

МРНТИ 28.23.29

Е.Н. Амирғалиев¹, Елетан Бакберген², Бостандық Саяжан²

¹ Университет имени Сулеймана Демиреля, г. Каскелен, Казахстан

² Институт информационных и вычислительных технологий
г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ

Аннотация. В работе на основе мобильного приложения, написанного на языке Swift, с помощью инструмента X Code разработан графический инструментарий для выхода из здания в чрезвычайных ситуациях. Мобильное приложение определяет направление и каждый шаг человека в здании и, на момент тревоги, помогает выйти из здания максимально быстро и по наиболее оптимальному пути.

С помощью заранее заданных карт определяется местоположение на основе педометрии. В педометрии на основе счисления системы, внутренняя локализация была реализована на смартфоне iPhone 6, работающий на iOS > 9.0 операционной системы. Смартфон iPhone 6 использует два трехосевых датчика движения, которые авторы используют для локализации PDR: акселерометр и цифровой компас. Акселерометр используется как для обнаружения шага, так и для оценки шага. Цифровой компас используется для определения направления движения пользователя, с которого оценивается направление движения. Для определения нахождения человека в здании не требуется определенного дополнительного оборудования, таким образом проект не требует дополнительных расходов и со стороны производителя и со стороны пользователя.

Ключевые слова: Swift, XCode, Дополненная реальность, педометр, акселерометр.

Андатпа. Жұмыс негізінде Swift тілінде XCode аспабының көмегімен төтенше жағдайда ғимаратты шұғыл түрде босатуға арналған графикалық мобильді қосымша әзірленді. Мобильді қосымша ғимаратта жүрген әрбір адамның қадамын бақылап ғана қоймай олардың бағытын анықтау мүмкіндігі бар, негізгі мақсаты шұғыл түрде максималды тез арада минимал уақытта ғимараттан шығу.

Алдын ала белгіленген карта арқылы педометр негізінде адамдардың орналасқан жерін анықтаймыз. Педометр санау жүйесі негізінде ғимараттағы адамдардың орналасқан жерін анықтау iPhone 6 iOS > 9.0

операциялық жүйесі арқылы іске асты. iPhone 6 ұялы телефоны екі үшосьтік қозғалыс тіркегішін қолданады: акселерометр және цифрлік компас. Акселерометрді біз қадамды және қадамның бағасын анықтау үшін қолдандық. Ал, цифрлік компас адамның қадамының бағытын анықтау үшін қолдандық. Адамдарды ғимараттың ішінде орналасқан жерін анықтау үшін белгілі бір қосымша құралдар талап етілмейді, бұл бірінші кезекте жобаның қосымша шығынсыз болатынына кепілдік береді.

Кілт сөздер: Swift, XCode, Толықтырылған шындық, педометр, акселерометр.

Abstract. The work is based on a mobile application written in Swift using the Xcode tool developed a graphical Toolkit for exiting a building in emergency situations. The mobile application determines the direction and each step of the person in the building and at the time of the alarm helps to leave the building as quickly as possible with a minimum time. With the help of pre-defined maps determine the location based on pedometry. In pedometry based on the number system, internal localization was implemented on the iPhone 6 smartphone running on iOS > 9.0 operating system. The iPhone 6 smartphone uses two three-axis motion sensors that we use to locate the PDR: the accelerometer and the digital compass. We use the accelerometer to both detect the step and evaluate the step. A digital compass is used to determine the direction of movement of the user from which the direction of movement is estimated. To identify a person in the building does not require certain equipment, so the project does not require additional costs and from the manufacturer and the user.

Key words: Swift, XCode, Augmented Reality, pedometer, accelerometer.

Введение

В настоящее время существует большое количество широко используемых приложений для мобильных телефонов, для смартфонов, но мобильные аварийные приложения для внутренних помещений все же лимитированы. Тем не менее, наружные приложения ориентированы прежде всего на предоставление информации о несчастных случаях для пользователей, а внутренние приложения ограничены недоступностью позиционирования GPS-пользователей и проблемами доступа к соединениям на основе Wi-Fi. Для компенсации этих ограничений мы предлагаем систему EERouter, которая использует мобильное приложение дополненной реальности в помещении, персонализированную педометрию и строит систему, которая может быстро и легко рекомендовать эффективный путь выхода пользователям

мобильного телефона в аварийных ситуациях. Мы разработали мобильную систему EERouter для использования в крупномасштабных зданиях, которые содержат сложные пути. Мы покажем, как EERouter использует датчики на смартфоне и использует дополненную реальность, облачную информацию, ежедневные модели ходьбы пользователей и адаптивный метод подключения GPS, чтобы доставить критическую информацию об эвакуации пользователям мобильных телефонов в чрезвычайных ситуациях в помещении.

