

DOI 10.37539/2949-1991.2023.9.9.007  
УДК 004.048

**Коротышева Анна Андреевна**, аспирант,  
Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕМАРКИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

**Аннотация.** В статье приводятся результаты функционального моделирования программного обеспечения для интеллектуальной идентификации немаркированных элементов питания на рентгеновских изображениях. Разработаны контекстная диаграмма функционирования и контекстная диаграмма декомпозиции функционирования, наглядно демонстрирующие процессы и операции на разных уровнях детализации разрабатываемого программного обеспечения. Представлена разработанная структура базы данных.

**Ключевые слова:** рентгеновские изображения, элементы питания, программное обеспечение, искусственный интеллект, нейронная сеть, компьютерное зрение, функциональное моделирование.

### **Введение**

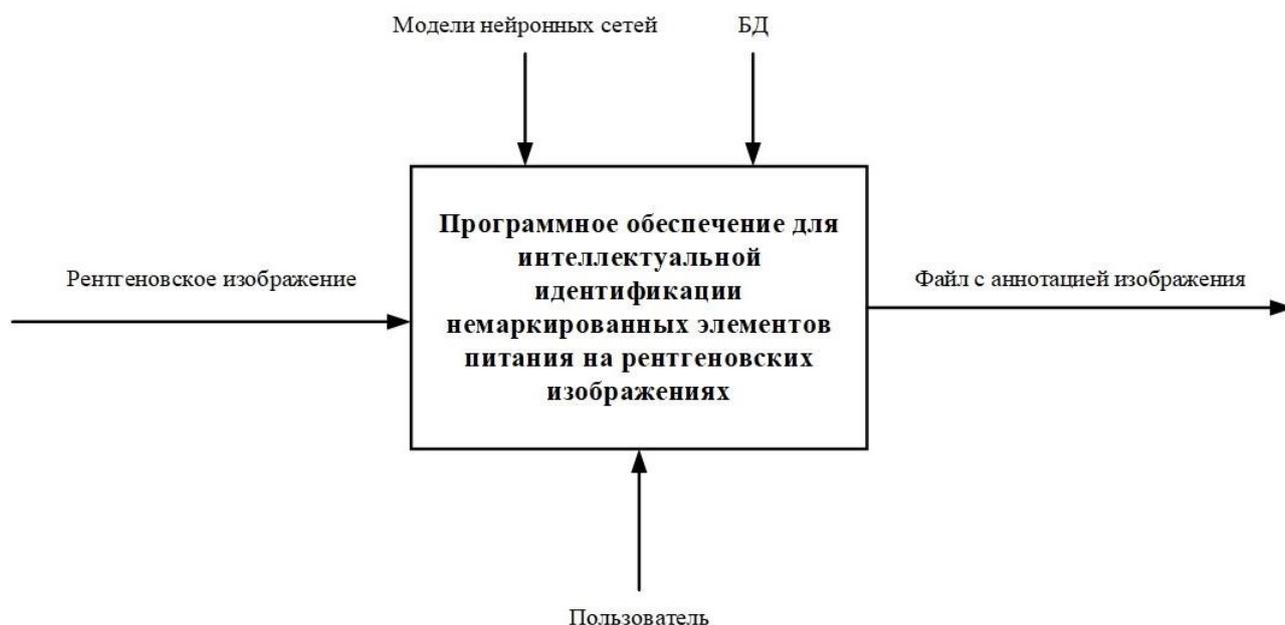
Электрохимические источники электрического тока (элементы питания) должны утилизироваться отдельно от остальных бытовых отходов [1]. В настоящее время сортировка элементов питания (ЭП) осуществляется, как правило, вручную, что достаточно трудоемко и долго, при этом даже опытный человек не сможет правильно определить тип ЭП, если на нем нет маркировки или повреждена этикетка. В описываемом программном обеспечении (ПО) для решения проблемы идентификации ЭП проводится этап анализа изображений в рентгеновском диапазоне [2].

Для проектирования программного обеспечения для интеллектуальной идентификации немаркированных элементов питания на рентгеновских изображениях использована методология функционального моделирования [3]. Функциональное моделирование по методологии IDEF0 отображает основные компоненты разрабатываемого ПО для интеллектуальной идентификации немаркированных ЭП на рентгеновских изображениях. Составные части графических диаграмм IDEF0-модели это блоки и стрелки. Блоки представляют функции ПО, а стрелки - данные или материальные объекты.

### **Контекстная диаграмма функционирования системы**

На рис. 1 представлена контекстная диаграмма верхнего уровня с указанием входных и выходных воздействий, механизмов и управлений ПО.





