

УДК 623.3

**Оценочные испытания металлоискателя ALIS с двумя датчиками
в Афганистане и его роль в гуманитарном разминировании**

Козеня Д. А.

Научные руководители Петренко С. В., Коробейников С. А.

Белорусский национальный технический университет

Введение

Широко известно, что многие страны мира страдают от оставшихся наземных мин, являющихся побочным продуктом различных войн и конфликтов. Для того чтобы защитить людей, живущих в этих странах, необходим технический вклад ученых и инженеров. В связи с этим гуманитарное разминирование привлекает к себе интерес в сообществе по геонаукам и дистанционному зондированию. Мы нашли множество публикаций о новых датчиках для разминирования. В большинстве из них обсуждаются георадары (GPR) или металлоискатели (МД). Эти разработки являются важны, поскольку они могут быть реализованы в реальных операциях по разминированию операций по разминированию. В данной статье описывается опыт в разработке и полевой оценке двойного датчика для гуманитарного разминирования, которые проводились в Афганистане.

Гуманитарное разминирование

Наземные мины – это взрывоопасные боеприпасы, которые обычно закладываются для того, чтобы остановить или затруднить доступ к определенной местности. Существует около 300 различных наземных мин, разделенных на два основных типа: противопехотные мины и противотанковые мины. Оба типа наземных мин используются либо по отдельности, либо вместе, в зависимости от военной тактики и задач.

Что касается зарытых наземных мин, то существует два вида разминирования: военное и гуманитарное. Военное разминирование – это

процесс, осуществляемый солдатами для расчистки безопасного пути, чтобы они могли продвигаться вперед во время конфликта или расчищать территорию, где защита от мин больше не нужна. Военный процесс разминирования часто только обезвреживает мины, которые блокируют стратегические пути, необходимые для продвижения или отступления солдат на войне. Этот процесс допускает, что могут иметь место ограниченные потери. Гуманитарное разминирование, с другой стороны, направлено на расчистку территории, с тем, чтобы гражданские лица могли вернуться в свои дома и к своим повседневным делам без угрозы наземных мин и неразорвавшихся боеприпасов. Это означает, что все мины в местах, где обычно живут люди, должны быть разминированы.

Масштабы проблемы наземных мин в Афганистане

От наземных мин и неразорвавшихся боеприпасов страдают около миллиона афганцев. Несмотря на прогресс, достигнутый сообществом, Афганистан по-прежнему сильно загрязнен минами. Это загрязнение оказывает разрушительное воздействие на человеческие жизни и средства к существованию, поскольку мины и неразорвавшиеся боеприпасы продолжают убивать и наносить ранения жителям с подобной политической обстановкой. Это загрязнение также представляет собой структурное препятствие для развития страны, и его устранение является предварительным условием для создания экономически здорового государства.

Подход к решению проблемы наземных мин в Афганистан японским правительством

Японское правительство предпринимает различные усилия, направленные на реабилитацию Афганистана. Удаление наземных мин с афганской земли является существенным фактором для каждого этапа развития страны. Правительство Японии также поддерживает усилия по борьбе с противопехотными минами посредством многостороннего сотрудничества и направления экспертов.



Рисунок 1 – Георадарные антенны и датчик металлоискателя ALIS

Данный проект поддерживает исследовательскую деятельность и разработку металлоискателей, которые соответствуют местным условиям Афганистана. Большинство машин для разминирования и датчиков были разработаны в рамках проекта по разработке противопехотного оборудования для обнаружения и разминирования противопехотных мин при поддержке Организации по развитию энергетики и промышленных технологий (NEDO).

Двойной датчик для обнаружения противопехотных мин

Обнаружение противопехотных мин, корпус которых из пластика, является основной задачей гуманитарного разминирования. Даже в пластиковой противопехотной мине обычно присутствует очень маленькая металлическая часть, и она может быть обнаружена с помощью металлического детектора. Поэтому МД широко используется для гуманитарного разминирования. Металлодетектор – это датчик электромагнитной индукции, который широко используется в неразрушающем контроле в промышленности. Он может обнаружить почти все проводниковые материалы, в большинстве почвенных условий. Коммерческие датчики имеют два различных принципа работы, а именно:

временная область и множественные частоты. Они обычно оснащены сложным автоматическим программным обеспечением для обнаружения.

