

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

СИСТЕМА ИМИТАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

А. Д. СМЕРНОВ

(Москва)

В ЦЭМИ АН СССР ведутся исследования по построению и анализу систем принятия решений. Реализация таких систем на ЭВМ позволяет в экспериментальных условиях исследовать свойства и структуру поведения больших объектов и выявить взаимозависимости между факторами, имеющими различную социально-экономическую природу [1]. Разработана система машинной имитации решений (МИР-I) и в настоящее время разрабатывается система МИР-II. В качестве одного из методологических подходов к формальному описанию поведения систем принят язык конечных автоматов.

Данная работа, выполненная автором во время научной командировки в Йоркский университет (Торонто, Канада), имела своей целью иллюстрировать возможности структурного описания поведения систем на языке конечных автоматов.

В целом система имитации основана на следующих предположениях.

1. Система международных валютно-финансовых отношений может быть описана через определенным образом организованную совокупность обменных курсов национальных валют.

2. Существуют (и могут быть явно выражены) взаимосвязи между факторами, влияющими на уровень национальной валюты, и состоянием обменного курса. В качестве факторов, влияющих на уровень национальных валют, выбираются темпы экономического развития и инфляции. Между темпом экономического развития и темпом инфляции не предполагается явной взаимозависимости, поскольку это связано с более детальным описанием структуры экономического развития отдельных стран.

3. Состояния системы в целом и отдельных подсистем могут быть качественно различимы (и упорядочены).

4. Влияние отдельных подсистем друг на друга одинаково, т. е. предполагается равенство «размеров» отдельных подсистем (игроков в имитационной системе).

5. Принятие решений в области валютно-финансовых отношений осуществляется на уровне отдельных подсистем (игроков). Иными словами, отсутствует орган управления системой в целом.

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Система имитации международных валютно-финансовых отношений представляет иерархически организованную систему конечного числа понятий, которая анализируется на четырех уровнях иерархии. Полное описание структуры системы дается следующим графом (рис. 1).

Высший уровень иерархии, который определяет качество системы в целом, т. е. свойство всей совокупности внешних и внутренних валютно-финансовых отношений, представляется признаком, обозначенным через *REX*. В рамках принятой нами гипотезы имитации общим свойством системы валютно-финансовых отношений принято считать ее устойчивость, выражающуюся в стабильности национальных и международных (обменных) курсов валют. На втором уровне иерархии графа структуры системы находятся признаки, характеризующие свойства отдельных подсистем, т. е.

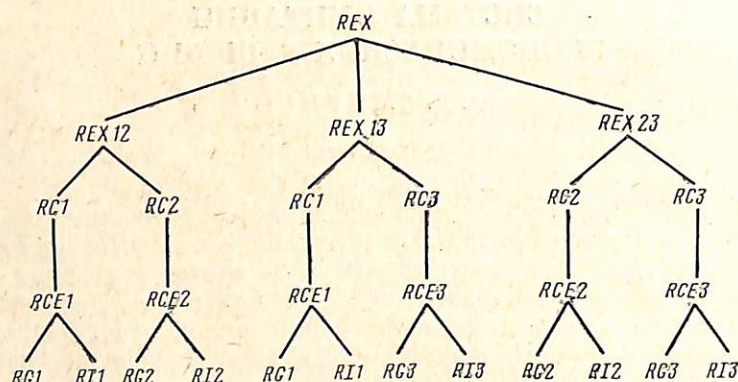


Рис. 1. Структура системы имитации международных валютно-финансовых отношений

уровни отдельных обменных курсов между национальными валютами (*REX_{ij}*). Показатель *RC* с соответствующим индексом характеризует национальную валюту на третьем уровне иерархии соответственно по каждому из «игроков», представленных в данной имитационной системе. Наконец, на четвертом уровне представлены два признака — факторы, влияющие на национальную валюту с точки зрения внутренних условий. В данной системе принято считать, что такими факторами являются темп развития национальной экономики в физическом выражении (в неизменных ценах) *RG* и темп внутренней инфляции *RI*.

