

О ЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПЛАНОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

И. П. РОМАНЕНКО

(Москва)

1°. Практика создания и внедрения автоматизированных систем планирования и управления производственно-хозяйственной деятельностью различных народнохозяйственных объектов показывает, что в случае отсутствия общих экономико-математических макромоделей, оптимизирующих функционирование объекта в целом, на первом этапе приходится идти по пути разработки частично автоматизированных человеко-машинных систем экономического управления.

Такие системы могут рассматриваться лишь как некоторое приближение к макрооптимуму. Однако и они, как первые шаги на пути оптимизации функционирования народного хозяйства, дают при своем внедрении весьма ощутимый экономический эффект и представляют не только практический, но и определенный теоретический интерес в области экономико-математических исследований.

Этот интерес, с одной стороны, обуславливается тем, что разработка человеко-машинных систем предполагает тщательное изучение процессов переработки планово-экономической информации во всех функциональных звеньях рассматриваемого объекта*, вплоть до отдельного плановика как субъекта планирования и управления, определяя тем самым индивидуальный подход к анализу функционирования информационной управляющей системы на ее нижнем иерархическом уровне.

С другой стороны, центральное место при разработке человеко-машинных автоматизированных систем занимает вопрос о взаимной увязке экономико-математических моделей функционирования того или иного объекта в целом с информационным анализом процесса выработки и принятия планово-экономических решений как основного функционального звена, подлежащего оптимизации. Решение этого вопроса является необходимым условием внедрения экономико-математических моделей в практику планирования не для разовых расчетов, а в качестве органического элемента, что особенно важно при разработке эффективных и оптимальных планирующих систем.

Такое совмещение экономико-математических моделей с информационными процессами планирования возможно на основе их логического анализа.

2°. Если через $\{x\} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ обозначить входной по отношению к плановику информационный поток (исходные данные), а через $\{y\} = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ — выходной информационный поток (результат его деятельности), то в общем случае для любого $y_h \in \{y\}$ имеет место соотношение $y_h = r_h(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_s}) = r_h(\tilde{x}_h)$, где $x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_s} \in \{x\}$, s не

* Здесь и далее речь идет о деятельности плановых органов — центрального задающего блока в управляющей экономической системе. Заметим, что для них, в отличие от исполнительных производственных объектов, метод исследования операций мало применим; здесь возникает необходимость в разработке новых методов структурно-логического анализа информационных потоков.

превосходит мощности множества $\{x\}$, а r_h обозначает некоторую процедуру переработки информации плановиком при получении соответствующего показателя y_h .

Простейший анализ элементов множества $\{r\}$ под углом возможности формализации процедур переработки информации плановиком планово-экономической информации показывает, что они могут быть разбиты на две группы. В первую группу $\{r^{(1)}\} \subset \{r\}$ входят преобразования, не связанные с понятием оптимальности, когда значение $y_h^{(1)} = r_h^{(1)}(\tilde{x}_h)$ однозначно (с точностью до порядка вычислительных операций) определяется множеством $(\tilde{x}_h)$. Такие преобразования естественно определить как плановые расчеты. Вторую группу $\{r^{(2)}\} = \{r\} \setminus \{r^{(1)}\}$ составляют многовариантные, неоднозначные преобразования, связанные с оценками $y_h^{(2)} = r_h^{(2)}(\tilde{x}_h)$ в смысле «лучше — хуже» по количественной или качественной шкале, и представляют в общем случае процесс поиска (планового) решения.

Если формализация процедур $\{r^{(1)}\}$ не вызывает принципиальных трудностей, то задача формализации процедур $\{r^{(2)}\}$ представляется намного более сложной. Это связано в первую очередь с тем, что для них далеко не всегда могут быть построены количественные — детерминированные (линейное, нелинейное и динамическое программирование) или статистические (последовательный анализ, теория игр) — математические модели. В ряде случаев наряду с количественным или до него необходимо качественное, формально логическое моделирование процедур поиска планового решения, предполагающее логический анализ преобразований $\{r^{(2)}\}$.

Эта сторона рассматриваемой проблемы в настоящее время наименее изучена. Лишь некоторые весьма общие постановки имеются в статьях польского логика Г. Грневского (библиография приведена в русском переводе [1] одной из них), поднявшего вопрос о необходимости логического анализа процесса составления плана и разработки аксиоматической теории планирования, а также указавшего отдельные общие соображения на этот счет*. Целью настоящей статьи является исследование некоторых возможных подходов к логическому анализу плановых решений.

3°. Прежде всего необходимо составить достаточно четкое представление о том, что такое плановое решение, какова природа его возникновения, поиска и принятия человеком. Можно с уверенностью сказать, что предпосылкой поиска решения служит наличие проблемной ситуации, а сам процесс поиска решения определить как результативное поведение плановика в проблемной экономической ситуации. Но такое «определение» слишком описательно и может скорее служить объектом психологических, а не логических исследований.

