

АННОТАЦИЯ

Диссертационной работы Бурибаева Жолдаса Алладиновича на тему «Разработка эффективных параллельных алгоритмов машинного обучения для системы ориентации робота в пространстве», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D075100 - Информатика, вычислительная техника и управление»

Актуальность работы. Современное развитие робототехники тесно связано с искусственным интеллектом (ИИ). Если роботы ранее использовались в основном с целью замены человеческого труда в трудных участках или по производительными исполнителями по скорости на заводах, то с началом новой эры роботов, взгляды на разработки сменились развитием и дополнением роботов к человеческому труду и творческому подходу. Основными проблемами по внедрению ИИ являлись ограниченность вычислительных ресурсов, а также малоизученность подходов, решений, методов и алгоритмов искусственного интеллекта, позволяющие повысить функциональную интеллектуальность робота по принятию решению. Современные технологии при своих сегодняшних возможностях уже позволяют проводить вычисления подобного рода, и теперь задача состоит в решении второй проблемы – внедрения.

Функциональное определение для робота можно привести как определение STA – SENSE/THINK/ACT:

SENSE – восприятие окружающего мира;

THINK – понимание окружающего физического мира и способность строить модели поведения, для выполнения предназначенных действий;

ACT – воздействие на физический мир действиями;

и отсутствие как минимум одного из данных функционалов, списывает устройство со списков робота.

Внедрение роботов для частичной или полной автоматизации предприятий, множеств секторов разных отраслей является актуальной проблемой на сегодняшний день. По исследованиям ученых и аналитиков по международной торговле и экономистов агросектор для Казахстана является перспективным сектором промышленности для развития и внедрения роботов с искусственным интеллектом.

Критическим аспектом успешных сельскохозяйственных роботов является их способность обрабатывать сенсорную информацию и, в частности, их способность анализировать и интерпретировать визуальный ввод. Действительно, путем установления связи между визуальными данными и надлежащим принятием решения машинные алгоритмы могут облегчить многочисленные операции. Однако, проблемы, связанные с машинным зрением, встречающиеся в сельскохозяйственной среде очень много: объекты различных цветов, форм, размеров, текстур и отражательных свойств; постоянно меняющееся освещение и теневые условия; тяжелые окклюзии;

являются лишь частью проблем, с которыми машинное зрение должно столкнуться.

Одной из важных проблем ориентации роботов в пространстве является минимизация ошибок восприятия окружающей среды, максимизация функционалов распознавания объектов окружающей среды в математическом плане можно решить с помощью метаэвристических методов, позволяющие расширить функциональные возможности робототехнических систем с искусственными интеллектами. Рост опубликованных работ по метаэвристическим подходам, основанных на локальном поиске с чередующимися окрестностями за последние годы постоянно растут. Например, по данным ScienceDirect (www.sciencedirect.com), можно заметить, что если 2003 г. число публикуемых каждый год работ не превышало 100 единиц, то 2019 году их количество стало более 2000 публикаций, и предполагается, что далее она будет только расти. Основные исследования в данной области принадлежат зарубежным ученым. Исследования показывают, что внедрение искусственного интеллекта будет способствовать дальнейшему развитию автоматизации агропромышленного сектора. Статистика по опубликованным статьям за период с 2017 по 2021 год в базе данных Scopus (www.scopus.com) с ключевыми словами “agrorobots” или “agro”, показывает тенденцию роста на данную тему, так как всего за 5 лет было опубликовано 161595 документов, в то время как по ключевым словам “computervision” или “vision” или “robotics” или “robots” было опубликовано 1 399 552 документов. Исходя из того, что с каждым годом количество опубликованных статей увеличиваются, можно сделать вывод что уровень изучения данной темы актуальна по сей день.

В то время, как машинное зрение в системах агропромышленных роботов еще не достигло полного потенциала, многие приложения уже разработаны для различных задач по обслуживанию садов и теплиц. Только в начале 2017 года около одной пятой всего салата, выращиваемого в США, было истончено с помощью LettuceBot. Данную разработку в США внедряют несколько объединенных производителей агротехнологий во главе разработчика Джордж Херауд (Jorge Heraud), который и сам открыл компанию Blue River Technology. Это лишь один пример внедрения готовой продукции робототехники в агропромышленность.

