

*А.Е. Мисник, к.т.н., доц.; М.А. Шалухова, студ.*

*(МОУВО Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Беларусь)*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ ВАФЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Запрос на создание систем, использующих нейронные сети для решений производственных задач, в современном мире стабильно растет, этому способствует как повышающееся качество инструментария для обработки информации, так и высокая эффективность систем, применяющих нейросетевые технологии.

Использование нейронных сетей позволяет создавать обучаемые системы, способные без вмешательства специалиста решать множество повседневных задач, от классификационных до прогнозирования событий. Любое коммерческое производство направлено в первую очередь на получение прибыли путем реализации произведенного продукта, удовлетворяющего потребности потребителя. Обеспечить устойчивый спрос на произведенную продукцию в конкурентной среде невозможно без обеспечения должного уровня качества. Использование нейронных сетей в системах определения брака — лишь один вариант из множества возможных применений технологии в производство. Потребность в таких системах ощущают предприятия самых разных областей — от предприятий тяжелой промышленности до пищевых производств. Ограничение по применению накладывает лишь соображения экономической целесообразности такого решения.

Одним из способов выявления дефектов произведенной продукции является визуальный осмотр и сверка полученных размеров с эталоном (контроль по контрольному образцу, измерительный контроль, визуальный контроль). Применение сверточной нейронной сети, использующей признаковый метод анализа изображений в автоматизированной системе способно снять часть задач с отдела контроля. В данной работе рассматривается возможность применения возможностей сверточной нейронной сети для обнаружения брака при производстве вафель.

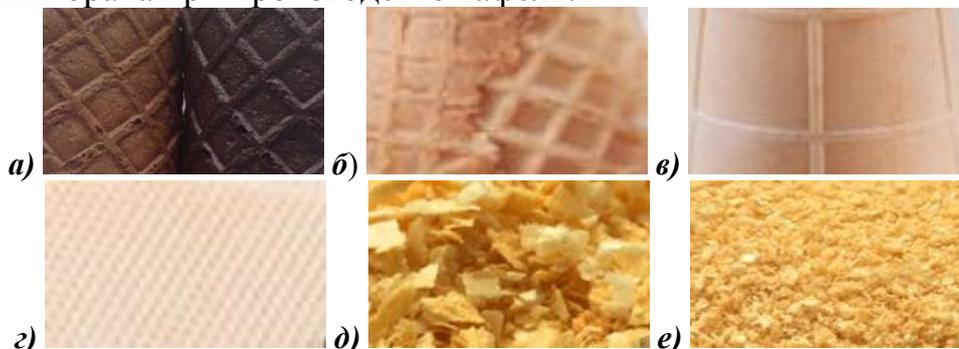


Рис 1. Типы производимых вафель

: а,б – сахарный рожок; в – вафельный стаканчик; г – вафельный лист;  
д – вафельная крошка; е – панировочные сухари

На данный момент, рассматриваемое производство изготавливает несколько основных видов продукции: вафельный стаканчик и конус, лист

вафельный, вафельная крошка, сухари панировочные и вафельные сахарные рожки. Типы производимых вафель представлены на рисунке 1.

Соответствие качества продукции определяется согласно государственному стандарту Республики Беларусь (СТБ 2400-2015) “Вафли”, в котором содержатся общие технические условия, правила приемки, методы контроля, упаковка, маркировка, транспортирование, хранение. Контроль за физико-химическими показателями осуществляется в лабораторных условиях. Предполагается разработать систему, заменяющую при визуальном контроле качества продукции специалиста.

Основной объем производимой продукции составляют вафельные сахарные рожки. Пример готовой продукции представлен на рисунке 2.



Рис. 2 –Пример продукции (вафельный сахарный рожок)

Визуальный контроль способен выявить следующие разновидности дефектов у произведенных вафель: разрывы либо разломы вафельного листа, неровный обрез края вафельного листа, пятна, просвечивание корпуса с доньшка изделий (для вафельных стаканчиков).

Основной вид дефектов на производстве – разрывы и разломы вафель. Это обусловлено тем, что вафли имеют в своем составе незначительную долю влаги (до 6% для вафельных листов), что делает их хрупкими. Наибольший процент брака наблюдается при производстве вафельных рожков, что связано с особенностью технологического процесса скручивания вафельного листа в рожок. Распространённость дефектов в общей доле всех выявляемых дефектов на производстве приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Распространённость дефекта в общей доле всех выявляемых дефектов

Доля распространённости дефекта в выявленных дефектах продукции	Виды дефекта			
	Разрывы, разломы	Неровный обрез	Пятна	Просвечивание корпуса
	57,63%	17,27%	11,40%	13,70%

.Очевидно, что при производстве различных видов продукции, процент частоты выявления характерных дефектов в каждом подвиде неодинаков. Различие в содержании сахара (массовая доля до 45%) и допустимом стандартом проценте влаги обуславливает отличия в прочности изделий. Процентное

