

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

УДК 004.75:004.41:004.93

ЖДАНЕНЯ
Олег Алексеевич

**РАСПРЕДЕЛЁННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕ-
НИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛЮДЕЙ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра

по специальности 1-40 80 01 Компьютерная инженерия

Научный руководитель
Шемаров Александр Иванович
к.т.н., доцент кафедры ЭВС

Минск, 2023

Работа выполнена на кафедре электронных вычислительных средств учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники”

Научный руководитель: **ШЕМАРОВ Александр Иванович**,
кандидат технических наук, доцент кафедры электронных вычислительных средств учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники”

Рецензент: **СТРОГОВА Александра Сергеевна**,
заместитель начальника главного управления науки, начальник отдела организации и сопровождения инновационной деятельности учреждения образования “Белорусский государственный университет”

Защита диссертации состоится 27 апреля 2023 года в 12:00 часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники” по адресу 220013, Минск, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, ауд 311б, тел. 293-89-46, E-mail: kafevs@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники”.

ВВЕДЕНИЕ

Отслеживание объектов на видеопотоках является актуальной задачей, решаемой системами компьютерного зрения. Такие системы имеют множество применений: системы умного города, маркетинговые системы, системы безопасности, системы анализа дорожного движения. Применение системы для отслеживания объектов требует наличия быстрых и эффективных алгоритмов для уменьшения технических требований к аппаратному обеспечению систем и повышающих точность результатов их работы. Благодаря росту производительности аппаратного обеспечения и появлению наборов данных большого объёма с различными изображениями, алгоритмы компьютерного зрения постоянно улучшаются и становятся более эффективными и точными. Области применения алгоритмов отслеживания объектов на изображении разнообразны: автоматизация оказания медицинской помощи, автоматизация розничной торговли, автоматизированные охранные системы, идентификация личности, виртуальные помощники и многое другое.

Задача отслеживания объектов часто разбивается на две отдельные задачи: обнаружение объектов и построение путей. Обнаружение объектов является самостоятельной задачей в компьютерном зрении, развитие возможностей решения которой, безусловно, влечёт за собой и развитие возможностей решений предназначенных для отслеживания объектов. За счёт повышения качества обнаружения объектов, повышается качество отслеживания этих объектов. Построение путей отслеживаемых объектов заключается в сопоставлении объектов на последовательных кадрах и определения траектории их перемещения.

Традиционно алгоритмы компьютерного зрения рассматриваются как единый процесс. При решении практических задач, такой подход не всегда позволяет достичь приемлемых результатов. Технологии постоянно развиваются и внедряются в различные аспекты жизни человека. Это зачастую обуславливает рост данных, которые необходимо обрабатывать. В частности, для систем компьютерного зрения использующихся в видеонаблюдении обыденным требованием стала обработка нескольких видеопотоков одновременно и в режиме реального времени. Реализации алгоритмов в виде единого процесса не могут обеспечить выполнение таких требований. В связи с этим, интерес вызывают распределённые вычислительные системы компьютерного зрения. В таком варианте реализации систем можно выделить два подхода к созданию алгоритмов: алгоритмы, которые остаются единым целым, и, второй путь, адаптация алгоритмов для использования распределённых вычислений.

В первом подходе, когда алгоритмы остаются единым целым, они выполняются на разных устройствах и обрабатывают разные потоки данных. Это наиболее частый подход к созданию систем компьютерного зрения. Он чаще всего реализуется на основе облачных вычислений или граничных вычислений.

Другим вариантом является адаптация имеющихся алгоритмов под распределённые вычисления. Такой подход представляет собой разделение

алгоритма на несколько частей, которые выполняются на разных вычислительных узлах. Этот подход имеет свои сложности, так как не все алгоритмы позволяют использовать их таким образом. При этом адаптация алгоритма окажется довольно сложной, а может и невозможной, задачей. Однако такой подход вызывает интерес, так как позволяет уменьшить требования к аппаратному обеспечению системы, сохранив эффективность конкретных методов для реализации систем компьютерного зрения.