Действительно, на стыке психологии и кибернетики исследовались процессы анализа и моделирования на ЭВМ хода решения человеком некоторых частных задач определенного типа (математические доказательства, игра в шахматы и шашки, — см., например, [3]).

При этом, как правило, решение рассматривалось в рамках альтернативной модели, когда оно связано с выбором из совокупности возможностей [4] или, конкретнее, когда под решением понимается выбор некоторой альтернативы из множества рассматриваемых альтернатив [2]. Такая трактовка процесса решения ставит на первое место умение человека отсеивать возможности, формируя необходимые ограничения и критерии, и предполагает множество альтернатив не только заданным, но и коррект-

* См. также книгу Е. З. Майминаса [2], где, в частности, разработаны основные вопросы, связанные с проблемой совмещения экономико-математических моделей и информационных процессов планирования.

но построенным. (Как известно, логически необходимыми условиями правильности выбора единственно возможной альтернативы являются следующие: полнота множества допустимых альтернатив, т. е. наличие всех без исключения возможных альтернатив, и их непересечение, т. е. взаимное исключение друг друга.)

Однако не всегда эти условия выполнены, например, иногда проблема связана с тем, что область поиска решения не ограничена, что есть лишь та или другая неопределенность, требующая своего разрешения, быть может, путем создания множества допустимых альтернатив, и только затем выбора из них * (прогнозы, экспертные оценки и другие решения, относящиеся к перспективе, с которыми плановик сталкивается в своей работе).

Ниже предлагается вариант уточнения понятий, связанных с анализом ситуаций, предполагающих выработку тех или иных (в частности, планово-экономических) решений. Это уточнение проводится лишь в той степени, которая позволяет отделить формализуемые и неформализуемые стадии процесса выработки решения и сформулировать тем самым ответ на вопрос о доле и форме участия людей и машин в человеко-машинных автоматизированных системах планирования и управления.

4°. Под *проблемой* обычно понимается вопрос, требующий изучения, исследования и разрешения, цель которых — нахождение того, что называется решением проблемы. По своей формулировке она может быть задана как выражением вида «Дано A , требуется X » (здесь предполагается, что цель X находится в некоторой зависимости от условий A), так и указанием только одной цели «Требуется X » без исходных данных. Для различения первую формулировку, т. е. пару (A, X) естественно определить как проблемную ситуацию, а вторую как собственно проблему. Очевидно, что проблеме можно преобразовать в проблемную ситуацию решением одной и только одной проблемной ситуации вида $(X, (A, X))$: «Дана проблема X , требуется найти ее проблемную ситуацию» **.

Однако не всякое выражение вида (A, X) заключает в себе проблемность. Если X непосредственно вытекает из A , то нет необходимости в поиске решения — оно заключено в условии. Другими словами, чтобы (A, X) была проблемной ситуацией, необходимо и достаточно, чтобы существовал некоторый разрыв *** между условиями и целью, в преодолении которого и состоит проблемность ситуации. Очевидно, что понятие проблемности относительно: то, что для одного субъекта является непосредственным следствием (т. е. он знает решение), для другого может представляться разрывом. (Для сравнения заметим, что в психологии проблемной называется ситуация, где обнаруживается конфликт между условиями и требованиями деятельности, а та деятельность, которая решает проблему, находит условия для совершения необходимых действий — продуктивным мышлением.)

В зависимости от природы разрыва, определяющего проблемность ситуации, последние могут быть разбиты на два класса: *детерминированные*, когда известен способ его преодоления и проблемность состоит в применении этого способа, и *индетерминированные*, проблемность которых заключается в отыскании способа, позволяющего получить цель X из условий A . Какая из этих задач сложнее, вообще говоря, зависит от требований,

* На относительную ограниченность альтернативной модели указано, в частности, в работе [5], где предлагается динамическая модель формирования проблемной ситуации человеком в ходе решения им задачи.

** В некоторых случаях это может представлять значительные трудности. Возможно, утверждение о том, что правильно сформулировать проблему — это уже наполовину ее решить, относится именно к этому случаю.

*** Кстати, греч. *проблѐма* буквально означает «нечто, брошенное вперед».

предъявляемых к способу, что в свою очередь определяется целями исследования проблемных ситуаций.

