

МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ И ИХ СОГЛАСОВАНИЕ

Барановская Т.П., – д.э.н., профессор

Курносое С.А., – к.э.н., профессор

Арушанов И.В., – аспирант

Кубанский государственный аграрный университет

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта «Инвестиционное управление сельскохозяйственным производством», проект № 06-02-38206 а/ю

В статье предложена система моделей производственной структуры агропредприятия, отвечающей изменяющимся потребностям рынка. Наличие группы оптимизационных моделей в системе потребовало от авторов статьи исследования алгоритмов их согласования.

Возникновение рыночной среды привело к тому, что именно она определяет номенклатуру производимой сельскохозяйственной продукции и ее объемы. Поскольку рыночная экономическая система является динамичной, приобретает большое значение разработка системы моделей производственной структуры сельскохозяйственного предприятия, отвечающей изменяющимся потребностям рынка.

При этом нужно учесть особенность технологического процесса сельскохозяйственного производства, являющегося сезонным в растениеводстве. Минимальным циклом изменения структур, приводящим их в соответствие с рыночными требованиями, является один год. В связи с этим ниже рассматривается система моделей производственной структуры сельскохозяйственного предприятия, имеющего годичный временной цикл.

Поскольку объемы производства заданы, номенклатура видов продукции определена рынком и известен также прогноз рыночной цены на производимую продукцию, возникает задача выбора критерия оптимизации производственной структуры. Дело в том, что традиционно оптимизация производилась путем выбора оптимального набора производимых

продуктов. В данном же случае набор уже задан и максимизация основного экономического показателя, прибыли, может быть достигнута, прежде всего, только за счет снижения себестоимости производимой продукции в заданном наборе. Поэтому основным критерием эффективности производственной структуры может быть выбрана минимизация производственных затрат на производимую продукцию. Эта цель может быть достигнута в общем случае за счет выбора технологий, рационов питания животных, оптимальной структуры стада, оптимальной технической оснащенности сельскохозяйственного производства и т.д. Другими словами, должны оптимизироваться в соответствии с выбранным критерием все элементы производственной структуры.

Таким образом, возникает задача оптимизации всей производственной структуры предприятия в соответствии с поставленной целью ее функционирования. Разработки производственных структур агропредприятий более обоснованы и эффективны при использовании экономико-математических методов. Это достаточно убедительно показано на примере многочисленных публикаций решения целого ряда задач по развитию, размещению и специализации сельскохозяйственного производства, оптимизации отраслевой структуры сельского хозяйства, обоснованию состава, структуры и использования технических средств в отрасли и других. Резервы дальнейшего совершенствования моделирования производственных структур агропредприятий и предприятий других отраслей АПК состоят в переходе от «позадачного» моделирования на разных уровнях управления к системному математическому моделированию (СММ) экономических процессов, оперируя в качестве средств не отдельными экономико-математическими моделями, а комплексами логически, информационно и алгоритмически взаимосвязанных моделей. При таком подходе в полной мере могут быть практически реализованы принципы системности, про-

порциональности, оптимальности при разработке производственных структур агропредприятий в системе АПК.

В настоящее время имеет место отставание в обобщении вопросов методологии производственных структур агропредприятий и их технической оснащенности с использованием метода СММ экономических процессов, в разработке систем моделей, ориентированных не только на логическую, информационную, но и алгоритмическую согласованность структуры моделей в системе. Еще недостаточно полно проработаны информационное обеспечение расчетов по подсистемам моделей, оценка надежности результатов, рассчитанных по детерминированным моделям, а также ряд других вопросов.

Сельскохозяйственные предприятия представляют собой совокупность отраслей растениеводства и животноводства, а средства их технической оснащенности – совокупность определенного набора энергетических средств и сельскохозяйственных машин, применяемых как в отраслях растениеводства, так и животноводства. Если взять все отрасли отдельного сельскохозяйственного предприятия и средства его технической оснащенности, то даже в этом случае они выступают в виде «большой системы», состоящей из множества составляющих ее элементов.