В Казахстане ежегодно происходят значительные человеческие жертвы и увечья в результате пожаров. В 2015 году погибло 90 гражданских лиц и было ранено 1500 человек, что произошло в 920 зданиях, по данным МЧС Казахстана, а также агентства по чрезвычайным ситуациям. Гибель людей или травмы во время пожара в здании имеет множество последствий, такие как: удушье или повреждение легких, вызванное вдыханием дыма, обрушение структуры здания на людей, неспособных вовремя эвакуировать здание, и телесные повреждения, вызванные вытаптыванием тех, кто попал под толпы людей, пытающихся эвакуироваться. Основным фактором, способствующим этим сценариям, является время, необходимое для эвакуации людей из здания. Если они могут убежать от огня внутри здания в определенное количество времени, то они смогут выдержать такую аварийную ситуацию. Основной целью наших исследований является разработка системы эвакуации для пользователей мобильных телефонов, которая может помочь им выжить и быстро сбежать из помещения при возникновении чрезвычайной ситуации, таких как пожар.

Система EERouter была разработана для запуска на смартфоне с использованием существующих встроенных датчиков телефона и обмена информацией с облачных серверов. Кроме того, наша система использует Дополненную реальность на смартфоне, а также персонализированную педометрию и адаптивный метод подключения к GPS. EERouter не требует использования любой дополнительно установленной инфраструктуры здания. Через облачные серверы наше приложение может предоставлять данные в режиме реального времени пользователям о переполненных районах или выходах, которые пользователь должен избежать, когда ищет быстрый выход из здания в чрезвычайной ситуации. Хотя уже есть некоторые существующие системы локализации, такие как RFID или Wi-Fi, которые также могут помочь найти и отслеживать пользователей, эти системы являются довольно дорогими.

Такие системы требуют установки дорогостоящей инфраструктуры из сотен или тысяч RFID или Wi-Fi устройств. Они также не предоставляют пользователям расширенную реальность (AR), как это делается в нашем проекте. EERouter использует уже существующие смартфоны, в сочетании с облачными серверами, для локализации

пользователей внутри зданий, чтобы предоставить им критическую информацию и оптимальный путь эвакуации, чтобы следовать во время чрезвычайных ситуаций. Снимок экрана прототипа EERouter показан на рисунке 1. На снимке показано, как AR-содействие профориентации реализуется на мобильном телефоне. AR-метки на телефоне указывают путь выхода и оставшееся расстояние, которое должно быть пройдено пользователем, чтобы добраться до выхода. Возможный сценарий для использования системы EERouter, может быть следующим. Представьте себе человека, посещающего незнакомое большое офисное здание или гостиницу, а потом вдруг слышащего звук пожарной сигнализации. Пользователь, с нашей системой EERouter, установленной на его / ее мобильный телефон, сможет использовать телефон, чтобы сфотографировать или же записать номера комнат или названия в ближайшей к нему двери офиса или отеля.

Благодаря использованию карты здания и облачного сервиса, такого как IQEngine [1], EERouter сначала локализует человека в здании, а затем через AugmentedReality, направляет человека в безопасное место с помощью стрелок AR, отображаемых на телефоне. Во время этого процесса EERouterтакже вычисляет и рекомендует самый короткий и быстрый индивидуальный путь выхода к этому мобильному пользователю через AR. Оптимальный путь выхода рассчитывается на основе персонализированной педометрии этого лица и информации облачного сервера, которая используется для управления этим человеком вдали от выходных дверей, которые переполнены другими людьми, которые также пытаются выбраться.

В настоящем документе предлагаются следующие материалы: система экстренной эвакуации на основе мобильного телефона для зданий среднего размера, не зависящая от инфраструктуры (например, требующая дополнительных датчиков RFID или Wi-Fi); метод локальной локализации на основе изображений с использованием смартфона и облачных сервисов; мобильная система наведения с использованием AR на смартфонах для обеспечения безопасности пользователей; персонализированный алгоритм педометрии, который оценивает длину шага человека для более точного определения расстояния и скорости ходьбы пользователя и который использует метод адаптивного GPS-соединения; и алгоритм рекомендаций для кратчайшего пути задержки, который перенаправляет пользователей от переполненных выходов на непереполненные выходы в чрезвычайных ситуациях.



