

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

III Международная конференция  
«Когнитивная Робототехника»  
в рамках Международного форума  
«Интеллектуальные системы  
4-й промышленной революции»



КОГНИТИВНАЯ  
РОБОТОТЕХНИКА

## СБОРНИК ТЕЗИСОВ КОНФЕРЕНЦИИ

Спонсор



Организаторы



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



Hochschule Anhalt  
ANHALT-TECHNICAL COLLEGE



ДИПОТТО



Национальный  
центр  
когнитивной  
робототехники  
Томский  
государственный  
университет



РЕШЕТНЕВ



ОАО «НИИПТ»



ВОПРОСЫ  
РОБОТОТЕХНИКИ  
И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ  
СИСТЕМ

21-23 ноября 2018 года

Томск

Издательский Дом Томского государственного университета  
2018

**УДК 004.896**  
**ББК 32.813+32.816**  
**К57**

**К57** **Когнитивная робототехника** : материалы III международной конференции (21–23 ноября 2018 г.) / под ред. В.И. Сырямкина. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. – 100 с.

ISBN 978-5-94621-776-7

Сборник статей по итогам III Международной конференции «Когнитивная робототехника» в рамках Международного форума «Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции», состоявшейся в Томском государственном университете 21–23 ноября 2018 г.

Конференция проводится на базе факультета инновационных технологий Национального исследовательского Томского государственного университета и посвящена актуальным проблемам в области разработки и использования современных роботизированных систем в науке и производстве.

Конференция прошла в сотрудничестве с Национальным исследовательским Томским политехническим университетом, Алтайским государственным техническим университетом им. И.И. Ползунова (г. Барнаул), ОА "Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов", Anhalt University of Applied Sciences (Германия), Карагандинским государственным техническим университетом.

Сборник предназначен для специалистов, исследователей в сфере робототехники, приборостроения, а также по проблемам НИРС в вузах.

*При финансовой поддержке РФФИ грант № 18-08-20114.*

**УДК 004.896**  
**ББК 32.813+32.816**

# КОГНИТИВНЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РОБОТЫ С ПЕРЕОБУЧЕНИЕМ НАВЫКОВ

*Е.Г. Брындин*

*Исследовательский Центр «ЕСТЕСТВОИНФОРМАТИКА»  
bryndin15@yandex.ru*

Существует два основных подхода к программно-аппаратной реализации технологического мышления когнитивных роботов. Во-первых, на основе машинного обучения [1]. Во-вторых, на основе моделирования коммуникативно-ассоциативной логики подражательного мышления человека [2]. На основе этих подходов рассмотрим создание когнитивных профессиональных роботов с переобучением навыков [3].

Программно-аппаратная информационная среда робота хранит символические элементы знаний в закодированном виде с сущностной разметкой, снабженных всеми признаками представителей реалии и связанных ситуативно-признаковыми и ситуативными схемами. Элементу знаний из программно-аппаратной среды робота соответствует элемент знаний из сущностной среды человека. Эти элементы знаний соотносятся с одними и тем же фрагментами реалии. Элементы знаний программно-аппаратной среды снабжаются синтаксическими структурами и языковой разметкой в соответствии с грамматикой и правилами письменного языка. Процесс реализации информационных потребностей осуществляется по коммуникативно-ассоциативной логике с использованием функционального естественного языка [4]. Логической единицей коммуникативно-ассоциативной логики является слово. Текст информационной потребности строится на функциональном естественном языке из элементов сущностного словаря. Слова информационной потребности имеют разметку, указывающую либо на лексическое значение, либо на вычислительную процедуру, либо на поведенческую процедуру. Например, слово «сложить» может быть лексическим значением, либо арифметическим действием, либо поведенческим действием. Комбинированные информационные потребности состоят либо из вложенных информационных потребностей предметной области знаний, либо из последовательности информационных потребностей, либо из последовательности вложенных информационных потребностей. Информационные потребности предметной области знаний образуют комбинационно расширяемую сеть. Технология реализации коммуникативно-ассоциативной логики подражательного мышления позволяет создавать интерактивные обучающие системы по различным предметам. Предметная область знаний представляется в виде

коммуникативно-ассоциативной сети информационных потребностей и их реализаций. Реализация информационной потребности может быть сама информационной потребностью.

Система реализации включает базу знаний и базу умений. Реализация информационной потребности берется либо из базы знаний, либо вырабатывается типовой процедурой реализации базы умений по текущей информационной потребности (рис. 1), либо формируется сеть поэлементной реализации по комбинированной информационной потребности (рис. 2).

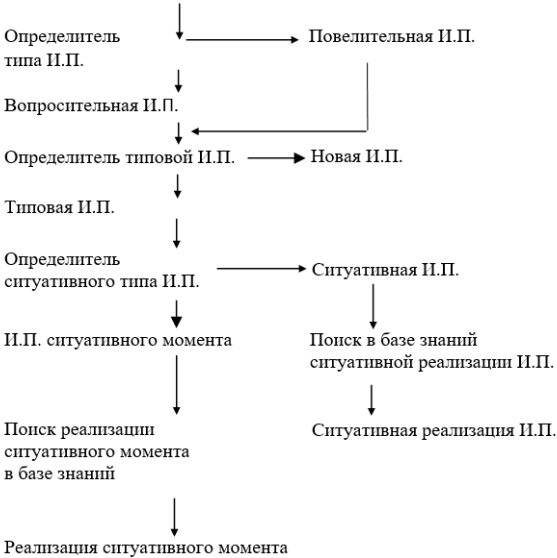


Рис. 1. Типовая реализация

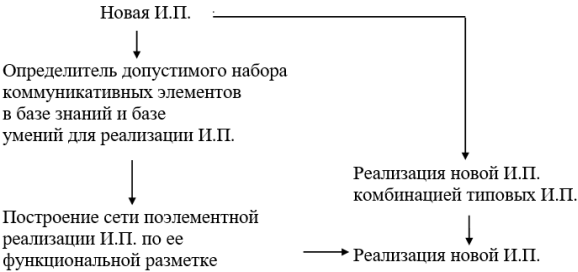


Рис. 2. Реализация новой информационной потребности

Когнитивного профессионального робота с коммуникативно-ассоциативной логикой подражательного мышления можно переобучить для работы в разных сферах жизнедеятельности [5]. Разработана функциональная структура когнитивного профессионального робота с переобучением навыков (рис. 3).

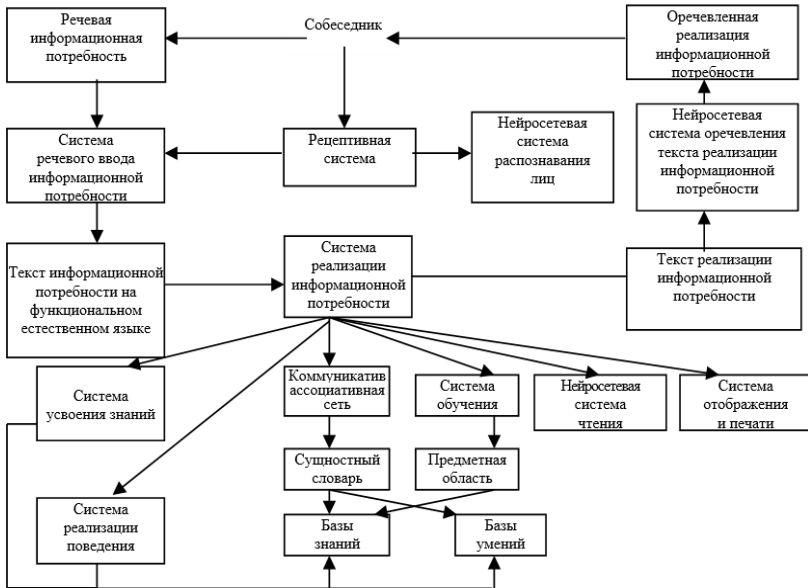


Рис. 3. Функциональная структура когнитивного профессионального робота с переобучением навыков

Международное научное инженерное сообщество постепенно движется к технической реализации когнитивного профессионального робота с квалификационным переобучением. В будущем, на рынке труда, когнитивные роботы с переобучением будут выполнять профессиональные работы, а человек займет нишу научных исследователей и инновационной деятельности.

### *Литература*

- [1] Bryndin E. Technological Thinking, Communication and Behavior of Androids // Communications. 2018. Vol. 6, № 1. P. 13–19.  
 [2] Брындин Е.Г. Робот с подражательным мышлением // Вестник ПНИПУ: Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2015. № 14. С. 5–36

- [3] Bryndin E. Cognitive Robots with Imitative Thinking for Digital Libraries, Banks, Universities and Smart Factories // International Journal of Management and Fuzzy Systems. 2017. Vol. 3, № 5. P. 57–66.
- [4] Bryndin E. Communicative Associative Logic of Cognitive Professional Robot with Imitative Thinking // Journal Engineering Mathematics. 2018. Vol. 2, is. 1.
- [5] Bryndin E. Digital technologies of the industry 4.0 // Computer Science Advances: Research and Applications. Nova Science Publishers, 2018.

## **КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ЧАСТНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА БАЗЕ БПЛА**

*А.В. Васильев*

*Акционерное общество*

*«Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов»  
vasilev\_av@niipp.ru*

В настоящее время исследование и разработка малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (МБПЛА) мультикоптерного типа является одним из самых передовых и наукоемких направлений во всем мире. Финансовая доступность, открытость технологий, высокая функциональность и ряд других характеристик МБПЛА стало причиной их массового использования в незаконных целях (шпионаж, террористические угрозы и т.д.). Поэтому разработка различных систем защиты от МБПЛА также является важной задачей.

В данном докладе рассматриваются ключевые аспекты разрабатываемой автономной системы защиты частных территорий, которая основывается на физическом захвате «нарушителя» другим МБПЛА, основные функции которого представлены на рис. 1.

Функции выделения и распознавания цели по визуальному каналу осуществляются бортовыми системами МБПЛА при вхождении «нарушителя» в зону видимости «БПЛА-охранника». Данный функционал будет обеспечиваться с применением специализированных алгоритмов обработки изображений и малогабаритных вычислителей с параллельной архитектурой после установления визуального контакта, фиксирования и сопровождения «нарушителя».

*\*Проект выполняется на базе Томского государственного университета совместно с АО «НИИПП» (Индустриальный партнер) при финансовой поддержке Минобрнауки России, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57817X0241.*



Рис. 1. Функциональные особенности системы защиты частных территорий

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНОЙ СТАНЦИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

*Р.У. Гимазов<sup>1</sup>, С.В. Шидловский<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

<sup>2</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет  
ruslgim@gmail.com*

Автономная станция беспилотного летательного аппарата (БПЛА) выполняет функции хранилища, метеостанции, зарядного устройства, центра связи. Автономность системы достигается использованием фотоэлектрических модулей, обеспечивающих питание станции и подзарядку беспилотного летательного аппарата. Такая система имеет возможность модификации, с целью повышения энергетической эффективности системы питания. Общий вид станции представлен на рис. 1.

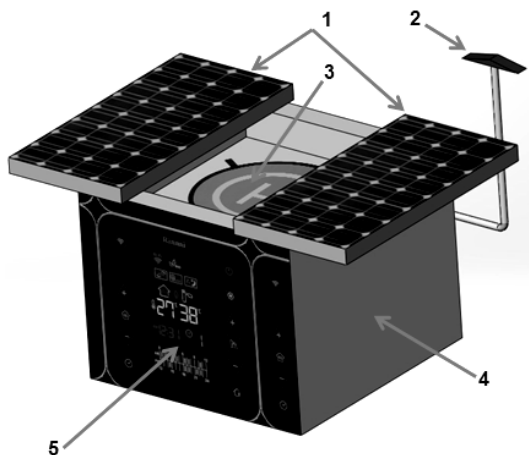


Рис. 1. Автономная станция БПЛА: 1 – подвижные крышки с солнечными панелями; 2 – метеостанция; 3 – посадочная площадка; 4 – корпус; 5 – панель управления

Целью данной работы является повышение энергетической эффективности системы питания автономной станции БПЛА.

К задачам, решаемым в ходе выполнения разработки, относятся реализация эффективного адаптивного алгоритма управления процессом заряда; переориентирование фотоэлектрических модулей разработка дополнительного блока фотоэлементов с системой наведения на Солнце.

К известным и широко применяемым методам повышения энергетической эффективности систем с фотоэлектрическими элементами относятся: экстремальное регулирования мощности – метод при котором реализуется особый алгоритм процесса заряда, обеспечивающий отбор энергии в максимальной точке вольт-ваттной характеристики, что максимизирует получаемую от фотоэлементов энергию; реализация солнечного трекера – системы автоматического наведения фотоэлементов на Солнце, что увеличивает количество поступающей энергии.

В представленной работе предлагается реализация алгоритма экстремального регулирования мощности по методу возмущение и наблюдение, модифицированному с помощью элементов нечёткой логики. Такое решение устраняет недостатки чистого алгоритма возмущение и наблюдение, имеющего поисковый характер: нейтрализует колебания мощности и уменьшает время регулирования.

В качестве дополнительных мер, для увеличения энергетической эффективности системы питания автономной станции предлагается до-



полнительное переориентирование фотоэлектрических модулей, с целью увеличения количества принимаемого света. На рисунке 2 продемонстрирован характер этого улучшения.

Известно, что максимум отбираемой энергии достигается, при перпендикулярном падении солнечных лучей, относительно плоскости фотоэлемента, следовательно, концепция 3 на рис. 2 обладает наилучшими показателями отбора энергии.

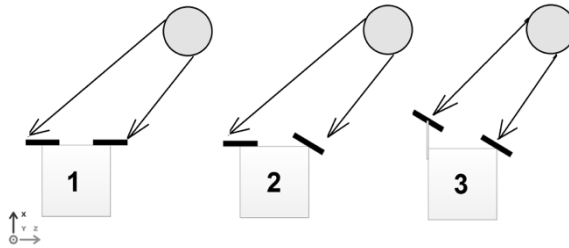


Рис. 2. Переориентирование фотоэлектрических элементов (относительное движение Солнца по оси  $y$ ): 1 – солнечные панели жестко закреплены; 2 – солнечные панели могут менять угол наклона; 3 – солнечные панели на дополнительных подъемных каркасах

Значительно увеличить количество отбираемой энергии в такой системе, можно добавлением дополнительного модуля фотоэлектрических элементов. Такой модуль, вынесенный за основной блок автономной станции, может, однако, негативно сказаться на мобильности разрабатываемой установки, т.к. делает её более громоздкой.

Для исследования повышения энергетической эффективности зарядной станции, с помощью средств Matlab / Simulink, разработана имитационная модель системы, включающая модели всех требуемых элементов системы.

Актуальность представленной разработки связана с проблемой максимизации времени автономного функционирования БПЛА. Повышение энергетической эффективности системы питания станции БПЛА позволяет значительно увеличить автономность представленного объекта.

*Работа выполнена в Томском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России, уникальный идентификатор RFMEFI57817X0241.*

# ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ

*В.А. Гуцал, С.В. Шидловский*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Vadim\_Gucal@mail.ru*

На сегодняшний день одна из актуальных проблем использования роботов – это автономный, принятый без участия человека, выбор маршрута роботом. Основанием для выбора служит самостоятельный анализ ситуации. Навигация робота в пространстве – это комбинация выше озвученных задач. Для решения задачи анализа, или позиционирования, используются определенный набор технических средств. Его использование решает данную задачу для определенных условий.

Для успешной навигации в пространстве бортовая система робота должна уметь строить маршрут, управлять параметрами движения (задавать угол поворота колес и скорость их вращения), правильно интерпретировать сведения об окружающем мире, получаемые от датчиков, и постоянно отслеживать собственные координаты.

Данная проблема является одной из важнейших задач в робототехнике, а именно задача точного и быстрого перемещения мобильного робота по траектории, которая задается в виде опорных точек, которые могут быть получены при помощи GPS навигации, либо при построении оптимальной траектории на основе карты местности. Также траектория может задаваться в виде визуальной траектории, нанесенной на поверхность, по которой движется робот. Решение данной проблемы является очень важной задачей, так как информация о точном перемещении необходима для решения более сложных и комплексных задач робототехники, таких как: погрузка различного сырья роботизированной тележкой, сканирование заданной местности и т.д.

Также не мало важной задачей робототехники является эффективное распознавание визуальной информации и на основе ее анализа решение сложных задач управления и контроля, такая система называется системой технического зрения. В общем виде такая система состоит из технологической последовательности, которая включает следующие звенья:

- 1) получение изображения от видеокамеры;
- 2) обработку (оцифровку) изображения;

3) логический анализ цифрового изображения и выделение нужной информации;

4) перемещение камеры в пространстве.

Для решения задач обнаружения и объезда препятствий может использоваться пара камер, образующих стереосистему. Сопоставляя идентичные элементы изображений от каждой из камер, алгоритм системы технического зрения синтезирует трехмерное изображение пространства перед камерами. Это позволяет построить карту глубины и рассчитать дальность до препятствий, попавших в поле зрения камер. Дальность, на которой от стереопары можно получить достоверные данные определяется стереобазой и, применительно к роботу, составляет 4-5 метров. Увеличивая стереобазу и разрешение видеокамер системы технического зрения, можно значительно повысить точность и глубину синтезируемой карты диспаратности. По мере своего продвижения робот выстраивает трехмерную карту окружающего пространства. По ней, собственно, прокладывается путь и планируется движение робота вычислителем автопилота.

На сегодняшний день выделяют следующие сложности навигации роботов:

1) чтобы двигаться к цели, роботу необходимо сформировать достаточно точный образ окружающего его пространства;

2) в ходе движения робот должен быстро и точно управлять мотором и положением колес;

3) робот должен знать свое реальное местонахождение, а оно почти всегда отличается от хранящегося в бортовой системе.

*Работа выполнена в Томском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России, уникальный идентификатор RFMEFI57817X0241.*

### *Литература*

[1] Сенюшкин Н.С. Автономная система позиционирования в составе управления наземной многоцелевой подвижной платформой // Молодой ученый. 2011. № 1. С. 44–46.

[2] Сенюшкин Н.С. Многоцелевая экспериментальная мобильная платформа с двухуровневой системой управления // Молодой ученый. 2010. № 7. С. 46–53.

[3] Шашев Д.В., Шидловский С.В. Построение реконфигурируемых систем автоматического управления и переработки информации в автономных подвижных роботах // Телекоммуникации. 2016. № 2. С. 33–38.

[4] Shashev D.V., Shidlovskiy S.V. High-speed image processing systems in non-destructive testing // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Vol. 881, № 1. 012029.

# КАЛИБРОВКА РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА

*С.А. Клестов*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Klestov\_simon@mail.ru*

В данной работе описываются основные принципы расчета точности восстановления томографических изображений. Для оценки точности восстановленной томограммы используется преобразование Радона.

Представлена иллюстрация механизма влияния уровня шума в приемном тракте на разрешение приемной системы. За количественную меру точности восстановления томографических изображений примем разрешающую способность томографа, которую будем определять как минимальное расстояние между двумя непрозрачными объектами, на котором эти объекты разделимы на восстановленной томограмме. Рассмотрим основные факторы, определяющие разрешающую способность восстановленных томографических изображений. Очевидно, что предельное значение разрешающей способности (минимальное расстояние, разрешимое данным томографом) определяется шириной области дифракционной полутени. На рис. 1 приведена зависимость модуля интеграла Френеля, определяющего отношение уровня дифракционного поля за препятствием к уровню поля в свободном пространстве, от превышения  $u$  точки наблюдения над краем препятствия. Величина  $u$  измеряется в размерах первой зоны Френеля. Максимальное значение  $|F(u)|$  равно 1.85 достигается при  $u \approx 1.2$  (это значение отмечено на рис. 1 пунктирной линией). Суммарная дифракционная кривая, получаемая при освещении двух объектов, будет содержать два различных максимума, если объекты разнесены на расстояние больше  $\Delta_1$ . Величина  $\Delta_1$  определяется по уровню  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  от максимального значения и равна

$\Delta_1 = 1.2 \cdot \sqrt{\lambda d}$ , где  $\lambda$  – длина волны излучения,  $d$  – расстояние между источником и приемником излучения. При  $d = 0.2$  м,  $\lambda = 2.3 \cdot 10^{-10}$  м величина  $\Delta_1$  составляет порядка 13 мкм.

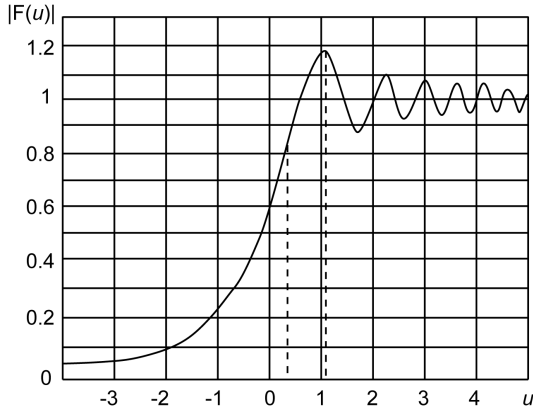


Рис. 1. Значения модуля интеграла Френеля определяют отношение амплитуды дифракционного поля к уровню поля в свободном пространстве. Пунктирными линиями отмечена ширина области, определяющая минимальное разнесение различимых объектов

Пространственное распределение интенсивности дифракционного поля регистрируется на приемной апертуре. Набор зарегистрированных распределений представляет собой преобразование Радона от пространственного распределения оптической плотности исследуемого объекта. Эта плотность восстанавливается по зарегистрированным проекциям путем обращения преобразования Радона. Для оценки точности восстановления распределения оптической плотности (точности восстановленной томограммы) воспользуемся упрощенными представлениями о процедуре обращения преобразования Радона.

Механизм влияния уровня шумов в приемном тракте на разрешение приемной системы иллюстрируется на рис. 2. Здесь показан отклик системы на точечное входное воздействие в отсутствии шумов (для наглядности приведен двумерный график, так что  $S(X)$  можно рассматривать как срез восстановленного в томографе изображения при фиксированном  $Y$ ) – кривая 1. Кривая 2 на рис. 2 представляет случайную реализацию  $\delta$ -коррелированного шума, моделирующего собственные шумы приемной системы. Кривая 3 – сумма полезного сигнала и шума. Если под сигналом понимать интенсивность восстановленного изображения, то для различения двух точечных объектов необходимо, чтобы их отклики пересекались на уровне ниже  $L = 0.5$ . Разнос при этом точечных объектов определяет разрешение приемной системы. Наличие шумов случайным образом смещает по оси абсцисс момент превышения

порогового значения  $L$ , увеличивая, таким образом, необходимый для разрешения разнос между объектами на случайную величину  $\Delta X$  [1–5].

