

УДК 631.5/9:004

*Колешко В. М., Гулай А. В., Польшкова Е. В., Гулай В. А.*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь*

Эффективная реализация технологий точного земледелия возможна на основе получения и использования достоверной информации о плодородии почвы в каждой точке обрабатываемого сельскохозяйственного поля. Одно из основных направлений точного земледелия включает построение электронных почвенных карт и связанных с ними электронных карт планируемого урожая. Анализ электронных карт позволяет специалистам сельского хозяйства выбирать оптимальные параметры отдельных технологических процессов, а также определять всю стратегию аграрного производства. Другим направлением применения интеллектуальных сенсорных систем точного земледелия является создание автоматизированных технологических комплексов для выполнения адаптивных процессов аграрного производства. Цель применения таких комплексов состоит в контроле неравномерности качества почвы по всей площади обрабатываемого поля и учете результатов мониторинга при дифференцированном внесении питательных веществ в каждой точке поля.

**Варианты конструктивного исполнения интеллектуальных сенсорных систем для точного земледелия.**

Эффективным инструментом исследования свойств почвы является контроль ее цветовых характеристик, которые наиболее полно определяются спектрами отражения. С учетом этого разработан цветоцветовой метод контроля почвы в режиме реального времени по ее спектральной отражательной способности. Сущность разработанного метода заключается в формировании информационного образа в виде сочетания оптических параметров почвы и определении на его основе характеристик качества, в частности, концентрации в почве органических веществ. Измерение параметров почвы в видимом диапазоне спектра производится с помощью набора светодиодов и фотоприемника, а также устройства обработки информации (рис. 1, а). Сигнал с выхода фотоприемника обрабатывается микропроцессорным устройством, формирующим сенсорный информационный образ почвы.

Разработанная мобильная сенсорная система для контроля почвы имеет следующие основные параметры. Объем измеряемого информационного образа почвы – 8 параметров (фиолетовый свет – 400 нм; синий – 470 нм; зеленый – 520 нм; желтый – 590 нм; оранжевый – 610 нм; красный – 630 нм; инфракрасное излучение; белый свет). Длительность формирования информационного образа почвы составляет 115 мс (8 информационных импульсов по 10 мс с временными промежутками между импульсами по 5 мс). Периодичность формирования информационных образов почвы равна 1 с, что при минимальной скорости транспортирования 2 км/час позволяет получить пространственное разрешение порядка 0,5 м.

Количество спектральных точек контроля  $n$  связано с масштабом неоднородности  $q$  отражательной способности почвы по оптическому диапазону следующим соотношением:

$$n \geq c \Delta \lambda / q, \quad (1)$$

где  $c > 1$  – постоянная;  $\Delta \lambda$  – ширина оптического диапазона. Учитывая, что величина  $q$  трудно поддается анализу и определению, разработана модификация сенсорной системы, в которой точки контроля не соотносятся с определенным цветом, а равномерно размещены вдоль

спектрального диапазона. Для такого варианта сенсорной системы использованы светодиоды с длиной волны излучения 405; 460; 505; 530; 570; 620; 660 нм.

Конструктивно интеллектуальная сенсорная система выполнена в виде унифицированного модуля (А), который встраивается в заглубляемый в почву механизм сельскохозяйственной машины. С целью совмещения процедуры мониторинга почвы с проведением технологической операции сенсорный модуль используется в составе сельскохозяйственного агрегата (Б). Сенсорный контроль осуществляется также с помощью разработанной автономной мобильной системы в виде прицепного устройства (В) к мини-трактору. Кроме того, модификацией конструкции интеллектуальной сенсорной системы является малогабаритное устройство (Г) для небольших фермерских хозяйств. Интеллектуальная система оснащается аппаратурой спутниковой навигации, что позволяет определять географические координаты точек контроля почвы и использовать результаты мониторинга для создания высокоточных электронных почвенных карт.

Распознавание информационных образов в технологии интеллектуального сенсорного контроля почвы.

