

**Вопросы выбора системы технического зрения
сельскохозяйственных робототехнических комплексов
для контроля сорной растительности**

М. А. Шереужев^{1,2}, М. А. Шереужев³, А. Ю. Кишев¹

¹ Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова
360030, Россия, Нальчик, проспект Ленина, 1в

² Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

³ Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
105005, Россия, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5

Аннотация. В работе рассмотрено современное состояние способов локализации и мониторинга растительности с применением датчиков в составе системы технического зрения, размещенных на роботизированной платформе и сопряженных с системой управления автономным движением. Показано применение датчиков визуального контроля для решения задач роботизации сельского хозяйства, в частности задачи автономного контроля сорной растительности.

Ключевые слова: контроль сорной растительности, техническое зрение, роботизация сельского хозяйства, геоинформационные системы

Поступила 28.06.2022, одобрена после рецензирования 14.07.2022, принята к публикации 15.08.2022

Для цитирования. Шереужев М. А., Шереужев М. А., Кишев А. Ю. Вопросы выбора системы технического зрения сельскохозяйственных робототехнических комплексов для контроля сорной растительности // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 4(108). С. 84–95. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-4-108-84-95

Review and analytical article

**Questions of choosing a vision system of
agricultural robotic systems for weed control**

M.A. Shereuzhev^{1,2}, M.A. Shereuzhev³, A.Y. Kishev¹

¹ Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov
360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin avenue

² Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

³ Moscow State Technical University named after N. E. Bauman
105005, Russia, Moscow, build. 5 corps 1 Baumanskaya street

Annotation. The tasks of agricultural robotization, in particular, the task of autonomous control of weeds, is associated with the control of transport platforms and working bodies in a non-deterministic environment. Accordingly, the problem arises of formalizing the states of the external environment, including the localization of plants and determining the state of the treated surface. The paper considers the main

methods of localization and monitoring of vegetation using sensors as part of a vision system placed on a robotic platform and coupled with an autonomous movement control system.

Key words: weed control, technical vision, agricultural robotics, geographic information systems

Submitted 28.06.2022,

approved after reviewing 14.07.2022,

accepted for publication 15.08.2022

For citation. Shereuzhev M.A., Shereuzhev M.A., Kishev A.Y. Questions of choosing a vision system of agricultural robotic systems for weed control. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022. No. 4(108). Pp. 84–95. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-4-108-84-95

ВВЕДЕНИЕ

Задачи роботизации сельского хозяйства, в частности задача автономного контроля сорной растительности, связаны с управлением транспортными платформами и рабочими органами в недетерминированной среде. Соответственно возникает задача формализации состояний внешней среды, связанная с определением и классификацией растений, выявлением сорняков и с локализацией положения растения на обрабатываемом участке с целью мониторинга и формирования программы обработки участка.

Решение задачи локализации положения растения на обрабатываемом участке и определения положения с использованием инструментов геоинформационных систем (ГИС) возможно в рамках решения задачи общей автономной навигации мобильных роботизированных средств контроля сорной растительности. Сельскохозяйственный сектор является пионером в области автономной навигации, опирающейся на глобальную навигационную спутниковую систему (ГНСС), однако она доступна не во всех сельскохозяйственных средах. Автономная навигация на базе ГНСС может быть дополнена системами на основе реактивных датчиков, функционирующих с использованием визуальной информации. Совокупность средств получения визуальной информации и средств обработки будет представлять собой систему технического зрения (СТЗ) сельскохозяйственных робототехнических комплексов (СХ РТК) и основываться на подробной информации, касающейся структур, окружающих машину, таких как объекты, полевые структуры, естественные или искусственные маркеры и препятствия.

Для решения задачи навигации с использованием данных СТЗ требуется высокая плотность данных, и 3D-изображение (например, сглаженное RGBD-изображение или в формате облака точек) предоставляет больше информации о структурах окружающей среды по сравнению с двумерной информацией (например, RGB-изображения от обычной камеры, ИК-изображения и др.). 2D-данные необходимы для определения морфологических свойств растений на обрабатываемом участке и формирования информации для систем прогнозирования. Соответственно данные СТЗ могут быть использованы и для задач мониторинга состояния посевов и отдельных растений, локализованных (привязанных) в конкретной местности обрабатываемого участка.

