



Рисунок 4. ROC-кривые

Последующими задачами данной работы являются оптимизация сложности регрессии, построение новых моделей, сравнение моделей и их применение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Построение скоринговых карт с использованием модели логистической регрессии [Текст] // Интернет журнал «Науковедение» Выпуск 2, март - апрель 2014.
2. Особенности применения методов Data Mining в скоринговых решениях для коммерческих банков [Текст]// Журнал «Научные записки молодых исследователей» №3 – 2017 – С.5.
3. Документация продукта SAS Enterprise Miner [электронный ресурс] – режим доступа: <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/miner/index.html> (дата обращения: 20.10.2018).
4. Прикладная аналитика с SAS Enterprise Miner [Текст]/ SAS Institute Inc. – 2015.

ВЛИЯНИЕ РАЗРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТОВ И ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПОСЕВНЫХ КУЛЬТУР СЕМЯН С ПРИМЕНЕНИЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ АГРАРНОГО СЕКТОРА

А.В. Власов, С.В. Потягайлов
 (г. Томск, Томский политехнический университет)
 E-mail: andark@tpu.ru

INFLUENCE OF IMPROVEMENT OF TOOLS AND OPTIMAL METHODS FOR CLEANING SEED CROPS USING COMPUTER VISION ON THE DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL SECTOR

A.V. Vlasov, S.V. Potyagaylov
 (Tomsk, Tomsk polytechnic university)

Abstract. One of the major problems in agricultural production is the problem of procurement of cereal crops raw material, which should be pure and clean. Increasing the purity of raw materials allows to enhance yield, relevance and profitability of production. This article proposes a use of computer vision technologies as a photoseparation - an additional stage of more accurate cleaning of grain crop's seeds, which increases the purity of the harvest. The possibility of development and modification of the photoseparation method with the help of intelligent machine vision is described for the subsequent optimization of the technological process and expansion of the sorting properties.

Key words: economy, agricultural sector, sowing crops, seed cleaning, photoseparation, computer vision, image classification

Введение. С учетом введения против Российской Федерации санкционной экономической политики под эгидой Европейского союза и Соединенных Штатов Америки российское производство столкнулось с проблемой ведения своей деятельности в свете нехватки или удорожания зарубежных сырьевых и технических комплектующих (сырье для производства, техника, оборудование). В связи с этим были запущены механизмы импортозамещения, в частности в сельском хозяйстве, которые должны были обеспечить производителей недостающими элементами для ведения продуктивной деятельности бизнеса и производства.

Замена импортных комплектующих, машин и сырья в аграрном секторе необходима в первую очередь для обеспечения продуктовой безопасности страны. Это в свою очередь вызывает потребность в оптимизации технологических процессов и разработки новых решений производственных задач. Определение основных источников повышенных затрат и устранение их при помощи применения современных технологий, в том числе компьютерной техники, является приоритетным направлением развития промышленности [1].

Одной из основных причин к проведению данного исследования послужила политика управления правительства Российской Федерации в отношении компаний, имеющих высокое качество своей продукции. С учетом постановления правительства от 6 ноября 2015 года №1202 было принято решение провести поиск методики очистки семян и разработку аппарата неразрушающего сортового контроля сырья (семена значимых зерновых культур: пшеница, лен, рапс) в рамках реализации программы импортозамещения в аграрной отрасли [2].

Согласно новостям о дефиците качественной пшенице в России от 13 февраля 2017 (<https://news.mail.ru/economics/28753793>), Россия может столкнуться со сложностями при производстве хлеба в связи со снижением качества посевного материала. Дефицит качественной пшеницы сказывается как на качестве хлеба, так и на качестве собранного посевного материала на следующие годы.

Актуальность создания системы для полной очистки исходного аграрного материала высока и направление развития идет в сторону сокращения количества примесных сорных растений в культурном посеве. Такой отсев ускоряет рост основной культуры и повышает количество собираемого урожая, а также снижает затраты на использование пестицидов, следовательно, положительно влияет как на экологичность процесса, так и на экономику сельскохозяйственной деятельности.

Методы очистки посевных культур. Современное состояние экономики в целом с учетом отрицательного влияния кризиса и негативных природных факторов ведения сельского хозяйства вынудили данную сферу использовать не только селективные методы и механические способы контроля и обработки исходного материала, но и включать в свою работу новые технологий. Особенно заостряется внимание на технологии с внедрением компьютерной техники для решения проблем с нормой высева.

Под нормой высева понимается число килограммов чистых семян со 100% всхожестью, высеваемых на 1 га площади. Увеличение нормы высева в рамках процесса очистки сырья является основным целевым показателем, к которому стремится производитель, применяя дополнительную очистку, так как это напрямую влияет на урожайность [3].

Основной причиной, которая вызывает потребность в очистке культурных семян для любой посевной сельскохозяйственной культуры, является наличие в ней семян сорных растений. Известно, что, сорные растения обгоняют культурные растения по скорости роста и распространения. Даже одно сорное растение может произвести несколько тысяч семян (таблица 1), а затем разнести и засеять ими около-посадочные площади.

