

2. Заяц Е. М. Основы электротермохимических методов обработки влажных кормов. Мн., 1997.
3. Синкевич Т., Ридель К.П. Молочная сыворотка: переработка и использование в агропромышленном комплексе. – М.: «Агропромиздат», 1989.
4. Эстрела – Льюис В.Р. и др. Об энергии взаимодействия двух сферических коллоидных частиц во внешнем электрическом поле // Коллоидный журнал. – 1974, вып. 6, т. 36.
5. Зонтаг Т. и др. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. – Л.: Химия, 1973.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ КОРМОПРОИЗВОДСТВА

Карпович А.М., аспирант, Е.В. Галушко, к.т.н., доцент,
А.Г. Сеньков, к.т.н., доцент, *УО «Белорусский государственный
аграрный технический университет»*, Шестаков К.М., к.т.н.,
доцент, *УО «БГУ», г. Минск, РБ*

Севооборот представляет собой моделирование временной зависимости процесса чередования сельскохозяйственных культур и набора паров на выбранной территории [1]. Проблема оптимального севооборота влечет наличие существенного числа дополнительных параметров. В реальных условиях подобный вопрос вызывает наличие существенных программных затрат.

Рассмотрим дискретную модель оптимизации при учете выноса гумуса. Применение методов линейного программирования при оптимизации урожайности не представляется рациональным, так как влечет большие затраты на обработку данных [3].

Решение задачи поиска оптимального севооборота с помощью элементов динамического программирования, заключается в разбиении общей задачи на подзадачи и в процессе распараллеливания процесса поиска оптимального решения. Данный подход позволяет сократить время компьютерных вычислений в сравнении с линейными методами и разбивать общую проблему поиска на подзадачи, требующие меньших компьютерных затрат.

Основой используемого метода является комбинация элементов дискретной оптимизации, которая является приемлемым способом

поиска оптимального решения в задаче севооборота, так как его основой является динамический подход поиска оптимального решения при дискретном наборе параметров и переменных. Кроме того стандартные методы оптимизации не позволят учесть особенности поставленной задачи. Например, так называемого «падения» в локальные экстремумы при поиске глобального экстремума [2].

Решение данного вопроса может быть осуществлено с помощью методов комбинаторной оптимизации, которые представляют собой область теории оптимизации для исследования операций, а также теории алгоритмов и задач повышенной вычислительной сложности, или NP-сложных задач.

Комбинаторная оптимизация использует, как стандартные математические методы, так и актуальные методы из области создания искусственного интеллекта, нейронных сетей и генетических алгоритмов. Однако, алгоритм комбинаторной оптимизации, в виде метода ветвей и границ, применяемый в ходе решении NP-задач, позволит при оптимизации севооборота значительно уменьшить размерность допустимых решений. Данный метод оптимизации позволит в будущем учесть наличие вторичных параметров севооборота, так как является универсальным методом при поиске оптимального решения в случае набора большого количества дополнительных параметров для принятия оптимального решения.

Рассмотрим данный метод оптимизации. Начальным параметром, входящим в построенную систему, является фиксированное значение массы выбранных культур, которое определяется в начале года, перед посевной, и является константой. Дополнительными параметрами являются количество поставляемых кормов с их характеристиками.

Статистические данные (средняя урожайность, нормативные данные о выносе гумуса культурами, набор микроэлементов, количество удобрений для компенсации их, необходимая урожайность) могут быть приняты при рассмотрении таблицы предшественников, где каждое поле имеет историю высева культуры на протяжении некоторого периода.

Однако следует учесть, что некоторые поля могут не участвовать в севообороте из-за ухода его на пар. Вместе с тем, при решении подобной задачи, необходимо учесть влияние предшественников посева на будущую урожайность. Однако при построении за-

данной модели оптимизации урожайности необходимо учесть данные об агрохимических параметрах полей [5]. Статистика по возможному проведению различных агрохимических мероприятий, которые позволят повысить качество поля и отразятся на общих расчетах, что позволит достигнуть оптимальной урожайности к поставленному сроку. В построенную оптимизационную модель должны войти также и затраты на выполнение подобных мероприятий (закупка средств химизации), которые вычисляются по массиву данных по расходам на обработку, транспортные затраты.