Целью данного исследования является подбор элементов системы СТЗ РТК, применимых для решения задач локализации и мониторинга растений при автономном контроле сорной растительности.

ВЫБОР СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ЛОКАЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РТК И ОБЪЕКТОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Системы технического зрения выполняют ключевые задачи при реализации алгоритмов позиционирования, движения, навигации робототехнической системы и управления

бортовыми системами РТК, поэтому системы технического зрения являются важнейшим элементом РТК.

Для получения необходимого объема данных о внешней среде СХ РТК целесообразно использовать в качестве системы технического зрения сочетание источников разной физической природы и формировать комплексированную модель внешней среды [12]. С целью получения более широкого объема информации о внешней среде возможно дооснащение инфракрасным и ультрафиолетовым сенсорами. К основным ограничивающим факторам функционирования СТЗ в составе СХ РТК можно отнести большой объем передаваемой для обработки информации, малый радиус обзора в условиях тумана, дождя, снегопада.

Состав современных СТЗ РТК может варьировать в зависимости от условий среды, в которой предположительно будет функционировать РТК, от поставленной РТК задачи, которую необходимо выполнить, и от множества других параметров, устанавливаемых при проектировании РТК (рис. 1).

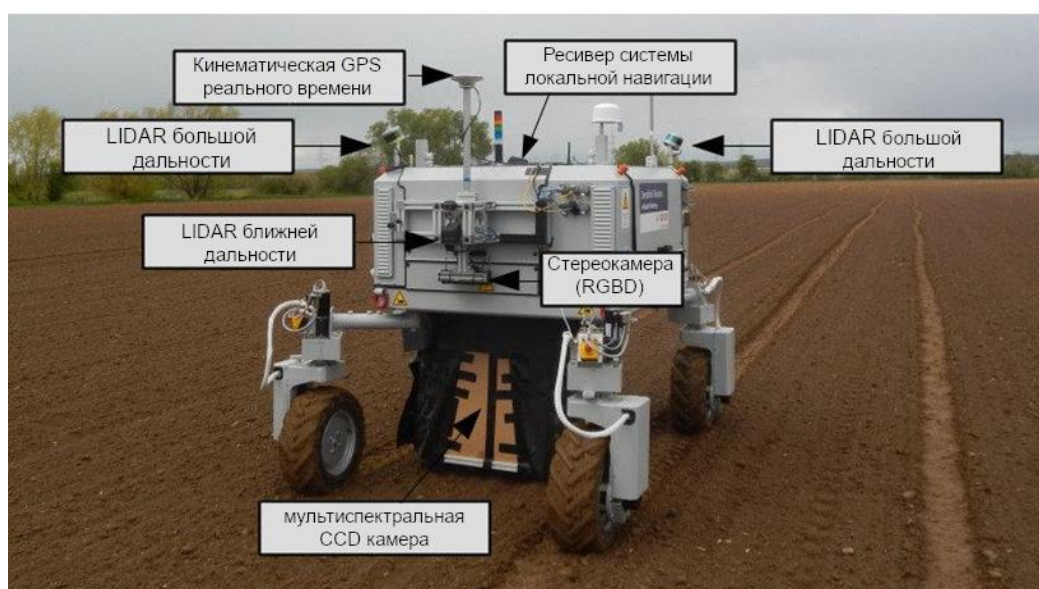


Рис. 1. Пример состава СТЗ РТК сельхозназначения, работающего в условиях априори неизвестной динамически изменяющейся среды [3]

Fig. 1. An example of the composition of the TVS of RTC for agricultural purposes, working under conditions of a priori unknown dynamically changing environment [3]

В общем случае в качестве сенсоров СТЗ могут использоваться следующие системы:

- цифровые камеры, оптико-электронные или иные модули регистрации изображения наблюдаемой сцены. Спектр работы сенсоров (видимого, УФ и ИК диапазона) определяется основной задачей РТК и средой его функционирования;

- системы лазерного сканирования, стереоскопические, акустические или ультразвуковые СТЗ для получения трехмерных данных о пространственном распределении объектов и построения «карты глубин» наблюдаемой сцены с последующей обработкой для отслеживания и выявления скоростей целевых объектов;

- радиолокационные системы различных диапазонов для получения информации об объектах в среде функционирования РТК на расстоянии, превышающем предельные дальности

работы прочих установленных на РТК СТЗ, а также для получения детальных двумерных и трехмерных данных о сцене наблюдения в условиях, неблагоприятных для распространения оптических сигналов;

– гиперспектральные и ультрафиолетовые сенсоры для определения материального состава наблюдаемой сцены, изучения свойств грунта и наблюдаемых объектов, а также для выявления объектов, трудно распознаваемых в видимом и иных диапазонах;

– иные датчики, позволяющие определять с высокой точностью пространственное расположение элементов и свойства окружающей среды.

