### Санкт-Петербургский государственный университет

## *НЕБОГАТИКОВ Иван Юрьевич*

### Выпускная квалификационная работа

## *Разработка и реализация системы мониторинга активности и поддержки человека в задаче умного дома*

Уровень образования: магистратура

Направление *02.04.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем»*

Основная образовательная программа *ВМ.5665.2019 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем»*

### Научный руководитель:

к.ф.-м.н., доцент кафедры информатики, И. П. Соловьев

Рецензент:

ПАО Сбербанк, Главный специалист по исследованию данных,  
Д. Ю. Бугайченко

### Санкт-Петербург

### 2021

### 

### Saint Petersburg State University

***NEBOGATIKOV Ivan***

### Graduation Thesis

## *Development and implementation of a system for activity monitoring and human support in the smart home problem*

Education level: master

Speciality *02.04.03 “Software and Administration of Information Systems”*

Programme *ВМ.5665.2019 “Software and Administration of Information Systems”*

### Scientific supervisor:

Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, I. P. Soloviev

Reviewer:

Sberbank, Chief Data Scientist, D. Y. Bugaychenko

### Saint Petersburg

### 2021

## Введение

### Актуальность темы исследования

Работа посвящена разработке программной системы мониторинга активности и поддержки жизнедеятельности человека в задаче умного дома.

В данной работе под «умным домом» понимается программно-техническая система, предназначенная для автоматизации управления средой обитания людей и их питомцев (в данном проекте мы ограничиваемся предположением, что обитателем умного дома является человек). Система не ограничивается автоматизацией управления бытовыми приборами на основе полученных измерений, но предполагает использование интеллектуальных компьютерных технологий для реализации различных стратегий поддержки человека, в частности для мониторинга текущего состояния обитателей дома [1].

Источниками информации об активности людей в среде умного дома могут являться как сами бытовые приборы [2], так и специально подключенные датчики, например, системы видео наблюдения [3] или носимые устройства. Специальные устройства позволяют улучшить качество распознавания действий человека, однако увеличивают стоимость решения, что стимулирует преимущественное использование датчиков повсеместно используемых устройств.

Отслеживание текущего состояния человека внутри дома позволяет, в частности, контролировать продолжительность каждого вида деятельности. Это дает возможность поддерживать здоровый ритм жизни (по личному желанию или рекомендации врача); отслеживать биологические показатели, например, показания пульса и уровня подвижности, циркадных ритмов [4] (в предположении анализа их врачом); помочь людям, живущим отдельно, отслеживать их текущее состояние, вызывать экстренные службы при необходимости.

Создание систем, наделенных указанными выше свойствами, очевидно, является практически полезным и востребованным и свидетельствует о несомненной актуальности данной темы работы.

### Степень разработанности темы

Применение возможностей среды умного дома для контроля состояния человека является активно разрабатываемой темой современных исследований.

Существующие работы в основном фокусируются на технических деталях распознавания активности человека по стационарным датчикам, в том числе распознаванию по видео, и по носимым датчикам, умным часам и фитнес-браслетам. В работах Кириенко А. С., Соловьева И. П., [2] Mehrang S., Pietila J., Tolonen J., [5] Tang T., Zheng L., Weng S., [6] Ke S., Lee Y. [7] и других описываются и сравниваются методы сбора релевантных данных, применяемые алгоритмы машинного обучения и наиболее подходящие метрики распознавания активности.

В то же время в работах Bennett J., Rokas O., Chen L. [8] и других рассматриваются системы умного дома и их применимость для контроля за здоровьем человека, анализируется статистика по изменению количества обращений за помощью в зависимости от возраста, делаются предположения о возможной применимости в будущем новых технических средств, например, электронных бирок на одежде.

Высокое внимание к задаче отслеживания деятельности и поддержки жизнедеятельности человека показывает также потребность в реализации систем мониторинга активности человека в реальном времени в его жилой среде, сопровождающегося контролем продолжительности действий. Подобное решение позволяет объединять результаты по техническому определению активности с практическим применением по контролю состояния обитателей.

### Цели и задачи работы

Целью данной работы является разработка и реализация системы мониторинга активности и поддержки жизнедеятельности человека в среде умного дома.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи.

1. Исследование предметной области: методов машинного обучения и решений, применяемых для создания систем управления умным домом.
2. Анализ результатов применения методов машинного обучения для распознавания видов активности человека на данных, находящихся в открытом доступе, и выбор наиболее подходящих методов для решения намеченных задач.
3. Формирование набора данных об активности обитателя умного дома с помощью фитнес-браслета и смартфона.
4. Разработка и реализация программной системы мониторинга и распознавания активности обитателя умного дома на основе наиболее подходящих для данного класса задач методов машинного обучения, показывающих наилучшие результаты.
5. Разработка и реализация подсистемы контроля длительности активности и поддержки обитателя в среде управления умным домом.

### Объект и предмет исследования

Объектом исследования являются данные об активности человека, методы машинного обучения, применяемые для распознавания активности, программные средства реализации системы управления умным домом.

Предметом исследования является разработка и реализация программного обеспечения для среды умного дома с целью мониторинга активности обитателя в реальном времени и поддержки его жизнедеятельности, включая контроль продолжительности действий человека внутри умного дома.