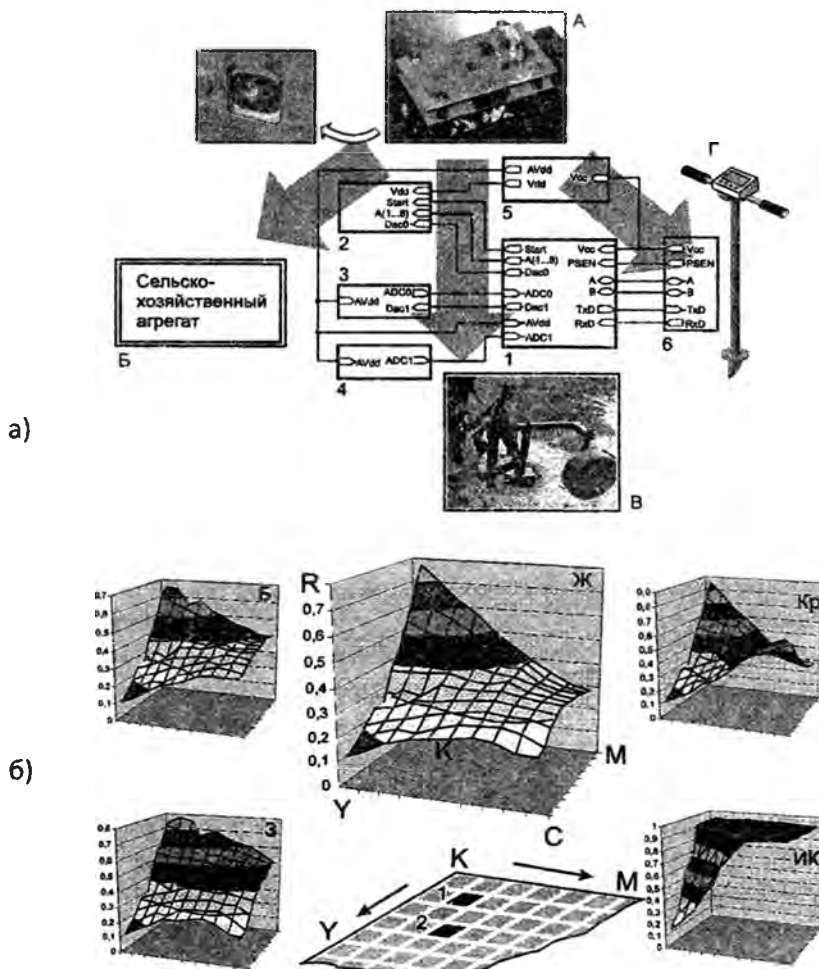


Рис. 1. а - Конструктивные варианты интеллектуальной сенсорной системы для точного земледелия (А-Г) и ее функциональная схема: 1 — микроконтроллер управления и обработки информации; 2 — схема управления светодиодами; 3 — схема подключения фотоприемника; 4 — схема контроля температуры; 5 — источник вторичных напряжений; 6 — разъем СОМ-порта;

б - Зависимости коэффициентов отражения оптического излучения с разной длиной волны от цвета эталонной поверхности: Ж — желтый свет; Кр — красный; З — зеленый; ИК — инфракрасное излучение; результаты идентификации почвенных образцов: 1, 2 — соответственно темно-серая и светло-серая почвы.

Одной из наиболее сложных операций в интеллектуальной технологии мониторинга почвы является распознавание формируемых информационных образов. В данном случае под распознаванием светового сенсорного образа почвы понимается сопоставление по определенному правилу цвета почвенного образца, представленного полученным набором коэффициен-

тов яркости для разных длин волн оптического излучения, с одним из эталонных образов из их фиксированного перечня. В качестве решающего правила используется способ выбора наиболее близкого эталонного образа по наименьшей величине евклидова расстояния:

$$D(X_i, X_j) = \{\sum A_j (x_{ik} - x_{jk})^2\}^{1/2}, \quad (2)$$

где  $D$  – евклидово расстояние;  $A_j$  – весовые коэффициенты;  $x_i, x_j$  – соответственно значения коэффициентов яркости для эталона и исследуемого почвенного образца. Весовые коэффициенты выбираются пропорциональными значениям коэффициента яркости контролируемых почвенных образцов.

Для получения эталонных цветовых образов разработана палитра, состоящая из  $10 \times 10$  цветовых ячеек, причем в угловых ячейках палитры представлены основные полиграфические цвета стандартной системы СМΥК (С – cyan; М – magenta; Υ – yellow; К – black). Остальные цвета ячеек палитры представляют собой смесь основных цветов системы СМΥК – с убыванием одного цвета и возрастанием другого цвета на 10% при переходе от одной ячейки к другой. Кроме этого получены линейки (по 10 ячеек) цветовых оттенков, наиболее близких к основным оттенкам почвенных образцов. Насыщенность цвета в каждой линейке равномерно уменьшается с постепенным переходом к белому цвету (уменьшение насыщенности цвета в каждой последующей ячейке составляет 10%). Данная система эталонных цветовых образов выбрана в связи с тем, что при необходимости точной идентификации цвета палитры и, соответственно, цветового оттенка почвы, имеется возможность воспользоваться системами именованных цветов, например Pantone (R).

С использованием разработанной палитры получали поверхности значений коэффициентов отражения для каждого цвета оптического излучения (рисунок 1, б). Путем сравнения системы коэффициентов отражения почвенных образцов и эталонных поверхностей с помощью выражения (2) определяли величину евклидова расстояния. По минимуму данного расстояния выбирали цветовую ячейку палитры, соответствующую оттенку исследуемой почвы. Например, цвету темно-серой почвы соответствует ячейка 1, расположенная во втором ряду от линии «КМ» и линии «КΥ», а цвету светло-серой почвы – ячейка 2, которая находится в четвертом ряду от линии «КМ» и в третьем ряду от линии «КΥ». Таким образом, по значениям коэффициентов отражения, получаемым с использованием разработанной сенсорной системы, определяется цвет исследуемой почвы. Это дает возможность идентификации почвы по набору эталонных почвенных образцов, сведения о качестве которых содержатся в базе данных интеллектуальной системы.

УДК 656

*Колешко В.М., Рыженков О.Е.*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В настоящее время очень остро стоит проблема смертности на дороге. К сожалению, дорога не прощает ошибок, а человек склонен их совершать. К тому же с каждым днем растет интенсивность дорожного движения и человек все хуже и хуже справляется с первой обязанностью водителя – обеспечением безопасности движения. Сегодня для повышения безопасности используются карательные меры по отношению к нарушителям, но такой подход изначально предусматривает, что правонарушение будет совершено, а уже потом водитель понесет наказание. Конечно, предполагается, что из страха перед наказанием человек не будет нарушать правила дорожного движения, однако как показывает практика, страх перед наказанием в будущем гораздо слабее, чем потребность самоутверждения или просто невежество в настоящем. Пока