

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ИНТЕРВАЛЬНОМ ЗАДАНИИ ИНФОРМАЦИИ

*Аасмяэ В. Р., Гаганович И. З., Лаур А. А.,
Маамяги А. В., Тенно К. Л.*

(Таллин)

«Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», принятые XXVI съездом партии, продолжают линию XXIV и XXV съездов КПСС на повышение действенности территориального планирования и его роли в развитии районов страны. В частности, ставится задача совершенствования планирования и руководства территориально-производственными комплексами (ТПК). Превращение ТПК в объекты перспективного планирования требует дальнейшей разработки методов их предплановых исследований. Некоторые из этих вопросов изучаются в Институте экономики АН ЭССР. В статье наряду с изложением методических особенностей нашего подхода освещаются результаты его использования для решения проблем развития и размещения производства в республике.

1. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Опыт применения математических методов в таких традиционных областях, как размещение производства и распределение ресурсов, показал, что концептуальная сторона решения этих задач в целом не поддается строгой формализации. Поэтому в современных условиях при обращении к сложным территориально-производственным комплексам моделей обычно предпочитают формализованное исследование отдельных аспектов общей задачи. Она разбивается на ряд подзадач, часто без их формальной увязки, и анализируется эвристически с многократным возвращением к исходным этапам разработки и повторением отдельных шагов по мере выявления фактов, углубления в проблему, расширения ориентации в смежных вопросах, пересмотра или уточнения сложившихся представлений и концепций.

Наиболее значительные результаты в области моделирования многоотраслевых и территориально-производственных комплексов приведены в [1—3]. Наряду с использованием этого опыта в Институте экономики АН ЭССР на протяжении ряда лет ведутся работы, в которых математическое моделирование применяется главным образом, в качестве структурной основы человеко-машинной системы прогнозирования. В простейшем случае диалог эксперта с ЭВМ осуществляется по схеме «вопрос — ответ», т. е. выполняются варианты расчетов и строится дерево решений соответственно ветвлению цепочек вопросов — ответов [4]. Решение отдельной задачи при этом играет роль эксперимента, который ставится на оптими-

зационной модели объекта, так что она служит прежде всего для проигрывания на ЭВМ различных экономических ситуаций, выяснения реакции объекта на определенные изменения тех или иных характеристик внешней среды. Путем проведения массовых расчетов в диалоговом режиме проверяется устойчивость решений в разных условиях и выявляются варианты, не зависящие от второстепенных факторов и естественной вариации исходных данных.

Дальнейшим развитием диалогового подхода явилась автоматизация выработки множеств вариантов решения на ЭВМ, что позволяет эксперту с помощью специальных методов выделить и оценить основные гипотезы развития ТПК.

Из-за своей объективно обусловленной неполноты и неточности исходная информация большей частью задается интервалами возможных значений экзогенных параметров модели (коэффициентов целевой функции, величины ресурсов и потребностей, технологических коэффициентов). Решения оптимизационной задачи, отвечающие этим интервалам, образуют зону неопределенности, в пределах которой варианты решения равноценны с точки зрения принятого критерия оптимальности. В работах по прогнозированию ТПК изучение этого множества решений занимает большое место, поскольку детерминистский подход в неопределенной ситуации может привести к неадекватным результатам в моделировании и анализе [1, 3, 5, 6].

Обычно при исследовании подобных задач широко применяются стохастические методы. В [7, 8] им отводится лишь вспомогательная роль, так как нет уверенности в том, что тип распределения исходных параметров (как правило, он неизвестен) несущественно влияет на формирование зоны неопределенности оптимального решения. Используются главным образом методы распознавания образов и человеко-машинные процедуры как менее чувствительные к характеру статистических зависимостей, свойственных первоначальным данным решаемой задачи.

Согласно нашему подходу, анализ зоны неопределенности должен помочь отыскать такой способ ее описания, который позволил бы уточнить ее границы, сделать обозримой и выделить основные принципиально различные варианты развития системы [7, 8]. Требуется также выявить самые информативные параметры системы из числа заданных и проанализировать их связь с выходными. Для этого в полученном множестве группировок (классификаций) векторов решений и исходных данных подыскивается пара таких, которые имеют наибольшую степень сходства по количественному критерию [8, 9].

