

## ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МИКРОЭКОНОМИКИ<sup>1</sup>

Тренев Н.Н., д.э.н., начальник аналитического центра

*Инвестиционно-консалтинговая группа РОЭЛ Консалтинг*

### ВВЕДЕНИЕ

Динамическую ситуацию в экономике можно анализировать при помощи:

- сложных моделей;
- системы простых моделей.

Сложные динамические модели подходят для четкой хорошо структурированной ситуации. В то же время они обладают следующими недостатками:

- большая трудоемкость работ по построению модели и заполнение ее информацией;
- сильная зависимость от начальных условий;
- сложность для понимания, интерпретации, учета не вошедших в модель факторов и ограничений.

Система простых моделей подходит для работы в условиях нечеткой, динамичной, слабо структурированной информации. Простые модели легкодоступны пониманию и позволяют учитывать факторы, не вошедшие в систему моделей. Разные простые модели позволяют взглянуть на объект с разных сторон, а правила компоновки моделей в единое целое – обеспечивают целостность построения. Простота, доступность пониманию и адаптивность смягчают зависимость от начальных данных, так как модель всегда можно подправить в соответствии с изменением ситуации.

Динамические модели микроэкономики – мощный инструмент, который позволяет исследовать характер изменения экономических показателей. Динамические модели применяются для решения прикладных задач в различных областях: от управления предприятием до прогнозирования влияния макроэкономических параметров на предприятие.

Динамические модели микроэкономики могут быть как простыми, так и сложными. К простейшим динамическим моделям относятся модели регрессионные, прогнозирующие тренд анализируемого показателя (см. рис. 6), на основании его поведения в прошлом. При этом считается, что при неизменной внешней ситуации и управлении траектория развития моделируемого объекта также остается без изменений.

Более сложными являются многофакторные регрессионные модели. Они основаны не только на экстраполяции временных статистических данных, но и выявляют причинно-следственные закономерности между различными экономическими характеристиками.

Многофакторные регрессионные модели позволяют не только отслеживать изменение с течением времени положения моделируемого объекта на траектории развития, но также и изменения самой траектории под действием управляющих воздействия и изменения ситуации. Изменения траектории могут включать в себя смену траектории развития, т.е. переход с одной траектории на другую траекторию.

Перечисленные выше динамические модели довольно хорошо описывают ситуацию вблизи равновесия.

Здесь динамику системы удобно моделировать обыкновенными дифференциальными уравнениями. Обыкновенные дифференциальные уравнения могут также использоваться и в неравновесных ситуациях.

Ситуация кардинально меняется в том случае, если система меняет свое состояние равновесия. Тогда приходится описывать уже не околоравновесную динамику вблизи точек равновесия, но приходится также описывать и смену точек равновесия. Смена равновесных состояний меняет структуру объекта, поэтому для анализа его развития применяются модели самоорганизации.

Простейшие модели самоорганизации включают в себя модели, построенные по типу примет. Поведение объекта вблизи разных состояний равновесия имеет свои специфические особенности. Выделяя и классифицируя эти особенности поведения, можно сделать вывод о том, вблизи какого состояния равновесия находится объект, т.е. спрогнозировать его дальнейшее развитие. Эти специфические особенности поведения аналогичны приметам при предсказании погоды, что и определило название этого класса моделей.

Например, подъем экономики сопровождается ростом затрат, в частности ростом спроса на строительство нового жилья. Модель по типу примет утверждает, что рост спроса на жилье говорит о подъеме экономики, и, соответственно, можно ждать появления и остальных факторов, сопровождающих экономический подъем.

Модель по типу сигналов строится на предположении, что в условиях рыночной экономики критично вовремя и своевременно распознавать важную информацию. Поэтому под действием рыночных сил важная информация концентрируется и оформляется в виде специальных сигналов – атрибутов, подтверждающих важные и нужные свойства. К числу сигналов относятся гарантия, возможность вернуть товар и получить деньги назад, дипломы и сертификаты. Сигналы экономят время, которое в случае отсутствия сигналов пришлось бы потратить на детальный и дорогой анализ моделируемого объекта и его окружающей среды.

Более строгими и дорогими моделями являются модели качественной, грубой динамики. Модели грубой динамики основаны на выявлении областей притяжения, отталкивания, построения разделяющих поверхностей. В результате таких действий фазовое пространство моделируемого объекта разделяется на различные области, которые также называются бассейнами, в каждой из которых поведение объекта однородно.

