

Е.К. Айтенов*, **М.И. Тулепов**, **Н.Ж. Нагыман**

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: erzhan-aytenov@mail.ru

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Аннотация. С каждым годом все больше свидетельств увеличения террористической активности, распространившейся по всему миру. В свете современных технологий и разнообразных угроз необходимо обнаруживать и предотвращать это с помощью надежных методов. Из-за большого размера традиционных систем обнаружения взрывчатых веществ, нецелесообразно использовать их в нынешних условиях в общественных местах, таких как железнодорожные вокзалы, аэропорты, автовокзалы и так далее. Необходимость ручного контакта - еще одна проблема в традиционных системах. Поэтому существует настоятельная необходимость в том, чтобы обнаружение взрывчатых веществ было включено в мобильную сеть, такую как беспроводная сенсорная сеть. Поскольку узлы беспроводной сенсорной сети могут быть скрыты от посторонних глаз, такая сеть является идеальным методом для автоматического обнаружения взрывчатых веществ в режиме реального времени. Реализация таких сетей может проложить путь для установки беспроводных сенсорных сетей в общественных местах для защиты жизни и имущества граждан. С этой целью мы рассмотрим литературу о современном состоянии взрывчатых веществ, их характеристике, методах обнаружения, включая использование беспроводных сенсорных сетей для автоматического обнаружения взрывчатых веществ в режиме реального времени. Эта статья дает представление о различных представлениях о взрывчатых веществах и методах обнаружения, которые могут помочь в дальнейших исследованиях по созданию системы защиты для обнаружения взрывчатых веществ.

Ключевые слова: Взрывчатые вещества, методы обнаружения взрывчатых веществ, беспроводная сенсорная сеть, характеристика взрывчатых веществ.

Введение. Большое внимание уделяется исследованиям, связанным с обнаружением взрывчатых веществ после террористических атак по всему миру. Мир располагает достаточными доказательствами этого насилия, и несколько тысяч человек погибли и еще больше получили ранения. Правительственные инфраструктуры и простые люди являются мишенями для террористов. Самодельные взрывные устройства (СВУ) используются для совершения терактов из отдаленного места с использованием мобильных телефонов и других устройств. Поэтому крайне важно иметь надежные системы обнаружения для защиты людей и имущества от опасных нападений. Обычные системы, используемые для обнаружения взрывчатых веществ, являются дорогостоящими и объемными. Кроме того, они нуждаются в ручном вмешательстве, помимо того, что они видны публично, что заставляет злоумышленников соответствующим образом менять свои планы. Создание автоматизированной сети обнаружения, которая может быть легко развернута, является очень важной задачей. Другими словами, сеть для обнаружения взрывчатых веществ может быть скрыта от глаз общественности, чтобы она автоматически выполняла свою работу по обнаружению взрывчатых веществ и информированию заинтересованных лиц. Однако создание такой надежной системы является очень сложной задачей. В последнее время в литературе были обнаружены некоторые попытки защитить интересы общественности и собственности путем развертывания датчиков для формирования беспроводной сенсорной сети, которая может обнаруживать СВУ и химические вещества, используемые в материалах. Тем не менее, это исследование можно считать находящимся в зачаточном состоянии, и есть много возможностей для исследований в области обнаружения взрывчатых веществ с использованием беспроводной сенсорной сети. В этом исследовании мы исследуем пути и

средства, чтобы предложить механизм и реализовать его с помощью возможного междисциплинарного изучения и использования необходимого оборудования. Из первоначального исследования следует, что предлагаемая система состоит из процессора, датчика и беспроводного приемопередающего оборудования. Система сможет собирать данные датчиков и выполнять обработку данных с использованием предложенной методологии, а также уведомлять сотрудников службы безопасности о любых подозрительных материалах. Наш вклад в эту работу включает обзор литературы, чтобы дать представление о различных взрывчатых веществах и методах их обнаружения. Мы намерены предложить механизм для БСС по обнаружению взрывчатых веществ. Данная статья структурирована следующим образом. Раздел 2 проливает свет на беспроводные сенсорные сети, их применение и проблемы. Раздел 3 посвящен обнаружению взрывчатых веществ в почве и воде. В разделе 4 подробно рассказывается о БСС и сенсорных сетях для обнаружения взрывчатых веществ. В разделе 5 рассмотрены коммерчески доступные технологии обнаружения взрывчатых веществ. В разделе 6 приводится спектрометрия подвижности ионов для исследования органических взрывчатых веществ. В разделе 7 содержится более подробная информация о категориях и методах обнаружения взрывчатых веществ. Раздел 8 посвящен характеристике взрывчатых веществ для методов обнаружения. В разделе 9 излагается подход к дискриминации материалов для обнаружения взрывчатых веществ, в итоге раздел 10 завершает документ, указав направление будущей работы.