В данном случае, при анализе планово-экономических ситуаций, нас интересуют не столько вопросы существования решений — в этом, как правило, сомнений не возникает, — сколько возможность моделирования на ЭВМ процессов их получения. Поэтому в дальнейшем проблемная ситуация будет называться детерминированной и обозначаться (ARX) тогда и только тогда, когда известен эффективный (т. е. осуществимый реально имеющимися средствами в реальный отрезок времени) способ R получения цели X из условий A , и индетерминированной в противном случае. В соответствии с этим процесс $(A, X) \Rightarrow (ARX)$ устранения индетерминированности (A, X) , т. е. приведения ее к виду (ARX) , естественно определить как процесс ее решения. Процедуру перехода $(A, X) \Rightarrow (ARX)$ можно интерпретировать как построение человеком логической модели связей между A и X . Схема построения этой модели имеет индуктивно-дедуктивный характер и является в настоящее время объектом ряда научных исследований, объединенных под общим названием эвристического программирования (подробнее см., например, [3, 5]). На наш взгляд, она может быть в самых общих чертах описана как последовательность следующих этапов.

Первый этап. Актуализируются знания о дополнительных признаках условий и цели, а также о других, но детерминированных проблемных ситуациях, имеющих различную степень аналогии с исходной.

Второй этап. На их основе строится гипотетическая модель $(A, X) \Rightarrow \{(A_i, X_i)\} \Rightarrow (ARX)$, содержащая в качестве параметров некоторые другие проблемные ситуации (A_i, X_i) , такие, что совокупность $\{(A_i, X_i) \Rightarrow (A_i R_i X_i)\}$ может замкнуть цепочку связей между A и X . Другими словами, гипотетическая модель сводит решение (A, X) к решению определенным образом связанных между собой других проблемных ситуаций $\{(A_i, X_i)\}$ и тем самым дает один из возможных планов перехода $(A, X) \Rightarrow (ARX)$.

Третий этап. Ищется решение каждой из $\{(A_i, X_i)\}$.

Четвертый этап. Совокупность $\{(A_i R_i X_i)\}$ подставляется вместо параметров в гипотетическую модель, происходит ее верификация. Если она приводит к положительному результату: $(A, X), \{(A_i R_i X_i)\} \Rightarrow (ARX)$, решение найдено, если нет, анализируются причины расхождения и с их учетом описанная схема повторяется.

Дополнительный этап. В процессе построения гипотетической модели может возникнуть случай, когда значения одного или даже нескольких ее параметров не представляется возможным определить с достаточным формально логическим основанием, хотя известно, что эти значения позволяют замкнуть цепочку связей между условиями и целью. В то же время имеется ряд содержательных или даже интуитивных соображений, позволяющих детерминировать эти значения без верификации, исходя только из необходимости преодолеть существующий разрыв. Такой скачок от условий соответствующей проблемной ситуации к цели без построения гипотетической модели решения, в отличие от процесса поиска решения, естественно определить как процесс *принятия решения**. Этот процесс как элемент решения проблемной ситуации является в известной степени волевым, вынужденным актом, вызванным необходимостью получения

* Некоторые исследователи, в частности Маккей [6], рассматривают процесс преодоления логического разрыва как собственно творческий акт, а ширину преодолеваемого разрыва — как характеристику творческого потенциала. На связь между процессами разрешения проблемы и принятия решений указано в статье Д. Тейлора, помещенной в сборнике [7].

результата в условиях ограниченности данных и возможностей научного анализа. А поскольку эти факторы носят относительный характер, постольку и грань между процессами поиска и принятия решений в той же мере относительна.

5°. Пользуясь введенными выше понятиями, задачу человеко-машинного моделирования процессов экономического планирования теперь можно сформулировать следующим образом. Пусть $\{y\} = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ — результат деятельности плановика. Рассмотрим множество проблем $\{\text{Найти } y_k\}, k = 1, 2, \dots, m$. Требуется:

— сформулировать проблемные ситуации $\{((\tilde{x}_k), y_k)\}$, т. е. найти соответствующий входной информационный поток;

— найти среди них подмножество детерминированных проблемных ситуаций $\{((\tilde{x}_s)r_sy_s)\}$ и формализовать соответствующие им процессы r_s получения цели y_s из условий $(\tilde{x}_s)$;

— построить человеко-машинные модели процессов решения остальных $\{((\tilde{x}_t), y_t)\} = \{((\tilde{x}_k), y_k) \setminus \{((\tilde{x}_s)r_sy_s)\}\}$ проблемных ситуаций, предусматривающие, что человек будет взаимодействовать с ЭВМ, принимая решения о значении параметров, которые не могут быть определены путем поиска решения и которые детерминируют $\{((\tilde{x}_t), y_t)\}$.

В такой постановке задача включает в себя ряд вопросов, имеющих самостоятельный теоретический и практический интерес.

В первую очередь это распознавание проблемных ситуаций, которое в самых общих чертах можно определить как соотнесение проблемных планово-экономических ситуаций $\{((\tilde{x}_k), y_k)\}$, возникающих в процессе функционирования моделируемого объекта, с одним из нескольких заранее определенных классов на основе анализа признаков каждой $((\tilde{x}_k), y_k) \in \{((\tilde{x}_k), y_k)\}$. Особенность этой задачи состоит в том, что при ее решении не могут быть непосредственно использованы модели и аппарат статистической теории распознавания, где задача формулируется как осуществление статистическими методами распознавания конечного количества классов, характеризующихся конечным числом признаков, при априорно заданных вероятностях классов и распределениях вероятностей значений признаков [8].

