

Цифровые двойники в управлении данными, получаемыми с использованием досмотровых рентгеновских аппаратов

А. П. Кузиков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
apkuzikov@etu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы создания цифровых двойников изображений объектов, получаемых на досмотровых рентгеновских аппаратах.

Ключевые слова: цифровой двойник, досмотровый рентгеновский аппарат, рентгеновское изображение

I. ВВЕДЕНИЕ

Цифровой двойник – цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнеса, быстрее обнаруживать физические проблемы, точнее предсказывать результаты и производить более качественные продукты [1].

В контексте применения ДРА процессом является получение и анализ рентгеновских изображений (РИ), а результатом – выявление соответствия или несоответствия полученного РИ имеющимся сведениям об объекте контроля, а также обнаружение потенциально опасных или запрещённых вложений.

II. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Формирование цифровых двойников рентгеновских изображений объектов контроля призвано решить следующие задачи:

1. Оказание помощи оператору ДРА при анализе РИ в режиме реального времени. Например, предоставление рентгеновских изображений сходных с анализируемым по характеристикам (форме, размерам, материалу).

2. Контроль профессиональных навыков и физического состояния оператора ДРА в процессе работы. В ходе проведения анализа рентгеновских изображений объектов контроля, в реальные РИ с установленной периодичностью могут быть «вложены» цифровые копии потенциально опасных или запрещённых объектов, наличие или отсутствие реакции оператора и скорость этой реакции позволяет оценить качество профессиональных навыков оператора, а изменение скорости реакции даёт возможность оценивать степень усталости.

3. Обучение операторов анализа изображений на конкретных примерах в рамках компьютерных тренажерных комплексов, имитирующих работу ДРА, без необходимости физического использования

реальных ДРА. В СПбГЭТУ «ЛЭТИ» силами научной группы, возглавляемой доктором технических наук, проректором по стратегическому развитию, заведующим кафедрой прикладной механики и инженерной графики с учетом многолетнего опыта обучения представителей различных силовых структур (ФТС, ФПС, МВД, ФСБ России) разработан компьютерный тренажерный комплекс для обучения работе на досмотровом рентгеновском аппарате. На программное обеспечение получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ от 06.12.2022 № 2022683634 «Система обучения работе с рентгеноскопическими изображениями» (авторы Афонин П.Н., Михайлик А.К.) [2].

Можно выделить следующие пути создания цифровых двойников:

1. Обработка РИ, полученных в ходе эксплуатации ДРА.

Данный метод является наиболее очевидным способом формирования базы объектов контроля. Нарботанная за годы эксплуатации различных ДРА база рентгеновских изображений позволяет выбрать и выделить для дальнейшего использования объекты, которые могут представлять интерес для решения вышеуказанных задач. К достоинствам этого метода следует отнести то, что данные РИ уже имеются в наличии и представляют собой рентгенограммы реальных объектов [3].

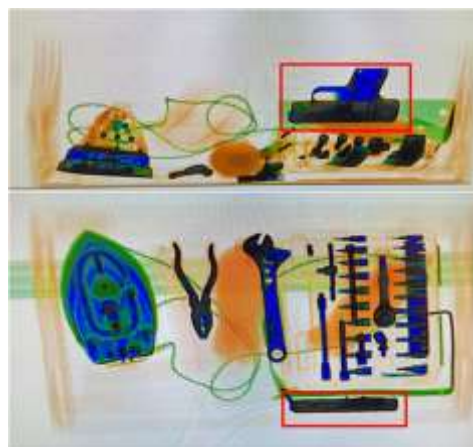


Рис. 1. Потенциально опасный объект в разных ракурсах

При этом следует отметить следующие недостатки этого метода:

- объект контроля находится в одном конкретном положении, и данное рентгеновское изображение может сильно отличаться от изображения того же объекта, расположенного в другом ракурсе по отношению к системе «излучатель-детекторная линейка»;
- в случае получения цифровых копий изображений объектов с реальных РИ приходится вычленять интересующие объекты из всех содержащихся на снимке, с учетом возможных наложений контуров и смещения материалов;
- данный метод позволяет создать цифровой портрет только тех предметов, которые уже были когда-то отсканированы.

2. Получение рентгеновских изображений реальных объектов.

В этом случае на действующих ДРА проводится сканирование реальных объектов или их моделей, что позволяет получить качественное изображение в разных ракурсах [4]. При этом для получения полного всестороннего изображения объекта сложной формы придется сделать большое количество сканирований. Так при повороте объекта относительно системы «излучатель-детекторная линейка» с шагом 10 градусов в двух плоскостях количество сканирований может доходить до 1300. Ещё одним недостатком данного метода является то, что получение образцов для сканирования в ряде случаев может быть затруднительно или даже невозможно (например, редкие виды оружия, образцы взрывных устройств и пр.).

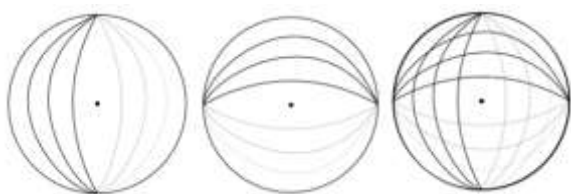


Рис. 2. Схема сканирования контрольного объекта

3. Компьютерное моделирование цифровых двойников на основе известных характеристик объектов контроля.

