ISSN: 3030-3346

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЗАРАЖЁННЫХ ФУЗАРИОЗОМ СЕМЯН КУКУРУЗЫ

Гулямов Шухрат Маннапович[1], Мухамедханов Улугбек Тургудович[2], Дошанова Малика Юлдашовна[3], Сувонов Бехруз Искандар огли[4]

[1]Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов», доктор технических наук
[2]Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов», доктор технических наук
[3]Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, доцент кафедры «Программное обеспечение информационных технологий», доктор философии технических наук
[4]Университет экономики и педагогики, старший преподаватель кафедры «Компьютерные системы»

K E Y W O R D S

Система распознавания, семена кукурузы, анализ цифровых изображений, распознавание зараженных фузариозом семян

A B S T R A C T

В работе предложена схема автоматизированной системы для распознавания заражённых фузариозом семян кукурузы и отделения их от здоровых. Согласно предварительным исследованиям установлено, что заражённые семена кукурузы могут быть распознаны с точностью 98% при анализе их цветовых визуальных изображений и цветовых и текстурных характеристик. Предложенная схема предназначена для обработки визуальных изображений и их анализа. Предусматривается, что данное решение может применяться на практике в промышленных условиях, что предполагает создание условий для обработки большого количества семян одновременно.

Введение

Качество семян кукурузы определяется рядом качественных показателей, регламентированных в базе данных семян (БДС). Одним из основных качественных показателей является заболеваемость. С экономической точки зрения наиболее значимым и вредоносным заболеванием является инфекционная болезнь фузариоз (*Fusarium spp.*). В наших условиях наиболее распространён так называемый «розовый» фузариоз (*Fusarium Moniliforme*). Наиболее часто применяемым методом распознавания заболевания является макроскопический метод. Этот метод основан на осмотре образца семян экспертом визуально – с помощью глаза, увеличительного стекла или микроскопа.

Этот метод не является объективным и требует больше времени для обработки контрольных проб семян. На основе его результатов об обработке пробы семян часто принимается решение о всей партии, объём которой может составлять несколько десятков тонн. Точность распознавания заболевания семян зависит от опыта и навыков эксперта. Всё это делает метод непригодным для точного определения наличия заболевания фузариозом в промышленных условиях обработки больших объёмов семян кукурузы.

Неоднородность, субъективность и недостоверность, с которыми сопряжена экспертная оценка, создают необходимость в автоматизации операций по распознаванию этого заболевания.

Автоматизированная система распознавания семян кукурузы

Автоматизированная система, согласно поставленным требованиям, должна содержать транспортную ленту, устройство подачи семян, камеру для получения изображений, компьютерную обработку изображений и управляющий контроллер для разделения заражённых и здоровых семян кукурузы.

©Ш.М. Гулямов, У.Т. Мухамедханов, М.Ю. Дошанова, Б.И. Сувонов

Предполагается, что система будет реализована и протестирована с использованием кукурузных семян, чтобы установить её работоспособность и процент точного распознавания заражённых семян.

Существует ряд автоматизированных систем для оценки качества сельскохозяйственной продукции [1-7]. Например, в [8] представлена разработанная система (рис. 1) для распознавания заражённых фузариозом (*Fusarium*) семян пшеницы. На основе проведённых исследований установлено, что 55 цветовых характеристик связаны с изменением цвета заражённых фузариозом семян. Поэтому система основана на получении, обработке и анализе визуальных изображений семян.

С помощью цветной камеры, шагового двигателя и устройства управления осуществляется распознавание заражённых фузариозом зерновых семян. Для подачи семян используется транспортная лента, покрытая резиновым материалом. Освещение объекта осуществляется с помощью специально созданного короба, в котором лампы установлены на противоположной стороне камеры по отношению к объектам. Семена подаются в поток, а после получения изображения части общей пробы, весь объем семян обрабатываются одновременно.

Целью данной разработки является определение, какая доля семян в заданной пробе заражена фузариозом. Максимальная абсолютная ошибка, полученная при работе с системой, составляет 5,22%.