Объясняется это не только отсутствием алфавита классов ситуаций — в конечном счете такая классификация может и должна быть осуществлена. Объясняется это еще и тем, что, на наш взгляд, основная цель распознавания проблемной планово-экономической ситуации — определение (качественное) тех параметров, задание которых устраняет ее индетерминированность (например, критериев оптимальности), — отодвигает на второй план количественный, статистический аспект распознавания.

Обсуждение вопросов, связанных с принципами классификации планово-экономических ситуаций, выходит далеко за рамки настоящей статьи. В качестве одного из возможных подходов можно указать следующий. Из анализа функционирования обследуемого объекта (планового органа) выявляется совокупность детерминированных проблемных ситуаций $\{((\tilde{x}_k)r_ky_k)\}, k = 1, 2, \dots, n$, с которыми сталкивается плановик в процессе своей работы, и для каждой $((\tilde{x}_k)r_ky_k) \in \{((\tilde{x}_k)r_ky_k)\}$ определяется множество $\{s_k\}$ существенных признаков, отсутствие которых нарушает

ее детерминированность. Алфавит этих признаков $\bigcup_{k=1}^n \{s_k\}$ и может быть

положен в основу классификации и связанных с ней моделей распознавания. В частности, каждую $((\tilde{x}_k)r_ky_k) \in \{((\tilde{x}_k)r_ky_k)\}$ можно задать харак-

теристической функцией алгебры логики от $\bigcup_{k=1}^n \{s_k\}$ переменных.

Ниже приводится модель выбора критериев из нескольких возможных по признакам проблемной ситуации (в дальнейшем — просто ситуации), которую можно также рассматривать как ограниченную модель распознавания ситуаций по используемым критериям.

6°. Рассмотрим множество ситуаций, задаваемых некоторой конечной совокупностью признаков $(x_1, x_2, \dots, x_n) = \{X\}$, каждый из которых может быть или не быть в данной ситуации (в качестве признаков могут быть рассмотрены признаки условий, ограничений, цели и т. д.). На этом множестве ситуаций задано множество возможных критериев $(y_1, y_2, \dots, y_m) = \{Y\}$ их решения, которые также могут использоваться или нет в зависимости от конкретных условий (признаков ситуации). Пусть, далее, множество ограничений применения критериев в зависимости от признаков ситуации задано в виде некоторых функций алгебры логики, определенных на произведении множеств $\{X\} \cdot \{Y\}$

$$\{F_i(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m)\} = \{F_i(X, Y)\}, \quad i = 1, 2, \dots, r. \quad (1)$$

Требуется с учетом этих ограничений определить подмножество ситуаций (т. е. указать признаки этих ситуаций), для решения которых применима та или иная совокупность критериев, например: β_1) один и только один критерий; β_2) k и только k критериев; β_3) не более чем k критериев; β_4) по крайней мере k критериев и т. д.

Предварительно заметим, что по терминологии, предложенной в [2], решения, принимаемые в альтернативной ситуации по единственному критерию, называются простыми в отличие от сложных решений, принимаемых по нескольким критериям. Такое разделение естественно отражает специфику математического моделирования процессов решения, поскольку наибольшие трудности возникают при моделировании именно многокритериальных, или сложных решений, в то время как математический аппарат для однокритериальных, или простых планово-экономических решений, разработан достаточно хорошо. В этой связи задача распознавания таких ситуаций, возникающих в процессе экономического планирования, где применим только один критерий (условие β_1), представляет значительный интерес при создании автоматизированных систем экономического планирования и управления. Не менее важно при моделировании сложных решений распознавание ситуаций, отвечающих условиям β_2, β_3 и β_4 .

Для анализа перечисленных задач можно использовать аппарат характеристических функций алгебры логики. Пусть задано множество $\{M\}$ мощности $m(M) = 2^l$ всех наборов длины l из нулей и единиц: $(\sigma^l) = (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_l)$. Характеристической функцией подмножества $\{\alpha\} \subset \{M\}$ называется функция $\chi_\alpha(z_1, z_2, \dots, z_l) = \chi_\alpha(Z)$, такая, что

$$\chi_\alpha(Z = (\sigma^l)) = \chi_\alpha(z_1 = \sigma_1, \dots, z_l = \sigma_l) = \begin{cases} 1, & \text{если } (\sigma^l) \in \{\alpha\}, \\ 0, & \text{если } (\sigma^l) \notin \{\alpha\}. \end{cases}$$

Очевидно, что всякая функция алгебры логики является характеристической для того подмножества значений своих аргументов, на котором она равна единице. В частности, $\chi_M(Z) \equiv 1$, $\chi_{\sigma^l}(Z) = z_1^{\sigma_1} z_2^{\sigma_2} \dots z_l^{\sigma_l}$, где

$$z_k^{\sigma_k} = \begin{cases} x_k, & \text{если } \sigma_k = 1, \\ \bar{x}_k, & \text{если } \sigma_k = 0. \end{cases}$$

Последняя функция называется элементарной конъюнкцией.