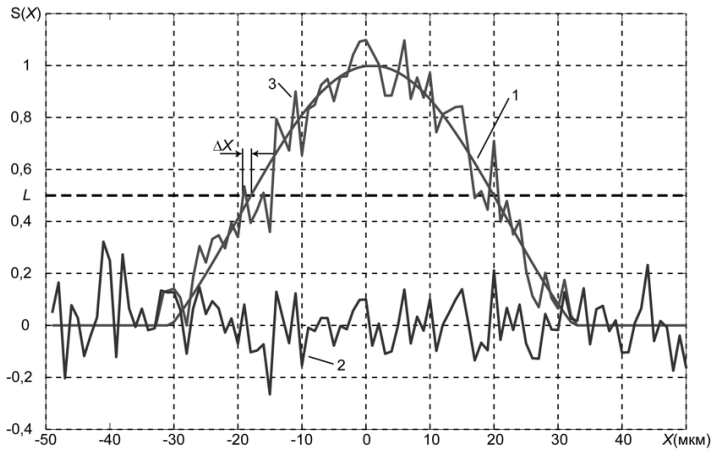


Рис. 2. Иллюстрация механизма влияния уровня шума в приемном тракте на разрешение приемной системы

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-29-04388).*

### **Литература**

- [1] Bureev A.Sh., Klestov S.A., Kutsov M.S., Osipov A.V., Osipov Yu.M., Syryamkin V.I., Suntsov S.B. Digital x-ray tomography / ed. by V.I. Syryamkin. London : Red Square Scientific, Ltd., 2015. 146 p.
- [2] Бондарчук А.С., Боровик В.С., Гуцул В.И., Евтушенко В.Г., Клестов С.А., Кузнецов Д.Н., Марченко В.В., Марченко М.В., Пешкичев Р.Ю., Попков А.И., Пыхтырев В.С., Сахапов Д.А., Судакова Е.С., Сырямкин В.И., Сырямкин М.В., Шатравин В.В., Шумилов В.Н. Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы. Томск : STT, 2017. 256 с.
- [3] Syryamkin V.I., Suntsov S.B., Klestov S.A., Echina E.S. Design of smart 3D-digital X-ray microtomographic scanners for non-destructive testing of materials and components of electronic devices with a multilayered structure // AIP Conference Proceedings. 2015. Vol. 1683. 020227. DOI: 10.1063/1.4932917.
- [4] Пат. RU 2505800. Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления / Сырямкин В.И. и др. 27.01.2014. Бюл. № 3.
- [5] Горбачев С.В., Сырямкин В.И. Нейро-нечеткие методы в интеллектуальных системах обработки и анализа многомерной информации. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2014. 510 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО МИКРОТОМОГРАФА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*С.А. Клестов, В.И. Сырямкин*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Klestov\_simon@mail.ru*

В докладе представлен анализ методов построения функций принадлежности нечетких множеств при фаззификации разнородных слабо формализуемых экспертных данных, характеризующих инновационные технологии (проекты), который может быть использован для построения адаптивных систем нечеткого вывода ANFIS. Кроме численных данных, рассмотрен случай представления экспертных оценок в ранговой (порядковой) шкале, в виде последовательности упорядоченных лингвистических переменных, где каждому из наблюдений может быть приписан один из рангов  $j, j=1, \dots, m$  (например, низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий).

Методы, базирующиеся на теории нечетких множеств, относятся к методам оценки и принятия решений в условиях неопределенности. Построение классических адаптивных систем нечеткого вывода ANFIS предполагает формализацию исходных параметров и целевых показателей эффективности инновационных технологий (проектов) в виде вектора интервальных значений (нечеткого интервала), попадание в каждый интервал которого характеризуется некоторой степенью неопределенности [1]. Эта процедура получила название "фаззификации". На основе исходной информации, опыта и интуиции эксперты часто могут достаточно уверенно количественно охарактеризовать границы (интервалы) возможных (допустимых) значений параметров и области их наиболее возможных (предпочтительных) значений. Например, в качестве исходных данных могут использовать так называемые треугольные нечеткие числа с функцией принадлежности  $\mu_A(x)$  нечеткого множества  $A$  следующего вида (рис. 1):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a_{\min} \\ \frac{x - a_{\min}}{\alpha - a_{\min}}, & \text{если } a_{\min} < x < \alpha \\ \frac{a_{\max} - x}{a_{\max} - \alpha}, & \text{если } \alpha \leq x < a_{\max} \\ 0, & \text{если } x \geq a_{\max} \end{cases} \quad (1)$$

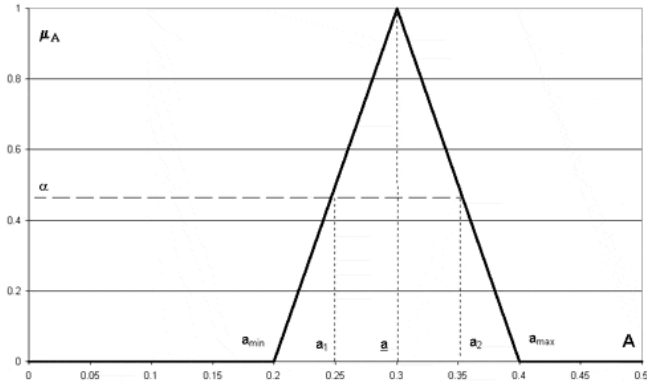


Рис. 1. Функция принадлежности треугольного нечеткого числа  $A$

Эти числа моделируют высказывание следующего вида: “параметр  $A$  приблизительно равен  $\alpha$  и однозначно находится в диапазоне  $[a_{\min}, a_{\max}]$ ”.

Вместе с тем, эксперты в некоторых случаях затрудняются правильно определить множество функций принадлежности. В этом случае на практике часто используется аналитическое представление функции принадлежности [1]. На рис. 2 показана аппроксимация дискретного ряда непрерывной гауссовой функцией принадлежности:

$$\mu(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где  $c$  и  $\sigma$  – центр и стандартное отклонение (ширина).



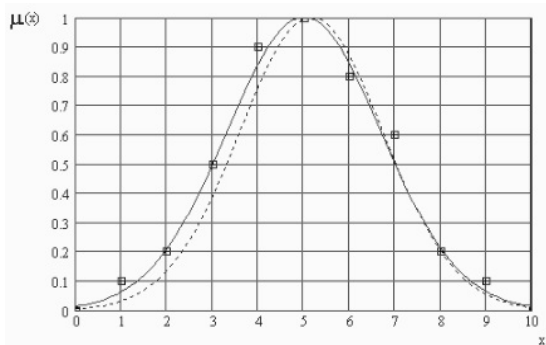


Рис. 2. Гауссова (непрерывная) функция принадлежности, аппроксимирующая дискретный ряд

Отметим, что определение нечеткого множества не накладывает ограничений на выбор функции принадлежности, и на практике используют множество других функций принадлежности, заданных как композиции базовых функций (двойная гауссова, двойная сигмоидальная и т.п.), либо как комбинации по участкам возрастания и убывания (сигмоидально-гауссова, сплайн-треугольная и т.п.).

В общем случае методы построения функции принадлежности можно разделить на прямые и косвенные [2]. В докладе приведена классификация методов построения функции принадлежности. Рассмотрен нетривиальный случай представления экспертных данных, заданных не в числовой, а в ранговой шкале. Для задания функций принадлежности в этом случае наиболее простым представляется подход, основанный на замене лингвистических переменных их рангами, однако в большинстве случаев этот прием оказывается некорректным, поскольку предполагает равенство расстояний между соседними числовыми рангами. В литературе описан также подход на основе анализа распределения частот появления конкретных значений лингвистических переменных [3] – метод работает только с гауссовым распределением входных переменных. В докладе предложен алгоритм, заключающийся в аппроксимации функций принадлежности для каждой переменной до определенного порога ошибки в процессе обучения системы, при этом исходный набор лингвистических переменных  $x_1, x_2, \dots, x_N$  заменяется множеством функций принадлежности, заданных на интервале  $[0,1]$  и дальнейший анализ (классификация многомерных объектов) проводится не исходных данных, а параметров, описывающих соответствующие им функции принадлежности. Один из методов решения данной задачи – это использо-

вание нечеткого дерева решений, построенного на основе обучающей выборки данных.

*Исследования выполнены по программе повышения конкурентоспособности Национального исследовательского Томского государственного университета, при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-29-12858.*

### **Литература**

- [1] Горбачев С.В., Сырякин В.И. Нейро-нечеткие методы в интеллектуальных системах обработки и анализа многомерной информации. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2014. 510 с.
- [2] Матвеев В.И. // ЖЭТФ. 2003. Т. 124, № 5 (11). С. 1023.
- [3] Канд В.А. Методы построения функций принадлежности нечетких множеств // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2013. № 2 (139). С. 144–152.
- [4] Brouwer R.K. Fuzzy set covering of a set of ordinal attributes without parameter sharing // Fuzzy Sets and Systems. 2006. Vol. 157, № 13. P. 1775–1786.
- [5] Панин С.В., Сырякин В.И., Глухих А.И. Применение спектрального анализа изображений поверхности для изучения процессов усталостного разрушения на мезомасштабном уровне // Автометрия. 2003. Т. 39, № 4. С. 79–92.

## **ПРОЕКТ РОБОТА-ПЕРЕВОЗЧИКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА**

*Е.А. Колотвин, О.Ю. Фролов*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
egorwinegorwin@hotmail.com*

В условиях быстро развивающейся автоматизации рабочих процессов, перед производством все чаще встает вопрос об оснащении предприятий мобильными роботами для выполнения складских работ, обслуживания гибких производственных линий и создания высокоэффективного производства в целом. В связи с этим разработка алгоритмов локализации и навигации [1], позволяющих мобильному роботу совершать перемещения в рабочем пространстве, является на сегодняшний день актуальной задачей.

Целью работы является создание алгоритма перемещения мобильного робота по заданным координатам и его реализация в среде моделирования мобильных роботов MRDS (Microsoft Robotics Developer Studio) [2].

Среда разработки MRDS позволяет создавать управляющие программы как на языке C#, так и на собственном визуальном языке программирования VPL (Visual Programming Language). Программирование

на VPL осуществляется путем соединения блоков с разным функциональным назначением. Язык VPL наглядно визуализирует проектируемый алгоритм, что позволяет человеку, имеющему скромные познания в программировании, за короткие сроки понять принцип работы программы. Также программирование на языке VPL находит свое место в обучении школьников и студентов основам робототехники.

Для решения поставленной задачи используются: модель мобильного робота Pioneer 3-DX, оснащенная, лазерным дальномером, компасом и таймером; 3D-карта завода с моделями станков. В качестве исходных данных заданы начальное местоположение робота на карте и траектория движения в виде массива значений, координат целевых точек. Задачей робота является последовательное перемещение от одной целевой точки к другой и, после достижения последней, возвращение в начальное положение, из которого он вновь повторяет движение по заданной траектории.

Алгоритм перемещения мобильного робота по координатам представляет собой цикл, каждый шаг которого состоит из последовательных действий, а именно: вычисление угла, на который необходимо повернуть робота, чтобы быть ориентированным по направлению к целевой точке; расчет расстояния до целевой точки; перемещение на вычисленное расстояние; регистрация нового положения и ориентации робота в пространстве.

Для определения угла поворота считаем, что робот находится в начале координат и ориентирован вдоль оси X. Чтобы определить угол, роботу достаточно знать координаты точки, в которой он находится, а также координаты точки, в которую необходимо переместиться, и предыдущий угол поворота. Рассматриваются четыре варианта расположения целевой точки в каждой четверти декартовой системы координат, а также четыре варианта, когда она лежит на одной из осей (рис. 1). Буквой  $\alpha$  обозначен угол, на который должен повернуть робот, буквой  $\beta$  – вспомогательный угол, используемый для вычислений. Угол  $\beta$  вычисляется по формуле:

$$\beta = \arctg \frac{y_2 - y_1}{|x_2 - x_1|}, \quad (1)$$

где  $y_2$  и  $x_2$  – координаты точки цели, а  $y_1$  и  $x_1$  – текущие координаты.

Расстояние  $D$ , на которое необходимо переместиться роботу для достижения целевой точки вычисляется по формуле:

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}. \quad (2)$$

После того, как робот переместился на вычисленное расстояние, он регистрирует координаты достигнутой целевой точки как текущие и переходит к вычислению угла поворота и расстояния до новой целевой точки.

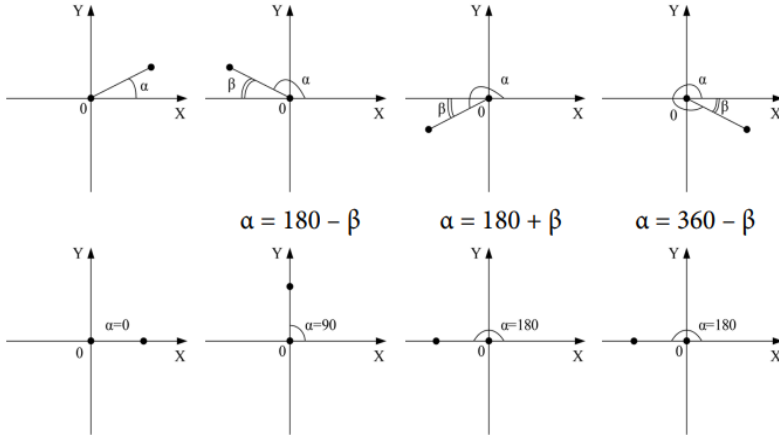


Рис. 1. Варианты расположения целевой точки

В среде имитации MRDS физические параметры мира максимально приближены к реальным. По этой причине при перемещении к заданной точке робот может проходить заданные расстояния не точно вследствие пробуксовки колес или инерции. Для отслеживания реального положения робота необходимы компас и энкодер. В MRDS есть компас, показывающий значения поворота угла от  $-3.14$  до  $+3.14$  радиан. Для перевода радиан в градусы воспользуемся формулой:

$$\alpha_0 = \alpha_r \frac{180^\circ}{\pi}, \quad (3)$$

где  $\alpha_0$  – значение угла в градусах, а  $\alpha_r$  – значение угла в радианах.

К сожалению, средства разработки в среде MRDS не имитируют работу энкодера, поэтому в данной программе реализован аналог такого датчика. Для его создания был проведен замер расстояния, которое виртуальный робот проезжает за 10 миллисекунд с постоянной скоростью. Эксперимент проводился в условиях минимизированного влияния законов физического мира, что исключало возможность появления инерции и пробуксовки колес робота. Также было рассчитано расстояние, на которое должен переместиться робот за 10 миллисекунд с определенной

постоянной скоростью. По внутренней системе координат имитационной среды было установлено, что длина перемещения робота в имитаторе полностью соответствует значению длины, вычисленной теоретически. На основе полученных данных в рабочей программе был реализован цикл, суть которого заключается в следующем. В программе задается некоторая переменная  $i$ , в начальный момент времени равная 0. После запуска программы, цикл устанавливает таймер в режим ожидания на 10 миллисекунд, и таймер, после завершения ожидания, посылает сигнал в вычислительный модуль, где к переменной  $i$  прибавляется единица. Затем цикл вновь устанавливает таймер в режим ожидания. Цикл продолжает работу до тех пор, пока с двигателя робота не придет уведомляющее сообщение о том, что расстояние пройдено. После этого цикл прекращает работу, и значение переменной  $i$  умножается на значение расстояния, полученное ранее экспериментальным путем. Произведение этих двух величин и будет являться длиной пройденного роботом пути. Значение погрешности такого энкодера колеблется от 0.0006 до 0.2 процента за одно перемещение при разных испытаниях. Погрешность вычисляется по формуле:

$$E = \frac{D_{\text{эксп}} - D_{\text{дейст}}}{D_{\text{дейст}}} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $D_{\text{эксп}}$  – значение расстояния, полученное аналогом энкодера, а  $D_{\text{дейст}}$  – реальное значение пройденного расстояния.

В результате работы был создан алгоритм управления мобильным роботом в среде разработки Microsoft Robotics Developer Studio. Встроенные в MRDS средства визуализации позволили отладить работу конкретной модели робота в заданных условиях эксплуатации. Разработанный алгоритм вследствие простоты его реализации является универсальным и подходит практически к любой модели колесных роботов из базы данных MRDS.

### *Литература*

- [1] Бройнль Т. Встраиваемые робототехнические системы. М. ; Ижевск, 2012. 520 с.  
 [2] Microsoft Developer Network (MSDN) Library. URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/aa731536.aspx> (accessed: 15.11.2018).

# АЛГОРИТМ РАСПОЗНОВАНИЯ В ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЕ

*Д.Н. Кузнецов*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
novorostomsk@gmail.com*

«Телемедицина – это совокупность внедряемых, "встраиваемых" в медицинские информационные системы, принципиально новых средств и методов обработки данных, объединяемые в целостные технологические системы, обеспечивающие создание, передачу, хранение и отображение информационного продукта (данных, знаний) с наименьшими затратами с целью проведения необходимых и достаточных лечебно-диагностических мероприятий, а также обучения, для всех нуждающихся в них в нужном месте и в нужное время.»

Создание телемедицинских систем (и сетей) является составным элементом общего направления информатизации здравоохранения в настоящее время. Без интеграции технологий телемедицины во вновь создаваемые или уже эксплуатирующиеся клинические (и госпитальные) автоматизированные информационные системы (АИС) невозможно построить сколько-нибудь жизнеспособного решения поддержки лечебно-диагностических процедур. Это связано с тем, что на каждом этапе диагностики, лечения и реабилитации пациента врач должен иметь возможность обратиться к опыту коллег. Проблема повышения качества медицинской помощи является приоритетной задачей нашего общества и занимает одно из центральных мест в политике Российского государства. Высокий уровень здравоохранения является залогом качества жизни населения, что в свою очередь является основой безопасности нации как важнейшего условия суверенитета государства, его внутренней политики и независимости в международных отношениях. При этом особое значение имеет возможность интеграции информационных систем и систем телекоммуникаций как средства повышения эффективности медицины за счет более интенсивного развития телемедицинских технологий, обеспечивающих медику удаленный доступ к современным медицинским ресурсам, в том числе, международным. Основными причинами, препятствующими очным медицинским консультациям в окружных и федеральных центрах являются: тяжелое состояние здоровья пациента, высокая стоимость проезда и проживания, невозможность длительного отсутствия на работе, отсутствие транспортного сообщения и т.д. По тем же причинам ограничены

возможности в получении различных видов высокоспециализированной консультативной медицинской помощи у жителей наиболее отдаленных районов, даже если такие консультации могут быть оказаны в региональных медицинских центрах.

Одним из главных достоинств телемедицины является возможность приблизить высококвалифицированную и специализированную помощь работников ведущих медицинских центров к отдаленным районам и, тем самым, существенно сэкономить затраты пациентов. Все вышесказанное обуславливает актуальность проведения исследований и разработки региональной телемедицинской информационной системы (РТИС) на территории Российской Федерации.

Для оценки эффективности реализации мероприятий по внедрению региональной телемедицинской сети могут быть применены следующие оценочные критерии:

- общее количество телеконсультаций и телеконсилиумов, проведенных жителям региона в окружных, межрегиональных и федеральных медицинских центрах количество клинических случаев, при которых верификация диагноза (инструментальная и морфологическая) осуществлена с помощью телемедицинских технологий;
- количество управленческих мероприятий (селекторных совещаний, коллегий, балансовых комиссий), проведенных с помощью видеоконференцсвязи;
- количество медицинских специалистов, которым проведена переподготовка (специализация, усовершенствование), на основе телеобучения;
- снижение перинатальной смертности достигнутое с помощью телемедицинских технологий;
- суммарный экономический эффект от внедрения телемедицинских технологий – сумма сэкономленных средств за счет теледиагностики и телеобучения – должна покрыть расходы на финансирование мероприятий.

Необходимость развития телемедицины признана в ведущих странах мира, среди которых особенно широко телемедицинские технологии применяются в США, Греции, Великобритании и Норвегии. Проекты, связанные с формированием телемедицинской сети, относятся к числу важнейших медицинских программ, финансируемых Европейским сообществом. Методы телемедицины активно разрабатываются также в Бразилии, Китае и ряде других развивающихся стран.

Телемедицина становится экономически эффективным способом для промышленно развитых стран в вопросах оказания помощи для наращивания потенциала систем здравоохранения в развивающихся странах. Сравнительно небольшие инвестиции в телемедицину способны привести к снижению бремени болезней, одновременно увеличивая возможности обоих участков, как направляющего, так и консультирующего.

Развитие телемедицины в мире находит широкое распространение и ей принадлежит большое будущее, возможности техники также огромны. Телемедицина в России вступает в фазу перехода от разработок к стадии практического внедрения методов дистанционного оказания диагностической и консультативной помощи в отечественное здравоохранение и в ближайшие годы она преодолеет отставание от развитых капиталистических стран и внесет свой вклад в мировую телемедицинскую науку.

*Работа выполнена по программе повышения конкурентоспособности Томского государственного университета при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-29-04388).*

### *Литература*

- [1] Сырымкин В.И., Жданов Д.С., Буреев А.Ш. и др. Интеллектуальная телемедицинская система // Приборостроение. 2012. Т. 55, № 2. С. 7–10.
- [2] Szot A. et al. Diagnostic accuracy of chest X-rays acquired using a digital camera for low-cost teleradiology // International Journal of Medical Informatics. 2004. Vol. 73 (1). P. 65–73.
- [3] Patterson V. et al. Store-and-forward teleneurology in developing countries // Journal of Telemedicine and Telecare. 2001. Vol. 7 (Suppl. 1). P. S52–S53.
- [4] Qaddoumi I. et al. Impact of telemedicine on pediatric neuro-oncology in a developing country: the Jordanian Canadian experience // Pediatric Blood & Cancer. 2007. Vol. 48 (1). P. 39–43.
- [5] Pradeep P.V. et al. Reinforcement of endocrine surgery training: impact of telemedicine technology in a developing country context // World Journal of Surgery. 2007. Vol. 31 (8). P. 1665–1671.
- [6] Sorensen T., Rivett U., Fortuin J. A review of ICT systems for HIV/AIDS and anti-retroviral treatment management in South Africa // Journal of Telemedicine and Telecare. 2008. Vol. 14 (1). P. 37–41.
- [7] Person D.A., Hedson J.S., Gunawardane K.J. Telemedicine success in the United States Associated Pacific Islands (USAPI): Two illustrative cases // Telemedicine Journal and e-Health. 2003. Vol. 9 (1). P. 95–101.



# ПОСТРОЕНИЕ КАРТ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПРИ ПОМОЩИ ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ

*Д.Н. Кузнецов, В.И. Сырямкин*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
novorostomsk@gmail.com*

Биометрические технологии основаны на биометрии, измерении уникальных характеристик отдельно взятого человека. Это уникальные признаки, полученные им с рождения и характеристики, обретенные со временем или же способные меняться с возрастом или внешним воздействием. В данной статье рассмотрены принципы работы, виды систем биометрической идентификации, приведены примеры и области их применения.

Биометрические технологии основаны на биометрии, измерении уникальных характеристик отдельно взятого человека. Это могут быть как уникальные признаки, полученные им с рождения, например: ДНК, отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза; так и характеристики, приобретенные со временем или же способные меняться с возрастом или внешним воздействием, например: почерк, голос или походка.

Принцип работы. Система запоминает образец биометрической характеристики (это и называется процессом записи). Во время записи некоторые биометрические системы могут попросить сделать несколько образцов для того, чтобы составить наиболее точное изображение биометрической характеристики. Затем полученная информация обрабатывается и преобразовывается в математический код. Кроме того, система может попросить произвести ещё некоторые действия для того, чтобы «приписать» биометрический образец к определённому человеку.

Биометрия - технология идентификации личности, использующая физиологические параметры субъекта (отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза и т.д.). Основные сведения Биометрические параметры - статические отпечатки пальцев, геометрия руки, сетчатка глаза и т.п. - динамические параметры: динамика воспроизведения подписи или рукописного ключевого слова, голос и т.п.

По отпечаткам пальцев. Этот метод является самым старым и распространённым среди способов идентификации, использующих физиологические особенности организма. Применяется во всех странах органами охраны правопорядка для идентификации преступников.

Каждый человек имеет уникальный папиллярный узор отпечатков пальцев, благодаря чему и возможна идентификация. Обычно алгоритмы используют характерные точки на отпечатках пальцев: окончание линии узора, разветвлении линии, одиночные точки. Дополнительно привлекается информация о морфологической структуре отпечатка пальца: относительное положение замкнутых линий папиллярного узора, «арочных» и спиральных линий. Особенности папиллярного узора преобразовываются в уникальный код, который сохраняет информативность изображения отпечатка. И именно «коды отпечатков пальцев» хранятся в базе данных, используемой для поиска и сравнения.

Системы идентификации по характеристикам речи. Это одна из старейших биометрических технологий. В настоящее время ее развитие активизировалось, ей прочитается большое будущее и широкое использование в построении «интеллектуальных зданий». Существует достаточно много способов построения кода идентификации по голосу, как правило, это различные сочетания частотных и статистических характеристик голоса.

Системы идентификации по радужной оболочке глаза. Это более простой и удобный способ, но и менее надежный. Радужная оболочка глаза является уникальной характеристикой человека. Рисунок радужки формируется на восьмом месяце внутриутробного развития, окончательно стабилизируется в возрасте около двух лет и практически не изменяется в течение жизни, кроме как в результате сильных травм или резких патологий. Метод является одним из наиболее точных среди биометрических методов.

