

условиями движений и других вариантов использования.

Описанные инструменты автоматизируют процесс записи и хранения данных, получаемых датчиками, а также другой необходимой информации. На данный момент собран достаточно большой набор данных для различных видов спорта: бокс, теннис, горнолыжный спорт, гольф, кайтбординг, плавание.

Текущей задачей в улучшении процесса сбора данных является автоматизация загрузки записанных экспериментальных данных в облачное хранилище. Сейчас необходимо вручную снимать записанные данные программным средством сбора данных со смартфона и загружать их программой управления данными в облако. Решением может быть реализация автоматической загрузки данных со смартфона в облачное хранилище.

Список использованных источников:

1. PIQ – Notepage [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: [www.piq.com](http://www.piq.com)
2. Селиванов И. А. Применение датчиков мобильных устройств для обработки информации о состоянии окружающей среды // И. А. Селиванов. – Мн.: БГУИР, 2015. – 30с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКА УСКОРЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ СПОРТСМЕНА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Селиванов И.А.*

*Бранцевич П. Ю. – канд. техн. наук, доцент*

В докладе рассмотрен метод непрерывного вычисления скорости в режиме реального времени на основе ускорения в мировой системе координат, которое вычисляется при помощи данных, получаемых с акселерометра и гироскопа. Данный метод используется для разработки алгоритмов определения движений спортсменов, оснащённых мобильными устройствами PIQRobot [1].

На данный момент различные мобильные устройства со встроенными датчиками получили очень широкое распространение и бурно развиваются. Такие устройства – мобильные сенсоры – предоставляют информацию об активности и жизнедеятельности человека, с помощью которой можно следить за своим здоровьем. Другим актуальным направлением использования мобильных сенсоров является контроль и оценка эффективности занятий спортом. С помощью сенсора можно находить моменты активностей спортсмена (удар в боевых видах спорта, прыжки, удары ракеткой и др.) и вычислять параметры, которые будут отражать качество действий спортсмена. Такое использование датчиков может быть рассчитано на массового потребителя, однако для этого подобные мобильные устройства должны быть недорогими и доступными.

PIQRobot является таким сенсором. Как и другие недорогие мобильные устройства, он имеет ряд ограничений, вытекающих из доступности сенсора для массовых потребителей. К основным ограничениям можно отнести: невысокую тактовую частоту микроконтроллера, небольшой объём ОЗУ и ПЗУ и малую частоту дискретизации сигналов, формируемых сенсором (100-500 Гц). Исходя из этого, алгоритмы обработки сенсорных данных должны быть простыми, обработка данных должна производиться непрерывно в режиме реального времени. Объём обработанной информации значительно меньше объёма исходных данных, получаемых непосредственно с датчиков, поэтому во время работы сенсора необходимо обрабатывать данные сразу после их приёма и сохранять уже обработанную информацию.

Основными используемыми датчиками являются акселерометр и гироскоп, каждый из них трёхкомпонентный. На основе ускорения и угловой скорости вычисляется кватернион поворота сенсора, с помощью которого ускорение можно перевести в мировую систему координат.

Ускорение не является физической величиной, отражающей перемещение объекта, оно отражает изменение скорости движения. Поэтому задача разработки алгоритмов для определения границ активностей спортсменов на основе ускорения достаточно сложна. На рисунке 1 представлены данные ускорения в мировой системе координат по трём осям во время удара боксера, сенсор закреплён на запястье, то есть движение сенсора отражает движение руки спортсмена. Также, на рисунке обозначены границы удара. На графике видно, что показания ускорения не могут дать точного представления о границах начала и конца удара.

