

Санкт-Петербургский государственный университет

Программная инженерия

Байгельдин Александр Юрьевич

Система сбора и анализа показателей
жизнедеятельности на основе данных с
мобильных устройств

Выпускная квалификационная работа

Научный руководитель:
к. ф.-м. н., доцент Романовский К. Ю.

Рецензент:
Зам. ген. директора ООО “ПитерСофтвареХаус” Хитров Д. В.

Санкт-Петербург
2018

Saint Petersburg State University

Software Engineering

Aleksandr Baigeldin

System for collection and analysis of vital factors based on data from mobile devices

Graduation Thesis

Scientific supervisor:
assistant professor Konstantin Romanovsky

Reviewer:
Deputy director general of “PiterSoftwareHouse” Ltd. Denis Khitrov

Saint-Petersburg
2018

Оглавление

Введение	4
1. Постановка задачи	6
2. Обзор	7
2.1. Физиология стресса	7
2.2. Существующие решения	7
3. Архитектура	8
3.1. Инструменты	8
3.2. Взаимодействие с сенсорами	8
3.3. Взаимодействие с моделью	8
4. Мобильное приложение	9
4.1. Интерфейс	9
4.2. Особенности реализации	9
5. Модель машинного обучения	10
5.1. Сбор данных	10
5.2. Тренировка модели	10
5.3. Оценка эффективности	10
Заключение	11
Список литературы	12

Введение

Стресс — это совокупность неспецифических (т.е. независимых от типа стрессора) адаптационных реакций организма на воздействие различных неблагоприятных факторов (физических или психологических), нарушающих его гомеостаз (стабильное, равновесное состояние) [9]. В современной медицине принято разделять понятие положительного стресса (эустресса) и отрицательного стресса (дистресса) [2]. В результате положительного стресса повышается функциональный резерв организма, происходит его адаптация к стрессовому фактору и ликвидация самого стресса. Однако, когда организм постоянно подвергается стрессу или же стрессор слишком сильный, защитные силы организма истощаются и он становится не в состоянии самостоятельно справиться со стрессом. От такого стресса страдает иммунная система, он подрывает здоровье человека и может привести к тяжелым заболеваниям, таким как депрессивное расстройство, диабет и даже рак [7]. В связи с этим, получили широкое развитие различные методы управления стрессом, которые помогают предупреждать его отрицательное воздействие. Однако, зачастую человек не замечает или не осознает того, что подвергается воздействию стресса. Поэтому перспективной областью исследования является автоматическое отслеживание стресса в повседневной жизни в реальном времени.

Поскольку основное воздействие стресс оказывает на нервную и эндокринную системы организма, то для его определения логичным является поиск соответствующих паттернов в работе этих систем. Например, анализ крови может выявить повышенное содержание кортизола (глюкокортикоидного “гормона стресса”) в крови. Однако, инвазивные методы не подходят для непрерывного отслеживания стресса. В связи с этим, особый интерес вызывает реакция нервной системы организма на стресс, а если точнее, то реакция симпатического отдела автономной нервной системы, который отвечает за мобилизацию сил организма в экстренных ситуациях. Симпатическая нервная система оказывает влияние на частоту сердцебиения и дыхания, кровяное давление, элект-

трическую активность кожи и другие показатели. Поэтому диапазон медицинских сенсоров, с помощью которых можно в той или иной мере определять стресс, довольно обширен: пульсометры, тонометры, GSR сенсоры, и т.д. Тем не менее, наиболее перспективным типом сенсоров для задачи отслеживания стресса в реальном времени кажутся именно пульсометры, т.к. несмотря на небольшую цену, они обладают необходимой мобильностью и предоставляют возможность высчитывать один из самых важных показателей активности симпатической нервной системы — вариабельность сердечного ритма [3].

Однако, симпатическая нервная система реагирует даже на небольшие стрессоры, которые нет смысла учитывать в статистике, но которые при этом оказывают влияние на вариабельность сердечного ритма. Например, даже при медленной ходьбе вариабельность сердечного ритма отличается от сидячего положения [4], хотя нельзя назвать ходьбу стрессом в отрицательном смысле. Поэтому учет физической активности (например, на основе данных с акселерометра) является хорошим способом отфильтровать ложные срабатывания отслеживающей стресс системы. Для комбинации показателей физической активности и показателей активности симпатической нервной системы при определении стресса можно применить популярное на сегодняшний день в медицине машинное обучение.

Таким образом, для задачи автоматического отслеживания стресса в реальном времени требуется система, которая бы определяла стресс на основе данных с пульсометра и акселерометра и обладала бы достаточной мобильностью для того, чтобы применять ее в повседневной жизни.