Системы идентификации по изображению лица. В данном методе идентификации строится трехмерный образ лица человека. На лице выделяются контуры бровей, глаз, носа, губ и т.д., вычисляется расстояние между ними и строится не просто образ, а еще множество его вариантов на случаи поворота лица, наклона, изменения выражения. Количество образов варьируется в зависимости от целей использования данного способа (для аутентификации, верификации, удаленного поиска на больших территориях и т.д.)[4].

Системы идентификации по геометрии ладони руки. Метод идентификации пользователей по геометрии руки по своей технологической структуре и уровню надежности вполне сопоставим с методом идентификации личности по отпечатку пальца.

Системы идентификации по подписи. Как правило, для этого вида идентификации человека используется его роспись (иногда написание кодового слова). Цифровой код идентификации формируется, в зависи-

мости от необходимой степени защиты и наличия оборудования (графический планшет, экран карманного компьютера Palm и т.д.), двух типов:

- По самой росписи (для идентификации используется просто степень совпадения двух картинок);

- По росписи и динамическим характеристикам написания (для идентификации строится свертка, в которую входит информация по росписи, временным характеристикам нанесения росписи и статистическим характеристикам динамики нажима на поверхность).

Применение. Биометрические технологии активно применяются во многих областях связанных с обеспечением безопасности доступа к информации и материальным объектам, а также в задачах уникальной идентификации личности, в целях:

- Контроля доступа;
- Защиты информации;
- Идентификации клиентов.

На сегодняшний день нашей командой разрабатывается метод скрытного сбора и анализа биологической информации. Об этом более подробно в следующих публикациях.

*Работа выполнена по программе повышения конкурентоспособности Томского государственного университета при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-29-04388).*

### *Литература*

[1] Язов Ю.К., Волчихин В.И., Иванов А.И., Фунтиков В.А., Назаров И.Г. и др. Нейросетевая защита персональных биометрических данных. М. : Радиотехника, 2012. 157 с.

[2] Ахметов Б.С., Иванов А.И., Фунтиков В.А., Безяев А.В., Малыгина Е.А. Технология использования больших нейронных сетей для преобразования нечетких биометрических данных в код ключа доступа. Алматы : LEM, 2014. 144 с. URL: <http://portal.kazntu.kz/files/publicate/2014-06-27-11940.pdf>

[3] Инноватика-2015 : сб. материалов XI Междунар. школы-конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / под ред. А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова. Томск : STT, 2015. 704 с. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24846416>

[4] Бехтин Ю.С., Клестов С.А., Куцов М.С., Сырямкин В.И., Титов Д.В. Теоретические основы цифровой обработки изображений в встраиваемых системах технического зрения / под ред. В.И. Сырямкина, Д.В. Титова. Томск : STT, 2016. 406 с.

[5] Панин С.В., Шакиров И.В., Сырямкин В.И., Светлаков А.А. Применение вейвлет-анализа изображений поверхности для изучения процессов пластиче-

## РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ В ПОТОКЕ

*Д.Н. Кузнецов*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
novorostomsk@gmail.com*

С развитием информационных технологий, очень модным стало использование функции идентификации человека в программном обеспечении. Большая часть данного программного обеспечения разработана только для идентификации человека путем поиска в базе данных. Мы, в свою очередь, предлагаем программу идентификации человека в видеопотоке по определенным классификационным параметрам. В данной работе используются три классификационных параметра: пол, возрастная категория и расовая группа.

Идентификация людей — одна из главных целей компьютерного зрения. Человека можно идентифицировать с помощью таких параметров, как походка, лицо, отпечатки пальцев и радужная оболочка. В нашей работе мы использовали технологию распознавания лиц, так как цель проекта заключается в разработке системы идентификации человека по классификационным параметрам. Люди могут быть разделены на группы, по возрастной категории, полу и расе, лишь основываясь на черты лица.

Сегодня в это современное время существует проблема с контролем наших детей. Нам нужно программное обеспечение, которое будет контролировать доступ детей к интернет-сайтам, предназначенных для лиц старше 18 лет. Нам нужно программное обеспечение в торговых автоматах, которые не будут продавать детям такой товар, как сигареты, алкоголь и т. п. Это социальная проблема людей во всем мире и только программное обеспечение с оценкой возраста может решить ее.

Такого рода программное обеспечение может быть также использовано для получения статистических данных. Например, с помощью демографической информации о клиентах можно получить статистические данные для маркетинга, такие как, сколько клиентов посетило торговый центр; сколько мужчин и женщин; сколько детей, подростков, взрослых и пожилых людей; сколько азиатов, европейцев, и т. д.

В настоящее время большинство организаций нуждается в программном обеспечении с возможностью поиска человека в видео-потоке по заданным классификационным параметрам, ка возраст, пол и раса. Такое программное обеспечение может использоваться в контрольно-пропускных пунктах аэропортов и банков. Например, оно может быть использовано для проверки определенного человека в черном списке клиентов.

На сегодняшний день существует много алгоритмов распознавания лиц [2]. Но все они чувствительны к большим изменениям в освещенности и мимике лица. Принимая эти недостатки во внимание Бельхумеур П.Н., Хеспанна Д.П., и Крегман Д.Д. разработали алгоритм распознавания лиц, который нечувствителен для такого типа вариаций [3]. Данный алгоритм основан на двух методах, Fisherfaces (лица Фишера) и Eigenfaces (собственные лица). Метод Fisherfaces является производным от линейного дискриминанта Фишера (Fisher's Linear Discriminant) [13], минимизирует внутриклассовое и максимизирует межклассовое расстояние в пространстве признаков. Метод Eigenfaces также основан на линейном проектировании пространства изображения в более низкое пространство признаков [9; 10; 11].

Первым этапом в работе была классификация человека в гендерной, расовой и возрастной группе, используя алгоритмы распознавания лиц, поэтому выбор пал на метод Fisherfaces. Метод Eigenfaces основан на методе главных компонент (Principal Component Analysis, PCA), который является бесконтрольной статистической моделью, тем самым не совсем подходит для данной задачи. В свою очередь метод Fisherfaces дает определенную классовую линейную проекцию, что говорит о том, что он гораздо лучше подходит для возрастной, расовой и гендерной классификации [4]. По экспериментам Вагнера П. [7], мы можем видеть, что метод Fisherfaces достигает скорости распознавания 98 % в предметно-независимой перекрестной проверке (subject independent cross-validation). Предметно-независимая перекрестная проверка это образы человека не использованные при обучении модели распознавания.

Метод Fisherfaces уже реализован в OpenCV. OpenCV (Open Source Computer Vision Library) это библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и машинного обучения с открытым исходным кодом. Для того чтобы система классифицировала людей по возрастной, расовой и гендерной группам, необходимо обучить классификаторы модели распознавания Fisherfaces в OpenCV. Для обуче-

ния данных классификаторов необходим набор изображений разных людей.

Основное внимание было уделено разработке настольного приложения, с функцией поиска людей в видео-потоке, в соответствии с заданными параметрами поиска. Данное программное обеспечение является основой и началом одной большой системы безопасности. Прделанная работа выступает в качестве демонстрации новых возможностей, которые можно использовать в программном обеспечении систем безопасности. В целом приложение работает хорошо, но имеет низкую способность распознавания, так как в ходе обучения классификаторов было использовано всего лишь 1500 изображений лиц людей. В будущем данная проблема будет решена, также предусматривается добавление новых функций.

*Работа выполнена по программе повышения конкурентоспособности Томского государственного университета при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-29-04388).*

### *Литература*

- [1] Gallagher A., Chen T. Understanding Groups of Images of People // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009.
- [2] Samal A. and Iyengar P. Automatic Recognition and Analysis of Human Faces and Facial Expressions: A Survey // Pattern Recognition. 1992. Vol. 25. P. 65–77.
- [3] Belhumeur P.N., Hespanha J., and Kriegman D. Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1997. Vol. 19 (7). P. 711–720.
- [4] [http://docs.opencv.org/trunk/modules/contrib/doc/facerec/tutorial/facerec\\_gender\\_classification.html](http://docs.opencv.org/trunk/modules/contrib/doc/facerec/tutorial/facerec_gender_classification.html)
- [5] <http://vision.ucsd.edu/content/yale-face-database>
- [6] <http://vision.ucsd.edu/~leekc/ExtYaleDatabase/ExtYaleB.html>
- [7] [http://www.bytefish.de/blog/gender\\_classification](http://www.bytefish.de/blog/gender_classification)
- [8] <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facedatabase.html>
- [9] Sirovitch L. and Kirby M. Low-Dimensional Procedure for the Characterization of Human Faces // J. Optical Soc. of Am. A. 1987. Vol. 2. P. 519–524.
- [10] Горбачев С.В., Сырякин В.И. Нейро-нечеткие методы в интеллектуальных системах обработки и анализа многомерной информации. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2014. 510 с.

# ТРУБОПРОВОДНЫЙ РОБОТ

*В.И. Сыряжкин, С.А. Клестов*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Klestov\_simon@mail.ru*

Трубопроводный робот состоит из мультикоптера, помещенного в конструкцию, напоминающую колесо, из композитного материала (рис. 1). Существенным отличием от американской разработки является применение двух дополнительных двигателей, размещенных на оси, параллельной вращающейся оси устройства. Эти двигатели имеют возможность управляемого вращения относительно точки крепления. Данная схема позволила осуществлять движение в горизонтальной плоскости только с помощью двух дополнительных двигателей, сила тяги которых направлена вдоль оси движения, что существенно снизило энергозатраты [1–6].



Рис. 1. Трубопроводный робот

Повороты в движении осуществляются разностью тяги на двигателях. Применение данной схемы дало возможность осуществлять развороты на месте, когда один из двигателей разворачивается на своей оси и тянет в противоположную сторону. При перелете препятствий платформа с четырьмя винтами всегда остается параллельной земле и стабилизируется в этом положении микропроцессорной системой стаби-

лизации, что позволило повысить стабильность в полете и уменьшить раскачку. Перемещение в горизонтальной плоскости обеспечивают дополнительные два двигателя, поворачиваясь на нужный угол. В случае отказа одного из четырех двигателей подъемной платформы двигателя движения поворачиваются параллельно остальным и обеспечивают относительно мягкое приземление устройству, что существенно повышает живучесть и надежность систем.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-29-04388).*

### ***Литература***

- [1] Бойко А. В Китае начали применять для контроля водостоків беспроводный робот-краулер. URL: <http://robotrends.ru/pub/1629/v-kitae-nachali-primenyat-dlya-kontrolya-vodostokov-besprovodnyu-robot-krauler>
- [2] Наземный дрон для проверки трубопроводов, FW 150 L series. URL: <http://www.directindustry.com.ru/prod/r-drone/product-161446-1724782.html>
- [3] Наземный дрон HYRA. URL: <http://www.directindustry.com.ru/prod/ritec-rohr-inspektions-technik-gmbh/product-91489-1731284.html>
- [4] Сырямкин В.И., Соломонов Ю.С., Соломонов Ю.С. и др. Способ управления движущимся объектом и устройство для его осуществления. Патент на изобретение РФ, № 2476825 от 10.03.2011. Публ. 27.02.2013. Бюл. № 6.
- [5] Сырямкин В.И., Шидловский В.С. Корреляционно-экстремальные радионавигационные системы. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2010. 316 с.
- [6] Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / под ред. Б.С. Алешина и др. М. : Физматлит, 2006. 424 с.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ФУНКЦИЕЙ ОБНАРУЖЕНИЯ И УКЛОНЕНИЯ ОТ ПРЕПЯТСТВИЙ**

*А.А. Таганов, С.В. Шидловский*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
asabindme@gmail.com*

В статье рассматриваются процедуры моделирования компьютерной твердотельной модели беспилотного летательного аппарата с четырьмя несущими винтами с функцией обнаружения и уклонения от препятствий.

Моделирование динамики движения компьютерной твердотельной модели беспилотного летательного аппарата проводилось в операционной системе для роботов ROS при помощи программного пакета Gazebo. ROS – это фреймворк для программирования роботов, предоставляющий



функциональность для распределённой работы. Операционная система предоставляет следующие службы: аппаратную абстракцию, низкоуровневый контроль устройств, внедрение широко используемых функций, передачу сообщений между процессами и управление пакетами. Gazebo – это программный пакет, моделирующий взаимодействие робота или даже популяции роботов с физическим миром. Детально описав робота можно тестировать как работу алгоритмов, так и физическую реализацию робота в виртуальной среде, до использования аппаратной части.

При помощи вспомогательных средств была создана карта открытого пространства, которая в дальнейшем была интегрирована в имитационную модель при помощи программного пакета Gazebo. Это позволяет тестировать алгоритмы, выполнять регрессивное тестирование с использованием реалистичных сценариев без использования реальных роботов.

Для модели были использованы PX4 алгоритмы компьютерного зрения. Репозиторий содержит две различные реализации данного алгоритма. В работе использовался глобальный планировщик на основе графов, который планирует в традиционной сетке занятости.

Управление беспилотным летательным аппаратом осуществлялось с помощью протокола информационного взаимодействия с дронами или малыми беспилотными аппаратами MAVLink. Для информационного взаимодействия с аппаратом используется ROS пакет - mavros. Этот пакет реализует возможность посылать команды управления аппаратом по протоколу MAVLink, используя стандартные ROS типы данных. MAVROS - MAVLink расширяемый узел связи для ROS с прокси для наземной станции управления. ROS может использоваться с PX4 и симулятором Gazebo. Он использует узел MAVROS MAVLink для связи с PX4.

В построенной имитационной модели был произведен тестовый полет по заданным точкам миссии сквозь препятствия, загруженной в имитационную модель беспилотного летательного аппарата. Модель при полете по точкам миссии достаточно точно определяла с помощью двух стереокамер и лидара окружающие ее препятствия и уклонялась от них, не отклоняясь от заданного маршрута.

На основе анализа полученных результатов, можно сказать, что данная имитационная модель позволяет достаточно точно обнаруживать препятствия на маршруте полета и уклоняться от них, не сбиваясь заданного курса.

*Работа выполнена в Томском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России, уникальный идентификатор RFMEFI57817X0241.*

# МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РОБОТА НА КАРТЕ МЕСТНОСТИ

*М.В. Шихман*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Shikhmar@gmail.com*

Мир вошел в цифровую эпоху, когда новые технологии стремительно развиваются и меняют привычный уклад жизни, формируются новые отрасли и профессии, открываются новые возможности для развития. Среди многообразия областей в цифровой индустрии, особый интерес вызывает робототехника. Робототехнические устройства постепенно проникают во все сферы деятельности человека, и имеют огромные перспективы для дальнейшего развития. Для решения прикладных задач во многих случаях роботу необходимо знать свое реальное местонахождение, которое чаще всего отличается от данных, хранящихся в бортовой системе. Для беспилотных робототехнических устройств, а также наземных роботов наиболее эффективно применять алгоритмы локальной навигации, которые заключаются в определении координат устройства по отношению к некой начальной точке.

Одним из множества алгоритмов локализации робота на имеющейся карте является локализация Монте-Карло (Monte Carlo Localization). Стоит отметить, что данный метод имеет ряд преимуществ, поэтому в работе рассматривается именно он. Фильтр частиц, главный для алгоритма Монте-Карло, может аппроксимировать несколько различных видов вероятностных распределений, поскольку имеет непараметрическое представление. Некоторые другие байесовские алгоритмы локализации, такие как фильтр Калмана (в том числе, расширенный фильтр Калмана), полагают, что робот близок к тому, чтобы быть распределением Гаусса, и не справляются с ситуациями, когда первоначальные предположения являются мультимодальными.

Учитывая карту среды, алгоритм оценивает положение и ориентацию робота по мере его перемещения и воспринимает окружающую среду. Алгоритм использует фильтр частиц представления распределения вероятных состояний. Частица представляет собой возможное состояние, т.е. гипотезу о том, где находится робот в некоторый момент времени. Чаще всего, начальное представление алгоритма является равномерным случайным распределением частиц по конфигурационному пространству. Всякий раз, когда робот перемещается, он перемещает частицы, чтобы предсказать свое новое состояние после движения.

В случае, если робот что-то определяет, происходит пересчет частиц на основе рекурсивной байесовской оценки. То есть происходит определение того, насколько хорошо фактические воспринимаемые данные коррелируют с прогнозируемым состоянием. В конечном счете, частицы должны сходиться к фактическому положению робота.

Рассмотрим робота в одномерном круговом коридоре с идентичными дверями, использующего датчик, который определяет наличие или отсутствие двери перед собой. В начальный момент времени робот находится у первой двери. Сам же алгоритм инициализируется равномерным распределением частиц, то есть изначально робот не знает, где именно он находится и считает, что может находиться в любой точке пространства вдоль коридора с одинаковой вероятностью. Затем робот получает информацию с датчика об окружающем пространстве и обнаруживает перед собой дверь. Исходя из этого, присваивается вес каждой из частиц. Частицам, которые могут дать такие показания датчика (наличие двери), присваивается больший вес. Затем робот генерирует набор новых частиц, причем большинство из них генерируется вокруг предыдущих частиц с большим весом. Теперь робот полагает, что он находится возле одной из дверей, но не знает возле какой именно.

В следующий момент времени робот перемещается на некоторое расстояние вправо. Все частицы также перемещаются вправо, и добавляется некоторый шум. Робот анализирует данные об окружающей среде и не обнаруживает дверь. Он вновь присваивает вес каждой из частиц. Теперь частицам, которые могут дать такие показания датчика (отсутствие двери), присваивается больший вес. Частицы, в области которых есть двери, наделяются малыми весами.

Стоит отметить, что во время обновления движения робот предсказывает свое новое местоположение на основе заданной команды запуска, применяя имитируемое движение к каждой из частиц. Например, если робот движется вперед, все частицы движутся вперед в своих направлениях независимо от того, как они направлены. Однако, в реальном мире ни один исполнительный механизм не идеален, и робот перемещается относительно сигнала задания с некоторой погрешностью. Следовательно, частицы неизбежно отклоняются во время обновления движения. Это отклонение и является некоторым шумом, который стоит учитывать.

Этапы алгоритма повторяются циклически, т.е. при нахождении робота в некоторой точке пространства, он определяет набор частиц, соответствующий его гипотетическим местоположениям. Затем для каждой частицы робот вычисляет вероятность того, что, если бы он находился

в этом месте (представлял бы собой это состояние частицы), предположительные показания об окружающей среде совпадали с показаниями его датчиков. Присваивается вес каждой частице  $\omega$ , пропорциональный указанной вероятности. Затем, робот генерирует набор новых частиц на основе предыдущего представления, с вероятностью, пропорциональной  $\omega$ . Частицы, согласующиеся с показаниями датчиков, выбираются чаще, в отличие от частиц, несовместимых с показаниями датчиков. Таким образом, частицы сходятся к наилучшей оценке состояния робота. Робот становится все более уверенным в своем положении. Повторяя эти шаги, робот определяет свое местоположение с наибольшей вероятностью.

*Работа выполнена в Томском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России, уникальный идентификатор RFMEFI57817X0241.*

## **INTELLIGENT AUTONOMOUS SYSTEMS & CONTROLLING IN MOBILE ROBOTS**

*A. Phongtraychack, V.I. Syriamkin*

*National Research Tomsk State University  
idea.phongtraychack@gmail.com*

The modern technology has made it possible for the discovery of many functional and utility devices like the smartphone and robots. With all of these revolution, technology has also made our lives easier, faster and better. This article will focus on how the intelligent systems can autonomous themselves like robots via application.

Intelligent Autonomous Systems are increasingly applied in various areas ranging from industrial applications to professional service and household domains. New technologies and application domains push forward the need for research and development resulting in new challenges to be overcome in order to apply Intelligent Autonomous Systems in a reliable and user-independent way. Research focus on the fundamental issues of high quality positioning measurements and integration of related enabling technologies of mobile robots for outdoor industries.

Mobile robots have the capability to move around in their environment and are not fixed to one physical location. Mobile robots can be "autonomous" (AMR - autonomous mobile robot) which means they are capable of navigating an uncontrolled environment without the need for physical or electro-mechanical guidance devices. Alternatively, mobile robots can rely

on guidance devices that allow them to travel a pre-defined navigation route in relatively controlled space (AGV - autonomous guided vehicle).

Mobile robots have become more commonplace in commercial and industrial settings. Hospitals have been using autonomous mobile robots to move materials for many years. Warehouses have installed mobile robotic systems to efficiently move materials from stocking shelves to order fulfillment zones. Mobile robots are also a major focus of current research and almost every major university has one or more labs that focus on mobile robot research.

Robotics is a relatively young field of modern technology that crosses traditional engineering boundaries. Understanding the complexity of robots and their applications requires knowledge of electrical engineering, mechanical engineering, systems and industrial engineering, computer science, economics, and mathematics. New disciplines of engineering, such as manufacturing engineering, applications engineering, and knowledge engineering have emerged to deal with the complexity of the field of robotics and factory automation.

Robot Modeling and Control introduces the fundamentals of robot modeling and control and provides background material on terminology, linear algebra, dynamical systems and stability theory, followed by detailed coverage of forward and in-verse kinematics, Jacobians, Lagrangian dynamics, motion planning, robust and adaptive motion and force control, and computer vision. Both basic and advanced material is presented in a style that is readable and mathematically rigorous. The book provides relevant applications from industrial robotics and mobile robotics. Suitable for a one or two term course, this text is appropriate for undergraduate and graduate students from electrical engineering, mechanical engineering, computer science, and mathematics and can be used as a research reference. Many detailed worked examples and extensive problems illustrate theory and point the reader to more advanced topics.

*This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 16-29-04388).*

### **References**

- [1] Intelligent Autonomous Systems. URL: <http://ai.uni-bremen.de/research/ias>
- [2] Mobile Robots. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile\\_robot](https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_robot)
- [3] Robot modeling and control. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Robot+Modeling+and+Control-p-9780471649908>
- [4] Panin V.E., Sryamkin V.I., Deryugin Ye. Ye. et al. Optical-television techniques for research and diagnostics of materials at mesolevel // Physical Mesomechanics and Computer-Aided Design of Materials / ed. by V.E. Panin. Novosibirsk : Nauka, 1995. Vol. 1. P. 176–194.

[5] Solinthon Ph., Rumyantseva T.B., Syryamkin V.I. Information computer technology Master Plan 2020 of the Association of Southeast Asian Nations (AIM 2020) // Инноватика-2016 : сб. материалов XII Междунар. школы-конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / под ред. А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова. Томск, 2016. С. 417–421.

[6] Rumyantseva T.B., Solinthon Ph., Syryamkin V.I., Vaganova E.V., Zinov V.G. Technology management. Part 2: Strategic management of intellectual property / ed. by V.I. Syryamkin. Tomsk, 2016.

## **MERGING BRAIN COMPUTING INTERFACE (BCI) & NEURAL NETWORKS FOR BETTER AUTHENTICATION & RECOGNITION**

*Q. Ramzan, V.I. Syriamkin*

*National Research Tomsk State University  
toggleTechs (a creativity platform)  
qaseemramzan0@gmail.com*

Brain Computing Interface (BCI) has been proved helpful for the different streams of technology, considering the sensitivity of data in the current era it is required to build new security protocols and authentication models. Just like other fields of technology Brain Computing Interface could also be useful for making the data security better by using BCI as an authentication method without any hard physical inputs. The focus of the issue shifts to ‘recognition’ of EEG signals pattern and making the authentication model self-learning to increase its efficiency. This leads us to involve Artificial Neural Networks in the authentication system to make it efficient and intelligent.

A brain computer interface (BCI), sometimes called a mind-machine interface (MMI), direct neural interface (DNI), or brain-machine interface (BMI), is a direct communication pathway between an enhanced or wired brain and an external device. BCIs are often directed at researching, mapping, assisting, augmenting, or repairing human cognitive or sensory-motor functions.