Таблица 1 - Плодоносность однолетних сорняков

Вид сорного растения	Количество семян порождаемых одним растением
Куриное просо	6000
Щетинник	7000
Пастушья сумка	73000
Повилик Полевой	140000
Щирица	500000

Основная проблема наличия сорных растений заключается в быстром размножении за счет семян. Наличие этих сорных растений на полях обусловлено природным фактором распространения растений, а дополнительный высеv сорных культур в качестве примеси намного усугубляет их влияние на урожай и требует больших затрат на борьбу с ними [4].

Самый распространенный метод очистки в виде отсева механическим способом не дает требуемой чистоты культуры сортируемых семян. Принцип работы механической очистки лежит в работе с параметрами веса, формы, размера и аэродинамики, но при этом часть сорной культуры обладает аналогичными характеристиками и пропускается всеми предварительными ступенями очистки вместе с основной культурой. Недостатком существующих методов является невысокая эффективность разделения частиц, различающихся по набору указанных физико-механических свойств.

Одним из существующих решений на сегодняшний день является приобретение специализированных приборов сортировки. К таким приборам, находящимся на открытом рынке, относятся фотосепараторы – дорогостоящие аппараты, которые представлены единичными вариантами нескольких зарубежных компаний, таких как Cimbria – Sea Hypersort, Meyer, Anysort и российскими аналогами (компания «СSort» (Барнаул) и ОАО "Воронежсельмаш"). При этом существующие фотосепараторы, ориентированные на цвет объектов, недостаточно точны и обладают ошибками в работе цветоанализатора [5–6].

Такие аппараты позволяют повысить чистоту продукта, который уже предварительно подвергался механической очистке. В их основе лежит распознавание цвета различными сенсорами (ИК, фотосенсоры, камеры). При этом аппараты недоступны для малого и среднего бизнеса ввиду крайне высокой цены, а значит для большей части потребителей. Отсутствие дешевых и точных способов очистки заставляет производителей покупать импортное чистое зерно или использовать не очищенное, следовательно, не соответствовать госстандартам и терять доходы, как от отсутствия государственного субсидирования, так и от завышенных трат на борьбу с сорными растениями на полях.

Методы машинного зрения. Актуальным методом, применяемым в процессах идентификации объектов, является машинное зрение. В основе данного метода находится физическое разделение обследуемого материала за счет передачи сигнала о необходимости отделения объектов на механическое устройство перенаправления основного потока, сигнал выдается по результату обработки видеоизображения с камер или иных сенсоров, направленных на поток объектов. Подобный метод лежит в основе работы ряда фотосепараторов. Эти устройства представляют собой высокопроизводительное оборудование, предназначенное для извлечения примесей из сыпучих материалов, отличающихся по цвету (или другому, заданному шаблону, параметру). Фотосепаратор определяет любые отклонения от заданного шаблона в сортируемом продукте и отбраковывает дефектные составляющие [7].

Параметры, наиболее характерные для этапа фотосепарации, это цвет, тип и рельеф поверхности, а также известные «визуальные» отклонения. Цвет наиболее просто и быстро

распознается у обследуемого объекта и позволяет сразу отличить темные сорные семена от светлых злаковых культур или наоборот. Тип поверхности может служить отличительным показателем гляцевых и матовых семян. Рельеф может быть задан как неровным краем, так и впадинами, и трещинами в центре объекта, что также может говорить о его принадлежности к искомой культуре.

В настоящий момент фотосепараторы обладают рядом отрицательных характеристик, препятствующих их широкому использованию. К ним относится дороговизна оборудования, требовательность самого процесса сепарации к условиям сортировки, соотношение точности и скорости обработки, а также зависимость от наличия заранее разработанных шаблонов исследуемых культур.

Открытых технологических решений и напрямую описанных методов для создания подобного оборудования практически нет, так как основная масса подобной техники является продуктом коммерческой деятельности и попадает под понятие интеллектуальной собственности. Это позволяет существующим на рынке фирмам вести себя практически в условиях полной монополии, устанавливая завышенную цену на приборы сортировки.

Применение компьютерного зрения. В качестве решения задачи о повышении общей точности сортировки семян и устранении недостатков существующих систем предлагается применение компьютерного зрения. В качестве исходных данных принимается, что на этап сортировки с компьютерной обработкой подаются уже подготовленные семена, так как они прошли предварительную механическую очистку, а именно семена одного веса, формы и размера. Следовательно, требуется дальнейшая работа с идентификацией цвета, формы, рельефа и других, недоступных для механических методов, характеристик.

На исходной стадии этапа фотосепарации требуется обнаружить и выделить кадр изображения движущегося в видеопотоке объекта, затем классифицировать изображение объекта по ряду признаков и отнести его к сорной или основной культуре и передать сигнал на устройство перенаправления потока [8].

Решение первой задачи возможно с оптимальным подбором скоростной камеры, для получения изображения движущегося объекта. Для перехода к следующему этапу изображение выделяется методами сегментации области кадра видеоизображения при наличии движения в видеопотоке.