Основная часть. Приложения и проблемы БСС. Сенсорные сети могут предлагать сенсорные, коммуникационные и вычислительные возможности. Использование такой сети стало повсеместным. Эти приложения применяются во многих различных областях, таких как образование, изучение среды обитания диких животных, наблюдение, сельское хозяйство, микрохирургия, образование детей и военные. Строгие энергетические ограничения бросают много проблем в БСС [1], [15], [17], [27], [33]. Причина этого заключается в том, что сенсорные узлы работают в необслуживаемых средах с питанием от батареи [2], [46]. Существуют некоторые другие приложения БСС, такие как геофизический мониторинг, точное сельское хозяйство, отслеживание стад животных, мониторинг трафика. Характеристики БСС включают в себя подверженность сбоям, ограниченную энергию, мобильность узлов, гетерогенность, сбои связи, проблемы масштабируемости, враждебную среду и так далее [3], [4]. Алгоритмы кластеризации могут быть использованы в БСС для различных приложений безопасности [12], [51]. Используя знания о развертывании, в БСС появились схемы управления ключами для безопасной связи [13]. Когда БСС состоит из тысяч узлов, связь в реальном времени требует надежной архитектуры, как описано в [14]. Узлы, расположенные по местам в БСС, могут легко участвовать в приложениях безопасности [16]. Синхронизация часов является одним из методов повышения эффективности в БСС, поскольку необходимо идентифицировать временные события [18], [49]. Маломощные беспроводные сенсорные сети не только уязвимы, но и подвержены влиянию ресурсов [19]. Распределенная локализация также помогает в БСС для лучшей и точной производительности в отслеживании целей и других приложениях [20], [21], [31]. БСС работают с различными протоколами маршрутизации и поддерживают распределенную маршрутизацию с требуемым качеством обслуживания [22], [44]. Более подробные исследования по качеству обслуживания БСС можно найти в [38]. Концепции гетерогенности, энергоэффективности и кластеризации БСС помогают использовать его для обнаружения взрывчатых веществ в экспериментах [23], [39], [42]. Безопасная маршрутизация при наличии атак исследована в [40]. Сетевые проблемы в БСС могут помочь охарактеризовать его для обнаружения взрывчатых веществ. Вопросы, связанные с сетевым взаимодействием, можно найти в [24]. Коммуникационные процедуры в БСС часто приводят к расхождениям между моделированием и основной правдой [25]. Беспроводные сенсорные сети могут быть развернуты различными способами, включая иерархические, где группы узлов выполняют различные задачи [26]. БСС поддерживает различные протоколы

MAC, такие как S-MAC, WiseMAC, адаптивный к трафику MAC, SIFT, DMAC и Timeout – MAC. Существуют мультимедийные датчики, которые могут помочь в визуализации обнаружения взрывчатых веществ. Такую полезную информацию можно найти в [30]. Конфигурация мобильной ретрансляции изучена в [34] для обеспечения эффективной передачи огромных данных в мобильных сетях. Модель радиорегулярности в БСС исследована в [36], которая может помочь при использовании сети для обнаружения взрывчатых веществ. Энергоэффективная система наблюдения может быть выполнена с использованием БСС [37]. Такого рода возможности БСС могут быть использованы для создания новых возможностей обнаружения взрывчатых веществ. Самоорганизация также возможна с помощью БСС [41]. Распределенная обработка сигналов в БСС может повлиять на масштабируемость, эффективность полосы пропускания и на надежность [43]. Криптография с эллиптическими кривыми является одним из подходов к защищенным сетям связи. Лю и Нинг [45] исследовали настраиваемую библиотеку для БСС. Сенсорные узлы могут работать в сотрудничестве с открытыми узлами, как описано в [47]. Отслеживание целей является одной из важных функций БСС, которая также может быть изучена в контексте обнаружения взрывчатых веществ. Узлы в БСС могут формироваться в кластеры для эффективного и акустического сопровождения целей [50]. БСС используется для мониторинга среды обитания [52]. Эта функция может быть расширена для мониторинга окружающей среды и даже обнаружения взрывчатых веществ.

Обнаружение взрывчатых веществ в почве и в воде. Во многих странах взрывчатые вещества хранятся в почве и воде. Они находились под контролем соответствующих правительств. Однако поддержание таких сайтов и мониторинг их, помимо их обнаружения, играют ключевую роль в обслуживании этих сайтов. В обнаружении взрывчатых веществ могут участвовать электронные датчики. Уотсон и Макгуайр [4] исследовали поверхностную акустическую волну (ПАВ) для обнаружения взрывчатых веществ. Их исследование проводилось в контексте взрывчатых веществ, сброшенных правительством США в военных целях. Они предоставляют подробную информацию о системе анализа паров модели 7100 для количественного определения паров и, таким образом, обнаружения взрывчатых веществ. В экспериментах использовалась идентификация различных материалов, таких как 2,6-динитротолуол, 2,4-динитротолуол, гексагидро-1,3,5-тринитро-1,3, 5-триазин (гексоген) и 2,4,6-динитротолуол. Кристаллы ПАВ широко используются для экспериментов по обнаружению взрывчатых веществ. Кристаллы ПАВ подвергаются воздействию различных полимерных покрытий, относящихся к парам, которые должны быть охарактеризованы. Снижение чувствительности наблюдается при нанесении полимерных покрытий на кристаллы ПАВ. Для обнаружения взрывчатых веществ использовались различные методы. Они известны как калибровка, анализ почвы и анализ воды. Результаты показали, что эффективность методологии, используемой для экспериментов, может быть еще более улучшена. Это происходит потому, что результаты экспериментов не совпадают с основной истиной.

Датчики или БСС для обнаружения взрывчатых веществ. Сундрам [5], майор вооруженных сил Сингапура, провел эксперименты с БСС для обнаружения взрывчатых веществ. Основное внимание в его исследованиях было уделено самодельным взрывным устройствам (СВУ) в рамках наблюдения в общественных местах. Для экспериментов использовались инфракрасные и магнитные датчики. Среда, в которой проводились эксперименты, - это общественный торговый центр и улица поблизости. Модель угрозы содержит установку самодельного взрывного устройства. Была построена и размещена в окружающей среде коллекция датчиков. Испытуемым было предложено взять с собой взрывчатые вещества и направиться к сосуду. В датчиках использовались два типа детекторов. Это известные магнитные детекторы и инфракрасные детекторы. Магнитные датчики смогли обнаружить взрывчатку, в то время как инфракрасные датчики не могли сделать это правильно из-за фонового инфракрасного излучения. Как показывают

результаты, эта технология может быть использована для защиты общественных зон и общественных мест, таких как аэропорты. Билекит [10] исследовал, как можно использовать датчики и системы, которые могут быть использованы для обнаружения взрывных устройств. Самодельные взрывные устройства (СВУ) и меры противодействия являются важным содержанием их исследований. Датчики-это устройства, которые могут воспринимать окружающую среду для сбора данных и анализа. В процессе работы сенсорные устройства могут быть запрограммированы на обнаружение взрывчатых веществ. Например, датчики могут быть химическими датчиками, электрохимическими датчиками, хроматографическими датчиками и так далее. Взрывчатых веществ насчитывается более сотни. Однако они имеют определенные общие характеристики, такие как геометрия, плотность материала, элементный состав и выбросы паров. Геометрия может быть проанализирована с помощью анализа формы изображения. Плотность материала отражает вероятность наличия взрывчатых веществ, поскольку взрывчатые вещества плотнее других материалов. Элементный состав может быть проанализирован с помощью анализа эмиссии паров. Выбросы паров могут осуществляться с использованием проб паров и их анализом [10]. Концентрация паров взрывчатых веществ может быть разделена на три категории, такие как А, В и С, в зависимости от концентрации воздуха при комнатной температуре.