BCIs comprise an active area of research and could start to integrate advances from adjacent fields such as neuroscience, nanomaterials, electronics miniaturization, and machine learning. For example, one neuro-imaging research project is starting to make guesses as to what participants see during brain scans, purporting to be able to distinguish between a cat and a person. Merging this kind of functionality with BCIs might produce new applications. Other experimental BCI projects have been proposed. One is Neocortical Brain-Cloud Interfaces: autonomous nanorobots that could

connect to axons and neuronal synaptic clefts, or embed themselves into the peripheral calvaria and pericranium of the skull. Another project, Brainets, envisions linking multiple organic computing units (brains) to silicon computing networks. A third project is Neural Dust, in which thousands of 10-100 micron-sized free-floating sensor nodes would reside in the brain and provide a computing processing network.

Combining Brain Computing Interface (BCI) with Neural Networks. Presently every device is under a threat of security breach and taking into account the sensitivity of personal data and how human lives are half digital makes this issue an important one for humans. It is required to secure our devices with a more secure and innovative protocols instead of the mainstream methods. All the past authentication methods being used by us are breach-able and have a history of either hack attacks or simple security breach due to the weak type of authentication models. All of the authentication models we have so far need an input from the user. This input method is the main loophole which makes it not good enough to protect our devices.

If the authentication models will need a physical input from users then it is highly likely that the user is at risk because the input can be acquired either by trick or by force.

An authentication model based on EEG signals was proposed to overcome this problem and it could be a method of thoughts without any hard physical input. BCI is capable of reading the Brain Signals and then the proposed model in previous paper was developed to authenticate a user based on brain signals and matching the pattern with the one stored in a database.

Authentication for BCI with Neural Networks. As we have developed a consensus above that Neural Networks can perform recognition in a very impressive way which is not possible otherwise. So a better thought is to use Neural Networks on the EEG Based Authentication Model and make the Neural Network learn the patterns of user's authentication routine. Here the Neural Network will not only match the pattern to authenticate the users but it will learn gradually the changes in EEG Signals pattern and become more intelligent in a way to recognize the user.

The ultimate task will be to train the Neural Network to the point where it will not need to match the EEG Signals with the first every stored pattern but it will be able to recognize the user based on the later learnings which were learnt in result of trainings.

*This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 16-29-04388).*

## References

- [1] Brain Computer Interface. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Brain-computer\\_interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Brain-computer_interface)
- [2] History of Brain Computer Interfaces. URL: <http://www.brainvision.co.uk/blog/2014/04/the-brief-history-of-brain-computer-interfaces>
- [3] Qaseem Ramzan. Evolution of BCI and Proposed EEG Based Authentication Model.
- [4] Melanie Swan. Future of Brain Computing Interfaces (Block-chaining Your Way into a Cloud Mind). URL: <http://jetpress.org/v26.2/swan.htm>
- [5] Internet of Things. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things)
- [6] Jerry J. Shih. Brain-Computer Interfaces in Medicine. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3497935/>
- [7] OpenBCI. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenBCI>
- [8] Artificial Neural Networks – Ahmad Aljebaly. URL: <https://www.cs.wmich.edu/~elise/courses/cs6800/Neural-Networks.ppt>
- [9] Artificial Neural Networks – Ahmad Aljebaly. URL: <https://www.cs.wmich.edu/~elise/courses/cs6800/Neural-Networks.ppt>
- [10] Daniel L. Silver. Theory and Application of Artificial Neural Networks. URL: [plto.acadiau.ca/courses/comp/dsilver/5013/Slides/ANN\\_ml.ppt](http://plto.acadiau.ca/courses/comp/dsilver/5013/Slides/ANN_ml.ppt)
- [11] Ashrafal Alam. Neural Networks A Brief Overview. URL: [www.d.umn.edu/~alam0026/NeuralNetwork.ppt](http://www.d.umn.edu/~alam0026/NeuralNetwork.ppt)
- [12] Igor V. Tetko. Associative Neural Networks. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1019903710291>
- [13] Rumyantseva T.B., Solinthon Ph., Syryamkin V.I., Vaganova E.V., Zinov V.G. Technology management. Part 2: Strategic management of intellectual property / ed. by V.I. Syryamkin. Tomsk, 2016.
- [14] Shumilov V.N., Syryamkin V.I., Syryamkin M.V. Modelling of pathologies of the nervous system by the example of computational and electronic models of elementary nervous systems // AIP Conference Proceedings 5. «New Operational Technologies, NEWOT 2015: Proceedings of the 5th International Scientific Conference “New Operational Technologies”» 2015. С. 040007.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРЯМОЙ КИНЕМАТИКИ ДЛЯ АНТРОПОМОРФНОГО МЕХАНИЗМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАТЕРНИОНОВ

*Д.С. Жданов, А.Ш. Буреев, Я.В. Костелей, Л.А. Хохлова*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
dim@diagnostic.tom.ru*

Роботизированные системы различного рода и назначения в современном мире получили большое распространение и используются не только в промышленности, но и в сферах, где жизненно необходимо заменить человека (экстремальные температуры, радиация, пожары, боевые действия). В настоящее время помимо промышленных роботов,



работающих в фиксированной среде и реагирующих на жестко определенный набор внешних стимулов, получают все большее развитие сложные роботизированные системы. К таким системам относятся антропоморфные механизмы, призванные заменить человека при выполнении специфических профессиональных задач.

Авторским коллективом проводится разработка управляющего программного обеспечения для антропоморфного робота серии AR-600 производства НПО «Андроидная техника» (Россия). Управляющее программное обеспечение должно будет позволить антропоморфному механизму ориентироваться в окружающей его среде, осуществлять распознавание объектов в области видимости, их классификацию, построение траекторий перемещения, перемещение в пространстве, а также выполнение манипуляций с окружающими предметами. Управляющее программное обеспечение реализуется на языке программирования C++ без использования сторонних библиотек, что позволяет добиться максимального быстродействия за счет оптимизации каждой из формируемых функций. Одна из подсистем программного обеспечения осуществляет пересчет кинематической схемы механизма в двух режимах: постоянно каждые  $N$  миллисекунд (состояние «покоя») и по запросу при выполнении каких-либо операций антропоморфным механизмом. Каждый узел механизма при этом представлен специализированной структурой, хранящей информацию о его массовых и инерциальных характеристиках, возможных плоскостях поворота, а также координатах его корневых и конечных точек в текущий момент времени. При формировании алгоритмического обеспечения было принято решение об использовании только лишь алгебры кватернионов с отказом от применения матричных операций. Преимущества избранного решения можно охарактеризовать следующим образом:

- перемножение двух матриц вращения размером  $3 \times 3$  требует 27 умножений и 18 сложений, тогда как перемножение двух кватернионов – 16 умножений и 12 сложений;

- конвертирование матрицы вращения в кватернион требует 7 сложений и 2 условных переходов;

- конвертирование кватерниона в матрицу вращения требует 16 умножений, 15 сложений и 1 деления.

Применение кватернионов в составе программного обеспечения позволило сформировать быстродействующий алгоритм пересчета трехмерных координат осевых и конечных точек, а также точек интереса

отдельных узлов антропоморфного механизма на основании информации о текущих углах поворота моторов, приводящих в движение данные узлы, а также о пространственном расположении родительских узлов. В общем виде алгоритм расчета новых координат трехмерных точек выглядит следующим образом:

1) формирование кватерниона, описывающего вращение узла, являющегося родительским для пересчитываемой точки. Например, координаты оси стопы зависят от угла сгиба колена механизма, следовательно, для получения текущих координат оси стопы необходимо пользоваться кватернионом, описывающим поворот мотора колена:

$$q = \left[ \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right); \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) * x; \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) * y; \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) * z \right], \quad (1)$$

где  $q$  – кватернион;  $\alpha$  – угол поворота (радиан);  $x, y, z$  – координаты, описывающие движение мотора по соответствующим осям (направляющий вектор);

2) перенос пересчитываемой трехмерной координаты в ось вращения родительского узла. Вычитание из координаты координат оси родительского узла;

3) умножение созданного кватерниона поворота на полученный после переноса вектор трехмерных координат. В результате формируется новый кватернион:

$$q_1 = \begin{bmatrix} -q.x * x - q.y * y - q.z * z \\ q.w * x + q.y * z - q.z * y \\ q.w * y - q.x * z + q.z * x \\ q.w * z + q.x * y - q.y * x \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $q.w, q.x, q.y, q.z$  – скалярная и векторные части соответствующего кватерниона;  $x, y, z$  – координаты трехмерного вектора, пересчет которых производится;

4) получение обратного кватерниона из сформированного ранее путем инвертирования знака его векторной части. Скалярная часть остается неизменной;

5) нормализация обратного кватерниона. Если его длина не равна единице, то скалярная и векторные части делятся на рассчитанную длину;

6) перемножение кватернионов  $q$  и  $q_1$ :

$$q_2 = \begin{bmatrix} q.w * q_1.w - q.x * q_1.x - q.y * q_1.y - q.z * q_1.z \\ q.w * q_1.x + q.x * q_1.w + q.y * q_1.z - q.z * q_1.y \\ q.w * q_1.y - q.x * q_1.z + q.y * q_1.w + q.z * q_1.x \\ q.w * q_1.z + q.x * q_1.y - q.y * q_1.x + q.z * q_1.w \end{bmatrix}, \quad (3)$$

7) векторная часть кватерниона  $q_2$ , перенесенная обратно в собственную ось и будет являться новыми координатами узла, полученными при перемещении родительского узла.

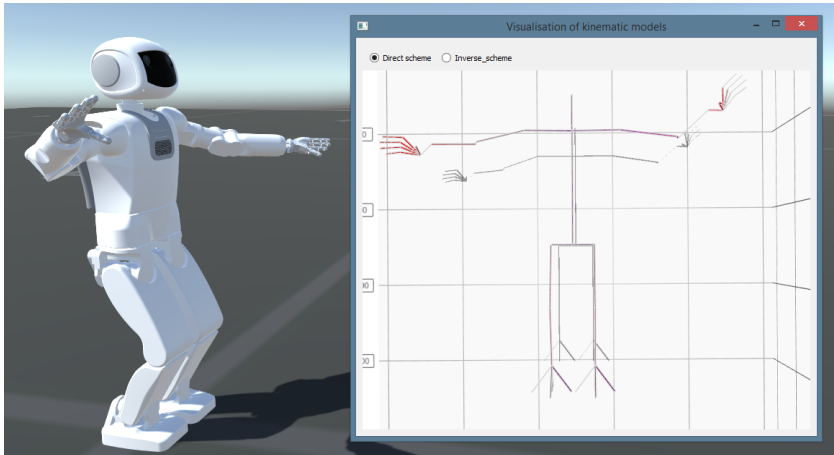


Рис. 1. Результат работы программного модуля для расчета прямой кинематической схемы

Тестирование управляющего программного обеспечения производилось в симуляционной среде, предоставленной авторскому коллективу НПО «Андроидная техника». Результат работы представлен на рис. 1.

### *Литература*

- [1] Гордеев В.Н. Кватернионы и трехмерная геометрия. Киев, 2012. 60 с.
- [2] Гонсалес Фу. К., Ли К. Робототехника : пер. с англ. М. : Мир, 1989. 624 с.
- [3] Борисов О.И., Громов В.С., Пыркин А.А. Методы управления робототехническими приложениями : учеб. пособие. СПб. : Университет ИТМО, 2016. 108 с.

## ПЛАТФОРМА РОБОТОВ-ФУТБОЛИСТОВ ЛИГИ ROBOCUPJUNIOR SOCCER OPEN

*В.В. Желонкин, А.А. Крикун, О.В. Стрюк, Е.С. Шандаров*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
krikun.contact@ya.ru, vladimirposelencev@gmail.com*

*Рассмотрен процесс создания прототипа мобильного робота для сбора телеметрических данных о параметрах окружающей среды. Сбор данных о температуре, освещенности, месте и времени осуществляется с помощью электронных датчиков. Полученные данные в реальном режиме времени отправляются на сервер и могут быть в дальнейшем обработаны либо визуализированы с помощью технологий World Wide Web.*

В 2016 г. в ТУСУРе была создана базовая кафедра компании «Микран» – «Радиоэлектроника сверхвысоких частот». Задача кафедры – подготовка кадрового резерва в интересах компании «Микран». Студенты кафедры РСЧ в рамках обучения в том числе реализуют собственные проекты. Перед нашей студенческой группой была поставлена задача создать прототип мобильного робота для мониторинга параметров окружающей среды в складских помещениях и производственных цехах компании.

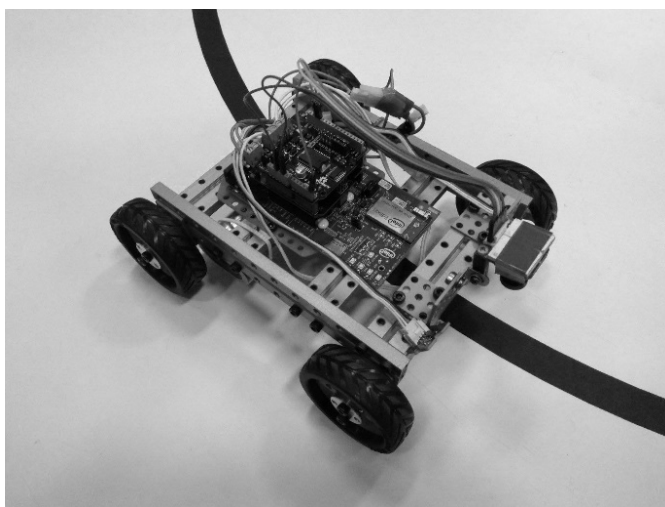


Рис. 1. Внешний вид прототипа мобильного робота

**Мобильный робот.** При создании прототипа мобильного робота шасси конструировалось с использованием алюминиевых конструктивных деталей, для движения используются двигатели постоянного тока. На шасси располагаются управляющий микрокомпьютер, камера с линейной ПЗС матрицей, плата управления моторами, плата для подключения датчиков телеметрии.

В качестве управляющего микрокомпьютера выбрана платформа intel Edison. Она работает под управлением ОС Linux Yocto что дает большие возможности при разработке ПО, а также возможность связи с удаленным сервером по Wi-Fi стандарта 802.11 a/b/g/n. Intel Edison устанавливается на плату расширения intel Edison Board к которой можно подключать другие платы расширения а также различные датчики.

**Методика обхода помещения.** Так как роботу необходимо обходить территорию помещения для произведения замеров параметров окружающей среды требуется разработать схему движения по помещению. Для решения этой задачи нами была выбрана методика следования по контрастной линии, для обозначения точек, в которых роботу необходимо снять данные, на линии располагаются отметки – «перекрестки». Для детектирования трассы используется система технического зрения на базе камеры с линейной ПЗС матрицей [1-3].

**Сбор данных** телеметрии осуществляется датчиками из набора Grove Starter Kit Plus - Intel IoT Edition. Для создания прототипа были выбраны датчики температуры и освещенности. Так как робот собирает данные в определенных точках к ним привязываются координаты, что дает нам информацию о том где они были сняты. Таким образом, полный набор информации о параметрах окружающей среды включает в себя: температуру, уровень освещенности, координаты места и время снятия. Полученные данные сохраняются в текстовом формате в локальной файловой системе Intel Edison.

**Передача данных на сервер.** Для осуществления удаленного мониторинга необходимо передать снятые данные с локального хранилища мобильного робота на удаленный сервер. Файлы с данными передаются с помощью утилиты cURL. При передачи данных используется модель клиент-сервер, при этом в роли клиента выступает ПО прототипа мобильного робота, а сервером является HTTP сервер, который может работать как в локальной сети так и в сети Интернет.

При создании HTTP сервера был использован набор дистрибутивов Denver. На сервере находится скрипт, написанный на языке PHP, кото-

рый обрабатывает данные отправленные через cURL. Утилита cURL вызывается с заданной периодичностью при помощи bash скрипта, который работает в фоновом режиме.

**Визуализация данных.** Для отображения накопленных данных используется PHP скрипт, который выводит полученные параметры окружающей среды на странице в виде таблицы.

В ходе работы была отработана методика создания мобильного робота для осуществления удаленного мониторинга параметров окружающей среды. Прототип при проведении испытаний успешно следовал по трассе, собирая телеметрические данные в указанных точках и отправляя их на сервер. Подобная разработка полезна при слежении за параметрами окружающей среды в больших помещениях где эти параметры критичны, например, в производственных цехах.

### *Литература*

- [1] Якушин Д.О., Пекарских Е.А. Программное и аппаратное решения для автономной модели гоночной машины FreeScale // Научная сессия ТУСУР–2013 : материалы Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 15–17 мая 2013 г. : в 5 ч. Томск : В-Спектр, 2013. Ч. 2. С. 126–129.
- [2] Yakushin D.O., Pekarshih E.A., Shandarov E.S. A Solution for a Car Model for the FreeScale Smart-Car Cup // Innovations in Information and Communication Science and Technology. Third Postgraduate Consortium International Workshop. Tomsk : Tomsk State University of Control Systems and RadioElectronics, 2013. P. 197–203.
- [3] Климов А.А., Пугачев П.Е. Разработка аппаратно-программного комплекса автономного автомобиля с управлением по дорожной разметке // Научная сессия ТУСУР–2016 : материалы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25–27 мая 2016 г. : в 6 ч. Томск : В-Спектр, 2015. Ч. 3. С. 52–54.
- [4] Пугачев П.Е., Климов А.А. Робот для участия в RoboCup Junior Rescue на базе Intel EDISON // Научная сессия ТУСУР–2017 : материалы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ТУСУРа, Томск, 10–12 мая 2017 г. : в 8 ч. Томск : В-Спектр, 2017. Ч. 4. С. 42–45.

# СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО НАВЕДЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ АНТЕНН НА ГЕОСТАЦИОНАРНЫЕ СПУТНИКИ

*А.Е. Кодоров, Е.С. Полынцев, Е.С. Шандаров*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
Kadr147@yandex.ru*

*Рассмотрены особенности разработки прототипа аппаратно-программного комплекса спутниковой связи с автоматическим наведением на спутник по наилучшему сигналу. Ориентация в пространстве осуществляется по показаниям электронного компаса, акселерометра и гироскопа. Поиск лучшей позиции с максимальным сигналом осуществляется за счет контроля уровня полезного сигнала.*

## **Введение**

Поскольку спутниковая связь покрывает площадь земли гораздо больше, чем мобильная, а также благодаря доступу в отдаленных от цивилизации местах, такой тип связи широко используется ресурсодобывающими компаниями и исследовательскими партиями в заполярных краях. В рамках данной работы нами была решена задача создания прототипа установки способной производить автоматическое наведение спутниковых антенн на геостационарные спутники.

При разработке и создании конструкции прототипа мы решали три основных комплекса вопросов: создание кинематической системы, разработка электронной схемы управления и создание интеллектуального программного обеспечения.

## **Кинематическая система**

При создании прототипа данной установки были использованы материалы из прочного металла, в виде прямоугольного профиля толщиной 1.5 мм; швеллер, толщиной 3мм; а также металлические пластины, толщиной около 5 мм. Для подвижного рычажного механизма, выполняющего наклон антенны, были использованы резьбовые втулки от автомобиля «Волга» а так же линейный привод с длиной хода 500 мм и напряжением питания 24В. Чтобы обеспечить поворот антенны по азимуту в качестве основания было решено взять поворотный стол от токарного станка, который обеспечивает плавное и равномерное движение. Для управления поворотным столом была выбрана система мотор-

редуктор, с коэффициентом понижения 1:10 и шаговый двигатель, с максимальным крутящим моментом 3Нм.



Рис. 1. Внешний вид установки с установленной спутниковой антенной

### **Электронная часть системы**

Для управления внешними устройствами и получения данных с датчиков используется микроконтроллер Arduino. Для обработки радиосигналов используется микрокомпьютер Raspberry Pi 3. Это необходимо для того, чтобы можно было воспользоваться готовыми библиотеками для работы с SDR приемником, построенным на базе микросхем RTL2832U + R820T который перехватывает поток данных идущих по коаксиальному кабелю от конвертора в ресиверу. Для определения положения в пространстве мы используем GPS/ГЛОНАСС приемник, акселерометр, гироскоп и компас. Чтобы привести конструкцию в движение и произвести наклон актуатором на необходимый угол места используется драйвер на основе мостовой схемы. Для поворота по азимуту используется мощный драйвер шагового двигателя.

### **Программное обеспечение и математическая модель**

Для связи микроконтроллера Arduino и Raspberry Pi используется интерфейс I2C. Грубая наводка антенны производится на основе данных



о местоположении, показаниях компаса, акселерометра и гироскопа, а также характеристик офсетной спутниковой антенны.

Формула для расчета угла места:

$$El = \arctg \left\{ \frac{\cos(L_{ES} - L_{SAT}) \cdot \cos(L_{ES}) - 0.15126}{\sqrt{1 - \cos^2(L_{ES} - L_{SAT}) \cos^2(L_{ES})}} \right\}. \quad (1)$$

Формула для расчета азимута (для северного полушария):

$$Az = 180 + \arctg \frac{\tg(L_{ES} - L_{SAT})}{\sin(L_{ES})}. \quad (2)$$

Формула для расчета азимута (для южного полушария):

$$Az = \arctg \frac{\tg(L_{ES} - L_{SAT})}{\sin(L_{ES})}. \quad (3)$$

Для тонкой юстировки мы используем анализ уровня полезного сигнала на выходе приемника обработка производится микрокомпьютером Raspberry Pi, Для этого мы используем готовое программное обеспечение GNU Radio и библиотеки Osmocom для работы с микроконтроллерами RTL2832U + R820T. Специально написанная программа на языке Python, рассчитывает и сообщает амплитудно-частотные характеристики микроконтроллеру Arduino, для того чтобы он смог найти оптимальное положение антенны с максимальным полезным сигналом спутника и позиционирования антенны.

### Заключение

В ходе проделанной работы была собрана конструкция способная производить наведение спутниковых антенн на геостационарные спутники, а также реализована цифровая обработка принимаемых сигналов со спутника посредством SDR. В дальнейшем это позволит использовать установку для установки информационного канала с пролетающих в зоне видимости спутников, а также можно использовать установку в качестве радиотелескопа.

### Литература

- [1] Форум amperka.ru. URL: <http://wiki.amperka.ru/> (дата обращения: 20.06.2018).
- [2] Амосов В. Схемотехника и средства проектирования цифровых устройств. СПб.–М. : БХВ, 2007. 560 с
- [3] Форум по электронике. URL: <http://forum.cxem.net/> (дата обращения: 20.06.2018).
- [3] Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М. : Бином, 2014. 706 с.
- [4] Павлов В. Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств. М. : Академия, 2008. 288 с.
- [5] Шустов М.А. Практическая схемотехника. М. : Альтекс, Додэка XXI, 2007. Кн. 3: Преобразователи напряжения. 192 с.

- [6] SDR с GNU Radio companion. URL: <http://gnuradio.ru> (дата обращения: 20.06.2018).
- [7] GNU Radio. URL: <http://gnuradio.org> (дата обращения: 20.06.2018).
- [8] Изучаем GNU Radio при помощи микрофона. URL: <https://habr.com/company/zwave/blog/393713/> (дата обращения: 20.06.2018).
- [9] Прохоренок Н.А. Python 3 и PyQt. Разработка приложений. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. 704 с.

## **ПЛАТФОРМА РОБОТОВ ДЛЯ УЧАСТИЯ В СОРЕВНОВАНИЯХ ROBOCUP, ЛИГЕ JUNIOR RESCUE MAZE**

*А.В. Михайленко, Д.А. Плаксин*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
nastyamih1999@mail.ru*

### **Введение**

Международный чемпионат по робототехнике RoboCup в соревновательной форме позволяет обучить людей, необходимых для сфер робототехники и искусственного интеллекта [1]. Обучение это начинается уже со школьной скамьи: лиги RoboCupJunior — это соревнования школьников и студентов младших курсов. Команда ЛРИИ ТУСУР “arm” уже год участвует в соревнованиях лиге RCJ Rescue Maze – автономных мобильных роботов-спасателей в лабиринте. При создании робота для соревнований мы решали несколько задач: разработка и создание конструкции; подбор и компоновка электронных компонентов и сенсоров; разработка программы управления роботом.