Особенностями производства агропредприятия и его технической оснащенности как системы являются целостность, сложность и многоуровневый характер организационной структуры.

Целостность системы определена единством цели, стоящей перед ее элементами, сформированной из требований агропромышленного формирования более высокого уровня. В силу специфичности задач, стоящих перед системой, она может быть подразделена на две функциональные подсистемы: само сельскохозяйственное производство предприятия и техническая его оснащенность. Каждая из этих систем может рассматриваться

как многоуровневая иерархическая система, количество подсистем которой зависит степени детализации расчетов.

Сложность и многоуровневый характер организационно-производственной структуры системы, требующий итеративного процесса планирования ее параметров, вызывают необходимость использовать в качестве инструмента исследования метод системного математического моделирования (СММ) экономических процессов, представляющий собой процесс имитации и отражения в рамках системы экономико-математических моделей параметров, характеристик, состояния и поведения во внешней среде экономических процессов (систем) со сложной структурой организации для целенаправленного управления ими.

СММ экономических процессов отличается от математического моделирования двумя элементами: объектами и средствами. При системном математическом моделировании объект исследования рассматривается как сложная система, а средством исследования является система экономико-математических моделей, которая позволяет наиболее полно и адекватно отразить все существенные стороны моделируемого объекта. В общем случае под системой экономико-математических моделей понимается совокупность экономико-математических моделей, образующих определенное единство и предельно полно отражающих в математической форме функционирование экономической системы в реальных условиях среды.

Процесс системного математического моделирования, как и математическое моделирование экономических процессов, состоит из ряда этапов, однако, объект и средства СММ существенно отличают и этапы этого метода.

К числу основных этапов системного математического моделирования относятся:

- 1) формулировка цели исследования;

- 2) постановка экономической проблемы и качественный анализ моделируемого объекта;
- 3) разработка системы экономико-математических моделей;
- 4) математический анализ системы экономико-математических моделей;
- 5) информационное обеспечение расчетов по системе моделей;
- 6) разработка методов согласования решений в системе моделей;
- 7) программное обеспечение расчетов по системе моделей;
- 8) проведение эмпирических расчетов на ЭВМ по системе моделей;
- 9) анализ результатов исследований, проводимых с использованием метода СММ экономических процессов.