Конечно, данная система весьма неполно и грубо описывает реально существующие международные валютно-финансовые отношения, однако с точки зрения качественных экономических соображений вполне естественно выделить соотношение между темпом роста национальной экономики и темпом инфляции как важнейший фактор, влияющий на уровень национальной валюты. При более полном (и адекватном) описании необходимо, конечно, учитывать воздействие платежных и торговых балансов стран на устойчивость валютных курсов. Однако, если принять конкурентоспособность продукции на международном рынке фиксированной и пренебречь влиянием золотого стандарта, то выделенные в системе факторы будут проявлять себя через соотношения платежных (или торговых) балансов. Поэтому в нашей простейшей модели предположение о непосредственном воздействии темпов роста и инфляции на валютный курс используется для сокращения множества комбинаций факторов, которое появилось бы в связи с необходимостью введения дополнительных уровней иерархии в системе.

Для определения характера изменений признаков, представленных в структуре имитационной системы, используются следующие предположения.

RG и RI , т. е. темп роста и темп инфляции, являются переменными, которые принимают три дискретных значения. Например, $+1$; 0 ; -1 .

Если речь идет о RG , то значение $+1$ говорит о развитии экономики данной страны с высоким устойчивым темпом; 0 — экономика развивается сбалансированно, однако невысоким темпом; -1 — несбалансированное экономическое развитие с низким темпом роста. Соответственно для RI -1 означает высокий уровень инфляции, 0 — умеренную инфляцию, $+1$ — низкий уровень инфляции. Если использовать стандартные выражения, встречающиеся в литературе, посвященной обзорам валютно-финансового положения, то $+1$; 0 ; -1 означают соответственно процессы скрытой, ползучей и галопирующей инфляции.

Поскольку уровень национальной валюты, в соответствии с предположениями модели, определяется соотношением между темпами (физического) роста экономики и инфляции, то на втором уровне иерархии имитационной системы выделяется пять классов ситуаций. Иными словами, RCE , являющаяся функцией двух переменных RG и RI , т. е. $RCE = f(RG, RI)$, принимает пять дискретных значений: -2 ; -1 ; 0 ; 1 ; 2 . Например, $RCE = -2$ характеризует ситуацию с низким темпом внутреннего экономического развития при высоком темпе инфляции.

Совокупность значений RCE агрегирована в три различных класса ситуаций, которые можно выделить, анализируя экспертно уровни национальных валют. Система агрегирования представлена в табл. 1.

Таблица 1

RC	-1	0	$+1$
RCE	-2 ; -1	0	$+1$; $+2$

Таблица 2

REX	$RC\ 1$	$RC\ 2$	$RC\ 3$	REX	$RC\ 1$	$RC\ 2$	$RC\ 3$
10	$+1$	$+1$	$+1$	5	$+1$	0	0
9	0	0	0	4	0	-1	-1
8	-1	-1	-1	3	$+1$	-1	0
7	$+1$	$+1$	0	2	$+1$	$+1$	-1
6	0	0	-1	1	$+1$	-1	-1

Таким образом, для уровня национальных валют выделяется три класса ситуаций, в зависимости от того, какой символ: $+1$ (высокий и устойчивый уровень национальной валюты); 0 (умеренно высокий уровень), -1 (низкий, неустойчивый уровень национальной валюты) присваивается переменной RC . Понятие устойчивости национальной валюты связано с понятием уровня национальной валюты и определяется соотношением факторов, влияющих на этот уровень, т. е. темпов роста национальной экономики и инфляции.

Возможные сочетания RG и RI характеризуют всю совокупность разнообразных ситуаций, которые могут возникать в модели при описании положения национальной валюты. В пределах нашей гипотезы выделено девять различных ситуаций ($A, B, C, D, E, F, G, H, K$). A символизирует состояние национальной валюты, складывающееся под воздействием низкого и неустойчивого темпа развития, сопровождающегося высокой нормой инфляции. B обозначает комбинацию низкого темпа экономического развития в сочетании с умеренным темпом инфляции. Путем аналогичных рассуж-

дений идентифицируются C, D, F, G, H, K . Таким образом, все девять ситуаций формируют полное множество качественно различных ситуаций.

Понятие обменного курса представлено через переменную $REX_{IJ} = REX(RCI, RCJ)$, которая также принимает три дискретных значения: $+1$ — устойчивый обменный курс, т. е. фиксированная норма обмена между валютой I и валютой J ; 0 — частичные противоречия между валютами I и J , а именно колеблющийся (вверх или вниз) курс валюты I относительно валюты J ; -1 — локальный валютно-финансовый кризис, т. е. девальвация валюты I относительно валюты J .