### **Создание робота**

Корпус мобильного робота был изготовлен из фанеры и металла. Для движения используются 2 обычных колеса на двигателях постоянного тока (рис 1.).

В качестве основного контроллера была выбрана плата Arduino Uno. Данной платы достаточно для выполнения локальных задач, она используется как в сложных, так и в простых проектах. Робот использует аккумулятор на 7.2 в, питание распределяется через плату расширения L298P.

Особенностью робота является ультразвуковой датчик, который прикреплен на передней панели робота. С помощью него калибровалось

движение робота и его выравнивание по центру клетки. Датчик цвета, прикрепленный снизу позволяет различать цвет клеток: одним из правил прохождения лабиринта является запрещение заезда робота на черный цвет.

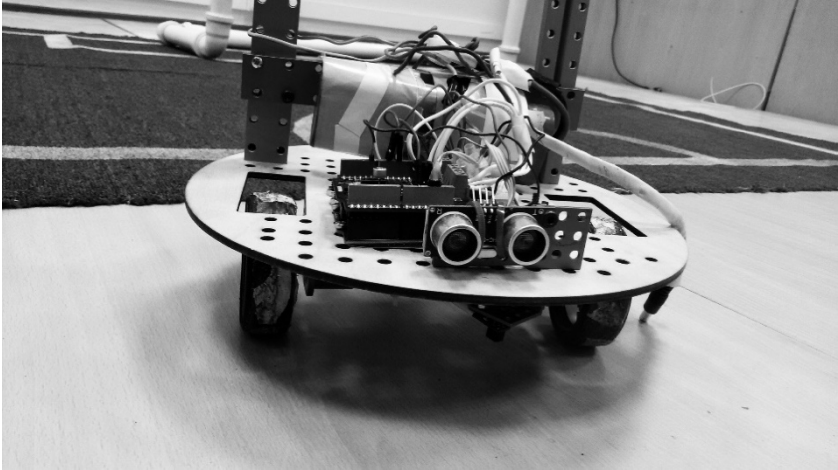


Рис. 1. Модель робота

Суть алгоритма состоит в том, что робот проезжает двухуровневую трассу в виде лабиринта и его задача проехать весь лабиринт за определенное время. Для выполнения данной задачи было использовано правило "одной руки": двигаясь по лабиринту, надо все время касаться правой или левой рукой его стены. Ультразвуковой датчик все время считывает расстояние от стены и передает значения контроллеру. При обнаружении препятствия он всегда поворачивает налево на 90 градусов.

**Заключение.** Робот использовался командой агм на соревнованиях RoboCup Russia Open 2018 и Кубок Ректора ТУСУР 2018. В ходе испытаний были отработаны алгоритмы прохода лабиринта и ориентирования в нём. Робот успешно показал себя на соревнованиях и далее будет совершенствоваться в плане конструкции и алгоритмов.

### *Литература*

[1] Ронжин А.Л., Станкевич Л.А., Шандаров Е.С. Международные соревнования роботов по футболу RoboCup и перспективы участия в них российских команд // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 2 (7). С. 24–29.

# ДЕТСКАЯ РАЗВИВАЮЩАЯ ИГРА НА ПЛАТФОРМЕ АВТОНОМНОГО РОБОТА NAO

*А.А. Павлова, О.В. Тертишина, Е. С. Шандаров*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
alexia.1999@mail.ru*

## Введение

Социальная робототехника - это новая междисциплинарная область деятельности, направленная на изучение взаимодействия людей и роботов. Отдельной интересной тематикой в социальной робототехнике является взаимодействие роботов и детей [1-4]. В частности, работы посвящены созданию комплекса программного обеспечения для робота, выполняющего функции помощника воспитателя детского сада на платформе Aldebaran Robotics NAO [2-3].

## Платформа

NAO - это автономный программируемый человекоподобный робот, применяющийся для исследований в области робототехники и помогающий учащимся в освоении компьютерных и когнитивных наук, математики и физики, а также в области взаимодействия робота и человека.

Так как NAO обладает мощным образовательным потенциалом, есть возможность использовать его в детских садах и школах [2]. Помимо этого, с его помощью можно изучать абсолютно все сферы робототехники.



Рис. 1. Автономный робот NAO

**Целью данной работы** являлось создание программного обеспечения для робота NAO, реализующего развивающую игру с детьми в загадки на различные темы.

В процессе разработки ПО нами решались следующие основные задачи: изучение робота и возможностей встроенного ПО; работа с блоками анализа и синтеза речи; работа с датчиками робота; разработка сценария игры; реализация ПО реализующего сценарий взаимодействия робот-ребенок; проведение испытаний.

Разработка ПО производилась в среде визуального программирования Choreographer. Использовались библиотеки фреймворка NAOqi, в частности блоки голосового анализа и синтеза, работа с датчиками и пр.

### **Сценарий игры**

Нами был разработан следующий сценарий игры:

1. Активизация программы, приветствие робота
2. Выбор ребенком темы загадок из предложенного списка
3. Робот зачитывает загадку голосом и ждет ответа ребенка
4. Ребенок отвечает одним словом
5. Если ответ правильный робот хвалит ребенка и предлагает отгадать следующую загадку

Особенности сценария: ответов на загадку может быть несколько («заяц», «зайчик» и пр.); Большой выбор загадок сгруппированных по темам; сценарий предусматривает анимацию движениями рук и головы робота, что увеличивает близость контакта; все взаимодействие с роботом происходит с помощью голосового интерфейса.

**Испытания** разработанного программного обеспечения проводились на базе лаборатории робототехники и искусственного интеллекта ТУСУР. В испытаниях приняли участие 7 детей, в возрасте 6-7 лет. Результаты были признаны успешными.

### *Литература*

- [1] Шандаров Е.С., Зими́на А.Н., Ермакова П.С. Анализ поведения робота-ассистента в рамках разработки сценариев взаимодействия робот–ребенок // Гуманитарная информатика. 2014. № 8. С. 52–64.
- [2] Зими́на А.Н., Ример Д.И., Соколова Е.В., Шандаров Е.С., Шандарова О.Е. Антропоморфный робот-помощник воспитателя дошкольного учреждения // Электронные средства и системы управления. 2015. № 1-2. С. 108–113.
- [3] Zimina A., Rimer D., Sokolova E., Shandarova O., Shandarov E. The humanoid robot assistant for a preschool children // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Т. 9812. С. 219–224.
- [4] Zimina A., Zolotukhina P., Shandarov E. Robot-assistant behaviour analysis for robot-child interactions // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Т. 10459 LNAI. С. 219–228.

# СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С СИНХРОНИЗАЦИЕЙ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМ INTEC MILESTONE И ARDUINO

*Д.А. Плаксин, А.А. Климов, А.Е. Кодоров,  
И.Д. Шабалин, Е.С. Шандаров*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
ygl.art@gmail.com*

## **Введение**

Задача синхронизации автономных робототехнических платформ, в частности мобильных роботов, является актуальной. Авторами работы в рамках хакатона по интернету вещей была предложена идея создания автоматизированного мобильного комплекса с возможностью синхронизации движений. Подобные системы могут быть использованы при создании автономного сельскохозяйственного комплекса.

Для создания прототипа было принято решение построить двух мобильных роботов, которые будут базироваться на базе разных управляющих платформ. Один из мобильных роботов является «главным», он задает движения, при этом второй мобильный робот с помощью датчиков подстраивает свое движение чтобы следовать за первым роботом.

## **Управляющие платформы**

Один из роботов базируется на платформе Arduino Uno. Arduino Uno построен на базе контроллера ATmega328 с тактовой частотой 16 МГц, обладает памятью 32 кБ и имеет 20 контролируемых контактов ввода и вывода для взаимодействия с внешним миром.

Основной робот построен на базе одноплатного Arduino-совместимого компьютера Intec MILESTONE M-100. Данный микрокомпьютер позволяет использовать весь спектр сенсоров, драйверов и прочих модулей, совместимых с платформой Arduino Uno, при этом он гораздо производительнее. MILESTONE M-100 обладает высокопроизводительным 32-х битным ядром ARM Cortex M3 с частотой до 80МГц, а также имеет 128КВ EEPROM и 32КВ RAM.

## Техническая реализация

Для реализации прототипа автономного комплекса были построены два мобильных робота.

Главный робот оснащен ПЗС-камерой с линейной матрицей, что позволяет задавать ему траекторию для следования контрастной линией. Для обработки данных поступающих с камеры требовалась производительность больше чем у Arduino Uno, поэтому платформа MILESTONE-100 отлично себя показала в решении данной задачи. Принципы работы с ПЗС-камерой подробно рассмотрены в работе [1].



Рис.1. Структурная схема прототипа

Второй робот управляется с помощью платформы Arduino, и для синхронизации имеет несколько датчиков расстояния. Принцип работы синхронизации на данный момент прост: главный робот движется по траектории заданной контрастной линией, второй робот пытается осуществлять синхронное движение вместе с ведущим на основе информации с датчика расстояния. Таким образом, роботы движутся вдоль траектории синхронно осуществляя повороты. Структурная схема взаимодействия компонентов системы представлена на рисунке 1.

## Заключение

В ходе проделанной работы был разработан прототип автономного мобильного комплекса с синхронизацией на базе платформ Intec MILESTONE и Arduino, прототип успешно выполняет поставленные задачи. В дальнейшем планируется дополнить синхронизацию телеметрией данных между роботами по сетям Wi-fi.

## Литература

[1] Климов А.А., Пугачев П.Е. Разработка аппаратно-программного комплекса автономного автомобиля с управлением по дорожной разметке // Научная сессия ТУСУР–2016 : материалы Междунар. науч.-техн. Конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25–27 мая 2016 г. : в 6 ч. Томск : В-Спектр, 2015. Ч. 3. С. 52–54.

# АЛГОРИТМ ПОИСКА МЯЧА ДЛЯ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА ФУТБОЛИСТА

*Е.С. Полынцев, А.А. Климов, Е.С. Шандаров*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
ygt.art@gmail.com*

## **Введение**

RoboCup - это некоммерческий, научный и культурный проект по продвижению искусственного интеллекта, робототехники и других связанных областей науки и техники посредством организации и проведения робототехнических соревнований, организованный в 1993 году. Целью инициативы RoboCup – в середине XXI века провести матч между командой автономных антропоморфных роботов и командой текущих чемпионов мира по футболу по правилам FIFA. [1]

Одной из приоритетных лиг RoboCup является лига Humanoid Soccer. В этой лиге автономные человекоподобные роботы играют в футбол друг против друга. Роботы разделены на три класса: KidSize (40-90 см высотой), TeenSize (80-140 см), AdultSize (130-180 см).

## **Аппаратная платформа**

В качестве робототехнической платформы для создания команды роботов-футболистов была выбрана модель Robotis Darwin-OP 2.

Платформа Robotis Darwin-OP 2 представляет из себя антропоморфного робота, работающая на базе процессора Intel Atom N2600. Робот оснащен 20 сервоприводами для осуществления движения, также имеется HD камера для решения задач технического зрения, 2 микрофона, динамик, датчики акселерометра и гироскопа для ориентации в пространстве.

## **Алгоритм поиска мяча**

Одной из важнейших задач для ПО робота-футболиста является задача поиска и отслеживания мяча на поле. До 2015 года в RoboCup использовался монохромный мяч красного или оранжевого цвета. В этом случае возможно было использовать простые и эффективные алгоритмы основанные, например, на методе поиска по центру масс [2]. Однако, помехозащищенность таких систем была крайне низкой. Так, например, робот мог воспринять за мяч человека в красной одежде. Введение изменений в правила игр в 2015 году поставило перед командами задачу создания эффективных алгоритмов поиска настоящего футбольного



мяча с 50% белого цвета. В работе [2] уже был описан один из используемых алгоритмов, но его показатели как с точки зрения дальности «зрения», так и необходимости значительных вычислительных ресурсов, не позволяют использовать его эффективно.

Таким образом, была поставлена задача разработки нового способа поиска мяча, обеспечивающего относительно большую дальность «зрения» и низкие требования к ресурсам.

Для поиска цветного мяча на футбольном поле был выбран метод основанный на выделении цветовых масок. Данный метод был реализован с использованием библиотеки технического зрения OpenCv.



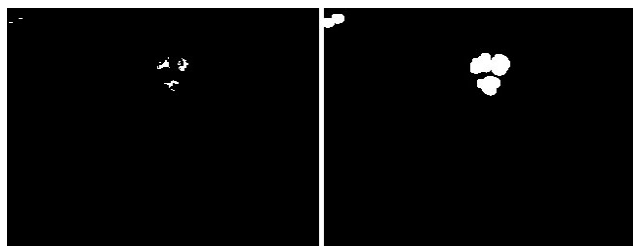
Рис. 1. Исходное изображение

На рис.1 представлен пример кадра снятого с камеры робота, на котором необходимо определить координаты центра мяча. Игровой мяч состоит из 4-х цветов: оранжевый, синий, зеленый и белый.

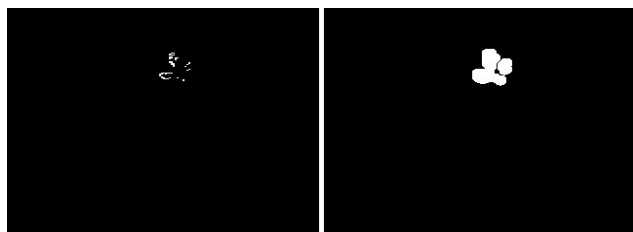
Для поиска мяча было выбрано выделение 3-х цветовых масок – белый, синий и оранжевый. Перед выделением цветовых масок необходимо перевести изображение из RGB цветового пространства в HSV, это обеспечивает более удобную и простую процедуру создания масок.

На рис. 2 (а-в) (слева) приведены советующие маски. Для дальнейшей работы с ними маски необходимо размыть (рис. 2 (а-в) справа).

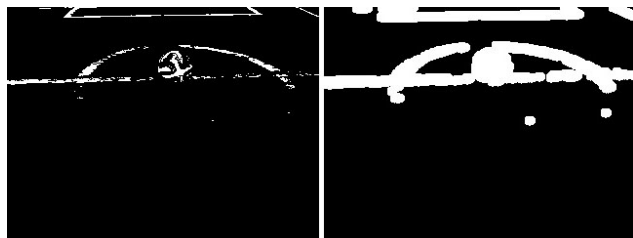
После размытия, в тех местах на изображении где выделенные цвета находятся рядом (мяч) маски начинают перекрываться. Логическим умножением 3-х масок создается результирующая (рабочая) маска, на которой как правило уже выделен мяч, рабочая маска также размывается. На рис. 2 (г) рабочая маска выделена оранжевым цветом. Для нахождения координат мяча на изображении к рабочей маске применяется алгоритм нахождения центра масс. На выходе мы имеем изображение с выделенной результирующей маской и координатами центра мяча (рис. 2 (г)).



*a*



*b*



*в*



*г*

Рис. 2. Результаты обработки изображения: *a* – синяя маска, *b* – оранжевая маска, *в* – белая маска, *г* – выходное изображение

Данный метод обеспечивает высокую помехозащищенность, стабильное распознавание мяча как на очень близком расстоянии (прямо перед ногами робота, когда мяч занимает большую часть кадра) так и на дальнем расстоянии до 3-х метров, а также имеет высокую скорость работы, так как при обработке изображения не используются ресурсозатратные алгоритмы.

Подводя итог алгоритм поиска мяча выглядит следующий образом:

- На полученном кадре выделяются заданные цветовые маски.
- Цветовые маски размываются, и путем их логического умножения создается результирующая рабочая маска.
- На рабочей маске путем поиска центра масс определяются координаты центра мяча.

### **Испытания. Увеличение стабильности**

Первичные испытания проводились в лабораторных условиях где количество визуальных помех было сведено к минимуму. Однако в условиях соревнований на RoboCup Russia Open 2018 стало ясно что в кадре постоянно присутствует большое количество визуального шума (люди, которые ходят цветных футболках на заднем плане, трибуны, вспышки фотоаппаратов).

Для увеличения стабильности работы модуля технического зрения предпринимались комплекс мер. Во-первых, камера робота настраивалась под текущие условия освещенности (контраст, яркость, резкость и тд.). Во-вторых, было замечено, что большая часть визуального шума сосредоточена в верхней части кадра, при этом как правило в нижней части кадра остается игровое поле, на котором хорошо выделяется игровой мяч.

Также была реализована функция, которая обрезает верхнюю часть кадра при поиске центра масс на кадре в зависимости от угла подъема головы робота. В результате, при поиске координат центра мяча робот обрабатывал только ту часть кадра, где находилось игровое поле. Благодаря этому при игре робот гораздо стабильнее отслеживал мяч на поле и затем вел его.

### **Заключение**

В ходе проделанной работы был разработан модуль технического зрения, который обеспечивает стабильное распознавания мяча на поле в игровом режиме. Также данный модуль был испытан в рамках соревнований RoboCup Russia Open 2018, где команда Photon-TUSUR заняла 2-е место.

## *Литература*

- [1] Ронжин А.Л., Станкевич Л.А., Шандаров Е.С. Международные соревнования роботов по футболу RoboCup и перспективы участия в них российских команд // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 2. С. 24–29.
- [2] Гомилко С.И., Жулаева Д.В., Мещеряков Р.В., Ример Д.И., Шандаров Е.С., Якушин Д.О. Команда роботов-футболистов лиги ROBOCUP HUMANOID KIDSIZE // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 3. С. 11.

# **УПРАВЛЕНИЕ МАКЕТОМ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПОСРЕДСТВОМ БИБЛИОТЕКИ «ORB\_SLAM2»**

*П.Е. Пугачев, Е.С. Шандаров*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
goxy2@rambler.ru*

*Рассмотрен способ применения технологии технического зрения ORB SLAM для реализации построения схемы помещения по алгоритму SLAM с использованием стереокамеры. Разработан прототип аппаратной платформы мобильного робота со стереокамерой и программное обеспечение, реализующее алгоритм SLAM. Приведены результаты успешных лабораторных испытаний.*

## **Введение**

В настоящее время робототехника активно развивается. Создается все больше и больше различных роботизированных платформ для выполнения различных задач. Одна из таких задач автоматизация логистики, существует несколько алгоритмов решения этой задачи, один из них алгоритм SLAM (от Simultaneous Localization and Mapping) одновременного картографирования и локализации.

В основе таких алгоритмов лежит создание карты при помощи различных датчиков: лидаров, сонаров, видеокамер. И определения положения в этой карте путём сравнения показаний с датчиков с уже имеющийся камерой.

## **SLAM алгоритмы**

Существует несколько SLAM алгоритмов: EKF-SLAM, FastSLAM, DP-SLAM, LSD-SLAM, ORB-SLAM и др. В основном отличия между ними заключаются в представлении карты. В Fast-SLAM это множество

локальных карт, в DP-SLAM это сетка с заполнением ячеек препятствиями. Так же серьёзные отличия имеются в методе выявления особых точек из которых создаётся карта, DP-SLAM использует метод DP-Mapping основанный на отображении распределённых частиц, LSD-SLAM особыми точками считает линейные формы, ORB-SLAM использует угловые формы [1]. Так же алгоритмы различаются по производительности, например LSD-SLAM практически в два раза медленнее чем ORB-SLAM, но при этом он способен стабильно работать в среде с малым разнообразием окружения, например в таком как длинный коридор.

Исходя из типа окружающей местности и технического оснащения был выбран ORB-SLAM алгоритм, и библиотека, где он реализован ORB\_SLAM2. В данной библиотеке имеются инструменты для настройки под нужды модели, возможность работы со стерео камерой, так же он обладает высоким быстродействием и его компоненты просты и допускают модификации, что позволит дополнить функционал до необходимого минимума.

### **Датчики**

Так же имеется большой выбор датчиков, основные это лидар и сонар. Но у такого типа датчиков есть недостаток, когда в непосредственной близости работают несколько таких датчиков есть вероятность того, что излучатели одного датчика будут влиять на сенсоры другого, что приведёт к получению неверных данных. В то время как видеокamera не имеет излучательной системы. Но одна camera не может определить точное расстояние до особой точки, в то время как система из двух камер – стереокамера даст нам точное расстояние до особой точки [2].

**Стереокамера** – camera обладающая двумя разделёнными объективами и создающая отдельные кадры. На рисунке 1 представлена реализованная стерео camera на базе двух веб-камер с разрешением Full HD 1080, подключаемых к компьютеру посредством USB 2.0. Обе камеры закреплены в подставке из ПВХ.

Так же камеры ректифицированы, т.е. их объективы находятся на одной высоте, в одной плоскости и направлены строго параллельно, так же, при помощи стандартных инструментов библиотеки OpenCV, откалиброваны, сведены к минимуму различные оптические эффекты обусловленные технической неточностью камер и эффект «рыбьего глаза» [3].

## Дополнение стандартного функционала

Библиотека ORB\_SLAM2 позволяет составлять карту окружения и определять местоположение камеры на этой карте, но не способна загружать уже составленную карту при запуске программы, а так же не может отдавать команды мобильной платформе необходимые для передвижения.

После того как программа смогла составить карту её необходимо сохранить, что бы в последствии использовать снова после повторного запуска. Для этого была написана процедура экспорта, каждая особая точка созданная программой и записанная в карте, сохранялась в файл в формате: <номер кадра> <порядковый номер точки> <координата по оси X> <координата по оси Y> <координата по оси Z>, координаты высчитываются относительно точки первой локализации камеры.



Рис. 1. Внешний вид стереокамеры

После того как появилась возможность загрузки карты, необходимо составить маршрут движения по этой карте. Для решения этой задачи был выбран алгоритм A-star – алгоритм обхода графа, возвращающий наикратчайший путь от точки А до точки Б. На вход этому алгоритму необходимо подать квадратный массив значения которого обозначают

стоимость вершины, то есть в нашем случае сложность прохождения этой точки карты. Поэтому текстовую карту экспортированную из программы необходимо перевести в двумерный массив, где ось X и ось Y определяют положение особой точки, а значения оси Z вероятность её прохождения роботом.

### **Заключение**

В ходе работы была проведена работа по применению библиотеки ORB\_SLAM2 к мобильной платформе, для этого была разработана и изготовлена стерео камера. Разработано дополнительно ПО позволяющее загружать составленную карту при повторном запуске программы, позволяющее проложить маршрут из точки А в точку Б по составленной карте.

Макет прошёл лабораторные испытания, где показал удовлетворительные результаты в локализации на карте загруженной после повторного запуска программы.

### ***Литература***

- [1] Stücker, J., & Behnke, S. (2014). Multi-resolution surfel maps for efficient dense 3D modeling and tracking. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 25(1), 137-147. doi:10.1016/j.jvcir.2013.02.008
- [2] Stuehmer, J., Gumhold, S., & Cremers, D. (2010). Real-time dense geometry from a handheld camera. *Pattern Recognition*, , 15(3), 13-14. doi:10.16/j.jvcir.2010.02.005
- [3] Ummenhofer, B., & Brox, T. (2015). Global, dense multiscale reconstruction for a billion points. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, , 2015 International Conference on Computer Vision, ICCV 2015 1341-1349. doi:10.1109/ICCV.2015.158
- [4] Whelan, T., Leutenegger, S., Salas-Moreno, R. F., Glocker, B., & Davison, A. J. (2015). ElasticFusion: Dense SLAM without a pose graph. Paper presented at the Robotics: Science and Systems, , 11 doi:10.15607/RSS.2015.XI.001
- [5] Zabih, R., & Woodfill, J. (1994). Non-parametric local transforms for computing visual correspondence doi:10.1007/978-354-3-1060-5254

## СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ ПРОФЕССИОНАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

*Е.Г. Сырямкина, Т.Б. Румянцева, Е.Ю. Ливенцова*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
E-mail: evg.liv@mail.ru*

Сегодня большие надежды в области инновационных разработок, в том числе, основанных на цифровых технологиях, возлагаются именно на молодое поколение, более чувствительное к изменениям во внешней среде, гибко и быстро адаптирующееся к новым условиям профессиональной деятельности.

