

УДК 620.1–1/-9

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПО АНАЛИЗУ
РЕНТГЕНОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ**

Афонин П.Н., Кузиков А.П., Семенов С.С.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»**FUNCTIONALITY FOR THE ANALYSIS OF X-RAY IMAGES OF CARGO**

Afonin P.N., Kuzikov A.P., Semenov S.S.

*St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"***Аннотация**

В статье рассматриваются основные существующие технические и функциональные возможности по работе с рентгеноскопическими изображениями крупногабаритных грузов, а также перспективные направления развития функционала анализа изображений.

Ключевые слова: инспекционно-досмотровый комплекс, таможня, анализ рентгеновских изображений, подготовка операторов анализа.

Abstract

The article discusses the main existing technical and functional capabilities for working with x-ray images of cargo, as well as promising areas for the development of image analysis functionality.

Keywords: inspection complex, customs, analysis of X-ray images, training of analysis operators.

Использование инспекционно-досмотровых комплексов (ИДК) началось в первую очередь для обеспечения безопасности после событий в 2001 года [1], для осуществления контроля большого количества въезжающего и выезжающего груза. Оценив эффективность их применения разные страны начали их внедрение в иных государственных структурах, в том числе и таможенных. Первый ИДК в таможенных органах Российской Федерации был установлен в 2005 году на Многостороннем автомобильном пункте пропуска Троебортное [2].

В соответствии с Концепцией развития таможенных органов [3] начиная с 2008–2010 гг. Федеральной таможенной службой была осуществлена закупка около 40 мобильных ИДК того же производителя и к тому моменту лидера рынка по производству рентгеновского оборудования компании SMITHS HEIMANN (Германия). Однако этот производитель был выбран не случайно – только с ним на тот момент была достигнута договоренность о создании производства на российских площадках хотя и из немецкого оборудования. Кроме покупки мобильных ИДК с указанным производителем был заключен договор на изготовление и поставку легковозводимых (перебазируемых) и стационарных ИДК. Этот этап можно отметить, как наиболее сложный и

затратный с той точки зрения, что внедрение неинтрузивных способов таможенного контроля крупногабаритных грузов, кроме собственно дорогостоящей закупки оборудования, включал в себя подбор и обучение персонала, создание и принятие нормативной и технической документации [4].

Несмотря на различия в порядке работы данных видов комплексов (мобильные, легковозводимые, стационарные) графический интерфейс рабочего места оператора анализа рентгеновского изображения практически не отличался. Кроме того, качество получаемого рентгеновского изображения зависело в основном от двух параметров: таких как мощность излучателя и корректной настройки. По мощности все ИДК можно классифицировать следующим образом: - наименьшая мощность у мобильных инспекционно-досмотровых комплексов, затем следуют легковозводимые комплексы, стационарные комплексы имеют наибольшую мощность, что напрямую сказывается на качестве рентгеновского изображения. [5].

Приоритет по использованию мобильных инспекционно-досмотровых комплексов был прежде всего основан на простоте их эксплуатации – данный комплекс смонтирован на базе грузового автомобиля, соответствует требованиям по перемещению по

дорогам, на которых, разрешено движение грузового транспорта, а для его эксплуатации необходима только площадка 30 на 50 метров и подготовленный персонал.

Следующим этапом использования ИДК в практике работы таможенных органов Российской Федерации стало полноценное использование при проведении таможенного контроля. На данном этапе стало очевидно, что в задачах Европейских таможенных органов и Российских таможенных органов при использовании ИДК имеются значительные различия. И это различие в первую очередь это связано с тем, что у Европейских таможенных органов приоритетом является правоохранительная функция, тогда как Российские таможенные органы кроме правоохранительной функции осуществляют функцию сбора таможенных пошлин и налогов (выполняют фискальную функцию), что привело к значительному расширению требований предъявляемых как к операторам анализа изображений (углубленные знания характеристик товаров, видов упаковки, характерных способов загрузки, определение количественных характеристик и пр.), так и к самим ИДК (увеличение количества инструментов для обработки и анализа изображений, определение элементного состава грузов).