Несмотря на разнообразие датчиков, самым распространенным видом являются телевизионные камеры. Для задач регистрации рабочей сцены РТК и дальнейшего формирования геометрической текстурированной модели внешней среды их используют в составе стереосистем.

Автономная навигация СХ РТК на основе стереозрения возможна, например, в рядах саженцев. Могут использоваться необрезанные края, гребни, борозды, искусственные маркеры, валки и даже щетина. В работе [8] разработали систему стереозрения, которая использует трехмерную структуру рядов культур для автоматического наведения. Для подобных систем свойственны проблемы, связанные с высокой вычислительной нагрузкой и пустыми пикселями в некоторых местах (особенно в тех, которые находятся вдали от сенсора), решение проблем возможно с помощью использования кадра с уменьшенным разрешением и алгоритмов фильтрации.

В ряде работ показана возможность использования краев полей культур в качестве ориентира для автономной навигации РТК [6], указаны трудности с вычислительной обработкой данных и ограничения при сильном солнечном свете, когда проецируемая тень трактора находится в зоне действия системы трехмерной визуализации.

Тринокулярное зрение позволяет использовать несколько базовых датчиков, которые дополняют друг друга, для более точного измерения глубины на разных диапазонах, в частности для формирования данных системы сегментации и выделения почвы [7].

LIDAR и стереозрение взаимно дополняют друг друга во многих аспектах. Результаты, показанные в работах, обычно лучше с комбинированными датчиками, чем с одиночными.

Камера TOF (непрерывной волновой модуляции) может быть использована в качестве основного навигационного датчика для сельскохозяйственного транспортного средства. Коммерческие системы автоматического наведения, основанные на трехмерном зрении, уже существуют в сельском хозяйстве: CLAAS¹ разработала интеллектуальную трехмерную камеру стереозрения CAM PILOT, которая отслеживает различные объекты внешней среды, такие как гребни, валки, ряды культур, например, виноградники, используя двумерные изображения и методы обработки трехмерного изображения независимо или в комбинации. Кроме того, IFM electronic предлагает интеллектуальный трехмерный датчик TOF, в котором излучатель расположен отдельно от приемника. Он был специально разработан для наружного использования, и такие помехи, как солнечный свет или материалы с

¹ Системы параллельного вождения CLAAS // URL: <https://www.claas.ru/blueprint/servlet/blob/1658240/c9ddb5dc584fa59262d7316717700691/321631-23-dataRaw.pdf>

различными отражающими характеристиками, не влияют на воспроизводимость измеренных данных. Эта система способна обнаруживать контурные линии полосы для автоматической навигации, а также обеспечивает автоматическое распознавание 20 различных объектов на расстоянии до 35 м.

Naio Technologies (Ramonville-Saint-Agne, Франция) разработал коммерческого полевого робота для механической прополки, который использует стереозрение для автономной навигации между рядами культур. Первоначально они полагались на LIDAR (импульсную модуляцию) для навигации по рядам культур, затем модернизировали систему зрения до стереозрения, заявив, что с ее помощью имеют более точное позиционирование и поведение полевого робота и способны обнаруживать более мелкие растения.

РТК для сбора плодов станут прибыльными, если они смогут обеспечить круглосуточное обслуживание. Камеры SWIR (short wave infrared) имеют большой потенциал для применения в сельском хозяйстве ночью, поскольку они способны выводить инфракрасный поток.

Таким образом, для основных типов датчиков можно сформулировать следующие положения:

Стереозрение

Достоинства для задач регистрации: доступны готовые интеллектуальные камеры (с параллельными вычислениями) с подробной документацией, достаточно прочные для применения в открытом поле.

Недостатки: низкое качество текстуры изображения создает проблемы обнаружения объектов. Стереосистемы на базе стандартных видеокамер чувствительны к прямому солнечному свету, шкала глубины сильно зависит от базового расстояния.

