

А. В. Ленский, А. А. Жешко

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: alex_lensky@mail.ru;
azeshko@gmail.com*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ПО ПОЛЕВОМУ УЧАСТКУ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Технологический прогресс в сельском хозяйстве определяется не только повышением эффективности использования материальных ресурсов и ростом производственных показателей, но также сопровождается необходимостью соблюдения экологических требований и внедрения в практику современных методов планирования и управления. В этой связи имеется объективная необходимость применения инновационных решений, в том числе основанных на технологиях точного земледелия, которые обеспечат оптимизацию использования ограниченных ресурсов и позволят минимизировать воздействие на окружающую среду. В частности, наиболее перспективным направлением в области механизации является применение автономных полевых роботов, что потребует разработки специализированных программных комплексов для оптимизации движения техники.

В предлагаемой статье выполнен аналитический обзор применяемых математических методов расчета оптимальной траектории движения машинно-тракторного агрегата по полювому участку, начиная от моделей перебора возможных вариантов до применения нейронных сетей и алгоритмов «муравьиной» оптимизации.

Результаты исследований направлены на формирование информационной и методической базы, что позволит разработать оригинальный алгоритм расчета оптимальной траектории и нормирования производительности МТА для заданных условий эксплуатации техники.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, траектория движения, оптимизация маршрута, алгоритмы планирования, электронные карты полей.

A. V. Lensky, A. A. Zheshko

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: alex_lensky@mail.ru;
azeshko@gmail.com*

ANALYSIS OF METHODS OF CALCULATION OF OPTIMUM ROUTES OF MOTION OF THE MACHINE AND TRACTOR UNIT FOR THE FIELD SITE OF ANY CONFIGURATION

In the present article, an analytical review of the applied math-based methods for calculating the optimal trajectory of the machine-tractor aggregate along the field site is performed, starting from the models for the search of possible variants to the application of neural networks and algorithms of «ants» optimization.

The results of the research are aimed at the formation of the information and methodological base, which will allow to develop an original algorithm for calculating the optimal trajectory and normalizing the performance of the MTA for the given operating conditions of the equipment.

Keywords: machine-tractor unit, trajectory, route optimization, scheduling algorithms, electronic field maps.

Введение

Современные возможности автоматизации выполнения технологических расчетов и планирования производственной деятельности позволяют обеспечить сельскохозяйственных производителей необходимыми прикладными программными продуктами для принятия оперативных управленческих решений и более интенсивного использования на практике технологий точного

земледелия. Одним из приоритетных направлений является обоснование оптимальной траектории движения машинно-тракторного агрегата по рабочему участку произвольной конфигурации при выполнении сельскохозяйственных операций. Применительно к выполнению сельскохозяйственных технологических операций такая задача является частным случаем общей задачи планирования пути. Границы поля, как правило, являются фиксированными, представляя собой предварительно определенную среду, заданную координатами вершин на основании электронных карт. В результате реализации различных вычислительных алгоритмов возможно получение плана обработки поля, который может быть исполнен при помощи навигационной системы мобильного средства. Современные подходы к решению таких задач требуют минимального участия человека и могут быть реализованы для любого поля, независимо от сложности его формы.

Большинство алгоритмов содержит ряд последовательных этапов, включающих выбор контура поля, разделение поля на простые участки, генерацию поворотных полос для каждого участка, генерацию рабочих и холостых ходов (поворотов), формирование окончательной траектории движения и расчет производительности машинного агрегата. Зарубежный производственный опыт доказывает, что корректный выбор направления движения может обеспечить прирост производительности до 20 %, в зависимости от типа выполняемых работ и контура поля.

Основная часть

Технологический прогресс в сочетании с необходимостью повышения эффективности применения ресурсов в сельском хозяйстве и экологическими соображениями требует от сельскохозяйственных производителей пересмотреть свою практику и принимать новые управленческие решения, включая внедрение автоматизированных систем [1]. Применение полевых роботов является одним из перспективных направлений технологий автоматизации.