Почти 90% оборудования, используемого в настоящее время в Казахстане, находится в конце своего жизненного цикла и нуждается в замене. Тракторы, используемые более 10 лет, составляют 94% всего парка, а уборочные комбайны в аналогичном состоянии составляют 77%. По состоянию на 1 января 2019 года сельхозпроизводители имеют 147 000 тракторов, 79 400 сеялок и 249 000 единиц для обработки почвы на предстоящий сезон посадки. Естественно, со стороны государства принимаются соответствующие решения по обновлению техники и оборудования. Так, импорт сельскохозяйственного оборудования в Казахстане субсидируется в размере 25% от стоимости, при этом финансовый лизинг предоставляется под ставку в 10%. Уровень обновления техники за последние

5 лет колебался от 3 до 4,9%, но этот показатель должен достигать 6–8% ежегодно. Учитывая приведенные цифры, становится ясным, что обновление парка машин либо введение новых технологий, позволяющих более разумное и экономичное использование расходных материалов, стоит в приоритете.

Внедрение в АПК разрабатываемых образцов агро-робота, оснащенного интеллектуальной системой компьютерного зрения, выполняющего сборку позволит обеспечить условия для быстрого и правильного сбора урожая томатов, обеспечит высокую производительность труда, даст возможность мониторингу и выявлению каких-либо изменений в процессе роста растений за счет поэтапного и хронологического самообучения, все это конечным итогом должно отразиться на новом уровне развития агропромышленной структуры страны в целом.

Полученные результаты дают стимул развивать науку и технику, как в научно образовательных целях, так и на уровне модернизации крупных и средних предприятий.

В Казахстане данное направление исследований находится на начальной стадии развития, нет отечественных образцов агро-роботов, выполняющих сборку томатов с применением компьютерного зрения и машинного обучения.

Существующие аналоги данной разработки зарубежных производителей: BoniRob от компании Deepfield Robotics (Германия), ecoRobotics, Ecorobotics, Швейцария; FarmWise, FarmWise, США; HortiBot, Дания; Ladybird, Сиднейский университет, Австралия; Naïo Technologies, Франция; Oz, Naïo Technologies; RoboTrac, Hannes Zeeberg.

Томат – это продукт, пользующийся большим спросом во всем мире, и его потребление постепенно увеличивается с каждым годом. Уборка томатов вручную трудоемка, требует много времени и неэффективна. Кроме того, помидор очень мягкий и склонен к появлению синяков, что затрудняет сбор урожая и процесс захвата. Таким образом, роботизация уборки томатов может стать одним из наиболее эффективных решений для устранения упомянутых выше проблем. Это исследование предлагает один из подходов к роботизации уборки томатов.

В данной работе мы исследуем обработку визуальных данных, поступающих из стереокамер робота, так как использование камер в качестве распознавания окружающей среды, машинное зрение являются самыми широкоиспользуемыми, а также дающими большее количество данных в информационном потоке методами.

Уровень изучения проблемы. Применение методов машинного обучения на основе нейронных сетей в робототехнике имеет очевидное преимущество по вопросам точности распознавания объектов и ориентации в пространстве роботов перед простыми алгоритмами, ориентированные на показания датчиков, но эти вопросы все еще формулируются для поиска оптимальных путей реализации и их внедрения. Последние труды ведущих специалистов в данной области подтверждают, что сегодняшние вычислительные ресурсы позволяют подобные изучения, однако мы не можем утверждать что тот или иной алгоритм всегда применим к одной и той же

задаче, то есть множество решений являются эвристическими и не имеют однозначного решения.

Принимая во внимание данные условия мы делаем вывод, что изучение в данной области остается открытым.

Цель диссертационной работы. Разработка эффективной модели и технологий распознавания образов, компьютерного зрения и машинного обучения предназначенного для выполнения распознавания и сборки томатов.