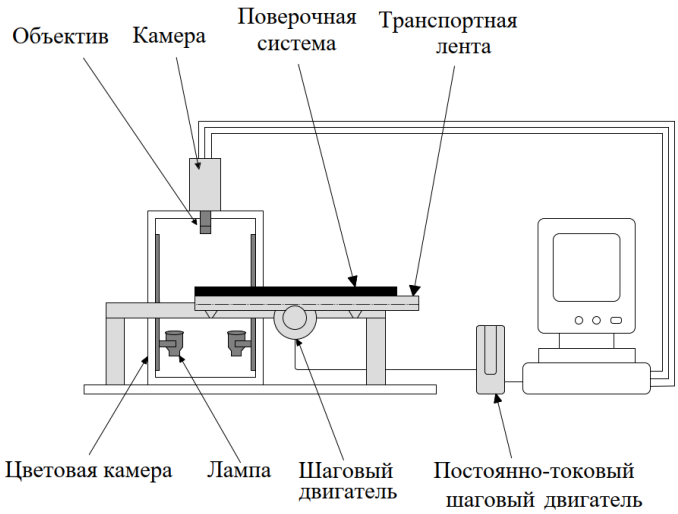


Рис. 1. *Схема автоматизированной системы для распознавания здоровых и заражённых фузариозом (Fusarium) зерновых семян.*

Цель работы – предложить концептуальную модель автоматизированной системы для оценки в потоке качества кукурузных семян путём разделения их на два класса – здоровые и заражённые фузариозом.

Проведён ряд экспериментов по определению признаков, информативных для распознавания заболевания *Fusarium* у кукурузных семян [1]. Результаты показали, что удовлетворительная точность распознавания заражённых семян (согласно БДС) достигается при использовании цветовых признаков от цветного цифрового изображения кукурузных семян [2]. Поэтому целесообразно ввести в автоматизированную систему цветную CCD-камеру, с помощью которой будут получаться изображения семян.

Другое требование, выдвинутое со стороны производителей семян, заключается в том, чтобы система обеспечивала оценку качества больших объёмов семян (в пределах тонн) в потоке, и производила разделение на здоровые и заражённые.

На основе этих требований и вышеуказанных выводов предлагается концептуальная схема (рис. 2) автоматизированной системы для

распознавания здоровых и заражённых *Fusarium* кукурузных семян и их разделения на два класса.

Работа системы заключается в распределении кукурузных семян в матрицу на транспортной ленте непосредственно перед подачей семян; в съёмке изображений семян при помощи цветной CCD-камеры – 2, и в последующей обработке этих изображений – 3, с целью осуществления распознавания семян, заражённых *Fusarium Moniliforme*.

Предусматривается, что проверочная система будет иметь трапециевидный профиль из нержавеющей стали с приблизительными размерами 116 см – длина, 40 см – ширина и 70 см – высота. Перемещение семян будет обеспечиваться транспортной лентой – 10, которая будет приводиться в движение постояннотоковыми шаговыми моторами – 8, соединёнными с опорной рамой.

Секция подачи семян – 1 в машине будет находиться в правой наклонной части транспортной ленты (рис. 3) и будет состоять из воронки, в которую высыпаются семена, а также механизмов для их распределения и позиционирования. В нижней части воронки будет установлен дроссельный клапан, который будет регулироваться малым пневматическим цилиндром и будет служить для контроля уровня упавших в воронку семян, а также переключателем, который будет использоваться для подсчёта количества семян.

Он будет посылать сигналы контроллеру, управляющему дроссельным клапаном. Таким образом будет регулироваться количество кукурузных семян, поступающих в машину.

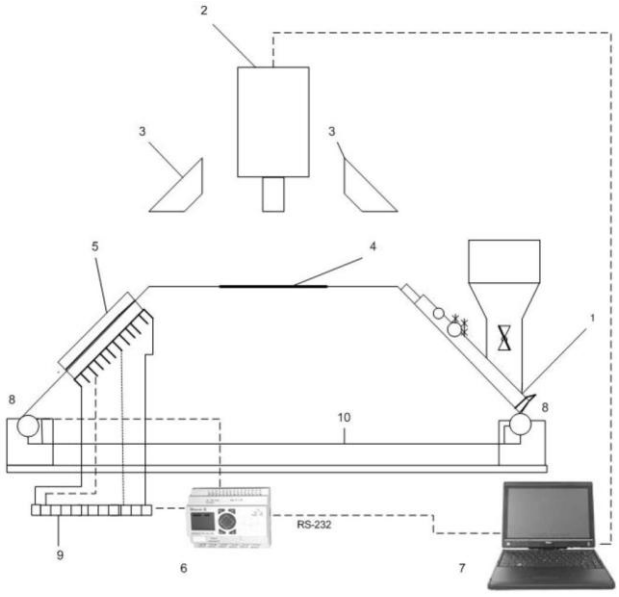


Рис. 2. *Автоматизированная система распознавания здоровых и заражённых* Fusarium *кукурузных семян*

После завершения работы оставшиеся в машине семена будут удалены через разгрузочный шлюз.

