

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРИСТОГО ШОКОЛАДА

М.М. Благовещенская, М.В. Веселов

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

Аннотация. Показано использование искусственной нейронной сети в качестве системы поддержки принятия решений в производстве пористого шоколада.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, система поддержки принятия решений, искусственная нейронная сеть.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE PRODUCTION OF POROUS CHOCOLATE

M.M. Blagoveshchenskaya, M.V. Veselov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education MIREA –
Russian Technological University,
Moscow

Abstract: The use of an artificial neural network as a decision support system in the production of porous chocolate is demonstrated.

Keywords: automated control system, decision support system, artificial neural network.

Производство пористого шоколада – сложный многостадийный процесс [1-3]. Он включает в себя получение шоколадной смеси согласно рецептуре, выработку жидкой шоколадной массы: предварительное, а затем тонкое измельчения шоколадной смеси, конширование, темперирование. На заключительном этапе перед формованием и кристаллизацией шоколадных плиток, жидкую шоколадную массу насыщают смесью газов: азота и углекислого газа, [4-6]. Насыщение газами жидкой шоколадной массы происходит в специальных турбинных смесителях. На выходе из смесителя необходимо получить массу требуемой плотности, чтобы получить плитку шоколада заданной массы при фиксированных геометрических размерах отливочных форм [7 -9].

В результате проведенного теоретического анализа процессов перемешивания необходимых ингредиентов, процессов образования при этом

газовых эмульсий была получена параметрическая модель процесса аэрирования жидкой шоколадной массы, представленная на рис. 1.

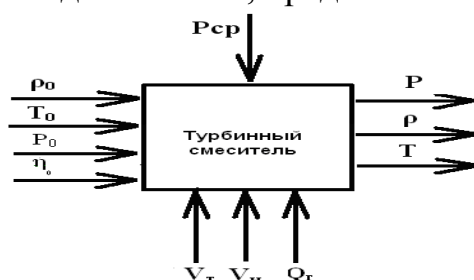


Рисунок 1. Параметрическая модель процесса насыщения газами жидкой шоколадной массы в турбинном смесителе

Здесь ρ_0 – начальная плотность жидкой шоколадной массы на входе в смеситель, ρ – плотность шоколадной массы, перемешанной с газами на выходе из смесителя, T_0 – температура шоколадной массы на входе в смеситель, T – температура шоколадной массы на выходе из смесителя, P_0 – начальное давление шоколадной массы, подаваемой в смеситель, η_0 – начальная вязкость шоколадной массы, подаваемой в смеситель, $P_{ср}$ – атмосферное давление, V_t – скорость вращения турбинной мешалки, V_n – скорость вращения вала насоса, подающего жидкий шоколад в смесительную установку, Q_g – расход газа, подаваемого в смесительную установку.

Натурный эксперимент на реальном смесителе с обработкой результатов с применением статистических концепций выявил, что качество процесса смешивания жидкой шоколадной массы с газами зависит от начальных свойств шоколадной массы, массового расхода шоколадной массы и газа, давления перемешивания, скорости вращения турбины.

Таким, образом, для повышения эффективности производства пористого шоколада необходим выбор обоснованных значений технологических параметров работы турбинного смесителя. Это актуальная и не простая задача, решение которой целесообразно возложить на автоматизированную систему поддержки принятия решений (СППР).

На основе анализа существующих систем поддержки принятия решений, действующих систем автоматического управления производственным процессом пористого шоколада, а также на основе способности искусственных нейронных сетей (ИНС) обнаруживать сложные закономерности в данных, было принято решение разработать и внедрить ИНС в качестве СППР в работе турбинного смесителя.

Была сделан выбор структуры нейронной сети (количество слоев и нейронов) и получена необходимая структура нейронной сети – двухслойная нейронная сеть с прямыми полными связями. Для получения параметров ИНС (весовых значений, значений смещений) использовались инструментальные средства NNTool и NNStart в составе специализированной системы компьютерной математики MATLAB.

Реализация СППР на основе ИНС включает в себя два этапа: программный и аппаратный. На этапе аппаратной реализации решался вопрос

объединения систем управления различными участками производства пористого шоколада в единую информационную систему для сбора информации о параметрах выработки полуфабриката. Программный этап, используя принципы объектно-ориентированного программирования, состоит из написания кода класса «Нейрон», написания кода объединения экземпляров нейронов в сеть, согласно полученной ранее структуре и данным, написания кода сбора и обмена информацией между участками о текущей партии производства шоколадного полуфабриката.

