определить процентное соотношение суммы количества пикселей в двух классах инфицированных областей к общему количеству пикселей изображения. Так, например, для листа на рисунке 2 классификация методом спектрального угла определила 53000 пикселей из 507000, как инфицированные, следовательно, степень поражения данного листа составила 10,5 %.

Выводы

Анализ спектра отражения с использованием метода спектрального угла позволяет оценивать степень поражения листьев земляники садовой белой пятнистостью при наличии видимых симптомов с точностью 84 %. На следующем этапе исследования предполагается изучить возможности применения технологии гиперспектральной визуализации для раннего обнаружения грибных болезней земляники в инкубационной стадии.

Использованные источники:

1. Демидчик В.В., Шашко А.Ю., Бондаренко В.Ю., Смоликова Г.Н., Пржевальская Д.А., Черныш М.А., Пожванов Г.А., Барковский А.В., Смолич И.И., Соколик А.И., Медведев С.С. Феномика растений: фундаментальные основы, программно-аппаратные платформы и методы машинного обучения // Физиология растений. – 2020. – № 67(3). – С. 227–245. DOI: 10.31857/S0015330320030069
2. Zhang N., Yang G., Pan Y., Yang X., Liping Chen L., Zhao C. A Review of Advanced Technologies and Development for Hyperspectral-Based Plant Disease Detection in the Past Three Decades // Remote Sensing. – 2020. – № 12(19):3188. Doi:10.3390/rs12193188
3. Mahlein A.-K., Kusk M.T., Behmann J., Polder G., Walter A. Hyperspectral Sensors and Imaging Technologies in Phytopathology: State of the Art // Annual Review of Phytopathology. – 2018; – № 56. – 535-558. Doi: 10.1146/annurev-phyto-080417-050100
4. Kruse F.A., Lefkoff A.B., Boardman J.W., Heidebrecht K.B., Shapiro A.T., Barloon P. J., Goetz, A.F.H. The spectral image processing system (SIPS) interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data // Remote Sensing of Environment. – 1993. – № 44. – С. 145-163. Doi: 10.1016/0034-4257(93)90013-N
5. Дубровская О.А., Гурова Т.А., Пестунов И.А., Котов К.Ю. Методы обнаружения болезней на посевах пшеницы по данным дистанционного зондирования (обзор) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 48(6). – С. 76–89. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-6-11
6. Bauriegel E., Giebel A., Geyer M., Schmidt U., Herppich W.B. Early detection of Fusarium infection in wheat using hyper-spectral imaging // Computers and Electronics in Agriculture. – 2011. – Vol. 75. – P. 304–312/ doi:10.1016/j.compag.2010.12.006

УДК 631.362:631.171

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-138-142

Щеголихина Т.А.¹, Манохина А.А.²,

¹ФГБНУ «Росинформагротех», Московская область, пос. Правдинский,

²ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ КАРТОФЕЛЯ

В статье описан принцип работы оптической установки для автоматической сортировки клубней картофеля, приведено описание оптических сортировщиков зарубежных фирм.

Ключевые слова: картофель, сортировка, калибровка, фракции, транспортер, хранение.

Современный подход к системе производства и реализации картофеля основан на повышении рентабельности не только за счет увеличения объемов производства, но и совершенствования способов обработки и хранения клубней, позволяющих минимизировать их потери. Комплексным планом научных исследований подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы предусмотрена разработка эффективных технологий возделывания, подготовки, хранения и переработки картофеля. В задачи данного блока входит разработка технологий предварительной сортировки и хранения картофеля с применением новых средств сортировки, контроля и управления микроклиматом в храни-

лице. В результате ожидается усовершенствование технологии предварительной сортировки и хранения картофеля различного назначения (включая автоматизацию) [1]. При автоматизации сортировки наиболее сложными задачами являются обеспечение высокого качества разделения клубней картофеля по заданным признакам, возможность оперативной перестройки количественных параметров этих признаков, а также минимизация повреждения продуктов при воздействии на них исполнительных механизмов [2].

В связи с травмированием клубней в процессе сортировки и калибровки существует необходимость совершенствования конструкций и режимов работы картофелесортировальных установок. В настоящее время проводится много исследований по обеспечению оптимальной работы различных типов сортировочных пунктов, по повышению качества разделения на фракции, увеличению производительности и снижению затрат на доработку картофеля. Кроме создания новых калибрующих поверхностей, разрабатываются новые принципы работы таких агрегатов, а также оптимизируются их параметры и режимы работы [3].