Поиск похожих вариантов развития системы и разграничение несходных — весьма сложная, многоступенчатая задача, решаемая методами распознавания образов в три стадии.

Первая — исследование векторов решений по базисным переменным (их численные значения не учитываются); это дает самую общую характеристику возможных вариантов развития системы и устойчивости базиса. Анализ проводится сначала по множеству всех компонент вектора, затем по некоторым его подмножествам — существенным переменным. Такие подмножества, выделяемые экспертом, различаются по числу и составу входящих в них компонент.

Вторая — классификация решений по векторам исходных данных и переменных. Как обычно, алгоритм автоматической классификации предполагает измерение расстояния между векторами, в данном случае — взвешенного евклидова. Полученные классификации являются начальными в образуемой далее их последовательности. Оценивается близость классификаций векторов исходных данных и переменных, например вычисляется

расстояние Хемминга между ними [10]. Часто бывает целесообразно начальной классификацией векторов переменных считать не ту, которая рассчитана по евклидову расстоянию, а ее пересечение с классификацией, сделанной на основе того или иного набора существенных базисных переменных. Как правило, последнее значительно улучшает качество разбиения.

Третья — построение последовательности классификаций. Векторы исходных данных и переменных упорядочиваются отдельно, меняется состав существенных переменных, их веса, используются различные экспертные классификации и разбиения, полученные по некоторому качественному критерию; можно также менять функцию расстояния и алгоритм классификации. При очень большом числе векторов анализу подвергаются не все, а лишь некоторое их «обучающее» подмножество. Каждая группировка решений по исходным данным сравнивается с группировками по переменным. Лучшей признается пара классификаций (векторов исходных данных и переменных), наиболее близких между собой в смысле расстояния Хемминга. Окончательное разбиение возможных вариантов развития системы составляется на основе пересечения лучшей пары классификаций. В [8] нормированное расстояние Хемминга удалось довести до 0,092 по сравнению с первоначальным 0,247.

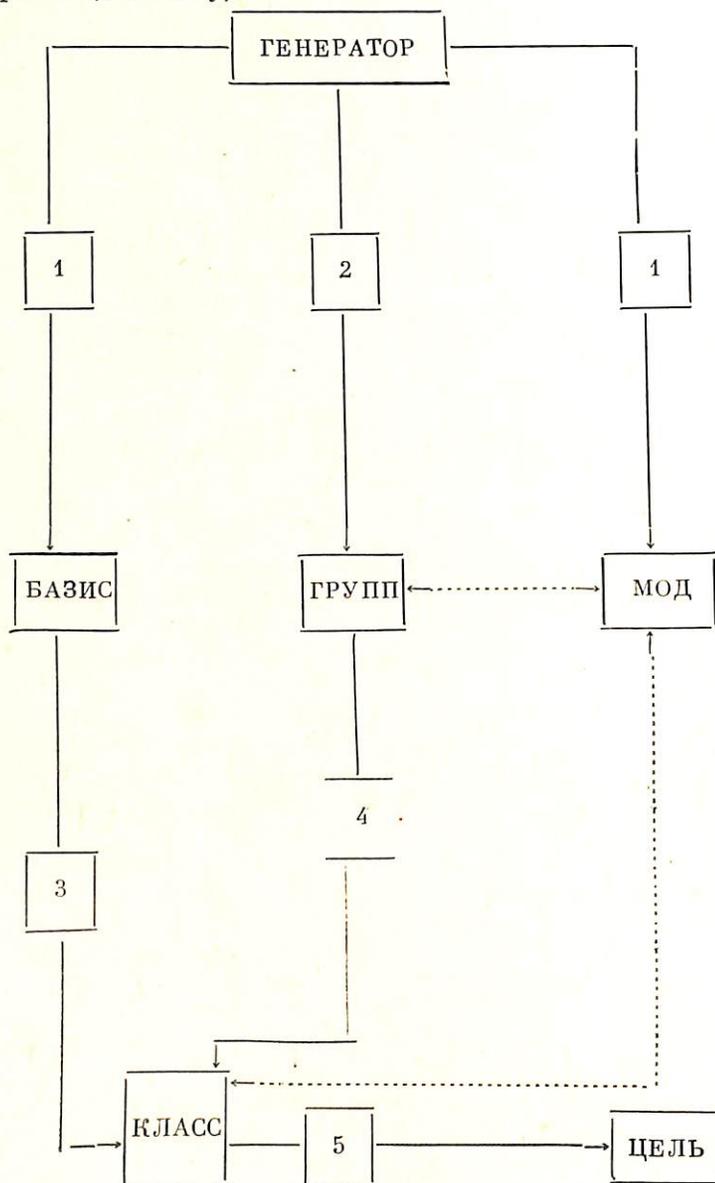
Анализ показал, что по мере увеличения числа критериев для упорядочивания решений все яснее становится экономическое различие групп в итоговом разбиении. Так, в исходных классификациях решений по расстоянию между векторами качественные отличия групп гораздо менее заметны, чем в последующих, представляющих собой пересечения разбиений по расстоянию и некоторому набору существенных базисных переменных. Найденные в итоге группы можно интерпретировать как гипотезы развития ТПК. Определение отличительных признаков каждой из этих групп позволяет ввести многокритериальную функцию цели для получения ориентировочной оценки относительной предпочтительности упомянутых гипотез. Используется то обстоятельство, что в случае интервального задания информации теряется различие между целевой функцией и ограничениями оптимизационной задачи: лимиты ресурсов, потребности в продукции и другие параметры в принятых границах их значений оказываются переменными величинами, поэтому из ограничений и целевой функции задачи можно образовать вектор-функцию целей. При таком подходе требуется экспертным или расчетным путем построить «идеальный» вектор целей, соответствующий желательным или экстремальным значениям рассматриваемых целевых показателей [11]. Далее следует определить в той или иной метрике среднее расстояние между целевой вектор-функцией и «идеальным» вектором для каждой группы, выявленной на стадии классификации. Таким путем оцениваются все группы по набору выбранных критериев.