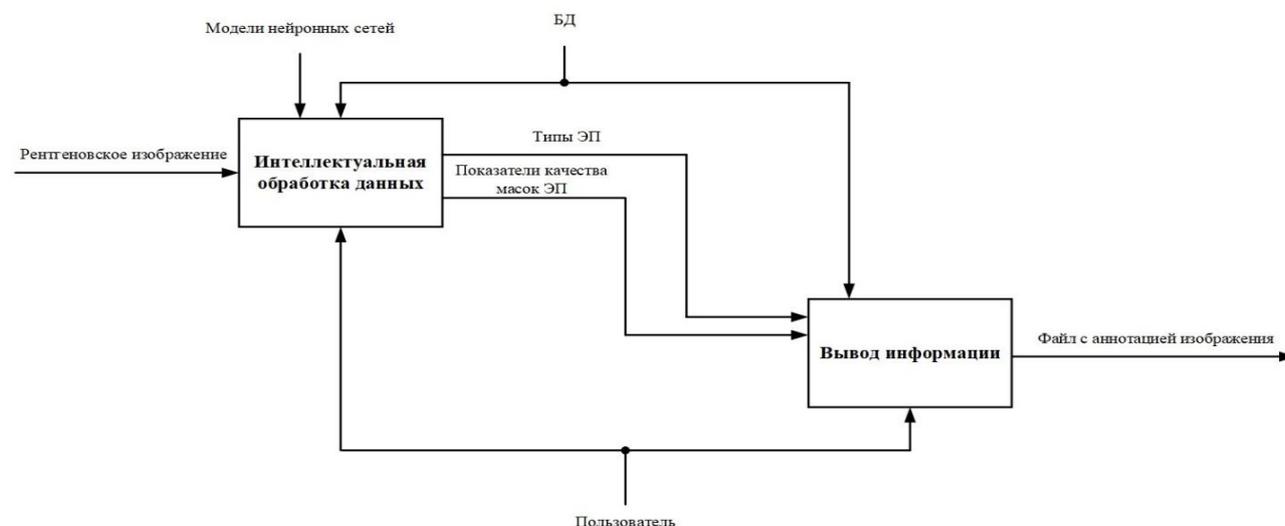
**Рисунок 1 – Контекстная диаграмма А-0 «Программное обеспечение для интеллектуальной идентификации немаркированных элементов питания на рентгеновских изображениях»**

ПО состоит из двух основных модулей:

- модуль интеллектуальной обработки данных – предназначен для предобработки изображения [4], детектирования объектов на изображении, определении внутренних структур объектов и их классификация [5], комплексирование информации об идентифицированных объектах с информацией из базы знаний;
- модуль вывода информации – предназначен для формирования и сохранения результатов интеллектуальной обработки данных.

#### **Контекстная диаграмма декомпозиции функционирования системы**

На рис. 2 представлена диаграмма декомпозиции А0 разрабатываемого ПО.



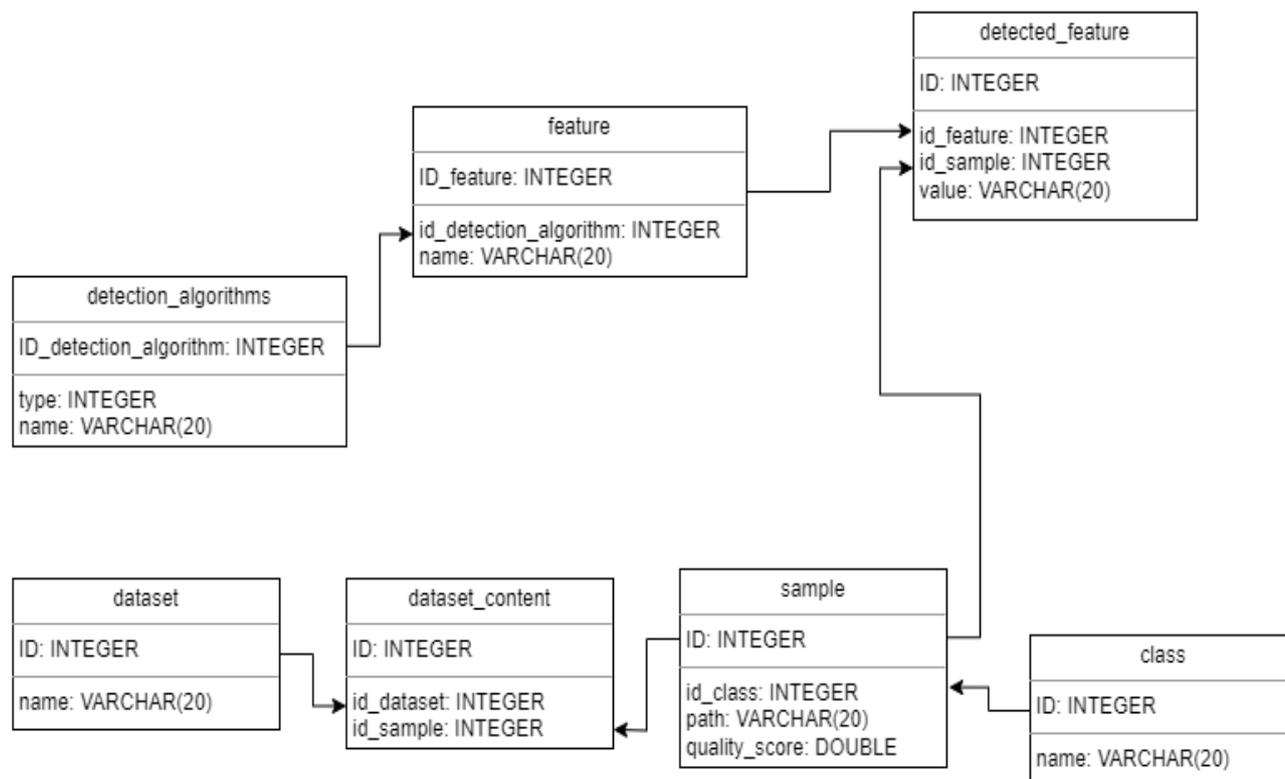
**Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции А0 «Программное обеспечение для интеллектуальной идентификации немаркированных элементов питания на рентгеновских изображениях»**