По массе молекулы и концентрации воздуха при комнатной температуре можно определить взрывчатые вещества. Для идентификации взрывчатых веществ с определенной вероятностью могут использоваться такие методы обнаружения, как методы обнаружения навалом или трассировки. На основе этих факторов изготавливаются различные сенсорные устройства, которые могут помочь в обнаружении взрывчатых веществ [10]. Поскольку датчики в реальном мире могут быть громоздкими и не могут быть установлены без публичной видимости, важно найти альтернативы традиционным устройствам. Автоматическое обнаружение взрывчатых веществ на данный момент является весьма желательным исследованием в реальном мире. В связи с террористическими нападениями и тревожным характером их деятельности и прогнозируемым ущербом крайне важно иметь успешные сети, которые собирают контрразведывательные данные и принимают необходимые меры. В [28] была предпринята попытка автоматического обнаружения взрывчатых веществ с использованием БСС. Архитектура обнаружения была предложена, как показано на рис. 2.

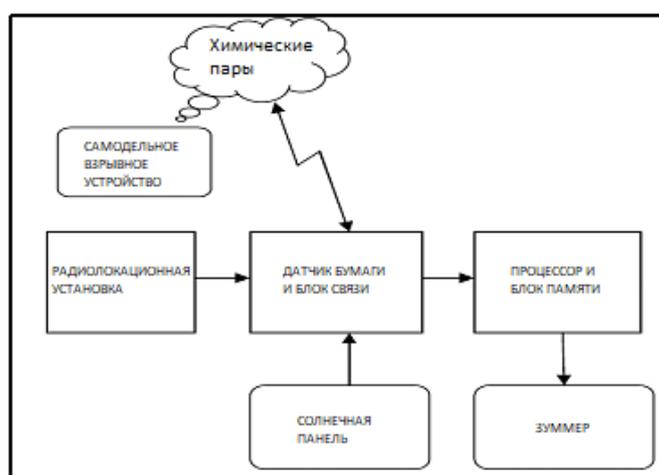


Рисунок 2. Архитектура обнаружения взрывчатых веществ [28]

Как видно на рис. 2, очевидно, что химические пары СВУ используются в качестве входных данных для системы. В архитектуре используются радиолокационный блок, датчик бумаги, блок связи, процессор и блок памяти, зуммер, солнечная панель. Модуль солнечной

панели используется для источника питания. Бумажный датчик используется для отслеживания паров различных взрывчатых веществ, используемых в экспериментах. Блок связи отвечает за связь с другими датчиками в сети. Процессор играет жизненно важную роль в обработке полученных данных. Для отслеживания движения светодиода используется радиолокационный блок. Зуммер используется для указания взрывчатых веществ при правильном подборе. Такого рода эксперименты в реальном мире стоят дорого. В нашей будущей работе мы намерены провести такой эксперимент с моделированием. Имитационное исследование может доказать концепцию, прежде чем реализовать технику в реальном мире.

Коммерчески доступные технологии обнаружения взрывчатых веществ. Тисенет [6] провел обзор коммерчески доступных технологий обнаружения взрывчатых веществ. Методы обнаружения взрывчатых веществ подразделяются на два типа. Это обнаружение следов паров/частиц и обнаружение объема. Методы массового обнаружения бывают двух типов. Это методы визуализации и ядерные методы.

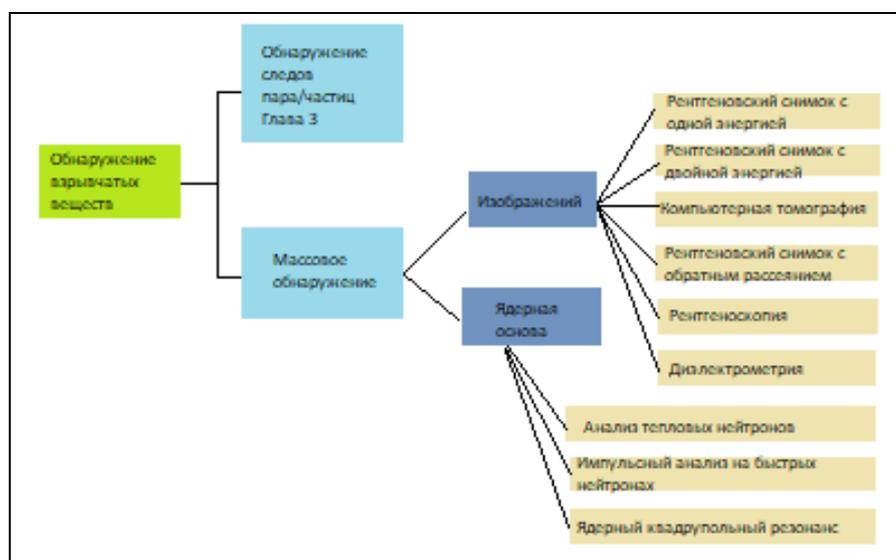


Рисунок 3. Технологии обнаружения взрывчатых веществ [6]

Основными технологиями объемного обнаружения изображений являются одноэнергетический рентгеновский снимок, двухэнергетический рентгеновский снимок, компьютерная томография, рентгенография с обратным рассеянием, рентгеноскопия и диэлектрометрия. Ядерные методы включают анализ тепловых нейтронов, импульсный анализ быстрых нейтронов, ядерный квадрупольный резонанс. Есть много преимуществ, связанных с обнаружением взрывчатых веществ. Некоторые из потенциальных применений включают проверку персонала на лету, проверку большого количества транспортных средств и отправленных товаров. Они также используются для поиска бомб, обработки особых ситуаций и защиты специальной инфраструктуры. Однако методы скрининга бросают вызов проблемам со здоровьем, которые необходимо учитывать.