Использование полевых роботов предполагает минимальное вмешательство человека, а также является эффективной и безопасной технологией. Поскольку основная задача самоходного сельскохозяйственного средства заключается в полной обработке всей площади, необходимым условием является способность устройства выполнять технологический процесс в поле автономно. При этом автоматизированная машина нуждается в специализированных алгоритмах планирования рабочего пути для выполнения операции, где входными детерминированными данными будут границы поля и препятствия на нем.

Движение по полю при планировании выполнения технологических операций является частным случаем общей задачи планирования пути, для которой может быть применено как on-line планирование на основе датчиков, так и осуществленное в автономном режиме [2, 3]. Что касается off-line планирования для обработки площади поля, могут быть представлены подходы, изложенные в следующих работах [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Первым шагом для off-line планирования является решение задачи геометрического определения поля в качестве операционной среды. Возможны такие варианты, как представление поля в виде единой области или совокупности рабочих участков. В дальнейшем производится генерация траектории движения в соответствии с выбранным критерием оптимальности. Так, в работах [5, 6] представлены алгоритмические модели, которые обеспечивают оптимальную последовательность рабочих ходов в соответствии с критерием минимизации холостых проходов сельскохозяйственного агрегата. В работе [7] предложен генетический алгоритм, основанный на одновременном выборе направления движения и последовательности ходов, который сводит к минимуму время обработки и полученные области перекрытий. В работе [12] был предложен подход для формирования пути по критерию минимизации одного или нескольких параметров, таких как длина пути, потребление энергии или время обработки, когда агрегат системно убирает все области свободного пространства.

В случае выполнения полевых операций на холмистой местности характеристики рельефа (например, высоты) оказывают существенное влияние на оптимизацию планирования рабочего пути. Способ планирования маршрута для сельскохозяйственных транспортных средств (с учетом времени загрузки) с целью снижения риска уплотнения почвы был представлен в работе [8]. В работе [9] предложено 3D-представление поля в сочетании с инструментом моделирования

полевых операций при наличии ограничений ресурсов. Разработанный инструмент может более точно представлять поле в 3D-среде с использованием цифровой модели рельефа площади поля и, следовательно, может быть использован для более реалистичной оптимизации различных полевых операций и для более точной навигации роботов.

Значительно усложняет задачу планирования наличие препятствий на обрабатываемом поле. В [10] разработан подход, основанный на теории графов для выработки эффективных траекторий для объезда препятствия. Препятствия шириной менее чем четыре ширины захвата агрегата должны объезжаться при каждом проходе. Более крупные препятствия должны иметь поворотные полосы с каждой стороны, которые обрабатываются отдельно. Этот подход хорошо работает для простых форм препятствий, однако он требует вмешательства человека для принятия решений в сложных случаях.

Рассмотрим более подробно некоторые из наиболее применяемых методов планирования движения машинно-тракторного агрегата.

Модель № 1. Система on-line планирования на основе сопоставления оптимизированного маршрута движения и текущего расположения агрегата

Наиболее интересным программным комплексом для оптимизации движения техники, реализованным для практического применения, является разработка компании Claas (Германия) совместно с Европейским агентством спутниковой связи (Чехия), удостоенная серебряной медали на Международной выставке Agritechnica-2015.

Система оптимизации движения трактора во время работы на поле включает также функции точного расчета маршрута и прогноза затрачиваемого времени. Выбор оптимального направления движения трактора при обработке почвы часто вызывает определенные трудности на больших полях неправильной формы. Предлагаемое программное обеспечение компании Claas создает схему расположения поля и прокладывает наиболее эффективный курс, указывая приблизительное количество времени, которое будет затрачено на преодоление этого пути. Оно сравнивает текущую ситуацию со спланированной и при необходимости предлагает действия по ее улучшению, что может сократить время, затрачиваемое на обработку поля, в среднем на 6 % [14].

Модель № 2. Оптимизация маршрута движения по участкам простой конфигурации на основе минимизации проездов между участками

Классический подход, предложенный в AalborgUniversity (Дания) и который можно принять за основу для проведения дальнейших исследований, включает в себя три этапа. На первом этапе многоугольник поля заполняется ходами, параллельными заданному пользователем углу (т. е. углу движения). Угол движения также может быть оптимизирован таким образом, чтобы сократить, например, время работы, уменьшить уплотнение почвы или выбросов CO_2 в результате эксплуатации агрегата и т. д. [7, 8, 9]. На втором этапе сгенерированные ходы располагаются и группируются в участки (так называемые блоки) с учетом препятствий на поле. На третьем этапе генерируются ходы на поворотных полосах верхней и нижней сторон каждого блока.

