

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Аманов Шухрат Бахтиёрович,
д.с/х.н., с.н.с.,
Эксперт Швейцарского проекта VET4UZ
ORCID ID: 0009-0000-5903-8861

Аннотация. Линейное программирование (ЛП) — мощный инструмент оптимизации, применяемый в сельском хозяйстве и защите растений. В статье рассматриваются примеры применения ЛП для распределения ресурсов в борьбе с вредителями масличных культур, включая оптимизацию пестицидов, планирование севооборота и управление ресурсами. Статья подчеркивает значимость количественных методов для обоснованного принятия решений в защите растений.

Ключевые слова: линейное программирование, защита растений, пестициды, севооборот, управление ресурсами, сельское хозяйство, оптимизация.

Abstract. Linear programming (LP) is a powerful optimization tool used in agriculture and plant protection. This paper examines examples of LP applications for resource allocation in pest control of oilseed crops, including pesticide optimization, crop rotation planning, and resource management. The paper emphasizes the importance of quantitative methods for informed decision-making in plant protection.

Keywords: Linear programming, plant protection, pesticides, crop rotation, resource management, agriculture, optimization.

Борьба с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур на современном этапе стала одной из главных проблем, т.к. без успешного решения этого вопроса земледельцу бессмысленно проводить все остальные мероприятия, направленные на повышение плодородия почвы и продуктивности растениеводства.

По данным ФАО, 2022 году общий объем использования пестицидов в сельском хозяйстве составил 3,7 млн тн активных ингредиентов, что на 4 процента больше по сравнению с 2021 годом.

Сравнивая последнее десятилетие с 1990-ми годами, глобальное применение пестицидов увеличилось на 121 процент для гербицидов, на 54 процента для фунгицидов и бактерицидов, и на 48 процентов для инсектицидов.

За тот же период структура категорий пестицидов изменилась: доля гербицидов возросла с 40 процентов до 50 процентов от общего объема использования пестицидов, а доля инсектицидов сократилась с 26 процентов до 22 процентов, как и доля фунгицидов и бактерицидов, которая уменьшилась с 25 процентов до 22 процентов.

Использование пестицидов на мировых сельскохозяйственных угодьях увеличилось на 35 процентов в 2000-х годах, с 1,5 кг/га до 2,0 кг/га.

В защите растений принятие решений — одна из основных сторон деятельности современного специалиста, которому постоянно приходится сталкиваться с необходимостью выбора путей и способов достижения намеченных целей. Обычно в практике решения принимаются на основе опыта, интуиции и здравого смысла.

Однако в сложных обстоятельствах, когда функционирование объекта управления зависит от множества факторов, а достичь намеченных целей можно различными путями, не обойтись без всестороннего анализа проблемы, подкрепленного количественными оценками эффективности либо неэффективности принимаемых решений.

Сегодня в защите растений необходимы технологии, где результат достигается не любой ценой, а целесообразностью.

Линейное программирование — это математический метод оптимизации, который находит широкое применение в различных сферах, включая сельское хозяйство и защиту растений. В контексте защиты растений ЛП позволяет эффективно распределять ресурсы и принимать оптимальные решения для минимизации воздействия вредителей и болезней на урожай, обеспечивая при этом экономическую эффективность и экологическую устойчивость.

Введение в линейное программирование

Линейное программирование — это инструмент, используемый для решения задач оптимизации, где цель состоит в максимизации или минимизации функции, называемой целевой функцией, при наличии ограничений, выраженных в виде линейных уравнений или неравенств. В сельском хозяйстве целевая функция может отражать такие аспекты, как максимизация урожайности или минимизация затрат на защиту растений. Ограничения могут касаться доступных ресурсов, таких как количество доступных пестицидов, трудовых ресурсов или бюджет.

Применение ЛП в защите растений

Основные задачи, которые могут быть решены с помощью линейного программирования в защите растений, включают:

1. Оптимизация использования пестицидов. Применение пестицидов должно быть эффективным с точки зрения воздействия на вредителей, но при этом минимизировать влияние на окружающую среду и здоровье человека. ЛП может помочь определить оптимальное количество и типы пестицидов, которые нужно использовать для достижения максимальной защиты растений при минимальных затратах.

2. Планирование севооборота и использования земли. ЛП помогает разрабатывать оптимальные стратегии севооборота, учитывая факторы, такие как защита растений от болезней и вредителей, улучшение структуры почвы, а также экономические аспекты (максимизация прибыли от каждого гектара земли).

3. Управление ресурсами. В условиях ограниченных ресурсов (вода, труд, техника) линейное программирование

позволяет рассчитать наилучшее распределение этих ресурсов между различными сельскохозяйственными культурами или участками земли, чтобы максимизировать производство и защитить растения.

4. Минимизация рисков. В сельском хозяйстве всегда присутствуют риски, связанные с изменениями климата, нашествием вредителей или вспышками болезней. ЛП может использоваться для моделирования сценариев управления рисками, чтобы минимизировать ущерб и потери урожая.

