

УДК 621.3.061

Способы позиционирования и навигации автономных роботизированных мобильных комплексов при работе в виноградниках и иных сложных сельскохозяйственных средах

Чикваркин Иван Борисович^{1(*)}ivan414@mail.ru
SPIN-код: 1202-9795Рахилин Константин Валентинович²ivan414@mail.ru
SPIN-код: 2629-4198¹ АО «НИИМА «Прогресс», Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. *Возможность автоматизации трудоемких процессов в сельском хозяйстве наиболее остро стоит в ключевых аграрных регионах России. Использование автономных мобильных комплексов и роботизированных систем в сельском хозяйстве в настоящий момент имеет ограничения, связанные с позиционированием и навигацией устройств в недетерминированной среде. Рассмотрены методы определения позиции и навигации автономных мобильных комплексов в сельском хозяйстве, возможности и ограничения существующих современных технологических решений при наличии помех в недетерминированной среде.*

Ключевые слова: *позиционирование, навигация, помехи, автономные мобильные комплексы, роботизация в сельском хозяйстве*

Введение. При выполнении сельскохозяйственных работ в поле точное позиционирование проще осуществить из-за отсутствия объектов, способных создавать физические шумы и помехи. В то время как для выполнения работ в садах, плантациях с кустарниками и виноградниках задача позиционирования существенно осложняется, наличием физических помех, и опасностью нанесения вреда культурным растениям. Эксплуатация сельскохозяйственной техники в садах и виноградниках существенно отличается от работы на открытых полях и характеризуется рядом уникальных особенностей, предъявляющих высокие требования к системам автоматического управления мобильным комплексом.

Методы и материалы; результаты. В настоящий момент возможны и технически реализованы следующие методы позиционирования и навигации:

- 1) GNSS (Global Navigation Satellite System);
- 2) инерциальные системы (ИНС);
- 3) одометрия — оценка перемещения устройства на основе данных с его датчиков;
- 4) визуальная навигация с использованием камер и алгоритмов компьютерного зрения (например, YOLOv8) [1];

5) мультисенсорная интеграция (сенсорная фузия) — объединение данных поступающих от всех систем: GNSS, ИНС, одометрии, камер и локационных систем с помощью фильтра Калмана или нечеткой логики. (Возможна проблема потери сигнала в момент передачи данных [2] приглушении сигнала или при переключении между сотовыми базовыми станциями LTE).

Реализация отказоустойчивой системы управления удобна на базе модульной архитектуры, позволяющей легко интегрировать и заменять датчики. Концепция такой системы предложена в статье [5] «Модульная сенсорная система с интерфейсом CANBUS (Controller Area Network Bus) для вспомогательной навигации сельскохозяйственного мобильного робота».

Рассматривались три основных подхода для решения задачи:

1) копирование эталонной траектории — простой, но чувствительный к ошибкам способ;

2) навигация по виртуальной направляющей — более гибкое решение с возможностью адаптации;

3) использование машинного зрения (YOLOv8) — подход основан на идее навигации без определения конкретного местоположения на электронной карте, когда робот движется только по известному пути от начальной точки до конечной [3].

Неопределенность в сельскохозяйственной навигации возможна в двух случаях:

– случайная, при появлении естественных ошибок систем GNSS, дрейф ИНС, шум одометрии и прочих;

– преднамеренная — глушение и подмена сигнала (спуфинг).

Как отмечается в вашей презентации, отсутствие или подмена сигнала GNSS — одна из ключевых проблем. Это требует перехода от однокомпонентной системы (только GNSS) к многоуровневой отказоустойчивой архитектуре управления, в которой: уровень 1 — мультисенсорная интеграция GNSS + ИНС + одометрия; уровень 2 — коррекция с помощью визуальной навигации (YOLOv8) [4].

Только такой подход обеспечивает возможность непрерывность работы в любых условиях.

Заключение. Проведенный анализ показал, что существующие системы автоматического вождения недостаточно приспособлены для работы в садах и виноградниках [5]. Их главным недостатком является высокая зависимость от GNSS-навигации, что делает их уязвимыми к: естественным помехам, техническим сбоям, преднамеренным воздействиям. В то же время существуют перспективные, но недостаточно реализованные решения:

1) машинное зрение (YOLOv8) — основа для автономной навигации;

2) модульная CANBUS архитектура как платформа для интеграции;

3) представленный анализ возможностей и ограничений имеющихся технических решений в области связи и навигации, позволяет комбинировать их применение в зависимости от потребности и целей потребителей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Чжан Ю., Ван Л., Лю Х. Глубокая визуальная навигация для сельскохозяйственных роботов. IEEE Robotics and Automation Letters, 2021. <https://doi.org/10.1109/LRA.2021.3067890>
- [2] Афанасьев В.И., Козлов В.Н., Пугачев С.П. *Теория автоматического управления техническими системами*. Москва, МГУ, 2019, 544 с.
- [3] Cox J., Tsagkopoulos N. Visual teach and generalise (VTAG) — exploiting perceptual aliasing for scalable autonomous robotic navigation in horticultural environments. Computers and Electronics in Agriculture, 2023, vol. 212, art. no. 108054.
- [4] Беспроводная лаборатория МИТ «Документация по инструменту мониторинга сигнала LTE». URL: <https://mitwirelesslab.edu/lte-monitoring-docs> (дата обращения 15.09.2025).
- [5] Shamshiri R.R., Navas E., Dworak V., Auat Cheein F.A., Weltzien C. A modular sensing system with CANBUS communication for assisted navigation of an agricultural mobile robot. Computers and Electronics in Agriculture, 2024, vol. 223, art. no. 109112.