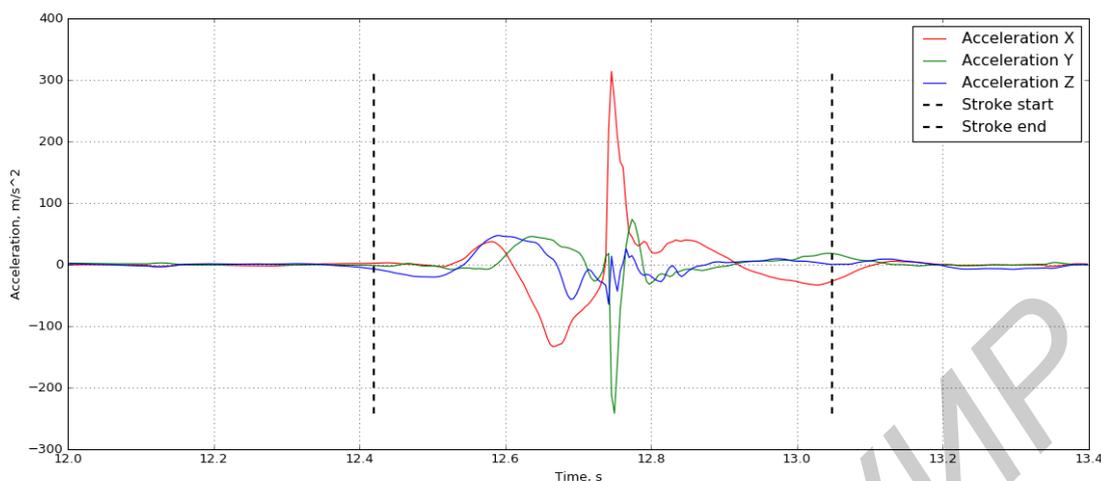


Рис. 1 – Ускорение сенсора по трём компонентам во время удара

Само движение отражают скорость и перемещение, соответственно, для определения границ различных движений необходимо использовать именно эти величины. Использование скорости значительно упрощает реализацию алгоритмов определения границ активностей, а также повышает качество распознавания в сравнении с данными ускорения.

Скорость, для её последующей обработки, требуется вычислять непрерывно сразу же после получения отсчётов ускорения. Основной проблемой такого вычисления скорости является накапливающаяся ошибка интегрирования из-за постоянной составляющей сигнала ускорения, одной из причин которой является инерция акселерометра внутри корпуса мобильного устройства. При обычном интегрировании ускорения методом трапеции [2] (формула 1) значения скорости уже через несколько секунд вычислений могут превышать реальные значения в несколько раз.

$$v_i = v_{i-1} + \frac{(a_{i-1} + a_i)(t_i - t_{i-1})}{2} \quad (1)$$

По причине малого объема оперативной памяти на устройстве PIQRobot, в алгоритме не может быть использован большой буфер данных для нахождения постоянной составляющей ускорения и вычисления скорости без накопления данной ошибки. В связи с перечисленными ограничениями было решено применить фильтр высоких частот (HPF). Данный фильтр частично подавляет постоянную составляющую интегрируемого сигнала. В качестве реализации используется следующая простая формула [3]:

$$Y_i = \alpha(Y_{i-1} + X_i - X_{i-1}), \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, от которого зависит уровень подавления постоянной составляющей сигнала и других ошибок.

Последовательность действий по обработке исходных данных на выходах акселерометра представлена на рисунке 2.

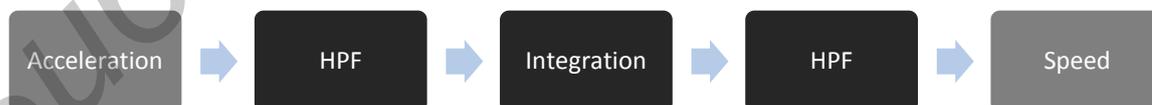


Рис. 2 – Схема вычисления скорости

Для локализации движений спортсмена используется модуль скорости, причём вычисление скорости производится по отдельным осям. На рисунке 3 показан график модуля скорости во время удара боксёра. Удар разделён на две фазы – собственно удар и возвращение руки в изначальную стойку. Эти фазы можно определить по значениям скорости, они выглядят как резкое возрастание и убывание модуля скорости на графике.