Численные значения частных целевых показателей для их большей сопоставимости должны быть учтены с весовыми коэффициентами, которые устанавливаются экспертным путем и уточняются в ходе машинных экспериментов (этот же принцип применяется к «идеальному» вектору целей).

При окончательном выборе варианта развития, который осуществляют лица, принимающие решение, весьма полезна информация, полученная в ходе многоцелевого анализа в условиях неопределенности.

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Описанный подход к анализу и отбору вариантов развития производственных систем в условиях неопределенности реализован в Институте экономики АН ЭССР в комплексе алгоритмов и программ [8, 12]. Программы составлены на языке ФОРТРАН-IV для ДОС ЕС-1022. В иерархии программ три уровня (см. схему).



Структура комплекса программ

Информационные потоки и операции: 1 — векторы переменных; 2 — векторы переменных или исходных данных; 3 — группировки по базису; 4 — группировки по евклидову расстоянию; 5 — окончательная группировка

Программа первого уровня — ГЕНЕРАТОР — служит для получения необходимого количества вариантов исходной матрицы исследуемой оптимизационной задачи и формирования соответствующего им множества оптимальных решений. Для расчета последних в ее состав входит симплекс-

ная процедура. Генерирование множества решений задач линейного программирования производится методом Монте-Карло. Предварительно фиксируется состав элементов расширенной матрицы задачи, заданных интервально, а также нижняя граница и длина интервала допустимых значений для каждого такого элемента.

Программы второго уровня — БАЗИС, ГРУПП и МОД — служат для обработки найденного по программе ГЕНЕРАТОР множества решений.

БАЗИС дает возможность анализировать состав оптимального плана — определять группы решений по совпадению либо всех базисных переменных, либо любого их подмножества. Это позволяет легко детализировать процедуру человеко-машинного диалога, т. е. получать ответы на вопросы по вхождению в оптимальный базис тех или иных переменных модели, для чего задаются списки их индексов. Предусматривается также возможность задавать пороговые значения переменных. Значение ниже порогового считается не входящим в базис. Его можно задавать или как общее для всех рассматриваемых переменных, или для каждой в отдельности. Использование программы БАЗИС в диалоговом режиме обеспечивает оперативное получение необходимой для содержательного анализа информации о наличии в оптимальных решениях разных комбинаций наиболее существенных переменных модели. Состав этих переменных предварительно определяется экспертом. Количество задаваемых наборов базисных переменных не ограничивается, и даже один сеанс работы этой программы может дать весьма богатый материал для анализа множества решений.