Рис.1. Скриншот мобильного front-end компонента системы EERouter дополненной реальности. Мобильный компонент работает на смартфоне iOS. Это показывает, как AR-содействие профорientации реализуется на мобильном телефоне. Теги AR по телефону указать пути выхода и оставшееся расстояние должны быть охвачены пользователем, чтобы добраться до выхода двери.

Соответствующая работа

RFID-метки[2] исследуются как средство для локализации без GPS. Бирки RFID, статически помещенные в здании заранее с точным знанием положения можно использовать как навигационные путевые точки. Основным ограничением такого подхода является требование об установке такой инфраструктуры в среде. Для локализации мобильного телефона предпочтительным методом является текущий уровень принимаемого сигнала (RSS) сигналов Wi-Fi[3, 4]. Используются методы мультилатерации и дактилоскопии. Мультилатерация требует, по крайней мере, 3 точки доступа и точного знания их местоположения, чтобы триангулировать местоположение пользователя через измерения RSS. Снятие отпечатков пальцев требует от пользователя заранее отобразить характеристики распространения сигнала Wi-Fiокружающей среды, создавая вероятностную тепловую карту, которая может быть проконсультирована для сравнения показаний RSS, полученных пользователем. Все предложенные методы требуют предварительного знания об окружающей среде и поэтому их применение менее обобщенные.

Шагомер счисления разных методик дает более общее решение, не требуя каких-либо предварительных изменений или знаний в навигационной среде. Учитывая известное начальное местоположение

(например, GPS в точке входа в здание), пользователи могут с большой вероятностью определить свой навигационный путь через обнаружение шага и оценку курса. Такие методы ограничены размещением датчика и качеством датчика. Наиболее точные результаты требуют размещения внешнего датчика в обуви[6] пользователей, показывает 0,5 м - 0,75 м точности в 8725 м² 3-этажного здания. Использование только мобильного смартфона предлагает более обобщенное решение, но страдает от ограниченного доступа к датчику, плохого качества датчика MEMS (Микроэлектромеханических систем) и более свободной связи между движением пользователя и возможностью зондирования. CompAcc(1) также может локализовать мобильного пользователя с помощью метода сопоставления карт вместе с GPS, акселерометром и компасом, но только на открытых площадках.

Этот авторский метод не может быть использован для локализации пользователя в здании изначально, потому что он требует GPS-подключения для начальной локализации пользователя. Даже если пользователь изначально был локализован в здании, этот авторский метод не может быть использован, потому что он требует периодического использования GPS для исправления локализации ошибки. Оценка шага выполняется статически заранее, что способствует ошибкам, в зависимости от изменчивости походки пользователя. Была исследована динамическая оценка шага, но датчики, как правило, устанавливаются на ногу для захвата качания ноги. Работа по компенсации этих ошибок использует фильтр Калмана[7], выражение Вайнберга или обновления нулевой скорости (ZUPT). Эти три метода минимизируют инерционный дрейф и могут предсказывать действия, основанные на предварительных знаниях о событиях. В частности, фильтр Калмана показало широкое использование, и ZUPT показал отличную точность коррекции.

Проектирование и архитектура системы

В этой работе наша цель состоит в том, чтобы спроектировать и разработать внутреннюю систему дополненной реальности для эвакуации, используя возможности смартфонов и поведение пользователей. В этом разделе мы сначала выделяем требования к проектированию системы и проблемы, а затем описываем общую архитектуру системы и ключевые компоненты.

Требования и допущения к проектированию системы

Поддержка внутренней дополненной реальности для эвакуации требует достижений исследований в ряде областей, включая точную локализацию в помещении, эффективную визуализацию в помещении и удобное взаимодействие с сервером, а также эффективные функции эвакуации, ключевое требование для систем AR. Из-за разнообразия и

динамики внутренних сред и действий пользователя, нам нужно точно определить местоположение пользователя в помещении (с тонкой детализацией и надежностью), с низкой задержкой и без слишком больших накладных расходов на мобильном устройстве.

