

2. Эйрес Р. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование. М., Изд-во "Мир", 1971.

3. Иванидов Ю.П., Моисеев Н.Н., Петров А.А. Некоторые математические вопросы программного управления экономической системой. В сб.: "Кибернетику - на службу коммунизму". Т.8. М., Изд-во "Энергия", 1971.

4. Иванидов Ю.П., Петров А.А. Динамическая модель расширения и перестройки производства (м-модель). В сб.: "Кибернетику - на службу коммунизму". Т.8. М., Изд-во "Энергия", 1971.

5. Лебедев В.Ю. Приближенный алгоритм решения задачи линейного программирования. Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1974, 14, № 4.

6. Дюкалов А.Н., Иванов Ю.Н., Токарев В.В. Принципы моделирования на ЭВМ систем экономического управления. Автоматика и телемеханика, 1973, № 12, 1974, № 1.

А.В.ЛОТОВ, О.Л.ЧЕРНЫХ

ОБ ИМИТАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ С МОДЕЛЯМИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ

Имитационные исследования в последние два десятилетия получили широкое распространение и стали эффективным средством анализа сложных систем. Большинство работ по имитации посвящено исследованию сложных проблем, достаточно хорошо изученных для того, чтобы можно было построить адекватную математическую модель изучаемого объекта. Однако существует значительное количество важных задач, где мы еще не умеем строить адекватные модели изучаемых объектов. К таким относятся задачи изучения экономических механизмов. Трудности построения математических моделей в этом случае связаны с плохим пониманием закономерностей поведения отдельных людей и их коллективов. Поэтому при изучении экономических механизмов нельзя применять методику обычного имитационного исследования. На этот факт в последнее время обращается все большее внимание [1,2].

Предлагаемая работа посвящена моделированию некоторых сторон хозяйственного механизма. Сформулируем некоторые принципы подхода к решению поставленной задачи.

1. При анализе экономических механизмов имитационные эксперименты проводятся с целью проверки различных гипотез об изучаемой системе.

2. Необходимо использовать опыт и методы исследования, накопленные в естественных науках. В частности: а) формировать простые и ясные гипотезы и экспериментировать с моделями таких объектов, которые удает-

где α^i - некоторая постоянная.

Предполагается, что экстенсивные факторы производств (основные фонды, количество рабочих) не меняются, т.е. производственная мощность может быть лишь за счет увеличения эффективности производства. Считается, что в период выпуска продукции $X^i(t)$ может находиться в пределах $X^i_{\max}(t) - 1$, где $X^i_{\max}(t)$ - максимальное возможное количество выпуска. Затраты усилий администрации предприятия на повышение эффективности производства по формуле

$$R^i(t) = \frac{X^i_{\max}(t) - X^i(t)}{X^i(t) - 1}$$

где R^i - усилия.

Принятие решения администрации предприятия в данной задаче описывается на основе следующей концепции.

1. Принятое решение воздействует на конечное число показателей, определяющих административную деятельность. В производстве показателей можно выделить множество благоприятных результатов. Центр административной деятельности в поддержании показателей предприятия в этом множестве.

2. Принцип множества благоприятных результатов состоит от показателей других предприятий.

3. Административная модель имеет модель окружающей среды, на основании которой оценивает последствия своих действий. Эта модель является субъективной (отражает объективный мир приближенно) и адаптивной (в ней концепция развивается).

Алгоритм принятия решения, построенный на основе описанной концепции, состоит из трех этапов:

1. Предказание интересующих административную величину (если она не может на эти величины воздействовать) и установление связи между действиями администрации и теми величинами, на которые она может повлиять. Здесь предполагается

$$X^i_{\max}(t) + 1 = \phi^i X^i_{\max}(t),$$

$$\tilde{R}^i(t) = \mu^i (1 - 1), \tilde{R}^i(t) + 1 = \mu^i (1 - 1),$$

$$\tilde{R}^i(t) = \nu^i (1 - 1), \tilde{R}^i(t) + 1 = \nu^i (1 - 1)$$

можно сравнить с натурными наблюдениями и экспериментальными: быть готовым в любой момент отбросить гипотезу и изменить ее другой.

3. При исследовании экономических механизмов здесь пока может идти лишь о проверке качественных гипотез, каждая из которых можно математически выразить звать бесконечным числом способов. Поэтому разумно стремиться обобщать результаты экспериментов с другими

ными их вариациями в виде теории математических моделей, соответствующих данной качественной гипотезе.

Поскольку при анализе качественных механизмов генеральное место занимает учет интересов отдельных заинтересованных лиц, то необходимо разрабатывать различные методы описания влияния на поведение руководителей в хозяйственных единицах экономических систем.