Одновременно, с внедрением ИДК иностранного производства, имеющих свою специфику, Российскими организациями начались разработки отечественного ИДК с учетом специфики требований Российских государственных контролирующих органов. В настоящий момент данные комплексы уже внедрены в практику государственного контроля.

В связи с тем, что интерфейс, у всех ИДК компании SMITHS HEIMANN был практически идентичен, то и набор функций по обработке изображений не отличался на ИДК различных типов. Практика использования ИДК Российскими специалистами позволила определить наиболее используемые функции, а также перспективные направления по их развитию.

Все функции по работе с изображениями можно разделить на две основные группы: анализ всего изображения и анализ элемента изображения. Для данных групп созданы отдельные органы управления, имеющие свою специфику.

Для анализа всего изображения всеми производителями сделаны свои стандартные фильтры, которые на основе их опыта могут оптимально обработать рентгеновскую картинку без дополнительной

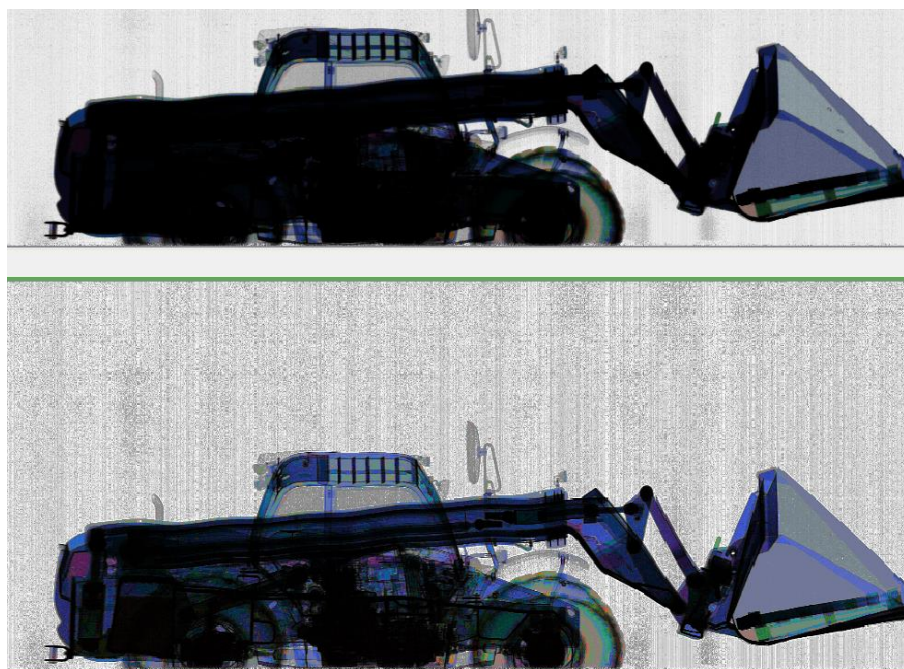


Рис. 1. Применение стандартных фильтров при анализе рентгеновских изображений

настройки (рис. 1). Данные функции используются операторами на постоянной основе (в 70% случаев) и могут иметь различные наименования («резкость», «двойная резкость», «логарифм», «прояснение», «сглаживание»), каждая из данных функций может позволить осуществить наиболее качественный анализ изображений в зависимости от вида товара.

ные функции можно использовать совместно с функциями негатива и псевдоцвета. Данные функции имеют шкалу настройки, что позволяет наиболее точно определить конкретные характеристики товара. Также данные функции позволяют оптимально использовать индивидуальные возможности оператора анализа, так как личные особенности восприятия информа-

