

К ОБОСНОВАНИЮ МОНИТОРИНГА УРОЖАЙНОСТИ НА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНАХ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Филиппов А. И., Бычек П. Н., Цыбульский Г. С., Эбертс А. А.

УО «Гродненский государственный аграрный университет»

г. Гродно, Республика Беларусь

Аннотация. В данной статье рассматриваются основы мониторинга урожайности на зерноуборочных комбайнах отечественного производства как элементы точного земледелия, а также концепция пространственной неоднородности урожайности, обосновано направление программно-технического комплекса картирования урожайности и перспективные направления развития систем мониторинга.

Summary. This article examines the fundamentals of yield monitoring on domestically produced grain harvesters, as an element of precision farming, as well as the concept of spatial yield heterogeneity. It also substantiates the direction of a yield mapping software and hardware system and future directions for the development of monitoring systems.

Ключевые слова: мониторинг, урожайность, картирование, точное земледелие, зерноуборочные комбайны.

Key words: monitoring, yield, mapping, precision farming, and combine harvesters.

Современное сельское хозяйство Республики Беларусь характеризуется активным переходом к цифровым технологиям и методам точного земледелия. В этом контексте зерноуборочные комбайны производства ОАО «Гомсельмаш» – флагмана белорусского машиностроения — перестают быть просто средством механизации уборочных работ и превращаются в высокотехнологичные информационно-измерительные комплексы. Мониторинг урожайности в реальном времени является ключевым элементом этой трансформации. Обоснование данного процесса базируется на необходимости объективной количественной оценки пространственной неоднородности агроценозов для последующего принятия дифференцированных агротехнологических решений [1, 2, 3].

Традиционный подход к оценке урожайности подразумевал определение среднего значения по полю, что нивелировало информацию о внутренней вариабельности агроландшафта. Обоснование современного мониторинга исходит из того, что урожайность сельскохозяйственных культур на одном поле является величиной неоднородной и зависит от множества факторов: содержания влаги и питательных элементов в почве,

толщины гумусового горизонта, рельефа, освещенности и фитосанитарной обстановки.

Методологической базой точного земледелия является рассмотрение поля не как единого целого, а как совокупности элементарных участков. Задача системы мониторинга на комбайне – определить урожайность на каждом таком элементарном участке с привязкой к географическим координатам. Это позволяет перейти от констатации факта «сколько собрали» к анализу «где и почему собрали больше или меньше».

Карты урожайности, формируемые по результатам мониторинга, служат основой для планирования агрохимического обследования почв и создания аппликационных картограмм для внесения удобрений дифференцированными нормами. Этот подход может быть реализован через формирование данных, где карта урожайности накладывается на карты других агрономических показателей. Агроном, анализируя эти данные, выявляет зоны неоднородности и разрабатывает карты-задания для техники, которые через облачные сервисы передаются на исполнительные агрегаты [4, 5, 6].

Программно-технический комплекс картирования урожайности может решать следующие научно-прикладные задачи: контроль хода уборки с высокой дискретностью (единица учета – 0,2 га); определение текущей урожайности с последующей визуализацией на электронной картосхеме, интеграция данных с модулей определения влажности, объема зерна и навигации.

Ключевым результатом здесь является метрологическое обоснование измерений. Согласно испытаниям, комплекс обеспечивает погрешность оценки текущей урожайности не более 8 %, что является приемлемым показателем для задач агрономического анализа.

Процесс научно обоснованного измерения урожайности включает следующие этапы и компоненты: датчики объема и массы (оптический датчик учитывает объем зерна, поступающего на лопатках элеватора в бункер); коррекция по влажности (датчик влажности, установленный в бункере, эталонирует объем зерна, переводя его в массу сухого вещества, это критически важно для сопоставимости данных, так как сырое зерно тяжелее, и без учета влажности картограмма будет искажена, кроме того, строится отдельная карта влажности, помогающая выявлять проблемные зоны); датчик положения жатки (исключает из расчета участки, где комбайн маневрировал, но не вел уборку (повороты, переезды), обеспечивая «чистоту» данных); бортовая обработка и передача данных (специализированное ПО в дисплее собирает данные и строит карту, которая через облачный сервер передается на стационарный компьютер) [7].

Одной из фундаментальных научных проблем при создании карт урожайности является временная задержка между моментом среза

растения и моментом измерения потока зерна потокомером. Зерно проходит определенный технологический путь по комбайну, и без учета этого запаздывания возникает пространственное смещение данных. Мировой научный опыт предлагает методы автоматической корректировки, такие как метод фазовой корреляции обработки изображений, который позволяет определять время задержки с точностью до 90 %. Внедрение подобных алгоритмов в программное обеспечение комбайнов «Гомсельмаш» является перспективным направлением повышения точности картографирования.