Спектрометрия подвижности ионов для исследования органических взрывчатых веществ. Коюнжу и др. [7] изучали органические взрывчатые вещества с помощью спектрометрии подвижности ионов (IMS). Они предложили аналитический метод и внедрили его. Метод состоит из трех этапов. На первом этапе исследование стандартных смесевых растворов ТЕТРИЛА, ПЭТН, ГЕКСОГЕНА и тротила производится с использованием IMS. На втором этапе для качественного анализа используются реальные остатки взрывчатых веществ. На третьем этапе были проведены эксперименты по отслеживанию остатков взрывчатых веществ. IMS, также известная как плазменная хроматография, является одним

из аналитических методов, позволяющих отделять молекулы ионизированного газа на основе подвижности. Система IMS нуждается в подходящем источнике ионов, чтобы хорошо функционировать. Бета-излучатель обычно используется в качестве источника ионов. В экспериментах преимущественно используются ионы реагентов. Ионы и молекулы реагентов участвуют в процессе изучения возможной динамики и характеристик взрывчатых веществ. Образцы остатков после взрыва использовались для экспериментов, в которых органические взрывчатые вещества изучались с помощью системы IMS. IMS может выполняться с меньшим объемом выборки по сравнению с другими методами.

Категории и методы обнаружения взрывчатых веществ. Дэвид и Льюис [8] исследовали различные методы обнаружения взрывчатых веществ и их категории. Особенно эти методы используются для защиты границ, аэропортов и так далее. Трассировка и объем-две основные категории методов обнаружения взрывчатых веществ. Обнаружение следов относится к методу обнаружения, который использует небольшие количества взрывчатых веществ. Эти взрывчатые вещества находятся в двух формах, таких как пар или твердые частицы. Первый находится в воздухе, в то время как второй представляет собой остаток взрывчатого вещества, который прилипает к поверхностям предметного помещения. Методы обнаружения объемных взрывчатых веществ позволяют обнаруживать макроскопические массы взрывчатых веществ, которые видны человеческому глазу, и они обладают высокой проникающей способностью для максимального разрушения.

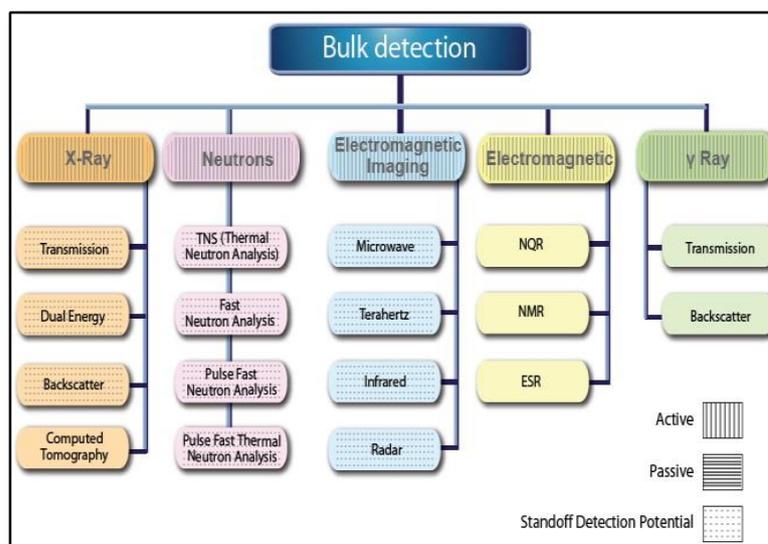


Рисунок 4. Методы массового обнаружения различных видов ВВ[8]

Как показано на рис. 4, очевидно, что существует пять категорий методов массового обнаружения. Опять же, в каждой категории есть методы с активным, пассивным и потенциалом обнаружения ВВ. Категории: Рентгеновские лучи, Нейтроны, Электромагнитная визуализация, Электромагнитные лучи и γ -лучи. Рентгеновские методы основаны на передаче, двойной энергии, обратном рассеянии и компьютерной томографии. Методы нейтронов включают термический, быстрый, импульсный быстрый и импульсный быстрый анализ тепловых нейтронов. Методы электромагнитной визуализации включают микроволновую, терагерцовую, инфракрасную и радиолокационную. Электромагнитные методы включают NQR, ЯМР и ЭПР, в то время как методы γ -лучей основаны на передаче и обратном рассеянии [8].

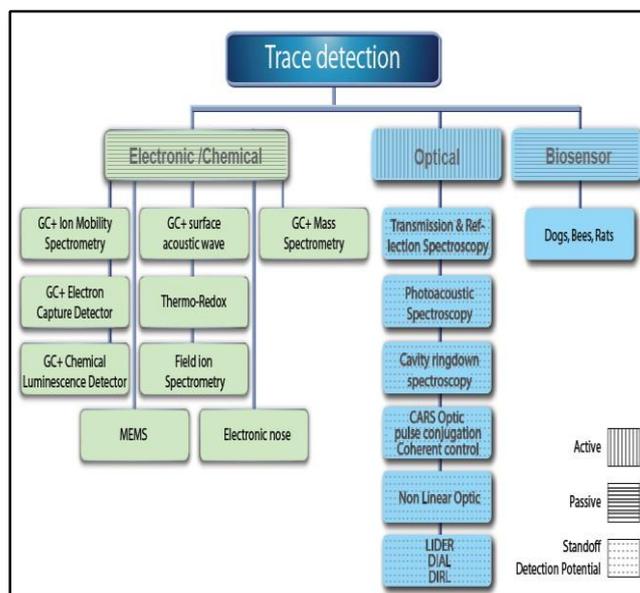


Рисунок 5. Методы обнаружения следов [8]