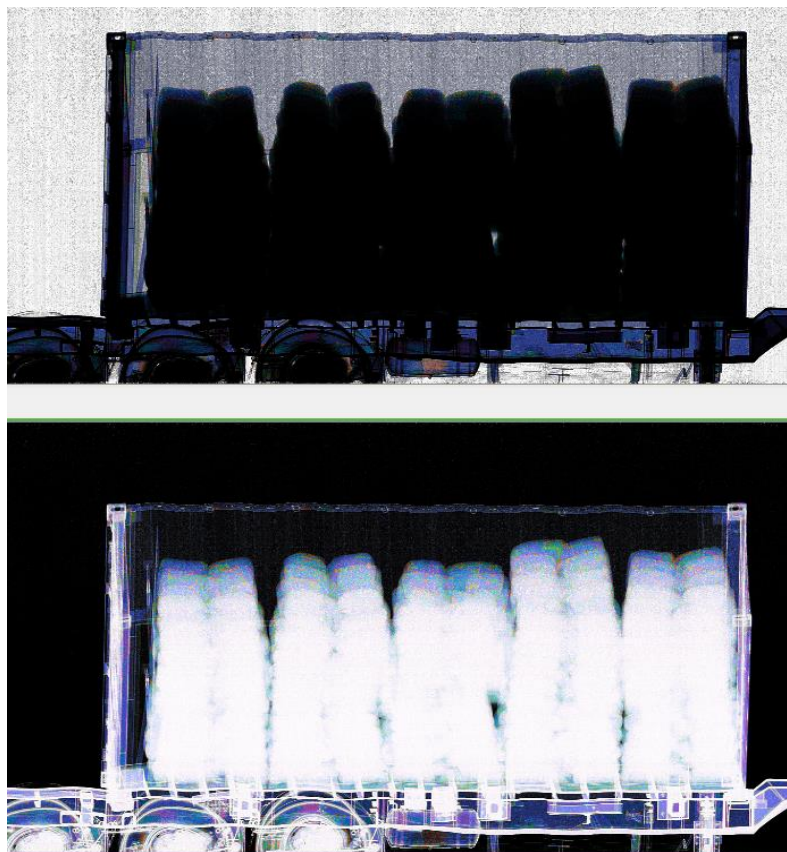


Рис.2. Применение фильтра «Негатив»

Практически у всех производителей стандартными функциями являются также «негатив» (Рис. 2) и «псевдоцвета», данные функции используются не так часто (примерно в 35% случаев), но также являются одной из основных функций и чаще всего, используются опытными операторами, обладающими навыками и знаниями свойств товара, которые могут быть выявлены при использовании данных режимов.

Наиболее часто используемыми функциями анализа всего изображения являются «яркость», «контрастность», «светопоглощение» (Рис.3) данные функции являются ключевыми используются во всех случаях, когда анализ изображения не является очевидным (более 80%), так же дан-

ци могут различаться, и у каждого опытного оператора вырабатывается свой подход к анализу и алгоритм обработки изображения.

Ряд производителей дополняют вышеуказанные функции собственными разработками, например функция «гамма коррекция» и другие. Наличие дополнительных разнообразных инструментов с ручной настройкой позволит при наличии достаточного опыта у оператора осуществить анализ сложных изображений с наибольшим качеством.

Анализ элементов изображения. Второй группой инструментов являются инструменты для анализа сегментов изображения. Данные функции используются при анализе

сборных партий, неоднородных грузов, грузов, имеющих различные варианты укладки (создающие существенные геометрические различия при отображении груза на рентгеновском изображении в зависимости от направления расположения груза относительно системы «излучатель-детектор»), при анализе рентгеновских изображений транспортного средства.

К таким функциям относится: «работа с выделенной областью» (Рис.4), при ее использовании выделяется зона на рентгеновском изображении, и к ней можно применить дополнительные подфункции такие как

«осветление», «затемнение», «темные области», «светлые области» и другие (в зависимости от производителя). Данные функции используются практически в 100 % случае при анализе вышеуказанных объектов и в 70% случаев при анализе всех объектов.