Значения функции REX_{IJ} вычисляются следующим образом

$$REX_{IJ} = \begin{cases} +1, & \text{если } |RCI - RCJ| = 0, \\ 0, & \text{если } |RCI - RCJ| = 1, \\ -1, & \text{если } |RCI - RCJ| = 2. \end{cases}$$

Поскольку в данной системе имитации предположено наличие только трех игроков, то ситуации, выделенные на уровне системы в целом, могут быть выражены через переменную REX , принимающую десять дискретных значений. Табл. 2 характеризует смысл переменной, каждое значение которой символически определяет качественно однотипную ситуацию в совокупности условий международной системы валютно-финансовых отношений.

Значение $REX = 10$ показывает международную стабильность при одновременной ревальвации всех валют; равное 9 — стабильность при фиксированных уровнях национальных валют; равное 8 — стабильность при одновременной девальвации всех валют. Значения REX от 7 до 4 показывают условия частичной устойчивости международных валютно-финансовых отношений, т. е. те или иные сочетания колеблющихся (плавающих) курсов. Наконец, значения REX от 3 до 1 означают нестабильность международных валютно-финансовых отношений, связанную с одной или двумя девальвациями (либо ревальвациями) национальных валют.

Итак, на основе сделанных заключений можно описать все логически возможные (в заданной гипотезе) ситуации, возникающие в системе имитации на уровне отдельного игрока (представляемого через уровень «национальной» валюты) подсистемы или произвольно пары партнеров (обменный курс) и системы валютно-финансовых отношений в целом (устойчивость).

Описав логические предпосылки различения состояний системы, перейдем к возможности описания ее динамики.

СТРУКТУРА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ

Описание динамики системы валютно-финансовых отношений может быть задано через многообразие переходов из одного качественного состояния системы в другое [2]. Для этого примем следующую схему рассуждений. Предположим, что общие результаты валютно-финансовой политики, которую проводят игроки системы, выражаются в изменении курса национальной валюты, в изменении курса обмена валют, что приводит либо к стабилизации, либо к дестабилизации (полной или частичной) международной системы валютно-финансовых отношений в целом. Процессы переходов могут быть описаны деревом решений (политик) управления курсом национальной валюты и (частично с позиции конкретного игрока) управления обменным курсом. Это представлено на графе (рис. 2), где перемен-

ная верхнего уровня характеризует набор всевозможных решений (политик) в валютно-финансовой области; на втором уровне иерархии представлены переменные, показывающие цели управления; на третьем — разнообразные стратегии (действия) валютно-финансовой области.

Таким образом, под термином «валютно-финансовая политика» мы будем подразумевать единство — дихотомию, состоящую из определенной цели, т. е. изменение переменной второго уровня иерархии и действий — определенного набора изменения переменных на третьем уровне иерархии. Или, формально [3], конкретное решение $R_{\alpha\beta}$ является отображением произведения элемента G_{α} множества целей G и элемента $U_{\alpha\beta}$ множества неопределенностей U на элемент S_{β} множества стратегий S , т. е.

$$R_{\alpha\beta} : G_{\alpha} \times U_{\alpha\beta} \rightarrow S_{\beta}.$$

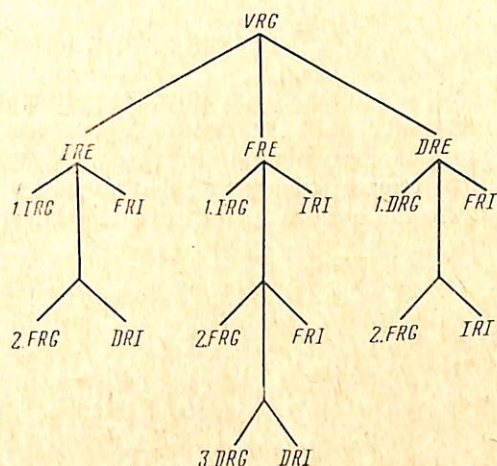


Рис. 2. Дерево возможных решений по управлению уровнем валюты

В качестве целей управления выделены три цели: «повышение» (IRE), «стабилизация» (FRE) и «понижение» уровня национальной валюты (DRE). В качестве действий выделяются различные комбинации значений факторов, влияющих на уровень национальной валюты, т. е. мероприятия, приводящие к изменениям в темпах экономического развития (IRG, FRG, DRG) или инфляции (IRI, FRI, DRI), следовательно, к изменению их соотношений.

Как видно из данного дерева принятия решений, реализация целей IRE и DRE связана с двумя стратегиями, достижение цели FRE возможно в результате использования трех стратегий. К цели IRE приходят, используя стратегию {IRG, FRI}, т. е. повышение внутреннего темпа развития при стабилизации внутреннего темпа инфляции. Эта же цель может быть достигнута стратегией {FRG, DRI}, т. е. мероприятиями, направленными на уменьшение внутренней инфляции в сочетании со стабильным курсом экономического развития.

