

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ

д.т.н., проф. Мухамедиева Дилноз Тулкуновна

*Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт
инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Узбекистан*

dilnoz134@rambler.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.12749881>

Аннотация. Целью исследования является разработка эффективных стратегий управления севооборотами с целью оптимизации использования ресурсов и повышения урожайности. В работе представлены стратегии управления системой севооборотов, направленные на оптимальное распределение площадей под разные культуры, рациональное использование ресурсов и управление чрезвычайными ситуациями. Предлагается для решения задач генетический и муравьиный алгоритм. Модель калибруется и валидируется с использованием доступных данных, после чего проводится сценарный анализ для оценки различных вариантов.

Ключевые слова: математическая модель, целевая функция, мутация, скрещивание, модель оптимизации севооборотов.

Аннотация. Тадқиқот мақсади ресурслардан фойдаланишни оптималлаштириш ва экинлар ҳосилдорлигини ошириш учун алмашлаб экишни бошқаришнинг самарали стратегияларини ишлаб чиқишдан иборат. Мақолада турли экинлар учун майдонларни оптимал тақсимлаш, ресурслардан оқилона фойдаланиш ва фавқулодда вазиятларни бошқаришга қаратилган алмашлаб экиш тизимини бошқариш стратегиялари келтирилган. Муаммоларни ҳал қилиш учун генетик ва чумоли алгоритми таклиф этилади. Модел мавжуд маълумотлардан фойдаланган ҳолда калибрланади ва тасдиқланади, сўнгра турли вариантларни баҳолаш учун таҳлил амалга оширилади.

Калим сўзлар: математик модель, мақсад функцияси, мутация, кесишиш, экинларни алмашлаб экишни оптималлаштириш модели.

Annotation. The study aims to develop effective crop rotation management strategies to optimize resource use and increase crop yields. The paper presents strategies for managing a crop rotation system aimed at the optimal distribution of areas for different crops, rational use of resources, and emergency management. A genetic and ant algorithm is proposed for solving problems. The model is calibrated

and validated using available data, followed by scenario analysis to evaluate different options.

Keywords: *mathematical model, objective function, mutation, crossing, crop rotation optimization model.*

1. Введение.

Сельское хозяйство является важнейшей отраслью экономики, играющей ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивого развития общества. В условиях изменяющегося климата, дефицита природных ресурсов и растущих потребностей населения существует неотложная задача оптимизации процессов сельскохозяйственного производства. Одним из важных инструментов, направленных на улучшение эффективности использования сельскохозяйственных угодий, является система севооборотов. Данная работа посвящена оптимальному моделированию систем севооборотов в контексте сельского хозяйства. Цель исследования заключается в разработке эффективных математических моделей, направленных на оптимизацию выбора и распределения сельскохозяйственных культур на полях, с учетом разнообразных факторов, таких как климатические условия, ресурсы почвы и спрос на продукцию [1,2].

Работа включает в себя анализ воздействия различных сценариев изменений в климате и ресурсах на эффективность севооборотов. Полученные результаты предоставляют сельскохозяйственным предприятиям инструменты для принятия обоснованных решений по оптимизации севооборотов, улучшению устойчивости производства и рациональному использованию сельскохозяйственных угодий. Исследование направлено на выявление оптимальных стратегий посева и ротации культур, учитывая разнообразные факторы, такие как климатические особенности региона, плодородие почвы, агротехнические требования и рыночные потребности [3,4].

2. Методы

Проблема оптимизации размещения культур на полях в рамках хлопково-люцернового севооборота представляет собой важную задачу в агроэкономике. Целью этой оптимизации является максимизация прибыли при учете ограничений на количество полей, бюджетные ограничения и другие факторы [5,6].

Разработана математическая модель оптимизации для определения оптимального размещения культур на полях. При разработке математической модели использованы следующие обозначения [7,8]: x_{ij} - бинарная переменная,

где $x_{ij} = 1$, если на поле i размещена культура j , и $x_{ij} = 0$ в противном случае, Y_j - общее количество полей, выделенных под культуру j , c_{ij} - стоимость выращивания культуры j на поле i , p_{ij} - прибыль от культуры j на поле i , B - общий бюджет.

Целевой функцией является максимизация дохода:

$$F(x) = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M p_{ij} \cdot x_{ij} - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} \cdot x_{ij} \right) \rightarrow \max,$$

Каждая культура должна быть размещена на определенном количестве полей:

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = Y_j, \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, M\}$$

Общее количество полей, выделенных под все культуры, не должно превышать общего числа полей: $\sum_{j=1}^M Y_j \leq N$.