Далее мы кратко изложим результаты двух исследований, посвященных моделированию поведения административных предприятий в различных ситуациях.

В одной из работ описывается взаимодействие некоторого центра и группы из N руководимых центром предприятий [4,5]. Предполагается, что каждое предприятие выпускает один продукт, так что выпуск i -го предприятия в период t (начинающийся в момент t и заканчивающийся в момент $t + 1$) можно описать скалярной величиной $X^i(t)$.

Моделируется экономический механизм, который должен увеличивать реализацию продукции (в модели это выпуск $X^i(t)$)! он состоит из двух частей: 1) правил поведения; 2) правил планирования. В модели предполагается, что поведение описывается формулой

$$X^i(t) = \left(\frac{X^i(t)}{X^i(t)} S^i(t) + 1 \right) \gamma^i$$

где $X^i(t)$ - поощрение, $S^i(t)$ - плановое задание, γ^i - постоянная. Считается, что план $S^i(t)$ передается предприятию в начале периода, а поощрение посылается в конце периода. Предполагается, что центр получает план от вышестоящей организации $S^i(t)$ и распределяет его между предприятиями, основываясь на достигнутом ими уровне выпуска продукции, т.е.

$$S^i(t) = \alpha^i \frac{\sum_{j=1}^N X^j(t-1)}{X^i(t-1)}$$

где $\bar{r}(t)$ - среднее по предприятиям поощрение, $\bar{R}(t)$ - средняя по предприятиям затрата усилий (знак тильда означает предсказание), $\varphi_i(t)$, $\mu_i(t)$, $\nu_i(t)$ - адаптивные коэффициенты, меняющиеся каждый период с получением фактической информации о переменных. Связь устанавливается между выпуском продукции $x_i(t)$ и планом на следующий период $\tilde{x}_i(t+1)$:

$$\tilde{x}_i(t+1) = \alpha_i(t) x_i(t),$$

где $\alpha_i(t)$ - адаптивный коэффициент.

2. Построение множества благоприятных показателей. В данной модели считается, что администрацию интересуют два показателя: поощрения r_i и затраты усилий R_i . Множество благоприятных показателей

$$R_i(t) \leq c_i^1 \tilde{R}_i(t), R_i(t+1) \leq c_i^1 \tilde{R}_i(t+1),$$

$$r_i(t) \geq c_i^2 \tilde{r}_i(t), r_i(t+1) \geq c_i^2 \tilde{r}_i(t+1).$$

Величины c_i^1 и c_i^2 показывают, насколько притязания администрации i -го предприятия превосходят достигнутый средний уровень.

3. Выбор $x_i(t)$ по множеству благоприятных показателей и прогнозам. Если администрация задаст предполагаемые показатели $x_i(t)$ и $x_i(t+1)$, то она сможет подсчитать все показатели и проверить, принадлежат ли они множеству благоприятных ситуаций. Если существуют $x_i(t)$, $x_i(t+1)$, в результате которых показатели принадлежат множеству благоприятных ситуаций в периоды t и $t+1$, то из них выбирается пара, при которой минимизируется дисконтированная сумма затрат усилий администрации

$$R_i(t) + e^{-\rho} R_i(t+1),$$

где ρ - постоянная дисконтирования. В противном случае выбирается допустимая пара, которая минимизирует дисконтированное расстояние от множества благоприятных показателей в некоторой метрике. Такова модель принятия решений.

Для замыкания модели необходимо определить динамику $S(t)$ и $x_i^{\max}(t)$. Предполагается, что $S(t)$ задается от достигнутого уровня, а $x_i^{\max}(t)$ растет с постоянным темпом, т.е.

$$S(t) = \alpha_2 \sum_{i=1}^N x_i(t-1), \quad x_i^{\max}(t+1) = \varphi_i^* x_i^{\max}(t).$$

При имитационном исследовании изучались траектории системы в координатах $\psi_i(t) = \frac{x_i(t)}{x_i^{\max}(t)}$. Во всех расчетах

обнаруживалось стремление $\psi_i(t)$ к некоторому равносному значению ψ_i^* , зависящему от числовых значений параметров модели. Теоретически удалось показать единственность устойчивой равновесной точки, если метрика в пространстве показателей определена как $\rho(x, y) = \max |x_i - y_i|$. Показано, что равновесное значение ψ_i^* уровня использования максимальных возможностей зависит от параметров c_i^1 и c_i^2 (социальных факторов в модели поведения). Оказалось, что $\psi_i^* = 0$ при $c_i^1 \equiv 1$, $c_i^2 \equiv 1$, что подчеркивает важность социалистического соревнования.