Оптимизационная модель может включать параметры, характеризующие данные по оптимальным агрохимическим показателям культуры, которые показывают, что необходимо для максимальной урожайности. Однако, завершённый способ оптимизации севооборота должен учитывать и пространственную оптимизацию, как, например, расстояние от места размещения техники до каждого элемента поля севооборота, удельные затраты на движение и обслуживание, а кроме того, и обработку поля [4].

Построенная дискретная модель оптимизации позволит, благодаря учету временной динамики принять во внимание процессы обработки и хранения урожая. А также использовать данные по времени посадки и обработки посаженных культур, а также имеющееся количество автотранспортного парка с характеристиками возможностей обработки им полей, чтобы не допустить перегрузку автотранспортного парка больше чем 95 – 100 %.

Целью данной модели является определения доходности севооборота в обозначенный период в N лет, при циклически повторяющейся последовательности из определенных культур в количестве N_1 , при учете следующих параметров дискретной модели: урожайность выбранной культуры за определенный период, баланс гумуса, затрат на выращивание и уборку площадей, а также приблизительную цену на выращивание и уборку площадей.

Для решения данной задачи использовалась троичная логика при построении булевой матрицы севооборота – $A_{ij}, i = 1..N, j = 1..N_1$. Матрица описывает следующий процесс: если посевная культура с номером i не будет высеяна в год с номером j , тогда $A_{ij} = -1$. В случае, если культура с номером i засеивается в год с номером j , тогда $A_{ij} = 1$. Нулевые элементы данной матрицы описывают состояние при отсутствии информации о процессе. Это необходимо для повышения точности полученных результатов или более акку-

ратной оценки доходности при включении дополнительных параметров, кроме того применение троичной логики может существенно повысить скорость численных вычислений при большом наборе дополнительных параметров. Однако следует учитывать, что сумма элементов данной матрицы должна быть равна 1, т.е. должно выполняться условие $\sum_{i=1}^N A_{ij} = 1, j = 1..M$. Данное выражение определяет условие на то, что в год высевается только выбранная культура.

Запишем функцию доходности севооборота при заданных условиях:

$$E(A) = \sum_{j=1}^{N_1} \sum_{i=1}^N [Y_i P_i - Z_i] A_{ij}, \quad (1)$$

где Y_i определяет урожайность культуры в выбранной размерности, например, тонна на гектар, P_i – совокупная цена реализации, и, соответственно, Z_i определяют затраты на производство, $i = 1..N$.

При необходимости учета дискретного параметра на поддержание неотрицательного баланса использования гумуса при севообороте, следует учесть в формуле (1) дополнительное отрицательное слагаемое, определяемое совокупным балансом гумуса $A_{ij}, j = 1..N_1, i = 1..N$:

$$\sum_{j=1}^{N_1} \sum_{i=1}^N b_i A_{ij}, \quad (2)$$

тогда с учетом стоимости внесения 1-го объема гумуса при посеве - Z_h , перепишем формулу (1) в следующем виде:

$$E(A) = \sum_{j=1}^{N_1} \sum_{i=1}^N [Y_i P_i - Z_i] A_{ij} - Z_h \sum_{j=1}^{N_1} \sum_{i=1}^N b_i A_{ij}, \quad (3)$$

где $b_i, i = 1..N$ - совокупный баланс гумуса.

При учете теории «предшественников» при высеке определим ряд ограничений. Для ускорения обработки данных, будем использовать взамен стандартной булевой алгебры, алгебру троичной логики. Таким образом, определим матрицу размерности N , такую, что

$$K_{ij} = \begin{cases} -1, & \text{при условии *;} \\ 0, & \text{при условии **;} \\ 1, & \text{при условии ***,} \end{cases} \quad (4)$$

где условие * обозначает информацию о том, если посевная культура i не может следовать после пара за культурой j ; условие ** - отсутствует информации о синхронизации следования культур;

условие *** определяет, что культура i может следовать после пара за культурой j при посеве на следующий год.