В качестве примера: синяя линия поля представляет собой внешнюю границу, в то время как красная линия представляет собой границу препятствий (рисунок 1а). Генерируемые полевые ходы для двух выбранных углов движения показаны на рисунке 1б.

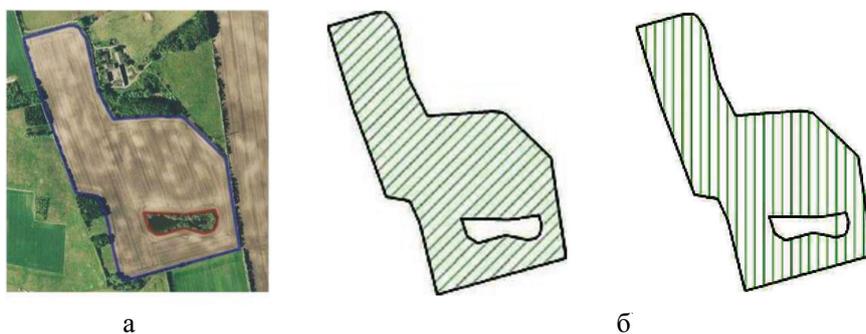


Рисунок 1. – Внешняя граница поля (синий многоугольник) и граница препятствий на поле (красный многоугольник) (а) и примеры генерируемых полевых ходов для двух выбранных углов движения 45° и 90° (б)

Следующий этап включает в себя кластеризацию генерируемых проходов в блоки. Следует отметить, что количество сгенерированных блоков зависит от выбранного угла движения и соответствует направлению движения. Например, на рисунке 2 представлено виртуальное поле с двумя препятствиями и разным количеством полученных блоков для двух различных направлений движения.

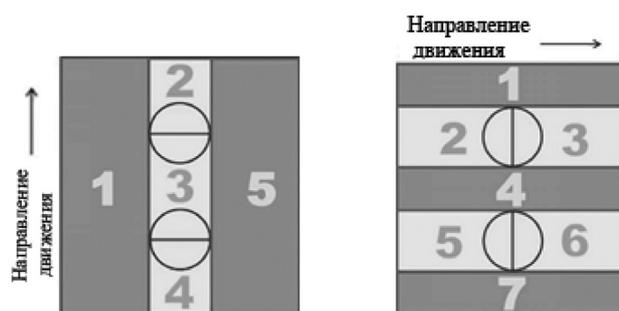


Рисунок 2. – Влияние направления движения на количество полевых участков для поля с двумя препятствиями

На заключительном этапе осуществляется построение полигонов поворотных полос. В полевой операции поворотные полосы создаются путем последовательных проходов, которые должна выполнять сельскохозяйственная машина по периферии площади поля и вокруг каждого препятствия.

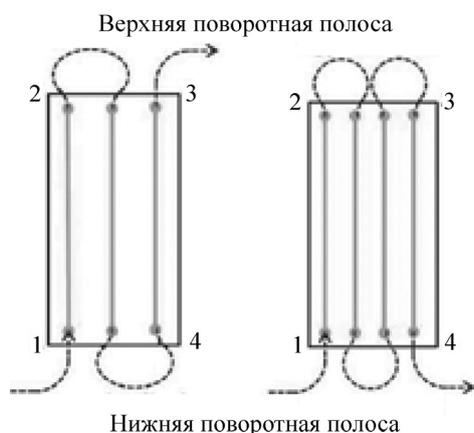


Рисунок 3. – Расположение входных точек в блоке с нечетным числом проходов и в блоке с четным числом проходов

Чтобы полевой робот выполнял сельскохозяйственную операцию, не пересекая препятствия на поле, он должен последовательно обрабатывать каждый блок один раз, поэтому требуется найти оптимальный порядок обработки сгенерированных блоков. Эта проблема может быть сформулирована в качестве задачи оптимизации, где изменяемой переменной является порядок блоков, а целевой функцией, которую необходимо минимизировать – общее расстояние проездов между блоками.