Построим характеристические функции подмножеств, заданных условиями $\beta_1 - \beta_4$. Если вес $\rho(\sigma^m)$ набора $(\sigma^m) = (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m)$ определить как число содержащихся в нем единиц, то, как нетрудно видеть, множество $\{\beta_1\}$ будет состоять из всех C_m^1 наборов веса 1, откуда

$$\chi_{\beta_1}(Y) = \bigvee_{\rho(\sigma^m)=1} y_1^{\sigma_1} y_2^{\sigma_2} \dots y_m^{\sigma_m}$$

Аналогично получим

$$\chi_{\beta_2}(Y) = \bigvee_{\rho(\sigma^m)=k} y_1^{\sigma_1} y_2^{\sigma_2} \dots y_m^{\sigma_m};$$

$$\chi_{\beta_3}(Y) = \bigvee_{\rho(\sigma^m)=1, 2, \dots, k} y_1^{\sigma_1} y_2^{\sigma_2} \dots y_m^{\sigma_m};$$

$$\chi_{\beta_4}(Y) = \bigvee_{\rho(\sigma^m)=k, k+1, \dots, m} y_1^{\sigma_1} y_2^{\sigma_2} \dots y_m^{\sigma_m},$$

где дизъюнкция берется по всем наборам, вес которых соответственно k , не больше k , не меньше k .

Рассмотрим совокупность функций (4), определяющих ограничения применения множества критериев $\{Y\}$. Их конъюнкция

$$K(X, Y) = \bigwedge_{i=1}^r F_i(X, Y) \quad (2)$$

является характеристической функцией множества всевозможных допустимых признаков ситуаций и возможных критериев.

Таблицу значений функций с выделенными двумя группами переменных (в частности, (2)) удобно изображать в виде матрицы размерности $2^n \cdot 2^m$, строки которой соответствуют наборам значений одной группы аргументов, а столбцы — другой (рисунок).

$x_1, x_2, \dots, x_n$		$y_1, y_2, \dots, y_m$	0	$\dots$	$\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m$
		$\{ \beta_1 \}$	10	$\dots$	$\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$K(X = (\sigma^n), Y)$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$K(X, Y = (\sigma^m))$	$\dots$

Функции $\chi_{\beta}(Y)$ также могут быть рассмотрены как функции $\chi_{\beta}(X, Y)$ от $n + m$ переменных, у которых первые n переменных несущественны*. Область их значения представляет собой полосы в этой таблице, соответ-

* Переменная x_k функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ называется несущественной, если $f(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots, x_n) \equiv f(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, \bar{x}_k, x_{k+1}, \dots, x_n)$.

ствующие множествам $\{\beta\} \subset \{M_Y\}$, где $\{M_Y\}$ — множество всех наборов значений аргументов $\{Y\}$.

Пусть требуется найти подмножество $\{\beta_1^*\}$ ситуаций, в которых с учетом ограничений (1) применим только один критерий (условие β_1). Из определения таблицы следует, что любой набор $(\sigma^n) \subset \{\beta_1^*\}$ тогда и только тогда, когда в выделенной подмножеством $\{\beta_1^*\}$ ее полосе имеется по крайней мере одно ненулевое значение функции (2). И вообще, фиксируя любой набор (σ^n) значений $\{X\}$, т. е. некоторую ситуацию, можно получить функцию $K(X = (\sigma^n), Y)$, определяющую логическую зависимость между критериями, применимыми в данной ситуации.

Аналитически это означает следующее. Рассмотрим разложение функции

$$K_\beta(X, Y) = \chi_\beta(Y) \& K(X, Y)$$

по первым n переменным (т. е. по признакам):

$$K_\beta(X, Y) = \bigvee_{(\sigma^n) \neq 0}^{2^n - 1} x_1^{\sigma_1} x_2^{\sigma_2} \dots x_n^{\sigma_n} \times \\ \times K_\beta(x_1 = \sigma_1, \dots, x_n = \sigma_n, y_1, y_2, \dots, y_m).$$

В этом разложении будет ровно столько отличных от нуля членов, какова мощность множества $\{\beta^*\}$, а само оно будет состоять из тех и только тех наборов (σ^n) , для которых

$$K_\beta(X = (\sigma^n), Y) = K_\beta(x_1 = \sigma_1, x_2 = \sigma_2, \dots, x_n = \sigma_n, y_1, y_2, \dots, y_m) \neq 0. \quad (3)$$

Пусть $\theta = 1$ тогда и только тогда, когда выполнено (3). Тогда

$$\bigvee_{(\sigma^n) \neq 0}^{2^n - 1} \theta(\sigma^n) \cdot x_1^{\sigma_1} x_2^{\sigma_2} \dots x_n^{\sigma_n},$$

представляющая собой дизъюнкцию элементарных конъюнкций, и даст характеристическую функцию множества $\{\beta^*\}$, кстати, в совершенной дизъюнктивной нормальной форме.