Камера TOF

Достоинства: активное освещение независимо от внешнего источника, возможность получить данные ночью или в темноте либо при слабом освещении, коммерческие 3D-датчики в сельском хозяйстве основаны на быстро развивающейся технологии фотонного смесителя (PMD), новые версии имеют разрешение до 4,2 мегапикселей и диапазон измерения глубины до 25 м.

Недостатки: большинство из них все еще имеют низкое разрешение и, кроме того, подвержены воздействию прямых солнечных лучей, а также отличаются высокой стоимостью.

LIDAR

Достоинства: излучающие световые лучи устойчивы к солнечному свету, можно получить измерения глубины ночью или в темноте, устойчивы к помехам, широко используются в сельском хозяйстве (из чего следует большое количество научных работ и доступной информации), а также новые версии хорошо работают в неблагоприятных погодных условиях (дождь, снег, туман и пыль).

Недостатки: плохая производительность при обнаружении края из-за расстояния между лучами света, время разогрева, необходимое для стабилизации глубины измерения (до 2,5 час.), довольно громоздкие и с движущимися частями (что может быть опасно), старые версии имеют проблемы при неблагоприятных погодных условиях (дождь, снег, туман и пыль).

Регистрация сцены окружающей среды функционирования РТК осуществляется посредством сочетания вышеприведенных сенсоров. Как правило, используют различные

способы комплексирования информации о глубине и текстуре рабочей сцены [9]. Поведение различных камер в разное время суток может существенно различаться. Так, например, RGB-камеры мало применимы в ночное время. Однако при использовании нескольких камер различного спектра и комплексировании информации возможно получение более точного изображения [11] (рис. 2). Предварительная алгоритмическая обработка полученной информации с применением цифровых и иных фильтров для улучшения качества изображения, компенсации оптических и иных искажений – важная часть процесса функционирования СТЗ.