При этом современные тенденции подготовки специалистов таковы, что на смену образовательной парадигме по присвоению и наращиванию знаний отдельной личностью, пришел компетентностный подход, который требует управления самим процессом познания, способами создания, порождения и присвоения субъектом знания, формирования, так называемого, широкого образования, которое по-английски звучит как *soft power* («гибкая» или «умная» сила) – это интеллектуальная сила и культурный императив. Образование становится рефлексией и способом творческого, модифицированного использования этих знаний в меняющейся и усложняющейся практике.

Таким образом, на смену, так называемым, «твердым» навыкам, которыми сегодня априори должен обладать профессионал, приходят «мягкие», позволяющие человеку быть успешным независимо от специфики деятельности. Это такие навыки как эффективная коммуникация и управление, умение работать в команде и пр. То, что на рынке труда будущего будут востребованы специалисты с развитыми «мягкими навыками» подтверждает «Атлас новых профессий», разработанный Московской школой управления «Сколково» и Агентством стратегических инициатив. Если обратиться к разделам Атласа, посвящённым ИТ-сфере, роботехнике и машиностроению, то в качестве основных надпрофессиональных навыков и умений для профессий данных отраслей выделены клиентоориентированность, межотраслевая коммуникация, мультиязычность и мультикультурность, управление проектами, работа с людьми, работа в условиях неопределенности и навыки художественного творчества. Таким образом, возникает социальный заказ



для сферы образования на разработку новых форм и программ по формированию у молодежи «мягких» навыков, по развитию надпрофессиональных компетенций, которые не предусмотрены основными образовательными программами университетов.

В статье рассматривается опыт Томского государственного университета по использованию социогуманитарных технологий при подготовке профессионалов технического профиля, а именно обобщен опыт реализации в период с 2015 по 2017 годы образовательной технологии «Социальный акселератор», которая, на наш взгляд, отвечает сразу двум главным образовательным вызовам:

- интенсификации образования с сохранением его качества;
- обучению через деятельность и коммуникацию.

Методологическую основу работы составили идеи системно-деятельностного и компетентностного подходов. Авторами использовались такие методы, как анализ научной литературы, анализ документов по теме, кабинетное исследование (desktop research), интервьюирование и анкетирование участников образовательного процесса, образовательный эксперимент, описание практического опыта реализации программы акселерации социально-ориентированных бизнес-проектов в классическом университете (case study).

На основании исследования зарубежных источников и авторского опыта предложен новый подход к развитию компетентности студентов технического профиля. Разработанная технология «Социальный акселератор», структура которой включает в качестве обязательных компонентов обучение, менторское сопровождение, обеспечение условий для предъявления результатов проектной деятельности в сообществе, апробирована на базе структурного подразделения Томского государственного университета – Парка социогуманитарных технологий.

В общем числе существующих образовательных технологий по развитию надпрофессиональных компетенций в университетской среде все более популярными становятся так называемые акселераторы. В настоящее время акселератор – это технология, включающая образовательные мероприятия, консультации, менторскую поддержку, доступ к оборудованию и прочим ресурсам, которые направлены на ускоренное развитие проектов.

Технология имеет следующие признаки: четко обозначенный период проведения, обучение в группе, обучение с участием менторов и из-

вестных специалистов/предпринимателей, обучение, завершающееся презентацией проектов инвесторам (демодень).

Проектная деятельность в рамках «Социального акселератора» нацелена также на формирование у студентов навыков коммуникации с местными и более широкими сообществами. Как свидетельствует наш опыт, успешными стали те проекты, которые основывались на построении прочных связей с представителями местного сообщества, которому студенческие команды смогли продемонстрировать свои открытия и идеи. Весь период жизни студентов в вузе должен стать для них школой гражданского и профессионального становления, активного участия в организации жизни вуза, города, региона, страны. Активно участвуя в научной и общественной жизни вуза, городских и областных акциях, студенты приобретают навыки организатора, развивают личностные качества, необходимые специалисту, руководителю, общественному деятелю.

Гражданское воспитание и профессиональное обучение – единый, целенаправленный процесс формирования личности гражданина и профессионала.

Трехлетний опыт реализации технологии «Социальный акселератор» позволяет оценить ее образовательный потенциал. Он заключается, прежде всего, в появлении у студентов устойчивой мотивации к дальнейшей деятельности в целом и в желании продолжать обучение в городских, региональных, всероссийских и международных школах и программах. Кроме того, у обучающихся развиваются «новый взгляд» на общественное развитие, готовность представлять свои идеи и проекты широкой аудитории, предъявлять результаты своей деятельности местному сообществу, демонстрировать участие современного университета в социально-экономическом развитии, поскольку одним из ключевых показателей развития университета и его места в обществе является выполнение социальной функции.

Важным, безусловно, является и то, что проектная деятельность студентов в рамках акселератора способствует расширению их кругозора, развитию надпрофессиональных компетенций и личностных качеств, повышает стоимость выпускников на рынке труда.

Апробированная технология «Социальный акселератор» является инновационным инструментом для достижения задачи генерации новой волны предпринимателей, стоящей перед высшими учебными заведениями. Данная технология позволяет, во-первых, распознавать лиц, спо-

способных к предпринимательской деятельности с целью последующей помощи им в развитии соответствующих склонностей. Во-вторых, технология способствует созданию в учебных заведениях творческой атмосферы, в которой не упускаются, а реализуются возможности пробуждения производственной самостоятельности, инициативы, активности; стремление выявлять проблемы, имеющие большое практическое значение и способные всерьез увлечь студентов, а также интенсифицировать деловое общение последних с лучшими специалистами. В-третьих, технология «акселератор» способствует широкой демонстрации различных форм и видов предпринимательства, судеб и практик действующих успешных предпринимателей.

Более того, деятельность Парка СГТ по формированию у студентов «мягких» навыков нашла свое отражение в работе НИИ ТГУ над самостоятельно устанавливаемыми образовательными стандартами, где в группу универсальных компетенции вошли системное и критическое мышление, разработка и реализация проектов, командная работа и лидерство, межкультурное взаимодействие.

Таким образом, описанная технология «Социальный акселератор» является, на наш взгляд, тиражируемой и перспективной для внедрения в современных университетах в связи с повышением требований к «мягким» навыкам студентов в переходный период от пятого к шестому технологическому укладу.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-29-04388).*

### *Литература*

- [1] Асмолов А.Г. Стратегия и методология социокультурной модернизации образования. М. : ФИРО, 2011. 73 с. URL: [http://mboug-97.ucoz.ru/Fgos/strategija\\_i\\_metodologija\\_sociokulturnoj\\_moderniza.pdf](http://mboug-97.ucoz.ru/Fgos/strategija_i_metodologija_sociokulturnoj_moderniza.pdf) (дата обращения: 08.09.2017).
- [2] Miller T., Wesley C., Williams D. Educating the Minds of Caring Hearts: Comparing the Views of Practitioners and Educators on the Importance of Social Entrepreneurship Competencies // Academy of Management Learning and Education. 2012. Vol. 11, № 3. P. 349–370.
- [3] Соколова Е.И. Анализ терминологического ряда «коуч», «ментор», «тьютор», «фасилитатор», «эдвайзер» в контексте непрерывного образования // Непрерывное образование: XXI век. 2013. № 4. С. 1–11.
- [4] White Eric R. Academic Advising in Higher Education: A Place at the Core // The Journal of General Education. 2015. Vol. 64. No. 4. P. 263–277.
- [5] Бельский В.Х., Паульман В.Ф. Предпринимательство: развитие, природа, проблемы // Социологические исследования. 2012. № 10. С. 11–20.

# АНТРОПОМОРФНЫЙ РОБОТ-ФУТБОЛИСТ ДЛЯ МЛАДШЕЙ ЛИГИ НА ПЛАТФОРМЕ ROBOTIS BIOLOID

*И.Д. Шабалин, А.А. Согомонянц, И.Ю. Проказина,  
Е.С. Польшцев, Е.С. Шандаров*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
Shabalin\_ilya\_otu@mail.ru*

RoboCup – некоммерческий проект, созданный для форсирования развития робототехники. Инициатива RoboCup активно поддерживается в России, так на 2018 год проведено уже три Российских национальных этапов. А российские команды, преимущественно представленные в младшей лиге, ежегодно занимают места на соревнованиях RoboCup мирового уровня [1–2].



Рис. 1. Робот-футболист на базе Robotis Bioloid

В скором времени в возрастной группе RoboCup Junior будет организована новая лига – Humanoid Soccer Kid Size. Владея этой информацией, мы решили создать задел для российских команд, для того чтобы закрепить лидирующие позиции на мировом уровне. Наша разработка представляет собой автономного антропоморфного робота-футболиста для участия в RoboCup Junior Soccer Humanoid Kid Size. Робот построен на базе робототехнического набора Robotis Bioloid, включающего в себя микроконтроллер CM-530 и двадцать сервоприводов от компании

Dynamixel. Модуль технического зрения реализован с помощью камеры TrackingCam российской компании «Прикладная робототехника». Камера может распознавать объекты разного цвета, размера, формы и текстуры [2-3]. Существенным преимуществом этой камеры является то что, она производит все вычисления самостоятельно, и передает координаты искомого объекта маломощному контроллеру робота. Это позволяет равномерно распределить вычислительную нагрузку. Программируется робот в просто организованной среде программирования, на C – подобном языке. Высота робота составляет 44 сантиметра.

Архитектура платформы позволяет использовать лишь один поток обработки данных, что создает массу ограничений и недостатков при проектировании робота-футболиста. Например, робот не может динамически подстраивать ходьбу, отслеживать мяч при ходьбе и так далее.

Существенным достоинством данной разработки является сравнительно низкая стоимость на рынке. Аналог – Robotis Darwin-OP, стоимость которого – 1300 тысяч рублей за одного робота. Стоимость же Robotis Bioloid – 120 тысяч рублей и 40 тысяч за TrackingCam. Монтаж и согласование по рабочему напряжению между Bioloid и TrackingCam не доставляет трудностей. Кроме того, важно отметить, что во многих школах уже имеются в наличии роботы Robotis Bioloid и ресурсные наборы Tracking Cam. У школьников и преподавателей робототехники уже имеется опыт работы с данным оборудованием.

До конца года планируется написать методическое пособие для построения и программирования подобных роботов.

### *Литература*

- [1] Ронжин А.Л., Станкевич Л.А., Шандаров Е.С. Международные соревнования роботов по футболу RoboCup и перспективы участия в них российских команд // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 2 (7). С. 24–29.
- [2] Гомилко С.И., Жулаева Д.В., Мещеряков Р.В., Ример Д.И., Шандаров Е.С., Якушин Д.О. Команда роботов-футболистов лиги ROBOCUP HUMANOID KIDSIZE // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 3. С. 11.
- [3] Шабалин И.Д., Шандаров Е.С. Система технического зрения на базе TrackingCam // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР : по материалам Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2018». 16–18 мая 2018 г., г. Томск : в 3 ч. Томск, 2018. Ч. 1.
- [4] Воротников С.А., Девятериков Е.А, Панфилов А.О. Техническое зрение роботов с использование TrackingCam. Электронная книга, 2017.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

*О.В. Якупова, Д.Н. Кузнецов*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
ok-1979@mail.ru*

Учебные пособия, созданные средствами современных информационных технологий, способствуют более тщательному изучению материала, персонализации обучения и позволяют осваивать информацию самостоятельно. [1]

При подготовке инженерно-технических кадров важно проведение лабораторного практикума на соответствующем уровне, что с развитием информационных технологий, требует инновационных подходов. Лабораторные практикумы созданные для электротехнических специальностей имеют ряд особенностей, связанных осуществлением моделирования работы электрических схем замещения для усвоения электрических законов, с использованием в процессе обучения пакетов схемотехнического или имитационного моделирования, таких как Electronics Workbench, MIK, MATLAB, Model Vision Studium 3.0 и др. [2]

Основной подход реализации лабораторных практикумов для студентов, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий, заключается в создании «виртуальных» лабораторных комплексов - веб-оболочек, в которых размещены все необходимые и достаточные для выполнения лабораторных работ ресурсы (краткий теоретический материал, методические указания по выполнению и программное обеспечение).

Все компоненты лабораторной работы – допуск, проведение работы, контроль над ее выполнением и защита работы, а также выставление оценок за работу – могут реализовываться автоматически программными средствами. [3]

Виртуальные комплексы размещаются на сервере организации обучения, студенты выполняют работы в режиме удаленного доступа. На примере виртуального лабораторного практикума "Оптимальные системы управления электроприводом", размещенного в рамках инструментальной среды Moodle для дисциплины «Автоматизированный электропривод», рассмотрим основные принципы его построения.

В виртуальный практикум включены 14 лабораторных работ по следующим темам (рис. 1). Все лабораторные работы расположены в

логической последовательности, позволяющей установить связи между ними, что в большей мере способствует формированию у студента целостного образа изучаемого объекта, развитию логического мышления, лучшему пониманию и запоминанию изучаемого материала.

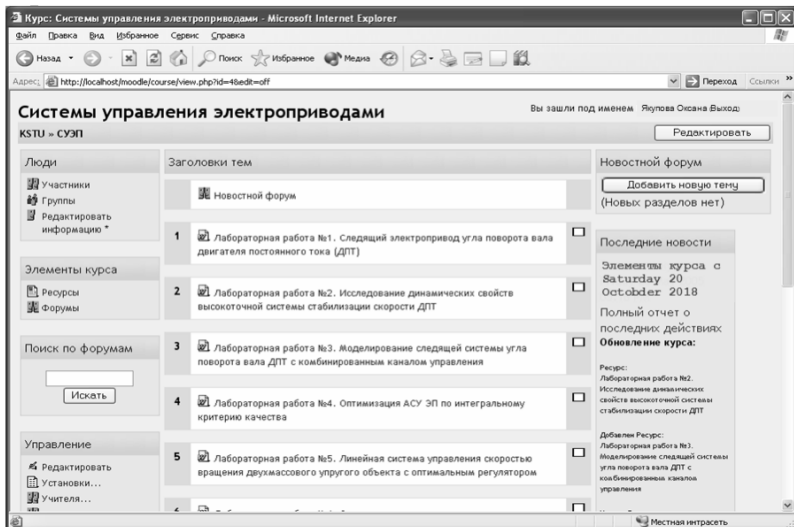


Рис. 1 Размещение лабораторного практикума в среде Moodle

Последовательно изучив краткие теоретические основы дисциплины «Автоматизированный электропривод» студент извлекает информацию и далее может приступить к решению практических задач, позволяющих установить степень освоения этих знаний. В случае недостаточной степени освоения теоретического материала студент имеет возможность произвольного повторного просмотра отдельных элементов теоретического модуля, до получения необходимого утвердительного результата понимания.

Обучающийся получает доступ в среду специализированного пакета прикладных программ MATLAB (рис.2), в этой среде формирует программный аналог задачи или вызывает готовый программный аналог, в котором устанавливает необходимые (заданные) параметры задачи. Преимуществом данной программы является не только то, что она позволяет студентам самостоятельно составлять расчетную модель, интерпретировать получаемые результаты, изменяя отдельные параметры ее элементов, но иметь наглядный способ отображения результатов моде-

лирования различных режимов работы электрических систем, включая аварийные и послеаварийные, учитывая надежность и бесперебойность работы электрооборудования.

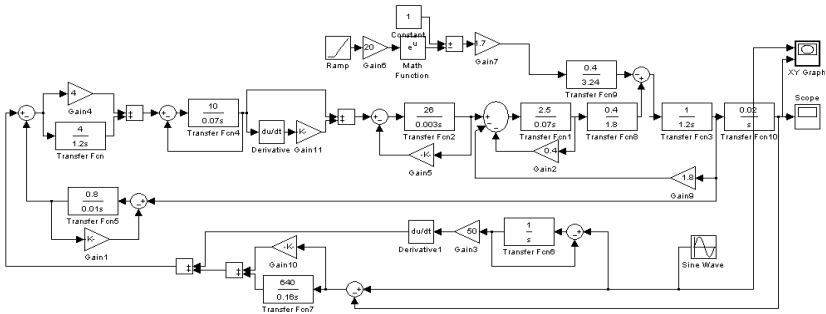


Рис. 2. Программный аналог структурной схемы в Matlab

Далее студент организует исследовательский эксперимент и проводит имитационные исследования, позволяющие найти оптимальные параметры решения поставленной задачи (рис.3).

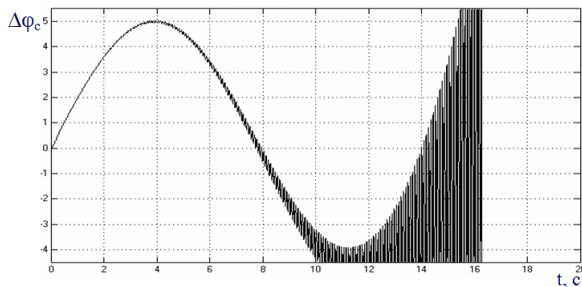


Рис. 3. Результаты исследования

Результат исследований выводится на экран монитора, распечатывается или копируется с экрана монитора в отчет. Итоговой целью выполнения лабораторной работы является осуществление обучающимся, с учетом имеющихся знаний, самостоятельного анализа результатов, под которым подразумевается качественная и количественная оценка временных зависимостей.

Разработанная структура практикума позволяет использовать его не только как методические указания к лабораторным, но и как полноцен-



ную автоматизированную обучающую систему. Использование данного виртуального лабораторного стенда позволит значительно улучшить качество подготовки студентов специальностей электротехнического направления. А повсеместное внедрение современных информационных ресурсов в образовательном процессе, становится важным элементом менеджмента образовательных услуг.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-29-04388).*

### *Литература*

- [1] Новикова Т.В., Левкин Г.Г. Актуальность компьютерного ассистирования в процессе самостоятельного, виртуального и дистанционного обучения // Дистанционное и виртуальное обучение. 2017. № 1.
- [2] Паршина Г.И. Опыт внедрения системы для дистанционного образования Moodle // Труды университета. 2004. № 4. С. 13–14.
- [3] Попова Е.П., Иванов М.Н., Солдатов В.Ф. Использование дистанционных образовательных технологий при подготовке инженеров в техническом университете. По итогам Инфорино // Открытое образование. 2014. № 6.

## **A REVIEW OF COMMERCIALY AVAILABLE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FRAMEWORKS**

*N.A. Uvarov, V.I. Syryamkin*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
nikotomsk@gmail.com*

Artificial Neural Networks are a relatively new and very complex field of computer science that has a lot of potential not to just improve current information technology systems but to create whole new fields of study. Artificial Neural Networks (ANNs), as the name suggests, is an attempt to mimic the way neurons operate within a human brain. Simple cells that, in numbers, are capable of processing untold volumes of data. ANNs operate by passing data through multiple layers of decision making. Starting from the input layer, (receiving input data), through different hidden layers to the output. However, the algorithm it's self is useless without training. Ironically, just like a human brain, an ANN setup needs to be trained before completing a task it was assigned to. For example, if one wants to detect cats on pictures, they would first need to run the algorithm through a database of pictures of cats and make sure it detects them correctly. This process is required in order to cali-

brate the variables in the layers of the ANN for the task at hand, in this case – cat recognition. Depending on the amount of training data required for the final system to function appropriately, the training process can take a very long time, from a few minutes or hours to days or even months. Once calibrated and trained, ANN is fully operational. It can be copied and distributed as a ready-to-go package. In the end, the point of this whole process is categorization. Visual, voice, text or raw data, with proper training and fine tuning, ANNs excel at tasks that require categorization of large amounts of data. As you can imagine, in the modern world with its ever-increasing dataflow there is great need in such algorithms.

While neural networks can be applied to any sort of data they are perhaps most famous for their use in visual recognition software. Due to their nature, ANNs are perfect for processing live video. They can be trained to detect and categorize practically unlimited amount of different objects while producing a great deal of information about said objects, like their general size, screen coordinates, shape and more. Despite such a large dataflow, ANNs require relatively little computational power to process it. For example, a simple object detecting neural network algorithm can produce probabilities of that object pictures in fractions of a second while running on the commonly used raspberry pi platform. Because of all these factors, many ANN frameworks were created to simplify the process of working with these algorithms. Nowadays it got to a point that practically anyone with a basic knowledge of programming can get a so called “black box” neural network algorithm (pre-coded package containing everything needed for training and running an ANN without any further development required) working on their home computer.

In these paper we will be taking a look at these frameworks based on how well they deal with visual processing. A large factor in comparing these frameworks is not only their performance, but the community and the amount of materials available for it. Most of the frameworks in this review are open-source free packages specifically for that reason. Due to their availability, a lot of helpful material and resources, as well as examples have been created, allowing novice programmers to quickly familiarize themselves with the framework.

TensorFlow: Perhaps the most well-known machine –learning framework. It has been adopted by a long list of hi-profile companies, even tech giants as IBM and Twitter. TensorFlow is being developed by google and is perhaps the most flexible and easy to get into framework. It is completely open-source and has a large community following. There is plenty of exam-

ples and material to learn on as well as simple tutorials to get a user started. [1] The only downside that can be distinguished from other frameworks, is that TensorFlow, while very flexible, is not configured to excel at one exact task. Because of this it lags slightly behind other frameworks in speed when it comes to particular cases.

Caffe: A framework created by Berkeley Vision and Learning Center. Caffe is known for its simplicity and a large number of available pre-trained models called “Model zoo”. One of its main perks is that it is supported by Nvidia and can be integrated with Nvidia’s Cuda Deep Neural Network Library (CuDNN). [2] This means that it can be very well optimized to run on GPUs and is capable of very rapid and efficient image processing while using Nvidia technology.

Microsoft Cognitive Toolkit (CNTK): Unsurprisingly, this framework is wildly used in Microsoft. While similar in many ways to Caffe, Keras and other competitors. Originally CNTK was built for speech-recognition, but nowadays can be adopted to almost any application. Overall this is a very well performing framework, but has failed to attract a large (relative to other frameworks) following outside of direct connection with Microsoft products.

Keras: this framework has been developed by a google engineer with one simple idea in mind – fast prototyping. Modular, and supporting practically every type of a neural algorithm, it is easily adjustable and modifiable. It is also compatible with Tensorflow CNTK and Torch. Keras is compatible with both CPUs and GPUs and in general is very flexible. While it may lack base functionality, it can easily be expanded on and modified.

Torch: A scientific computational framework that is in some ways similar to Keras. It is capable of supporting most types of neural network algorithms. Has modular extensions that can boost its performance in different areas. And is quite flexible in what it is capable of. While it is commonly used for data categorization, it can also be adopted for visual recognition. PyTorch is also worth noting, as it is a Python adaptation of Torch and is becoming very popular due to its ease of operation through basic python commands.

There are dozens of other frameworks available, but these five are the most prominent across both, neural network enthusiasts and large IT companies. While the frameworks do differ in their contents and performance, the difference is rather negligible to a novice programmer. Any framework, when properly applied can produce satisfiable results that are on par with other frameworks. It is when it comes to optimization that the differences show. Some frameworks are better suited for specifically visual recognition, like Caffe. They rely heavily on the GPU and have auxiliary libraries to help interface it with visual recognition tools. While some are better optimized to

be changed on the go like Keras. In the end, for a person who is just starting to learn ANNs, it comes down to personal preference to make the choice. However, if the framework is being chosen with a specific project in mind, then it is worth paying attention to what framework would best fit the task at hand.

Overall, two frameworks do tend to stand out in their performance, and that is TensorFlow and Caffe. Most outlets tend to agree that these frameworks have the most developer and community support as well as high performance when applied properly. They tend to be relatively user friendly, with plenty of learning material for beginners and enormous library variety for more advanced use. Their functionality is still being expanded by the developers and the frameworks have a bright future.

