

К.В. АЛЕКСАНДРЯН, В.Н. ЯВРУЯН, С.Р. ГАЛСТЯН

ОПТИЧЕСКИЙ РАСПОЗНАВАТЕЛЬНЫЙ МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ И ПОДАЧИ ТАБАЧНЫХ ЛИСТЬЕВ К ПРИШИВАЛЬНОЙ МАШИНЕ

Рассмотрены конструктивные особенности и принцип работы оптического распознавательного манипулятора, созданного с целью механизации и автоматизации сложного технологического процесса подачи свежесобранных листьев табака к пришивальной машине. Разработано оптическое устройство, обладающее возможностью опознавания внешнего образа табачного листа, определения его пространственного расположения и ориентации относительно того или иного органа пришивальной машины.

Ключевые слова: распознавательный манипулятор, табачные листья, ориентация, пришивальная машина.

Преобладающее большинство технологических процессов уборки и послеуборочной обработки сельскохозяйственных культур выделяется низкой степенью механизации и автоматизации и почти полностью базируется на применении малоэффективного ручного труда. Объясняется такое положение прежде всего сложностью отмеченных технологических процессов, обусловленной спецификой строения материалов растительного происхождения, их неоднородностью и значительным разбросом геометрических параметров, легкой повреждаемостью в ходе контакта с рабочими органами машин и механизмов, а также рядом других факторов, требующих в конечном итоге применения "искусственного интеллекта", в частности, манипулятора.

В связи с этим исследования по обоснованию параметров технических средств для механизации и автоматизации сложных технологических процессов сельскохозяйственного производства имеют определенное научное и практическое значение.

В изложенном аспекте характерен пример процесса подготовки табачных листьев к сушке, включающего технологические операции поштучной выгрузки из тары свежесобранных листьев, ориентации их в пространстве и подачи к пришивальной машине [1]. По своему содержанию и последовательности эти операции могут быть автоматизированы с помощью многопозиционного манипулятора. Однако система управления такого манипулятора должна иметь возможность опознавания внешнего образа табачного листа, поскольку именно в этом случае можно определить пространственное расположение листа и дать команду исполнительному органу сориентировать его относительно того или иного рабочего органа пришивальной машины.

В связи с этим целью настоящей работы является разработка системы зрительного восприятия и определение параметров расположения табачного листа на плоскости. При решении поставленной задачи рассмотрены два возможных варианта. Первый базируется на принципе

сравнения внешнего образа с уже имеющимся его прототипом в памяти управляющей системы. Этот подход полагает хранение множества "кадров" - прототипов в памяти ЭВМ с их различными положениями в зрительном поле манипулятора и, конечно же, трудоемкий процесс сравнения их внешнего образа с прототипами. При этом необходимо учесть, что ради опознавания внешнего образа недостаточно только его сравнение с прототипами, важно также динамически менять масштаб внешнего образа с тем, чтобы найти наиболее подходящий вариант, и полагать, что внешний образ ассоциируется именно с найденным. Погрешность такого процесса находится в прямой зависимости от количества имеющихся прототипов, каждый из которых представляет лишь одну позицию внешнего образа. К тому же время, необходимое для получения конечного результата, увеличивается параллельно с количеством прототипов. Итак, ради "точного" опознавания образа необходимо увеличить количество прототипов, что, в свою очередь, приводит к увеличению времени обработки.

Данный подход как будто требует только наличия "солидной" библиотеки прототипов всех возможных типов образов. Однако техническая реализация не оправдывает себя в части памяти ЭВМ и его быстродействия.

Второй подход к решению поставленной задачи заключается в создании алгоритмов геометрического анализа внешних образов, которые предполагают нахождение координат специфических точек конкретного образа. Так как здесь не возникает проблема масштабирования внешнего образа, быстродействие этого подхода несравненно выше, нежели при предыдущем варианте. При этом может создаться впечатление, что данный подход догматичен, негибок, или же ограничен в рамках конкретного алгоритма геометрического анализа. Однако это не так, поскольку в памяти ЭВМ можно держать несколько различных алгоритмов, которые будут работать параллельно, обрабатывая один и тот же образ. В конце работы каждого алгоритма будет оцениваться результат этой работы, что окончательно определит, какой же тип образа поступил на обработку.

Для конкретного решения поставленной задачи нами был выбран второй подход, при котором возникает необходимость определения координат характерных точек внешнего образа (табачного листа).