Для транспортной ленты будет использоваться синий цвет, так как установлено, что при обработке изображения кукурузного семени потеря информации минимальна при удалении фона на изображении.

По транспортной ленте предусмотрено наличие эллипсоидных углублений, в которые будут попадать семена. Размеры этих углублений будут подбираться в зависимости от размеров кукурузных семян. Углубления будут ориентированы параллельно движению по ленте и будут располагаться в 3 ряда.

(cc) BY

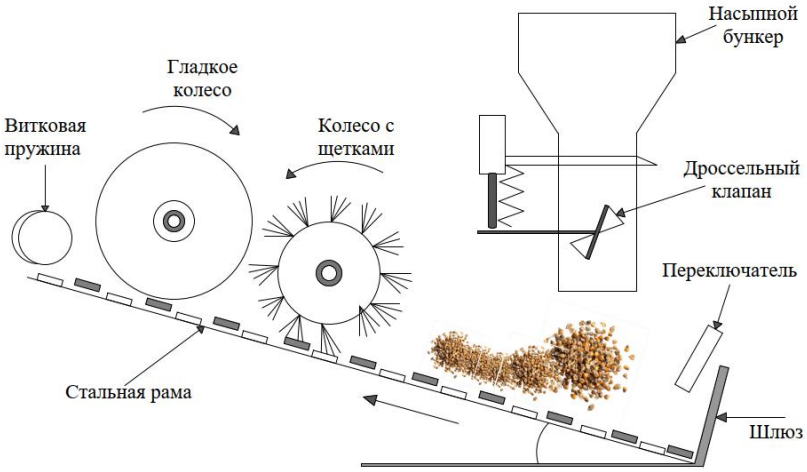


Рис. 3. *Схема секции подачи кукурузных семян*

По всей длине транспортной ленты с обеих сторон должно быть по одному дополнительному круглому отверстию для счёта. С помощью фотоэлектрического датчика будет отслеживаться положение на транспортной ленте.

Предусматривается возможность выбора скорости транспортной ленты, которая должна быть расположена под определённым углом θ к опорной раме. Этот угол подбирается таким образом, чтобы семена могли преодолевать силы трения и гравитационные динамические силы.

Наклон транспортной ленты позволяет семенам не скользить по её поверхности. Система должна включать 2 вращающихся в противоположные стороны колеса, одно из которых должно быть с щётками, а другое – гладким.

Колесо со щётками будет использоваться для удаления избыточных семян, таким образом обеспечивая условие, при котором в каждое углубление попадает только одно семя. Гладкое колесо будет служить для переориентации кукурузных семян, которые не легли плоской стороной.

После гладкого колеса на транспортной ленте будут размещены винтовые пружины, которые будут вибрировать и также служить для предотвращения попадания дополнительных семян и их продвижения по транспортной ленте.

Через интерфейсный протокол между проверяющей машиной и частью обработки изображений будет координироваться их одновременная работа.

Изображения с видеокамеры – 2 поступают в компьютерную систему, где они анализируются с помощью специально разработанного программного обеспечения. Компьютерная система извлекает признаки, необходимые для распознавания заражённости семян, и соответственно принимает окончательное решение о состоянии каждого семени – здоровое или заражённое.

На основании результатов классификации к контроллеру – 6 будут подаваться сигналы для удаления заражённых кукурузных семян. Контроллер управляет выходной частью машины после камеры. Механизм для параллельного распределения семян состоит из 36 электропневматических клапанов, инжекционных форсунок и трубок для перемещения семян. Эти трубки соединены с сортировочной платой с контейнерами для хранения различных видов семян. Форсунки будут располагаться под транспортной лентой и под опорной рамой. Устройство будет сконструировано с 36 выходами по 1 форсунке.