В случае условия * для матрицы A выполняется следующее:

$$\begin{cases} A_{i,k} + A_{j,k-1} = 1, k = 2..N_1; \\ A_{i,1} + A_{i,N_2} = 1 \end{cases} \quad (5)$$

Введем ограничения на максимальное количество лет, в течении которых позволителен непрерывный засев культуры, вектор V размерности N , и максимальную частоту, с которой культура может быть засеяна, вектор W размерности N . Если $V_i > 1$ – культура не может быть засеяна более чем периодически V_i раз. В случае $W_i > 1$ посев можно произвести только через период в W_i лет, $i = 1..n$. Тогда для матрицы севооборота справедливо следующее:

$$\begin{cases} A_{i,k} + A_{j,[(k+N_2-v_i-1) \bmod N_2]} = 1, k = 1..N_1, \text{ при } V_i > 1, i = 1..N; \\ A_{i,k} + A_{j,[(k+N_2-m) \bmod N_2]} = 1, k = 1..N_1, m = 1..W_i, \text{ при } W_i > 1, i = 1..N \end{cases} \quad (6)$$

Рассматривая дискретную модель оптимизации севооборота (3) при ограничениях (4) – (6), очевидно, что задача поиска оптимально доходного процесса данного производства сводится к поиску максимума нелинейной, дискретно заданной целевой функции (3) при дискретных ограничениях, согласно построенной модели (4) – (6) [6]. Решение задачи можно реализовать, например, методом ветвей и границ, который, по существу, является вариацией полного перебора с отсевом подмножеств решений не имеющих оптимальных решений.

Представленный метод критериальной задачи оптимизации севооборота, основанный на использовании элементов троичной логики, позволяет повысить скорость обработки данных при использовании описанного алгоритма. Данный подход актуален при наборе значительного количества параметров, которые включены в модель, что позволяет решать важнейшие задачи производства при совершенствовании структуры посевных площадей и создании севооборотов. Особенностью построенной модели, является возможность уменьшения размерности допустимых решений.

Литература

1. Барановская, В.А. Оптимизация гумусового состояния почв/ В.А. Барановская// Почвенно-экологические проблемы в степном земледелии. – Пушино, 1992. – С. 79–87.

2. Гончар-Зайкин, П.П. Метод номографического расчета гумусового баланса почв в севооборотах / П.П. Гончар-Зайкин, Журавлев О.С. // Плодородие почв и пути его повышения. – М.: Колос, 1983. – С.154–157.
3. Дорохин, И.Н. Продуктивность севооборотов в зависимости от интенсивности технологий / И.Н. Дорохин // Земледелие. – 2008. – №6. – С. 32–34.
4. Светлов Н.М. Стохастические модели динамического программирования для оптимизации севооборотов и их использование в системе моделей перспективного планирования производственной структуры сельскохозяйственных предприятий/МСХА Рукопись деп. 1996. N 264 ВС-96. – М., – 9 с.
5. Коробочкин Ю.Б., Куцкий О.Я., Романенков В.А. Дискретная модель севооборота с учетом затрат на поддержание плодородия// Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2013. – С. 31–40.
6. Marco Cavazzuti, Optimization Methods: From Theory to Design Scientific and Technological Aspects in Mechanics, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, 262 pp.

ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН

Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, Кардашов П.В., К.т.н., доцент,
Городецкая Е.А., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ

Подъем урожайности сельскохозяйственных культур связан с улучшением семеноводства, выведением новых сортов, освоением севооборотов, совершенствованием качества обработки почвы, мелиорацией и химизацией сельскохозяйственного производства. В вопросе семеноводства первостепенное значение уделяется получению семян с высокими посевными качествами. Этому способствует совершенствование системы семеноводства, перевод его на промышленную основу, разработка и внедрение средств защиты культурных растений. Все другие методы улучшения качеств семян, создающих предпосылки к повышению урожайности, являются второстепенными, хотя при определенных условиях могут вызвать существенную прибавку урожая и быть экономически эффектив-