1. Постановка задачи

Целью данной работы является создание прототипа мобильного приложения, отслеживающего человеческий стресс в реальном времени, определяя его на основе данных полученных с акселерометра мобильного телефона и внешнего пульсометра, применяя для этого машинное обучение.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- Ознакомиться с природой человеческого стресса и изучить публикации на тему определения стресса на основе медицинских данных.
- Спроектировать архитектуру приложения и его взаимодействия с медицинскими сенсорами и моделью машинного обучения.
- Написать мобильное приложение для сбора данных и выделения из них признаков, полезных для определения стресса.
- Выбрать способ сбора данных, натренировать модель на собранных данных, оценить ее эффективность и интегрировать ее в приложение, чтобы достичь определения стресса в реальном времени.

2. Обзор

2.1. Физиология стресса

Вегетативная нервная система — это отдел нервной системы, регулирующий деятельность внутренних органов, который в свою очередь делится на симпатический и парасимпатический отделы. Парасимпатическая стимуляция одних органов оказывает тормозное действие, а других — возбуждающее. То же касается и симпатической стимуляции, но в большинстве случаев действие парасимпатической и симпатической систем противоположно. В частности, парасимпатическая система отвечает за приведение тела в гомеостаз, ...

При активации симпатической системы, в крови увеличивается содержание кортизола и глюкозы (гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система, HPA axis), учащается частота дыхания, пульс, изменяется электрическая проводимость кожи, ...

Для определения стресса по эндокринной системе, можно применять тесты на альфа-амилазу, кортизол, ...

Для определения стресса по активности симпатической нервной системы, полезными оказываются ECG, EMG, GSR сенсоры, ...

Вариабельность сердечного ритма (HRV) — это важный показатель, который отражает баланс нервной системы и уровень накопленного стресса, ...

HRV можно применять для определения как хронического, так и ситуативного стресса, ...

2.2. Существующие решения

В работе “Stress Detection Using Low Cost Heart Rate Sensors” [8] не учтена физическая активность.

В работе “Modeling perceived stress via HRV and accelerometer sensor streams” [5] не учтены базовые значения и наивный способ вычисления физической активности.

...

3. Архитектура

3.1. Инструменты

В качестве основного языка был выбран TypeScript, т.к. в отличие от JavaScript он обладает большими возможностями для рефакторинга благодаря системе типов, ...

Библиотека MedM DeviceKit SDK используется для получения данных с медицинских сенсоров, ...

React Native используется для написания кроссплатформенного приложения, которое тем не менее является нативным для обеих платформ, ...

Для написания моста между MedM DeviceKit SDK и React Native используются языки Kotlin и Swift, ...

MobX используется для управления состоянием приложения в реактивном стиле, ...

D3 используется для упрощения рисования SVG графиков, ...

Python и библиотека SciKit-Learn используются для тренировки модели, ...

3.2. Взаимодействие с сенсорами

Разбиение потоков на чанки и сэмплы, ...

Индекс активности (формула) [1], ...

Вариабельность сердечного ритма и RMSSD (формула), ...

3.3. Взаимодействие с моделью

Сериализация параметров модели, ...

Вычисление пороговых значений для нормализации, ...

Портирование модели в JavaScript [6], ...

Пересчет сэмплов на основе сохраненных данных, ...

4. Мобильное приложение

4.1. Интерфейс

Управление сенсорами (рис. 1(a)) было реализовано так, потому что ...

Настройки и способ калибровки (рис. 1(b)) были реализованы так, потому что ...

Отображение статистики (рис. 1(c)) было реализовано так, потому что ...

Экран разработчика (рис. 1(d)) был реализован так, потому что ...

4.2. Особенности реализации

Две версии сборки (для разработчика и для пользователя), ...

Ускоренный режим, автоматическая генерация данных, ...

Двухсторонняя очередь для чанков, ...

5. Модель машинного обучения

5.1. Сбор данных

The Trier social stress test (TSST), ...

Несмотря на бинарную классификацию было принято решение собирать данные о четырех уровнях стресса. Сделано это было для того, чтобы иметь возможность более адекватно оценить эффективность модели, не учитывая false positive для “medium” стресса и false negative для “low” стресса, т.к. ...

5.2. Тренировка модели

k-NN, SVM, RandomForest, Naive Bayes, ...

5.3. Оценка эффективности

[Комментарий: пока это часть работы не готова, но в конечном итоге тут будут представлены графики и статистика по false positive и false negative в задаче классификации.]