соотношение обнаруженных дефектов по типам продукции представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение дефекта в зависимости от типа продукции

Виды дефектов	Вид продукции		
	Вафельные сахарные рожки	Лист вафельный	Вафельный стаканчик, конус
Разрывы, разломы	0,591	0,164	0,245
Неровный обрез	0,394	0,279	0,327
Пятна	0,378	0,347	0,275
Просвечивание корпуса	0,582	0,243	0,175

Для определения дефектов использовалась сверточная нейронная сеть. Сверточные нейронные сети на достаточном уровне справляются с задачами высокоточного распознавания, которые требуют выделения узкоспецифичных признаков, что позволит их применять при визуальном и измерительном контроле. Каждый слой сверточной нейронной сети представляет собой набор плоскостей, состоящих из нейронов. Каждый нейрон скрытого слоя связан только с ограниченным участком изображения, не имеющим разрывов. Такой подход позволяет получать независимые от конкретного расположения локального признака представления в изображении, и одинаковым образом реагировать на интересующие объекты, присутствующие на любом участке входного изображения [2].

Сегментация объектов на полученном изображении определяет объект с точностью до пикселя, отделяя от остального изображения, дальнейшая передача полученных данных программной системе позволяет произвести точные измерения размеров деталей полученного узла. В дальнейшем полученные данные сопоставляются эталону каждой выделенной части объекта. При выявлении несоответствия, решается задача классификации, согласно месту обнаружения, типа, и процента выявленного несоответствия: распространенности (непрерывный, разовый или повторяющийся дефект) и исправимости [4].

Для обучения нейронной сети использовался подход обучения с учителем. Точность распознавания обучающей и проверяющей выборки рассматривается в таблице 3.

Таблица 3 – Точность распознавания дефектов вафель сверточной нейронной сетью

Тип выборки	Точность распознавания выборки			
	Неровный обрез	Пятна	Просвечивание корпуса	Разрывы, разломы
Обучающей	91,03%	89,96%	89,00%	91,62%
Проверяющей	90,70%	88%	88,56%	90,70%

Полученные результаты показывают, что при распознавании изображений дефектов сверточная сеть достаточно эффективна, что достигается благодаря ее устойчивости к искажениям входных данных, а так же делает ее подходящим выбором архитектуры для решения задач обнаружения и классификации дефектов.

В дальнейших исследованиях предполагается исследовать возможности применения адаптивных сети на основе системы нечеткого вывода, для увеличения точности распознавания дефектов, а так же повысить устойчивость системы к разнообразным искажениям входных данных.

#### Литература

1. Bobryakov A., Borisov V., Misnik A. and Prokopenko S. Approaches to the Implementation of Information-Analytical Processes in Complex Technical-Organizational Systems // 2020 V International Conference on Information Technologies in Engineering Education ( Inforino ), 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/Inforino48376.2020.9111833.
2. Николенко С., Кадурич А., Архангельская Е.. Глубокое обучение // Серия «Библиотека программиста». СПб. : Питер, 2018.
3. Плас Дж. Вандер. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. // Серия «Библиотека программиста». СПб.: Питер, 2018. — 576 с.
4. Ян Эрик Содем Программирование компьютерного зрения на языке Python / пер.с англ. Слинкин А.А – М.: ДМК Пресс,2016-312с.

*Е.А. Якимов, к.т.н.; В.Т. Садовский, ст. преп., А.С. Барыгин, А.А. Плотников  
(Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Беларусь)*

### **ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ УДАЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ**

В настоящее время для удаленного обучения студентов выпускающей кафедры «Автоматизированные системы управления» используется платформа Moodle, обеспечивающая удаленный доступ к учебным материалам и реализующая функцию контроля знаний обучаемых. Однако Moodle не поддерживает интеграцию виртуальных лабораторий, что не позволяет обучаемым в достаточной мере получать необходимые им практические знания и навыки.

Основная особенность разработанной веб-платформы – возможность интеграции различных виртуальных лабораторий, которые позволяют выполнять специальные практические задания и, таким образом, закреплять теоретические знания на практике. Такой способ удаленного обучения позволит повысить эффективность процесса удаленного обучения студентов, а также сделать его более разнообразным и интересным [1, 2].

Виртуальная лаборатория предоставляет студентам комплекс задач из различных предметных областей, виртуальные инструменты для формализации условий процесса, средства для решения проблемы; преподавателям – постоянный контроль, диагностику освоения материала. Таким образом, обучаемые самостоятельно могут формировать практические умения и навыки в удобное для них время, не ограничивая себя временем и территориальной отдаленностью от образовательной организации.

Особый интерес представляют веб-лаборатории с удаленным доступом. Они реализуются путем доработки программного обеспечения лаборатории с