

# СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СБОРОЧНОГО УЗЛА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОМБАЙНА ПО СБОРУ ДИКОРОСОВ

А.В. Тырышкин, А.И. Кузнецов  
Томский политехнический университет  
kuznteh@gmail.com

## Введение

Одним из перспективных направлений развития робототехники является создание автономных роботов для сельского хозяйства и заготовки дикоросов. В Евразии площадь болот занимает более 100 млн. гектаров. Эти территории практически не пригодны для ведения хозяйственной деятельности кроме добычи торфа и сбора дикоросов. Особый интерес представляют верховые сфагновые болота. По официальным данным, природные запасы клюквы на таких болотах только в Томской области составляют 25 тысяч тонн [1]. Однако, можно предположить, что эти данные занижены, поскольку учитывают только те ягодники, которые доступны местным жителям и энтузиастам-горожанам. Это зоны в радиусе не более 50 километров от населённых пунктов. В этих зонах осуществляется РУЧНОЙ сбор ягод.

Авторами разрабатываются автономные роботы для сбора дикоросов, в частности клюквы. Одно из решений авторами запатентовано № 2424892.

## Основная часть

Практическая реализация робота требует обработки как механических узлов, так и программного обеспечения.

Особый интерес представляет собой узел сбора. Сбор клюквы механическими устройствами затруднён в связи с тем, что клюква практически лежит на поверхности мха и даже может быть погружена в травяной покров. [2]

На рисунке 1 представлен образец устройства сбора клюквы.



Рис. 1. Макетный образец узла сбора.

Применение таких узлов в автономном роботе требует непрерывного контроля их работоспособности. Для диагностики работы узлов сбора предлагается использовать систему технического зрения.

Система диагностики состоит из двух камер и вычислительного устройства, содержащего программу обработки входящих изображений. На рисунке 2 схематично изображён робот, снабжённый видеокameraми, расположенными в передней и задней частях робота соответственно.

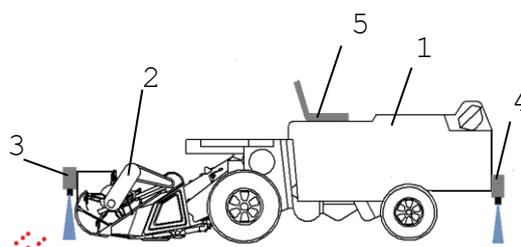


Рис. 2. Схема робота для сбора дикоросов.

На рисунке цифрами обозначены:

- 1 – самоходная платформа робота;
- 2 – сборочный узел;
- 3 – камера №1;
- 4 – камера №2;
- 5 – вычислительное устройство.

Целевой функцией узла сбора является уменьшение числа ягод на участке местности, пройденной роботом по сравнению с числом ягод до его прохода. В таком случае контроль сводится к подсчету количества ягоды на участке перед комбайном с помощью камеры №1, после узла сбора камерой №2 и сравнению этих двух значений.

Алгоритм работы системы выглядит следующим образом:

1. Делается снимок участка перед комбайном.
2. На кадре подсчитывается количество ягоды, данные сохраняются в памяти.
3. Спустя время, необходимое для проезда комбайна на длину его корпуса, делается снимок того же участка, но камерой после комбайна.
4. На втором кадре подсчитывается количество ягоды, данные сохраняются в памяти.
5. Подсчитывается коэффициент эффективности сбора, который численно равен  $1 - \frac{\text{Значение количества ягоды после сбора}}{\text{Значение количества ягоды до прохода комбайна}}$ .
6. На основе анализа коэффициента эффективности делается вывод о текущем состоянии узла сбора.

Для детектирования клюквы можно использовать ее цвет. Проблема заключается в том, что цвет

ягоды зависит от внешних условий и определить его одним значением невозможно. Для устранения этого эффекта применяется детектирование по интервалу значений.

Для выбора размера интервала проведен эксперимент. На изображении с заранее известным числом ягод проводится операция анализа с различными параметрами размера диапазона. Слишком малый диапазон приведет к потере пикселей ягоды, а слишком большой к искажению результатов в большую сторону. График представлен на рисунке 3.