Список литературы

1. Благовещенский В.Г. Методологические основы автоматизации контроля органолептических показателей качества кондитерской продукции и создание на их базе интеллектуальных систем управления. // Монография. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2024. – 407 с.
2. Благовещенский В.Г., Благовещенский И.Г. Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий. Монография. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – 186 с.
3. Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Носенко А.С., Аднодворцев А.М. Адаптивная система управления с идентификатором нестационарными процессами производства // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2022. – № 5(125). – С. 162-169.
4. Петряков А.Н., Благовещенская М.М., Благовещенский В.Г., Крылова Л.А. Применение метода объектно-ориентированного программирования для контроля показателей качества кондитерской продукции. // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2018. № 5-6 (176). С. 21-23.
5. Благовещенский В.Г., Носенко А.С., Холопов В.А., Благовещенский И.Г., Веселов М.В., Аднодворцев А.М.. Проблемы управления технологическими процессами производства кондитерских изделий и пути их преодоления. // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств: сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова, Москва, 11 октября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 97-104.
6. Благовещенский В.Г., Краснов А.Е., Благовещенский И.Г., Таирова Л.Р., Игольников А.О., Максимов Н.А. Перспективы использования интеллектуальных информационных технологий и систем в решении задач цифровизации производства кондитерской продукции. // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств: сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова, Москва, 11 октября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 60-70.

7. Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Назойкин Е.А., Петряков А.Н. Интеллектуальный анализ данных для систем поддержки принятия решений диагностики процессов производства пищевой продукции // Казанская наука. 2020. №. 1. С. 105 – 109.

8. Благовещенский В.Г., Благовещенский И.Г., Мокрушин С.А., Аднодворцев А.М., Веселов М.В. Автоматизация управления качеством производства шоколадных конфет с использованием видеоконтроля. В сборнике: РОГОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. сборник докладов научно-практической конференции с международным участием. Курск, 2023. С. 27-35.

9. Благовещенский В.Г., Благовещенский И.Г., Холопов В.А., Мокрушин С.А., Веселов М.В., Жиров М.В. Анализ особенностей использования методов искусственного интеллекта в решении задач автоматизации контроля и управления качеством кондитерской продукции. В сборнике: Роговские чтения. Секция "Автоматизация технологических процессов и производств", Сб. докладов научно-практической конференции с международным участием. Курск, 2023. С. 34-42.

References

1. Blagoveshchensky V.G. Methodological foundations for automating the control of organoleptic quality indicators of confectionery products and the creation of intelligent control systems on their basis. // Monograph. - Kursk: Closed Joint-Stock Company "University Book", 2024. - 407 p.

2. Blagoveshchensky V.G., Blagoveshchensky I.G. Intelligent automated quality control system for halva using hybrid methods and technologies. // Monograph. - Kursk: Closed Joint-Stock Company "University Book", 2022. - 186 p.

3. Blagoveshchensky I.G., Blagoveshchensky V.G., Nosenko A.S., Adnodvortsev A.M. Adaptive control system with an identifier for non-stationary production processes // Engineering journal: science and innovation. - 2022. - No. 5 (125). - P. 162-169.

4. Petryakov A.N., Blagoveshchenskaya M.M., Blagoveshchensky V.G., Krylova L.A. Application of the object-oriented programming method to control quality indicators of confectionery products. // Confectionery and bakery production. 2018. No. 5-6 (176). pp. 21-23.

5. Blagoveshchensky V.G., Nosenko A.S., Kholopov V.A., Blagoveshchensky I.G., Veselov M.V., Adnodvortsev A.M. Problems of control of technological processes of production of confectionery products and ways of overcoming them. // Modern problems of automation of technological processes and production: collection of scientific reports of the scientific and practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the birth of Igor Konstantinovich Petrov, Moscow, October 11, 2023. - Kursk: ZAO "Universitetskaya kniga", 2023. - P. 97-104.

6. Blagoveshchensky V.G., Krasnov A.E., Blagoveshchensky I.G., Tairova L.R., Igolnikov A.O., Maksimov N.A. Prospects for the use of intelligent information technologies and systems in solving problems of digitalization of confectionery

production. // Modern problems of automation of technological processes and production: collection of scientific reports of the scientific and practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the birth of Igor Konstantinovich Petrov, Moscow, October 11, 2023. - Kursk: ZAO "Universitetskaya kniga", 2023. - P. 60-70.

7. Blagoveshchensky I.G., Blagoveshchensky V.G., Nazoikin E.A., Petryakov A.N. Intelligent data analysis for decision support systems for diagnostics of food production processes // Kazan science. 2020. No. 1. P. 105 - 109.

8. Blagoveshchensky V.G., Blagoveshchensky I.G., Mokrushin S.A., Adnodvortsev A.M., Veselov M.V. Automation of quality management in the production of chocolate sweets using video monitoring. In the collection: ROGOVSKIE CHTENIYA. collection of reports from a scientific and practical conference with international participation. Kursk, 2023. pp. 27-35.

9. Blagoveshchensky V.G., Blagoveshchensky I.G., Kholopov V.A., Mokrushin S.A., Veselov M.V., Zhironov M.V. Analysis of the features of using artificial intelligence methods in solving problems of automation of quality control and management of confectionery products. In the collection: Rogov Readings. Section "Automation of Technological Processes and Production", Collection of reports from a scientific and practical conference with international participation. Kursk, 2023. pp. 34-42.