Данный метод предполагает создание модели объекта контроля без фактического сканирования. Обладая информацией о специфических характеристиках объекта, таких как: форма, материал, особенности конструкции и пр. можно составить цифровой портрет объекта достаточный для идентификации при сравнении с объектами, изображение которых может быть получено при сканировании [5]. Например, имея изображение редкого вида оружия (фото с нескольких ракурсов, чертёж, описание характерных особенностей), не доступного для сканирования в реальных условиях, при помощи известных инженерных программ (КОМПАС, AutoCad, SolidWorks и пр.), можно создать 3D модель,

учитывающую форму, размер, материал из которого изготовлен объект, доступную для сравнения во всех проекциях, и наложить её на полученное рентгеновское изображение. При этом появляется возможность машинного сопоставления областей полученного РИ и цифрового портрета. Так, в случае если запрещенное вложение, будет сокрыто среди предметов сложной геометрической формы, изготовленных из такого же материала, у оператора анализа изображения могут возникнуть трудности в его обнаружении и идентификации из-за многочисленных наложений контуров и частичного слияния на РИ запрещенного вложения и объектов прикрытия. В этом случае наличие цифрового портрета позволит выявить и идентифицировать вложение даже в условиях фрагментарного совпадения контуров объекта или характерных зон изменения степени поглощения.



Рис. 3. Идентификация объекта по части контура

Та же технология может применяться для определения соответствия товаров сведениям, заявленным в сопроводительных документах. Например, производители напитков (воды, лимонада, вина, виски) традиционно или в целях повышения узнаваемости своих товаров, используют первичную упаковку различных форм и размеров, т.е. по форме и размеру бутылки возможно отличить воду от вина, вино от крепких алкогольных напитков и т.д. [6].

К основным преимуществам данного метода можно отнести то, что для создания цифрового портрета не требуется проведение сканирования объекта, достаточно наличие сведений о его характерных особенностях, которые можно получать из большого количества доступных источников (сайты производителей, фотографии в Интернете и пр.), а также то, что полученный цифровой портрет не привязан к конкретному расположению объекта по отношению к системе «излучатель-детекторная линейка» и может быть рассмотрен и применен с любого ракурса.

Дальнейшее развитие применения этой технологии должно включать в себя использование цифровых двойников не только как самостоятельных признаков возможного нарушения, но и в качестве индикаторов в системе управления рисками. Срабатывание нескольких индикаторов одновременно может свидетельствовать о наличии риска или повышении уровня риска. Так, наличие внутри объекта контроля предметов, идентифицируемых как «органика» или упаковок с мелкими металлическими предметами (болты, гайки, шурупы и пр.), по отдельности не вызывает подозрений, но совместное нахождение этих предметов в одном компактном объеме может свидетельствовать о риске

наличия взрывного устройства с поражающими элементами.

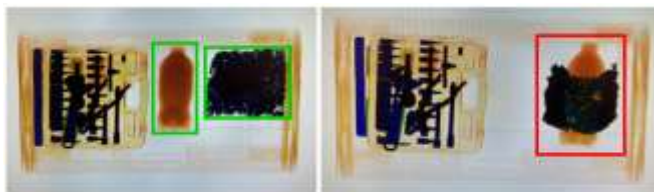


Рис. 4. Пример различного уровня риска

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, технология создания и применения цифровых двойников ведет к значительному повышению качества анализа информации, получаемой с применением ДРА, открывает перспективы применения машинных методов анализа и автоматизации процесса анализа рентгеновских изображений и расширяет возможности ДРА в рамках СУР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Афонин П.Н. и др. Распознавание образов при таможенном контроле с применением ИДК и ДРТ: монография / П.Н. Афонин, Д.Н. Афонин, В.А. Зубов, Д.Н. Сломов, Н.Ю. Яргина. Санкт-Петербург, 2017.
- [2] Афонин П.Н., Михайлик А.К. Система обучения работе с рентгеноскопическими изображениями // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022683634, 06.12.2022. Заявка № 2022683665 от 06.12.2022.
- [3] Греков И.В., Афонин П.Н. Внедрение возможностей искусственного интеллекта в область таможенных услуг и таможенного контроля товаров, пересылаемых в международных почтовых отправлениях // В сборнике: трансформация предпринимательской деятельности: новые технологии, эффективность, перспективы. материалы VIII Международного научного конгресса. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. Москва, 2020. С. 105–113.
- [4] Исаков Р.В., Петроченков С.Д., Теткин Д.В. Особенности применения рентгеновских досмотровых систем на объектах транспортной инфраструктуры: правовой режим и направления развития национальной безопасности в целях предупреждения преступлений в эпоху цифровых инноваций // Право: история и современность. 2021. № 3(16). С. 102–109.
- [5] Кокорев Д.С., Юрин А.А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса // Colloquium-journal. 2019. №10 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-ponyatiye-tipy-i-preimuschestva-dlya-biznesa>
- [6] Петров А.В. Имитация как основа технологии цифровых двойников // iPolytech Journal. 2018. С. 56–66.