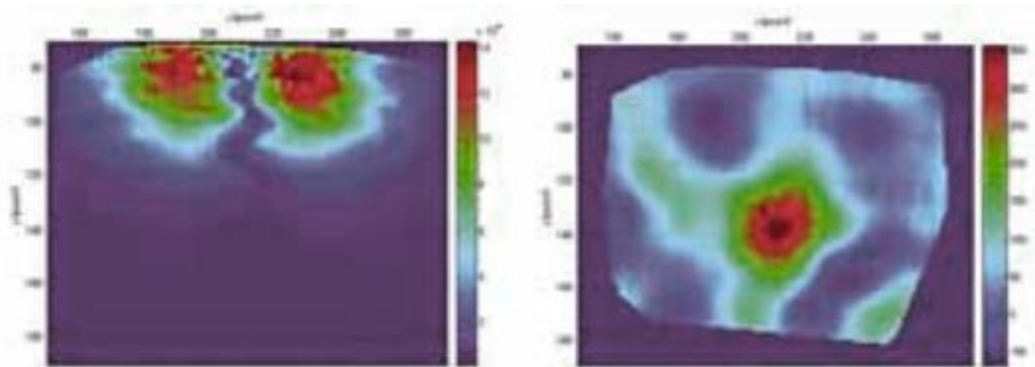


Рисунок 2 – Типичное выходное изображение ALIS закопанной мины.

Испытательный полигон в Афганистане. Слева изображение с металлодетектора. Справа георадарное изображение.

Эти высокоразвитые датчики МД могут обнаруживать очень маленькие металлические части, содержащиеся в пластиковых минах. Даже большинство пластиковых мины содержат небольшой металлический штырь длиной несколько мм и менее одного мм в диаметре. Обнаружение 10 мг стали находится примерно на пределе обнаружения для коммерческих датчиков МД, и даже тогда на очень коротком расстоянии. К счастью, в большинстве мин содержится больше чем 10 мг металла. Поэтому в настоящее время датчики МД могут обнаружить почти 100% зарытых наземных мин на небольшой глубине, а также обнаружить все металлические фрагменты, оставшиеся в зоне обследования. Техническая проблема МД заключается не в его обнаружении, а в его очень высоком проценте ложных тревог. С другой стороны, наземный проникающий радар (GPR) является полезным датчиком для обнаружения подземных объектов. Георадар основан на другом принципе, отражении электромагнитных волн, вызванное различиями в проводимости и проницаемости. Поэтому георадар чувствителен к пластиковому корпусу мин ПД. Мы считаем, что георадар

полезен для идентификации ПД-мины, если он используется в сочетании с МД. Конечно, идея сочетания георадара и МД не является новой, и такой тип зондирования обычно называют «двойным датчиком сенсора».

Усовершенствованная система визуализации наземных мин (ALIS)

ALIS – это ручной датчик для обнаружения наземных мин, который оснащен металлодетектором и георадаром. Помимо обнаружения, он может отслеживать положение датчика в режиме реального времени во время сканирования. Сигналы датчиков металлодетектора и георадара сохраняются в ПК, предоставляя информацию об обнаружении и положении датчика. Вся система управляется компьютером, который находится в рюкзаке, надеваемом сапером. Программное обеспечение управляет системой, и операции могут выполняться непосредственно с помощью ПК, но обычно мы используем портативный дисплей ПК, который подключенный к ПК через беспроводную локальную сеть. Сапер обычно следит за сигналом металлоискателя, отображаемым на головном дисплее. Сапер сканирует портативным датчиком ALIS и носит рюкзак в котором находится операционный компьютер. Сапер также носит дисплей на голове. Тот же дисплей, за которым следит сапер, передается на дисплей портативного ПК, что позволяет нескольким операторам следить за ходом операции. Для нормальной работы ALIS нам нужен один оператор, который сканирует датчик, и другой оператор, который управляет и контролирует сигнал датчика.