Обозначим через $V = \{1, 2, 3, \dots\}$ множество сгенерированных блоков, а x_{ij} , ($i, j \in V$ и $i \neq j$) – изменяемые переменные задачи, где $x_{ij} = 1$, если агрегат после блока i переходит в блок j , и $x_{ij} = 0$, если наоборот. Целевой функцией задачи является $\sum \sum x_{ij} * c_{ij}$, которая должна быть сведена к минимуму, где c_{ij} – цена перехода блока i в блок j . Цена c_{ij} не имеет однозначно заданного значения,

но она зависит от точки выхода из блока i и точки входа в блок j , и, таким образом, проблема не может рассматриваться как проблема чистого присваивания. Четыре точки соединения, или аргументы, могут быть определены для каждого блока, как показано на рисунке 3.

Пример расчета последовательности обработки полевых участков с одной зоной препятствий, где полевые проходы сгруппированы в четыре блока, приведен на рисунке 4а.

Всего имеется два оптимальных решения. Последовательность обработки блоков и соответствующие точки входа и выхода приведены на рисунке 4б. Следует отметить, что оба решения идентичны, но одно является обратным по отношению к другому.

Модель № 3. Метод планирования маршрута движения сельскохозяйственных агрегатов по рабочему участку с использованием «муравьиной оптимизации»

Основная цель метода заключается в планировании маршрута движения сельскохозяйственных агрегатов по рабочим участкам с учетом многочисленных препятствий. Традиционно фермеры осуществляют технологические операции на основе своего собственного опыта, накопленного в течение

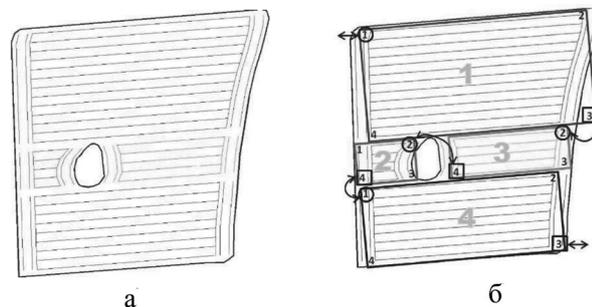


Рисунок 4. – Тестовое поле со сгенерированными рабочими ходами с учетом препятствия (а) и схема двух эквивалентных оптимальных решений его обработки: круги и квадраты могут быть точками входа или выхода и наоборот (б)

прошлых сезонов. Тем не менее нет никаких подтверждений, свидетельствующих о том, что выполнение сельскохозяйственных операций на основе производственного опыта является оптимальным или рациональным. Кроме того, существуют определенные условия, например участки неправильной конфигурации или препятствия, которые в совокупности приводят к низкой эффективности планирования обработки полей и трудностям при выборе рациональных направлений движения.

Целью данного метода является планирование маршрута движения сельскохозяйственных агрегатов, работающих на полях с несколькими препятствиями, по критерию минимального расстояния переездов между рабочими участками.

Метод включает в себя два этапа. На первом этапе поле с препятствиями, границами, поворотными полосами и рабочими ходами отображается на карте, а затем сформированные рабочие ходы разделяются на блоки с учетом полевых препятствий.

Границы блоков формируются на основании анализа препятствий по специальному алгоритму. Например, какое-то физическое препятствие ввиду малых размеров не рассматривается как таковое (рисунок 5а, препятствие 5). Некоторые препятствия могут размещаться близко к границам поля, так что деления на блоки не потребуется (рисунок 5а, препятствие 1). Наконец, существуют препятствия, находящиеся близко друг к другу, так что они должны рассматриваться как единое препятствие (рисунок 5а, препятствия 2 и 3).