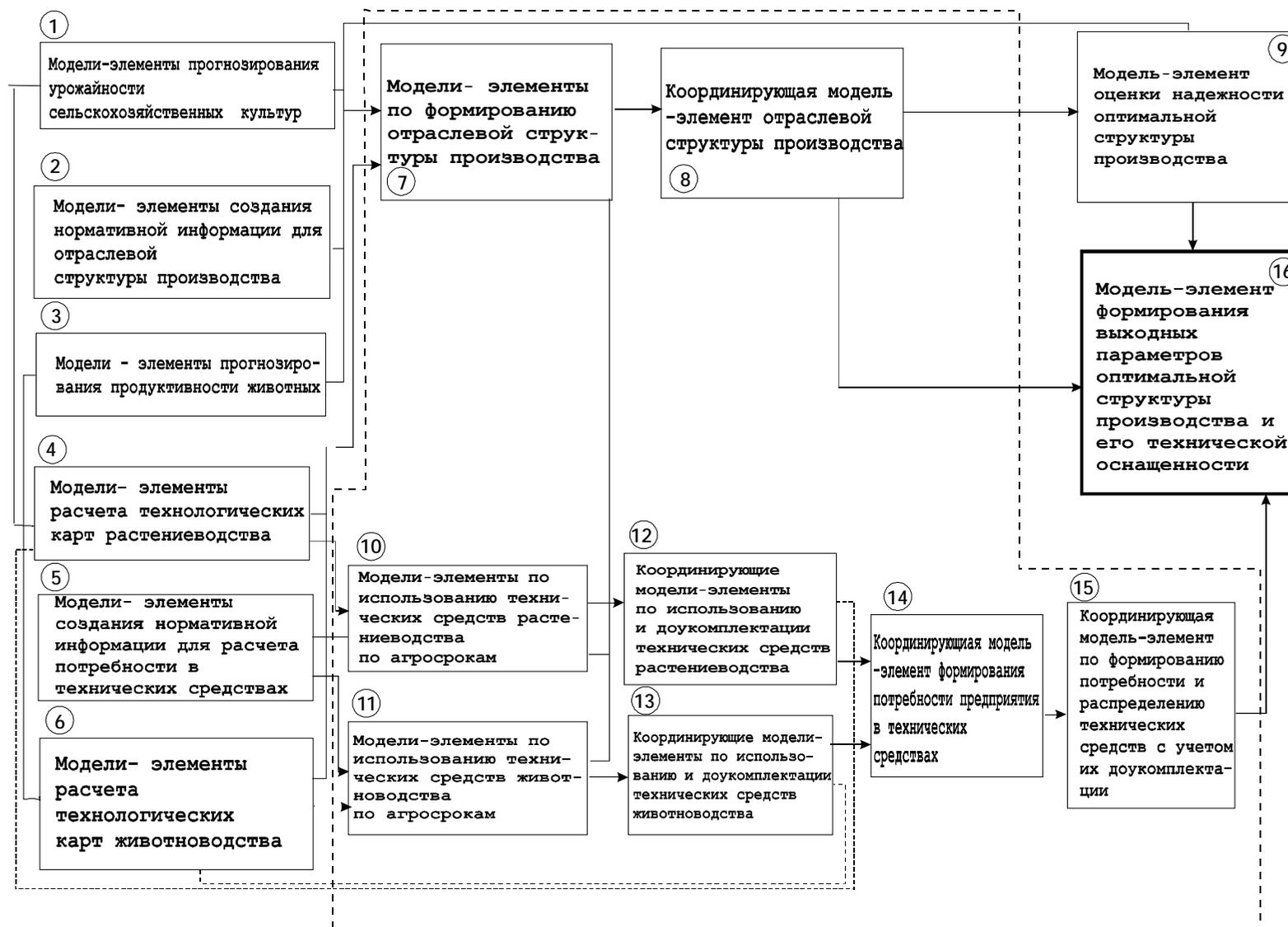


Рис. 1. Система моделей производственной структуры агропредприятия

Система моделей производственной структуры агропредприятия и его технической оснащенности представлена на рис. 1. Система состоит из нескольких групп моделей-элементов: по преобразованию исходной информации; оптимизационные; по преобразованию выходных данных.

Модели-элементы 1-6 относятся к группе моделей по преобразованию информации. 1 и 3 обеспечивают прогноз показателей урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных. Модели 4 и 6 предназначены для расчета технологических карт растениеводства и животноводства. Модели 2 и 5 формируют нормативную информацию для расчетов производственной структуры агропредприятия и его технической оснащенности. Основное функциональное назначение этой группы моделей состоит в подготовке информации для оптимизационных моделей 7 по формированию отраслевой структуры производства в агропредприятии, а также моделей 10 и 11 по использованию технических средств растениеводства и животноводства агропредприятия по агросрокам.

В состав группы оптимизационных моделей включены модели-элементы 7-15. В процессе функционирования системы модель 7 обеспечивает формирование отраслевой структуры производства в агропредприятии, а также информационный вход в координирующую модель 8 развития производства. Модели 10-15 в процессе функционирования определяют расчетную потребность предприятия в технических средствах с учетом условий использования наличной техники доукомплектации машинно-тракторного парка предприятия тракторами новых марок.

Модели 12 и 13 по выходу в процессе функционирования связаны с моделями 4 и 6, корректировка решений которых позволяет рассчитывать затраты денежно-материальных средств на производство сельскохозяйственной продукции, при условии, что все механизированные работы выполняются оптимальным составом технических средств. Результаты расчетов по группе оптимизационных моделей и модели 9 синтезируются моделью 16,

формирующей выходные показатели развития производства и его технической оснащенности в агропредприятии.