Цель FRE достигается стратегией {IRG, IRI}, что означает проведение мероприятий, направленных на повышение темпа развития при одновременном использовании инфляционных средств; либо стратегией {FRG, FRI}, т. е. стабилизацией как темпа экономического развития, так и темпа инфляции; либо стратегией {DRG, DRI}, которая заключается в уменьшении темпа экономического развития при одновременном уменьшении инфляции.

Цель DRE может быть реализована одной из двух стратегий: либо {DRG, FRI}, предусматривающей уменьшение темпа внутреннего развития при фиксированном темпе инфляции, либо {FRG, IRI}, означающей фиксацию темпа экономического развития при увеличении внутренней инфляции.

Следует отметить, что из рассмотрения выпали две логически допустимые политики, которые могут быть представлены сочетаниями одновременного повышения внутреннего темпа развития и сокращения инфляции либо, напротив, одновременного падения экономического развития при быстром развитии инфляционных процессов. Эти две стратегии исключе-

ны, поскольку трудно представить себе ситуации, позволяющие реализовать экономические мероприятия антиинфляционного характера с одновременным повышением темпа экономического развития. Другая стратегия, хотя и более реалистическая, была исключена по соображениям симметрии дерева принятия решений. Следует подчеркнуть, что дополнение дерева решений этими стратегиями не затронуло бы существенно качественных предположений, на которых основана имитация международных валютно-финансовых отношений.

СЦЕНАРИЙ ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМЫ

Если рассмотреть проблему использования дерева принятия решений на множестве качественных состояний системы, которые выделены на уровне каждого конкретного игрока или «экономики», то сценарий поведения системы валютно-финансовых отношений может быть представлен в виде конечного автомата FA [4], граф которого имеет структуру, пока-

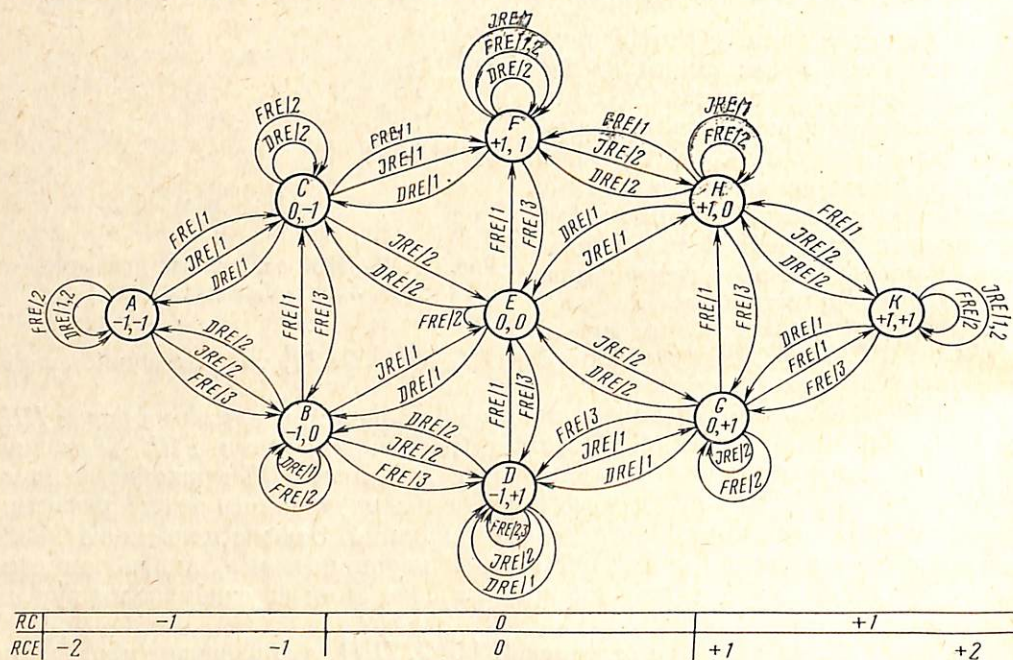


Рис. 3. Сценарий поведения подсистемы в форме графа конечного автомата

занную на рис. 3. Конечный автомат $FA = FA(Q, X, Y, \lambda, \delta)$, где $Q = \{A, B, C, D, E, F, G, H, K\}$ — конечный алфавит состояний; $X = \{IRE, FRE, DRE\}$ — конечный алфавит целей (входов); $Y = \{1, 2, \dots, 7\}$ — конечный алфавит стратегий (выходов); $\lambda: X \times Q \rightarrow Y$ — функция выхода; $\delta: X \times Q \rightarrow Q$ — функция перехода, является формальным представлением поведения системы валютно-финансовых отношений на уровне отдельного игрока (партнера), являющегося подсистемой международных валютно-финансовых отношений.