МОД позволяет анализировать частоты вхождения переменных в оптимальные решения. Цель анализа — определить модальные варианты оптимального плана, т. е. состоящие из наиболее часто встречающихся переменных в исследуемом множестве решений [13]. Предполагается, что они характеризуют типичные варианты развития и поэтому заслуживают особого внимания при содержательном анализе зоны неопределенности.

Программа ГРУПП предназначена для автоматической классификации заданного множества векторов в заранее неизвестное количество непесекающихся групп. В рамках данного исследования программа применяется для группировки векторов переменных, а также векторов, компонентами которых являются значения интервально заданных исходных данных. В основу используемого алгоритма группировки, составленного по аналогии с [14], положено вычисление взвешенного евклидова расстояния между двумя векторами как меры их сходства (тесноты связи). Как обычно, векторы объединяются в группы таким образом, чтобы теснота связи внутри группы была значительно больше, чем между векторами, принадлежащими разным группам.

Программы третьего уровня — КЛАСС и ЦЕЛЬ — обеспечивают выполнение завершающих процедур анализа зоны неопределенности.

Первая из них предназначена для сравнения группировок: определения их пересечения и оценки степени сходства. В данной работе такое сравнение производится для получения наиболее адекватной классификации исследуемого множества вариантов и выявления существенных компонент группируемых векторов. В качестве количественного критерия, отражающего степень сходства двух группировок R и S , в программе КЛАСС принято нормированное расстояние Хемминга [10]

$$d_H = \frac{\sum_{i=1}^{g_R} \left(\sum_{j=1}^{g_S} u_{ij} \right)^2 + \sum_{j=1}^{g_S} \left(\sum_{i=1}^{g_R} u_{ij} \right)^2 - 2 \sum_{i=1}^{g_R} \sum_{j=1}^{g_S} u_{ij}^2}{n(n-1)}, \quad (1)$$

где g_R, g_S — число групп в R и S ; u_{ij} — число общих объектов в группах i и j ; n — число объектов в R и S . Расстояние d_H принимает значения в интервале $[0, 1]$. Чем оно ближе к нулю, тем более сходны сравниваемые группировки. В простейшем случае с помощью этой программы делается только одно сравнение, но предусмотрена и возможность осуществления нескольких в одном сеансе работы программы. Тогда вместо второй группировки рассматриваемой пары задается несколько группировок, каждая из которых сравнивается с первой.

ЦЕЛЬ позволяет реализовать многоцелевой аспект анализа — вычислять расстояния между «идеальным» вектором целей и соответствующими векторами (вариантами решений) зоны неопределенности, а также среднее расстояние \bar{d} от «идеала» для каждой группы окончательной классификации исследуемых вариантов

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \sqrt{\sum_{j=1}^m l_j^2 (s_{kj} - s_{n+1,j})^2}, \quad (2)$$

где s_{kj} — значение компоненты j вектор-функции k в рассматриваемой группе; $s_{n+1,j}$ — значение компоненты j «идеального» вектора; l_j — весовой коэффициент компоненты j вектор-функции; m — число компонент в вектор-функциях; n — число вектор-функций в рассматриваемой группе; $(n+1)$ -й вектор — «идеальный».

3. ОПЫТ МНОГОЦЕЛЕВОГО АНАЛИЗА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Одним из основных объектов системных исследований территориально-производственных проблем в Эстонской ССР послужил многоотраслевой комплекс в ее северо-восточной части (сланцевом бассейне), в состав которого входят предприятия горнодобывающей, энергетической и химической отраслей [4, 7, 8, 15]. При планировании развития комплекса необходима увязка производственно-отраслевых, региональных и экологических аспектов. Работа ориентирована на решение принципиальных вопросов в основном дискуссионного характера. В частности, требовалось установить и оценить: эффективность ориентации сланцевого комплекса на выработку топлива для электростанций по сравнению с производством высококачественного мазута для менее крупных потребителей; целесообразность производства полимерных материалов из сланцевого сырья; предельную величину энергетических мощностей при разных вариантах их размещения в данном районе, не приводящую к превышению допустимой концентрации загрязнителей в населенных пунктах. Проблема оценки возможных масштабов и направлений развития сланцевого ТПК решается в рамках анализа экономики всего района с учетом косвенного влияния на сельское хозяйство, его продуктивность и размещение, на трудовой баланс и окружающую среду.