Как свидетельствуют исследования [2], для решения аналогичных задач наиболее приемлема теория фреймов, предопределяющая границы поля зрения искусственного интеллекта, используемая для ограничения структуры данных, представленных конкретной стереотипной ситуацией. При этом вводится понятие координатной сетки, расположенной на двух примыкающих сторонах фрейма, и экстремальных точек распознаваемого образа в смысле их удаленности от координатных осей фрейма.

Анализ геометрического образа табачных листьев различных сортотипов показывает, что образ листа ассоциируется с совокупностью двух геометрических фигур - круга и треугольника, естественно, с определенной аппроксимацией. Следовательно, решение задачи сводится к определению координат вершины "треугольника" и трех диаметрально противоположных характерных точек круга при произвольном

расположении листа в поле зрения фрейма. При этом целесообразно применение принципа просмотра листа, заключенного в рамки фрейма, с логическим вращением воспринятого образа на 90° , который повторяется для каждой стороны фрейма. Поле зрения искусственного интеллекта, заключенное в пределах фрейма, раздроблено на матрицы размерностью 32×32 (1024 бита). Каждый элемент матрицы может принимать значение "0" либо "1", причем "1" - тело образа табачного листа, "0" - пустое пространство.

Определение экстремальной точки для данного логического положения матрицы производится следующим образом: рассматриваются все элементы матрицы слева направо для каждой строки. При нахождении элемента строки матрицы, у которого состояние "1", фиксируется координата этого элемента, т.е. размер его проекции на координатных осях фрейма. Далее проверяется следующий элемент строки матрицы. В случае исчерпания всех элементов строки без нахождения "1" производится переход на следующую строку. После нахождения экстремальных точек матрицы в данном положении производится фиксация их координат и логическое вращение матрицы на 90° по часовой стрелке для определения следующих. Этот процесс повторяется для каждой стороны ребра фрейма. В итоге получается совокупность экстремальных точек от трех до шести значений.

После установления экстремальных точек необходимо обработать информацию таким образом, чтобы выдать импульс исполнительному органу для поворота листа на определенный угол с целью совмещения его оси симметрии с заданной осью пришивания. Для этого в память ЭВМ вводится соответствующая программа по относительному анализу взаимосвязи экстремальных точек образа листа, в результате чего определяется расположение его ширины и длины по отношению к ребрам фрейма. Таким образом, выдается величина угла поворота относительно заданной оси пришивания.

На основе вышеприведенных выкладок, положенных в основу метода опознавания внешнего образа табачного листа, с целью его ориентации на плоскости и подачи к табакопришивальной машине, была разработана структурно-функциональная схема манипулятора (рис.1), состоящая из информационно-преобразовательной системы, системы управления, исполнительной системы и системы связи.

Информационно-преобразовательная система предназначена для восприятия и преобразования информации о состоянии внешней среды. В качестве элементов этой системы целесообразно использовать оптическую систему обыкновенного зеркального широкоформатного фотоаппарата, в кадровом окошке которого установлен преобразователь оптической информации. В качестве последнего использовалась фотоприемная матрица МФ-14, представляющая собой полупроводниковый (в однокристалльном исполнении) фотоэлектрический матричный приемник лучистой энергии, преобразующий оптические сигналы диапазона длин волн от 0,5 до 1,06 мкм в электрические. В ней 32 входные адресные (по строкам) и 32 выходные разрядные (по столбцам) шины. Конструктивно она состоит из 1024 идентичных фотоячеек размерами 0,1 x 0,1 мм, корпус металлокерамический с 70 выводами,

расположенными по его периметру размерами 29x29 мм и весом не более 15 г.

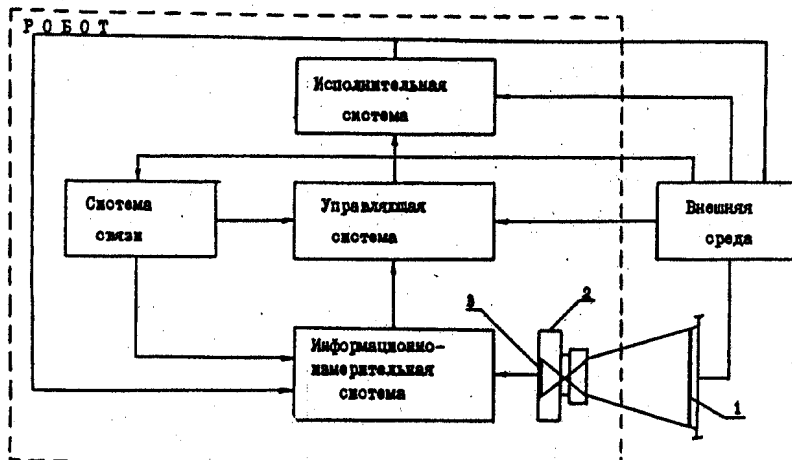


Рис.1. Структурно-функциональная схема оптического распознавательного манипулятора: 1 - распознаваемый образ (табачный лист), 2 - оптическая система, 3 - преобразователь оптической информации