Исследовалось также влияние коэффициента дисконтирования ρ . Если администрация не думает о будущем, т.е. открывает свои возможности перед центром сразу, то затраты ее усилий окажутся больше, чем у предусмотрительной администрации; однако в долгосрочном аспекте параметр дисконтирования влияния не оказывает. Результаты имитационных экспериментов качественно согласуются с известными явлениями народнохозяйственной практики. Поэтому высказанную гипотезу можно считать разумной и продолжать ее исследование. В частности, на ней была построена модель, включающая описание реального механизма стимулирования, действовавшего в СССР в конце шестидесятих годов [8].

Другое исследование поведения администрации предприятий проводилось на основе имитационного анализа причин технологически необоснованного спроса на неквалифицированную рабочую силу со стороны администрации промышленных предприятий во время экономической реформы в Венгрии в 1968 г. [7].

Сущность венгерской экономической реформы 1968 г. состояла в повышении роли экономических методов управления в звене министерство-предприятие. Сохраняя роль планирующих органов, новый экономический механизм предоставлял предприятиям дополнительные возможности в выборе средств повышения эффективности производства [8-10]. После первых же лет действия новый механизм наряду с достоинствами обнаружил и его недостатки, приведшие к его коррекции в 1970 г., а затем и в 1976 г. Одним из недостатков было неэффективное использование

рабочей силы: повышенный спрос на рабочую силу (особенно на некавалифицированную), неоправданный потребительский производств.

По-видимому, причиной этого явления было изменение новой системы стимулирования производства, основанной на распределении среди рабочих, нижестоящих технических работников и администрации части балансовой прибыли, по-лученной предприятием. Распределенная за год прибыль подсчитывается по формуле

$$R = R^M - A^R - \Delta V^{z_0}$$

где R^M - основной фонд распределения, A^R - налог с фонда распределения, ΔV^{z_0} - коррекция на увеличение среднего уровня зарплат по сравнению с базовым. Фонд R^M подсчитывается по формуле

$$R^M = (M^R + \Delta V^{z_0}) \frac{SV + E}{SV}$$

где M^R - балансовая прибыль, E - среднее за год количество основных и оборотных фондов, S - коэффициент, обычно равный двум, V - суммарный фонд зарплат за год. Балансовая прибыль

$$M^R = Y - V - C - 0.05K - 0.05E - 0.25V,$$

где Y - реализованная продукция, C - затраты сырья, K - стоимость основных фондов. Коррекция ΔV^{z_0} определяется

$$\Delta V^{z_0} = \begin{cases} 0, & \text{если } p \leq p_0, \\ L(p - p_0), & \text{если } p > p_0, \end{cases}$$

где p - среднелетовая, а p_0 - базовый уровень средней заработной платы на предприятии, L - число рабочих.

Налог A^R имеет вид

$$A^R = G \left(\frac{V}{R^M} \right)^{\lambda},$$

где $G \left(\frac{V}{R^M} \right)^{\lambda}$ - непрерывная, кусочно-линейная неубывающая функция (так называемый сложный прогрессивный налог). При моделировании действий администрации предприятия были сделаны следующие предположения:

1) вся произведенная продукция реализуется;

2) затраты сырья пропорциональны выпуску продукции $C = bY$, где $0 < b < 1$ (сырье имеется в достатке и не является производством);

3) на предприятии используется квалифицированная и неквалифицированная рабочая сила; зарплата каждой категории рабочих силы не изменяется во времени;

4) производство описывается производственной функцией $Y = F(K, L^s, L^n)$, где L^s и L^n - соответственно количество квалифицированных и неквалифицированных рабочих в среднем за год, а K - основные фонды;

5) за исследуемый период величины K и E существенно не изменяются.

Из этих предположений следует формула для величины прибыли - распределенной прибыли

$$R = (1-b)F(K, L^s, L^n) - 0.05(K+E) - 1.25V + \Delta V^{z_0} \frac{SV + E}{SV} - A^R - \Delta V^{z_0} \quad (6)$$

где p^s и p^n - годовая зарплата квалифицированных и неквалифицированных рабочих $(p^s < p^n)$, и

$$V = p^s L^s + p^n L^n,$$

$$p = \frac{p^s L^s + p^n L^n}{L^s + L^n} \quad (8)$$

Э соответствия с поставленной задачей будем считать, что единственным способом воздействия администрации на показатели работы предприятия является выбор приращенния числа рабочих $\Delta L^s(t)$ и $\Delta L^n(t)$. Тогда

$$L^s(t+\Delta) = L^s(t) + \Delta L^s(t), \quad L^n(t+\Delta) = L^n(t) + \Delta L^n(t),$$

где Δ - некоторый шаг по времени, продолжительность которого значительно меньше года. Приращение рабочих L^s и L^n каждой категории ограничено некоторой величиной и определяется так, чтобы максимизировать целевую функцию при минимальных предпринятых. Вопрос о цели деятельности администрации сложен и не изучен. Поэтому основной целью администрации является максимизация прибыли на единицу затрат сырья при заданном уровне выпуска продукции $C = bY$, где $0 < b < 1$ (сырье имеется в достатке и не является производством) сравнения теоретического обобщения результатов

гов экспериментов с явлениями экономической действительности. Были рассмотрены два варианта целевой функции: 1) распределяемая прибыль R ; 2) распределяемая

на одного рабочего $\frac{R}{L_s + L_u}$.