Так же ряд производителей разработал функции по настройке всего изображения относительно его элементов («анализ по области», «контраст по области») данные функции применяются достаточно редко (15 % случаев), в то же время позволяют выявить не характерность загрузки, наличие

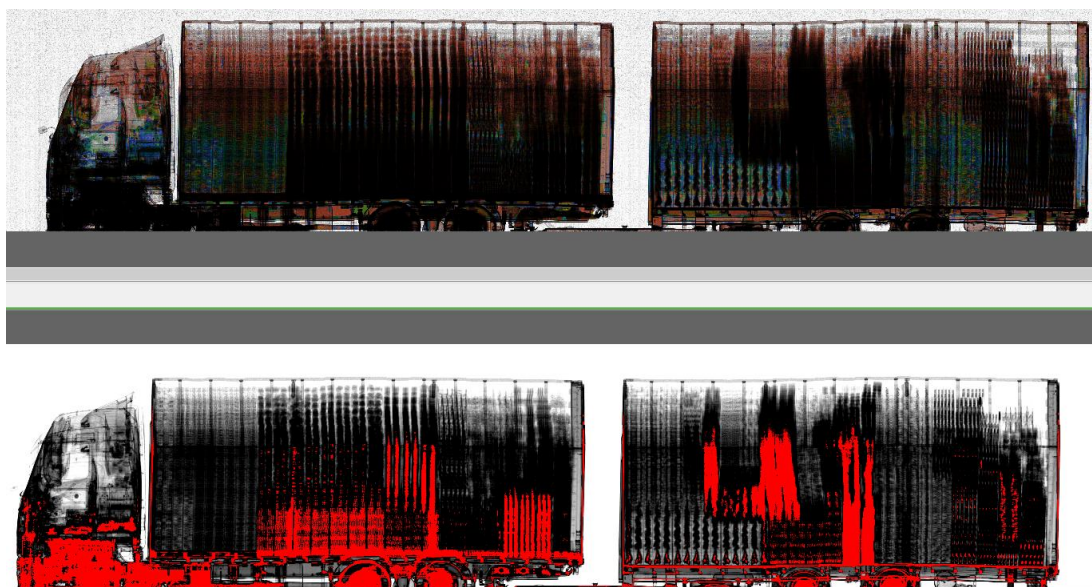


Рис.3. Применение индивидуальных фильтров

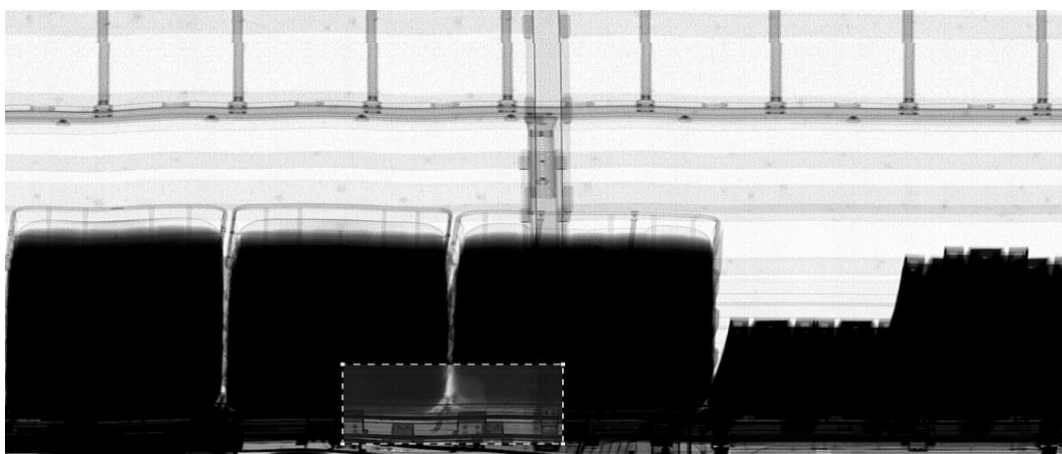


Рис. 4. Применение фильтров «Работа с областью»

посторонних товаров и позволяют проводить углублённый анализ в наиболее сложных случаях.