Группа оптимизационных моделей относится к классу линейных детерминированных. Выбор этого класса обусловлен его очевидным достоинством. Прежде всего, это хорошая проработка методов и алгоритмов решения, позволяющих оперативно решать задачи такого класса на современной компьютерной технике, чего нельзя сказать о нелинейных моделях, часто приводящих к проблеме многомерности.

Модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных относятся к классу моделей математической статистики.

Модель оценки надежности оптимальной структуры производства относится к классу стохастических моделей.

В процессе функционирования в системе моделей формирования производственной структуры агропредприятия и его технической оснащенности весьма **важным является процесс согласования решений в группе оптимизационных моделей.** Оптимизационные модели имеют сложную (многоуровневую) структуру организации, что предопределяет использование для согласования в них решений специальных алгоритмических процедур.

Для согласования решений оптимизационных моделей в системе с двухуровневой и многоуровневой структурой организации могут быть использованы разные методы: аппроксимации, итеративного агрегирования, декомпозиционные и др.

При согласовании решений в системе моделей по методу аппроксимации сначала производится поиск некоторого множества решений задач «нижнего» уровня в окрестности локального оптимума. Эти решения записываются одним ограничением с помощью линейной комбинации точек гиперплоскости или выпуклого многогранника. Затем агрегированные решения задач «нижнего» уровня используются в качестве исходной информации в задаче «высшего» уровня, решения которой в последствии дезагрегируются в

соответствии с локальными условиями задач «нижнего» уровня. Агрегирование решений задач «нижнего» уровня приводит к существенному сжатию информации в моделях, что является достоинством этого подхода. Однако существенным недостатком метода аппроксимации является то, что он не гарантирует совместность задач, решаемых на более высоких уровнях иерархии, при совместимости задач «нижнего» уровня. Кроме того, он обеспечивает для системы моделей нахождение лишь условно-оптимального плана, так как количество учитываемых аппроксимаций в задачах более высоких уровней, как правило, меньше базисных допустимых решений задач «нижнего» уровня.

Согласование решений в системе моделей при помощи метода итеративного агрегирования производится в процессе неоднократного перехода от микромоделей к макромоделям и обратно. Схема согласования моделей методом итеративного агрегирования включает: расчеты агрегированных показателей и функций по локальным моделям «нижнего» уровня (микромоделям); проведение микрорасчетов в агрегированных показателях; переход от микромоделей к макромоделям с использованием специального оператора дезагрегирования; проведение расчетов в детализированной номенклатуре.

Однако недостатком этого метода является обязательное наличие в элементах-моделях системы показателей одного экономического содержания.

Декомпозиционный метод согласования решений в системе моделей относится к числу точных методов согласования решений в системе моделей. Процесс согласования решений в ней осуществляется в два этапа. На первом для системы моделей определяется допустимое решение, на втором – оптимальное решение. Согласование решений в системе моделей протекает как итеративный процесс перехода от задач «нижнего» уровня к координирующей задаче «высшего» уровня и наоборот. В рамках этого итеративного процесса размерность координирующей задачи «высшего» уровня растет, в результате объем перерабатываемой информации на «высшем» уровне может

превысить объем перерабатываемой информации на «нижнем» уровне. Указанный недостаток делает этот метод во многих случаях малоэффективным.

Рост объема информации на высшем уровне преодолевается в методе, основанном на идеях декомпозиционного подхода, путем стабилизации столбцов на каждом шаге итеративного процесса в задаче линейного программирования «высшего» уровня. Стабилизация столбцов достигается путем выделения в задаче «высшего» уровня двух столбцов для каждой задачи «нижнего» уровня, один из которых предназначен для отражения старого решения (или выпуклой линейной комбинации ее прошлых решений), а другой - для включения нового решения задачи «высшего» уровня. На каждом шаге итеративного процесса в модель «высшего» уровня от каждой модели «нижнего» уровня включается по одному столбцу. Старое решение модели «нижнего» уровня также отражается одним столбцом.