Все вышеизложенное определило направление диссертационной работы, в рамках которой рассматриваются методы и алгоритмы отслеживания объектов на видеопотоке, распределённые вычислительные системы компьютерного зрения и адаптация алгоритма для распределённой вычислительной системы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Актуальность темы исследования

Отслеживание объектов важная задача компьютерного зрения. Оно стало неотъемлемой частью многих систем, использующих методы компьютерного зрения, для обработки видеопотоков с камер. Данное направление компьютерного зрения непрерывно развивается, и новые методы появляются с каждым годом. Вместе с их развитием повышается и требование к аппаратному обеспечению, так как методы становятся не только более эффективными, но и более процессорноёмкими, для их реализации требуется большее количество вычислений. Для сохранения скорости обработки, в этом случае необходимо использовать новое и дорогостоящее оборудование.

Распределённые вычисления в компьютерном зрении стали необходимостью, так как зачастую в системах реального времени приходится работать с несколькими источниками данных одновременно. В связи с этим распространение получили решения, в которых каждый вычислительный узел работает с одним потоком данных. В этом подходе алгоритмы компьютерного зрения рассматриваются как единое целое.

Существует другой подход к распределённым вычислениям в компьютерном зрении. Он заключается в адаптации алгоритмов таким образом, чтобы части алгоритмов распределялись по разным вычислительным узлам распределённой вычислительной системы.

Таким образом, исследование методов и алгоритмов отслеживания объектов в реальном времени, а также их применение в распределённых вычислительных системах компьютерного зрения является актуальным.

Степень разработанности проблемы

Распределённые вычисления в системах компьютерного зрения получили большое распространение и стали неотъемлемой частью таких систем. Существует несколько подходов к реализации распределённых вычислительных систем компьютерного зрения. Однако зачастую в них алгоритмы компьютерного зрения продолжают рассматриваться как единый процесс и

занимают отдельные вычислительные узлы. Адаптация алгоритмов для распределённых вычислительных систем компьютерного зрения не получила широкого распространения, несмотря на исследования в данном направлении. Адаптация под распределённые вычислительные системы может быть применена не ко всем алгоритмам компьютерного зрения. Тем не менее, этот подход хоть и имеет сложности, но способен уменьшить требования к аппаратному обеспечению систем, тем самым удешевить реализацию распределённой вычислительной системы компьютерного зрения, при этом, не потеряв эффективности работы самого алгоритма.

Цель

Целью диссертации является исследование методов и алгоритмов отслеживания объектов на видеопотоках, исследование возможности адаптации алгоритма отслеживания людей для распределённой вычислительной системы.

Задачи

1. Провести анализ методов и алгоритмов отслеживания объектов в реальном времени, отобрать метод для дальнейшей работы.
2. Адаптировать алгоритм отслеживания людей для распределённой вычислительной системы.
3. Продемонстрировать возможность практического применения распределённой вычислительной системы для отслеживания объектов.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-40 80 01-2019 специальности 1-40 80 01 Компьютерная инженерия (профилизация «Встраиваемые системы»).

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы ученых в области компьютерного зрения, машинного и глубокого обучения, нейронных сетей.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, исследований учёных, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в доказательстве целесообразности адаптации алгоритмов отслеживания объектов под распределённые вычисления.

Теоретическая значимость работы заключается в анализе существующих методов и алгоритмов отслеживания объектов; методов и алгоритмов компьютерного зрения, адаптированных под распределённые вычисления;

описания принципа работы алгоритма, адаптированного под распределённые вычисления.

Практическая значимость диссертации состоит в успешном применении алгоритма отслеживания объектов, адаптированного под распределённые вычисления.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Результаты анализа методов и алгоритмов отслеживания объектов.
2. Результаты анализа текущего состояния решений компьютерного зрения на распределённых вычислительных системах.
3. Адаптация алгоритма отслеживания людей для распределённой вычислительной системы.
4. Реализации и результаты испытания распределённой вычислительной системы обнаружения и отслеживания перемещения людей.

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 2 печатных работах.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 8 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырёх глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе рассмотрена задача отслеживания объектов, методы отслеживания объектов и их классификация.

Во второй главе описаны и проанализированы некоторые методы отслеживания объектов; описаны метрики для оценки эффективности методов отслеживания объектов; проведено сравнение эффективности методов отслеживания объектов.

В третьей главе рассмотрены принципы построения распределённых вычислительных систем компьютерного зрения; распределённые алгоритмы компьютерного зрения; предложен распределённый алгоритм отслеживания объектов на основе DeepSORT; проведено исследование предложенного метода.