В моделях грубой динамики [Арнольд, Azariadis, Тренев Макро] особый интерес представляют области устойчивого развития, области повышенного риска, области патологической динамики, а также управляющие параметры, при помощи которых можно перевести моделируемый объект в область устойчивого развития.

Все эти модели используются для анализа и прогнозирования ситуации

Любая модель требует наполнения данными. Поиск необходимых данных и внесение их в модель может серьезно ограничивать область ее применения. При этом данные, как правило, могут быть взяты в нескольких вариантах. Выбор рационального для модели варианта данных может быть далеко не очевидным.

Анализ и прогнозирование ситуации могут быть проведены при помощи простых и сложных моделей. Преимуществом простых моделей является их наглядность и доступность для понимания. С ними также поч-

<sup>1</sup> Статья написана при поддержке РФФИ (проект 05-02-02009а, РФФИ № 04-06-80121)

ти не возникает проблем, связанных с поиском необходимых данных.

Сложные модели позволяют детально расписать и структурировать ситуацию, что открывает путь к более точному прогнозированию. Однако на этом пути возникает проблема ошибок:

- входных данных;
- самой концептуальной модели;
- используемых формул и математического аппарата;
- численных методов;
- интерпретации полученных результатов.

Ошибки моделирования делают малопривлекательным построение сложных динамических моделей. Сложные модели трудоемки при построении и заполнении данными. Они также трудны для понимания и для интерпретации.

Перспективным представляется подход, основанный на построении простых моделей и на синтезе из них сложных описаний.

Система простых моделей позволяет описать как окоравновесную динамику вблизи состояний равновесия, так и сложные переходы между ними. Для каждого типа динамики существуют свои подходы моделирования, которые определяются типом среды, которая может быть:

- детерминированной;
- вероятностной;
- нечеткой [Недосекин].

Экономическое моделирование – полезный инструмент, позволяющий разработать такую стратегию и тактику управления, которые выводят экономический объект на траекторию устойчивого развития.

## 1. МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МИКРОЭКОНОМИКИ

Прежде всего анализируется объект моделирования, и выделяются детерминированная, случайная и нечеткая составляющие его поведения. Для прогнозирования всех этих составляющих применяются свои подходы.

Если возможно четко описать объект моделирования и его среду, то применяются детерминированные модели. Они могут быть простыми или сложными, дискретными или непрерывными, но в любом случае, зная начальное состояние объекта моделирования и среды и задав управление, можно четко описать его дальнейшее развитие.

В ряде случаев известны лишь вероятностные распределения состояний среды и объекта моделирования. В этом случае оказывается возможным описать изменения лишь функций вероятностных распределений. Вероятностное описание допустимо тогда, когда имеется много объектов управления или когда ситуация повторяется много раз и не имеет критического характера, например, не может привести к гибели объекта.