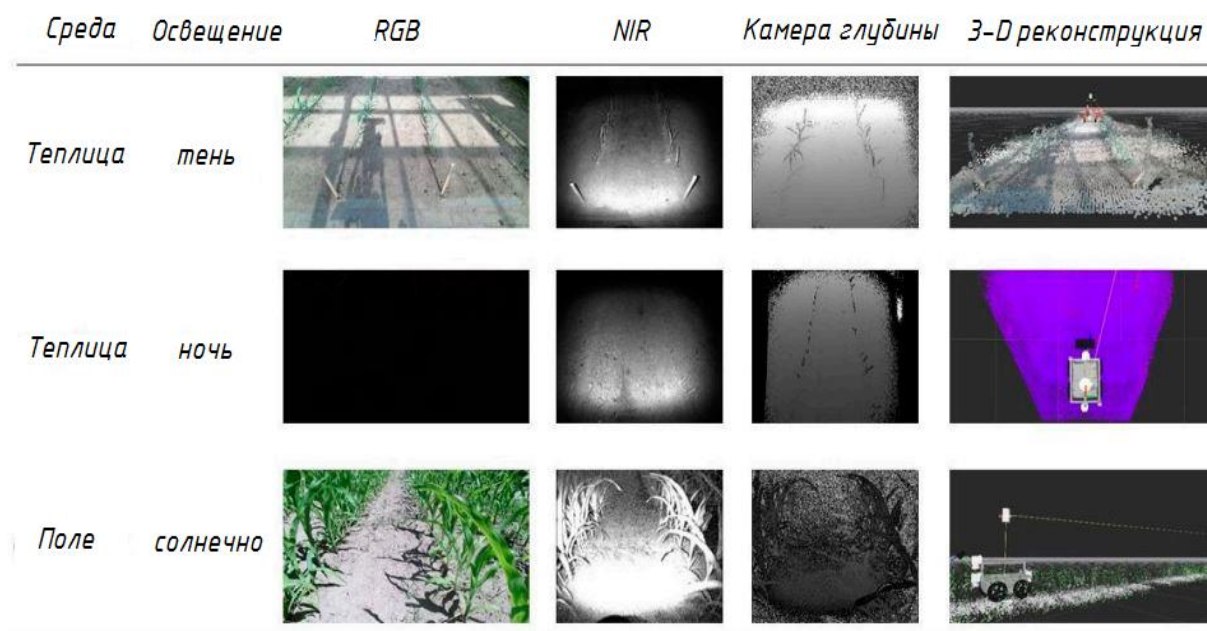


Рис. 2. 3D-реконструкция растений при использовании СТЗ в разных условиях

Fig. 2. 3D reconstruction of plants using TVS in different conditions

СТЗ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА

Кластеризация, сегментация и распознавание объектов окружающей среды в современных РТК осуществляются с использованием алгоритмов компьютерного зрения, машинного обучения или нейросетевых алгоритмов. Для задач, решаемых СХ РТК, следует рассмотреть вопросы распознавания положения и оценки характеристик собираемой культуры. Рассмотрим базовые технологии, не связанные с применением видеокамер.

При автономном контроле состояния растений робот должен идентифицировать нужные растения, это значит, что растения должны быть разделены алгоритмом распознавания хотя бы на 2 категории – годные и негодные. Чаще всего задача решается таким образом, что робот анализирует 1 растение за раз, принимает решение относительно него и переходит к следующему. Это требует предварительной подготовки: робот должен быть оснащен базой данных годных и негодных растений. В работе [2] для идентификации ростков сахарной свеклы было проанализировано 217 предварительно сделанных снимков и выделено 19 признаков, которые давали максимальный процент успешного распознавания – 96%. Создатели подчеркивают, что при использовании в поле точность,

вероятнее всего, упадет на 10–15 %, но они предложили компенсировать это введением дополнительного признака – расположение ростков (чаще всего «полезные» растения сеют рядами).

Одной из базовых технологий, используемых для задач распознавания в сельском хозяйстве, является интерферометрия [4]. Интерферометрия долгое время использовалась для измерения роста растений или изменений движения при различных раздражителях. В настоящее время интерферометрические методы исследуются с использованием трехмерного подхода для инспекции семян и контроля качества.

Например, для обнаружения зараженных семян дыни была использована оптическая когерентная томография (ОКТ) на основе интерферометрии белого света (рис. 3) [1]. Достоинства ОКТ и интерферометрии: высокая точность, возможность структурного анализа, высокое разрешение. К недостаткам можно отнести: высокую стоимость, ограниченный диапазон работы, высокотекстурированные поверхности рассеивают световые лучи, относительность измерения, чувствительность к вибрациям, трудозатратность в реализации и эксплуатации. Однако применение подобных методов затруднено в полевых условиях, альтернативой может стать применение метода Structure from Motion (SfM) по комплексированным данным с камер оптического спектра и в УФ- и ИК-диапазонах.



Рис. 3. 3D-реконструкция семян дыни, основанная на данных, полученных при интерферометрии

Fig. 3. Data-based 3D reconstruction of melon seeds, obtained by interferometry

В работе [5] используют механизм распознавания капусты, названный «визуальная локализация Радиччи». Авторы работы проводили эксперименты по тестированию механизма обнаружения капусты с использованием разных камер, и несмотря на плохое изначальное изображение, алгоритм показал хорошие результаты. В экспериментах ложное обнаружение не наблюдалось.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТЗ В СОСТАВЕ РТК ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Система технического зрения в составе системы управления РТК реализуется в целях дополнительной информационной поддержки при принятии решений [10], а именно:

- обеспечение оператора РТК избыточной информацией о среде функционирования РТК при различных погодных условиях и в различных условиях освещенности;
- обеспечение управления движением РТК по заданному маршруту с учетом изменяющихся параметров окружающей среды, возникающих препятствиях и принятие решений (оператором или автономно) о способах их преодоления на основе информации СТЗ о текущем состоянии среды;
- отслеживание положения и изменения параметров целевых объектов РТК на основе зарегистрированной СТЗ информации и планирования движения в динамически изменяющейся обстановке;
- информационное сопровождение процесса управления движением РТК в среде с неопределенными и/или переменными характеристиками;
- оптимизация и синхронизация процесса обработки мультиспектральных данных комплексированных СТЗ для комплексного анализа среды функционирования роботов;
- выявление параметров текстуры объектов среды функционирования и свойств среды (например, опорная и геометрическая проходимость грунта или поиск скрытых элементов) на основе алгоритмического анализа мультиспектральных данных;
- построение карты дальностей на основе алгоритмов обработки изображений стереоскопических СТЗ или комплексирования данных датчиков сканирования местности и систем регистрации изображений (при наличии систем регистрации трехмерного изображения);
- выявление изменений параметров динамической среды или ее объектов с течением времени, а также положения целевых объектов.