В четвёртой главе представлена распределённая вычислительная система обнаружения и отслеживания перемещения людей; проведено исследование распределённой системы; проведена параметризация системы на основе результатов её исследования и требований к системе.

В приложении представлены публикации автора; справка о внедрении.

Общий объём диссертационной работы составляет 56 страницы. Из них 41 основного текста, 23 иллюстрации на 16 страницах, 4 таблицы на 5 страницах, библиографический список из 37 наименований на 3 страницах, список собственных публикаций из 2 наименований на 1 странице.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрено состояние области отслеживания объектов, подход к формированию методов отслеживания объектов, проблема применения традиционных алгоритмов компьютерного зрения и применение распределённых алгоритмов в задачах компьютерного зрения, а также описано обоснование актуальности темы исследования.

В общей характеристике показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная значимость исследований.

В первой главе рассмотрено описание и постановка задачи отслеживания объектов, классификация методов отслеживания объектов.

Задача отслеживания объектов на видеопотоке заключается в получении траектории перемещения объектов, или же путей. В процессе отслеживания объектов можно выделить следующие этапы: обнаружение объектов, их распознавание и построение траекторий перемещения объектов, путей.

Методы отслеживания объектов можно разделить на:

- методы отслеживания в реальном времени и постобработки;
- методы отслеживания одного объекта и отслеживания нескольких объектов;
- методы отслеживания через обнаружение и отслеживания через сопоставление.

Во второй главе рассмотрены некоторые методы отслеживания объектов; описаны метрики для оценки эффективности методов отслеживания объектов; проведено сравнение эффективности методов отслеживания объектов.

Рассматривались методы отслеживания объектов, способные работать в режиме реального времени и отслеживать несколько объектов. Рассматривались методы DeepSORT, BYTE, SportsTrack, Strong-TransCenter.

Проводилось сравнение эффективности рассмотренных методов с помощью метрик MOTA и ID F1. Метод SportsTrack показал лучшие результаты по всем метрикам.

В третьей главе рассмотрены принципы построения распределённых вычислительных систем компьютерного зрения; распределённые алгоритмы компьютерного зрения; предложен распределённый алгоритм отслеживания объектов на основе DeepSORT; проведено исследование предложенного метода.

В системах компьютерного зрения получили распространения такие подходы как облачные вычисления, кластерные вычисления, граничные вычисления и гибридные вычисления.

Распределённые алгоритмы компьютерного зрения можно разделить на три вида: распределённые алгоритмы, которые нашли применение в задачах компьютерного зрения; распределённые алгоритмы компьютерного зрения;

традиционные алгоритмы компьютерного зрения, которые адаптированы под распределённые вычисления.

Метод отслеживания объектов DeepSORT состоит из двух частей: детектора и трекера. На рисунке 1 представлена схема традиционного варианта реализации метода в распределённой вычислительной системе. В таком варианте детектор и трекер используются вместе на одном вычислительном узле.