### Методология и методы исследования

В работе используется признанная методология исследований в области программной инженерии: идентификация и анализ проблемы, обзор существующей литературы, постановка задачи, сравнение и выбор подходящих средств решения, реализация решения в виде программного инструмента, апробация и анализ результатов.

Для решения задач были использованы методы процедурного и объектно-ориентированного программирования, алгоритмов машинного обучения, планирования и проведения инженерных экспериментов.

### Основные положения, выносимые на защиту

1. Результаты анализа методов машинного обучения, применяемых в задаче распознавания активности человека в умном доме, на данных, находящихся в открытом доступе и содержащих информацию о пульсе человека и показаниях акселерометра. Выбраны методы случайного леса и K ближайших соседей в качестве базовых алгоритмов распознавания.
2. Результаты анализа известных систем программирования умного дома. Приведены описания их преимуществ и недостатков при использовании в качестве инструмента для решения поставленной задачи. Выбрана среда Google Smart Home.
3. Разработан и реализован метод сбора данных об активности человека с использованием фитнес-браслета и смартфона по информации о пульсе, количестве шагов, качеству соединения Bluetooth и Wi-Fi. Сформирован и апробирован набор данных о действиях обитателя с использованием носимых датчиков.
4. Разработан и реализован алгоритм классификации активности обитателя в среде умного дома с использованием выбранных базовых алгоритмов распознавания.
5. Разработана и реализована подсистема контроля продолжительности действий обитателя в системе программирования среды умного дома.
6. Разработана и реализована система поддержки обитателя в среде умного дома Google Smart Home, применяющая метод иерархического распознавания активности, с использованием базовых алгоритмов случайного леса и K ближайших соседей в качестве базовых алгоритмов, включающая в себя подсистему контроля продолжительности действий обитателя.

### Научная новизна

Научная новизна работы обусловлена следующими положениями.

1. Подготовлен набор данных, предназначенный для применения в программировании среды управления умного дома; набор собран с использованием оптического пульсометра, шагомера и смартфона для измерения качества соединения Bluetooth и Wi-Fi.
2. Проведен сравнительный анализ известных методов машинного обучения (случайный лес, метод опорных векторов, K ближайших соседей, многослойная нейронная сеть, наивный байесовский классификатор, AdaBoost, иерархическая классификация) в задаче классификации активности при различных наборах используемых датчиков и количества классов распознаваемых видов активности. Выбран метод случайного леса при использовании датчика пульса и алгоритмов случайного леса и метод опорных векторов при использовании акселерометра или обоих датчиков.
3. Разработана и реализована система распознавания активности и поддержки жизнедеятельности обитателя с использованием иерархической модели с применением методов случайного леса и K ближайших соседей в качестве базовых алгоритмов.
4. Разработана и реализована подсистема контроля длительности активности обитателей в среде умного дома на платформе Google Smart Home.

### Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая ценность работы состоит в описании, анализе и выборе методов распознавания вида активности с использованием носимых датчиков.

Практическая ценность работы заключается в применении результатов к решению задачи создания системы поддержки человека в среде умного дома, описании и анализе результатов экспериментов.

### Достоверность основных положений

Достоверность основных положений работы подтверждается.

1. Анализом существующих научно-исследовательских и практических работ в данной области.
2. Проведением экспериментов с использованием известных практик и методик.

### Апробация работы

Основные положения работы докладывались, обсуждались и получили одобрение на защите промежуточных результатов по научно-исследовательской работе и конференциях «Информационные технологии в управлении 2020», «Герценовские чтения – 2021», «Современные технологии в теории и практике программирования», 2021.

### Публикации автора по теме работы

Результаты, полученные в ходе работы, были опубликованы в четырех научных публикациях автора, описанных в приложении 1. Указанные источники индексируются в Российском индексе научного цитирования [1, 3, 4] и наукометрической базе Scopus [2].

### Личный вклад автора

Результаты работы получены автором самостоятельно.

### Структура и объем работы

Представляемая работа состоит из введения, трех частей, заключения и списка литературы из 41 наименования. Общий объем работы составляет 56 страниц.

Глава 1 содержит обзор используемых методов машинного обучения, применяемых для распознавания активности человека, приводятся метрики качества.

В главе 2 описываются существующие решения для распознавания активности человека по носимым датчикам. Описывается среда программирования умного дома Google Smart Home.

Глава 3 посвящена анализу приведенных методов машинного обучения. Описывается алгоритм сбора данных об активности человека по данным, полученным из смартфона и фитнес-браслета. Приводятся алгоритм классификации данных, описание модуля контроля продолжительности активности в среде умного дома.

### Приложение 1. Список публикаций по теме работы

1. Небогатиков И. Ю., Соловьев И. П. Распознавание активности человека по носимым датчикам в задаче управления умным домом // Материалы конференции «Информационные технологии в управлении» — СПб.: АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2020. — С. 221-224.
2. I. Y. Nebogatikov and I. P. Soloviev. Human activity recognition by wearable sensors in the smart home control problem. // Journal of Physics: Conference Series. 2020. (в печати)
3. Небогатиков И. Ю., Соловьев И. П. Задачи распознавания в системе мониторинга активности и поддержки человека в задаче умного дома. // Герценовские чтения – 2021. 2021. (в печати)
4. Небогатиков И. Ю., Соловьев И. П. Система контроля продолжительности действий обитателя в среде умного дома. // Современные технологии в теории и практике программирования. 2021. (в печати)