Конечному автомату FA может быть дано эквивалентное графу табличное представление, часть которого приводится в табл. 3. FA — это структурное выражение сценария возможных политик, состояний и пере-

ходов системы, которые характеризуют поведение валютно-финансовой системы на уровне отдельного объекта, или «страны», что справедливо, поскольку было предположено, что экономические решения принимаются на уровне отдельной подсистемы, или игрока, и в качестве факторов, влияющих на уровень национальной валюты, а следовательно, и на обменные курсы, выделяются факторы экономического развития и внутренней инфляции.

Смысл сценария может быть охарактеризован следующими рассуждениями. Если система находится в состоянии A , т. е. характеризуется низким темпом экономического развития в сочетании с высоким темпом

Таблица 3

Q	A			B			C		
	IRE	FRE	DRE	IRE	FRE	DRE	IRE	FRE	DRE
Y	1 2	1 2 3	1 2	1 2	1 2 3	1 2	1 2	1 2 3	1 2
Q	CB	CAB	AA	ED	CBD	BA	FE	FCB	AC

инфляции, то принятие политики $IRE/1$ переводит систему в состояние C , поскольку это связано с повышением темпов экономического развития при фиксированном темпе инфляции. Если в том же состоянии A будет предпринята $IRE/2$, то система перейдет в состояние B , поскольку это связано с фиксацией темпа экономического роста при уменьшении темпа инфляции. Политика $FRE/1$, несмотря на то, что цель ее заключается в стабилизации уровня национальной валюты, тем не менее в данной ситуации A является политикой улучшения, поскольку она предусматривает повышение темпа экономического развития при одновременном повышении инфляции. Это объясняется тем, что в принятой гипотезе, опирающейся на качественное различие лишь девяти ситуаций, инфляционные процессы не могут быть больше, чем в ситуации A , включающей компоненту $RI = -1$. Следовательно, если реализуется политика $FRE/1$, то сохранение высокого темпа инфляции при увеличении темпа развития приведет к перемещению системы из состояния A в состояние C . Соответственно политика $FRE/3$ переводит систему из состояния A в состояние B , т. е. также является политикой «улучшения», так как предполагает одновременное уменьшение инфляционных процессов при уменьшении темпа развития, однако последнее также не различимо в пределах данной гипотезы. И наконец, политики $FRE/2$, $DRE/1, 2$ относятся к группе решений, сохраняющих для системы состояние A .

Используя аналогичные несложные рассуждения, можно построить всевозможные переходы между различными состояниями национальных экономик, которые реализуются комбинациями трех целей, семи стратегий и девяти состояний. Например, сценарий поведения системы в состоянии B может быть записан как $((B \wedge IRE) \subset 1) \subset E$.

Следует отметить одну особенность, характерную для данного конечного автомата, представляющего структурное описание сценария развития валютно-финансовых отношений. Оказывается, что классификация политики, т. е. отнесение конкретной политики к классу повышения, понижения или стабилизации уровня национальной валюты, только на основании структуры дерева принятия решений в значительной степени бессмысленно. Необходимо для этого рассматривать сочетание целей стратегий и конкретных ситуаций, так как одна и та же политика, как видно из данного сценария, примененная к различным качественным состояниям, может

давать совершенно различные результаты. Например, политика *IRE/1* может являться политикой «повышения», если она применяется в состоянии *A*, или политикой сохранения, если она применяется в состоянии *F*, либо в состоянии *K*. Однако по своей буквальной интерпретации (дихотомия цели, направленной на повышение уровня национальной валюты при использовании стратегии, заключающейся в повышении темпа экономического развития при фиксации внутренней инфляции) она является политикой, относящейся к классу «повышения» уровня национальной ва-