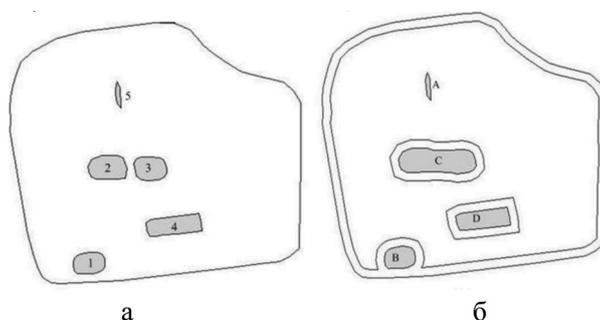


Рисунок 5. – Различные типы препятствий на поле (а) и вариант их выделения (б)

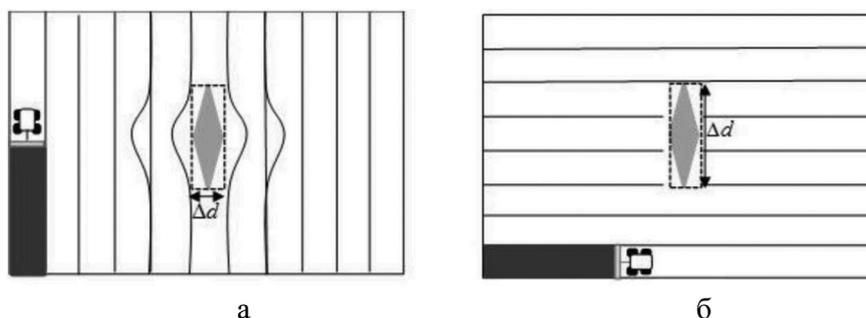
В этой связи можно выделить 4 типа препятствий:

Тип А. Препятствие слишком мало и не влияет на вождение агрегата по полю. На рисунке 6 показаны способы объезда для препятствия типа А.

Тип В. Этот тип включает препятствия, расположенные вблизи границ. Они включены во внутренние границы.

Тип С. С минимальной дистанцией между препятствиями.

Тип D. Все иные препятствия рассматриваются как класс D.



Δd – ширина препятствия, м

Рисунок 6. – Одно и то же препятствие может рассматриваться как класс А (а) или D (б), в зависимости от направления движения

На втором этапе, используя геометрическое представление, определяется оптимальный маршрут, связывающий блоки рабочих участков, что эквивалентно задаче поиска кратчайшего маршрута, которая может быть решена с помощью поисковых алгоритмов теории графов. В частности, может быть применен алгоритм «муравьиной» оптимизации, который представляет собой математическую модель поведения муравьев для нахождения кратчайшего пути между муравейником и источником пищи. Суть этой модели заключается в том, что каждый муравей оставляет определенный запах во время прохождения пути. С течением времени этот запах начинает исчезать, снижая интенсивность своего действия. Когда короткий маршрут проходит много муравьев, интенсивность запаха на таких участках гораздо выше, чем на более длинных отрезках пути. Применительно к данной задаче высокая интенсивность запаха соответствует минимальной стоимости переезда от одного блока к другому или самому короткому пути.

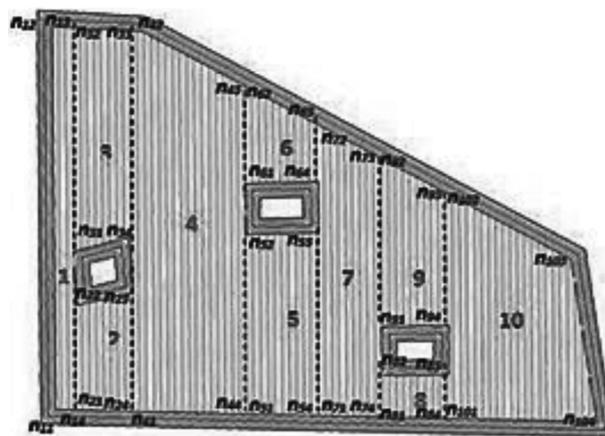


Рисунок 7. – Пример расчета поля с применением алгоритма «муравьиной» оптимизации

Пример расчета полевого участка площадью 47,5 га для машинно-тракторного агрегата шириной захвата 12 м приведен на рисунке 7. В результате было сформировано 102 рабочих хода и выделено 10 блоков.