Во втором этапе необходимо классифицировать изображение. Одним из простых вариантов классификации является выделение определенного цвета. Производится настройка на цвет или диапазон цветов искомой культуры, а все отличные цвета признаются цветами сорных объектов [9–10].

На данный момент уже проводятся исследования возможности применения и эффективности предлагаемого метода. В работе [11] рассматривается анализ цветового диапазона изображения, содержащего отдельные семена, что позволяет определить принадлежность рассматриваемого объекта к искомой или сорной культуре семян. Данный подход близок к фотосепарации с использованием цветковых сенсоров, применяемых в большинстве существующих аппаратов сортировки.

В работах [12–14] рассматривается применение распознавания культуры семян с помощью машинного обучения, которое позволяет расширить диапазон обрабатываемых параметров, добавляя: форму, рельеф, блики и другие особенные черты в изображениях семян конкретной культуры. Перспективным вариантом является машинное обучение, основанное на нейронных сетях, в частности на сверточных нейронных сетях, обученных на базе изображений культур семян. В вышеупомянутых работах приведены положительные результаты применения такого подхода к определению культуры семян в рамках ряда экспериментов, что свидетельствует о возможности дальнейших исследований применения нейросетевых классификаторов и дает предпосылки создания прототипа прибора сепарации семян на основе описанного подхода.

Помимо прочего, за счет применения нейросетевых классификаторов появляется возможность универсализации подхода сортировки за счет возможности дополнительного обучения алгоритма на новой неизвестной заранее культуре семян. Таким образом аппарат сможет распознавать не только заложенные во время производства культуры семян, но и расширять свою базу пользовательскими культурами семян.

Также в работе [12] указана возможность дальнейшей модификации описанного подхода фотосепарации с целью отсеивания пораженных или некачественных семян в пределах одной культуры. Данная модификация позволит снизить количество заведомо невсхожих семян в отобранной массе, тем самым увеличить количество урожая либо снизить количество семян, требуемых при посадке для стабильной всхожести [15].

Заключение. В работе рассмотрен механизм улучшения сельскохозяйственной сферы за счет повышения эффективности использования сырья. Описана основная проблема сырьевой базы – наличие примесей в зерновых культурах. Обозначена недостаточная эффективность распространенных механических методов сортировки и необходимость повышения чистоты культуры зерна. Описана возможность повышения эффективности очистки за счет применения методов компьютерного зрения.

Установлено, что в результате применения машинного зрения и использования адаптивных и интеллектуальных алгоритмов распознавания в очистке семян, существует возможность добиться более точной сортировки и чистого продукта на выходе. Улучшенная сепарация на завершающем этапе является дополнением к механической сортировке, что позволяет повысить эффективность уже существующих производственных процессов. Таким подходом можно положительно повлиять на экономическую составляющую сельскохозяйственных производств связанных с посадкой семян.

Рассмотренные исследования ведут к созданию прототипа аппарата для тонкой и более точной сепарации, который в дальнейшем может привести к разработке эффективного коммерческого аппарата. В дальнейшем использование компьютерного зрения в сепарации с помощью описанного аппарата дает возможность модифицировать и улучшать данную технологию в направлении поиска дефектных и невсхожих семян в пределах одной посевной культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адыканов Д. А. Издержки производства в сельском хозяйстве и пути их снижения // Агропромышленная политика России. 2016. № 2 (50). С. 41-44.
2. Постановление правительства Российской Федерации от 6 ноября 2015 г. № 1202 / Правительство России; М., URL: <http://government.ru/docs/20509/> (дата обращения 01.07.2017).
3. Тихонова, О.С. Влияние нормы высева семян на качество зерна озимых зерновых культур в Среднем Предуралье / О.С. Тихонова, И.Ш. Фатыхов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4. – С. 14 – 16.
4. Нерозин С. А. Сорные растения и борьба с ними [Электронный ресурс] / Проект “Интегрированное управление водными ресурсами в Ферганской долине”; Электрон. дан. URL: <http://www.cawater-info.net/library/rus/iwrm/iwrm23.pdf> (Дата обращения 10.07.17)
5. Брасалин С.Н., Тищенко А.И. Фотоэлектронный сепаратор для сыпучих зерновых продуктов // Заявитель и патентообладатель: Алтайский государственный технический университет им.И.И.Ползунова, Патент РФ № 2132756, В07В13/18, В07В13.
6. Долгунин В.Н., Уколов А.А., Куди А.Н., Пронин В.А., Борщев В.Я., Климов А.М. Способ сепарации семян // Заявитель и патентообладатель: Тамбовский государственный технический университет, Патент РФ № 2152270, В07В13/11, В07В13, 10.07.2000.
7. Шаззо А. А., Гюлушанян А. П., Корнена Е. П., Мхитарьянц Л. А. Сравнительная оценка способов сепарирования рушанки подсолнечных семян и способов контроля качества ядра // Новые технологии. – 2011. №3. С.75-79.