Эффективная рекомендация пути выхода также важна для эвакуирования из опасного места в более безопасное внутри здания. Система должна рекомендовать лучший путь выхода, избегая потока людей. Наше решение не должно делать нереалистичных предположений о существовании обширной инфраструктуры для оказания помощи в решении любой из вышеперечисленных задач. Наша система не предполагает наличие сложных внутренних систем локализации.

Даже Wi-Fi подключение и локализованный Беспроводной доступ в Интернет не требуется, если есть внешние беспроводные подключения, такие как 3G или 4G. Мы предполагаем только возможности и датчики общие для большинства моделей смартфонов, например, телефоны iPhone и Android, в которых обычно есть камера, и следовательно, способна снимать непрерывное видео, и акселерометры способны измерять движение. Мы предполагаем, что цифровой компас работает в помещении, что мы и проверили, чтобы быть уверенными в типичных настройках здания. Мы не предполагаем наличие гироскопов на телефоне, так как не все смартфоны поддерживают их. Мы также предполагаем, что EERouter уже имеет карту изображения здания, географическую ориентацию и фактические размеры, расположение дверей с номером комнаты и дорожки, отмеченные на карте. EERouter поддерживает службы эвакуации во всех зданиях без каких-либо дополнительных затрат, если информация предоставляется.

Наша задача состоит в том, чтобы показать, как в предполагаемых условиях мы можем построить систему, которая успешно поддерживает мобильную дополненную реальность и 2D карту во внутренних условиях. Системная архитектура

Архитектура EERouter, показанная на рисунке 2, состоит из двух логических компонентов:

1. Мобильный компонент: этот компонент работает на смартфоне пользователя. Этот компонент реализует четыре важных функции. Во-первых, он предоставляет входные данные для позиционирования координаты местоположение, передавая соответствующие номера комнаты.

Во-вторых, он реализует алгоритм локализации на основе педометрии, чтобы точно определить текущее положение и ориентацию пользователя, когда пользователь идет вверх и вниз по коридору. В-третьих, он реализует трехмерную отрисовку здания с текущей точки зрения (расположение, ориентация и др.) через использование тегов AR. Наконец, он записывает шаблоны ходьбы пользователя, такие как длину

шага в открытой зоне, чтобы предсказать расстояние ходьбы пользователя в здании.

2. Внешняя служба определение местоположений: EERouter использует внешнюю службу определение местоположений, чтобы определить местоположение, пользователь отправляет номер комнаты двери, так как у сервера уже есть карта, сервер может с легкости определить местоположение пользователя. EERouter Сервер: этот компонент реализует наш алгоритм рекомендации для лучшего пути выхода для каждого пользователя. EERouter выбирает путь с кратчайшим временем для эвакуации. Это не всегда кратчайшее расстояние пути. Например, если кратчайший путь расстояния слишком переполнен, EERouter наблюдает за задержками других пользователей в системе и находит другой путь, который быстрее перенаправляет уведомляя каждого пострадавшего пользователя в режиме реального времени.

Системные компоненты

В этом разделе мы описываем проектирование и реализацию каждого компонента системы EERouter. Сервер EERouter, разрабатывается на backend части, координирует все взаимодействия между компонентами системы и отвечает за поддержание пространственной базы данных, которая содержит карту здания и метаданные, которые будут отображаться компонентом AR и 2D на мобильном клиенте. EERouter сервер реализован как веб-сервер, который предоставляет свои функциональные возможности внешне.



Рис.2. Облачная Архитектура EERouter.
Местоположения на основе педометрии

В педометрии на основе счисления системы, внутренняя локализация была реализована на языке Swift смартфона iPhone 6, работающий на iOS > 9.0 операционной системы. Смартфон iPhone 6 использует два трехосевых датчика движения, которые мы используем для локализации PDR: акселерометр и цифровой компас. Акселерометр мы используем как для обнаружения шага, так и для оценки шага. Цифровой компас используется для определения направления движения пользователя, с которого оценивается направление движения.