*This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 16-29-04388).*

### **References**

- [1] Maruti Techlabs. Best deep learning frameworks for data science enthusiasts // Medium. 2018 April 5th Retrieved on: November 10<sup>th</sup> 2018 Available at: <https://medium.com/the-mission/8-best-deep-learning-frameworks-for-data-science-enthusiasts-d72714157761>
- [2] González-Gutiérrez C, Santos JD, Martínez-Zarzuela M, et al. Comparative Study of Neural Network Frameworks for the Next Generation of Adaptive Optics Systems. Sensors (Basel). 2017;17(6):1263. Published 2017 Jun 2. Retrieved on November 9th 2018

## **GESTURE BASED TERRAIN MAPPING SYSTEM-OVERVIEW**

*M. Mondal, V.I. Syryamkin*

*National Research Tomsk State University  
mainakme2140@gmail.com*

Up until a few years ago, the only way to get an aerial overview of a designated area was to fly over it with a manned aircraft and physically inspecting the areas or taking pictures of it. Unmanned Aerial Vehicles, have been a blessing to all the industries which relied on aerial images or drawings for their work. Unmanned aerial vehicles also knows as drones, in more colloquial terms, is a blessing to all industries in the world. The cost of manufac-

turing and assembling drones have gone down significantly as majority of people adapted to using it.

The film industries are using it to get excellent footage with accurate direction and lighting. Civilians can use it as toys. Students can use it to learn avionics and flight mechanisms. Youtubers use it for professional high resolution footage. Rescue teams use it for surveying the area. Armies use it to get a tactical advantage in a firefight and recently, Amazon is using drones for superfast delivery service. The possibilities are endless if properly invested on. Machine Learning and Artificial Intelligence are next best thing in the field of Computer Science and that's why I plan to merge these two fields and present something which fundamentally adds more features and a hive mind facility to even work without a commanding signal.

The current real time terrain mapping, usually carried out by Self Drive Cars usually use the overlay of the map to find directions. The on board computer of the car, usually uses a bunch of sensor like: Proximity Sensor, Stereoscopic Cameras to identify objects and cars in its trajectory. This method very viable for cars because it has less to no space constraints to house the compute power. I propose a method to identify terrain defects for tactical combat and rescue operations by dividing the work into terrain recognition and terrain mapping. The Operator is the person who controls the drones and provides the drones with directional data for it to follow. There is also an autopilot which takes over the controls when no gesture commands are received for a while.

All the mapping systems implementations, if implemented in real-time cost huge computing resources and cannot map accurately. The most accurate is the LIDAR based Mapping as it is used in self drive cars and other heavy vehicles with ample computing power.

There are several attempts for real-time mapping using drones but most of the projects are pretty much at its infancy as they all try to map the terrain in real time. They all require huge computing power since terrain mapping requires huge resources.

My plan is to divide the work into 4 parts: -

1. **Gesture Recognition** – handled by an independent flight controller.
2. **Drone Pilot** – The schedule to be run when no gesture commands are received.
3. **Terrain recognition** – The schedule to take high resolution images of the area and recognize the pits and outline of the area for tactical use.
4. **Terrain Mapping** – The Schedule which runs on the a separate high – end computer which uses its compute power and the high resolution images from the previous schedule and maps the area with accuracy.

For the actual system, there should be 2 working computer units.

1. **Drone Controller System** – A computer specifically to pilot the drone. This computer also listens to the gestures control commands given by the operator and decides on the which schedule to follow, Autopilot or Gesture.

2. **Mapping System** – The Computer which takes in all the sensor data and segregates the data into the what's required immediately and what will be sent to the EC service for further processing. This unit also communicates to the operator and will relay the terrain recognition data to consumption device.

The distinguishing part of this system will be the fact that this device does not have to process high resolution images in real-time. The computer handling the terrain detection will only produce a depth map using numeric values after calculating the depth and a thermal imaging data can be used for overlay. This data can be sent over to the human operator for physically exploring the terrain. An object detection algorithm like tensor flow maybe implemented in the middle which takes in camera images and recognizes objects and overlays it in the map.

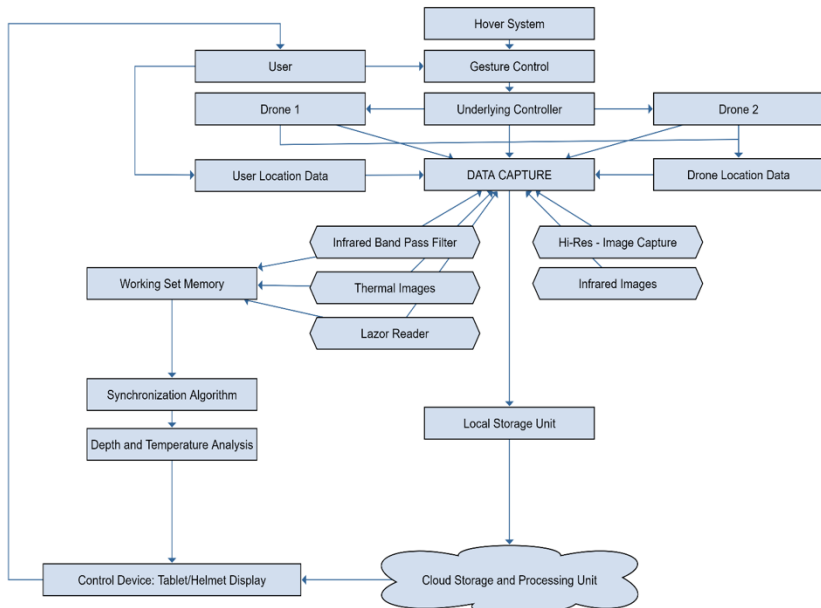


Fig. 1. Structure Diagram

The high resolution images captured can be uploaded to a cloud server for processing. The cloud server can use a commercial or an open source mapping software which used geolocation data and combines it with all the sensor data received and spits out an accurate map of the given area.

As we see here, there are 2 major zones of work:

1. Which goes to the working set memory (after storing the data to the non-volatile memory) which is required for Real-time data processing to assist the operator of the system navigate through the terrain.

2. The second zone revolves around the data capture and processing the captured data using an elastic cloud service (Scalable Computing). The Scalable Compute Service will process all the data and produce a 3d map of the area which can be used for future endeavors.

Categorization of data in the given concept:

1. Thermal Images
2. Stereoscopic camera images (high-resolution image capture)
3. Depth sensor data
4. Infrared Camera Data (for night vision)
5. Generic Camera footage (for relay to the user and use for object detection by Tensor flow)
6. Geolocation data of the Drone as well as the operator.

### **Conclusion and Future Work**

The sole idea of this project was to differentiate between mapping an area and terrain detection to utilize computing resources in an efficient way. The research currently being done in this sphere is phenomenal and when we combine all the research we get different views on how to aliment an idea and the sphere of Unmanned Ariel Vehicle is just at its infancy. We have many different challenges ahead like increasing flight time, increasing signal range and many other things but with the insight I provided, it is certain that all the problems can be solved given time. This article shows the current work being done in the sphere of terrain mapping and drone automation, and combines the two for the inception of a new concept. Further, these tasks can be sub-divided into more tasks for a simpler and faster approach to tackle the problem of terrain mapping and recognition.

*This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 16-29-04388).*

## References

- [1] Scheduling S., Leal J., Bishop M., Sukkariéh S. Terrain Mapping in Real-Time: Sensors and Algorithms / Australian Centre for Field Robotics (ACFR), The University of Sydney. URL: <http://www.regional.org.au/au/gia/10/298scheduling.htm>
- [2] ROS-based UAV control using hand gesture recognition – 2017 : 29<sup>th</sup> Chinese Control and Decision Conference (CCDC), IEEE. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7978402>
- [3] Simultaneous localization and mapping // IEEE Robotics & Automation Magazine. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1638022>
- [4] Panin V.E., Syryamkin V.I., Deryugin Ye. Ye. et al. Optical-television techniques for research and diagnostics of materials at mesolevel // Physical Mesomechanics and Computer-Aided Design of Materials / ed. by V.E. Panin. Novosibirsk : Nauka, 1995. Vol. 1. P. 176–194.
- [5] Simultaneous localization and mapping (SLAM). URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1678144>
- [6] Rumyantseva T.B., Solinthoné Ph., Syryamkin V.I., Vaganova E.V., Zinov V.G. Technology management. Part 2: Strategic management of intellectual property / ed. by V.I. Syryamkin. Tomsk, 2016.
- [7] Gesture Control of Drone Using a Motion Controller : 2016 International Conference on Industrial Informatics and Computer Systems (IIICS). URL: [https://www.researchgate.net/publication/301800528\\_Gesture\\_control\\_of\\_drone\\_using\\_a\\_motion\\_controller](https://www.researchgate.net/publication/301800528_Gesture_control_of_drone_using_a_motion_controller)

## POSSIBILITIES FOR APPLIED JOINT SPEECH PROCESSING AND COMPUTER VISION SYSTEMS

*E. Solis Romeu, V.I. Syryamkin*

*National Research Tomsk State University  
edgar7sagan@gmail.com*

This report addresses the current state of the Computer Vision and the Speech Processing fields. It explains some of the most used algorithms in these fields and provides an overview of the current use of these technologies in the market. The objective of this report is to find new possible industrial and commercial applications that use both Computer Vision and Speech Processing.

Computer Science has many fields and one of them is Speech Processing. The aim of this discipline is to create computer systems capable of recognizing spoken words. The main idea is to detect the words spoken by a person and process that data to identify what the person is saying. To do this, a microphone or similar device is used to input the audio data into the system. One of the main objectives in this field is the implementation of accurate Automatic Speech Processing, this is a system that is able to convert spoken words into digital data to identify individual sounds and use mathematical models to select particular words or phrases.



## Brief History of the Field

This is a small simple description of the general aim of this field, a field that has been in existence since the 18<sup>th</sup> century with Wolfgang Von Kempelen's Acoustic Mechanical Machine. A quick review of some major breakthroughs in Speech Processing would include Edison's dictation machine in 1879, a computer system named Audrey capable of recognizing spoken digits with 90% accuracy developed in 1952 at Bell Labs, and IBM's Tangora that could be adjusted for particular voices and recognized a wide array of English words and phrases. The Speech Recognition software of the 1980's required the speaker to speak slowly with space between words and without background noises. In 1997, Dragon's Naturally Speaking Software was released and it allowed for its users to speak complete phrases, instead of only words.

One of the main problems was that speech, unlike the written word changes a lot between regions, accents, gender and social classes. During the first phase of speech processing software development, these systems worked by translating the sound waves into numbers and storing them, then the speech recognition would be triggered when an identical sound was introduced as input. This method is generally known as Template Matching. Eventually Machine Learning (ML) was introduced and it revolutionized the field. The main player that used ML to its advantage was Google in 2008 with its Google Search App for Iphone. Eventually that company developed its own algorithm called "Hummingbird" that allowed better recognition of language when used. All this paved the way for major products by the world's leading tech companies, and the result of this is that now consumers have different options for voice powered search engines like Siri from Apple, Cortana for Windows and Alexa from Amazon.

### **Connectionist Temporal Classification (CTC) Algorithm, How Does It Work**

1. Transform the analog sound waves into digital information. To do this you record a word and you sample a tiny piece of a recording by marking the height of a sound wave at a specific point in time. CD recordings are usually sampled at 44.1khz (44100 readings per second), but for speech recognition purposes it can be done at 16khz. According to the **Nyquist theorem** sampling a sound wave doesn't results in a loss of data because the wave can be mathematically reconstructed as long as the sample rate is twice as fast as the highest frequency recorded. The idea is that we end up with an array of num-

bers that represent a sound wave's amplitude every  $1/16000^{\text{th}}$  of a second intervals (Geitgey, 2016).

2. The information is pre processed, one good option is to group the sampled audio into 20 millisecond long pieces. When this information is plotted, the resulting graph looks like a sound wave. Sound waves are formed by the combination of many waves. It is possible to deconstruct the complex sound wave into simple sound waves by adding the amount of energy that is contained in each wave. This is done through **Fourier Transform**. By doing this we can find out how much energy is found in each 50hz band of the 20 milliseconds clip and by doing this we find which frequencies are more important. This findings will be fed into the neural network in the way of spectrograms. Neural networks are good at finding patterns in spectrograms.

3. The neural network is fed the data and it tries to find out the letter that is being spoken. It's a good idea to use a recurrent neural network, since they use memory to influence their predictions, this is useful at recognizing patterns in words and guessing which letters will be next. The result is a mapping of the most likely spoken letters. Eliminating possible spaces and ignoring the repeated characters can refine this output.

4. Using large databases that record the likelihood of a word appearing in a language, the neural network can be trained to predict the word that is being constructed. It is important to have access to thousands samples of words being spoken, because that helps to train the network and reach an acceptable success rate. To do this, companies like Google and Apple record their users to build great collections of thousands of recordings of words to feed them to neural networks and get even better results. That is why they install their apps freely, to gain access to users. Speech changes widely from one person to the next, even one person may speak the same word differently. Someone could say a word really fast and another could take more time to say the same. This creates problems for speech recognition, CTC differentiates from other algorithms by being good at solving this issue.

Computer Vision tries to create computer systems capable of reconstructing properties of images fed into the system, mainly shapes, illuminations and colour distributions.

### **Computer Vision Algorithms**

There are a multitude of Computer Vision related algorithms and their effectiveness depends on the type of image that is being subjected to analysis. Histograms of Oriented Gradients (HOG) is a method to transform an image

into data that can be more easily interpreted by a computer, by getting rid of information that is not important.

1. Turn the image being detected black and white
2. Look at every pixel and focus on how dark it is compared to surrounding pixels and mark the gradient (draw an arrow on the direction the pixel is getting darker, gradients show the flow of from dark to light).
3. Break the image into small 16x16 pixel squares.
4. In each pixel count how many gradients point to a major direction.
5. Replace the squares in the images with an arrow showing the strongest arrow directions.
6. The result is a HOG image pattern.

HOG images are compared to other patterns that were acquired while training the neural network with other faces.



Fig. 1. The process of transforming a colour image into gradients

HOG can be used with other algorithms like Face Landmark Estimation to generate programs that recognize faces. Face Landmark Estimation finds 68 specific landmarks that can be found in any face (eyes, chin, eyebrows) and maps them. The results of this algorithm are rotated, scaled and sheared, so as to present the landmarks as a 2d face viewed from the front. This is useful since many times people are turning their heads when photographed and for a computer its difficult to recognize the same face viewed from different angles.

Deep Convolutional Neural Networks are used to train computers to find useful 128 measurements to recognize each face, this is known as embedding. This requires powerful video cards like the NVidia Tesla video card which takes 24 hours to do an embedding. Once the embedding is done, it can be used for other faces. The process is done by loading two different pictures of a same person, and then a picture of a different face. The algorithm looks at the measures it is currently creating for the images and tweaks the neural network so the measurements for the pictures of the same person are closer,

than the ones of the other face. To not do this step, Google has released several trained networks through Open Face.

### **Conclusions**

Speech Processing (SP) and Computer vision (CV) are two disciplines that have seen great advances in the last decade, especially thanks to the constant development of Machine Learning methods like the Neural Networks. Now a day these technologies are being adopted massively by companies and the public and are becoming ubiquitous in daily life.

This situation will only grow in the future as adoption grows and newer enterprises arise seeking to capitalize in the state of the technologies. New methods of Computer Recognition for both Audio and Image will be developed as Artificial Intelligence capabilities advance and more complex products become feasible.

What type of products can be developed now? There are fields that seem to be ready for a product that uses both CV and SP. One is the entertainment field where products like videogames can be developed. An example could be a game where the user gives commands to the system and the game could detect the user's face and access his data without the need of a password. That data could be stored in cloud services making easier user mobility between systems.

Other useful way these technologies could be implemented is in the field of marketing. Agencies could implement interactive interfaces that promote brands. Earlier Blippar was mentioned as a company already working in the VR realm, so its possible that they could implement speech recognition to their products. Finally another obvious choice would be the field of Security. Devices that use voice and image patterns are being developed for the purpose of user access to systems as diverse as cars, computers, bank accounts and smartphones without the need of passwords or keys. As the technology develops these security solutions will be used more extensively and will become the most basic way of enforcing security for a device, building, archive, etc.

This is only a small overview of how Computer Vision and Speech Processing work and is in no way a comprehensive look at the both fields and projects being developed in them, but it works as a brief introduction to these technologies and to the possibilities they bring to now a day's constantly changing technology driven world.

*This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 16-29-04388).*

## References

- [1] Abhang P., Gawali B., Mehrotra S. Introduction to EEG and Speech Based Emotion Recognition / Department of Computer Science and Information Technology, Marathwada University, Aurangabad, India. Academic Press, 2016. Pages 1–17. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128044902000014#bib22>
- [2] Perez S. Siri Usage and Engagement Dropped Since Last Year, as Alexa and Cortana Grew, Tech Crunch. 2017. URL: <https://techcrunch.com/2017/07/11/siri-usage-and-engagement-dropped-since-last-year-as-alexa-and-cortana-grew/>
- [3] Boyd C. The Past, Present and Future of Speech Recognition Technology. 2018. URL: <https://medium.com/swlh/the-past-present-and-future-of-speech-recognition-technology-cf13c179aaf>
- [4] Luxton D., June J., Sano A., Bickmore T., Artificial Intelligence in Behavioral and Mental Health Care. Academic Press, 2016. P. 137–162. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124202481000064>
- [5] Geitgey A. Machine learning is Fun Part 6: How to do Speech Recognition with Deep Learning. Medium, 2016. URL: <https://medium.com/@ageitgey/machine-learning-is-fun-part-6-how-to-do-speech-recognition-with-deep-learning-28293c162f7a>
- [6] Panin V.E., Syryamkin V.I., Deryugin Ye. Ye. et al. Optical-television techniques for research and diagnostics of materials at mesolevel // Physical Mesomechanics and Computer-Aided Design of Materials / ed. by V.E. Panin. Novosibirsk : Nauka, 1995. Vol. 1. P. 176–194.
- [7] Sequence Modelling With CTC // Distill. URL: <https://distill.pub/2017/ctc/>
- [8] Coates A. Speech Recognition with Deep Learning. Bay Area Deep Learning, 2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=9dXiAecyJrY&feature=youtu.be&t=13874>
- [9] Natural Language Processing Market to Reach \$22.3 Billion by 2025. 2018 // Tractica. URL: <https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/natural-language-processing-market-to-reach-22-3-billion-by-2025/>
- [10] Mannes J. Tetra Raises \$1.5M Seed Round to Bring Deep Learning to Voice Transcription. Tech Crunch, 2017. URL: <https://techcrunch.com/2017/08/10/tetra-raises-a-1-5m-seed-round-to-bring-deep-learning-to-voice-transcription/>
- [11] Rummyantseva T.B., Solinthone Ph., Syryamkin V.I., Vaganova E.V., Zinov V.G. Technology management. Part 2: Strategic management of intellectual property / ed. by V.I. Syryamkin. Tomsk, 2016.
- [12] Poletti T. Amazon Heads Toward \$700 Billion Valuation Thanks to Alexa, AWS and Tax Gains. MarketWatch, 2018. URL: <https://www.marketwatch.com/story/amazon-heads-toward-700-billion-valuation-thanks-to-alexa-aws-and-tax-gains-2018-02-01>
- [13] NeuroLex FactSheet. 2017 // Neurolex. URL: <https://www.neurolex.ai>
- [14] Eckel R. Microsoft Researchers Achieve Speed Recognition Milestone // Microsoft Blogs. 2016. September 13<sup>th</sup>. URL: <https://blogs.microsoft.com/ai/microsoft-researchers-achieve-speech-recognition-milestone/#sm.0000jro6m9fcgfhthu2elz6uoa9>
- [15] Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2010.
- [16] Dalal N., Triggs B. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection. 2010.
- [17] Kazemi V., Sullivan J. One millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees. 2014.

# HOW EDUCATION CAN HELP GHANA FIGHT CY-BERCRIMES

*M. Oduro, V.I. Syryamkin*

*National Research Tomsk State University  
mdoduro@gmail.com*

Cybercrimes are the use of phones, computers or internet with the intent to harm the reputation of the victim or cause physical or mental loss to the victim directly or indirectly and also as a form of threatening cybersecurity. The internet is the fast growing IT infrastructure the world has seen. Now the internet provides us with everything we need in our life such as communication, education, health, sports, businesses, international relationships and so more. With the advent of new technological tools to improve information accessibility and advancement of the internet also comes this menace practices called cybercrimes. To fight these menaces, countries are considering cybersecurity as the most consequential security practice to improve their cyberspace.

This paper attempts to look at cybercrime in perspective to Ghana, the implementation of IT infrastructure in Ghana, the current challenges and solutions to cybersecurity. Also the paper attempts to know why people engage in cybercrimes. Lastly the paper presents how education can help mitigate cybercrimes in Ghana.

## **Challenges Ghana faced in the advent of Internet and ICT**

With the expansion in the internet and the use of ICT in 2000s, Ghana did not have a systematic laws and policies to regulate the use and abuse of the internet. As cyber fraud (Sakawa) became prevalent, and as more people were working from obscured locations or homes, it became difficult to fight this menace. Also victims of cyber fraud could not report incidences because there was no centralized office in the country. And even when a victim report an incident to the Ghana Police Criminal Investigate Division CID, because of lack of know-how, it becomes difficult for the CID to apprehend the suspect. So the Electronic Transaction Act (2008) was enacted to provide law enforcement to combat cybercrimes but the Act could not fully address all facet of cyber security which made prosecuting perpetrators challenging. As government and other agencies in an attempt formulating cyber security policies, a new business transactions was introduced by the mobile telecoms in 2009 called Mobile Money. Mobile Money allows the receiving, sending and spending money on mobile phone. As the patronage of mobile money

was increasing, mobile money fraudsters also increases. It became a challenge for law enforcement to trace these criminals because mobile SIM cards were not initially registered properly. Also, mobile prank calls was on the rise which was become a security threat to the country. For example, in 2010 a prank call of earthquake causes thousands of people to sleep outside of fear of building collapsing.

### **How Education can help Ghana strength it cyber space against cybercrimes**

In an era where criminals, terrorists are using online to easily attack individuals and nations rather than physically threatening them, cybersecurity has become the most important challenges for every country. For the past decade, Ghana is trying the build its physical IT infrastructure (software and hardware to oppose cyber-attacks or crimes. However, the country have overlooked education as the fundamental pillar on which all other branches of cybersecurity will depend on. We all know that education is the bed rock of every successful innovation or country. I believe that if Ghana start investing in her education anent cyber security or computer and network security programs from the basic educational level to tertiary level, building research laboratories, Ghana would see a swift change in her cybersecurity and economy. Not alone but Ghana will become a power house of cybersecurity experts in the sub-Sahara region and world as a whole. The following suggestion can help Ghana build a forfeited cybersecurity sector through education:

1. With the Free Compulsory Basic Education System implemented over the past decades, enrollment of children from the age of 4 to 16 has improved significantly. In April 2015, The Guardian Newspaper reported almost 90% of Ghanaian children are in school compared to 64% in Nigeria and 72% in Pakistan. The literacy rate in Ghana reached of 74.7% of her population in 2015 where people of age from 15 and above can read and write. I believe this high indices is a fertile ground for Ghana to start educating her next generating about cybersecurity. Basic knowledge of Cybersecurity program can be added to ICT syllabus in Primary and Junior High Schools. This can improve both teachers and students awareness of viruses, malwares, cyber fraudsters and more others. The proliferation of cyber fraud victims will reduce since citizens will know the best practices once they are online or doing transaction online.

2. Ghana can design specialized cybersecurity program as part of her Seniors High School Educational System, where students interested in practicing cybersecurity in the future can enroll. Students will have profound knowledge in cybersecurity before they enter into any tertiary institution or

university. With this era of globalization, Ghana can learn from other countries like USA where some high school like Harford Technical High School have started teaching high school students about cybersecurity.

3. Government can also incorporate cybersecurity boot camp challenge competitions into the National Cybersecurity Awareness month. Such competitive can help youth and students work together, learn from each other and an impetus for them to come out with new innovations and ideas of cybersecurity. Also to help create better awareness among the general public of cybersecurity, the National Cybersecurity Awareness month should be done three or four times a year. Moreover, the monthly awareness program should include people in the rural areas because most often these people are victims of mobile money frauds.

4. Ghana has many public and private universities and some of these universities are renowned in the Africa continent and the world. But none of these universities offer a four year specialized programs in cybersecurity. Ministry of Education need to start resourcing some of these universities with experience lectures and high tech lab to teach cybersecurity. This program will help reduce the deficit of cybersecurity expert and produces more qualified workforce.