Как описано в [8], методы обнаружения следов подразделяются на электронные/химические, оптические и биосенсорные. Существует множество методов, относящихся к электронной/химической категории, такие как спектрометрия подвижности ионов GC+, поверхностная акустическая волна GC+, масс-спектрометрия GC+, детектор захвата электронов GC+, термоокислительный, детектор химической люминесценции GC+, полевая, ионная спектрометрия и электронный нос. Оптическая категория включает в себя спектроскопию пропускания и отражения, фотоакустический спектрометр, кольцевую спектроскопию резонатора, когерентное управление сопряжением оптических импульсов CARS, нелинейную оптику, LLIDER, DIAL и DIRL. Методы биосенсора основаны на экспериментах на собаках, пчелах и крысах. Эти методы подразделяются на три различных типа, таких как активный, пассивный и потенциал обнаружения ВВ [8]. Как обсуждалось в [9], самодельные взрывчатые вещества (ВВ) используются террористами, и методы обнаружения должны быть адаптированы для удовлетворения этого требования. На самом деле, многие нападения на США выявили этот факт.

Характеристика взрывчатых веществ для методов обнаружения. На самом деле очень важно охарактеризовать взрывчатые вещества до их обнаружения. Поскольку характеристика может помочь программам изучить особенности взрывчатых веществ. Характеристика может помочь исследователям автоматизировать процесс обнаружения. Мы считаем, что эта характеристика может помочь в разработке и развертывании БСС с целью обнаружения взрывчатых веществ интуитивно. Турн [11] исследовал криминалистические исследования для характеристики и обнаружения взрывчатых веществ. Для характеристики взрывчатых веществ необходимо изучать и анализировать различные свойства. Поэтому характеристику можно проводить с точки зрения электромагнитных, тепловых, акустических, механических, физических и химических свойств. Успешная характеристика взрывчатых веществ может помочь повысить точность обнаружения. Следы СВУ могут быть использованы для механической характеристики. Механическая характеристика взрывчатых веществ основана на следах, которые прилипают к поверхностям. Взрывы, произведенные в военных целях, могут быть использованы для сбора следов, а механическая характеристика основана на сцеплении следов с другими компонентами. Шероховатость и ориентация частиц подложки используются для механической характеристики. Физическая характеристика относится к чувствительности к детонации и удару. Существует множество

свойств, связанные с плотностью, морфологией кристаллов, размером частиц и площадью поверхности. Особенно данные морфологии играют жизненно важную роль в физической характеристике [11]. Что касается термической характеристики, то механические и тепловые возбуждения играют большую роль. Давление паров взрывчатых веществ чувствительна к температуре. Этот факт дает необходимое представление о происхождении индуцированного химического разложения взрывчатых веществ. Акустическая характеристика относится к эволюции повреждений. Определение повреждений изучается с помощью компьютерной томографии (КТ) и акустической эмиссии. Электромагнитная характеристика относится к терагерцовым (ТГц) откликам. На основе ТГц можно охарактеризовать взрывчатые вещества. Количественный анализ электромагнитных откликов может дать необходимую информацию для характеристики таких взрывчатых веществ. Наиболее передовые методы обнаружения, использующие эти характеристики, включают масс-спектрометрию, спектрометрию подвижности ионов, терагерцовую спектроскопию, инфракрасную спектроскопию, спектроскопию лазерного индуцированного пробоя, спектроскопию комбинационного рассеяния и спектроскопию комбинационного рассеяния с поверхностным усилением. В процессе обнаружения взрывчатых веществ сенсорные технологии играют жизненно важную роль. Существует множество датчиков, такие как датчики SAW, датчики QCM и датчики MEMS. Датчики на основе углеродных нанотрубок также были исследованы для обнаружения взрывчатых веществ [11].

Подход к различению материалов для обнаружения взрывчатых веществ. Взрывчатые вещества обычно перевозятся в багажных сумках, рюкзаках или подобных носителях. Поэтому одной из важных технологий для обнаружения такого материала является рентгенография. Иными словами, рентгеновская компьютерная томография (КТ) является наиболее известным способом получения материалов, которые хранятся в мешках и других контейнерах. Таким образом, внутренние вещи могут быть поняты программно. Затем можно использовать многоэнергетическую КТ (МЭТ), чтобы получить более подробную информацию об изучаемом материале [32].

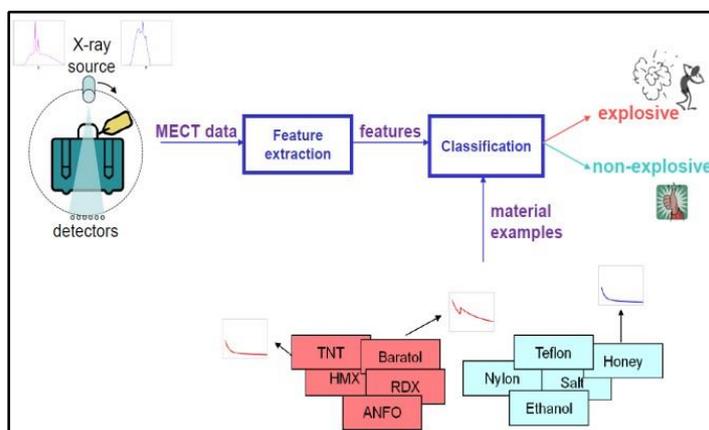


Рисунок 6. Перспектива машинного обучения для обнаружения взрывчатых веществ [32]

Как видно из рис.6, очевидно, что образцы материала помещаются в пакет, который подвергается воздействию источника рентгеновского излучения. Позже, как обсуждалось ранее, МЭСТ используется для извлечения более подробной информации, а данные МЭСТ отправляются для извлечения функций. Извлеченные элементы классифицируются на взрывчатые и невзрывчатые вещества. Обычные механизмы могут быть не в состоянии точно обнаружить. Однако с появлением новых технологий в области МЭСТ можно использовать для повышения точности обнаружения. Поскольку МЭСТ извлекает больше функций, которые могут помочь в увеличении объема обнаружения. Адаптивное изучение и

использование функций может помочь повысить производительность обнаружения. Однако результаты обнаружения в конечном счете ограничены фундаментальными ограничениями технологии МЕСТ [32]. В нашей будущей работе мы намерены изучить возможные способы повышения эффективности обнаружения для устранения ложных тревог и увеличения пропускной способности.

