических жестов руки. Разработанные алгоритмы сравнения объектов могут быть использованы для распознавания различных целевых объектов по дальностным изображениям в реальном времени.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих конференциях Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, Беларусь 18-19 марта 2014); 51-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, 22-25 апреля 2015 года); 30-ой студенческой международной заочной научно-практической конференции, Москва, (20 января 2016 года).

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в пяти опубликованных работах общим объемом 15,0 с. (авторский объем 15,0 с.).

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 96 страниц. Работа содержит 3 таблиц, 34 рисунков. Библиографический список включает 62 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

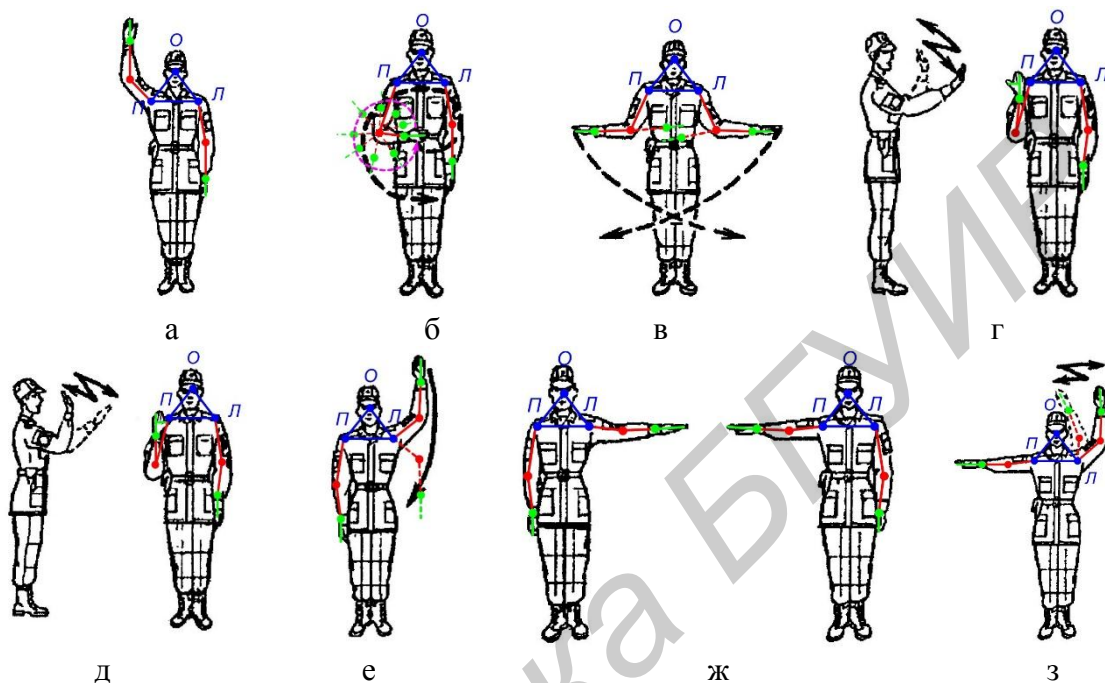
Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель диссертации, изложены основные положения.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** рассматривается применение жестов в качестве сигналов управления в различных сферах деятельности человека.

Детектирование движений человека как сигналов дистанционного управления требует определения и описания статических признаков, присущих всем движениям и выявления уникального набора параметров для каждого движения в отдельности. На рисунке 1 показаны схемы положения тела человека и выделенных опорных точек при подаче сигналов дистанционного управления [1-А].

Из всех рассмотренных сфер деятельности в которых применяются жесты для передачи информации наиболее четко разработаны и сформулированы жесты, используемые Вооруженными Силами Республики Беларусь для управления подразделениями и машинами. Они же и были приняты за основу, для моделирования системы детектирования движений человека как сигналов дистанционного управления механизмами специального назначения.



(а) «Внимание», (б) «Заводи», (в) «Глуши двигатель», (г) «Вперед», (д) «Задний ход», (е) «Стоп», (ж) «Поворот направо (налево)», (з) «Авария (вынужденная остановка)»

Рисунок 1 – Схема положение тела человека и опорных точек при подаче сигналов дистанционного управления

Анализ выбранных жестов позволил определить схожие черты всех жестов и опорные точки, а также отличительные особенности каждого из жестов. Таким образом для подачи сигналов дистанционного управления используются обе руки. Причем, в большинстве жестов правая рука применяется для подачи сигналов, означающих начало действия или процесса, а левая для их окончания [2-А].