Основы линейного программирования

Линейное программирование направлено на решение задач оптимизации, где цель — максимизировать или минимизировать какую-либо функцию (например, урожайность или затраты) при наличии ограничений. Эти ограничения могут касаться бюджета, доступных ресурсов, экологических норм или других факторов.

Целевая функция в задаче линейного программирования обычно представлена в виде:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

$$\dots + c_nx_n$$

Где:

Z — величина, которую нужно минимизировать или максимизировать (например, затраты);

c_1, c_2, \dots, c_n — коэффициенты, представляющие затраты или прибыль на единицу ресурса;

x_1, x_2, \dots, x_n — переменные, которые описывают количество используемых ресурсов (например, пестицидов).

Применение линейного программирования в защите растений

Пример 1: Оптимизация использования пестицидов

Фермеру необходимо защитить два вида культур — пшеницу и кукурузу — от вредителей, имея ограниченный бюджет. Он может использовать два вида пестицидов, которые эффективны против определенных вредителей, но различаются по стоимости и эффективности на каждой культуре.

Постановка задачи. Фермер располагает бюджетом в 1000 у.е. и хочет минимизировать затраты, но при этом защитить обе культуры от вредителей на уровне не менее 90%. Каждый вид пестицида имеет свою стоимость и уровень эффективности.

Пестицид 1 стоит 20 у.е. за литр и защищает пшеницу на 60%, кукурузу — на 30%.

Пестицид 2 стоит 30 у.е. за литр и защищает пшеницу на 40%, кукурузу — на 70%.

Целевая функция: Необходимо минимизировать затраты на пестициды:

$$Z = 20x_1 + 30x_2$$

Где:

x_1 — количество литров пестицида 1;

x_2 — количество литров пестицида 2.

Ограничения:

1. Для пшеницы требуется защита не менее 90%:

$$0.6x_1 + 0.4x_2 \geq 900$$

$$0.6x_1 + 0.4x_2 \geq 90$$

2. Для кукурузы также требуется защита не менее 90%:

$$0.3x_1 + 0.7x_2 \geq 900$$

$$0.3x_1 + 0.7x_2 \geq 90$$

3. Ограничение бюджета:

$$20x_1 + 30x_2 \leq 1000$$

$$+ 30x_2 \leq 1000$$

Решение задачи. Решая эту задачу с использованием методов линейного программирования, фермер может найти оптимальное количество пестицидов 1 и 2 для использования, которое обеспечит защиту обеих культур и останется в рамках бюджета.

Пример 2: Планирование севооборота и защита почвы

Линейное программирование также может помочь фермерам в планировании севооборота с учетом защиты растений. Важной задачей является оптимизация распределения полей под различные культуры для поддержания здоровья почвы и борьбы с болезнями растений.

Постановка задачи. Фермер имеет три участка земли и хочет посадить на них три вида культур: картофель, кукурузу и сою. Каждая культура требует разного уровня защиты от болезней, а также различное количество воды и удобрений. Цель фермера — максимизировать урожайность при ограничении на ресурсы, такие как вода и удобрения.

1. Урожайность картофеля составляет 300 кг/га, кукурузы — 200 кг/га, сои — 100 кг/га.

2. Доступные ресурсы:

Вода: 2000 м³.

Удобрения: 100 кг.

Целевая функция:

Необходимо максимизировать урожай:

$$Z = 300x_1 + 200x_2 + 100x_3$$

$$= 300x_1 + 200x_2 + 100x_3$$

Где:

x_1, x_2, x_3 — площадь, отведенная под картофель, кукурузу и сою соответственно.

Ограничения:

1. Ограничение на воду:

$$500x_1 + 400x_2 + 300x_3 \leq 2000$$

2. Ограничение на удобрения:

$$20x_1 + 15x_2 + 10x_3 \leq 100$$

Решение задачи. Решив задачу линейного программирования, фермер сможет определить оптимальные площади для каждой культуры, которые обеспечат максимальный урожай при соблюдении ограничений на воду и удобрения.

Заключение. Линейное программирование — это мощный инструмент, который позволяет эффективно решать задачи в сельском хозяйстве, особенно в области защиты растений. Оно помогает фермерам принимать оптимальные решения, минимизировать затраты на защитные мероприятия и рационально распределять ресурсы. Примеры использования ЛП показывают, как этот метод может применяться для решения реальных проблем, обеспечивая высокую урожайность и устойчивое сельское хозяйство.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Долгушин, В. С., «Линейное программирование и его приложения в сельском хозяйстве». Издательство «Наука», 2010.
2. Иванов, А. И., «Методы оптимизации в агрономии». Издательство «Агро», 2015.
3. Сидоров, П. П., «Практическое применение линейного программирования в растениеводстве». Издательство «АгроТех», 2018.