В процессе моделирования комплекса при информации, заданной интервально, образованы зоны неопределенности для пары взаимных оптимизационных задач — на максимум производства электроэнергии и на минимум приведенных затрат [8]. В итоге машинных расчетов и содержательного анализа получены разбиения таких зон с выделением групп локально-оптимальных вариантов со значительной степенью сходства в пределах группы. Эти разбиения служат исходными для многоцелевого исследования. Рассмотрим его ход и результаты по материалам задачи на минимум затрат. В пределах зоны неопределенности ее решения

Таблица 1

Результаты определения очередности (порядковых мест) групп по признаку близости к «идеальному» вектору целей

Номер группы	Число вариантов	Расстояние	Порядковый номер предпочтения групп	Сумма мест по отдельным компонентам вектора целей	Порядковый номер предпочтения групп с учетом вариантов расстояний
1	2	3	4	5	6
I	95	0,865	6	51-52	6
II	56	0,758	4	33-34	3
III	33	0,781	5	36-37	5
IV	28	0,683	2	33-35	4
V	28	0,747	3	31-32	1
VI	23	0,916	7	60	7
VII	20	0,636	1	33	2

(305 вариантов плана) по классификации образовалось 22 группы, среди которых семь оказались достаточно многочисленными (93% всех решений попали в эти группы). Они и приняты в расчет при многоцелевом анализе. Компонентами «идеального» вектора целей являются сумма годовых приведенных затрат, ресурсы рабочей силы, нефти и природного газа, объемы производства мазута, светлых нефтепродуктов, oleфинов, нитроаммофоски, а также базисной и полушиковой электроэнергии.

Для указанных семи групп определены средние расстояния между вектор-функциями (нормированными) и «идеальным» вектором целей. На этом основании для групп получен порядковый ряд предпочтений (см. табл. 1, столбец 4). Кроме того, для каждой группы вычислено 10 вариантов расстояний — по каждой компоненте «идеального» вектора в отдельности — и выявлены соответствующие ряды предпочтений. Для сравнения с предыдущими результатами в этих рядах по сумме мест установлены порядковые номера групп (табл. 1, столбцы 5 и 6). Предпочтительными в смысле близости к «идеальному» вектору целей оказались группы V и VII. Наконец, для контроля выделены подмножества тех решений, для которых расстояние до «идеального» вектора по одной из его компонент меньше, чем в среднем для исследуемых групп. Пересечение этих подмножеств содержит варианты решений, в указанном смысле лучшие по всем рассматриваемым критериям.

В этом пересечении — один вариант, и он принадлежит V группе, преимущества которой подтверждаются результатами частотного анализа, а также неформальными соображениями.

В каждой группе легко выявить типичные для нее базисные переменные, т. е. представленные во всех образующих ее решениях, и определить интервалы их значений. Таким образом, решение задачи с интервальной входной информацией получает адекватное выражение.

Группа V интерпретируется как гипотеза развития сланцевого комплекса при создании новой энергетической мощности на основе прямого сжигания сланца. В большинстве решений находятся действующие сланцевые электростанции, а также варианты развития термической переработки сланца в усовершенствованных сланцевых генераторах повышенной мощности и технологии переработки вторичных продуктов. Указаны границы искомых мощностей объектов, допустимые по экологическим условиям, определены масштабы и структура добычи сланцевого сырья и топлива.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЙОННЫХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ (АПК)

Модель районного АПК [16] предназначена для разработки перспективных планов его развития и схем землеустройства при неопределенности исходной информации, а также для прогнозирования возможностей получения стабильного количества конечной продукции в районных АПК животноводческого направления при вариации размеров урожайности в растениеводстве под влиянием погодных условий*.