Так как человек не является машиной и ему свойственно выполнять действия не связанные с сигналами дистанционного управления (в рамках системы это шумовые движения), в моделируемую систему включен такой сигнал как «Внимание», который означает начало передачи команды – своего рода жест инициализации передачи команды. Для организации обратной связи в системе человек-машина в исполнительном устройстве системы необходимо предусмотреть визуальное или акустическое подтверждение детектированных сигналов [3-А].

Во второй главе рассмотрены существующие методы распознавания жестов и движений человека как сигналов дистанционного управления. Проведен сравнительный анализ существующих методов.

По используемым устройствам для ввода информации о жестах руки, существующие методы можно разделить на 3 основные группы:

1. Методы, основанные на использовании видеокамер;
2. Методы, основанные на использовании специальных перчаток, оснащенных сенсорами;
3. Методы, основанные на использовании трехмерных сенсоров.

В таблице 1 представлены существующие методы распознавания жестов и движений человека с указанием их возможностей и принципов работы [4-А].

Таблица 1 – Методы распознавания жестов руки

Метод	Устройство ввода	Распознаваемые жесты (количество)	Качество	Скорость	Ограничения
1	2	3	4	5	6
Моменты изображения	Видеокамера	Позиция и ориентация руки, размер ладони	–	Реальное время	Однородный фон
Разности изображения	Видеокамера	Направление движения руки	–	Реальное время	Стабильный фон
Гистограммы направлений	Видеокамера	Конфигурация руки (5-15)	–	Реальное время	Обучение каждого оператора, однородный фон
Расстояние изображений	Видеокамера /цв. перчатка	Позиция и размер руки, конфигурация руки (24)	–	Реальное время	–
Расстояние контуров руки	Видеокамера	Конфигурация руки (24)	90 %	0,5 сек.	Обучение для каждого оператора
Локальные изгибы контура руки	Видеокамера	Позиции кончиков пальцев руки	–	180 кадров в секунду	Чувствительность к изменениям освещения, расстояние до камеры 0,5-2 метров
Случайные леса	3D сенсор	20 частей тела человека	–	200 кадров в секунду	Оператор находится в помещении
Случайные леса	3D сенсор + видеокамера	Конфигурация руки (24)	75% / 73% / 69%	Реальное время	–
ИНС	Перчатка с сенсорами	Конфигурация руки (42)	71,4% / 47,8%	Реальное время	–
Нейронный газ	Видеокамера	Конфигурация руки (31)	90,45%	1,5 секунды	Чувствительность к изменениям освещения
Рекуррентная нейронная сеть	Видеокамера /цв. перчатка	Конфигурация руки (28)	95% / 89%	15 кадров в секунду	–
СММ	Сtereo видеокамера	Динамические жесты (10)	98,94% / 95,7%	Реальное время	–
СММ	Видеокамера	Динамические жесты (40)	92%	10 кадров в секунду	Чувствительность к изменениям освещения
СММ	3 видеокамеры	Динамические жесты (53)	89,9%	Реальное время	–
Трехмерная модель руки	Видеокамера	Конфигурация руки (26 + 3D вращение каждого жеста)	–	15 секунд	Чувствительность к изменениям освещения
Трехмерная модель руки	3D сенсор + видеокамера	Ключевые характеристики конфигурации руки (26)	–	15 кадров в секунду	–
Трехмерная модель руки	Видеокамера	Конфигурация руки (24)	–	Реальное время	Обучение для каждого оператора
Нечеткие конечные автоматы	Видеокамера	Динамические жесты (15)	90%	15 кадров в секунду	–
Байесовская сеть	Видеокамера	Динамические жесты (10)	99,59% / 80,77%	Реальное время	Чувствительность к изменениям освещения

Первая группа методов позволяет распознавать статические и динамические жесты руки, и в некоторых случаях с точностью распознавания более 90%. Недостатком этих методов является в основном чувствительность к изменениям освещения, которую в разных работах пытаются устранить посредством использования цветных перчаток или созданием однородного фона, что делает человеко-машинное взаимодействие неудобным и неестественным.

Методы второй группы позволяют с высоким качеством распознавать позиции ключевых точек руки человека, но взамен требуют одевания специальных дорогих перчаток. Являются мало распространенными. Методы третьей группы позволяют в реальном времени распознавать ключевые точки тела человека, являются независимыми от изменения освещения, но на сегодняшний день не существует готовых решений, позволяющих с большой точностью распознавать конфигурации и динамические жесты руки человека. Проводимые исследования по распознаванию конфигураций руки позволили получить качество распознавания не более 75%.