Бюджет не должен быть превышен: $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} \cdot x_{ij} \leq B$

Бинарные ограничения: $x_{ij} \in \{0, 1\}$

Решение этой задачи оптимизации позволит определить оптимальное размещение культур на полях при учете прибыли, расходов на выращивание и ограничений бюджета.

Для решения задачи оптимизации севооборотов в сельском хозяйстве использован генетический алгоритм, который состоит из следующих этапов:

1. Инициализация размера популяции, то есть количество потенциальных решений, количество полей, количество различных культур, которые могут быть выращены на каждом поле. Генерируем случайные комбинации культур на каждом поле для создания начальной популяции.

2. Расчет по матрицам стоимости, представляющая собой затраты на выращивание каждой культуры на каждом поле, ограничениям на предложение для каждого поля, ограничениям на спрос для каждой культуры. Проверяется, удовлетворяет ли данное решение ограничениям предложения и спроса. Если да, возвращается сумма затрат. В противном случае, возвращается бесконечность, чтобы наказывать неверные решения.

3. Скрещивание. Выбирается случайная точка раздела между родителями и создается два потомка, объединяя части родителей справа и слева от точки

раздела.

4. Мутация. Решение подвергается мутации. Создается маска мутации с вероятностью мутации для каждого бита и применяется ее к решению.

5. Вычисление пригодности для каждого решения в популяции.

Для решения задачи оптимизации севооборотов использован также муравьиный алгоритм. Алгоритм использует идею моделирования поведения муравьев, следующих за следами других муравьев, находящих оптимальные маршруты. Это позволяет находить оптимальное распределение культур по полям с учетом факторов стоимости и ограничений севооборота в сельском хозяйстве.

3.Результат.

Модель оптимизации севооборотов имеет практическое применение в сельском хозяйстве, позволяя оптимизировать использование полей, увеличивать прибыльность севооборота и эффективность сельскохозяйственного производства. Рассмотрим фермерское хозяйство с 10 полями. Существуют две культуры: хлопок (культура 1) и люцерна (культура 2). У нас есть бюджет, например, \$50,000, и стоимость выращивания и прибыль для каждой культуры на каждом поле. Задача - определить, сколько полей выделить под каждую культуру для максимизации прибыли.

По генетическому алгоритму получены следующие решения.

Optimal solution:

$$\begin{bmatrix} 1. & 0. & 1. & 0. & 1. & 1. & 1. & 1. & 1. & -0. \\ 0. & 1. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. \end{bmatrix}$$

В данном решении "Optimal solution" представляет собой матрицу размером 2x10, где каждая строка соответствует культуре, а столбцы представляют поля севооборота. Значения в матрице указывают, выращивается ли конкретная культура (1) на определенном поле или нет (0) (рис.1.).

Первая строка матрицы соответствует первой культуре. Вторая строка матрицы соответствует второй культуре. В данном случае:

Это означает, что оптимальная севооборотная программа предусматривает посев на поле 1 в следующих годах :1, 3, 5, 6, 7, 8, 9. Оптимальная севооборотная программа предусматривает посев на поле 2 в следующих годах: 2, 4, и 10.

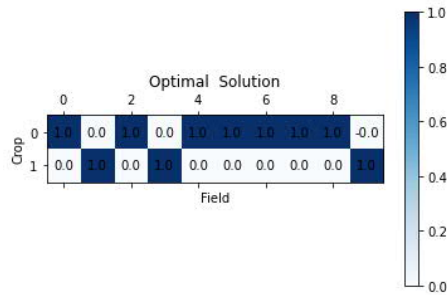


Рис.1. Решения по генетическому алгоритму

По муравьиному алгоритму получены следующие решения

Optimal solution:

[[0. 0. 0. 0. 1. 0. 0. 1. 1. -0.]

[1. 1. 0. 1. 1. 0. 0. 1. 1. 1.]]

Это означает, что оптимальная севооборотная программа предусматривает посев на поле 1 в следующих годах: 5, 8 и 9. Оптимальная севооборотная программа предусматривает посев на поле 2 в следующих годах: 1,2, 4,5, 8,9 и 10.