Технология рентгеновского излучения была использована для обнаружения взрывчатых веществ. Ребуфел [35] исследовал его подробнее. Рентгеновские технологии, основанные на двухэнергетической рентгенографии, могут обеспечить характеристику на более широком уровне. Дальнейшее совершенствование осуществляется с помощью рентгеновских детекторов на основе полупроводников. Они исследовали различные системы обнаружения взрывчатых веществ (EDSs), основанные на рентгеновских лучах. Детекторы CdTe/CdZnTe оказались лучше, чем их аналоги, такие как германиевые детекторы. Для некоторых конкретных конфигураций альтернативным методом, который оказался полезным, является обратное рассеяние. Локальная точная характеристика стала возможной с помощью спектрометрических детекторов. Как показано в [53], сложные биологические образцы могут быть изучены и различены с помощью различных методов, таких как масс – спектрометрия подвижности ионов с целью протеомики. Он может быть использован для изучения биофизических особенностей при обнаружении взрывчатых веществ.

Выводы и будущая работа. Человек добился огромного прогресса в научных изобретениях, используя естественные законы. Однако постоянно растущая угроза терроризма стала реальным препятствием на пути развития стран по всему миру. Террористы намеренно используют взрывчатые вещества, чтобы нарушить нормальную жизнь в странах. Иногда контрмеры оказывались неэффективными из-за адаптации новых механизмов или технологий. Поэтому неизбежно движение к исследованиям, которые могут обеспечить надежные механизмы защиты собственности и жизни общественности. С этой целью один из подходов заключается в том, чтобы иметь возможность обнаруживать взрывчатые вещества на ранней стадии и автоматически. Нынешние устройства обнаружения громоздки, и их наличие известно любому. Это помогает антисоциальным элементам соответствующим образом менять свои планы. Важным пониманием этого является наличие такой сети, как БСС, для автоматического обнаружения взрывчатых веществ. Поскольку сенсорные узлы, используемые в БСС, управляются скрытыми от глаз общественности, эта сеть более эффективна, когда существует совершенная методология, которая может быть использована в сенсорных узлах для автоматического обнаружения взрывчатых веществ. Мы намерены построить такую методологию в будущем с помощью имитационного исследования. До этого мы сочли полезным провести обзор современного состояния взрывчатых веществ, методов их обнаружения и определили необходимость предложенного механизма для ББ для обнаружения взрывчатых веществ в режиме реального времени. С этой целью в настоящей статье мы пролили свет на различные аспекты взрывчатых веществ, их характеристику, обнаружение и возможные технологии для принятия соответствующих мер.

REFERENCE

- [1] Daniele Puccinelli and Martin Haenggi. Wireless Sensor Networks: Applications and Challenges of Ubiquitous Sensing// *IEEE*. 2005. - p.12-17.
- [2] Youngmin Kim, Hyojeong Shin, and Hojung Cha. Y-MAC: An Energy-efficient Multi-channel MAC Protocol for Dense Wireless Sensor Networks.// *IEEE*. – 2008. - p.25-34.
- [3] Kay romar,rahul.p. Middl chanllge wsn.// *IEEE*. – 2008. - p.213-313.
- [4] Gary W. Watson and David S. McGuire. Detection Of Explosives In Soil And Waterwith An Electronic Nose, 1999 – p.1-10.
- [5] Joshua Sundram and Phua Poh Sim. Using Wireless Sensor Networks In Improvised Explosive Device Detection, 2007 – p.1-91.