Расчетное расстояние переездов между блоками составило 650,3 м, а оптимальная последовательность обработки блоков может быть представлена в следующем виде:

$$V_{\text{opt}} = \{ n_{92} \leftrightarrow n_{93} \leftrightarrow n_{102} \leftrightarrow n_{103} \leftrightarrow n_{84} \leftrightarrow n_{81} \leftrightarrow n_{74} \leftrightarrow n_{71} \leftrightarrow n_{54} \leftrightarrow n_{52} \leftrightarrow n_{64} \leftrightarrow n_{62} \leftrightarrow n_{43} \leftrightarrow n_{41} \leftrightarrow n_{24} \leftrightarrow n_{22} \leftrightarrow n_{31} \leftrightarrow n_{33} \leftrightarrow n_{13} \leftrightarrow n_{12} \},$$

где n – узловая точка.

Относительно низкие требования данного метода к вычислительным мощностям делают его практичным для планирования маршрутов роботов, которые могут автономно работать в полевых условиях.

Модель № 4. Планирование полевых операций с использованием LEGO Mindstorms NXT

Изучение сельскохозяйственных операций и практики управления связано с различным набором машин, поэтому существующие подходы к планированию являются дорогостоящими и отнимают много времени. В этой связи компьютерное моделирование таких систем возможно проводить с использованием платформы LEGO Mindstorms NXT, которая представляет основные средства для планирования маршрутов движения, взаимодействия технологических комплексов машин и их координации в пределах лаборатории.

LEGO Mindstorms является универсальным инструментом, который используется в научных дисциплинах, связанных с робототехникой, например с эксплуатацией роботов. Он также является системой, которая может добавлять и удалять функциональные возможности, а также изменять конфигурацию своей архитектуры. Это позволяет ему адаптироваться к различным требованиям и различным приложениям, что дает LEGO Mindstorms преимущество по сравнению с другими платформами.

Планирование маршрута для уменьшенной модели трактора может быть реализовано с помощью программного обеспечения Matlab. Входные параметры включают границы рабочих участков, которые могут быть выбраны на цифровой карте, а также определенное количество эксплуатационных параметров (рисунок 8). Опираясь на исходные данные, определяется геометрическая интерпретация поля (координаты точек), а также выполняется построение параллельных рабочих ходов по полю и периферийных ходов вдоль границ (поворотные полосы) по специально разработанному алгоритму.

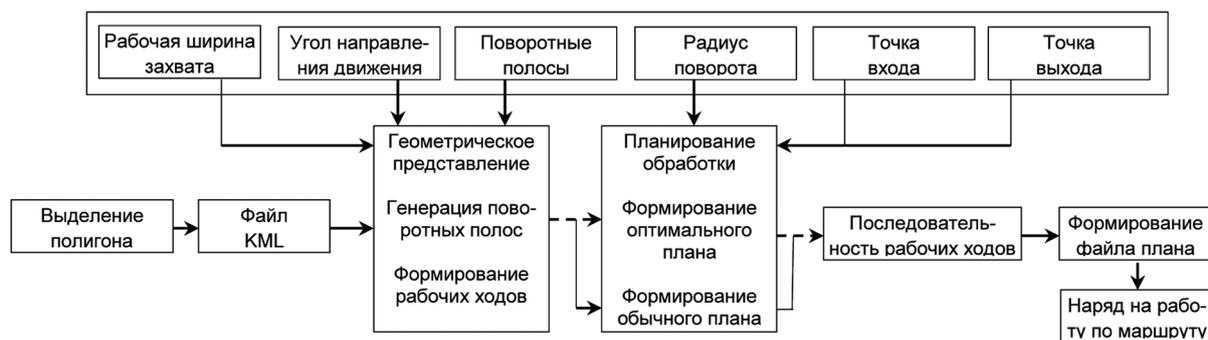


Рисунок 8. – Алгоритм планирования маршрута

Заключительной операцией формирования рабочего маршрута является формирование последовательности рабочих ходов и траекторий разворотов. При этом рабочий ход определяется точкой въезда, расстоянием между точками въезда и выезда, скоростью передвижения и текущими координатами. Сегмент разворота определяется координатами начала и окончания разворота, направлением разворота и скоростью движения. Демонстрация возможностей моделирования для реального поля приведена на рисунке 9.