Сканирование с помощью ALIS происходит точно по такой же процедуре как и для обычного ручного металлоискателя. Сапер стоит перед границей безопасной зоны и сканирует область размером примерно 1 м на 1 м с помощью ручного датчика. Мы рекомендуем проводить сканирование непрерывно, даже если сапер обнаружит аномальный сигнал от металлоискателя. После сканирования территории мы обрабатываем полученные наборы данных с помощью того же компьютера. Обычно обработка занимает от одной до нескольких минут, пока не будут

отображены все наборы данных отображаются. Впоследствии ALIS предоставляет горизонтальное визуальное изображение сигнала металлодетектора, а также информацию о трехмерном георадаре. Информация трехмерного георадара обычно слишком велика для интерпретации на месте, поэтому ALIS отображает горизонтальные срезы (С-скан) сигнала георадара. Оператор может выбрать глубину георадара отображаемых временных срезов, и впоследствии может обнаружить изображение зарытой мины путем визуального осмотра. После обработки и генерации изображений сигнала, можно определить местоположение и обозначить подозрительное место на изображении с камеры. Еще одной уникальной особенностью ALIS является ее совместимость с обычными операциями по обнаружению наземных мин. Обнаружение наземных мин с помощью металлоискателей является довольно распространенной процедурой разминирования во многих странах. Процедура разминирования хорошо установлена, и многие саперы были обучены следовать и многие саперы обучены точно следовать этой процедуре, чтобы избежать любых несчастных случаев. Любой новый датчик для обнаружения наземных мин требует изменения процедуры работы. Однако ALIS требует минимального изменения. Однако ALIS требует минимального изменения процедуры, как мы уже описали. Характеристики металлодетектора не изменяются при установке системы ALIS. Оператор по-прежнему слышит звуковой тональный сигнал металлодетектора и может обнаруживать аномалии используя свой собственный опыт. Система ALIS добавляет визуальное изображение к датчик металлоискателя, а также георадарные изображения. Таким образом, оператор может получить дополнительную ценную информацию, хотя работа датчика не требует значительных изменений. ALIS использует импульсную георадарную систему, которая работает в диапазоне частот 1-3 ГГц. Используются две ортогонально поляризованные полости используются две ортогонально поляризованные спиральные антенны, которые устанавливаются перед катушкой МД. Наиболее надежных датчиков

для обнаружения наземных мин в афганской почве. Интерференция двух датчиков, а именно георадара и металлодетектора, была изучена. Этот металлоискатель имеет калибровочную функцию калибровки, и даже когда металлические объекты находятся рядом с металлодетектором, выходной сигнал может быть компенсирован с помощью этой процедуры калибровки. Мы обнаружили, что если антенна прочно закреплена относительно положения датчика металлодетектора, то влияние присутствия антенн георадара может быть полностью аннулировано, и чувствительность металлодетектора к погребенным объектам не изменяется. Однако, влияние датчика металлоискателя на сигнал георадара трудно компенсировать. Поэтому антенны георадара устанавливаются перед датчиком металлоискателя. Данные георадара, полученные вместе с информацией о положении датчика, обрабатываются после сканирования датчика ALIS на площади. Сначала весь набор полученных данных преобразуется в регулярную сетку точек. Для этого используется алгоритм интерполяции, используемый для этого процесса. После преобразования наборов данных, сигнал металлоискателя может быть отображен непосредственно на горизонтальном (план) изображении. Трехмерное георадарное изображение реконструируется с помощью алгоритма миграции Кирхгофа. В результате многочисленных испытаний, что обнаружение зарытых наземных мин с помощью горизонтального временного среза является наиболее надежным. После завершения обработки всех данных мы используем сигналы металлоискателя и георадара для обнаружения мин. Получение одного набора данных с помощью ALIS занимает несколько минут, что почти эквивалентно времени, необходимому для нормального сканирования обычного МД, а обработка сигнала занимает около двух минут после сбора данных. Беспроводная локальная сеть отправляет данные датчика на дисплей портативного ПК для оценки изображения несколькими операторами.