Согласование решений в двухуровневой системе моделей осуществляется в следующей последовательности.

Решение в рамках модели «высшего» уровня дает симплекс-множители (оценки ее ограничений), с использованием которых строятся новые целевые функции для моделей «нижнего» уровня. Для получения решений в структуре моделей «нижнего» уровня с учетом новых целевых функций проверяется выполнение условия критерия оптимальности по отношению к модели «высшего» уровня. Если условия критерия оптимальности не выполнены, то в модель «высшего» уровня вводится новое решение (в форме столбца) или новые решения (в форме столбцов) той или тех задач «нижнего» уровня, для которых условия критерия оптимальности не выполнены. Далее решается задача «высшего» уровня, для нее строится новая эквивалентная форма. Итеративный процесс продолжается до тех пор, пока не будут выполнены условия критерия оптимальности для всех моделей-элементов «нижнего» уровня.

При использовании этого подхода для согласования решений в системе оптимизационных моделей линейного программирования с многоуровневой структурой организации осуществляется последовательная дифференциация

оценок ограничений по строкам базисов подсистем моделей «промежуточных» уровней. С их использованием строится система локальных критериев для моделей более низких уровней, а также «нижнего» уровня. При выполнении условия критерия оптимальности для всех подсистем «нижнего» и «промежуточных» уровней процесс согласования решений оптимизационных моделей в системе с многоуровневой структурой организации заканчивается.

Подобный подход к согласованию решений моделей в системе моделей с двухуровневой и многоуровневой структурой организации имеет ряд достоинств:

- позволяет рассчитать оптимальное решение с точки зрения выбранного критерия оптимальности для всей системы моделей в целом;
- сводит к минимуму поток информации между уровнями;
- не исключает возможности использования в задачах «нижнего» и «промежуточных» уровней различных критериев оптимальности;
- допускает, в отличие от метода итеративного агрегирования, наличие в элементах-моделях системы показателей разного экономического содержания.

Эти моменты определили целесообразность использования подобного подхода к согласованию решений в группе оптимизационных моделей системы моделей формирования производственной структуры агропредприятия и его технической оснащенности.

Для рассмотрения процесса согласования решений оптимизационных моделей в системе с многоуровневой структурой организации, представим многоуровневую систему моделей, не нарушая общности рассмотрения, в форме трехуровневой системы, включающей модели «нижнего» уровня:

$$A_k X_k \begin{bmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{bmatrix} B_k \quad (k = \overline{1, \dots, t}), \quad X_k \geq 0; \quad (1)$$

$$A_{k2} X_k \begin{bmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{bmatrix} B_{k2} \quad (k = \overline{t+1, \dots, I}), \quad X_k \geq 0; \quad (2)$$

подсистему моделей «промежуточного» уровня:

$$\sum_{k=1}^t \overline{A}_{k1} X_k \begin{bmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{bmatrix} B_1 \quad (k = \overline{1, \dots, t}), \quad X_k \geq 0; \quad (3)$$

$$\sum_{k=t+1}^I \overline{A}_{k2} X_k \begin{bmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{bmatrix} B_2 \quad (k = \overline{t+1, \dots, I}), \quad X_k \geq 0; \quad (4)$$

модель «высшего» уровня:

$$\sum_{k=1}^I \overline{A}_k X_k \begin{bmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{bmatrix} B \quad (k = \overline{1, \dots, I}), \quad X_k \geq 0; \quad (5)$$

где: X_k – векторы переменных ($k = \overline{1, \dots, I}$);

$A_{k1}, A_{k2}, \overline{A}_{k1}, \overline{A}_{k2}, \overline{A}_k$ – матрицы коэффициентов при переменных;

$B_{k1}, B_{k2}, B_1, B_2, B$ – векторы ограничений;

I – общее количество моделей «нижнего» уровня.