Современные тенденции, уже находящие применение на технике «Гомсельмаш», связаны с использованием искусственного интеллекта. Система автопилотирования Cognitive Agro Pilot, сертифицированная для комбайнов «Гомсельмаш», использует техническое зрение для распознавания участков поля. В перспективе эта система может быть интегрирована с задачами мониторинга не только количества, но и качества урожая [8].

Научные разработки в этой области, например, система оценки качества обмола (распознавание дробленого и сорного зерна) на базе нейросетей, демонстрируют точность распознавания до 85 %. Интеграция подобных модулей, анализирующих видеопоток с камеры в пробоотборнике, позволит комбайнам «Гомсельмаш» не просто фиксировать массу зерна, но и оценивать его качественные характеристики (сорность, дробление) непосредственно в процессе уборки, что является следующим шагом в научном обосновании управления урожаем.

Внедрение систем удаленного мониторинга позволяет передавать данные о работе комбайна в режиме реального времени. Это создает предпосылки для создания единых диспетчерских центров, где на научной основе анализируются потоки данных от всего парка техники для оптимизации логистики, прогнозирования сроков уборки и оперативного выявления нештатных ситуаций [9].

Обоснование мониторинга урожайности на зерноуборочных комбайнах «Гомсельмаш» базируется на фундаментальных принципах точного земледелия, рассматривающих поле как гетерогенную систему.

Техническая база современных моделей (GS2124, GS12A1) полностью готова к работе с системами картирования и автопилотирования. Дальнейшее научное развитие данного направления на предприятии связано с решением сложных алгоритмических задач и внедрением технологий искусственного интеллекта для анализа качества зерна в реальном времени. Это позволит превратить комбайны «Гомсельмаш» в полноценные мобильные лаборатории, обеспечивающие сбор и первичную обработку больших данных для принятия стратегических решений в агропромышленном комплексе Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современное введение сельскохозяйственного производства с применением технологий точного земледелия / А. И. Филиппов [и др.] // Сборник научных статей «Со-временные технологии сельскохозяйственного производства» по материалам XXVII Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2024. – С. 251-255.
2. Филиппов, А. И. Современные решения для сельского хозяйства на основе технологий точного земледелия / А. И. Филиппов, В. В. Барсуков, Н. Ю. Занемонская // Инновационное развитие экономики: материалы третьего Крымского международного форума, материалы XXVIII международной научно-практической конференции // «Проблемы и перспективы инновационного развития экономики» (Симферополь, 15-18 мая 2024 г.) и VI международной научно-практической конференции «Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений» (Симферополь, 19-20 июня 2024 г.), Крымская академия наук, Симферополь ИТ «АРИАЛ», 2024 – С. 170-176.
3. Филиппов, А. И. Точное сельское хозяйство как инновационный путь развития АПК Республики Беларусь: по материалам международной научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» [Электронный ресурс] / А. И. Филиппов // сайт УО «ГГАУ», Гродно, 30 октября 2024 г. – Режим доступа: <https://www.ggau.by/nowosti/7043-tochnoe-selskoe-khozyajstvo-kak-innovatsionnyj-put-razvitiya-apk-respubliki-belarus>.
4. Филиппов, А. И. Будущее сельского хозяйства начинается здесь [Электронный ресурс] / А. И. Филиппов, // сайт УО «ГГАУ», Гродно, 12 сентября 2024 г. – Режим доступа: <https://www.ggau.by/af/news/6933-budushchee-selskogo-khozyajstva-nachinaetsya-zdes>.
5. Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат инновационных технологий / А. И. Филиппов [и др.] // Сборник научных статей «Современные технологии сельскохозяйственного производства» по материалам XXIV Международной научно-практической конференции. –Гродно: ГГАУ, 2021. – С. 246-247.
6. Филиппов, А. И. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве [Электронный ресурс] / А. И. Филиппов // сайт УО «ГГАУ» от 24.10.2025. – Режим доступа: <https://tinyurl.com/mpzzyrcd> 46 – 247.
7. От небольшого завода до крупного производителя с мировым именем – Гомсельмаш отмечает 95-летие [Электронный ресурс] // News.by. – 2025. – Режим доступа: <https://news.by/news/ekonomika/ot-nebolshogo-zavoda-do-krupnogo-proizvoditelya-s-mirovym-imenem-gomselmash-otmechaet-95-letie>
8. Разрушая стереотипы о сельском хозяйстве [Электронный ресурс] // Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – 2021. – Режим доступа: https://baa.by/news/?ELEMENT_ID=4445.
9. Искусственный интеллект для повышения эффективности работы сельскохозяйственной техники [Электронный ресурс] // Servolux. – 2025. – Режим доступа: <https://servolux.com/press/news/68>.