

Автоматизированная сортировка яблок системой технического зрения с искусственной нейронной сетью глубокого обучения

Automated sorting of apples by vision system with deep learning artificial neural network

透過具有深度學習人工神經網路的技術視覺系統自動分類蘋果

Казакевич П.П.,¹ Комлач Д.И.,² Юрин А.Н.,² Воробей А.С.²

¹Президиум Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Минск, Беларусь

¹Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

²Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization, Minsk, Belarus

¹白俄羅斯國家科學院主席團, 白俄羅斯明斯克

²白俄羅斯國家科學院農業機械化科學與實踐中心, 白俄羅斯明斯克

¹oan2011@mail.ru

Обязательной операцией при товарной обработке плодов является сортирование. Использование автоматизированных сортировальных машин позволяет значительно повысить качество сортирования и производительность [1]. Для создания автоматизированной линии сортировки плодов обоснована конструктивно-технологическая схема системы технического зрения (СТЗ) состоящая из оптического модуля, электронного блока управления и конвейера. В процессе исследования обоснованы однопризнаковый тип потока плодов с одномерной, равно интервальной их подачей и принудительным вращением, разработаны модель и алгоритм функционирования СТЗ, программное обеспечение на основе алгоритмов сегментации цветов плодов и трекинга, а также глубокого обучения (ИНС) обеспечивающие распознавание размеров плодов и повреждений от механического воздействия, вредителей и болезней. В качестве основы ИНС использовалась сегментационная сеть Iraspp mobilenetV3 из пакета mmsegmentation PyTorch. Обучение ИНС проводилось на изображениях реальных яблок посредством программы LabelMe. На изображении плода размечались его помологические особенности, а также 10 различных классов дефектов. Полученные размеченные изображения плодов сформировали эталонную обучающую выборку. Проверка эффективности работы ИНС показала, что точность определения высшего сорта яблок составляет 0,763, первого – 0,825, второго – 0,851, без сортовых яблок – 0,864. Созданная СТЗ с ИНС применена в линии сортировки яблок ЛСП-4 разработанной РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», приемочные испытания которой показали, что

она обеспечивает точность сортировки по размеру – 75,4%, по наличию дефектов – 73,1 % и производительность труда 1,8 т/ч.

A mandatory operation in the commodity processing of fruits is sorting. The use of automated sorting machines can significantly improve the quality of sorting and productivity [1]. To create an automated fruit sorting line, a structural and technological scheme of a technical vision system (VTS) consisting of an optical module, an electronic control unit and a conveyor is substantiated. In the course of the study, one indicative type of fruit flow with one-dimensional, equally interval feeding and forced rotation was substantiated, a model and algorithm for the functioning of the STZ, software based on fruit color segmentation and tracking algorithms, as well as deep learning (INS) were developed that provide recognition of fruit sizes and mechanical damage, pests and diseases. The segmentation network lrassp mobilenetV3 from the mmsegmentation PyTorch package was used as the basis of the ANN. ANN training was carried out on images of real apples using the LabelMe program. On the image of the fetus, its pomological features were marked, as well as 10 different classes of defects. The resulting labeled images of fruits formed a reference training set. Checking the efficiency of the ANN showed that the accuracy of determining the highest grade of apples is 0.763, the first - 0.825, the second - 0.851, without varietal apples - 0.864. The created STZ with INS was used in the LSP-4 apple sorting line developed by RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization", the acceptance tests of which showed that it ensures the accuracy of sorting by size - 75.4%, by the presence of defects - 73.1% and labor productivity 1.8 t/h.

水果商業加工中的一項強制性操作是分選。使用自動化分類機可以顯著提高分類品質和生產力[1]。為了創建自動化水果分選線，我們論證了技術視覺系統（VS）的設計和技術方案，該系統由光學模組、電子控制單元和輸送機組成。在研究過程中，證實了具有一維、等間隔進給和強制旋轉的單一特徵類型的水果流，建立了STZ運行的模型和算法，基於水果顏色分割和跟踪算法的軟體，以及隨著深度學習（ANN）的發展，可確保識別水果大小以及機械衝擊、病蟲害造成的損害。mmsegmentation PyTorch 套件中的分段網路 lrassp mobilenetV3 被用作 ANN 的基礎。使用 LabelMe 程式對人工神經網路進行真實蘋果影像的訓練。胎兒的圖像上標示了其果實特徵，以及 10 種不同類別的缺陷。由此產生的水果標記圖像形成了參考訓練集。檢查 ANN 的效率表明，確定最高等級蘋果的準確度為 0.763，第一級為 0.825，第二級為 0.851，無高級蘋果時為 0.864。所創建的帶有神經網路的 STZ 應用於共和國單一企業「白俄羅斯國家科學院農業機械化科學與生產中心」開發的 LSP-4 蘋果分選線，驗收測試表明，該分選線保證了分選精度尺寸 – 75.4%，缺陷的存

在- 73.1%。勞動生產力 1.8 噸/小時。

Літэратура

References

參考書目

1. Kazakevich P. P., Yurin A. N., Prokopovich G. A. Vision system for apple defects recognition: substantiation, development, testing. National acad. Sciences of Belarus. Ser. ag-rar. navuk. 2021. T. 59, No. 4. p. 488-500. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-4-488-500>.

2. Yurin A. N. Innovative technological processes and technical complexes for intensive horticulture in Belarus / A. N. Yurin. - Minsk: Belarusian Science, 2022. - 208 p.