Так же у операторов анализа изображений имеется ряд инструментов необходимых для уточнения объекта: «линейка», «лупа» (Рис.5). Данные функции необходимы для определения точных геометрических характеристик (размеров, формы) и используются для получения дополнительной информации о грузе. Их применение осуществляется в 20% случаев.

Для фиксации возможных нарушений в

наполнения сравнительных баз данных, создания систем автоматического (интеллектуального) анализа.

С учетом специфики применения ИДК в Российской Федерации и необходимости определения характеристик товаров (таких как: количество, объём, вес, код ТНВЭД, элементный состав и пр.) различными производителями ведется работы по внедрению перспективных функций по анализу изображений таких как «определение материала», «определение веса» (Рис.6), «определение площади товара», «определение

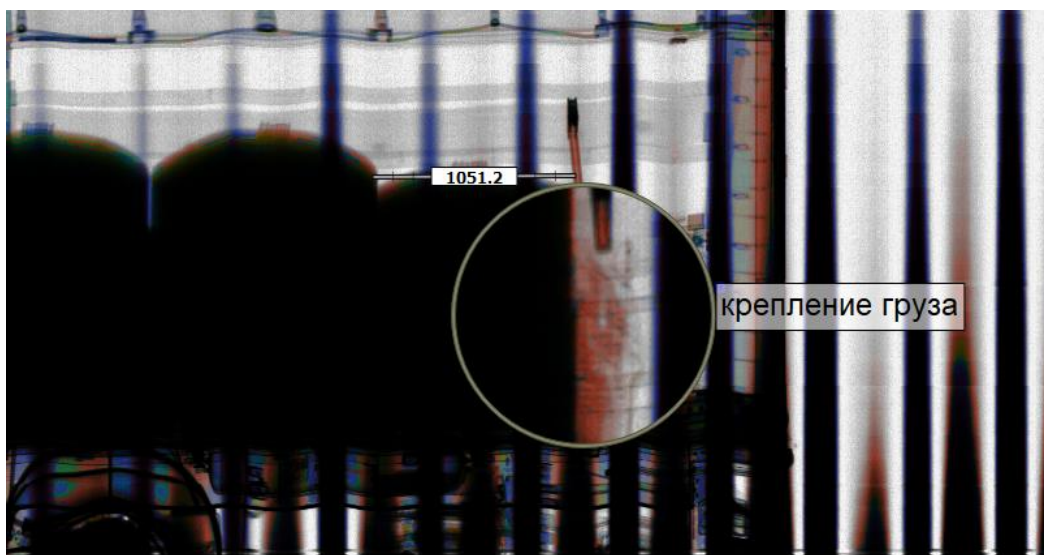


Рис.5. Применение инструментов «Линейка», «Лупа», «Комментарии»

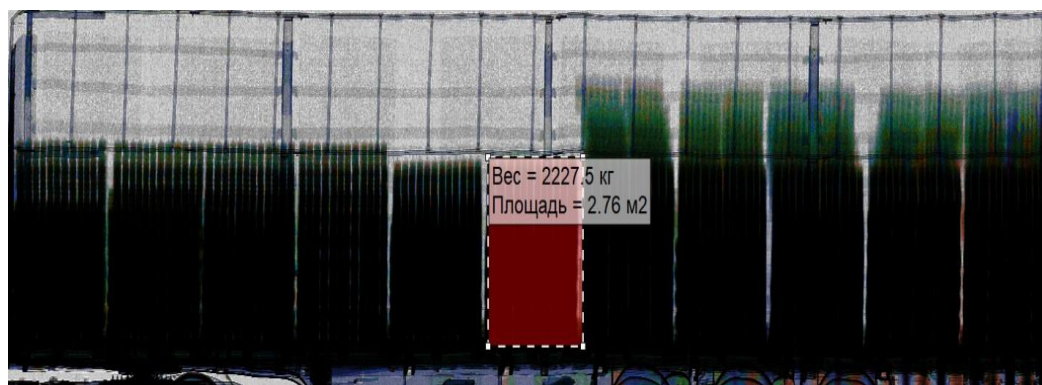


Рис.6 Перспективные функции «Определение веса», «Определение площади»

различных областях используются функции «выделение области» и «комментарии» (Рис.5), они используются при всех нарушениях и позволяют упростить фактический досмотр/осмотр, а также дают возможность оставлять пояснения по принятому решению для последующего контроля, обучения,

объема товара». В настоящий момент данные функции частично внедрены в практику, но их использование является только дополнительной информацией и не может являться достаточно точным для принятия решения о наличии/отсутствии нарушений даже в автоматизированном режиме.