Для обеспечения работы сенсоров и улучшения показателей регистрируемой информации СТЗ РТК предлагается схема (рис. 4), включающая следующие подсистемы, которые относятся непосредственно к СТЗ либо сопрягаются с ними:

- система локальной обработки данных СТЗ – микропроцессорные системы обработки изображений, обеспечивающие работу СТЗ в режиме реального времени и обладающие высоким быстродействием благодаря аппаратной реализации алгоритмов технического зрения, а также интерфейсы передачи данных для получения информации от датчиков визуальной информации различного спектра;
- исполнительные системы РТК (для управления автономным движением и рабочим органом) – механические или мехатронные системы наведения на целевой объект и стабилизации сенсоров, обеспечивающие увеличение зоны видимости сенсора, повышение качества регистрируемого изображения при движении РТК по неровной поверхности и работу комплексированных СТЗ;
- системы обработки и анализа 2D-изображений и 3D-данных, а также алгоритмы выявления трехмерных данных с 2D-изображений стереоскопических или мультиспектральных систем для обеспечения решения задач автономной навигации РТК или иных требуемых задач в динамически меняющейся среде;
- средства обработки изображений, обеспечивающие распознавание и сопровождение целевых объектов или анализ окружающей среды на предмет возможных препятствий;

- вычислительные средства, реализующие алгоритмы компьютерного зрения для работы СТЗ РТК в режиме реального времени с учетом особенностей и параметров различных уровней СТЗ и параметров синхронизации их работы;
- средства визуализации информации, в т.ч. посредством виртуальной реальности, для оптимизации восприятия информации человеком и увеличения эффективности операторного режима управления РТК;
- сенсорный блок – мультиспектральные визуальные датчики для выявления скрытых объектов и улучшения качества восприятия информации об окружающей среде в критических условиях работы сенсоров.