Районный АПК состоит из трех групп отраслей (сфер). Первую образуют отрасли обеспечения и обслуживания сельского хозяйства, вторую — собственно сельскохозяйственные, третью — отрасли заготовки и переработки продукции. В матрице модели районного АПК (табл. 2) ограничения сгруппированы не по этим сферам, а по объектам лимитирования и их экономическому содержанию. Группы ограничений с номерами 6—8 относятся к первой сфере; 1—3 и частично 4 и 5 — ко второй; 9 и отчасти 4 и 5 — к третьей. Указанные группы образуют ограничения:

1) на землю под конкретные виды культур и угодий по отдельным агрогруппам, которые различаются качеством почв и особенно экологическими условиями для выращивания тех или иных культур;

2) на применение рабочей силы по месяцам и за весь год (в любом месяце можно использовать до 10,5% годового ресурса при условии, что в сумме годовая нагрузка не превышает допустимой; в балансах труда предусмотрена возможность привлечения в наиболее напряженные периоды полевых работ сезонных рабочих и помощь шефских организаций);

3) балансы кормов по тем их 17 видам, которые учтены в годовых отчетах колхозов и совхозов; таким образом, обеспечивается сравнимость отчетных и плановых показателей, что существенно для анализа;

4) на производство и распределение валовой продукции растениеводства, предусматривающие совместное определение площадей и урожайностей культур; для каждой культуры вводится система ограничений на распределение продукции, с помощью которых учитываются естественная убыль, технологические потери и выделяется часть продукции для внутреннего потребления (семена, корма);

5) на производство и распределение отдельных видов продукции животноводства, определяющие величину валового выпуска и его доли, которые идут на внутреннее потребление и реализацию за пределы районного АПК (в эту группу входят и ограничения на воспроизводство поголовья скота; предусмотрена также возможность покупки и продажи племенного молодняка);

6) регулирующие объем мелиоративных работ в разрезе почвенных агрогрупп с учетом лимитов мощностей мелиоративных организаций в плановом периоде;

7) на объемы основных видов строительства производственных зданий и сооружений, которые должны быть увязаны с балансами использования действующих объектов, балансом трудовых ресурсов, размером урожая и численностью поголовья скота, определяющей потребность в скотоместах;

8) на поступление (закупку) минеральных удобрений, горюче-смазочных материалов и кормов (комбикормов, жмыхов, обрат, заменителя цельного молока и др.);

* Эта модель применяется в «Этсельхозпроекте» для разработки проектов территориальной организации сельскохозяйственного производства.

Таблица 2

Структурная схема матрицы модели районного АПК

Группы ограничений	Номер группы ограничений	Группы технологических способов							
		Технология развития		Распределение продукции	Использование				
		растениеводства	животноводства		мощностей		покупных ресурсов	сезонного труда	
1	2	3	4	5	6	7			8
Земельный баланс	1	×				×			
Баланс труда	2	×	×						×
Баланс кормов	3		×		×			×	
Растениеводство	4	×			×		×	×	
Животноводство	5		×		×		×	×	
Мелиорация	6					×			
Строительство	7	×	×				×		
Покупные ресурсы	8	×	×					×	
Реализация продукции	9			×					

Примечание. Крестиками обозначены блоки ненулевых элементов матрицы.

9) увязанные с ограничениями групп 4 и 5 по обеспечению поставки важнейших видов конечной продукции за пределы районного АПК в заданных размерах.

Задача решается на минимум приведенных затрат. Параметры целевой функции, лимиты ресурсов, потребности в продукции и часть технологических коэффициентов задаются интервалами их возможных значений. Нормативной базой модели служат данные годовых отчетов хозяйств, которые по основным производственным характеристикам находятся на уровне, близком к горизонту планирования*, а по природным условиям и применяемым технологическим способам в совокупности представляют весь набор почвенных агрогрупп и технико-экономических вариантов в пределах района.

В качестве примера рассмотрим решения, полученные по модели для Харьюского района Эстонской ССР при интервально заданной исходной информации об урожайности зерновых и картофеля, ресурсах минеральных удобрений и горюче-смазочных материалов, требуемых объемах производства молока, говядины и свинины и об экзогенных затратах по важнейшим технологическим способам.

Интервалы изменения показателей определены на основе отчетных данных, расчетов специалистов или экспертных оценок. Например, интервалы урожайности зерновых и картофеля приняты по фактическим колебаниям в хорошем и плохом годах в нормативных хозяйствах Харьюского района и составили по зерновым (в амбарном весе) 22,8–27,0 и по картофелю 151–198 ц с гектара.

С помощью модели районного АПК получено 150 локально-оптимальных решений** (интервалы величин урожайности развиты на полуинтер-

* В каждом районе есть хозяйства, которые по своим показателям опережают средние хозяйства на 5–10 лет.

** Критерий достаточности числа генерируемых вариантов — отсутствие новых комбинаций существенных базисных переменных при увеличении количества вариантов.