В преобразователе оптической информации использован режим работы фотоприемной матрицы с накоплением. Цикл преобразования оптической информации в электрический сигнал осуществляется двумя последовательными процессами - стиранием и накоплением. Процесс стирания происходит в заряде барьерных емкостей всех элементарных фоточувствительных ячеек матрицы при подаче импульса стирания отрицательной полярности ($-12 В$). Уровни выходного напряжения всех ячеек после стирания соответствуют логическому нулю на входе фотоматрицы. По окончании стирания начинается процесс накопления оптической информации, расположенной в разряде барьерных емкостей фоточувствительных ячеек. При отсутствии оптического воздействия на фоточувствительную область барьерная емкость медленно разряжается темновыми токами, величина которых определяет максимальное время хранения информации в ячейке. При воздействии на ячейку оптического излучения рабочего спектрального диапазона возникает фототок, значительно больший, чем темновой, что резко увеличивает скорость разряда барьерной емкости фоточувствительной ячейки.

Таким образом, преобразованная оптическая информация в конце интервала накопления представляется различными уровнями аналоговых сигналов, величина которых не превышает сотни милливольт.

Длительность интервала накопления выбирается с учетом условия различимости выходных напряжений ячеек, на которые воздействуют различные уровни оптической информации. Очевидно, что это время существенно зависит от величины воздействующего оптического излучения. В описываемом преобразователе использован последовательный

принцип формирования изображения. Для этого на вход преобразователя микро-ЭВМ подаются коды выбора столбцов и строк, определяющие адрес выбираемого элемента информационного поля матрицы. Код выбора столбцов декодируется дешифратором столбцов. Сигнал с выхода дешифратора столбцов подается на фотоприемную матрицу, на входе которой появляется соответствующее 32-разрядное слово оптической информации, поступающее на входы аналогового коммутатора. Перед считыванием оптической информации каждой фоточувствительной ячейки машина выдает импульс стирания, тем самым обеспечивая равномерность и возможность регулирования чувствительности матрицы в широком интервале времени.

Аналоговый коммутатор построен на микросхемах и управляется дешифратором строк. Таким образом, на выходе аналогового коммутатора будет присутствовать выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ фоточувствительной ячейки, выбранной для преобразования.

Двухградационное изображение зоны обзора формируется компаратором видеосигнала путем сравнения выходного сигнала ячеек фотоприемной матрицы с некоторым заданным порогом U_2 . После подачи импульса стирания $U_{\text{вых}} < U_2$, и компаратор находится в исходном состоянии. Если освещенность выбранной ячейки меньше порогового уровня, то в течение всего интервала накопления $U_{\text{вых}} > U_2$, и компаратор не изменит своего состояния, фиксируя тем самым "темную" точку. Если же освещенность выбранной ячейки больше порогового уровня, то в пределах интервала накопления окажется, что $U_{\text{вых}} < U_2$, и компаратор изменит свое состояние, фиксируя "светлую" точку. Для исключения влияния разброса по чувствительности ячеек матрицы считывание информации с выхода преобразователя должно производиться в момент окончания интервала накопления и затем использоваться для обработки. Заданный уровень формирования изображения может легко изменяться потенциометром. Узлы преобразователя собраны на одной двусторонней печатной плате размерами 100x150 мм. Плата установлена в корпусе, изготовленном из полистирольного материала размерами 190x150x30 мм. На задней стенке корпуса установлен разъем для подключения плоским кабелем схемы преобразователя с интерфейсом микро-ЭВМ.

Для экспериментальной проверки преобразователя оптической информации использовался дисплей, который позволяет получать изображение, воспринимаемое преобразователем на его экране в виде совокупности нулей и единиц в координатах информационного поля матрицы. Программа драйвера позволяет получать также распечатку образа табачного листа на печатающем устройстве с выдачей информации об угле вращения для ориентации образа табачного листа в соответствии с заложенной в память машины программой (рис.2).

