

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УГЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА ПИЩЕВЫХ СЫПУЧИХ МАСС В ПОТОКЕ

И.А. Кротов, В.Г. Благовещенский

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

Аннотация: рассмотрено применение машинного зрения для автоматизации определения угла естественного откоса пищевых сыпучих масс в производственной конвейерной линии. Приведены используемые технические средства и разработки, даны их краткие характеристики.

Ключевые слова: реологические показатели, пищевые сыпучие массы, машинное зрение, автоматизация контроля, производство.

APPLICATION OF MACHINE VISION TO CONTROL THE ANGLE OF NATURAL SLOPE OF BULK FOOD MASSES IN THE FLOW

I.A. Krotov, V.G. Blagoveshchensky

FSBEI VO "MIREA - Russian Technological University", Moscow

Abstract: the application of machine vision for automation of determination of natural slope angle of food bulk masses in the production conveyor line is considered. The technical means and developments used are presented, their brief characteristics are given.

Keywords: rheological parameters, food bulk masses, machine vision, automation of control, production.

Одной из важнейших структурно-механических характеристик материала является угол естественного откоса [1-3]. Эта характеристика является широко распространенной как на производстве, так и в прикладных исследованиях. Распространенность ее объясняется с одной стороны простотой и наглядностью измерений, с другой – комплексным характером этой величины. Данный параметр одновременно связан с аутогезией, внутренним трением и плотностью частиц сыпучего материала. Он дает непосредственное представление о текучести сыпучей массы в состоянии свободной насыпки. Данный параметр используется часто в чисто научных и прикладных исследованиях для сравнительной оценки реологических и технологических свойств сыпучих масс, для изучения влияния различных факторов – размеров и формы частиц, условий среды, наличия и вида добавок. Эту характеристику используют также

при определении вместимости транспортных средств и хранилищ, определении наклона желобов, стенок воронок и т.д. [4-6].

Обзор и анализ работ, посвященных методам и приборам для определения угла естественного откоса, показал, что существующие приборы контроля данного параметра для пищевых масс не отвечают современным требованиям и не могут обеспечивать стабилизацию качества готовой продукции [7-9].

В связи с этим возникает необходимость в создании современных цифровых средств автоматического контроля угла естественного откоса для пищевых сыпучих масс, работающих в производственных условиях в режиме реального времени и реагирующие в большой степени на изменения технологических и режимных параметров.

Нами предложен цифровой прибор автоматического контроля угла естественного откоса в режиме реального времени с использованием цифровой камеры и машинного зрения. Разработана блок-схема алгоритма работы прибора.

В качестве системы управления и платформы для машинного зрения был выбран микрокомпьютер Raspberry PI 4 Model B [5-7]. Использование данной платформы обусловлено его небольшими габаритами и возможностью интеграции машинного зрения с применением языка программирования Python [8]. Цифровая камера, расположенная под корпусом и направленная на пищевую сыпучую массу, через прозрачное дно фиксирует граничную линию образца с помощью машинного зрения и алгоритмов. Используя габаритные параметры корпуса и элементов, рассчитанную машинным зрением границу «сползания» переместившегося сыпучего пищевого образца, математически рассчитывается показатель угла естественного откоса исследуемой массы. После выполнения замеров микрокомпьютером Raspberry PI 4 Model B подается в блок управления сигнал на открытие задвижки конвейера для возврата измеренного сыпучего образца в производственный поток.

Применение машинного зрения для определения угла естественного откоса позволяет автоматизировать измерение данного параметра в потоке производственной линии.

Список литературы

1. Благовещенский В.Г., Благовещенский И.Г. Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий: монография / Благовещенский В.Г., Благовещенский И.Г. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – 186 с.
2. Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Крылова Л.А., Благовещенская М.М. Разработка моделей, методов и алгоритмов интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления

качеством кефира: монография. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – 216 с.

3. 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.

4. Кучумов А.В., Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Зеленова Е.Н., Корнев М.А. Автоматизация контроля качества кондитерской продукции с использованием интеллектуальных технологий // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 237-245.