Для сортировки картофеля разработаны оптические, радиоизотопные и температурные методы обнаружения загнивших клубней и клубней, пораженных фитофторозом, а также комков почвы и камней. Принцип работы оптической установки для автоматической сортировки клубней картофеля основан на спектральных характеристиках коэффициентов отражения здоровых и больных клубней, комков почвы и камней, имеющих большие различия на определенных длинах волн. Установка для автоматической сортировки клубней картофеля работает следующим образом: клубни картофеля из бункера-питателя поступают на роликовый транспортер, который поштучно их выстраивает и, вращая, перемещает в зону оптического осмотра. Отраженный от клубня оптический поток инфракрасных излучений проходит через объектив и анализатор изображения на делитель излучения, после чего, разделенный на два канала, поступает через конденсаторы и фильтры к фотоприемникам. Анализатор изображения позволяет поочередно осматривать (сканировать) поверхность клубня. От фотоприемников сигналы, пропорциональные коэффициентам отражения оптического потока от поверхности клубня на двух длинах волн, поступают на электронный блок обработки, который определяет разность между этими сигналами посредством вычитания. В результате на выходе блока обработки появляется сигнал, который передается на исполнительный механизм только от поврежденного клубня или комков почвы и камней, который поворачивает заслонку и направляет гнилой клубень или инородные тела в емкость для отходов. При осмотре здорового клубня разность сигналов от обоих фотоэлементов положительная, исполнительный механизм не срабатывает, а клубень свободно падает в емкость для здоровых клубней [4, 5].

Сегодня существуют линии оптической сортировки, на которых используются автоматизированные сортировальные машины с использованием оптико-электронной системы, способные определить форму, ширину, длину и качество клубня, разделять клубни на фракции в зависимости от веса, отделять некондицию [3]. Оптико-электронные отделители разных конструкций, выпускаемые рядом зарубежных фирм («Samro», Швейцария; «Newtec», Дания; «Agrisep», Швеция; «Odenberg», Нидерланды; «Wectorscan», Финляндия), распознают до 8-10 показателей качества клубней (болезни, повреждения, потемнения, размер, уродливость и др.). Перед поступлением в отделители клубни проходят мойку. Электронная сортировальная установка Miedema Smart Graders (Miedema, Нидерланды) обеспечивает мгновенный анализ полученных изображений и осуществляет сортировку, исходя из диаметра, объема, формы и качества (рисунок 1). Установка имеет четыре входящих конвейера и перераспределяет поток продукции на 3-12 выходов. Цветные и инфракрасные камеры детально сканируют вращающиеся на вибрирующих осевых роликах клубни со всех сторон. Энергосберегающие светодиоды дневного света обеспечивают стробоскопическое освещение, используемое для идентификации изменения цвета клубня, трещин и других дефектов. Средняя производительность по транспортировке у Smart Grader SG 400 (4-рядного) – 4-10 т/ч, а у Smart Grader SG 600 (6-рядного) – 5-15 т/ч в зависимости от среднего веса клубня. При этом точность размера клубня достигает 0,1 мм [6, 7].

Рисунок 1. Установка электронная сортировочная (Miedema Smart Graders)

Фирма «Herbert Engineering» (Великобритания) выпускает оптические машины для сортировки клубней Oculus. Круговой обзор инфракрасных камер позволяет идентифицировать механические повреждения каждого клубня (порезы, вырывы, трещины, вмятины и др.), наличие позеленевших или пораженных болезнями клубней (рисунок 2) [8].

Рисунок 2. Автоматическая оптико-электронная установка Oculus

Оптический сортировщик Raytec Raynbow STD (Италия) отделяет дефектные клубни и инородные тела, использует статистические данные по отбракованным продуктам для анализа качества сортированного сырья. Продукт подается с помощью конвейерной ленты, имеющей функцию стабилизации. Возможно оснащение двумя системами отбраковки, которые отличают непригодные дефекты от дефектов, определяющих продукты как второй сорт (рисунок 3) [9].

Рисунок 3. Оптический сортировщик Raytec Raynbow STD

Сортировочные установки производства компании «TOMRA» (Норвегия) осуществляют сортировку клубней картофеля по дефектам, биологическим характеристикам, форме, размеру, структуре, цвету, плотности, наличию сорных примесей, в т. ч. камней, пластмассы, дерева, стекла и т. п. Полевая картофелесортировочная машина FPS, использующая сенсоры, предназначена для очистки невымытого картофеля от комьев, камней и сорных примесей (рисунок 4). Оснащена многоспектральными датчиками, работающими в ближнем инфракрасном диапазоне (БИК), способными сканировать каждый клубень «в полете». Бережная обра-

ботка продукции гарантируется конструкцией сортировочной установки, аккуратно пропускающей первосортную продукцию, тогда как второй сорт, загрязненный комками почвы, камнями и сорными примесями, проходит высокоточную, осторожную сортировку с применением высокотехнологичных штифтов-эжекторов. Полевая картофелесортировочная машина FPS способна работать в условиях разных почв и растительного покрова [10].