Характеристическая функция множества $\{\beta^*\}$ может быть получена и другим путем. Фиксируем в таблице любой набор (σ^m) значений аргументов $\{Y\}$ и рассмотрим подмножество значений $\{X\}$, соответствующих ненулевым значениям функции (2) в выделенном столбце. Это подмножество определяет совокупность ситуаций, которым соответствует применение или неприменение критериев, задаваемых набором (σ^m) . Объединение таких подмножеств $\{X\}$ для различных наборов некоторого подмножества значений $\{Y\}$, например $\{\beta\}$, и даст подмножество $\{\beta^*\}$.

Аналитически характеристическая функция $\chi_{\beta^*}(X)$ в этом случае получается из разложения $K_\beta(X, Y)$ по второй группе переменных $\{Y\}$ (т. е. по критериям)

$$K_\beta(X, Y) = \bigvee_{(\sigma^m) \neq 0}^{2^m - 1} y_1^{\sigma_1} y_2^{\sigma_2} \dots y_m^{\sigma_m} K_\beta(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1 = \sigma_1, \dots, y_m = \sigma_m),$$

откуда

$$\chi_{\beta^*}(X) = \bigvee_{(\sigma^m) \in \{\beta\}} K_\beta(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1 = \sigma_1, y_2 = \sigma_2, \dots, y_m = \sigma_m), \quad (4)$$

где дизъюнкция берется по подмножеству $\{\beta\}$, так как характеристическая функция объединения множеств равна дизъюнкции характеристических функций этих множеств.

Выбор того или иного способа зависит от конкретного вида (1) и (2), а также соотношения между числом рассматриваемых признаков и критериев.

Соотношение (4) принимает особенно простой вид в случае использования тех или иных фиксированных критериев. Пусть, например, требуется применить критерии $y_{i_1}, \dots, y_{i_s}$ и только их. Тогда $\{\beta\} = (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m)$, где

$$\sigma_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j = i_1, i_2, \dots, i_s, \\ 0 & \text{в противном случае, и} \end{cases}$$

$$\chi_{\beta}^*(X) = K(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1 = \sigma_1, y_2 = \sigma_2, \dots, y_m = \sigma_m). \quad (4^*)$$

Нетрудно видеть, что приведенная модель имеет двойственный характер, вытекающий из вида вхождения группы переменных $\{X\}$ и $\{Y\}$, т. е. признаков ситуаций и критериев в ограничения (1). Содержательно это означает, что в зависимости от исходных посылок модель может рассматриваться и как модель определения подмножества ситуаций по той или иной заданной совокупности критериев с учетом ограничений (1) (в таком виде она и изложена выше), и как модель определения подмножества критериев, применимых и не применимых в той или иной заданной совокупности ситуаций с учетом тех же ограничений (1) (двойственная к изложенной).

В качестве иллюстрации применения описанной модели рассмотрим простой пример*. Пусть имеется совокупность 16 ситуаций, задаваемых 4-я признаками x_1, x_2, x_3, x_4 , где возможно применение трех критериев y_1, y_2, y_3 . Содержательно ограничения формулируются следующим образом:

- если применим y_1 или y_2 , то в ситуации должен присутствовать только один из признаков x_1 и x_2 и не присутствовать x_4 ;
- если применимы y_2 или y_3 , то в ситуации должен присутствовать по крайней мере один из x_3 и x_4 и не присутствовать ни x_1 , ни x_2 ;
- если y_3 не применяется, то не нужны ни x_1 , ни x_4 ;
- по крайней мере один из критериев применим.

Запишем ограничения формально логически

$$F_1(X, Y) = y_1 \vee y_2 \rightarrow (x_1 + x_2) \bar{x}_4 = (y_1 \bar{y}_2 + y_2) (x_1 + x_2) \bar{x}_4 + \bar{y}_1 \bar{y}_2;$$

$$F_2(X, Y) = y_2 \vee y_3 \rightarrow (x_3 \vee x_4) \bar{x}_1 \bar{x}_2 = (y_2 \bar{y}_3 + y_3) (x_3 \bar{x}_4 + x_4) \bar{x}_1 \bar{x}_2 + \bar{y}_2 \bar{y}_3;$$

$$F_3(X, Y) = \bar{y}_3 \rightarrow \overline{(x_1 \vee x_4)} = \bar{y}_3 \bar{x}_1 \bar{x}_4 + y_3;$$

$$F_4(X, Y) = y_1 \vee y_2 \vee y_3 = \overline{\bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3}.$$

Справа для удобства преобразований функции записаны в базисе, состоящем из конъюнкции, разделительной дизъюнкции и константы 1, причем запись $\bar{x}$ заменяет запись $x + 1$. Конъюнкция (2) имеет вид (после соответствующих преобразований)

$$K(X, Y) = [\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_4 y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 + \bar{x}_1 \bar{x}_2 (x_3 x_4 + x_3 + x_4) \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3].$$

* Подробнее применение аналогичных формально логических методов, но уже при моделировании процесса постановки медицинского диагноза, иллюстрируется в книге Р. Ледли [9].