(cc) BY

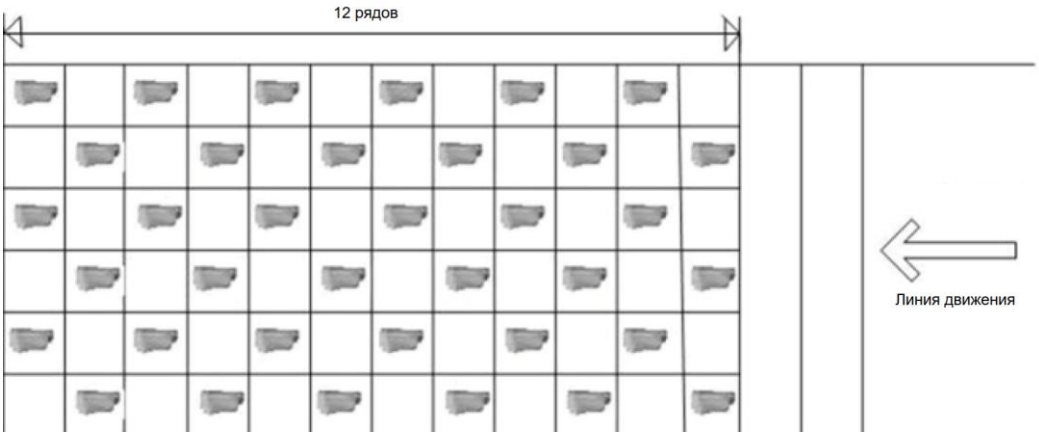


Рис. 4. *Размещение кукурузных семян на транспортной ленте*

Это обусловлено тем, что семена будут размещаться на транспортной ленте в шахматном порядке (рис. 4), 12 рядов, по 3 семени в каждом ряду.

Электро-пневматические клапаны, расположенные под платой машины, будут контролировать воздушный поток.

Контейнеры для хранения будут прикреплены в конце машины. Предусмотрено наличие одного дополнительного контейнера, расположенного в нижнем левом углу, в который будут падать все семена, не принадлежащие ни к одной из остальных категорий.

Когда семя проходит через сопло с определённым номером, и система определяет, что оно заражено, то электро-пневматический клапан, связанный с этим соплом и активируемый контроллером, выбрасывает семя из углубления в трубочку, откуда оно попадает в контейнер для сбора заражённых семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухамедханов У.Т., Сувонов Б.И. Классификация аграрной зерновой продукции на здоровые и зараженные плесенью по их цветовым характеристикам. Научно-технический журнал «Инновационные технологии» №2/58, 2025 год, стр. 144-150
2. Мухамедханов У.Т., Сувонов Б.И., Дошанова М.Ю. Анализ функционирования систем машинного зрения для оценки качества сельскохозяйственных продуктов. Raqamli transformatsiya va sun’iy intellect ilmie jurnali ISSN:3030-3346, Volume 3, Issue 4, Avgust 2025. 224-231 b.
3. Delwiche S.R. Classification of scab- and other mold-damaged wheat kernels by Near-Infrared reflectance spectroscopy, 2003, Transactions of the ASAE Vol. 46(3): 731–738
4. Delwiche S.R., Gaines C.S., 2005, Wavelength selection for monochromatic and bichromatic sorting of Fusarium-damaged wheat, Applied Engineering in Agriculture Vol. 21(4): 681–688
5. Demeke Tigst, Randy M. Clear, Susan K. Patrik, Don Gaba, 2004, Species-specific PCR-based assays for the detection of *Fusarium* species and a comparison with the whole seed agar plate method and trichothecene analysis, International Journal of Food Microbiology 103 (2005) 271–284
6. Kos Gregor, Hans Lohninger, Rudolf Krska, 2002, Fourier transform mid-infrared spectroscopy with total reflection (FT-IR/ATR) as a tool for detection of *Fusarium* fungi on maize, Vibrational Spectroscopy, 29 (2002) 115–119
7. Ng H.F., W.F. Wilcke, R.V. Morvey, J.P. Lang, 1998, Machine vision color calibration in assessing corn kernel damage, Transactions of the ASAE Vol. 41(3): 727–732
8. Ruan R., S. Ning, L. Luo, X. Chen, P. Chen, R. Jones, W. Wilcke, V. Morey, 2001, Estimation of weight percentage of scabby wheat kernels using an automatic machine vision and neural network based system, Transactions of the ASAE Vol. 44(4): 983–988