По отношению к данной системе могут быть поставлены задачи:

1) поиска $X'_k \geq 0$ ($k = \overline{1, \dots, t, t+1, \dots, I}$), удовлетворяющих условиям всех моделей: (1), (2), (3), (4), (5)

2) поиска $X'' \geq 0$ ($k = \overline{1, \dots, t, t+1, \dots, I}$), которые бы удовлетворяли условиям всех моделей данной системы и обеспечивали экстремум функции:

$$L = \sum_{k=1}^I C_k X_k'' \quad (6)$$

где C_k ($k = \overline{1, \dots, I}$) – векторы показателей в целевой функции при переменных X_k ($k = \overline{1, \dots, I}$).

Вначале автономно решаются задачи «нижнего» уровня (1) и (2), т.е. находятся $X_k^* \geq 0$ ($k = \overline{1, \dots, t}$) и $X_k^* \geq 0$ ($k = \overline{t+1, \dots, I}$).

$X_k^{**} (k = \overline{1, t})$ - значения переменных в векторной форме, соответствующие базисному допустимому решению подсистемы моделей (1) и (3);

$X_k^{**} (k = \overline{t+1, l})$ - значения переменных в векторной форме, соответствующие базисному допустимому решению подсистемы моделей (2) и (4).

В целом допустимое решение многоуровневой системы моделей (5), (4), (3), (2), (1) рассчитывается в рамках итеративного многоуровневого процесса путём минимизации W в (9). Когда $W=0$, то получено допустимое решение в целом для многоуровневой системы моделей.

Так как итеративный многоуровневый процесс расчета допустимого решения совпадает по содержанию с процессом поиска оптимального решения многоуровневой системы моделей в целом, то ниже рассмотрим лишь его, т.е. поиск такого согласованного решения системы (5), (4), (3), (2), (1), который обеспечивает экстремум функции (6).

Поиск оптимального решения многоуровневой системы моделей с точки зрения «глобального» критерия начинается, когда для системы моделей $W_1=0, W_2=0, W=0$, т.е. когда для моделей (1), (2), (2.2.12), (3), (4) получено допустимое согласованное решение.

Пусть базис модели «высшего» уровня с ограниченным количеством столбцов, соответствующий допустимому решению многоуровневой системы моделей, имеет вид:

$$\max f(l) = C_1 l_1' + 0l_1'' + C_2 l_2' + 0l_2''$$

при условиях

$$\begin{aligned} \overline{I}_1 l_1' + 0l_1'' + \overline{I}_2 l_2' + 0l_2'' &= B \\ l_1' + l_1'' &= 1 \\ l_2' + l_2'' &= 1 \\ (l_1' \geq 0, l_1'' \geq 0, l_2' \geq 0, l_2'' \geq 0). \end{aligned} \tag{10}$$

Решение (10) определяет l_1', l_1'', l_2', l_2'' , а также оценки ограничений $(\overline{\Pi}_0, S_1, S_2)$, где $\overline{\Pi}_0$ - вектор оценок ограничений первой строки (2.2.19), а S_1 ,

S_2 – соответствуют последним строкам базиса (10). С использованием $\overline{\Pi_0}$ строятся новые целевые функции для координирующих задач «промежуточного» уровня (3) и (4), с учетом которых данные задачи решаются автономно симплекс-методом.

Первая задача «промежуточного» уровня с учетом новой целевой функции имеет вид:

$$\max L_1 = \left[(C_{11} - \overline{\Pi_0} A_{11}) X_{11}^{***} \right] I'_{11} + 0I''_{11} + \dots + \left[(C_t - \overline{\Pi_0} A_t) X_t^{***} \right] I'_t + 0I''_t$$