В данной работе предложена реализация системы отслеживания положения головы человека, базирующаяся на анализе видеокладов, поступающих с неоткалиброванной *USB* веб-камеры. Отслеживание головы производится путем сопоставления видеоклада с проекцией цилиндрической текстурной модели головы и оценки перемещения модели в пространстве с помощью прямого композиционного метода сопоставления изображений.

Данный метод был опробован для управления экранным курсором мыши путем отслеживания наклона головы человека и способна работать в реальном масштабе времени (около 20–25 кадров в секунду на процессоре *Pentium IV 3 GHz*).

В третьей главе исследованы методы распознавания позиции руки в дальностном изображении человека, основанные на вычислении позиции как ключевой точки тела человека, вычислении позиции посредством показа начального жеста и вычислении позиции посредством пороговой обработки.

Предложен однопроходный алгоритм извлечения изображения руки из дальностного изображения по известной позиции ладони со сложностью $O(n)$, где n – количество точек исходного изображения.

Исследованы методы скелетизации бинарных изображений и методы распознавания криволинейных скелетов трехмерных фигур. Предложен метод скелетизации дальностного изображения со сложностью $O(n \log n)$, позволяющий в реальном времени вычислить трехмерный скелет фигуры, который представляет собой параметризованный плоский граф, где n – число вершин многоугольника аппроксимирующего контуры дальностного изображения.

Предложена модель сравнения трехмерных скелетов, включающий нормализацию скелета; развертку скелета; вычисление меры различия скелетов посредством применения алгоритма *DTW* со сложностью $O(m^2)$, где m – максимальное количество ребер сравниваемых скелетов.

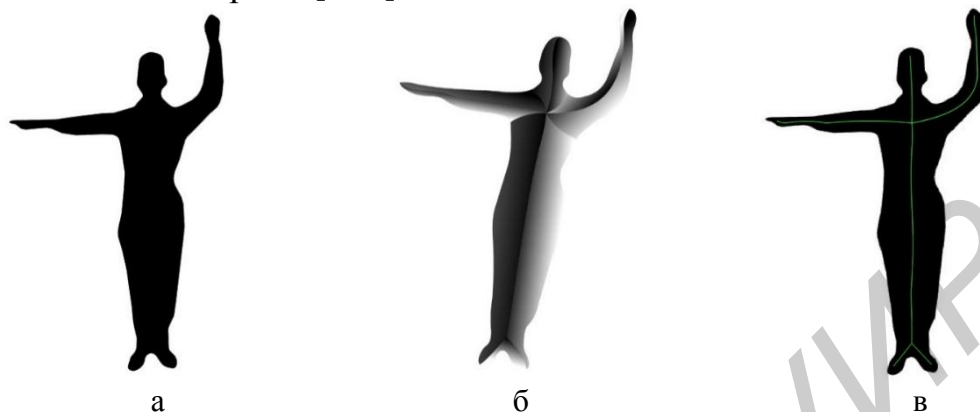
Алгоритмы построения скелетов дискретных фигур в бинарном изображении можно разделить на 4 основные группы:

1. Алгоритмы, основанные на вычисления расстояния точек до границы фигуры (англ. *distance transformation*);
2. Алгоритмы, основанные на вычисления диаграммы Вороного;

3. Алгоритмы итеративного истончения (англ. *thinning*);

4. Алгоритмы, основанные на непрерывном представлении фигуры.

Скелет фигуры определяется локальными экстремумами карты расстояний. На рисунке 2 показан результат работы первой группы алгоритмов на примере сигнала «Авария» [5-А].