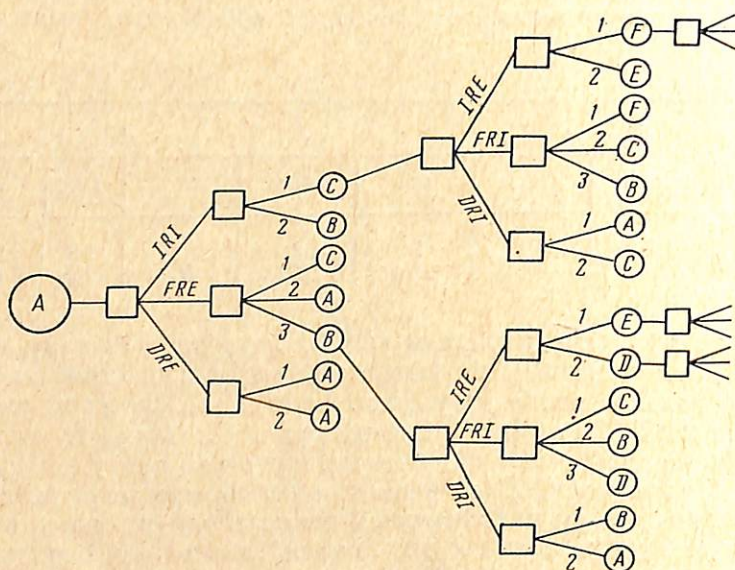


Рис. 4. Структура принятия решений в имитационной системе

люты. Подобное обстоятельство может рассматриваться в пользу использования языка конечных автоматов как формального средства описания процесса принятия решений (в данном случае в области валютно-финансовых отношений), которое использует три основных типа категорий: состояния системы, целей (или входа) и стратегий (или выхода).

Представление сценария в виде конечного автомата может легко быть трансформировано как дерево принятия решений, однако с использованием категории состояний. Часть дерева принятия решений представлена на рис. 4, где квадраты являются операторами выбора, либо целей, исходя из данного состояния, либо стратегии, исходя из некоторой фиксированной цели.

Процесс принятия решений по данной схеме можно представить в виде следующих этапов. На первом этапе анализируется исходное состояние. На втором этапе просматриваются наиболее общие направления изменения данного состояния, которые по существу соответствуют выдвижению определенной группы целей и выбору наиболее реалистической цели. Третий этап — это отбор стратегий на подмножестве допустимых стратегий в пределах выбранной цели. Наконец, последний этап заключается в оценке результатов, причем результатом процесса решения является новое состояние, в которое перешла система.

В пределах весьма общей гипотезы описания валютно-финансовых отношений, в силу неполноты множества понятий, возникает неопределенность. Природа неопределенности может быть объяснена неполной струк-

туризованностью введенных понятий, а также абстрагированием от многих, весьма существенных, факторов, влияющих в реальной действительности на процессы принятия решений. Принимая во внимание возникновение неопределенности, по-видимому, можно считать, что процесс принятия решений может строиться по вероятностным законам, где каждому из элементов процесса принятия решений ставится в соответствие некоторое число, являющееся количественной оценкой неопределенности.

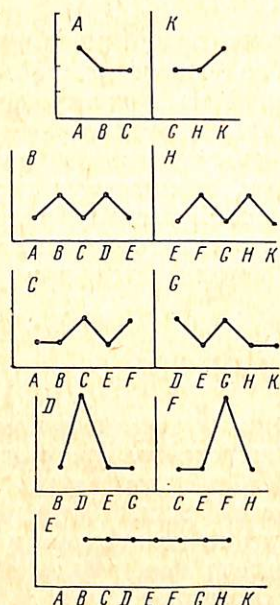


Рис. 5. Распределения вероятностей появления новых состояний

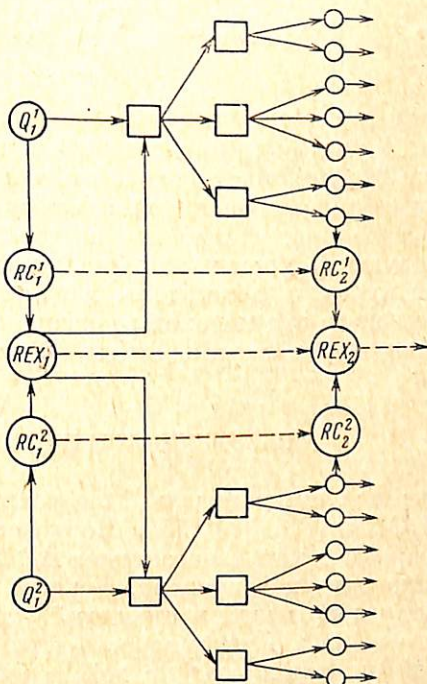


Рис. 6. Принципиальная схема поведения системы

Таким образом, с точки зрения лица, принимающего решения, каждая из трех возможных целей развития в конкретной ситуации, ассоциируется с некоторыми числами, сумма которых равна единице. Иными словами, утверждается, что лицо, принимающее решение, производит выбор одной из трех возможных целей, причем в качестве простейшего критерия такого выбора можно считать, что принимается та цель, которой соответствует наибольшая субъективная вероятность [5].