Драйвер предназначен для обеспечения ввода информации с оптоэлектронного преобразователя в микро-ЭВМ через универсальную интерфейсную плату параллельного обмена и имеет алгоритм программы, построенный на принципе последовательного опроса всех 1024 фоточувствительных ячеек фотоприемной матрицы.

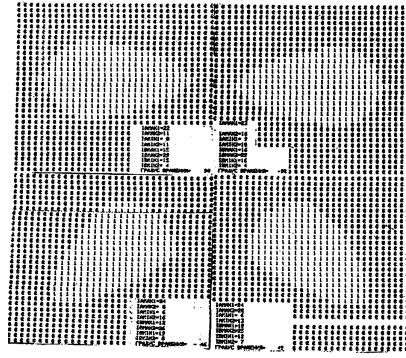


Рис. 2. Распечатка образов табачного листа, снятая с печатающего устройства ЭВМ

В ходе экспериментальных исследований оптического преобразователя был собран комплект технических средств согласно вышеописанной структурной схеме, а путем размещения под различными углами к оси пришивания в зрительном поле "глаза" электронного преобразователя запускалось печатающее устройство микро-ЭВМ. В каждом отдельном случае печатающее устройство выдавало зрительный образ листа с обозначением величины необходимого угла его поворота относительно оси пришивания, которая в дальнейшем сверялась с ее значениями, измеряемыми с помощью угломера. Многократное повторение экспериментов позволило установить высокую точность выдаваемой информации. Средняя ошибка за 200 опытов не превосходила $\pm 1^\circ$, что свидетельствует об успешном решении поставленной задачи. В ходе дальнейших экспериментов вместо печатающего устройства включался дисплей микро-ЭВМ и проверялось быстроедействие разработанного устройства. Как показали результаты исследований, скорость обработки информации составляла 5-6 листьев в секунду, что обеспечивало производительность всей линии подготовки табачных листьев к сушке, почти втрое превышающую тот же показатель серийно выпускаемых табакопришивальных машин, работающих без оптоэлектронного манипулятора.

Проведенные экспериментальные исследования позволяют констатировать, что создаваемая на базе описанного оптоэлектронного преобразователя линия для подготовки табачных листьев к сушке обеспечит повышение производительности труда не менее чем в 2,5-3 раза и, что самое главное, создаст необходимые предпосылки для перевода послеборочной обработки табака на основу производства без участия человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бучинский А.Ф, Володарский Н.И., Асмаев П.Г. Табаководство – М.: Колос, 1979.
2. Уинстон П.М. Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1980.

НПХО «Сельхозмеханизация». Материал поступил в редакцию 25.11.1999.

Կ.Վ. ԱԼԵՔՍԱՆԴՐՅԱՆ, Վ.Ն. ՅԱՎՐՈՒՅԱՆ, Ս.Ռ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ

**ՃԱՆԱԶՈՂ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՄԱՆԻՊՈՒԼՅԱՏՈՐ ԾԽԱԽՈՏԻ
ՏԵՐԵՎՆԵՐԻ ԿՈՂՄՆՈՐՈՇՄԱՆ ԵՎ ՏԵՐԵՎԱՇԱՐ
ՄԵՔԵՆԱՅԻՆ ՄԱՏՈՒՑՄԱՆ ՀԱՄԱՐ**

Գյուղատնտեսական արտադրության բարդ տեխնոլոգիական գործընթացներից մեկի՝ ծխախոտի թարմ քաղված տերևները շարող մեքենային մատուցելու գործընթացի ավտոմատացման նպատակով մշակվել է օպտիկական ճանաչողությամբ մանիպուլյատորային համակարգ, որն օժտված է ծխախոտի տերևների արտաքին պատկերի ընկալման, տարածության մեջ նրանց դիրքի որոշման և տերևաշար մեքենայի այս կամ այն բանվորական օրգանի նկատմամբ կողմնորոշելու ունակություններով:

K.V. ALEXANDRIAN, V.N. YAVRUYAN, S.P. GALSTYAN

Optical IDENTIFYING manipulator for orientatION AND FEEDING TOBACCO LEAVES TO THE SEWING MACHINE

Constructive properties and operation principles of optical identifying the manipulator made for mechanizing and automating the difficult technological process of feeding new tobacco leaves to the sewing machine are discussed. An optical device which can identify the tobacco leaf appearance, and define its spatial arrangement and orientation relative to either organ of the sewing machine is developed.