- [6] Lisa Thiesan, David Hannum, Dale W. Murray, John E. Parmeter, Survey of Commercially Available Explosives Detection Technologies and Equipment// Sandia National Laboratories – 2005 – p.1-97.
- [7] H'ulya KOYUNCU, Ertan SEVEN and Ayla CALIMLI. Examination of Some Organic Explosives by IonMobility Spectrometry (IMS), 2005 – p.255-264.
- [8] J David and A M Lewis. Explosive Detection Equipment and Technology for Border Security, JRC scientific and technical reports, 2008 – p.1-62.
- [9] Dr. Ruth Doherty. Detection of Homemade Explosives (HMEs), 2009 – p.1-4.
- [10] ZbigniewBielecki, Jacek Janucki, Adam Kawalec, Janusz Mikołajczyk, Norbert Pałka, Mateusz Pasternak, Tadeusz Pustelny, Tadeusz Stacewicz, Jacek Wojtas. Sensors And Systems For The Detection Of Explosive Devices –An Overview, 2012 – p.3-28.
- [11] Marilyn Tourné, Developments in Explosives Characterization and Detection, Forensic Research, 2013 – p.1-10.
- [12] Ameer Ahmed Abbasi a, Mohamed Younis. A survey on clustering algorithms for wireless sensor networks// *Elsevier* 30 (1) – 2007 - p.32-44.
- [13] Wenliang Du,Jing Deng. A Key Management Scheme for Wireless Sensor Networks Using Deployment Knowledge// *IEEE* – 2004 - p.56-60.
- [14] Chenyang Lu Brian M. Blum Tarek F. Abdelzaher John A. Stankovic Tian He. RAP: A RealTime Communication Architecture for Large-Scale Wireless Sensor Networks// *IEEE* – 2008 - p.25-34.
- [15] I.F. Akyildiz, W. Su Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci. Wireless sensor networks: a survey// *ELsevier*. 38 (1) – 2002 - p.213-313.
- [16] Rong Peng and Mihail L. Sichitiu. Angle of Arrival Localization for Wireless Sensor Networks.// *ELsevier*. – 2007 - p.12-17.
- [17] Th. Arampatzis, J. Lygeros. A Survey of Applications of Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks.// *IEEE*. -2005 - p.23-33.
- [18] Bharath Sundararaman, Ugo Buy, and Ajay D. Kshemkalyani. Clock Synchronization for Wireless Sensor Networks: A Survey.// *IEEE*. – 2005 - p.213-313.
- [19] Deepak Ganesan y , Deborah Estrin. Complex Behavior at Scale: An Experimental Study of LowPower Wireless Sensor Networks.//*IEEE*. – 2008 - p.12-17.
- [20] Koen Langendoen , Niels Reijers. Distributed localization in wireless sensor networks: a quantitative comparison.// *ELsevier*. 43 (1) – 2003 - p.25-34
- [21] Mihail L. Sichitiu and Vaidyanathan Ramadurai. Localization of Wireless Sensor Networks with a Mobile Beacon. //*ELsevier*. – 2003 - p.23-33.
- [22] Ze Li,Haiying Shen. A QoS-Oriented Distributed Routing Protocol for Hybrid Wireless Networks.// *ELsevier*. 13 (4), - 2014 - p.25-34.
- [23] Li Qing , Qingxin Zhu, Mingwen Wang. Design of a distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor networks.// *ELsevier*. 29 (1) – 2006 - p.2230–2237.
- [24] Ye, Wei Yu, Yan Zhao, Yonggang Estrin, D. Networking Issues in Wireless Sensor Networks.// *CENS*. – 2006 - p.23-33.
- [25] Wong, J L Kuang, Louane Potkonjak. Statistical Model of Lossy Links in Wireless Sensor Networks.// *CENS*. 2005 p.23-33.
- [26] Jason Hill, Mike Horton, Ralph Kling. THE PLATFORMS ENABLING WIRELESS SENSOR NETWORKS.// *CENS*. 47 (6) – 2004 - p.23-33.
- [27] E. Ilker Oyman and Cem Ersoy. Multiple Sink Network Design Problem in Large Scale Wireless Sensor Networks.// *IEEE*. – 1997 - p.213-313.
- [28] Avinash.Vanimireddy and D.Aruna Kumari. Detection of Explosives Using Wireless Sensor Networks// International Journal of Engineering Trends and Technology- Volume3Issue3 - 2012, p.1-4.
- [29] Ilker Demirkol, Cem Ersoy, and Fatih Alagoz. MAC Protocols for Wireless Sensor Networks: a Survey.// *Elsevier* – 2012 - p.25-34.
- [30] Ian F. Akyildiz , Tommaso Melodia, Kaushik R. Chowdhury. A survey on wireless multimedia sensor networks.// *ELsevier*. 51 (1) – 2007 - p.921–960.
- [31] Loukas Lazos and Radha Poovendran. SeRLoc: Secure Range-Independent Localization for Wireless Sensor Networks.// *IEEE* – 2004 - p.213-313.
- [32] Limor Eger PrakashIshwar, W. Clem Karl, Homer Pie, Material Discrimination Using Multi-Energy XRay Computed Tomography for Explosives Detection, p1-10.

- [33] Aleksandar Milenkovic, Chris Otto, Emil Jovanov. Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation.// *ELsevier*. – 2006 - p.12-17.
- [34] Fatme El-Moukaddem, Eric Tornig, and Guoliang Xing. Mobile Relay Configuration in DataIntensive Wireless Sensor Networks.// *IEEE*. 12 (2) – 2013 - p.25-34.
- [35] Veronique REBUFFEL, Jean RINKEL, Joachim TABARY, Loick VERGER CEA-LETI, New Perspectives of X-ray Techniques for Explosive Detection Based on CdTe/CdZnTe Spectrometric Detectors// International Symposium on Digital Industrial Radiology and Computed Tomography, p1-8.
- [36] Gang Zhou, Tian He, Sudha Krishnamurthy, John A. Stankovic. Impact of Radio Irregularity on Wireless Sensor Networks.// *IEEE – 2004* - p.12-17.
- [37] Tian He, Sudha Krishnamurthy, John A. Stankovic, Tarek Abdelzaher, Liqian Luo, Radu Stoleru, Ting Yan, Lin Gu. Energy-Efficient Surveillance System Using Wireless Sensor Networks.// *IEEE – 2004* - p.213-313.
- [38] Dazhi Chen and Pramod K. Varshney. QoS Support in Wireless Sensor Networks: A Survey.// *IEEE – 2004* - p.32-44.
- [39] Karim Seada, Marco Zuniga, Ahmed Helmy, Bhaskar Krishnamachari.// EnergyEfficient Forwarding Strategies for Geographic Routing in Lossy Wireless Sensor Networks. *ACM*. – 2004 - p.56-60.
- [40] Chris Karlof , David Wagner. Secure routing in wireless sensor networks: attacks and countermeasures.// *ELsevier*. 1 (1) – 2013 - p.293–315.
- [41] Katayoun Sohrabi, Jay Gao, Vishal Ailawadhi and Gregory J Pottie. Protocols for SelfOrganization of a Wireless Sensor Network // *IEEE*. – 1999 - p.12-17.
- [42] Joseph Polastre, Jason Hill, David Culler. Versatile Low Power Media Access for Wireless Sensor Networks.// *ACM*. – 2004 - p.23-33.
- [43] In-Jun Xiao, Alejandro Ribeiro, Zhi-Quan Luo, and Georgios B. Giannakis. Distributed Compression-Estimation Using Wireless Sensor Networks.// *ACM*. – 2006 - p.213-313.
- [44] Kemal Akkaya , Mohamed Younis. A survey on routing protocols for wireless sensor networks.// *ELsevier*. 3 (2) – 2005 - p.325–349.
- [45] An Liu, Peng Ning. TinyECC: A Configurable Library for Elliptic Curve Cryptography in Wireless Sensor Networks. *deement of science*. – 2004 - p.32-44.
- [46] Alejandro Ribeiro. Bandwidth-Constrained Distributed Estimation for Wireless Sensor Networks—Part II: Unknown Probability Density Function.// *IEEE – 2006* - p.25-34.
- [47] Ian F. Akyildiz, Ismail H. Kasimoglu. Wireless sensor and actorq networks: research challenges.// *ELsevier*. 2 (1) – 2004 - p.351–367.
- [48] Mark A. Perillo and Wendi B. Heinzelman, Wireless Sensor Network Protocols, p.1-35.
- [49] Jeremy Elson. Wireless Sensor Networks: A New Regime for Time Synchronization.// *ACM*. – 2002 - p.56-60.
- [50] Wei-Peng Chen, Jennifer C. Hou. Dynamic Clustering for Acoustic Target Tracking in Wireless Sensor Networks, 3 (3), p.12-17.
- [51] Paolo Baronti b,c, Prashant Pillai a, Vince W.C. Chook a, Stefano Chessa b, Alberto Gotta b, Y. Fun Hu. Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards.// *ELsevier*. 30 (1) – 2007 - p.1655–1695.
- [52] Alan Mainwaring¹ Joseph Polastre² Robert Szewczyk David Culler John Anderson. Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring.// *ACM – 2002* - p.25-34.
- [53] John A. McLean, Brandon T. Ruotolo, Kent J. Gillig, David H. Russell, Ion mobility–mass spectrometry: a new paradigm for proteomics// Elsevier, International Journal of Mass Spectrometry 240 2005 – p.301–315.