На следующем этапе принятия решений, в предположении, что реализуется некоторая цель, производится выбор между стратегиями также по числу, соответствующему наибольшей вероятности из пучка стратегий, которые принадлежат данной цели. Поскольку предполагается, что все состояния в пределах конечного автомата составляют полную группу несовместных событий и эти события независимы друг от друга, то для оценки появления события, заключающегося в переходе к фиксированному новому состоянию, можно суммировать вероятности всех переходов системы из исходного состояния в новое. Интересно отметить, что в результате экспериментального анализа ситуаций выделяется ряд противоречий между «наиболее реалистичной» политикой, т. е. совокупностью целей и стратегий, и «наиболее реалистичными» результатами. Формальная структура переходов системы по последовательности состояний выра-

жаются априорными законами распределения вероятностей состояний которые представлены на рис. 5.

Если известны априорные вероятности состояний $p(Q)$, условные вероятности использования целей в данном состоянии $p(X|Q)$ и условные вероятности использования стратегий при выполнении определенных целей $p(Y|XQ)$, то можно рассчитать вероятности перехода системы из состояния Q_1 в состояние Q_2 по формуле

$$p(Q_2|Q_1) = \sum_{(X,Y): Q_1 \rightarrow Q_2} p(Y|XQ) p(X|Q) p(Q).$$

В целом динамика системы, опирающаяся на изложенные выше представления, может быть представлена в виде блок-схемы (рис. 6).

Анализ этой схемы показывает, что каждый из трех игроков независимо производит выбор целей и выбор стратегий, осуществляет переход в новое состояние. По новым состояниям рассчитываются показатели, характеризующие уровни национальных валют, оцениваются переменные обменного курса и показатель, характеризующий систему в целом. На следующем шаге эти переходы повторяются и рассчитываются новые значения переменных систем. Таким образом, организуется динамика системы.

ОБСУЖДЕНИЕ И НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ

Изложенная выше модель была реализована на терминальном устройстве 2741 ЭВМ IBM 370/155 в Йоркском университете. Программа написана на варианте машинного языка APL, разработанном там же *. Модель реализована в двух вариантах. Первый, чисто машинный вариант предусматривает выбор целей и стратегий для каждого из игроков на основе случайного поиска. Правомочность такого подхода может быть объяснена неполнотой описания реально действующей системы связей и, следовательно, неполнотой сведений о структуре операторов, принимающих решения, т. е. операторов, ставящих в соответствие с состоянием некоторую определенную цель и выбирающих стратегию в пределах поставленной цели.

Во втором, человеко-машинном варианте решения первого игрока принимаются экспертом, производящим оценку как внутреннего, так и внешнего положения. На основе анализа обменных курсов и состояния международной валютно-финансовой системы эксперт проставляет априорные вероятностные оценки ситуациям, в соответствии с которыми производится выбор цели или стратегии. На основе этих оценок автоматически либо экспертом (если необходимо оценить степень риска) производится расчет вероятности перехода в следующее состояние. Остальные игроки осуществляют свой выбор на основе случайного поиска решения, допустимого в данной ситуации.

В результате серии экспериментов на ЭВМ, насчитывающих около 200 циклов с заданными начальными условиями, можно увидеть следующие особенности построенной системы.

1. Система характеризуется достаточно высокой устойчивостью в том смысле, что в течение многих циклов переходы осуществляются не последовательно из состояния в состояние, а вдоль дуг, возвращающих ее в предшествующее состояние. Например, один из экспериментов харак-

* Система программ SIMUL, имитирующая поведение объектов, была составлена С. П. Медовым под руководством автора.