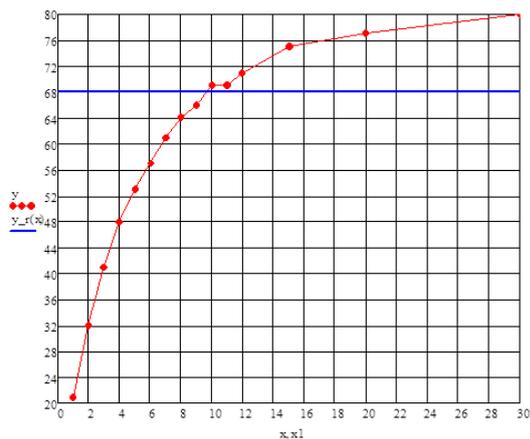


Рис.3. График зависимости количества детектированной ягоды от величины диапазона цветов в области эталона

На изображении было 68 ягод и оптимальным размером диапазона оказалось 10 единиц относительно эталонного значения цвета ягоды.

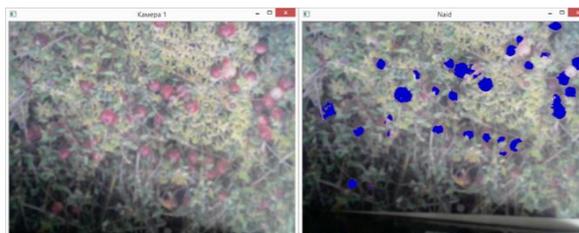
Проблема изменения цвета самой ягоды решена созданием интерфейса, который позволяет сделать фотографию с передней камеры комбайна и на ней выбрать образец ягоды, либо указать интервал на тоновой линейке.

Расчет количества ягод производится простейшим делением суммы всех пикселей клюквы на среднее число пикселей, приходящихся на одну ягоду.

Однако при работе в полевых условиях пользователь может столкнуться с ситуациями, когда детектирование ягоды только по цвету становится затруднительно. Для разрешения этой ситуации необходим еще один признак, по которому можно было бы отличать ягоду от других объектов и подобной характеристикой является ее форма. Клюква принимает форму, близкую к круглой, чем можно воспользоваться.

Проверяется размер областей схожего цвета для отбрасывания не подходящих под критерии ягоды. Определяется контур, вычисляется длина, а также площадь области. Каждая замкнутая фигура имеет соотношение периметра к корню из площади. Для окружности оно около 3,54. [3] Проверяется это соотношение для каждой из областей и детектированными остаются только области с близким к такому значению.

Исходное изображение и результаты распознавания представлены на рисунке 4.



Определение только по цвету захватывает примерно 75%-85% пикселей клюквы, а распознавание с использованием морфологических признаков около 90%.

Сообщения о неисправности посылаются при достижении коэффициентом эффективности сбора значений ниже требуемых, что говорит о проблемах в работе агрегата. Для защиты от ложных срабатываний при ситуациях, когда узел сбора работает нормально, но в силу особенностей окружающей растительности ягоды перед комбайном было видно меньше, чем ее было на самом деле, коэффициент сбора интерполируется и сообщения об ошибке выдается при снижении среднего коэффициента эффективности, а не по любому скачку.

#### Заключение

Представленные в статье алгоритмы и технические решения отлажены в лабораторных условиях с применением моделей и реальных образцов клюквы.

#### Список использованных источников

1. Адам, А.М. Методическое пособие по заготовкам дикоросов на территории Томской области/ А.М. Адам, А.И. Таловский, Е.Е. Тимошок [и др.] - Томск, 2006, -С. 11-12.
2. Тырышкин А.В., Андраханов А.А., Орлов А.А. Автономный мобильный робот для сбора дикоросов и способ управления им // Патент на изобретение № 2424892, опубл. 27.07.2011, Бюл. № 21.
3. А.Л.Горелик, В.А.Скрипкин, Методы распознавания, М.: Высшая школа, 1989.