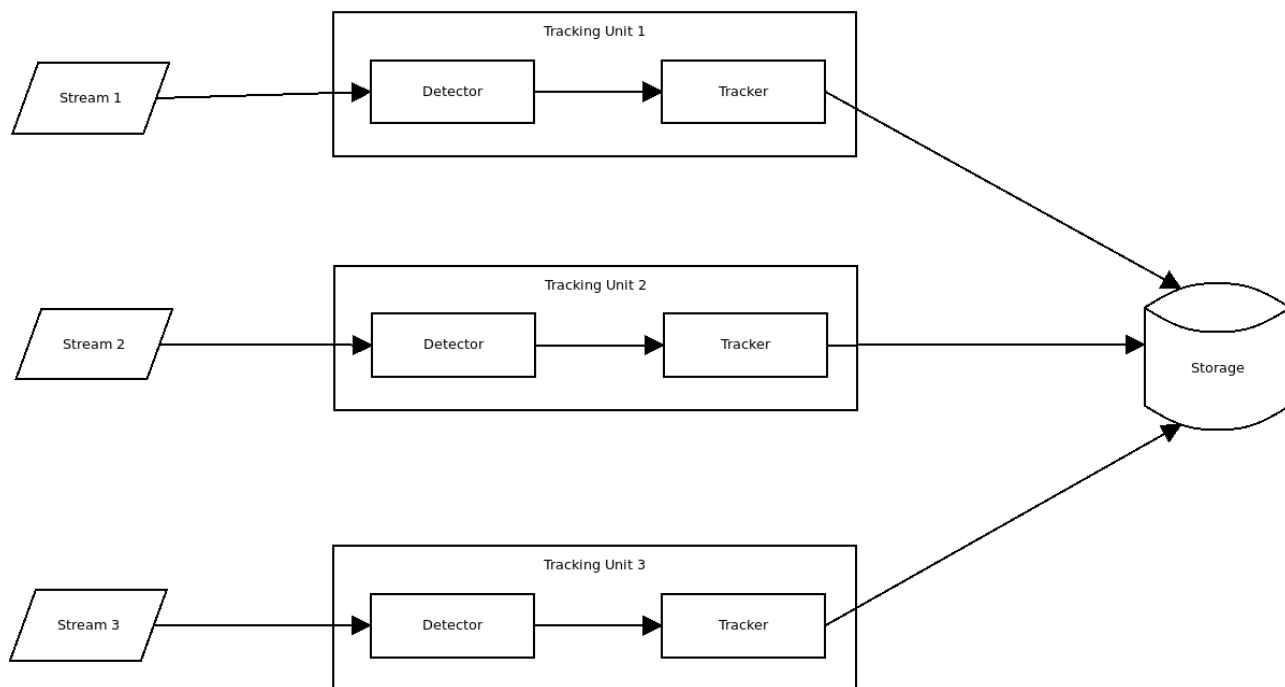


Рисунок 1 – Схема традиционной реализации метода в РВС

Предлагается его адаптация для распределённых вычислений путём разделения детектора и трекера на разные вычислительные узлы. Схема адаптированного метода представлена на рисунке 2.

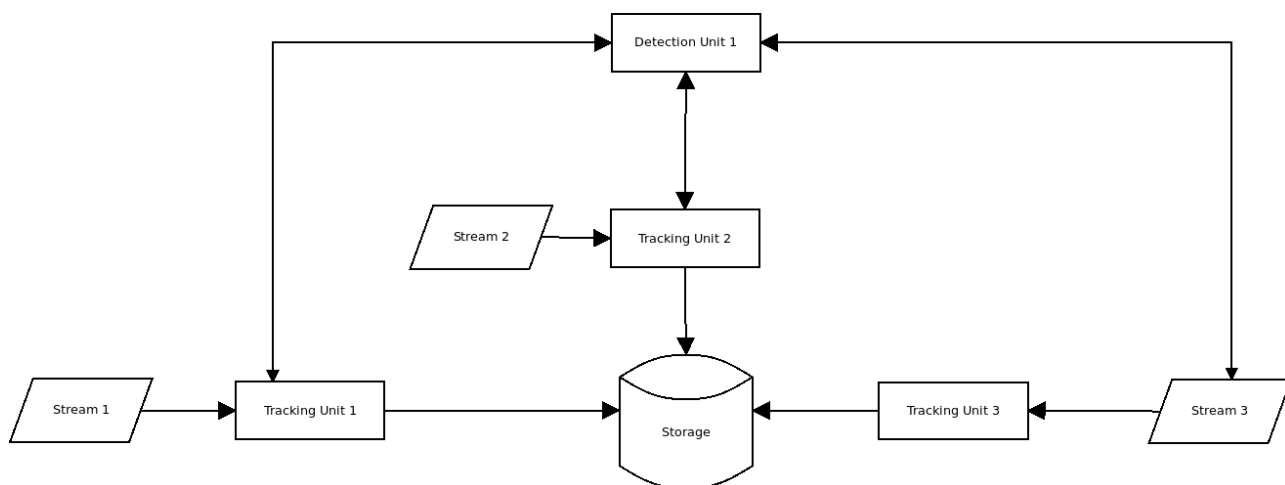


Рисунок 2 – Схема адаптированного алгоритма на основе DeepSORT.

Проведёно исследование, в котором сравнивались варианты реализации метода DeepSORT в распределённых вычислительных системах, с целью

проверки гипотезы, о том, что предложенный вариант не уступает традиционной реализации. Критерием сравнения вариантов распределённых систем является скорость обработки кадров. В ходе исследования гипотеза была подтверждена.

В четвёртой главе представлена распределённая вычислительная система обнаружения и отслеживания перемещения людей; проведено исследование распределённой системы; проведена параметризация системы на основе результатов её исследования и требований к системе.