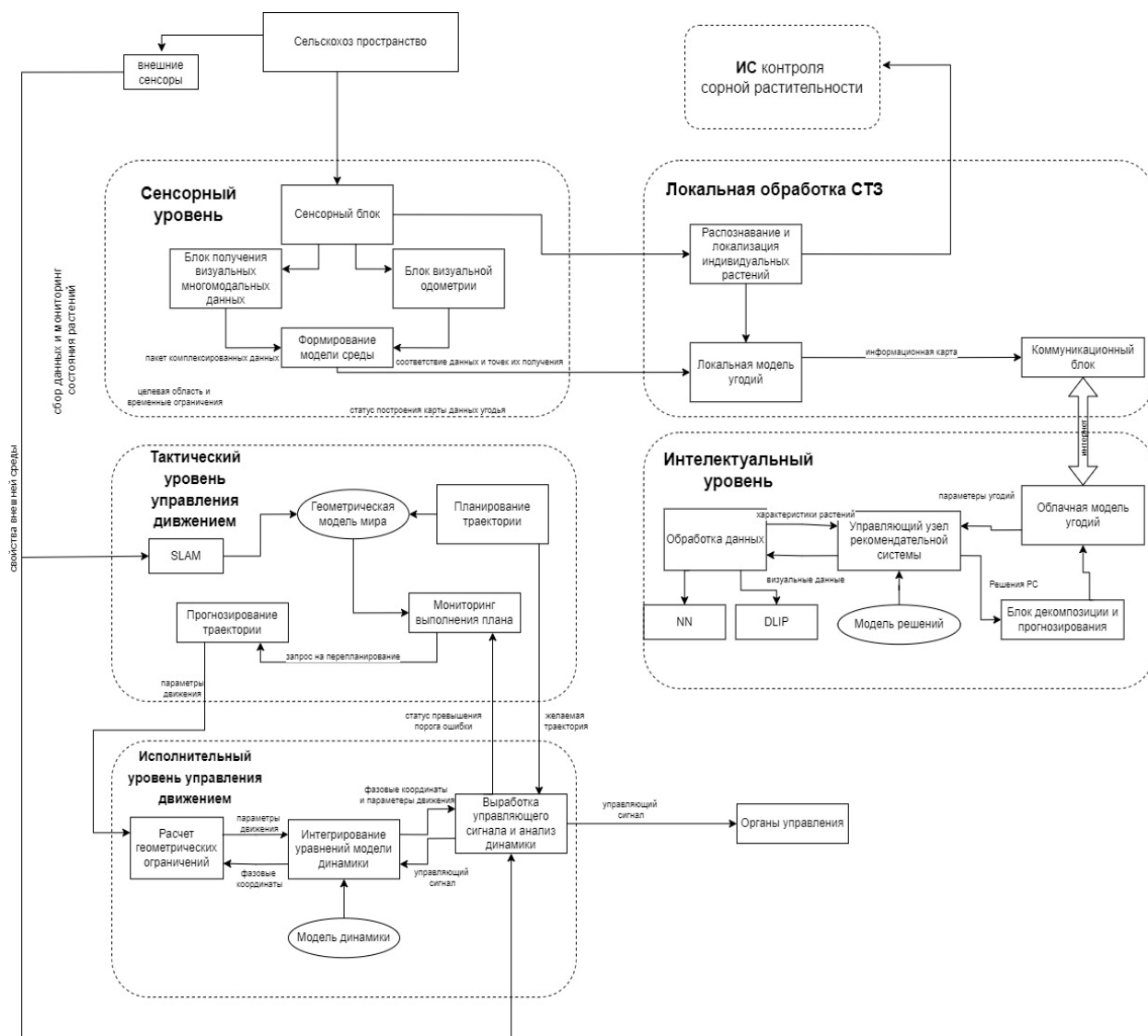


Рис. 4. Предлагаемая структура системы управления РТК для автономного контроля сорной растительности с использованием данных СТЗ

Fig. 4. Proposed structure of the RTC control system for autonomous control of weeds using VS data

На начальных стадиях работы предполагается реализация системы передачи информации, получаемой СТЗ, в случае работы РТК в режиме дистанционного оперативного

управления, что также требует реализации систем приема и передачи навигационной информации от систем позиционирования, обеспечивающих информационное сопровождение работы РТК при оперативном управлении.

В перспективе данные об актуальном состоянии, а также основные положения по обработке угодий должны храниться в базе данных знаний (в перспективе – база знаний) об элементах для распознавания образов на изображении, а также при автономном формировании траектории движения РТК на основе карты местности.

Выводы

Таким образом, на данный момент существует множество средств машинного зрения в сельскохозяйственной робототехнике, и со временем они становятся доступнее. К сожалению, они не универсальны и требуют алгоритмической обработки, к тому же в разных сферах робототехники используются разные сочетания сенсоров, что обуславливает необходимость создания индивидуальных конфигураций и сочетаний датчиков с учетом специфики решаемой задачи.

Предложено решение для встраивания СТЗ в систему управления РТК для контроля сорной растительности, решения задач локализации элементов в рабочем пространстве РТК и задач мониторинга. Для задачи локализации сорной растительности, как показано, достаточно использование средств локализации транспортных платформ с использованием как данных LIDAR, так и стереокамер. Для задач мониторинга желательно использование мультиспектральных камер, работающих в оптическом, инфракрасном и ультрафиолетовом спектрах.

REFERENCES

1. Arellano Manuel Vázquez. Crop plant reconstruction and feature extraction based on 3-D vision”. Dr.sc.agr. in Agricultural Science. 2019.
2. Åstrand B., Baerveldt A.-J. An Agricultural Mobile Robot with Vision-Based Perception for Mechanical Weed Control. *Autonomous Robots*. No. 13. Pp. 21–35. 2002. <https://doi.org/10.1023/A:1015674004201>
3. Chebrolu N., Lottes Ph., Schaefer A., Winterhalter W. [et al.] Agricultural robot dataset for plant classification, localization and mapping on sugar beet fields. *The International Journal of Robotics Research*. 2017. Vol. 36(10). Pp. 1045–1052. DOI: 10.1177/027836491772051.
4. Jiang Z., Staude W. An Interferometric Method for Plant Growth Measurements. *Journal of Experimental Botany*, 1989. Vol. 40(219). Pp. 1169–1173. <http://www.jstor.org/stable/23692028>
5. Milella A., Reina G., Foglia M. Computer vision technology for agricultural robotics. *Sensor Review*. 2006. Vol. 26. Pp. 290-300. DOI: 10.1108/02602280610692006.
6. Reid John F., Searcy Stephen W. Automatic Tractor Guidance with Computer Vision. *SAE Transactions*. Vol. 96. 1987. Pp. 673–693. <http://www.jstor.org/stable/44472830>.
7. Reina G., Milella A. Towards Autonomous Agriculture: Automatic Ground Detection Using Trinocular Stereovision. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2012. Vol. 12. 12405-12423. DOI: 10.3390/s120912405.