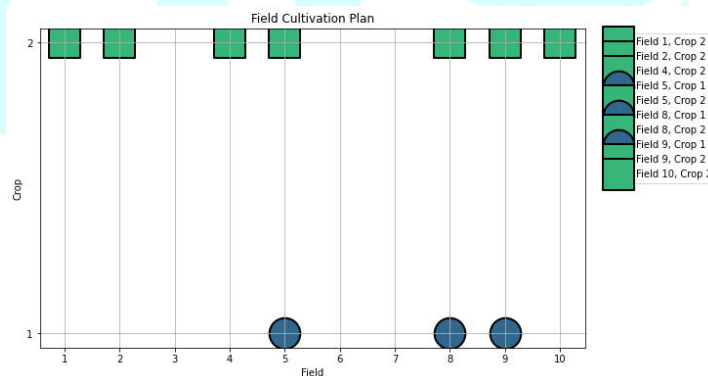


Рис.2. Решения по муравьиному алгоритму.

Мы получили оптимальное решение для данной задачи линейного программирования. Это решение представлено в виде значений переменных и матрицы, показывающей оптимальное распределение переменных. Решение удовлетворяет всем ограничениям задачи. Каждая переменная принимает значения в пределах допустимых интервалов, и ограничения задачи соблюдены. Оптимальное решение может быть использовано для принятия решений в реальных условиях. В зависимости от контекста модели, эти результаты могут быть полезными для оптимизации ресурсов, управления производственными процессами или принятия стратегических решений. В целом, оптимизационные модели, такие как линейное программирование, являются мощным инструментом для решения разнообразных задач в области управления и принятия решений, и полученные результаты могут существенно способствовать

эффективности и оптимизации процессов. Разработка и использование математической модели оптимизации для размещения культур в хлопково-люцерновом севообороте представляет собой важный инструмент для современных сельскохозяйственных предприятий, способствуя более эффективному управлению земельными ресурсами и повышению экономической эффективности.

4. Заключение.

В данном исследовании были рассмотрены и реализованы методы оптимизации севооборотов в сельском хозяйстве с использованием генетического и муравьиного алгоритмов. Эти методы предоставляют инструменты для эффективного распределения сельскохозяйственных культур по полям, учитывая различные факторы стоимости и ограничения севооборота. Генетический алгоритм, вдохновленный процессами естественного отбора, позволяет находить оптимальные решения в пространстве возможных вариантов распределения культур. С использованием механизмов мутации и скрещивания, алгоритм сходится к оптимальному решению, удовлетворяя при этом ограничения. Муравьиный алгоритм, основанный на поведении муравьев в поиске кратчайших путей, позволяет находить оптимальные маршруты в пространстве полей и культур. Интеллектуальное поведение муравьев, откладывающих феромоны на путях с наилучшими решениями, способствует нахождению оптимальных решений.

В заключение можно отметить, что разработка и внедрение научно обоснованных систем хлопковых севооборотов является важным аспектом сельского хозяйства, особенно в хлопководстве. Несмотря на экспертные оценки и балансовые расчеты, существует необходимость в использовании экономико-математической модели для оптимального выбора схемы севооборота. Система моделей оптимизации севооборотов предоставляет ценные рекомендации для выбора оптимальных схем и типов хлопковых севооборотов, учитывая различные почвенные условия. Это позволяет повысить эффективность производства и соответствовать экономическим и социальным условиям хозяйства. Однако, при возможном множестве рекомендуемых схем, важно использовать экономико-математическую модель для точного выбора севооборотов, который будет удовлетворять всем критериям. Такой подход позволяет сделать процесс выбора схемы севооборота более обоснованным и адаптированным к условиям конкретного хозяйства.

Литература

1. Романов, В.Н. Влияние приемов основной обработки почвы в севообороте на

динамику влажности и агрофизические свойства чернозема выщелоченного / В.Н. Романов, В.К. Ивченко, И.О. Ильченко, М.В. Луганцева. // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 5. – С. 32-34.

2.Ниязалиев, Б.И. Влияние органо-минеральных компостов на продуктивность хлопчатника. / Б.И. Ниязалиев // Аграрная наука. – 2016. – № 2. – С. 5-6.

3.Hulugalle, N. R. Soil properties under cotton-corn rotations in australian cotton farms / N. R. Hulugalle, , B. McCorkell, V. F. Heimoana, L. A. Finlay // Journal of Cotton Science. – 2016. – Vol. 20. – Is. 4. – P. 294-298.

4.Naqvi R. Z., Transcriptomics reveals multiple resistance mechanisms against cotton leaf curl disease in a naturally immune cotton species, *Gossypium arboreum* / R. Z. Naqvi, S. S. E. A. Zaidi, K. P. Akhtar, et al. // Scientific reports. – 2017. – Vol. 7. – Art. Number 15880.