Используя адаптированный метод отслеживания объектов, была реализована распределённая система обнаружения и отслеживания перемещения людей. На рисунке 3 представлена схема работы системы. На основании результатов исследования системы и с учётом требований к ней, проведена параметризация распределённой вычислительной системы обнаружения и отслеживания перемещения людей.

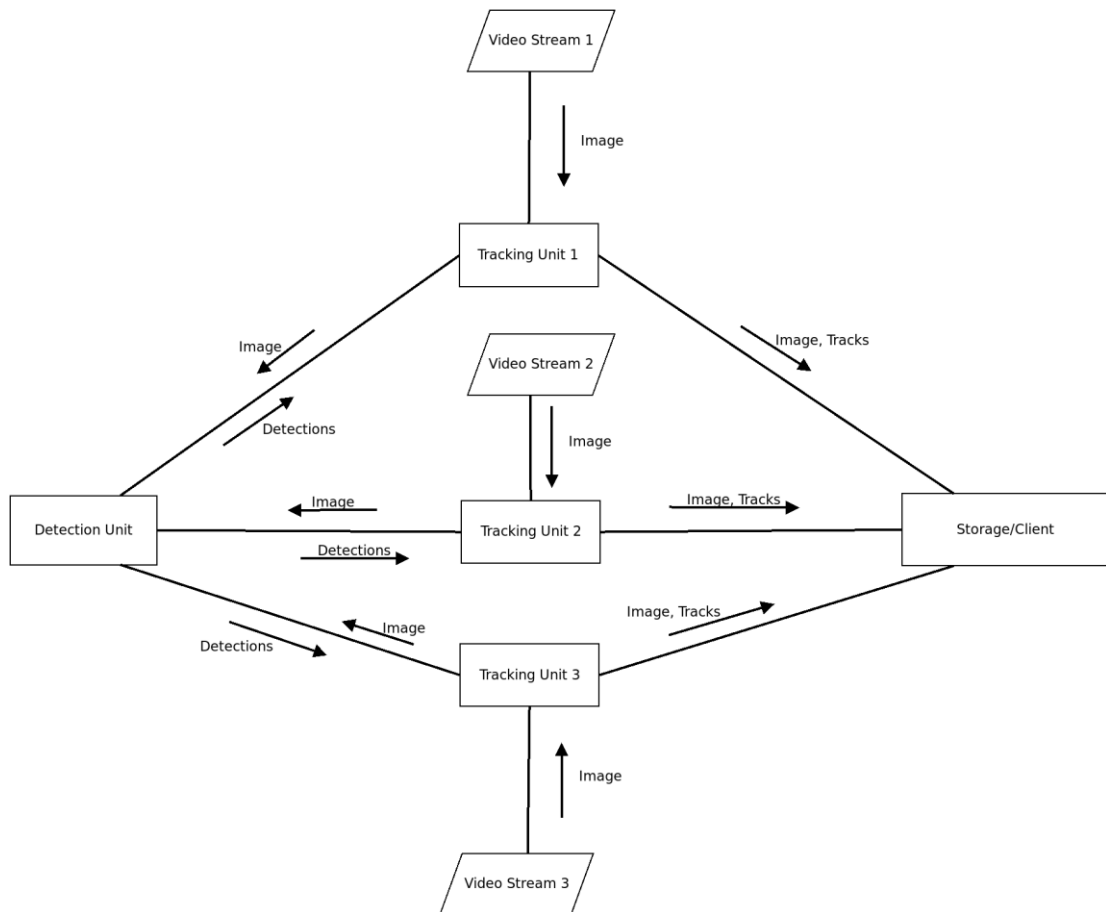


Рисунок 3 – Схема работы распределённой вычислительной системы обнаружения и отслеживания перемещения людей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

В результате проведённых исследований получены следующие основные результаты:

1. В последние годы появились новые методы отслеживания объектов, превосходящие по своей точности и эффективности ставший популярным метод DeepSORT. Однако, несмотря на это, DeepSORT остаётся актуальным благодаря своей простоте, которая позволяет получать приемлемые результаты на вычислительных устройствах с малой производительностью. Новые методы требуют производить больше вычислений, что обуславливает необходимость более производительных вычислительных устройств. Это можно отнести к несущественным недостаткам, так как развитие вычислительных устройств, делает широкодоступным более производительные устройства, что может способствовать замене метода DeepSORT на более новый и эффективный метод отслеживания объектов [1-А.].