8. Rovira-Más F., Han Sh., Wei J., Reid J. Autonomous Guidance of a Corn Harvester using Stereo Vision. *Agric. Eng. Int. CIGR Ejournal*. Vol. 9. 2007.

9. Kazmin V.N., Noskov V.P. 3D vision in navigation support system of unmanned aerial vehicle. *Engineering Journal: Science and Innovation*. No. 11(11). P. 40. (in Russian)

Казьмин В. Н., Носков В. П. Объемное зрение в системе навигационного обеспечения беспилотного летательного аппарата // *Инженерный журнал: наука и инновации*. 2012. № 11(11). С. 40.

10. Muratov E.R., Yukin S.A., Efimov A.I., Nikiforov M.B. Technical point of view sensors: Textbook for institutes and universities, Moscow: Goryachaya liniya – Telekom. 2019. 72 p. (in Russian)

Муратов Е. Р., Юкин С. А., Ефимов А. И., Никифоров М. Б. Сенсоры технического зрения: учебное пособие для вузов. Москва: Горячая линия - Телеком, 2019. 72 с.

11. Noskov V.P., Rubtsov I.V., Vazaev A.V. Efficiency of environment simulation based on interconnected computer vision system. *Robotics and technical cybernetics*. 2015. No. 2(7). Pp. 51–55. (in Russian)

Носков В. П., Рубцов И. В., Вазаев А. В. Об эффективности моделирования внешней среды по данным комплексированной СТЗ // *Робототехника и техническая кибернетика*. 2015. 2(7). С. 51–55.

12. Noskov V.P., Rubtsov V.I., Rubtsov I.V. *Matematicheskie modeli dvizheniya i sistemy tekhnicheskogo zreniya mobil'nyh roboto-tekhnicheskikh kompleksov: ucheb. posobie* [Mathematical Models of Motion and Vision Systems of Mobile Robotic Complexes] Moskva: Izd-vo MGTU im. N. E. Baumana. /MSTU n.a. N.E. Bauman Publishing House, 2015. 94 p. (in Russian)

Носков В. П., Рубцов В. И., Рубцов И. В. Математические модели движения и системы технического зрения мобильных робототехнических комплексов: учеб. пособие. Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. 94 с.

Информация об авторах

Шереужев Марат Артурович, аспирант кафедры «Агрономия», Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова;

360030, Россия, Нальчик, проспект Ленина, 1в;

Стажер-исследователь лаборатории «Интеллектуальные среды обитания», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

marat.shereuzhev07@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7368-4691>

Шереужев Мадин Артурович, ст. преподаватель кафедры «Робототехнические системы и мехатроника», Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана;

105005, Россия, Москва, улица 2-я Бауманская, 5, корп. 1;

shereuzhev@bmstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2352-992X>

Кишев Алим Юрьевич, канд. с.-х. наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Агрономия», Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова;

360030, Россия, Нальчик, проспект Ленина, 1в;

a.kish@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2838-6876>

Information about the authors

Shereuzhev Marat Arturovich, postgraduate, Department "Agronomy", Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov;

360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin avenue;

Trainee researcher of the Laboratory «Intellectual Habitats» of the Institute of Computer Science and Regional Management Problems – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

marat.shereuzhev07@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7368-4691>

Shereuzhev Madin Arturovich, senior lecturer, Department «Robotic systems and mechatronics», Moscow State Technical University named after N.E. Bauman;

105005, Russia, Moscow, build. 5 corps 1 Baumanskaya street;

shereuzhev@bmstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2352-992X>

Kishev Alim Yurievich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department "Agronomy", Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov;

360030, Russia, Nalchik, 1v Lenin avenue;

a.kish@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2838-6876>