Рисунок 4. Полевая картофелесортировочная машина FPS

Для снижения повреждений клубней картофеля при сортировке, замены ручного труда и более точного разделения продукции по фракционному составу в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработана, спроектирована и изготовлена экспериментальная автоматизированная линия для послеуборочной доработки клубней картофеля. Сортировочное устройство оснащено системой технического зрения, которая по мере продвижения клубнеплодов по транспортерным лентам сканирует их и передает данные о здоровых, больных и поврежденных клубнях в блок управления сортирующего устройства. В блоке управления происходит обработка полученной информации, сравнение с заданными требованиями к размерной фракции и об отсеве больных и поврежденных клубней. После сигнала рабочие органы перемещают картофель в соответствующий лоток (больные и поврежденные или по размеру) [11].

Рисунок 5. Общий вид экспериментальной автоматизированной линии для послеуборочной доработки клубней картофеля (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)
(1 – загрузочный транспортер; 2 – отделитель примесей; 3 – переборочный стол)

Несмотря на наличие обширных исследований вопроса интеллектуализации, автоматизации, роботизации и механизации машин для послеуборочной доработки картофеля, в данной области остаются нерешенные проблемы, которые в большинстве случаев связаны с качеством, точностью сортирования клубней картофеля по размерному признаку и внешним его повреждениям [11]. В конструкциях технических средств для послеуборочной доработки необходимо предусматривать: минимальную высоту падения клубней, постоянное поступление

клубней на протяжении всей линии для обеспечения высокой производительности, высокое качество разделения на фракции и максимально бережное воздействие оборудования на клубни картофеля.

Использованные источники:

1. О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы // Постановление Правительства Российской Федерации от 05.05.2018 г. № 559, – М., – 61 с.
2. Андреев С.А., Шевкун Н.А. Оптико-электронная роботизированная система для сортировки сельскохозяйственной продукции // Международный технико-экономический журнал, 2019. – №1. – С. 33–40.
3. Буланова А.В., Новиков М.А. Совершенствование конструкции и режимов работы картофелесортировок // Вестник студенческого научного общества. – СПб., 2018. – №. 2. – С. 20–23.
4. Бородин И.Ф., Андреев С.А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учебник для прикладного бакалавриата. – М.: Юрайт, 2018. – 386 с.
5. Федоренко В.Ф., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Мишунов Н.П., Щеголихина Т.А., Манохина А.А., Воронов Н.В., Баранов В.В. Инновационные технологии и оборудование для сортировки и хранения картофеля : аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021 – 84 с.
6. Морозов В.В., Фёдоров Д.А., Крылова Ю.И. Эффективность применения отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники для послеуборочной доработки картофеля // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. IX межд. науч.-техн. конф. молодых ученых, Великие Луки, 16–17 апреля 2014 года, 2014. – С. 82–89.
7. Установка электронная сортировочная (Miedema Smart Graders) [Электронный ресурс] URL: https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_c27eda01-3b64-43f8-ac14-5abd9dade02d (дата обращения 04.05.2021).
8. Herbert launches Oculus optical sorting for washed potatoes at Potato Europe [Электронный ресурс]. URL: <https://www.potatopro.com/ru/news/2012/herbert-launches-oculus-optical-sorting-washed-potatoes-potato-europe> (дата обращения 04.05.2021).
9. Оптический сортировщик фруктов и овощей Raytec Raynbow STD [Электронный ресурс]. URL: <https://interagro.info/product/opticheskaya-sortirovka/sortirovshchik-s-datchikom-raytec-std/> (дата обращения 04.05.2021).
10. Полевая картофелесортировочная машина FPS производства компании TOMRA [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tomra.com/ru-ru/sorting/food/sorting-equipment/fps> (дата обращения 04.05.2021).
11. Дорохов А.С., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. Разработка автоматизированной линии послеуборочной обработки картофеля для хозяйств населения // Агроинженерия. – М., 2020. – № 2 (96). – С. 16–22.

УДК 620.338.631

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-142-145

*Батищев В.Я.,
СибИМЭ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ

В статье приведены формы представления технологических карт, технологических операций и одной из библиотек: материальные средства, основные средства, энергоносители, оплата труда. Для примера расчета затрат на производство сельскохозяйственной продукции приведена структура затрат на производства рапсового масла одним из ОПХ Новосибирской области.

Ключевые слова: растениеводство, технологические операции, технологические карты, электронные таблицы.

Для обоснования применения рапсового масла как энергоносителя появилась необходимость расчета полной себестоимости его производства. Была поставлена задача отразить в расчете полные понесенные затраты – на подготовительные и полевые работы, уход за посевами, уборку урожая, а также затраты на изготовления масла. Для проведения расчета были использованы данные [1] и практические таблицы одного из ОПХ Новосибирской области, которые были представлены в виде записей электронных таблиц в программе Microsoft Excel. Автором была разработана оригинальная структура входных и выходных данных