при условиях

$$\begin{aligned} \overline{I'_t} I'_t + 0I''_t + \dots + \overline{I'_1} I'_1 + 0I''_1 &= B_1 \\ I'_1 + I''_1 &= 1 \end{aligned} \tag{11}$$

$$I'_t + I''_t = 1$$

$$(I'_{11} \geq 0, I''_{11} \geq 0, \dots, I'_t \geq 0, I''_t \geq 0).$$

Вторая задача «промежуточного» уровня:

$$\max L_2 = \left[(C_{t+1,2} - \overline{\Pi_0} A_{t+1,2}) X_{t+1,2}^{***} \right] I'_{t+1,2} + 0I''_{t+1,2} + \dots + \left[(C_{l_2} - \overline{\Pi_0} A_{l_2}) X_{l_2}^{***} \right] I'_{l_2} + 0I''_{l_2}$$

при условиях

$$\begin{aligned} \overline{I'_{t+1,2}} I'_{t+1,2} + 0I''_{t+1,2} + \dots + \overline{I'_{l_2}} I'_{l_2} + 0I''_{l_2} &= B_2 \\ I'_{t+1,2} + I''_{t+1,2} &= 1 \end{aligned} \tag{12}$$

$$I'_{l_2} + I''_{l_2} = 1$$

$$(I'_{t+1,2} \geq 0, I''_{t+1,2} \geq 0, \dots, I'_{l_2} \geq 0, I''_{l_2} \geq 0)$$

где $X_{11}^{***}, \dots, X_t^{***}$ – решения t задач (1) и $X_{t+1}^{***}, \dots, X_l^{***}$ – решения остальных $(t+1, \dots, l)$, задач (2) «нижнего» уровня, соответствующие допустимым базисным решениям (11) и (12).

В результате автономного решения (11) и (12) определяются L'_1 и L'_2 и оценки ограничений базиса (11) – $\overline{\Pi_{01}}, S_{11}, S_{21}, \dots, S_{l1}$ и базиса (12) – $\overline{\Pi_{02}}, S_{t+1,2}, \dots, S_{l2}$.

При условии, что в базисах (11) и (12) на отдельном шаге процесса каждое решение «нижнего» уровня $(k=1, \dots, t)$, $(k=t+1, \dots, l)$, представлено не одним,

а несколькими векторами, то рассчитываются разности:

$$(L'_1 - S_1) \text{ и } (L'_2 - S_2).$$

Если $L'_1 - S_1 = 0$ и $L'_2 - S_2 = 0$, то это значит, что включение в базис (10) новых векторов (решений), полученных на основе (11) и (12) не улучшит в нем значения целевой функции $f(l)$. Условия критерия оптимальности на данном шаге задачи «высшего» уровня по отношению к координирующим задачам «промежуточного» уровня выполнены.

Если $L'_1 - S_1 < 0$ и (или) $L'_2 - S_2 < 0$, то новые решения координирующих задач «промежуточного» уровня включаются в базис задачи «высшего» уровня. Одновременно с использованием оценок $\overline{\Pi}_{01}$ строятся новые целевые функции для $(k=1, \dots, t)$ задач «нижнего» уровня и проверяется выполнение для них условия оптимальности по отношению к первой координирующей задаче «промежуточного» уровня. По аналогии, параллельно с использованием оценок $\overline{\Pi}_{02}$, строятся новые целевые функции для $(k=t+1, \dots, l)$ задач «нижнего» уровня и проверяется выполнение условия оптимальности для них по отношению ко второй задаче «промежуточного» уровня.

Если условия критерия оптимальности для задач «промежуточного» уровня по отношению к задачам «высшего» уровня выполнены, а также выполнены условия критерия оптимальности для всех задач «нижнего» уровня по отношению к координирующим задачам «промежуточного» уровня, то итеративный процесс оптимизации окончен. Достигнуто оптимальное решение в целом трехуровневой системы (1), (2), (3), (4), (5), (6). Если же для какой-то задачи «промежуточного» уровня или для какой-то задачи «нижнего» уровня условие оптимальности не выполнено, то многоуровневый итеративный процесс будет продолжаться до тех пор, пока не будут выполнены условия критерия оптимальности.

Литература

1. Барановская Т.П. Модели реформирования предприятий АПК в рыночной экономике. – Краснодар: издательство КубГАУ, 2000. – 218 с.: ил.
2. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2001.