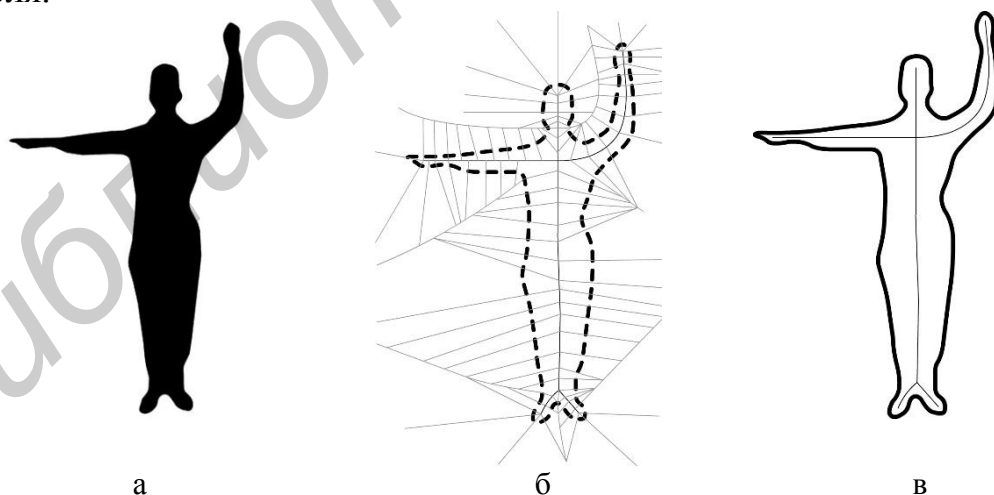


(а) Бинарное изображение; (б) Карта расстояний в виде трехмерного объекта, где третья координата – это расстояние точки до ближайшей граничной точки; (в) Скелет фигуры

Рисунок 2 – Результат работы первой группы алгоритмов построения скелетов дискретных фигур

Для нахождения скелета фигуры на множестве точечных отрезков, аппроксимирующих границу фигуры, строится диаграмма Вороного, из которой далее выделяется скелет (рисунок 3) [5-А].

Нахождение скелета фигуры с помощью истончения – это итеративная редукция (эрозия) фигуры, напоминающая распространение огня в поле, когда огонь одновременно начинается по всем краям и равномерно движется к центру поля.

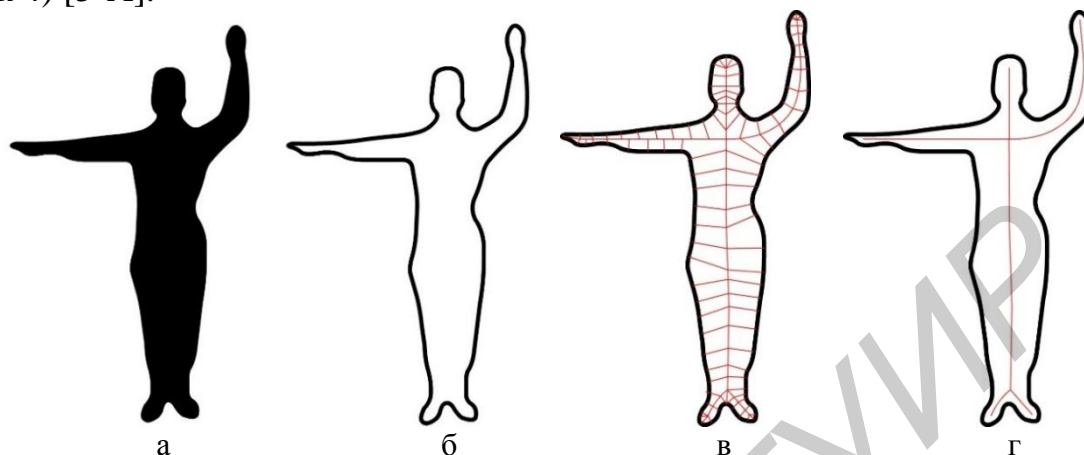


(а) Бинарное изображение; (б) Диаграмма Вороного для множества точек, аппроксимирующих границу фигуры; (в) Скелет фигуры

Рисунок 3 – Результат нахождения скелета фигуры на множестве точечных отрезков, аппроксимирующих границу фигуры

Четвертая группа алгоритмов, используемых для создания скелетного представления дискретной фигуры, аппроксимирует дискретную границу фигуры непрерывной, после чего создается геометрический скелет непрерывной

фигуры. В большинстве случаев, аппроксимация границы осуществляется посредством многоугольника, а скелет, состоящий из прямых линий и сегментов парабол или кривых Безье первого и второго порядка, ищется посредством построения обобщенного диаграмма Вороного для многоугольной фигуры (рисунок 4) [5-А].



(а) Дискретная фигура. (б) Аппроксимированная непрерывная граница; (в) Непрерывный скелет; (г) Непрерывный скелет после «стрижки»

Рисунок 4 – Построение скелета фигуры посредством аппроксимации дискретной фигуры непрерывной

Алгоритмы, основанные на вычислении расстояния точек до границы фигуры и итеративного истончения, позволяют получить скелет изображения в виде нового бинарного изображения, что ограничивает возможности классификации изображений и требует хранения больших данных в базе эталонных конфигураций руки.