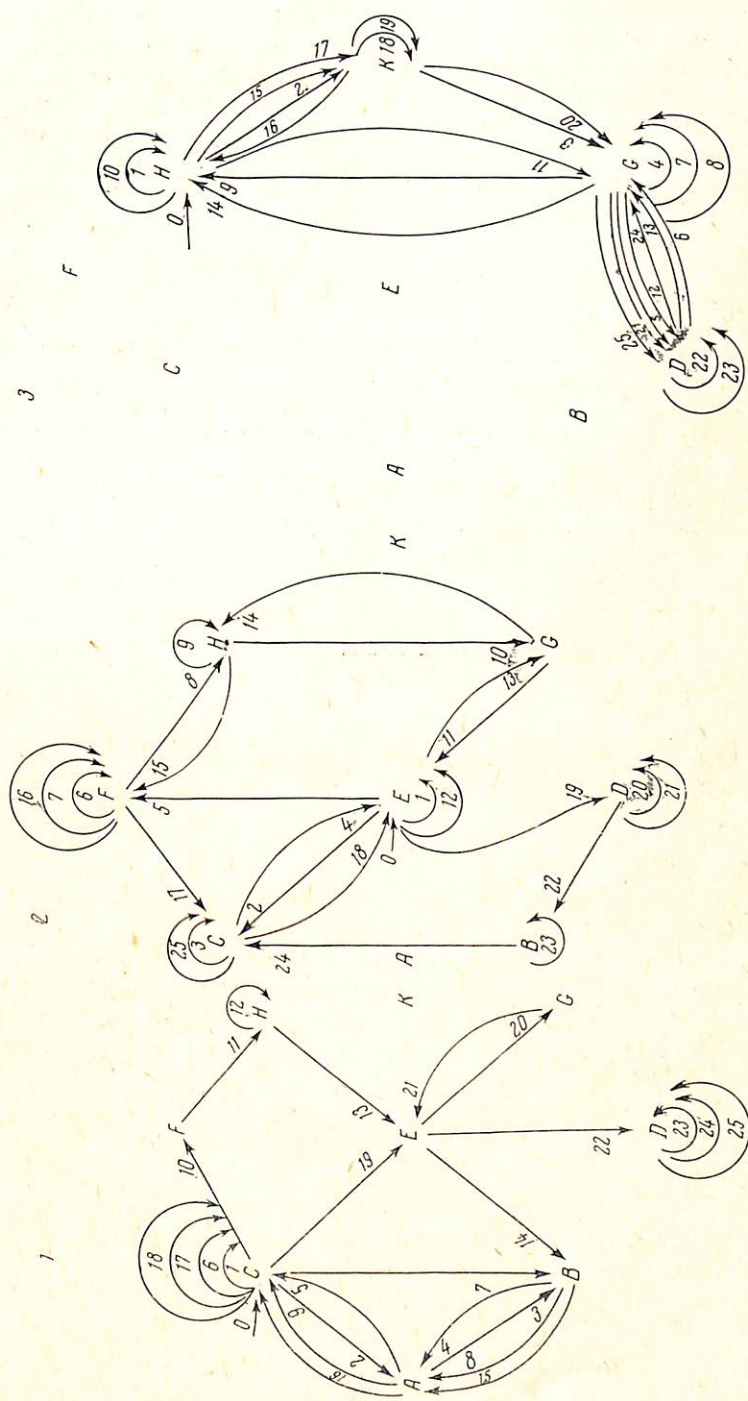


Рис. 7. Экспериментальные траектории поведения игроков в системе имитации: 1 -- 1-й партнер, 2 -- 2-й партнер, 3 -- 3-й партнер

теризуется графами переходов, представляющими поведение партнеров системы (рис. 7).

2. Анализ априорных законов распределения вероятностей перехода в новое состояние показывает, что влияние случайного выбора политик в значительной степени элиминируется введением структуры в данную систему. Это, собственно, и может служить частичным объяснением поведения конкретных игроков в результате машинных экспериментов.

В целом, конечно, аспект взаимодействия случайного поиска в определенной структуре требует дальнейшего анализа и теоретического обоснования, равно как и дополнительных экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Федоренко, Е. Майминас. К организации процесса принятия экономических решений. Вопросы экономики, 1971, № 3.
2. А. Д. Смирнов. Моделирование и прогнозирование социалистического воспроизводства. М., «Экономика», 1970.
3. M. Mesarovic, D. Mastro, Y. Takahara. Theory of Hierarchical, Multilevel Systems. N. Y., Academic Press, 1970.
4. Н. Е. Кобринский, Б. А. Трахтенброт. Введение в теорию конечных автоматов. М., Физматгиз, 1962.
5. H. Raiffa. Decision Analysis. Addison — Wesley, Mass., 1968.

Поступила в редакцию
27 XI 1972