

© Н.М. Светлов, 1997-2012.

Библиографическое описание публикации: Светлов Н.М. Стохастические модели динамического программирования для оптимизации севооборотов и их использование в системе моделей перспективного планирования производственной структуры сельскохозяйственных предприятий. М., 1997. (Рукопись депонирована в НИИТЭИАгропром, рег. номер 264 ВС-96). – 8 с.

Внимание! В статье выявлены ошибки, вследствие которых изложенный в ней алгоритм не позволяет в общем случае найти оптимальное решение рассматриваемой задачи.

Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Российской Федерации
Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева

УДК 631.15:631.152

Светлов Н.М.

СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СЕВООБОРОТОВ
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ МОДЕЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Москва 1997

Нестабильность сельскохозяйственного производства, обусловленная чувствительностью отраслей растениеводства к погодным условиям, может быть снижена посредством формирования севооборота таким образом, чтобы в нём присутствовали культуры, реагирующие на одни и те же погодные условия противоположным образом. В этом случае неурожай одной из культур будет (в той или иной степени) компенсироваться дополнительным сбором другой культуры, что позволит обеспечить сельскохозяйственному предприятию достаточное количество финансовых и кормовых ресурсов даже в неблагоприятные годы.

Данная задача часто решается посредством системы линейных экономико-математических моделей, включающей:

- линейную стохастическую модель обоснования производственной структуры сельскохозяйственного предприятия на перспективу [1], предусматривающую оптимизацию севооборотов;
- линейную стохастическую модель обоснования производственной структуры на период освоения новых севооборотов;
- линейные стохастические модели уточнения производственной структуры на конкретный год.

Преимуществом данной системы моделей является оптимизация севооборотов в увязке с оптимизацией производственной структуры в целом. Развивая её в направлении унификации и обеспечения программного интерфейса с типовыми автоматизированными системами управления сельскохозяйственными предприятиями, можно создать достаточно мощный инструмент обоснования эффективной и устойчивой производственной структуры, в основе которой лежат оптимальные и

устойчивые севообороты. Однако такой системе присущи существенные ограничения.

Во-первых, увеличение числа альтернативных культур в севооборотах приводит к стремительному росту размерности соответствующей задачи линейного программирования, поэтому перед решением первой модели данной системы задачи севооборот должен быть уже составлен с точностью до возможных альтернативных вариантов размещения культур по полям, причём альтернативные культуры, претендующие на размещение на одном поле, должны отвечать следующим требованиям: для каждой из них все альтернативные культуры следующего поля должны быть допустимыми предшественниками; каждая из них должна быть допустимым предшественником каждой из альтернативных культур, размещаемых на предыдущем поле.

Во-вторых, часто случается так, что альтернативные культуры, согласно оптимальным планам, размещаются на одном поле одновременно, причём площади под отдельными культурами могут оказаться неоправданно малыми с технологической точки зрения.

Другим вариантом решения проблемы внедрения устойчивых к изменениям погодных условий севооборотов является использование несложных и недорогих в разработке и эксплуатации моделей динамического программирования для оптимизации севооборотов как элемента системы моделей перспективного планирования производственной структуры сельскохозяйственного предприятия.

Хотя модели динамического программирования не могут быть решены по критериям, минимизирующим дисперсию экономического эффекта или предусматривающим штраф за неё, подходы, рассмотренные в [2], обеспечивают принципиальную возможность решения моделей

этого класса в постановке, предусматривающей ограничение по коэффициенту вариации экономического эффекта:

$$E_i = \left(\sum_{t=1}^{T-1} b_i(c_t, c_{t+1}) \right) + b_i(c_T, c_1), \quad i \in I; \quad t \in [1; T]; \quad c_{t+1} \in F(c_t)$$

$$E = \sum_{i=1}^I p_i E_i$$

$$V = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^I p_i E_i^2 - E^2}}{E} \quad (1),$$

$$c_{T+1} = c_1$$

$$V < V_{\max}$$

$$\max E$$

где t – номер поля в севообороте, T – число полей в севообороте, c_t – культура, занимающая t -е поле в 1-й год использования севооборота, c_{t+1} – культура, занимающая $t+1$ -е поле в тот же год, т.е. предшественник культуры c_t , $F(c_t)$ – множество возможных предшественников культуры c_t , i – номер исхода реализации случайных условий, I – множество исходов реализации случайных условий, p_i – вероятность реализации i -го исхода, $b_i(c_t, c_{t+1})$ – чистый доход с 1 га культуры c_t , выращиваемой после культуры c_{t+1} , при i -м исходе, E_i – размер чистого дохода с 1 га севооборота при реализации i -го исхода случайных условий, E – математическое ожидание размера чистого дохода, V – коэффициент вариации чистого дохода с 1 га севооборота, V_{\max} – предельно допустимое значение коэффициента вариации чистого дохода.