валы), 40% решений — при урожайности зерновых ниже средней (I полуинтервал) и урожайности картофеля выше средней (II полуинтервал), 40% — при обратном соотношении, 10% — при урожайности обеих культур выше средней и 10% — при их урожайности ниже средней. Такое соотношение соответствует многолетнему опыту.

На стадии классификации множества решений определены группировки по совпадению состава всех базисных переменных и заданных их подмножеств. Наборы базисных переменных оказались значительно устойчивее, чем в задаче, рассмотренной в разд. 3. Векторы решений сгруппированы и по признаку величины евклидова расстояния между ними. Получено также несколько группировок векторов исходных данных.

Все это привело к выводу, что решения распределяются по всему рассматриваемому пространству достаточно равномерно, т. е. они не имеют тенденции накапливаться в одной или нескольких точках пространства (множество не образует «сгущений», «кластеров»). Поэтому наиболее представительные гипотезы развития отличаются друг от друга не столько по составу существенных переменных, сколько по их численным соотношениям. Отчетливо проявляется следующая тенденция. Для производства зерновых и картофеля, а также выращивания свиней используется в определенных пропорциях по два технологических способа, различающихся своими методами агротехнического или зоотехнического порядка, нормами затрат труда, удобрений, кормов, других материалов и нормами выхода продукции.

Решение детерминистской задачи на базе многолетних средних данных предполагает применение в каждом конкретном случае лишь одной технологии. При таких же примерно затратах труда, удобрений и горючесмазочных материалов план, выработанный с учетом фактора неопределенности погодных условий, ориентирует на более разнообразную, а следовательно, и более надежную производственную структуру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров А. А., Мелентьев Л. А. Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства. Новосибирск: Наука, 1973.
2. Казакевич Д. М. Производственно-транспортные модели в перспективном отраслевом планировании. М.: Экономика, 1972.
3. Методы анализа и модели структуры территориально-производственных комплексов. Новосибирск: Наука, 1979.
4. Каганович И. З. О комплексном анализе территориально-производственных проблем с учетом экологических факторов. — Экономика и матем. методы, 1977, т. XIII, вып. 5.
5. Беллев Л. С. Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности. Новосибирск: Наука, 1978.
6. Энцусте Ю. О задачах линейного планирования с учетом риска, поставленных на основе приближения данных. — Изв. АН ЭССР. Обществ. науки, 1977, т. 26, № 3.
7. Тенно К., Лаур А. Оптимизация топливно-энергетического комплекса в условиях неопределенности. — Изв. АН ЭССР. Обществ. науки, 1979, т. 28, № 2.
8. Прогнозный анализ многоотраслевого комплекса в условиях неопределенности (на примере энерго-топливно-химического комплекса). Таллин: Ин-т экономики АН ЭССР, 1980.
9. Типология потребления. М.: Наука, 1978.
10. Черный Л. Б., Миркин Б. Г. Некоторые свойства пространства разбиений. — В кн.: Математический анализ экономических моделей. Ч. III. Новосибирск: ИЭ и ОПИ СО АН СССР, 1972.
11. Тамм М. И. Компромиссное решение задачи линейного программирования с несколькими целевыми функциями. — Экономика и матем. методы, 1973, т. X, вып. 2.
12. Лаур А. Комплекс программ для исследования линейных оптимизационных моделей при интервальном задании информации. — Изв. АН ЭССР. Обществ. науки, 1980, т. 29, № 3.
13. Каганович И. З. Исследования макроэкономических и отраслевых систем. Таллин: Валгус, 1979.

14. *Сансеев В. Г.* Алгол-программа группировки оптимальных решений в искомое количество групп.— В кн.: Алгоритмы и программы для исследования зоны неопределенности оптимального решения линеаризуемых систем (для ЭЦВМ класса БЭСМ-4). Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1970.
15. *Каганович И. З.* Актуальные вопросы экономики сланцевой промышленности.— Горючие сланцы, 1978, № 5.
16. *Асмяз В. Р.* Моделирование и проектирование развития сельскохозяйственного производства.— В кн.: Экономико-математические исследования в Институте экономики АН Эстонской ССР в IX—X пятилетках. Таллин: Центр науч. информации по обществ. наукам АН ЭССР, 1980.

Поступила в редакцию
16 XII 1980