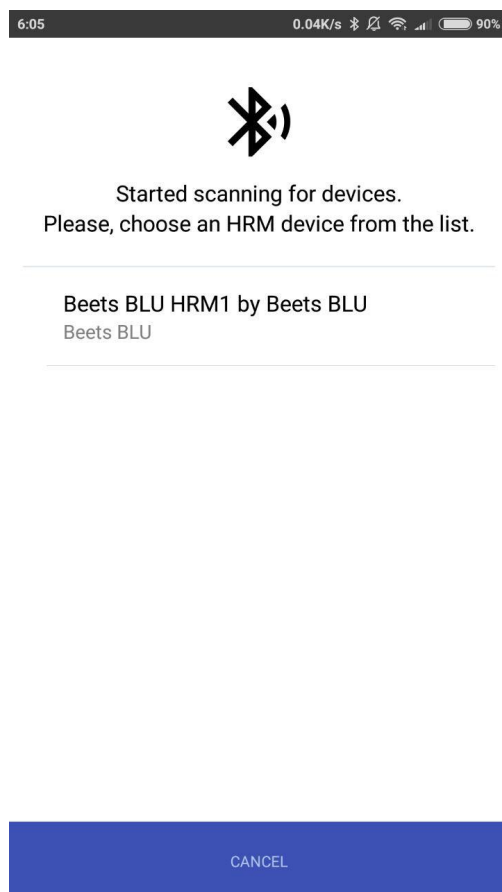
Заключение

В рамках данной работы был создан прототип мобильного приложения для автоматического отслеживания человеческого стресса в реальном времени. Показано, что на основе данных с пульсометра и акселерометра можно эффективно определять стресс в повседневной жизни. Более детально, были получены следующие результаты:

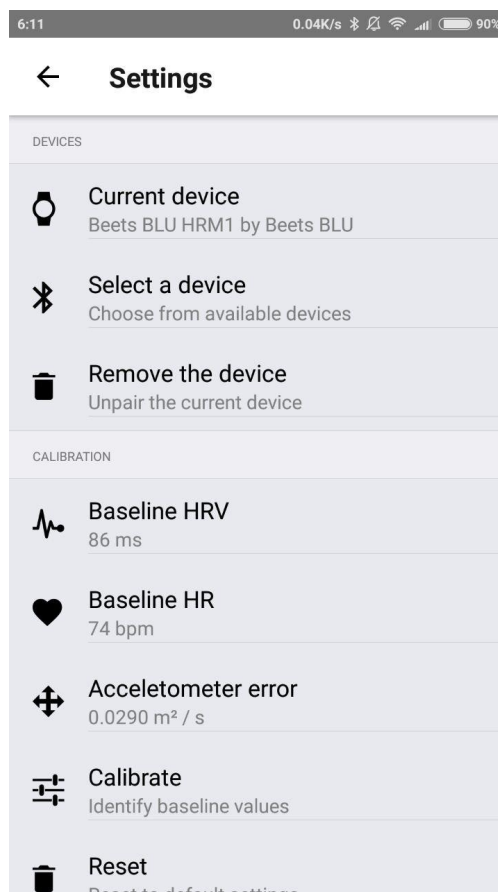
- Проанализированы существующие публикации на тему определения стресса на основе медицинских данных, выявлены недостатки в их подходах и выбраны наиболее важные показатели для определения стресса — вариабельность сердцебиения и индекс физической активности.
- Спроектирована архитектура приложения, позволяющая переиспользовать логику обработки данных с медицинских сенсоров во время выполнения и в процессе тренировки модели, что в свою очередь помогает последовательно и независимо друг от друга разрабатывать мобильное приложение и модель машинного обучения.
- Написано мобильное приложение для сбора данных с возможностью подключить пульсометр по bluetooth и отслеживать изменения в сердцебиении и физической активности на графике в реальном времени.
- Собраны данные для тренировки модели и на их основе натренирована SVM модель, которая была портирована в JavaScript, чтобы иметь возможность вызывать ее из кода приложения во время его выполнения, не отправляя данные во внешнюю систему. [Комментарий: несмотря на то, что модель уже интегрирована, я все еще подкручиваю ее параметры и подбираю правильные данные, поэтому про оценку эффективности я добавлю позже.]