Для решения данной задачи может быть использована рекуррентная формула

$$q(c_t) = \max_{c_t \in F'(c_{t-1})} (q(c_{t-1}) + \bar{b}(c_{t-1}, c_t)) \quad (2).$$

Здесь \bar{b} – математическое ожидание чистого дохода с 1 га севооборота, $q(c_{t-1})$ – сумма чистых доходов с 1 га полей 1... $t-1$, $F'(c_{t-1})$ – множество тех предшественников культуры c_{t-1} , для которых существует возможность составить хотя бы одну допустимую последовательность культур, заканчивающуюся на T -м поле культурой, которая должна сменить c_1 . Под допустимой понимается последовательность, отвечающая условиям $c_{t+1} \in F(c_t)$ для $t' \in [t; T]$ и $V < V_{\max}$. Иными словами, в каждой допустимой последовательности соблюдаются требования каждой культуры к предшественнику и ограничение по коэффициенту вариации. Допустимая последовательность вместе с последовательностью уже размещённых культур представляет собой севооборот, допустимый с точки зрения условий задачи, хотя, возможно, не оптимальный.

Для применения формулы следует положить $q(c_1)$ равным нулю и продолжать расчёты вплоть до $t=T+1$. Величина $q(c_{T+1})/T$ представляет собой максимально возможное математическое ожидание чистого дохода с 1 га севооборота при заданных T , $F(c)$, p_i , V_{\max} и $b_i(c_t, c_{t+1})$.

Как и в случае детерминистической постановки, программная реализация стохастической задачи оптимизации севооборотов может быть эффективно осуществлена на языке логического программирования Prolog [2, 3].

Предлагаемый алгоритм может быть взят за основу для решения методом динамического программирования более сложных задач оптими-

зации севооборотов в стохастической постановке, например, задачи определения оптимального севооборота при отсутствии ограничения на число полей, при наличии ограничений на структуру посевов в севообороте и т.п. [2]. Он не может использоваться для решения задачи оптимизации плана освоения севооборота в стохастической постановке, поскольку в этом случае ограничение по коэффициенту вариации должно выполняться для каждого года плана перехода, что не позволяет построить эффективную процедуру поиска оптимального решения с использованием метода динамического программирования.

Модели динамического программирования не в состоянии оптимизировать всю производственную структуру сельскохозяйственного предприятия применительно к новому севообороту, они лишь позволяют выбрать наилучший севооборот, принимая во внимание соображения доходности и устойчивости. Поэтому можно ожидать существенного повышения эффекта от моделей данного типа при их использовании в качестве элемента системы моделей. Конкретная структура системы моделей должна соответствовать специфике практической задачи, решаемой с её помощью.

Например, в случае освоения севооборота на целинной или залежной территории может быть рекомендована система, включающая стохастическую модель динамического программирования для оптимизации севооборотов, линейную стохастическую модель обоснования производственной структуры на перспективу, линейные стохастические модели уточнения производственной структуры на текущий год. В линейных моделях предусматриваются ограничения по площадям отдельных культур, учитывающие требования оптимального севооборота. В уточняющих моделях целесообразно учесть различия в фак-

тических размерах отдельных полей и при необходимости предусмотреть возможность альтернативных культур.

В случае освоения севооборота на ранее эксплуатировавшейся пашне система моделей, наряду с перечисленными, должна включать детерминистическую модель динамического программирования для формирования плана освоения севооборота и, желательно, линейно-динамическую модель оптимизации производственной структуры на период освоения севооборотов. Последняя может быть решена в одной из разновидностей стохастической постановки. Поскольку такая модель может оказаться неоправданно громоздкой и сложной, в период освоения нового севооборота может оказаться достаточным ежегодное решение уточняющих моделей обоснования производственной структуры на краткосрочную перспективу (1...2 года).

Специфические системы моделей требуются в случаях, связанных с изменением планировки полей при освоении нового севооборота, при внедрении комплекса новых севооборотов в рамках агропромышленного объединения, при планировании единого севооборота для кооператива фермерских хозяйств и в ряде других случаев.

Преимущества систем моделей, включающих модели динамического программирования для оптимизации севооборотов, следующие.

1. Открываемая ими возможность выбора оптимального севооборота из всех севооборотов, возможных на данном множестве культур и отвечающих заданным ограничениям.

2. Высокая эффективность процедуры оптимизации севооборота, позволяющая в короткий срок получить многочисленные решения для различных вариантов задаваемых ограничений. Это обеспечивает зна-

чительно больший аналитический материал для принятия окончательного решения о внедрении того или иного севооборота.

3. Изменение условий задачи не требует изменения структуры модели, поэтому риск ошибочной формулировки дополнительных ограничений невелик. В случае реализации модели на языке Prolog пользователь легко может внести требуемые ограничения по аналогии с имеющимися в тексте программы, следовательно, он не связан только теми возможностями по изменению структуры модели, которые заложены программистом. Это обусловлено простотой и естественностью формулировок ограничений на этом языке.

Недостатком подобных систем моделей является независимая оптимизация севооборота и производственной структуры, следствием чего является нарушение изоморфизма системы моделей и её объекта. Однако, как показывает практика, такие системы моделей, несмотря на данный недостаток, позволяют разработать более эффективную производственную структуру, чем системы линейных моделей, благодаря расширению круга рассматриваемых севооборотов и более широким аналитическим возможностям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Копенкин Ю.И. Стохастические модели оптимального планирования сельскохозяйственного производства: Лекция для слушателей ФПК. М.: ТСХА, 1981.

2. Светлов Н.М. Применение метода динамического программирования для оптимизации севооборотов. М., 1996.

3. Братко И. Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.