Задачи исследования:

- Выполнить сравнительный анализ методов машинного обучения классификации объектов(томатов) с оценкой качества на основе вычислительного эксперимента;
- Разработать модифицированную архитектуру для сверточной нейронной сети с оценкой качества распознавания изображений;
- Разработать параллельный алгоритм для процессов обработки изображений с вычислением трехмерных координат объектов;
- Адаптировать разработанную систему, позволяющей определить локализацию в пространстве исследуемого объекта с целью внедрения в агробот, предназначенного для сборки томатов.

Объектом исследования являются робототехнический комплекс с компьютерным зрением и теплица выращивания томатов.

Методы и предметы исследования – нейронные сети, алгоритмы распознавания объектов в режиме реального времени, компьютерное зрение, теория искусственных нейронных сетей, технология разработки программного обеспечения.

Научная новизна. На основе архитектуры сверточных нейронных сетей была разработана новая модифицированная архитектура нейронной сети, с параллельной обработкой процессов распознавания томатов, позволяющая увеличить скорость обработки в два раза и улучшить точность на 3 %.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость полученных результатов заключается в модифицировании существующей архитектуры нейронной сети для распознавания объектов и разработки параллельного алгоритма для обработки графической информации. Практическая ценность полученных результатов заключается в разработке программы распознавания томатов и вычисления их трехмерных координат для работа сборщика на основе положений, вынесенных на защиту

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на международных и зарубежных научных конференциях, научных семинарах:

– 5th International Conference on Mechanics and Mechatronics Research (Токуо, 2018);

– III Международная научно-практическая конференция «Информатика и прикладная математика» посвященная 80-летию юбилею профессора Бияшева Р.Г. и 70-летию профессора Айдарханова М.Б. (Алматы, 2018);

– IV международная научно-практическая конференция «Информатика и прикладная математика», посвященная 70-летию юбилею профессоров Биярова Т.Н., Вальдемара Вуйчика и 60-летию профессора Амиргалиева Е.Н. (Алматы, 2020);

– 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (Нур-Султан, 2021.г);

– Научном семинаре лаборатории искусственного интеллекта и робототехники Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК;

– Научном семинаре кафедры информатики факультета информационных технологий КазНУ имени аль-Фараби.

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 12 работах. Из них 4 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 4 статей в международных научных изданиях, входящих в базу данных Web of science и Scopus, 4 работы в материалах международных и республиканских конференций, 1 авторское свидетельство по результатам практического внедрения диссертационных исследований.

Связь темы с планами-исследовательскими программами. Предоставленные результаты получены при выполнении следующих проектов ИИВТ КН МОН РК (источник финансирования Комитет науки МОН РК):

– грантового финансирования (ГФ) КН МОН РК AP05132648 “Создание вербально-интерактивных роботов на основе современных речевых и мобильных технологий” в 2018-2020 годы;

– грантового финансирования (ГФ) КН МОН РК AP08857573 “Разработка интеллектуальных информационных технологий на основе машинного зрения и распознавания образов с построением мобильного робота по обслуживанию сельхоз угодий” в 2020-2022 годы;

Основные положения, выводимые на защиту. Предложенная система компьютерного зрения, реализованная на основе параллельной обработки изображений и усовершенствованной архитектуры со сверточной нейронной сетью с представлением трехмерных координат исследуемого объекта показал в результате вычислительных экспериментов высокую эффективность по скорости обработки изображений (количество кадров) и точности по сравнению первоначальной архитектурой нейронной сети по распознаванию объектов (томаты).

Личный вклад исследователя. Личный вклад исследователя заключается в обзоре и оценке результативности методов и технологий машинного зрения, модификации архитектуры сверточной нейронной сети, разработке параллельного алгоритма обработки изображений, в оснащении многозвенного робота машинным зрением, а также проведении вычислительных экспериментов.

Структура и объем диссертации. Общий объем диссертационной работы – 99 страниц. Работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованной литературы и 3 приложений.