Обнаружение шага

Чтобы обнаружить шаг, мы следуем методу многошаговой обработки сигналов. Во-первых, значения акселерометра оси x, y-оси и z-оси нормированы путем удаления эффекта силы тяжести через среднюю операцию удаления. Во-вторых, мы вычисляем скользящее среднее нормализованного сигнала акселерометра. Скользящее среднее служит для минимизации ошибок, вызванных изменением пользовательской ориентации телефона в 3-осях, а также удаления нежелательных высоких частот из данных. В-третьих, мы рассмотрим как положительные, так и отрицательные пики в сигнале отслеживаемого сигнала акселерометра. Подлинный шаг будет генерировать как привязку, так и фазу отскока, соответствующую ударам ноги и ударам по земле. Таким образом, эта ступень характеризуется положительным пиком, за которым следует отрицательный пик данных акселерометра. Если разность амплитуд положительного и отрицательного пиков больше заданного порога, записывается шаг. Поскольку частота шагов составляет примерно 2-3 Гц, нам требуется временное расстояние между положительным и последовательным отрицательным пиком до ≤ 300 мс. Пиковая амплитудная разность должна превышать порог 1,0 г. Оба значения были экспериментально определены и проверены как хорошо выполняемые варианты. Было установлено, что добавление схемы адаптации динамического порога было хуже, чем статическая схема, что, возможно, свидетельствует о низкой частоте дискретизации акселерометра iOS, и поэтому сообщается статический пороговый метод.

Рекомендации к путям эвакуации

Приложение EERouter предоставляет рекомендуемый путь выхода для пользователя на основе кратчайшего пути от пользователя до места выхода. Например, пользователь запрашивает путь эвакуации, используя свой смартфон, когда он оказывается в опасном месте или ситуации в здании. Пользователь набирает номер комнаты и телефон затем отправляет на сервер информацию. Сервер вычисляет время выхода для возможных мест выхода, исходя из скорости ходьбы пользователя и

расстояния между пользователем и выходными дверями. Формула расчета времени выхода приведена ниже в уравнении 4. После сравнения различных времен выхода сервер отправляет обратно путь выхода с наименьшим временем на телефон пользователя. Этот путь будет самым коротким путем, который пользователь может предпринять, чтобы выйти из здания.

$$\text{Время Выхода} = \text{Длина Пути} / \text{скорость Ходьбы} \quad (4)$$

Приложение EERouter помогает пользователям избежать переполненных коридоров в здании. Например, когда вокруг входной двери находится толпа людей, пытающихся быстро эвакуироваться, большинство из них не смогут своевременно и безопасно выйти.

Если пользователь начинает приближаться к такому месту выхода, основываясь на первоначальной рекомендации EERouter кратчайшего пути, сервер будет реагировать на это, и будет делать следующий шаг:

Если выход переполнен приведена ниже в уравнении 5. Это определяется с помощью вместимости двери и количество людей у выхода. Вместимость двери определяется с размером выхода, размер выхода уже будет нарисована на ожидаемой карте здания. Если вместимость двери меньше чем людей у выхода и если у остальных выходов нет скопления людей, то сервер вычитывает время прибытия до следующего двери и выхода через текущий дверь (4), если время меньше чем выхода из текущей двери то пользователю присылается на телефон новый координаты выхода. А на телефоне покажет новый путь до выхода, если текущий путь меньше чем рекомендованного выхода, то пользователю ничего не отправится.

$$\text{Выход Переполнен} = \text{Вместимость Двери} - \text{Количество Людей} > 0 \quad (5)$$

2D карты

Приложение EERouter также предоставляет 2D-карту, к которой пользователи могут получить доступ при нажатии кнопки, чтобы они могли видеть свое текущее местоположение в здании и все рекомендуемые пути выхода на этой карте, как показано на рисунке 1(b). Таким образом потребители могут знать куда они последуют и где они расположены в здании в данный момент, пока находятся внутри этого же здания. Эта 2D карта, которая была реализована с помощью этого приложения, основана на OpenGL. Пользователи могут использовать эту карту в любое время и даже покинуть здание, используя его. Пользователи также могут изменять размер или положение карты, управляя сенсорным экраном на смартфоне. При ходьбе в здании, которое

имеет долгие или сложные пути, пользователи могут видеть свое текущее местоположение и часть карты в любое время

Экспериментальные данные

Базовый эксперимент по подсчету шагов

Мы провели эксперимент для правильного подсчета шагов в зависимости от ориентации телефона с использованием уравнения 1, чтобы использовать эту информацию в индивидуальном измерении длины шага пользователя. Мы собрали эти данные, измерив влияние каждого шага пользователя, пока он шел в разные места на открытых площадках, используя GPS и акселерометр. Средняя длина шага была рассчитана с использованием числа шагов, как в уравнении 3. Телефон был перенесен в карман или в сумку и расположен в разных ориентациях, как на рисунке 3. Мы измерили количество шагов, используя три оси акселерометра, как в таблице 1. В случае А и в случае С ось z акселерометра сильно влияет на обнаружение числа шагов. Ось x сильно влияет на обнаружение в случаях В и F, а ось y сильно влияет на обнаружение в случаях D и E. В этом эксперименте мы оценили точность предложенного алгоритма относительно того, что обнаружило ли оно количество шагов правильно.