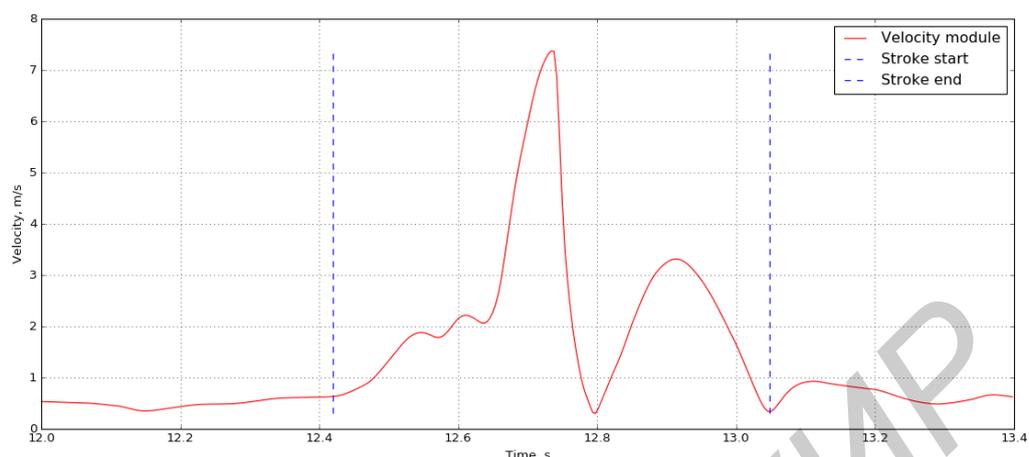


Рис. 3 – Модуль скорости сенсора во время удара

После нахождения границ активностей полученные данные можно использовать для классификации движений, определения качества удара, вычисления необходимых метрик, например, точных скорости и перемещения. Скорость, вычисляемую с помощью фильтра высоких частот, некорректно использовать для метрик движения, так как HPF может удалять из сигнала важную информацию, однако такие данные упрощают разработку алгоритмов для определения границ активностей.

Список использованных источников:

1. PIQ – Homepage [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.piq.com>. – Дата доступа: 23.03.2017
2. Селиванов, И. А. Применение датчиков мобильных устройств для обработки информации о состоянии окружающей среды : дис. ... маг. техн. наук : 1-40 80 05 / И. А. Селиванов. – Мн.: БГУИР, 2015. – 64 л.
3. High-pass\_filter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.en.wikipedia.org/wiki/High-pass\\_filter](http://www.en.wikipedia.org/wiki/High-pass_filter). – Дата доступа: 23.03.2017

## АЛГОРИТМ СКАЧКООБРАЗНОГО СЛИЯНИЯ ОТНОШЕНИЙ В РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Скачихин А.А.

Бранцевич П.Ю. – канд. техн. наук, доцент

Одним из ключевых факторов, влияющих на производительность реляционных баз данных, является эффективность алгоритмов объединения отношений [1]. Рассматривается алгоритм слияния отношений, который является улучшением алгоритма слияния сортировкой, позволяющий осуществлять слияние  $N$  отношений со сложностью  $O(N_{min} * \log(N_{max}/N_{min}))$ . В работе проведён сравнительный анализ алгоритмов слияния отношений. Особое внимание уделено алгоритму скачкообразного слияния, как эффективной альтернативе существующим алгоритмам.

Алгоритм скачкообразного слияния - это алгоритм слияния отношений для запросов заданных логикой первого порядка без использования универсальных кванторов (за исключением отрицательного квантора существования). Алгоритм скачкообразного является улучшением алгоритма слияния сортировкой, которое позволяет одновременно производить слияние нескольких унарных отношений  $A_1(x) \dots A_k(x)$  за время пропорциональное размеру наименьшего из отношений. Алгоритм был впервые применён в рамках коммерческой системы, основанной на Datalog.

В качестве начальных условий, алгоритм требует, чтобы отношения  $A_i \subseteq N$  были отсортированы. Каждое из отношений представляется в виде линейного итератора со следующим интерфейсом:

key()	Возвращает ключ отношения в текущий позиции итератора
next()	Переводит итератор к следующему ключу
seek(key)	Позиционирует итератор на наименьшем ключе поле key ( $currentKey \geq key$ ) или передвигает итератор в конец, если такой ключ не существует.
hasNext()	Возвращает true если итератор достиг конца.