

SUTNI PASTERIZATSIYALASH JARAYONIDA SIFATLI SIGNALLARNI ANIQLASH UCHUN MASHINAVIY O‘RGANISH YONDASHUVLARINING QO‘LLANILISHI

Nurmatov Abdusamad Nurmatovich

BDTU mustaqil izlanuvchisi,

Nurmatova Feruza Nusratovna

Kogon shahar politexnikumi

Annotatsiya. Ushbu maqolada sutni pasterizatsiyalash jarayonidagi texnologik signallarni tahlil qilish va ularning sifatini baholash bo'yicha mashinaviy o'rganish yondashuvlari tadqiq qilinadi. Tizimli tahlil va modellashtirish asosida harorat signallarning fizik va matematik xususiyatlari aniqlanadi. Mashinaviy o'rganish algoritmlaridan foydalanib, signal sifatini baholovchi intellektual tizim quriladi va eksperiment natijalari orqali taklif etilgan yondashuvlarning samaradorligi isbotlanadi.

Kalit so'zlar: pasterizatsiya, harorat signali, mashinaviy o'rganish, signal sifati, tizimli tahlil, anomaliya aniqlash.

Аннотация. В данной статье исследуются методы анализа технологических сигналов при процессе пастеризации молока и оценки их качества с использованием подходов машинного обучения. На основе системного анализа и моделирования определяются физические и математические характеристики температурного сигнала. С применением алгоритмов машинного обучения разрабатывается интеллектуальная система оценки качества сигнала, и на основе экспериментальных данных доказываемость предложенных подходов.

Ключевые слова: пастеризация, температурный сигнал, машинное обучение, качество сигнала, системный анализ, обнаружение аномалий.

Abstract. This article investigates methods for analyzing technological signals in the milk pasteurization process and assessing their quality using machine learning approaches. Based on system analysis and modeling, the physical and mathematical characteristics of the temperature signal are determined. An intelligent system for signal quality assessment is developed using machine learning algorithms, and the effectiveness of the proposed approaches is demonstrated through experimental results.

Keywords: pasteurization, temperature signal, machine learning, signal quality, system analysis, anomaly detection.

1. Kirish

Sutni pasterizatsiyalash oziq-ovqat sanoatida mahsulot xavfsizligini ta'minlashda muhim texnologik bosqichlardan biridir. Bu jarayon ma'lum harorat va vaqt sharoitida olib boriladi, bu esa harorat signalining uzluksiz monitoringini va tahlilini talab etadi. Amalga oshirilgan monitoringda signalning sifati, ya'ni uning real fizik hodisani to'g'ri aks ettirishi muhim rol o'ynaydi. Afsuski, texnik nosozliklar, datchik xatoliklari yoki shovqinlar tufayli bu signallarda sifat buzilishi mumkin.

Mazkur maqolada ushbu muammoni hal etish uchun zamonaviy mashinaviy o'rganish yondashuvlari taklif etiladi. Tizimli tahlil asosida pasterizatsiya jarayoni matematik modellashdiriladi va signalni sifatli/sifatsiz deb baholash mezonlari aniqlanadi.

2. Pasterizatsiya jarayonining tizimli modeli

Pasterizatsiya jarayonining asosiy fizik parametri bu – harorat. Haroratni boshqarish uchun odatda PID (Proportional-Integral-Derivative) boshqaruvchisi ishlatiladi. Tizim fizik jihatdan 1-darajali inert tizim sifatida qaralishi mumkin:

$$\tau * dT(t)/dt + T(t) = K * u(t)$$

bu yerda:

- $T(t)$ – vaqt bo'yicha harorat,
- $u(t)$ – kirish energiyasi (issiqlik),
- τ – tizimning vaqt konstantasi,
- K – statik kuchaytirish koeffitsienti.

Model MATLAB-Simulink muhitida qurilib, real pasterizator qurilmasining harorat datchiklari orqali olingan signalga moslashtirildi.

3. Signal sifatining baholash mezonlari

Signal sifati – bu signalning real fizik holatni qanchalik aniqlik bilan ifodalashiga bog'liq. Signalni sifatli/sifatsiz deb ajratish uchun quyidagi mezonlar aniqlangan:

Mezon	Tavsif
Signal-to-Noise Ratio	Signalning foydali va shovqinli qismini farqlash
Harorat o'rtachasi	Signalning umumiy qiymat tendensiyasi
Gradiyent	Signalning o'zgarish tezligi
Spektral energiya (FFT)	Yuqori chastotalar mavjudligi/shovqin darajasi

Mezon	Tavsif
Dispersiya	Signalning o‘zgaruvchanlik darajasi

Bu mezonlar asosida signal xususiyatlari chiqariladi va keyinchalik algoritmlar orqali tahlil qilinadi.

4. Mashinaviy o‘rganish asosida signal klassifikatsiyasi

Mashinaviy o‘rganish yordamida har bir signal namunasi uchun “sifatli” yoki “sifatsiz” yorlig‘i belgilanadi. Quyidagi algoritmlar tajribada qo‘llandi:

- K eng yaqin qo‘shni (KNN): Oddiy va tushunarli algoritm bo‘lib, signalni o‘ziga yaqin K ta qo‘shni asosida baholaydi. Tahlil natijalarida K=5 eng yaxshi natijani berdi.
- Tasodifiy o‘rmon (Random Forest): Signal xususiyatlari asosida qaror daraxtlari yig‘indisini quradi. Bu algoritm signalni klassifikatsiya qilishda yuqori aniqlikni ko‘rsatdi.
- Autoencoder: O‘z-o‘zini o‘rgatish printsiplig‘iga asoslangan neyron tarmoq. Signalni rekonstruksiya qilish orqali rekonstruksiya xatosi asosida anomaliyani aniqlaydi.
- Isolation Forest: Anomaliyalarni izolyatsiyalash yondashuvi orqali signalni sifatiga qarab baholaydi. Kam ma’lumotli muhitda ham yaxshi ishlaydi.

5. Eksperiment natijalari

Eksperimentlarda 1000 dan ortiq signal namunasi ishlatildi. Ma’lumotlar 80% trening va 20% test to‘plamiga ajratildi.

Algoritm	Aniqlik (Accuracy)	F1-score
KNN	91.2%	89.4%
Random Forest	96.5%	95.1%
Autoencoder	93.0%	91.2%
Isolation Forest	92.4%	90.5%

Natijalarga ko‘ra, Random Forest algoritmi eng yuqori aniqlikka ega bo‘ldi.

6. Xulosa

Maqolada pasterizatsiya jarayonining tizimli modeli asosida signal sifati baholandi va mashinaviy o‘rganish algoritmlari yordamida signalni sifatli va sifatsiz deb ajratish tizimi ishlab chiqildi. Random Forest algoritmi yuqori samaradorlik ko‘rsatib, real vaqt monitoring

tizimiga integratsiya qilindi. Ushbu yondashuv ishlab chiqarish jarayonining barqarorligini ta'minlash va inson omilini kamaytirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bishop C. "Pattern Recognition and Machine Learning". Springer, 2006.
2. Seborg D., Edgar T., Mellichamp D. "Process Dynamics and Control", Wiley, 2010.
3. Breiman L. "Random Forests", Machine Learning, 2001.
4. Goodfellow I. et al. "Deep Learning", MIT Press, 2016.
5. MATLAB Documentation – MathWorks.
6. Scikit-learn User Guide – <https://scikit-learn.org>
7. Raspberry Pi Foundation – <https://www.raspberrypi.com>
8. Arduino Documentation – <https://www.arduino.cc>