На вход модуля интеллектуальной обработки данных подается рентгеновское изображение. База данных (БД) включает в себя базу знаний (БЗ) для комплексирования информации об идентифицированных объектах. В модуле вывода информации типы ЭП вместе с показателями качества масок ЭП сохраняются в БД и файл с аннотацией изображения.

### Физическая структура базы данных

На рис. 3 представлена физическая структура БД разрабатываемого ПО для интеллектуальной идентификации немаркированных ЭП на рентгеновских изображениях.



**Рисунок 3 – Физическая структура БД «Программное обеспечение для интеллектуальной идентификации немаркированных элементов питания на рентгеновских изображениях»**

Приведенная выше БД включает в свой состав 7 таблиц:

- таблица «detection\_algorithms» – алгоритмы обнаружения признаков;
- таблица «feature» – признаки, которые могут быть обнаружены на изображении;
- таблица «detected\_feature» – признаки, обнаруженные на изображении;
- таблица «dataset» – наборы данных, в которые могут быть объединены образцы;
- таблица «dataset\_content» – образцы, объединенные в наборы данных;
- таблица «sample» – используемые образцы изображений;
- таблица «class» – классы, которые можно присвоить образцам.

Целочисленный тип в таблице алгоритмов присваивается следующим образом: 0 – сегментация, 1 – детектирование, 2 – классификация. В качестве названия алгоритма может быть вписано, например, U-Net [6] или SAM (Segment Anything Model) [7]. Признаки разных алгоритмов из таблицы «feature» не пересекаются.



### **Заключение**

В процессе проектирования ПО для интеллектуальной идентификации немаркированных ЭП на рентгеновских изображениях были определены входные и выходные воздействия, механизмы, управления и пользователь ПО.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Нижегородской области в рамках научного проекта № 316-06-16-123а/23 от 4 июля 2023 г.

### *Список литературы:*

1. ГОСТ Р 55101-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению и транспортированию гальванических элементов. – Введ. 2013-06-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2019 – 10 с.
2. Коротышева А.А. Исходные данные программного обеспечения для интеллектуальной идентификации немаркированных элементов питания на рентгеновских изображениях / А.А. Коротышева // *Флагман науки: научный журнал*. Сентябрь 2023. – СПб., Изд. ГНИИ "Нацразвитие"-2023. – №8(8). – С. 268-271. DOI:10.37539/2949-1991.2023.8.8.025
3. Р 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования. – Введ. 2001-07-02. – Москва : Изд-во стандартов, 2003 г. – 49 с.
4. Гонсалес Р.С. Цифровая обработка изображений / Р.С. Гонсалес, Р.Е. Вудс. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Техносфера, 2012. – 1104 с.
5. Применение методов машинного обучения для классификации немаркированных элементов питания / А.А. Коротышева, В.Р. Милов, Ю.С. Егоров [и др.] // *Проблемы информатики*. – 2023. – № 2 (59) – С. 34-44. DOI:10.24412/2073-0667-2023-2-34-44
6. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / O. Ronneberger, // *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI)*, Springer, LNCS. – 2015. – Vol. 9351. – P. 234-241. DOI:10.1007/978-3-319-24574-4\_28
7. Kirillov A. et al. Segment Anything // *arXiv preprint arXiv:2304.02643*. – 2023. DOI:10.48550/arXiv.2304.02643