Содержательный анализ этой функции (она достаточна проста, чтобы можно было обойтись без дальнейших формальных преобразований) показывает, что

— при сделанных ограничениях в любой ситуации применим один и только один критерий;

— критерий y_1 применим в ситуации, задаваемой наличием признака x_2 и отсутствием признаков x_1 и x_4 , независимо от x_3 ;

— критерий y_3 применим в ситуации, задаваемой отсутствием признаков x_1 и x_2 и наличием хотя бы одного из признаков x_3 и x_4 ;

— критерий y_2 не применим ни в одной ситуации.

7°. Построением моделей качественного анализа и распознавания проблемных ситуаций не исчерпывается сфера возможного применения аппарата математической логики при исследовании процессов решений вообще и планово-экономических в частности. Эти модели, относящиеся в основном к первому этапу приведенной в п. 4° схемы процедуры перехода $(A, X) \Rightarrow (ARX)$, лишь подводят к главному объекту логического анализа процессов решения (A, X) — исследованию логической природы тех связей между условиями A и целью X проблемной ситуации, которые лежат в основе построения гипотетической модели ее решения. Одной из целей этого исследования в данном случае является изучение возможностей такой формализации процедуры $(A, X) \Rightarrow (ARX)$, при которой минимизируется доля актов принятия решений, а вместе с ней и доля участия плановика в человеко-машинной модели решения индетерминированных ситуаций $\{(\tilde{x}_t, y_t)\}$ (см. п. 5°).

Поскольку в настоящее время работы по логическому анализу планово-экономических решений находятся скорее в стадии постановки, чем разработки, не представляется возможным привести сколько-нибудь интересных результатов по сформулированной здесь задаче и приходится ограничиваться перечислением некоторых аспектов использования аппарата различных логических исчислений при анализе процессов решения планово-экономических ситуаций.

Под *двузначной логикой* имеются в виду логические системы, в которых высказываниям приписывается одно и только одно из двух возможных значений истинности («истина» или «ложь»). Последнее и определяет область возможного ее применения — анализ и моделирование процессов планирования на таком информационном уровне, который может быть вложен в двузначную схему. Хотя двузначная логика является довольно ограниченной логической моделью, ее существенным преимуществом служит наиболее хорошо (по сравнению с другими логиками) разработанный формальный аппарат, а также тот факт, что существующие дискретные ЭВМ работают именно в этой логике. Кроме приведенных в п. 6° примеров использования аппарата двузначной логики, она может быть также применена при анализе балансовых плановых решений («есть баланс» — «нет баланса»), плановых решений о капитальных вложениях («строить» — «не строить») и других аналогичных процессов планирования.

Однако в практике поиска планово-экономических решений далеко не все утверждения могут быть в точности признаны либо истинными, либо ложными. Ведь само понятие плана как совокупности утверждений о будущих событиях выводит их истинностные значения за рамки двузначности. Плановику, участвующему в процессе разработки планового решения, приходится оперировать с утверждениями, которые он не может считать ни истинными, ни ложными. К таким утверждениям, в частности, относятся широкий класс прогнозов и экспертных оценок, обладающих определенной степенью достоверности. Каково будет значение истинности сложных высказываний и выводов, полученных из утверждений различной

достоверности, — этот вопрос рассматривается в теории *многозначных логик*.

Под многозначной логикой имеются в виду логические исчисления, в которых высказываниям может приписываться любое конечное или даже счетное множество истинностных значений. В зависимости от целей исследования могут быть заданы самые различные варианты значений истинности. Например, рассматривая в качестве последних достоверность утверждений (прогноза, экспертной оценки и т. д.), можно пытаться использовать аппарат многозначной логики при анализе процессов поиска планово-экономических решений в условиях риска или при полной неопределенности.

К числу многозначных логик относится и *модальная логика*, рассматривающая модальные операторы «возможно, что...», «необходимо, что...» и их отрицания. Модальности неотделимы от логики процесса поиска планово-экономических решений. В самом деле, этот процесс включает:

- возможность изменения плановых показателей, задающих условия проблемной ситуации, в определенных пределах и, как следствие,
- возможность нескольких допустимых вариантов решений,
- необходимость фиксирования критерия выбора цели в альтернативной ситуации,
- возможность или необходимость учета ряда ограничений и т. д.