Производственная функция бралась в виде

$$Y = A \left[(1 - \alpha) + \beta \left(\frac{L_s}{L_s^0} \right)^{-\gamma} + (\alpha - \beta) \left(\frac{L_u}{L_u^0} \right)^{-\gamma} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (9)$$

либо в виде

$$Y = A \min \left(1, \frac{L_s}{L_s^0}, \frac{L_u}{L_u^0} \right) \quad (10)$$

где $L_u^0, L_s^0, A, \gamma, \alpha, \beta$ - постоянные величины.

От эксперимента к эксперименту параметры производственной функции варьировались около значений, взятых из примера распределения балансовой прибыли в [8]. Недостающие величины были взяты из статистического справочника [11].

Имитационные эксперименты показали, что число рабочих на предприятии сходилось к локальным максимумам целевой функции предприятия. При сделанном предположении о неизменности базового среднего уровня заработной платы P_0 максимальные значения не зависели от времени. Это привело к мысли исследовать точки максимума целевой функции теоретически, что удалось сделать в случае производственной функции (10).

Эксперименты и аналитическое исследование модели производственной функцией (10) показали, что наблюдавшийся в Венгрии необоснованный спрос на неквалифицированную рабочую силу можно описать на основе целевой

функции R и нельзя - на основе функции $\frac{R}{L_s + L_u}$. Далее

оказалось, что этот вывод совпадает с результатом опроса директоров промышленных предприятий Венгрии. Принятая гипотеза о виде функции $R(L_s, L_u)$ позволила сделать вывод, что основной причиной необоснованного спроса на рабочую силу являлся сам принцип разделения балансовой прибыли пропорционально фондам предприятия, не коррекция ΔV_{p_0} , которую часто объявляли причиной необоснованного спроса. Она только смещала излишний спрос в сторону неквалифицированной рабочей силы. Такой вывод видимо, также подтверждается практикой, поскольку при

разделения балансовой прибыли был отменен в 1975 г. из-за его непригодности для предприятий с очень большой фондовооруженностью труда. Эти обстоятельства подтверждают гипотезы, положенные в основу модели принятия решений администрацией предприятия. Поэтому описанная здесь модель одного предприятия была трансформирована в модель нескольких предприятий с учетом роста заработной платы и перераспределения рабочей силы между предприятиями. И новая модель обнаружила качественное согласие с явлениями, наблюдавшимися во время экономической реформы в Венгрии.

Литература

1. Моисеев Н.Н. Предисловие к книге Т.Нейлора: "Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем". М., Изд-во "Мир", 1975.
2. Айзерман М.А. Человек и коллектив как элемент системы управления. Автоматика телемеханика, 1975, №5.
3. Ватель И.А., Моисеев Н.Н. О моделировании хозяйственных механизмов. Экономика и математические методы, 1977, 1, №13.
4. Лотов А.В. Одна модель взаимодействия центра и группы предприятий. В сб.: "Модели и методы анализа экономических целенаправленных систем". М., Изд-во "Наука", 1977.
5. Лотов А.В. Сравнение деловой игры и имитационного эксперимента с одной моделью стимулирования производства. В сб.: "Деловые игры и их программное обеспечение". М., ЦЭМИ АН СССР, 1977.
3. Гасанов Г.И. Анализ одной модели стимулирования производства. Деп. в ВИНТИ, № 3762/76.
7. Лотов А.В., Черных О.Л. Имитационный анализ действия одной системы стимулирования на эффективность использования трудовых ресурсов. Экономика и математические методы, 1979, 15, №4.
8. Система управления народным хозяйством ВНР. Под ред. И.Балинта. Будапешт, Изд-во Акад. наук Венгрия, 1972.
9. Реформа хозяйственного механизма в Венгрии. Дальнейшее развитие, 1988-1972 г. Под редакцией О.Гадо. Будапешт, Изд-во Акад. наук ВНР, 1972.
10. Об опыте реформы хозяйственного механизма в Венгрии. 20 вопросов - 20 ответов. Будапешт, Изд-во "Паннония" 1970.
11. Венгерский статистический справочник, 1973г. Будапешт, Изд-во экон. юрид. лит., 1973.