Следует отметить, что несмотря на указанные ограничения вышеуказанных функций именно их развитие и доработка является наиболее перспективным и может позволить перейти на первом этапе к привлечению в помощь оператору анализа элементов искусственного интеллекта, к частичной автоматизации процесса анализа рентгеновских изображений, а в дальнейшем и к полной автоматизации принятия решений по результатам применения инспекционно-досмотровых комплексов.

При этом имеющаяся система подготовки операторов ИДК была разработана на начальном этапе применения ИДК в России, морально и методически устарела и не отвечает современным требованиям к анализу изображений и функциям, возложенным на ИДК. Эта система в основном копирует подход Европейских таможенных органов к применению ИДК, заключающийся в поиске лишь тайников, скрытых вложений и незаконно перемещающихся лиц. Для того, чтобы соответствовать современным задачам, стоящим перед государственными контролирующими органами России, оператор

анализа, прошедший такое обучение, вынужден получать недостающие знания и опыт в рамках практической работы, во время непосредственного осуществления своей профессиональной деятельности.

В настоящее время существенного улучшения качества анализа изображений можно добиться лишь коренным образом изменив систему подготовки операторов с учетом технических характеристик современных ИДК, возможностями, предоставляемыми новыми инструментами анализа изображений, расширения знаний операторов о товарах, их характеристиках, составе, способах упаковки и транспортировки. Оператор ИДК кроме работы с простыми монотонными изображениями обязан владеть основами оперативного анализа товаропотока (по размеру партий и направлению перемещения) и обладать навыками определения грузов наиболее сложных для принятия решений (смешанных партий, сложных технических устройств и машин, товаров сходных по форме, но относящихся к разным группам по ТНВЭД и пр.).

Список литературы

1. РИА Новости: статья «Террористический акт в США 11 сентября 2001 года». [Электронный ресурс] URL: ria.ru/20190911/1558495751.html
2. Издание CNews: статья «Впервые в России: досмотровый комплекс HCV-Gantry». [Электронный ресурс] URL: www.cnews.ru/news/line/vpervye_v_rossii_dosmotrov_yj_kompleks
3. Распоряжение правительства РФ от 14.12.2005 №2225-р «Об одобрении концепции развития таможенных органов Российской Федерации»

4. Приказ ФТС России от 09.12.2010 №2354 «Об утверждении инструкции о действиях должностных лиц таможенных органов при таможенном контроле товаров и транспортных средств с использованием инспекционно-досмотровых комплексов»

5. Рекомендации Коллегии ЕЭК от 17.05.2016 № 7 «Об общих положениях об оснащении пунктов пропуска через таможенную границу Евразийского экономического союза инспекционно-досмотровыми комплексами и их использовании».

Поступила в редакцию 31.07.2022

Сведения об авторах:

Афонин Петр Николаевич – проректор по стратегическому развитию, заведующий кафедрой прикладной механики и инженерной графики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», доктор технических наук, доцент e-mail: pnafonin@yandex.ru.

Кузиков А.П. – заведующий лабораторией кафедры прикладной механики и инженерной графики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», e-mail: pnafonin@yandex.ru.

Семенов С.С. – старший научный сотрудник кафедры прикладной механики и инженерной графики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», кандидат технических наук, e-mail: pnafonin@yandex.ru.

Работа выполнена в рамках НИР «Разработка автоматизированной тренажерной системы для подготовки операторов потокового инспекционно-досмотрового комплекса» по договору между СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и ООО «ИСБ.А»