Е.К. Айтенов*, М.И. Тулепов, Н.Ж. Нагыман

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: erzhan-aytenov@mail.ru

СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІНІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫНА, ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІНЕ ӘДЕБИ ШОЛУ

Андатпа. Жыл сайын бүкіл әлемге таралған террористік белсенділіктің артуының дәлелі артып келеді. Қазіргі заманғы технологиялар мен әртүрлі қауіп-қатерлер жағдайында оны сенімді әдістермен анықтап, алдын-алу қажет. Осыған байланысты жарылғыш заттарды анықтау белсенді

зерттеу саласы болып табылады. Осы мақсатта көптеген анықтау жүйелері пайда болды. Әр түрлі елдердегі мемлекеттік органдар жарылғыш заттарды анықтай алатын құрылғылармен жабдықталған. Алайда, көбінесе олар үлкен және көпшілік көзге көрінеді. Сондықтан оларды қазіргі жағдайда теміржол вокзалдары, әуежайлар, автовокзалдар және т.б. сияқты қоғамдық орындарда пайдалану орынсыз. Қол жұмысының керектігі- бұл дәстүрлі жүйелердегі тағы бір мәселе. Сондықтан жарылғыш заттарды табу сымсыз сенсорлық желі (ССЖ) сияқты мобильді желіге қосылуы қажет. ССЖ түйіндерін көзге көрінбейтін етіп жасыруға болатындықтан, мұндай желі нақты уақыт режимінде жарылғыш заттарды автоматты түрде анықтаудың тамаша әдісі болып табылады. Мұндай желілерді іске асыру азаматтардың өмірі мен мүлкін қорғау үшін қоғамдық орындарда ССЖ орнатуға жол ашуы мүмкін. Осы мақсатта біз жарылғыш заттардың қазіргі жағдайы, олардың сипаттамалары, анықтау әдістері, соның ішінде жарылғыш заттарды нақты уақытта автоматты түрде анықтау үшін сымсыз сенсорлық желілерді (ССЖ) пайдалану туралы әдебиеттерді қарастырамыз. Бұл мақалада жарылғыш заттарды анықтауға арналған қорғаныс жүйесін құру бойынша қосымша зерттеулерге көмектесетін жарылғыш заттар мен анықтау әдістері туралы әртүрлі түсініктер берілген.

Негізгі сөздер: жарылғыш заттар, жарылғыш заттарды анықтау әдістері, BSS, жарылғыш заттардың сипаттамасы.

E.K. Aitenov*, M.I. Tulepov, N.Zh. Nagyman
al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: erzhan-aytenov@mail.ru

A SURVEY ON THE PRESENT STATE-OF-THE-ART OF EXPLOSIVES, DETECTION METHODS AND AUTOMATIC EXPLOSIVE DETECTION USING WIRELESS SENSOR NETWORK

Abstract. Every year there is more and more evidence of an increase in terrorist activity that has spread around the world. In the light of modern technologies and a variety of threats, it is necessary to detect and prevent this with reliable methods. In this regard, the detection of explosives is an active area of research. For this purpose, many detection systems have appeared. Government agencies in various countries are equipped with devices that can detect explosives. However, they are often large in nature, and roads are also publicly visible. Therefore, it is not advisable to use them in the current conditions in public places, such as railway stations, airports, bus stations, and so on. Manual contact is another problem in traditional systems. Therefore, there is an urgent need for the detection of explosives to be integrated into a mobile network, such as the Wireless Sensor Network (BSS). Since the BSS nodes can be hidden from prying eyes, such a network is an ideal method for automatic detection of explosives in real time. The implementation of such networks can pave the way for the installation of BSSs in public places to protect the lives and property of citizens. To this end, we will review the literature on the current state of explosives, their characteristics, and detection methods, including the use of wireless sensor networks (BSS) for automatic detection of explosives in real time. This article provides an insight into the various concepts of explosives and detection methods that can help in further research on creating a defense system for detecting explosives.

Keywords: Explosives, methods of detection of explosives, WSN, characteristics of explosives.