Рис.3. Ориентации iPhone 6. Телефон был в кармане и в сумке, и расположен в разных направлениях

Таблица 1

Подсчет шагов в зависимости от ориентации

Ориентир	Шаги	х-ось	у-ось	z-ось	Макс.оси
A	470	380	192	460	z-ось
B	472	464	252	452	х-ось
C	468	72	332	461	z-ось
D	476	160	452	380	у-ось
E	452	416	432	232	у-ось
F	460	456	412	372	х-ось

Заклучение

В этой статье было показано, что EERouter является новой системой аварийной эвакуации, которая была успешно внедрена на мобильном телефоне для использования в больших помещениях. Мы объяснили, как мы разработали и протестировали различные компоненты этой системы, которые включают в себя: персонализированную педометрию, внутреннюю мобильную Дополненную реальность, облачную информацию и оптимальный алгоритм выхода. Были показаны, что работали совмещенные компоненты этой системы эффективно совместно для того чтобы порекомендовать самый быстрый и самый короткий путь к пользователям в непредвиденных ситуациях. Кроме того, было доказано, что практический персонализированный алгоритм педометрии, который включает оценку шага пользователя и использует адаптивный метод подключения GPS, обеспечивает высокую точность позиционирования для пользователей мобильных телефонов.

EERouter потенциально было показано, чтобы решить текущие ограничения доступных аварийных приложений на смартфонах, используя датчики по телефону, в сочетании с персональной ежедневной оценки длины шага пользователя и пользовательской локализации облачной информации для поддержки своевременной эвакуации пользователя из средне-крупных строительных средах в чрезвычайных

ситуациях. Однако на данный момент Приложение EErouter не было протестировано в реальной чрезвычайной ситуации эвакуации. На этапе тестирования этой системы было невозможно создать реальную чрезвычайную ситуацию (например, пожар или взрыв бомбы в здании), в которой можно было бы полностью оценить ее эффективность в реальной жизни. Тем не менее, есть надежда, что эта система может быть дополнительно протестирована в большем масштабе с имитацией аварийной эвакуации, так что в будущем она может быть предоставлена общественности в качестве полностью протестированной системы эвакуации мобильных приложений. Кроме того, еще одним будущим усовершенствованием приложения EERouter было бы интегрировать его с существующей системой сигнализации или облаком здания (например, база данных полиции), чтобы получить критическую информацию о чрезвычайной ситуации для пользователя, который пытается эвакуировать здание, используя нашу систему в режиме реального времени.

Список использованной литературы:

- 1 Miller, L.E., Wilson, P.F., Bryner, N.P., Francis, M.H., Guerrieri, J.R., Stroup, D.W. RFID-assisted indoor localization and communication for first responders. – Sydney: Williams, 2006. – 6 p.
- 2 Miluzzo, E., Lane, N.D., Fodor, K., Peterson, R., Lu, H., Musolesi, M., Eisenman, S.B., Zheng, X., Campbell, A.T. Sensing meets mobile social networks: the design, implementation and evaluation of the cenceme application. – New York: Knowledge, 2008. – 350 p.
- 3 Miluzzo, E., Cornelius, C., Ramaswamy, A., Choudhury, T., Liu, Z., Campbell, A.T. Darwin phones: the evolution of sensing and inference on mobile phones. – Sys: MobySys, 2010. – 20 p.
- 4 Fuchs, C., Aschenbruck, N., Martini, P., Wieneke, M. A. Survey on indoor tracking for mission critical scenarios-Pervasive: Mobile Computing, 2010. – 340 p.
- 5 Ladstaetter, S., Luley, P., Almer, A., Paletta, L. Multisensor data fusion for high accuracy positioning on mobile phones. – New York: Technosphere. –396 p.
- 6 Beauregard, S. Omnidirectional Pedestrian Navigation for First Responders. – Germany:Hanover, 2007. – 36 p.
- 7 Gonzalez, M.C., Hidalgo, C.A., Barabasi, A.L. Understanding individual human mobility patterns. – Milan: Nature, 2008. – 782 p.