

ПРОГРАММНАЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПИЩЕВОЙ 3D ПЕЧАТИ

И.Г. Благовещенский, М.М. Благовещенская

ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет»,
г. Москва

Аннотация: Рассмотрены вопросы технической и программной реализации системы автоматизированного контроля и управления технологическими процессами пищевой 3D печати шоколадом. Представлены программные компоненты и библиотеки, вошедшие в состав разработанного модуля визуального контроля органолептических показателей качества печатаемого продукта.

Ключевые слова: техническая и программная реализация, система автоматизированного контроля, технологические процессы, пищевая 3D печать.

SOFTWARE AND TECHNICAL IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF FOOD 3D PRINTING

I.G. Blagoveshchensky, M.M. Blagoveshchenskaya

MIREA – Russian Technological University, Moscow

Abstract. The issues of technical and software implementation of the automated control and management system of technological processes of food 3D printing with chocolate are considered. Software components and libraries included in the developed module of visual control of organoleptic indicators of the quality of the printed product are presented.

Keywords: technical and software implementation, automated control system, technological processes, food 3D printing.

Исследование посвящено технической и программной реализации системы автоматизированного контроля и управления ТП пищевой 3D печати шоколадом. Для отладки методов автоматизированного контроля и управления процессом пищевой 3D печати были разработаны программные модули. Разработка проводилась на языке Python в среде программирования PyCharm SE [1 – 3]. Первичная обработка изображений реализована при помощи библиотеки компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV [4 – 6]. Рассмотрены программные компоненты и библиотеки, вошедшие в состав разработанного модуля визуального контроля органолептических показателей качества печатаемого продукта.

Сконфигурирована и обучена нейронная сеть для детекции поверхностных дефектов вошедшая в этот модуль. Разработка и обучение нейронных сетей проводилась на основании анализа предметной области, подробного изучения фундаментально-прикладной литературы и современных методик [7 - 9]. Тренировка моделей проводилось на графическом процессоре GPU Nvidia GeForce GTX 1050 Ti под управлением операционной системы Windows 10.

Проработана и реализована конфигурация рекуррентной нейронной сети, лежащей в основе системы принятия управленческих воздействий. Представлена структура обучающих данных.

Разработана база данных в MySQL для возможности функционирования АСКУ ТП 3D печати шоколадом. В БД также учтена возможность накопления информации о новых результатах печати, с целью проведения дальнейших исследований технологического процесса пищевой 3D печати, в том числе и с новыми материалами. Такой подход позволяет до обучать нейронные сети на основе вновь приобретённого опыта.

Предложен способ интеграции автоматизированной системы контроля и управления (АСКУ) в систему 3D принтера и подобрана модель управляющего микрокомпьютера для её реализации. В качестве материнской платы 3D принтера была выбрана BTT SKR Mini E3 V3, а в качестве её базовой прошивки Marlin 2.0. В качестве визуальных датчиков выступают 2 видеокамеры NCM-198F R1.3.

Разработана архитектура ПО, и детально описан принцип работы всех компонентов входящих в АСКУ ТП 3D печати. Для управления всей системой был разработан графический пользовательский интерфейс, позволивший проводить точную настройку технологического процесса путём управления алгоритмами контроля.

Разработанная АСКУ ТП 3D печати имеет модульное строение и является универсальной, что позволяет адаптировать её для новых материалов.

Список литературы

1. Благовещенская М. М., Благовещенский И.Г., Назойкин Е.А. Методика автоматической оценки качества пищевых изделий на основе теории искусственных нейронных сетей. // Пищевая промышленность. 2015. № 7.
2. Благовещенская М.М., Шаверин А.В., Благовещенский И.Г. Автоматизация контроля показателей вкуса шоколадных изделий на основе использования нейронных сетей // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. № 8. 2012.
3. Благовещенский В. Г. Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий: специальность 05.13.06 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)": диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук / Благовещенский Владислав Германович, 2021. – 219 с.

4. Благовещенский В.Г., Благовещенский И.Г., Холопов В.А., Зеленова Е.Н. Применение на производстве нейронной сети YOLO для определения качества пищевой продукции // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности. – 2023. – С. 66-72.

5. Благовещенский, И. Г. Автоматизированная экспертная система контроля в потоке показателей качества помадных конфет с использованием нейросетевых технологий и систем компьютерного зрения: специальность 05.13.07: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Благовещенский Иван Германович, 2015. – 229 с. – EDN SGUENP.

6. Благовещенский, И. Г. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий: специальность 05.13.06 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 2018. – 443 с.

7. Благовещенский И.Г., Носенко С.М. Экспертная интеллектуальная система мониторинга процесса формования помадных конфет с использованием системы технического зрения // Пищевая промышленность, 2015. № 6.

8. Благовещенский И.Г., Троицкий А.К. Теоретические основы использования системы технического зрения в системе автоматического управления технологическими процессами / И.Г. Благовещенский, А.К. Троицкий // Материалы первой международной НПК «Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины». - М.: Изд. комплекс МГУПП, 2012. с. 165-172.

9. Благовещенский И. Г., Шибанов Э. Д., Загородников К. А. Оптимизация 3D-печати на примере использования шоколадной глазури // Пищевая промышленность. – 2020. – № 12. – С. 70-73. – DOI 10.24411/0235-2486-2020-10147.

References

1. Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchensky I. G., Nazoikin E. A. Methodology for automatic assessment of the quality of food products based on the theory of artificial neural networks. // Food Industry. 2015. No. 7.

2. Blagoveshchenskaya M. M., Shaverin A. V., Blagoveshchensky I. G. Automation of control of taste indicators of chocolate products based on the use of neural networks // Storage and processing of agricultural raw materials. 2012. No. 8.

3. Blagoveshchensky V. G. Intelligent automated quality control system for halva using hybrid methods and technologies: specialty 05.13.06 "Automation and control of technological processes and production (by industry)": dissertation for the

degree of candidate of technical sciences / Blagoveshchensky Vladislav Germanovich, 2021. - 219 p.

4. Blagoveshchensky V.G., Blagoveshchensky I.G., Kholopov V.A., Zelenova E.N. Application of the YOLO neural network in production to determine the quality of food products // Factory of the future: transition to advanced digital, intelligent production technologies, robotic systems for food industries. - 2023. - P. 66-72.

5. Blagoveshchensky, I.G. Automated expert system for monitoring the flow of quality indicators of pomade candies using neural network technologies and computer vision systems: specialty 05.13.07: dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Blagoveshchensky Ivan Germanovich, 2015. - 229 p. - EDN SGUENP.

6. Blagoveshchensky, I. G. Methodological foundations for creating expert systems for monitoring and forecasting the quality of food products using intelligent technologies: specialty 05.13.06 "Automation and control of technological processes and production (by industry)": dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences, 2018. - 443 p.

7. Blagoveshchensky I.G., Nosenko S.M. Expert intelligent system for monitoring the process of molding fondant candies using a machine vision system // Food Industry, No. 6, 2015. No. 6.

8. Blagoveshchensky I.G., Troitsky A.K. Theoretical foundations for using a machine vision system in an automatic process control system // Materials of the first international scientific and practical conference "Planning and ensuring training and retraining of personnel for the food industry and medicine". - M .: Publishing complex of MGUPP, 2012. pp. 165 - 172.

9. Blagoveshchenskiy I. G., Shibanov E. D., Zagorodnikov K. A. Optimization of 3D print on the example of use of chocolate glaze // Food processing industry = Pischevaya promyshlennost'. – 2020. – № 12. – P. 70-73. – DOI 10.24411/0235-2486-2020-10147.