5. Кучумов А.В., Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Осташов П.И., Благовещенская М.М. Цифровизация производства пищевых продуктов // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 262-270.

6. Благовещенский В.Г., Благовещенский И.Г., Безуглов В.С., Крот О.А., Зеленова Е.Н. Проектирование информационной системы управления кондитерским предприятием с учетом имеющихся проблем // Фабрика будущего: Сборник научных докладов IV Международной специализированной конференции-выставки, Москва, 26 апреля 2023 года. – Москва: ФГБОУ ВО "РОСБИОТЕХ", 2023. – С. 27-35.

7. Благовещенский В.Г., Благовещенский И.Г., Игольников А.О., Попов А.С., Благовещенская М.М. Анализ готовности к цифровизации кондитерских производств // Фабрика будущего: Сборник научных докладов IV Международной специализированной конференции-выставки, Москва: ФГБОУ ВО "РОСБИОТЕХ", 2023. – С. 41-50.

8. Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М., Носенко С.М. Автоматизация контроля показателей качества и выявления брака продукции с использованием системы компьютерного зрения // Кондитерское производство. 2016. - №3. – С. 26 – 30.

9. Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Краснов А.Е., Безуглов В.С. Основные перспективные направления применения цифровых технологий в пищевой промышленности // Фабрика будущего: Сборник научных докладов IV Международной специализированной конференции-выставки, Москва, 26 апреля 2023 года. – Москва: ФГБОУ ВО "РОСБИОТЕХ", 2023. – С. 97-105.

References

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

2. Blagoveshchensky I.G., Blagoveshchensky V.G., Krylova L.A., Blagoveshchenskaya M.M. Development of models, methods and algorithms for an intelligent automated system for monitoring and managing the quality of kefir. Monograph. - Kursk: Closed Joint-Stock Company "University Book", 2023. - 216 p.
3. 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.
4. Kuchumov A.V., Blagoveshchensky I.G., Blagoveshchensky V.G., Zelenova E.N., Kornev M.A. Automation of quality control of confectionery products using intelligent technologies // Rogovskie readings: collection of reports from a scientific and practical conference with international participation, Moscow, December 16, 2022. - Kursk: Closed Joint-Stock Company "University Book", 2023. - P. 237-245.
5. Kuchumov A.V., Blagoveshchensky I.G., Blagoveshchensky V.G., Ostashov P.I., Blagoveshchenskaya M.M. Digitalization of food production // Rogovskie readings: collection of reports from a scientific and practical conference with international participation, Moscow, December 16, 2022. – Kursk: Closed Joint-Stock Company "University Book", 2023. – P. 262-270.
6. Blagoveshchensky V.G., Blagoveshchensky I.G., Bezuglov V.S., Krot O.A., Zelenova E.N. Design of an information system for managing a confectionery enterprise, taking into account existing problems // Factory of the Future: Collection of scientific reports of the IV International Specialized Conference and Exhibition, Moscow, April 26, 2023. – Moscow: FGBOU VO "ROSBIOOTEKH", 2023. – P. 27-35.
7. Blagoveshchensky V.G., Blagoveshchensky I.G., Igolnikov A.O., Popov A.S., Blagoveshchenskaya M.M. Analysis of readiness for digitalization of confectionery production // Factory of the Future: Collection of scientific reports of the IV International specialized conference and exhibition, Moscow: FGBOU VO "ROSBIOOTEKH", 2023. - P. 41-50.
8. Blagoveshchensky I.G., Blagoveshchenskaya M.M., Nosenko S.M. Automation of quality control and detection of product defects using a computer vision system // Confectionery production. 2016. - No. 3. - P. 26 - 30.
9. Blagoveshchenskiy I.G., Blagoveshchenskiy V.G., Krasnov A.Ye., Bezuglov V.S. The main promising areas of application of digital technologies in the food industry // Factory of the Future: Collection of scientific reports of the IV International Specialized Conference and Exhibition, Moscow, April 26, 2023. – Moscow: FGBOU VO "ROSBIOOTEKH", 2023. – P. 97-105.