Список литературы

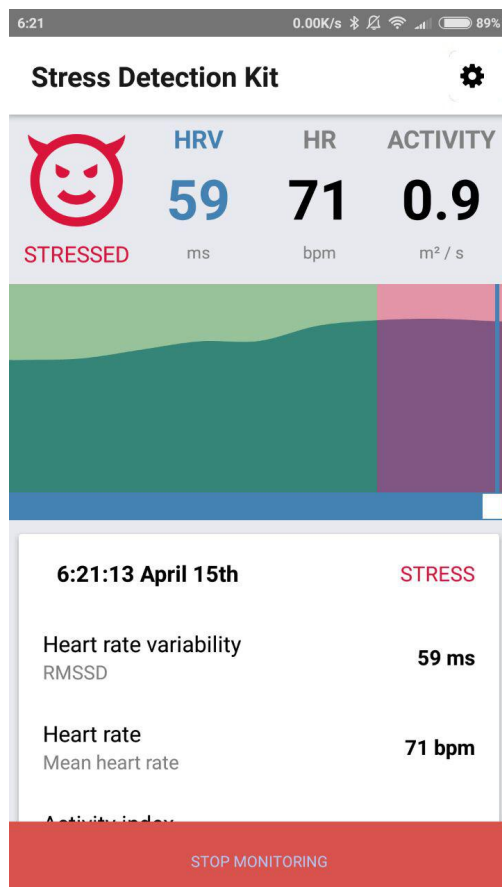
- [1] An Activity Index for Raw Accelerometry Data and Its Comparison with Other Activity Metrics / Jiawei Bai, Chongzhi Di, Luo Xiao et al. // PLOS ONE. — 2016. — 08. — Vol. 11, no. 8. — P. 1–14. — URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160644>.
- [2] Dr. Hans Selye M.D. Ph.D. D.Sc. Confusion and Controversy in the Stress Field // Journal of Human Stress. — 1975. — Vol. 1, no. 2. — P. 37–44.
- [3] Influence of Mental Stress on Heart Rate and Heart Rate Variability / Joachim Taelman, S. Vandeput, A. Spaepen, S. Van Huffel. — Springer Berlin Heidelberg, 2009. — P. 1366–1369. — ISBN: 978-3-540-89208-3.
- [4] Mesquita Ricardo, Kyröläinen Heikki, Schäfer Olstad Daniela. Reliability and validity of time domain heart rate variability during daily routine activities - An alternative to the morning orthostatic test? — 2017. — 04. — Vol. 9. — P. 64–68.
- [5] Modeling perceived stress via HRV and accelerometer sensor streams / M. Wu, H. Cao, H. L. Nguyen et al. — 2015. — P. 1625–1628.
- [6] Morawiec Darius. sklearn-porter. — Transpile trained scikit-learn estimators to C, Java, JavaScript and others. URL: <https://github.com/nok/sklearn-porter>.
- [7] Razali Salleh Mohd. Life Event, Stress and Illness // The Malaysian journal of medical sciences : MJMS. — 2008. — Vol. 15. — P. 9–18.
- [8] Salai Mario, Vassányi István, Kósa István. Stress Detection Using Low Cost Heart Rate Sensors. — 2016. — 06. — Vol. 2016. — P. 1–13.
- [9] Selye Hans. The stress of life. — McGraw-Hill New York, 1976. — ISBN: 0070562121.



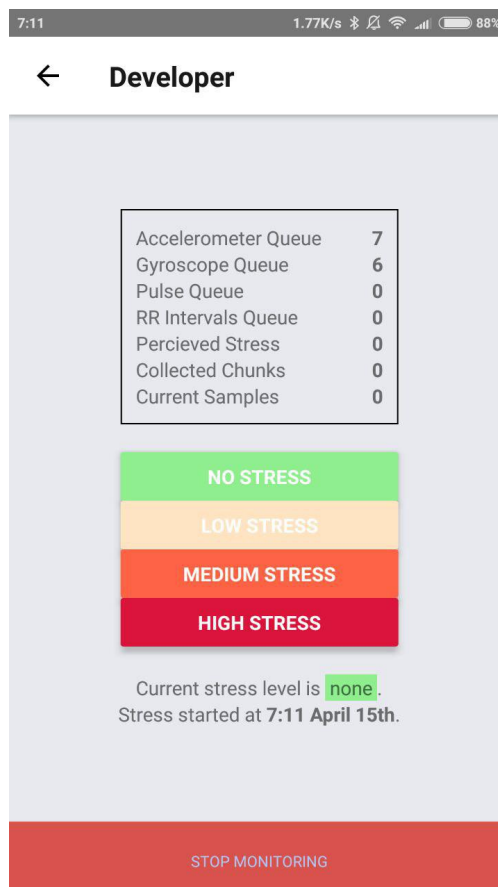
(a) Экран управления сенсорами



(b) Экран настроек



(c) Экран статистики



(d) Экран разработчика