Получить непрерывный скелет фигуры можно посредством диаграмм Вороного или аппроксимацией дискретной фигуры непрерывной и вычислением скелета непрерывной фигуры. Оба метода позволяют получить скелет фигуры в виде плоского графа, но первый метод более чувствителен к неровностям границы фигуры.

Как отмечалось выше, дальностным изображениям характерен значительный шум на границах фигуры, по причине чего, регуляризации скелета с малыми параметрами стрижки недостаточно для получения скелета руки, инвариантного к данному шуму.

Стрижка скелета, конечно, не является единственным методом получения скелета, инвариантным к малым изменениям границы фигуры. Получить такой скелет можно также посредством начального сглаживания контура фигуры.

Данный подход можно применить для скелетизации фигуры посредством диаграмм Вороного.

В **приложении** приводятся акты внедрения результатов диссертации в учебный процесс и производство. Также в приложение включена графическая презентация по теме диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования способов передачи информации посредством жестов в различных сферах жизнедеятельности человека было установлено, что наиболее продуманной, организованной и активно применяющейся является система жестов и методы организации порядка передачи сигналов, применяемые Вооруженными Силами Республики Беларусь. Анализ выбранных жестов показал, что для всех сигналов имеется некоторое общее количество статических точек, положение которых неизменно в пространстве, эти точки выбраны как опорные, относительно которых и осуществляется распознавание сигналов и движений.

В диссертационной работе решена задача распознавания статических и динамических жестов руки, которые могут быть использованы для бесконтактного взаимодействия человека с компьютером. Актуальность задачи обусловлена ее практической значимостью, большим количеством проводимых исследований в этой области, и тем, что качество известных алгоритмов распознавания жестов рук и пальцев, как динамических, так и статических, с использованием цветных видеокамер и трехмерных сенсоров все еще остается недостаточным для построения практических систем человеко-машинного взаимодействия. Получены следующие основные результаты:

1. Предложен порядок подачи жестовых сигналов дистанционного управления, направленный на исключение распознавания посторонних (шумовых) движений;

2. Выполнена необходимая формализация, разработан и исследован комплекс моделей и алгоритмов для предварительной и специальной обработки дальностных изображений, в том числе:

– однопроходный алгоритм извлечения изображения руки из дальностного изображения по известной позиции ладони со сложностью $O(n)$, где n – количество точек исходного изображения;

– модель метода скелетизации дальностного изображения со сложностью $O(n \log n)$, позволяющий в реальном времени вычислить трехмерный скелет фигуры, который представляет собой плоский граф, где n – число вершин многоугольника аппроксимирующего контуры фигуры в дальностном изображении;

– алгоритм сравнения трехмерных скелетов, включающий нормализацию скелета; развертку скелета; вычисление меры различия скелетов со сложностью $O(m^2)$, где m – максимальное количество ребер сравниваемых скелетов.

3. Усовершенствованы методы распознавания динамических жестов руки и поиска коартикуляций жестов при непрерывном показе жестов за время, оцениваемое как $O(n+wm^2+k)$, посредством анализа ключевых характеристик последних k дальностных изображений руки, где n – количество точек в кадре видеоряда, m – максимальное количество вершин многоугольника аппроксимирующего контур фигуры руки, w – количество эталонных конфигураций. Качество и полнота распознавания превышают 85%.

Список опубликованных работ

1-А. Бояревич, О.Н. Жестовые технические сигналы управления для системы детектирования движений человека как сигналов дистанционного управления / Бояревич О. Н., Зинович М. Г., Кедык А. В. // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51 науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13–17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – с. 164-165.

2-А. Бояревич, О.Н. Компьютерное моделирование системы детектирования движения человека как сигналов дистанционного управления / Бояревич О. Н., Зинович М. Г., Кедык А. В. // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51 науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13–17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – с. 162-163.

3-А. Бояревич, О.Н. Охранный пульт концентратора с цветной сенсорной панелью и высокоскоростными интерфейсами связи / О.Н. Бояревич // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 50 науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 24–28 марта 2014 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2014. – с. 156-157.

4-А. Бояревич, О.Н. Методы идентификации личности по изображению лица / Бояревич О. Н., Зинович М. Г. // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51 науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13–17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – с. 201-202.

5-А. Бояревич, О.Н. Отслеживание контуров на плутоновых изображениях / Бояревич О. Н., Зинович М. Г. // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51 науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13–17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – с. 203-204.