5. In an age, where individuals, businesses and governments manage more and more of their daily activities digitally, and cyber security experts are in storage as report by Security Magazine. More also, there is an estimated report that by 2021 there will be 3.5 million job vacant in information security worldwide. With these global job vacancies, Ghana can mitigate her graduate unemployment rate by implementing the best education policies in training more graduates in information security. As Ghana train more information security experts, Ghana can export some these qualified graduates overseas and earns a huge revenue in return to help to development on some basic amenities.

## **Conclusion**

Cybercrimes are here to stay as the IT world in moving into the next sphere of Internet of Things. Attackers will keep evolving with innovative ways because of enormous weakness they can exploit from.

But the good news is that, cybersecurity is also here to defend and make our lives better. Cybersecurity works better when people or citizens awareness of internet security become part of their daily activities. It is my hope that Ghana can inculcate the spirit of cyber mindfulness in her educational system so that students will take a course of cybersecurity from basic to tertiary level. As many people are trained and cognizant about cybersecurity,



cybercrimes in Ghana like Sakawa and mobile money fraud will be mitigated drastically.

*This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 16-29-04388).*

### **References**

- [1] The World Bank. Population, total. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?end=2017&locations=GH&start=1960&view=chart>
- [2] Telecommunications in Ghana // Wikipedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunications\\_in\\_Ghana](https://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunications_in_Ghana)
- [3] Ministry of Communications, Ghana Integrated ICT for Accelerated Development (ICT4AD) Policy. URL: <https://www.moc.gov.gh/sites/default/files/downloads/Ghana-ICTAD%20Policy-Master-final-2.pdf>
- [4] Ghana Internet Usage Stats and Market Reports // Internet World Stats. URL: <https://www.internetworldstats.com/af/gh.htm>
- [5] USA Internet Usage and Broadband Usage Report // Internet World Stats. URL: <https://www.internetworldstats.com/am/us.htm>
- [6] Almost 90% of Ghana's Children are now in school // The Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/education/2015/apr/07/ghana-global-education-campaign-young-ambassadors-visit-ghanaian-school>
- [7] The world FactBook // Central Intelligence Agency. URL: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2103.html>
- [8] Cybersecurity Jobs Report 2018–2021 // CyberSecurity Ventures. URL: <https://cybersecurityventures.com/jobs/>
- [9] Rumyantseva T.B., Solinthon Ph., Syryamkin V.I., Vaganova E.V., Zinov V.G. Technology management. Part 2: Strategic management of intellectual property / ed. by V.I. Syryamkin. Tomsk, 2016.

## **RESEARCH METHOD DETECTION HUMAN FACE IN VIDEO STREAMS**

*Nguyen The Cuong<sup>1,2</sup>, V.I. Syryamkin<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> National Research Tomsk State University

<sup>2</sup> Vietnam Maritime University

*cuongtit@vamaru.edu.vn*

*Human face recognition is a field of study in the field of computer vision. Face recognition methods are now divided into different directions according to different criteria. Research article on face detection techniques in video streams, using the OpenCV library.*

*Keyword: face detection, face recognize, feature based, feature extraction.*

The face recognition has a rich data source and requires less controlled interaction and can be found in real life as well as data on the net. Its method is also divided into several directions: Identification with input data is a 2D still image (is most popular), but the future will probably be 3D FR (because, if layout of many 2D cameras will give the data in kind of 3D and deliver better, more reliable results) can also be divided into two directions: to do with image data and to do with video data. In reality, people divide the face recognition methods into three categories: global approaches, such as Eigenfaces-PCA [1], Fisherfaces-LDA [2]), based on local feature based (LBP, Gabor wavelets [3]) and hybrids (a combination of two global and local features). Local-based methodologies have been proven to be superior in working under uncontrolled data conditions. It can be said that the development history of human face recognition is the development of selective extraction methods used in image feature extraction systems. Specific applications of face recognition are based on two identification models: identification (1-N problem), and verification (problem 1-1). In the identification problem, we need to determine the identity of the test image, but in the verification problem, we need to determine whether the two images belong to the same person.

To build a face recognition system, it is not easy. The first step is "face detection" - it means detecting the image in the input (image database, video ...) and cut the face to perform the identification. The second step is "image preprocessing" including image alignment and normalization (here we referring to straight-line images). The third step is "character selection". In this step, a method of extracting certain characteristics (LBP, Gabor wavelets, [4] ...) will be used with the facial image to extract image specific information. As a result, each image is represented as a feature vector; the next step is the identification or classification step, Identification or label of the image - that is the image of the one. At the classification step, usually the method k-nearest neighbor (k-NN) [5] will be used, in practice the use of Support Vector Machine [6]) does not bring worse results.

Data for a face recognition system is divided into 3 volumes: training set, reference set, and set for identification. In many systems, the training file is identical to the reference file. The training set consists of images used for training, usually used to generate a projection subspace as a matrix and the commonly used method is Principal Component Analysis (PCA) [7], Whitened PCA (WPCA), Linear Discriminant Analysis (LDA) [8], Kernel PCA (KPCA) [9]. The reference set includes known images that are projected onto the subtree at the training step. Training steps aim for two purposes: to reduce the dimension reduction of feature vectors because these vectors usu-

ally have large lengths (several thousand to several hundred thousand). very long. The second is to increase the discriminative between the different images class, in addition can reduce the distinction between images belong to a class (according to the method, the purse LDA, also known as Fisher Linear Discriminant Analysis, is a method of working with training sets where each object has multiple faces at different conditions. After making a reference reference to a subspace, the system saves the result as a matrix with each column of the matrix a vector corresponding to the image (known identifier) to perform the identification (or subclass). Identification is done with a set of probe images, after preprocessing, each image will be applied to the extracted feature (such as training and reference images) and projected into subspace. Next, the classifier will be based on the k-NN method. The identifier of an image that needs to be determined will be assigned the identifier of the image closest to it. Note that each image is a vector so it is possible to use the concept of distance function between two vectors to measure the difference between the images.

Once the image area is detected, you can use it to identify faces with the next image. However, if you were trying to simply perform face recognition directly on a normal photo, you would probably get less than 10% accuracy! It is extremely important to apply various image processing techniques before processing to standardize the images that you provide for a facial recognition system. Most facial recognition algorithms are extremely sensitive to light conditions, so if it is trained to recognize a person when they are in a dark room, then perhaps it wont recognize them in the a light room, etc. This problem is called "dependency lamination", and also many other problems, such as face should also be in a very suitable position in the image (such as eye is in the same pixel coordinates), suitable size, rotation angle, hair and makeup, emotions (smiling, angry, etc.), position of the lamp (left or top, etc.). This is why it is very important to use an image filter for processing before applying face recognition. You should also do things like remove the pixels around the face that are not being used, such as with an elliptical mask to show only the inner face area, not the hair and wallpaper, since they change a lot compared to no face. For simplicity, my face recognition system will show you that Eigenfaces uses grayscale images. So I will show you how to easily convert gray images, and then easily apply Histogram Equalization is a very simple method of automatic Standardize the brightness and contrast of your face mirror image. For better results, you can use face recognition colors (ideally with color chart accessories in HSV or a color space instead of RGB), or apply a variety of processing stages such as increased edge enhancement, bor-

der detection, motion detection, ... In addition, this code is resizing the image to a standard size, but this can change the aspect ratio of the face.

The pre-treatment steps are as follows:

- s1. If a color image is converted to a gray image;
- s2. Resizing an image is a suitable size, even if the scale changes.
- s3. Create fixed size images;

The OpenCV library makes it quite easy to detect a face in front of an image using the Haar Cascade Face Detector [10] (also known as the Viola-Jones method). The function "cvHaarDetectObjects" in OpenCV performs real face detection, but the function is a bit tedious to use directly, so it is easiest to use this function: *Haarcascade\_frontalface\_default.xml*; *Haarcascade\_frontalface\_alt.xml*; *Haarcascade\_frontalface\_alt2.xml*; *Haarcascade\_frontalface\_alt\_tree.xml*.

The article shows the techniques that need to be performed to detect the face. When moving, faces can be varied in size or rotated in different directions. The next step is to make sure that the face can be corrected when not in the vertical direction (can be turned left, right, face up, bent down) and the person moving with fast speed.

### ***References***

- [1] Christophoros Nikou. Image Analysis PCA and Eigenfaces // University of Ioannina, Department of Computer Science. URL: [http://www.cs.uoi.gr/~cnikou/Courses/Image\\_Analysis/2011-2012/10\\_PCA\\_and\\_Eigenfaces\\_2spp.pdf](http://www.cs.uoi.gr/~cnikou/Courses/Image_Analysis/2011-2012/10_PCA_and_Eigenfaces_2spp.pdf), 2003.
- [2] Cheng-Yuan Zhang, Qiu-Qi Ruan. Face Recognition Using L-Fisherfaces // Journal Of Information Science And Engineering. 2010. Vol. 26. P. 1525–1537. URL: [http://www.iis.sinica.edu.tw/page/jise/2010/201007\\_23.pdf](http://www.iis.sinica.edu.tw/page/jise/2010/201007_23.pdf)
- [3] Van de Weijer J., Schmid C. Coloring Local Feature Extraction // Conference Paper. 2006. Publisher: 0302-9743. DOI: 10.1007/11744047\_26. URL: [https://www.researchgate.net/figure/Overview-of-a-local-feature-based-method-divided-in-a-feature-detection-and-a-feature\\_fig1\\_221304835](https://www.researchgate.net/figure/Overview-of-a-local-feature-based-method-divided-in-a-feature-detection-and-a-feature_fig1_221304835)
- [4] Barina D. Gabor Wavelets in Image Processing. 2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1602.03308>
- [5] Garcia S., Derrac J.; Cano J., Herrera F. Prototype Selection for Nearest Neighbor Classification. Taxonomy and Empirical Study // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2012. Vol. 34.
- [6] Berwick R. An Idiot's guide to Support vector machines (SVMs) // Village Idiot – Massachusetts Institute of Technology, USA. URL: <http://web.mit.edu/6.034/wwwbob/svm-notes-long-08.pdf>
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Principal\\_component\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Principal_component_analysis)
- [8] Tharwat A., Gaber T., Ibrahim A., Ella Hassanien A. Linear discriminant analysis: A detailed tutorial // AI Communications. 2017. Vol. 30 (2). P. 169–190. DOI: 10.3233/AIC-17072

[9] Quan Wang. Kernel Principal Component Analysis and its Applications in Face Recognition and Active Shape Models / Rensselaer Polytechnic Institute. URL: <https://arxiv.org/pdf/1207.3538.pdf>, 2014

[10] [https://docs.opencv.org/3.4.3/d7/d8b/tutorial\\_py\\_face\\_detection.html](https://docs.opencv.org/3.4.3/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html)

## TUNABLE COMPUTING ENVIRONMENT FOR SLAM NAVIGATION

*Nguyen Hoang Thuy Trang<sup>1</sup>, S.V. Shidlovsky<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> National Research Tomsk State University*

*<sup>2</sup> Vietnam Maritime University*

*trangnht@vamaru.edu.vn*

The problem of building high-performance systems is considered, as well as the development of mathematical models of such systems for mobile robotic navigation. We consider the general situation of 3D mapping for SLAM in the modern world, and also show the results of our work.

Nowadays, the simultaneous localization and mapping approach (SLAM) has become one of the most modern technical methods used for mobile robots to create maps in unknown or inaccessible places. Update maps to a specific area while tracking your current location and distance. We built a highly structured system using mathematical models in conjunction with the Octomap environment to navigate a mobile robot.

In robot mapping and navigation, simultaneous localization and mapping (SLAM) is one of the issues that scientists and the world are interested in computation for creating or updating maps. An undefined environment also tracks the location of an internal agent. To overcome and improve positioning in short distances, synchronization and simultaneous integration (SLAM) has made remarkable progress in the development of science and technology.

Some robots applications require a three-dimensional model of the environment. Although 3D maps are an integral part of many robotic systems, there are still a few flaws that are rarely deployed in a system with reliability and efficiency. The absence of such implementations leads to the reproduction of basic software components. Therefore, it can be considered an important point in the study of robots.

In recent years, instead of using small and medium-sized microchips, people have switched to software logic devices, followed by large integrated circuits that are used as computer cores on industrial computers or in programmable logic controllers. Automation of decision-making requires the

use of advanced mathematical techniques and new technology. The growing interest in the functions of the algebra of logic and its computational problems led to the creation of the theory of homogeneous structures. The paper proposes a logical model that can be adapted to a specific class of Boolean formulas. This model allows us to solve the problem of the computing system of Boolean formulas from ordered and unordered iterative classes, as well as the class of Boolean formulas in the order of repetition and Boolean systems with and without arguments.

In this article, we consider the formula in the basis of {AND, OR, NOT}. First, we consider the fully qualified BFU  $n$  variables defined on the  $2^n$  input sets. The main metric of a BFU is the number of variables  $n$ . In principle, the boolean formula is divided into two groups, non-repeat and repeated. The classification of non-repeat BF reduction in Fig. 1.

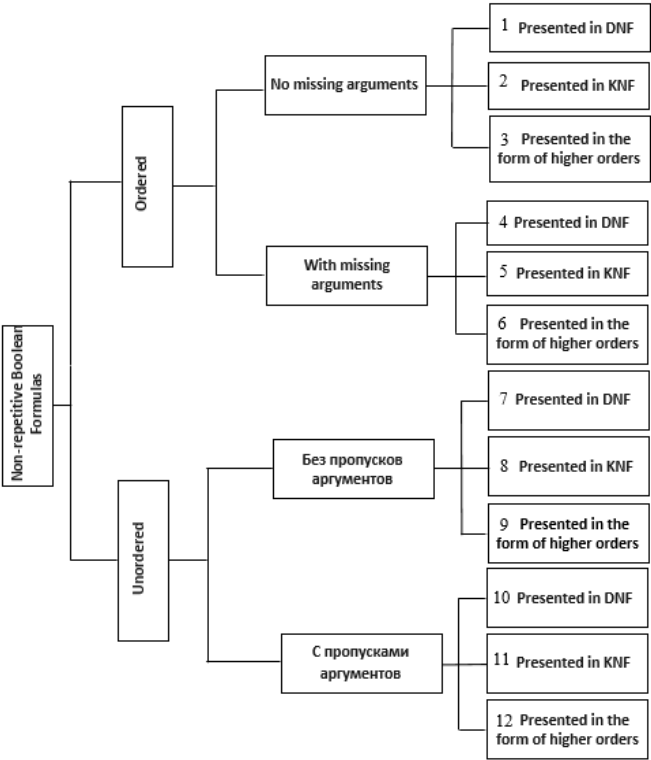


Fig. 1. Classification of non-repetitive Boolean formulas

In accordance with the above classification (see Fig. 1), the set of Boolean formulas splits into pairwise disjoint classes — sets of the same type of formulas. Each formula of a particular class can be chosen as a representative of this class. Boolean formulas belonging to one class are realized by physically identical schemes, therefore for each class it is enough to implement only one scheme, the structure of which is described by the formula of a representative of a class. We synthesize such an automaton, which will provide, at a certain setting, the calculation of all the BF groups provided in Fig. 1, while the input arguments are not the same.

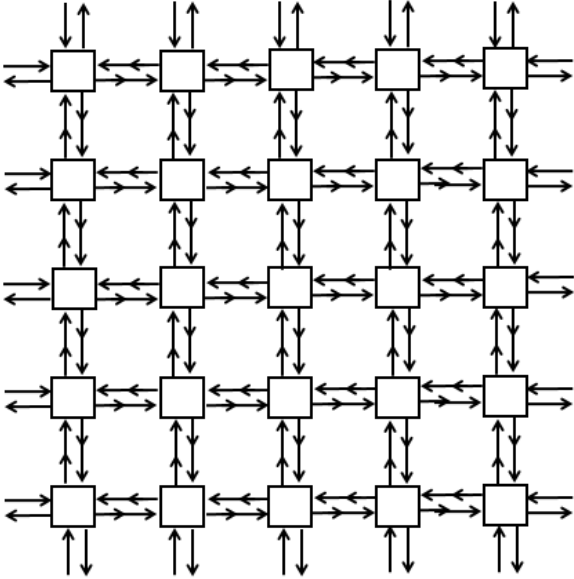


Fig. 2. Environment after adjusting for Octree

We will rebuild in Octomap environment. The octree for the window is an elementary computation. Therefore, I built this formula:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 = x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_4 \vee x_5; \\ f_2 = x_1; \\ f_3 = x_1; \\ f_4 = x_1 \end{array} \right.$$

as where  $x_1-x_4$  are fed data from a cloud of points. The overall picture (Fig. 2) looks like matrices.

This article used a point cloud to create an octree. The results show that when using uniformly structured models and parallel processing, the results and implementation time of the algorithm are faster at each stage of performing image processing tasks in three dimensions. This is such an environment that allows you to very quickly build a map based on the octree. And SLAM octree has specific features. We directly choose and play specifically to solve this problem. Creating a more computationally competitive computing environment is a good result and a good condition. That is the context to continue to study.

### *References*

- [1] Shashev D.V., Shidlovsky S.V. Morphological processing of binary images using tunable computing environments // *Avtometriya*. 2015. Vol. 51, No. 3. P. 19–26.
- [2] Gonzalez R., Woods R. *Digital Image Processing* : trans. from English M. : Technosphere, 2005, 1072 p.
- [3] Ivanov V.A., Kirichuk V.S. Features of the work of detection algorithms for a fallen person by the sequence of images of the scene // *Avtometriya*. 2011. No. 2. P. 15–25.
- [4] Shapiro L., Stockman J. *Computer vision* : trans. from English M. : Binom. Laboratory of Knowledge, 2006, 752 p.
- [5] Shidlovsky S.V. *Automatic control. Reconfigurable systems* : Proc. allowance. Tomsk : Publishing house Tom. University, 2010, 168 p.
- [6] Shidlovsky S.V. *Automatic control. Tunable structures*. Tomsk : Tomsk State University, 2006. 288 p.
- [7] Kalyaev I.A., Levin I.I., Semernikov E.A., Shmoilov V.I. *Reconfigurable multi-pipeline computing structures*. Rostov n/D : SSC RAS Publishing House, 2008. 393 p.
- [8] Khoroshevsky V.G., Kurnosov M.G., Mamaylenko S.N. *Spatially-distributed multi-cluster computing system: architecture and software* // *Vestnik TSU. Management, computing and computer science*. 2011. № 1 (14). P. 79–84.
- [9] [https://en.wikipedia.org/wiki/Boolean\\_algebra](https://en.wikipedia.org/wiki/Boolean_algebra)
- [10] <https://www.kudan.eu/kudan-news/an-introduction-to-slam/>



## СОДЕРЖАНИЕ

Когнитивные профессиональные роботы с переобучением навыков <i>Брындин Е.Г.</i> .....	3
Ключевые аспекты автономной системы защиты частных территорий на базе БПЛА <i>А.В. Васильев</i> .....	6
Повышение энергетической эффективности автономной станции беспилотного летательного аппарата <i>Гимазов Р.У., Шидловский С.В.</i> .....	7
Позиционирование автономного мобильного робота с использованием системы <i>Гуцал В.А., Шидловский С.В.</i> .....	10
Калибровка рентгеновского 3D микротомографа <i>Клестов С.А.</i> .....	12
Применение рентгеновского микротомографа для диагностики неорганических и органических материалов <i>Клестов С.А., Сыряжкин В.И.</i> .....	15
Проект робота-перевозчика для производства <i>Колотвин Е.А., Фролов О.Ю.</i> .....	18
Алгоритм распознавания в телемедицинской системе <i>Кузнецов Д.Н.</i> .....	22
Построение карт для мобильного робототехнического объекта при помощи визуальной одометрии <i>Кузнецов Д.Н., Сыряжкин В.И.</i> .....	25
Распознавание лиц в потоке <i>Кузнецов Д.Н.</i> .....	28
Трубопроводный робот <i>Сыряжкин В.И., Клестов С.А.</i> .....	31
Моделирование беспилотного летательного аппарата с функцией обнаружения и уклонения от препятствий <i>Таганов А.А., Шидловский С.В.</i> .....	32

Метод Монте-Карло для локализации робота на карте местности <i>Шихман М.В.</i> .....	34
Intelligent Autonomous Systems & Controlling in Mobile Robots <i>Phongtraychack A., Syryamkin V.I.</i> .....	36
Merging Brain Computing Interface (BCI) & Neural Networks for better Authentication & Recognition <i>Ramzan Q., Syryamkin V.I.</i> .....	38
Решение задачи прямой кинематики для антропоморфного механизма с использованием кватернионов <i>Жданов Д.С., Буреев А.Ш., Костелей Я.В., Хохлова Л.А.</i> .....	40
Платформа роботов-футболистов лиги ROBOCUPJUNIOR SOCCER OPEN <i>Желонкин В.В., Крикун А.А., Стрюк О.В., Шандаров Е.С.</i> .....	44
Система автоматического наведения спутниковых антенн на геостационарные спутники <i>Кодоров А.Е., Польшцев Е.С., Шандаров Е.С.</i> .....	47
Платформа роботов для участия в соревнованиях ROBOCUP, лиге JUNIOR RESCUE MAZE <i>Михайленко А.В., Плаксин Д.А.</i> .....	50
Детская развивающая игра на платформе автономного робота NAO <i>Павлова А.А., Тертишная О.В., Шандаров Е.С.</i> .....	52
Создание прототипа автономного мобильного комплекса с синхронизацией на базе платформ INTEC MILESTONE и ARDUINO <i>Плаксин Д.А., Климов А.А., Кодоров А.Е., Шабалин И.Д., Шандаров Е.С.</i> .....	54
Алгоритм поиска мяча для антропоморфного робота футболиста <i>Польшцев Е.С., Климов А.А., Шандаров Е.С.</i> .....	56
Управление макетом мобильной робототехнической платформы посредством библиотеки «ORB_SLAM2» <i>Пугачев П.Е., Шандаров Е.С.</i> .....	60

Социогуманитарные аспекты подготовки профессионалов технического профиля <i>Сьярмякина Е.Г., Румянцева Т.Б., Ливенцова Е.Ю.</i> .....	62
Антропоморфный робот-футболист для младшей лиги на платформе ROBOTIS BIOLOID <i>Шабалин И.Д., Согомоянц А.А., Проказина И.Ю., Польшцев Е.С., Шандаров Е.С.</i> .....	68
Методические вопросы организации виртуального лабораторного практикума <i>Якупова О.В., Кузнецов Д.Н.</i> .....	70
A Review of Commercially Available Artificial Neural Network Frameworks <i>Uvarov N.A., Syryamkin V.I.</i> .....	73
Gesture Based Terrain Mapping System-Overview <i>Mondal M., Syryamkin V.I.</i> .....	76
Possibilities for Applied Joint Speech Processing and Computer Vision Systems <i>Solis Romeu E., Syryamkin V.I.</i> .....	80
How Education can Help Ghana Fight Cy-Berccrimes <i>Oduro M., Syryamkin V.I.</i> .....	86
Research Method Detection Human Face in Video Streams <i>Nguyen The Cuong, Syryamkin V.I.</i> .....	89
Tunable Computing Environment for Slam Navigation <i>Nguyen Hoang Thuy Trang, Shidlovsky S.V.</i> .....	93

*Научное издание*

**III Международная конференция  
«Когнитивная Робототехника»  
в рамках Международного форума  
«Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции»**

Сборник тезисов конференции

Редактор В.И. Сырякин  
Компьютерная верстка Е.Г. Шумской  
Дизайн обложки Л.Д. Кривцовой

Подписано к печати 14.12.2018 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.  
Усл. печ. л. 5,8. Тираж 24 экз. Заказ № 3471.

Отпечатано на оборудовании  
Издательского Дома  
Томского государственного университета  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36  
Тел. 8+(382-2)–52-98-49  
Сайт: <http://publish.tsu.ru>  
E-mail: [rio.tsu@mail.ru](mailto:rio.tsu@mail.ru)

ISBN 978-5-94621-776-7