2. С развитием технологий возросла необходимость обработки огромного количества данных, в частности обработки видеоданных с камер наблюдения. Рост объёма данных обусловил развитие применения различных распределённых вычислительных систем в задачах компьютерного зрения. Для реализации распределённых систем под задачи компьютерного зрения получили распространение такие подходы, как облачные вычисления, граничные вычисления, кластерные вычисления и гибридные вычисления.

Также для задач компьютерного зрения появились распределённые алгоритмы, полученные путём применения распределённых алгоритмов в задачах компьютерного зрения, разработки распределённых алгоритмов компьютерного зрения и адаптации алгоритмов компьютерного зрения для распределённых вычислений.

В связи с этим был предложен вариант адаптации под распределённые вычисления метода отслеживания объектов на основе DeepSORT. Проведено исследование предложенного метода и сравнение с традиционным применением метода DeepSORT.[2-А.]

3. Была реализована распределённая вычислительная система обнаружения и отслеживания перемещения людей. На основе данных, полученных при исследовании системы, и с учётом требований к распределённой вычислительной системе обнаружения и отслеживания перемещения людей произведена параметризация системы.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты могут быть использованы для решения задачи отслеживания объектов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1-А.] Жданеня, О. А. Сравнение методов отслеживания объектов в реальном времени // О.А. Жданеня, А. И. Шемаров // Цифровая обработка сигналов и её применение 2023, – Москва, 2023.

[2-А.] Жданеня, О. А. Отслеживание объектов: Адаптация метода для распределённой вычислительной системы / О.А. Жданеня // Информационные технологии и системы 2022: Материалы международной научной конференции – Минск, 2022 – С. 181 – 182.

РЭЗІЮМЭ

Жданеня Алег Аляксеевіч

Размеркаваная вылічальная сістэма выяўлення і адсочвання перамяшчэння людзей

Ключавыя словы: кампютарны зрок, адсочванне аб'ектаў, размеркаваная вылічальная сістэма.

Мэта працы: ісследование методов и алгоритмов отслеживания объектов на видеопотоках, исследование возможности адаптации алгоритма отслеживания людей для распределённой вычислительной системы.

Атрыманы вынікі і іх навізна: выкананы аналіз існуючых метадаў адсочвання аб'ектаў; выкананы аналіз выкарыстання размеркаваных вылічэнняў у сістэмах камп'ютарнага зроку; прапанавана адаптацыя алгарытму адсочвання аб'ектаў для размеркаванай вылічальнай сістэмы; распрацавана праграмае забеспячэнне для размеркаванай вылічальнай сістэмы выяўлення і адсочвання перамяшчэння людзей.

Вобласць ужывання: розныя сістэмы кампютарнага зроку.

РЕЗЮМЕ

Жданеня Олег Алексеевич

Распределённая вычислительная система обнаружения и отслеживания перемещения людей

Ключевые слова: компьютерное зрение, отслеживание объектов, распределённые вычислительные системы.

Цель работы: исследование методов и алгоритмов отслеживания объектов на видеопотоках, исследование возможности адаптации алгоритма отслеживания людей для распределённой вычислительной системы.

Полученные результаты и их новизна: выполнен анализ существующих методов отслеживания объектов; выполнен анализ использования распределённых вычислений в системах компьютерного зрения; предложена адаптация алгоритма отслеживания объектов для распределённой вычислительной системы; разработано программное обеспечение для распределённой вычислительной системы обнаружения и отслеживания перемещения людей.

Область применения: различные системы компьютерного зрения.

SUMMARY

Zhdanenia Oleg Alexeevich

Distributed Computing System for humans detecting and tracking

Keywords: computer vision, object tracking, distributed computing systems.

The object of study: study of methods and algorithms for tracking objects on video streams, study of the possibility of adapting a people tracking algorithm for a distributed computing system.

The results and novelty: the analysis of the existing methods of object tracking is carried out, the analysis of the use of distributed computing in computer vision systems is carried out, the adaptation of the object tracking algorithm for a distributed computing system is proposed; software has been developed for a distributed computing system for detecting and tracking the movement of people.

Sphere of application: various computer vision systems.