5-А. Бояревич, О.Н. Система дистанционного управления на базе человеко-машинных интерфейсов / О.Н. Бояревич, М.Г. Зинович // Молодежный научный форум: технические и математические науки : материалы 30-ой студенческой международной заочной научно-практической конференции, Москва, 20 января 2016 г. / Международный центр науки и образования ; в печати – Москва : МЦНО, 2016.

РЭЗІЮМЭ

Баярэвіч Алег Мікалаевіч

Камп'ютэрнае мадэляванне сістэмы дэтэктавання руху чалавекака як сігналаў дыстанцыйнага кіравання

Ключавыя словы: распазнаванне жэсту, далёкасны малюнак, шкілетизацыя.

Мэта працы: распрацоўка кампутарнай мадэлі сістэмы дыстанцыйнага кіравання механізмамі спецыяльнага прызначэння на базе алгарытмаў дэтэктавання апорных кропак, распазнання жэстаў і знакавых элементаў рухаў чалавека.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: у дысертацыйнай рабоце вырашана задача распазнавання статычных і дынамічных жэстаў рукі, якія могуць быць выкарыстаны для бескантактавага ўзаемадзеяння чалавека з кампутарам. Распрацаваны мадэлі распазнання дынамічных жэстаў рукі і пошуку каартыкуляцый жэстаў пры бесперапынным паказе жэстаў за час, ацэньванае як $O(n + wt^2 + k)$, з дапамогай аналізу ключавых характарыстык апошніх k далёкасных малюнкаў рукі, дзе n - колькасць кропак ў кадры відэашэрагу, t - максімальная колькасць вяршыняў шматкутніка апраксімуецца контур фігуры рукі, w - колькасць эталонных канфігурацый. Якасць і паўната распазнання перавышаюць 85%. Выканана неабходная фармалізацыя, распрацаваны і дасьледаваны комплекс метадаў і алгарытмаў для папярэдняй і спецыяльнай апрацоўкі далёкасных малюнкаў.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў групу распрацоўкі і ўкаранення Рамонтна-аднаўленчай базы ўнутраных войскаў.

Вобласць ужывання: біяэлектронныя сістэмы, ІТ-тэхналогіі.

РЕЗЮМЕ

Бояревич Олег Николаевич

Компьютерное моделирование системы детектирования движений человека как сигналов дистанционного управления

Ключевые слова: распознавание жеста, дальностное изображение, скелетизация.

Цель работы: разработка компьютерной модели системы дистанционного управления механизмами специального назначения на базе алгоритмов детектирования опорных точек, распознавания жестов и знаковых элементов движений человека.

Полученные результаты и их новизна: в диссертационной работе решена задача распознавания статических и динамических жестов руки, которые могут быть использованы для бесконтактного взаимодействия человека с компьютером. Разработаны модели распознавания динамических жестов руки и поиска коартикуляций жестов при непрерывном показе жестов за время, оцениваемое как $O(n+wm^2+k)$, посредством анализа ключевых характеристик последних k дальностных изображений руки, где n – количество точек в кадре видеоряда, m – максимальное количество вершин многоугольника аппроксимирующего контур фигуры руки, w – количество эталонных конфигураций. Качество и полнота распознавания превышают 85%. Выполнена необходимая формализация, разработан и исследован комплекс методов и алгоритмов для предварительной и специальной обработки дальностных изображений.

Степень использования: результаты внедрены в группу разработки и внедрения Ремонтно-восстановительной базы внутренних войск.

Область применения: биоэлектронные системы, IT-технологии.

SUMMARY

Bayarevich Aleh

Computer simulations of human movement detection system as a remote control signal

Keywords: gesture recognition, the image of range, skeletonization.

The object of study: the development of a computer model of the remote control mechanisms on the basis of special purpose algorithms for the detection of reference points, gesture recognition and iconic elements of human movement.

The results and novelty: the thesis solved the problem of static and dynamic recognition of hand gestures that can be used for non-contact human-computer interaction. The models of recognition of dynamic hand gestures and search coarticulation gestures with continuous display of gestures during estimated as $O(n+wm^2+k)$, by analyzing the key features of the past k of range image of a hand, where n – the number of points in a frame of video, m – the maximum number of vertices approximating the contour figure hand, w – the number of reference configurations. The quality and completeness of recognition exceed 85%. It makes the necessary formalization, developed and studied a set of methods and algorithms for the preliminary and special treatment of range images.

Degree of use: results are introduced to the group development and implementation of repair and refurbishment base of internal troops.

Sphere of application: bioelectronic system, IT-technology.