Оценочные испытания ALIS в Афганистане

После проведения лабораторных испытаний ALIS в городе Кабул. На площадке CDS мы могли проверить работу системы ALIS по известным целям в различных условиях. ALIS по известным целям в различных условиях. Почва на участке CDS была относительно однородной, хотя мы обнаружили много помех в необработанном георадарном профиле. Металлические фрагменты были в основном удалялись из почвы перед проведением оценки. После миграционной (SAR) обработки, в большинстве случаев, мы смогли найти четкие изображения захороненных наземных мин. Климатические условия, когда мы проводили полевые испытания, были частично дождливыми, а содержание воды в почве на участке CDS составляло около 10%, что соответствует диэлектрической проницаемости 5,3. Настоящие ПМН-2 и мины типа 72 без усилителя были закопаны на полигоне CDS на разной глубине от 0 до 20 см. Мы обнаружили, что металлоискатель может обнаружить только мины, зарытые на глубине 15 см, а георадар может показать четкие изображения наземных мин, которые были зарыты на глубине до 20 см. Мы также обнаружили, что металлические фрагменты, которые входят в состав почвы, не показывают четких изображений георадара, поэтому мы смогли отличить металлические фрагменты от наземных мин с помощью ALIS. На рисунке 6 показан пример результатов ALIS для инертной мины PMN-2, которая была закопана на глубине 10 см. Как МД, так и георадарные изображения четкими в данном случае.

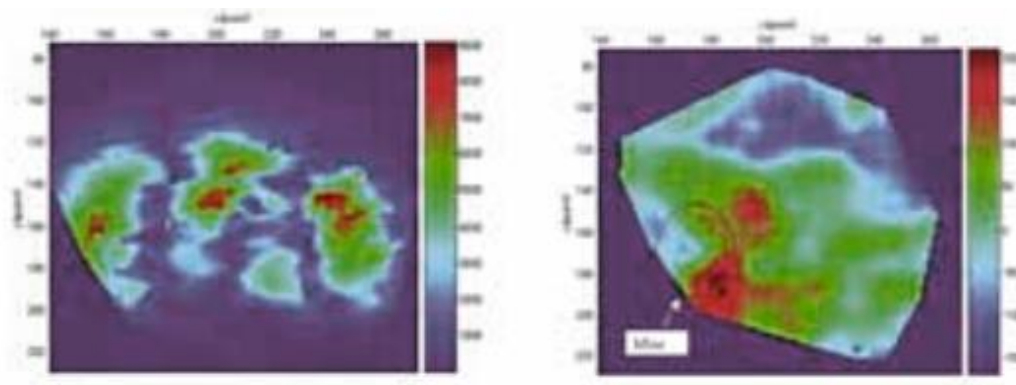


Рисунок 3 – Выход ALIS на холме в Кабуле, Афганистан.

Слева изображение металлоискателя. Справа изображение георадара

Почва на этом участке очень неоднородна. Она покрыта растительностью, и в то же время в то же время, она содержит много мелких предметов, таких как гравий, куски дерева и металлические фрагменты.

Заключение

Двойные датчики для гуманитарного разминирования оказываются весьма полезными. Разработка ALIS имеет высокую эффективность с лучшей надежностью для обнаружения наземных мин с MD-GPR слиянием датчиков. Разработанный ALIS может визуализировать сигнал, несмотря на то, что это ручной датчик. В этой статье описаны оценочные испытания ALIS на реальном минном поле в Афганистане и пришли к выводу, что она очень надежна. Данную разработку также можно использовать в других странах с неблагоприятной политической обстановкой.

Литература

1. Служба противоминной деятельности:
<http://www.mineaction.org/index.cfm>
2. Международная программа испытаний и оценки (ITEP):
<http://www.itep.ws/>
3. Женевский международный центр по гуманитарному разминированию (GICHD) <http://www.gichd.ch/>
4. http://www.mineaction.org/countries/countries_overview.cfm?country_id=910
5. Action for Research and Information Support (ARIS):
<http://demining.jrc.it/aris/>
6. Северный исследовательский форум по разминированию (NDRF):
<http://www.ndrf.dk/>