При использовании в качестве критерия выбора шкалы предпочтения также приходится оперировать с модальностями, когда речь идет о возможности или необходимости отдать предпочтение тому или иному варианту. В конечном счете сам акт решения проблемной ситуации (альтернативной) — это превращение возможности данной альтернативы в необходимость. Поэтому, на наш взгляд, человеко-машинное моделирование процессов решения индетерминированных проблемных ситуаций невозможно без привлечения аппарата модальной логики.

В частности, представляет интерес использование для этих целей исчислений логики так называемых деонтических, или нормативных модальностей. В первом приближении *деонтическую логику* можно определить как логику, исследующую структуры прескриптивных (предписывающих) рассуждений, которые выражают нормативное действие, в отличие от дескриптивных (описывающих) рассуждений, которые дают обзор действительности и могут рассматриваться как информативные, или фактические. Частным случаем предписаний, или норм, являются собственно команды (императивы) — приказы, директивы, инструкции, распоряжения и т. п. Поэтому деонтическую логику можно рассматривать и как формальную теорию императивов.

Уже из такого краткого определения предмета деонтической логики* очевидно, что процессы поиска и принятия планово-экономических решений, результатом (а нередко и исходными данными) которых являются именно нормативные, предписывающие утверждения, могут послужить основой для построения соответствующей деонтической логики. В конечном счете весь народнохозяйственный план (а это нормативная категория), составленный на основе контрольных цифр (опять нормативная категория), представляет собой не что иное, как совокупность нормативных утверждений.

* Несмотря на то, что нормативные понятия широко используются, их логика мало разработана, мало известна и находит пока еще очень слабое приложение. Особенно это относится к отечественным исследованиям. Насколько нам известно, в настоящее время имеется только одна (обзорно-критическая) статья А. А. Ивина [10] о результатах, полученных зарубежными учеными в этой области, с обширной библиографией (213 наименований).

Нельзя не упомянуть и об *индуктивной логике*, умозаключения которой, как известно, отличаются от дедуктивных тем, что заключение первых никогда не следует из посылок с логической необходимостью. Посылки лишь в той или иной степени подтверждают или делают вероятным заключение, но не обеспечивают его достоверности. В практике народнохозяйственного планирования имеется довольно широкий класс плановых решений, которые находятся по индуктивной схеме и для которых проблематична степень подтверждения — это различные предсказания и прогнозы. Формирование шкалы предпочтения как критерия многих плановых решений определяется также индуктивным путем через сравнительные степени подтверждения гипотез о предпочтении того или иного варианта выбора экономических показателей (например, распределения капитальных вложений). Этот список можно было бы и продолжить: в конечном счете сама схема решения проблемной ситуации, как отмечалось выше, имеет индуктивно-дедуктивный характер. К сожалению, именно индуктивные выводы, формулирующие гипотезы, труднее всего поддаются формализации. Только тщательное изучение эвристического аспекта процессов народнохозяйственного планирования сможет дать ответ на вопрос о том, насколько эти трудности преодолимы в каждой конкретной планово-экономической ситуации.

8°. В заключение заметим, что перечисленные выше направления и некоторые возможные подходы к логическому анализу планово-экономических решений никак не исчерпывают всех вопросов, связанных с разработкой этой проблемы, и приведены автором с единственной целью — привлечь внимание как логиков к исследованию структуры процессов планирования, так и экономистов-математиков к логическому аспекту моделирования этих процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Г р е н е в с к и й. Логика и кибернетика планирования. В сб. Электронное моделирование и машинное управление в экономике. М., «Мир», 1965.
2. Е. З. М а й м и н а с. Процессы планирования в экономике (информационный аспект). Вильнюс, «Минтис», 1967.
3. Вычислительные машины и мышление. Сб. переводов. М., «Мир», 1967.
4. У. Р о с с Э ш б и. Схема усилителя мыслительных способностей. В сб. Автоматы. М., Изд-во иностр. лит., 1956.
5. В. Н. П у ш к и н. Оперативное мышление в больших системах. М.—Л., «Энергия», 1965.
6. D. M. M a s k a y. Operational aspects of intellect. In: Mechanisation of thought processes. London, 1959, v. 1.
7. Handbook of Organizations. ed. by J. G. March, RAND McNally & Co, Chicago, 1965.
8. Вопросы статистической теории распознавания. Под ред. Б. В. Варского. М., «Сов. радио», 1967.
9. Р. Л е д л и. Программирование и использование вычислительных машин. М., «Мир», 1966.
10. А. А. И в и н. Некоторые проблемы теории деонтических модальностей. В сб. Логическая семантика и модальная логика. М., «Наука», 1967.

Поступила в редакцию
9 I 1968