Рисунок 9. – Поле для испытаний (а) и теоретический маршрут (черный), фактический маршрут (красный) (б)



Рисунок 10. – Алгоритм построения траектории движения машинного агрегата

Можно отметить, что платформа LEGO представляет основные инструменты для разработки и полномасштабных испытаний техники при выполнении полевых операций, включая разработку оптимальных планов маршрута, взаимодействие агрегатов и технологических комплексов в условиях лабораторий с последующим масштабированием для реальных условий.

Таким образом, для проведения дальнейших исследований и разработки практической модели планирования траектории движения машинно-тракторного агрегата по полювому участку произвольной конфигурации нами принят алгоритм, приведенный на рисунке 10.

В предлагаемом алгоритме формирование траектории движения может быть выполнено на основе предпочтений пользователя или путем оптимизационных расчетов, причем оба эти варианта не исключают, а дополняют друг друга.

Заключение

Исследования, связанные с определением оптимальных маршрутов движения машинных агрегатов, направлены на повышение производительности и экономической эффективности использования техники. Анализ предлагаемых методов и моделей решения таких задач позволил сделать следующие выводы:

1. В настоящее время основным способом нормирования выработки машинно-тракторных агрегатов являются хронометражные наблюдения, что связано с высокой трудоемкостью процесса, необходимостью качественного контроля и учета рабочего времени, а также с ограниченной областью применения полученных результатов. Применяемые вычислительные алгоритмы в целом позволяют выполнять укрупненные расчеты в соответствии с исходными требованиями, однако они достаточно трудоемки для полноценного практического применения, имеют малый охват модельного ряда техники, используют в процедуре расчета некоторые субъективные значения показателей.

2. Рассматривая зарубежный опыт эксплуатации машинно-тракторного парка, можно отметить следующие основные тенденции:

– *применение систем контролируемого движения техники по полевым участкам *Controlled Traffic Farming**, которые являются сельскохозяйственными системами, направленными на повышение экономической эффективности производства, снижения загрязнения и разрушения почвы с использованием информационных технологий;

– *разработку и тестирование автономных машинных агрегатов*, оснащенных системами обнаружения препятствий, радары, камерами и другими устройствами, которые могут быть запрограммированы с помощью удаленного доступа и дают возможность осуществлять посевные работы, посадку растений и подготовку почвы;

– *разработку программных комплексов для оптимизации движения техники.*

Перечисленные направления предполагают не только минимизацию ручного труда при выполнении трудоемких полевых операций (на начальном этапе), но и практически полное его исключение (на конечном этапе – при использовании автономных энергетических средств).

3. Использование полевых роботов предполагает минимальное вмешательство человека, а также является эффективной и безопасной технологией. Поскольку основная задача самоходного сельскохозяйственного средства – полная обработка всей площади, необходимым условием является способность устройства выполнять технологический процесс в поле автономно. При этом автоматизированная машина нуждается в специализированных алгоритмах планирования рабочего пути для выполнения операции, которые могут функционировать как в режиме реального времени на основе датчиков, так и в автономном режиме (предварительное планирование).

4. Большинство исследований направлено на оптимизацию маршрутов движения путем минимизации переездов между полевыми участками. При этом могут применяться различные математические методы и алгоритмы: от перебора всех возможных вариантов до применения нейронных сетей. Общая схема выполнения расчета состоит из выделения поля и препятствий на нем (входные детерминированные данные), построения поворотных полос, формирования массива рабочих ходов и траекторий поворотов (в некоторых моделях), определения последовательности обработки участков на основе минимизации / максимизации целевой функции.

Литература

1. Sørensen, C. G. Conceptual Model of Fleet Management in Agriculture / C. G. Sørensen, D. D. Bochtis // Biosystems Engineering. – 2010. – № 105. – P. 41–50.
2. Deelertpaiboon, C. Fusion of GPS, Compass, and Camera for Localization of an Intelligent Vehicle / C. Deelertpaiboon, M. Pamichkun // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2008. – № 5(4). – P. 315–326.
3. Kim, Y. A Fuzzy Obstacle Avoidance Controller Using a Lookup-Table Sharing Method and Its Applications for Mobile Robots / Y. Kim, J. An, J. Kim // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2011. – № 8(5). – P. 39–48.
4. Hameed, I. A. Automated Generation of Guidance Lines for Operational Field planning / I. A. Hameed, D. D. Bochtis, C. G. Sørensen, M. Nøremark // Biosystems Engineering. – 2010. – № 107. – P. 294–306.
5. Bochtis, D. D. Minimising the Non-working Distance Travelled by Machines Operating in a Headland Field Pattern / D. D. Bochtis, S. Vougioukas // Biosystems Engineering. – 2008. – № 101(1). – P. 1–12.
6. Bochtis, D. D. The Vehicle Routing Problem in Field Logistics / D. D. Bochtis, C. G. Sørensen // Biosystems Engineering. – 2009. – № 104(4). – P. 447–457.
7. Hameed, I. A. Driving Angle and Track Sequence Optimization for the Operational Path Planning using Genetic Algorithms / I. A. Hameed, D. D. Bochtis, C. G. Sørensen // Applied Agricultural Engineering. – 2011. – № 27 (6). – P. 1077–1086.
8. Hameed, I. A. An Object Oriented Model for Simulating Agricultural in-field Machinery Activities / I. A. Hameed, D. D. Bochtis, C. G. Sørensen, S. Vougioukas // Computers and Electronics in Agriculture. – 2012. – № 81(1). – P. 24–32.
9. Hameed, I. A. Optimized Driving Direction Based on a Three-dimensional Field Representation / I. A. Hameed, D. D. Bochtis, C. G. Sørensen, A. L. Jensen, R. Larsen // Computers and Electronics in Agriculture. – 2013. – № 91. – P. 145–153.
10. Liu, G. Efficient field courses around an obstacle / G. Liu, R. Palmer // Journal of Agricultural Engineering. – 1989. – № 44. – P. 87–95.
11. Lumelsky, V. Dynamic path planning in sensor based terrain acquisition / V. Lumelsky, S. Mukhopadhyay, K. Sun // IEEE Transactions on Robotics and Automation. – 1990. – № 6 (4). – P. 462–472.
12. Zelinsky, A. Planning paths of complete coverage of an unstructured environment by a mobile robot / A. Zelinsky, R. Jarvis, J. Byrne, S. Yuta // In: Proc. Int. Conf. on Advanced Robotics, Tokyo, Japan. – 1993. – P. 533–538.
13. Garcia, E. Mobilerobot navigation with complete coverage of unstructured environments / E. Garcia, P. Gonzalez de Santos // Robotics and autonomous systems. – 2004. – № 46. – P. 195–204.
14. Лысенко, К. Agritechnica-2015: инвестиции в будущее / К. Лысенко // Аграрное обозрение. – 2015. – № 6 (52). – С. 20–29.

УДК 631.173

Поступила в редакцию 18.10.2017

Received 18.10.2017

В. И. Рублев

*Белоцерковский национальный аграрный университет
г. Белая Церковь, Украина
e-mail: virken@yandex.ru*

К ОБОСНОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАК ОБЪЕКТА ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Представлены методика и алгоритм расчета производственных площадей для деятельности предприятия материально-технического обеспечения как объекта инженерной инфраструктуры сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: сельскохозяйственное предприятие, предприятие материально-технического обеспечения, инженерная инфраструктура, методика, расчет.

V. I. Rublev

*Belotserkovsky National Agrarian University
Bila Tserkva, Ukraine,
e-mail: virken@yandex.ru*

TO SUBSTANTIATE THE PRODUCTION AREAS OF THE ENTERPRISE LOGISTICS, AS THE OBJECT OF ENGINEERING INFRASTRUCTURE AGRICULTURAL PRODUCTION

It given the method and algorithm of calculation of the production areas for the activities of the enterprise logistics, as an infrastructure for agricultural production.

Keywords: agricultural enterprises, logistics, engineering infrastructure, method, calculation.