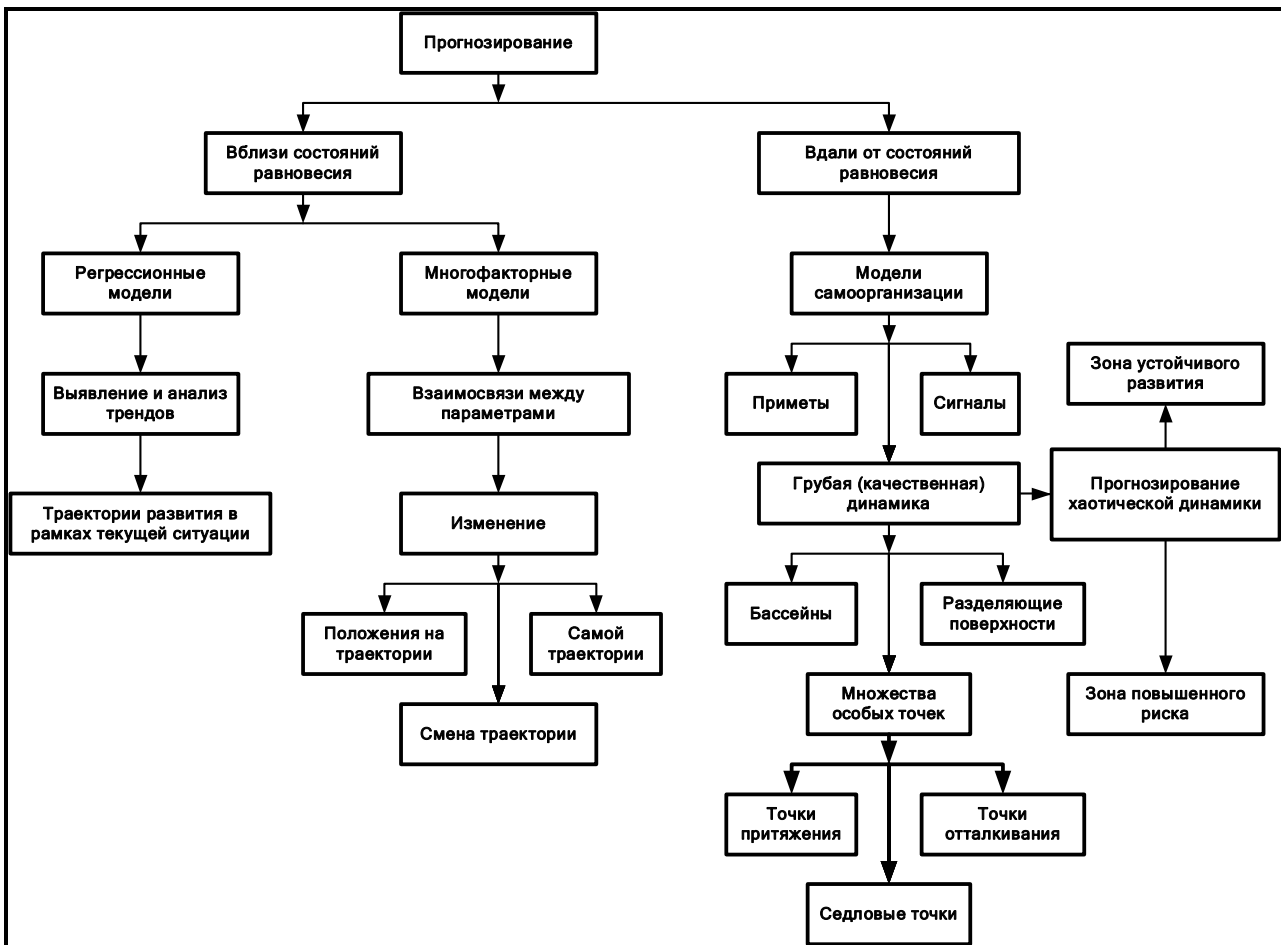


Рис. 1. Подходы к прогнозированию

Бывают ситуации, когда нет ни точного, ни вероятностного описания объекта моделирования и его среды. Нельзя описать вероятности изменения среды, вероятности изменения состояний объекта. Тем не менее, можно описать возможные состояния среды и объекта. В качестве средства моделирования остается сценарное планирование. Сценарное планирование задает варианты изменений среды и отвечающие этим изменениям варианты состояний объекта (см. моделирование катастроф).

## 2. ПРИМЕРЫ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МИКРОЭКОНОМИКИ

### Регрессионные модели

Регрессионные модели экстраполируют на будущее закономерности изменения статистических данных по анализируемому показателю за какой-то отрезок времени в прошлом.

Предполагается, что текущее состояние системы определяется ее предысторией:

$$x(t+1) = f(x(t), x(t-1), \dots, x(t-n)) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где

$x$  – изучаемый скалярный,  $x \in R^1$ ;

$t$  – время;

$n$  – глубина памяти системы;

$\varepsilon$  – случайная ошибка.

Вид функции  $f$  задается из теоретических или инструментальных соображений, а ее постоянные параметры интерпретируются по наблюдениям за прошлым поведением.

На выходе таких моделей получаются временные тренды показателя  $x$  в прошлом и в будущем. Полученные результаты применимы до тех пор, пока не меняются:

качественные свойства внешней ситуации;

характер управления объектом.

В качестве примера рассмотрим модель динамики объема продаж нарастающим итогом. Исходные данные приведены в табл. 1. Глубину памяти берется равной 1, а функция  $f$  – линейной. В этом случае уравнение принимает вид:

$$x(t+1) = x(t) + a \cdot \Delta t + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где

$$\Delta t = (t+1) - t = 1. \quad (2)$$

Общее решение уравнения (2) таково:

$$x(t) = a \cdot t + b + E(t), \quad (3)$$

где

$a$  и  $b$  – константы, подлежащие идентификации;

$E(t)$  – случайные отклонения.

Таблица 1

### СТАТИСТИКА ОТ ВРЕМЕНИ ОБЪЕМА ПРОДАЖ НАРАСТАЮЩИМ ИТОГОМ

	Количество дней, выставленных на продажу						
	-	16	43	64	106	127	168
Объем продаж книги, штук	0	196	250	320	600	720	750

Обработка статистических данных табл. 1 по методу наименьших квадратов:

$$\{a, b\} = \arg \min_{a, b} \left\{ \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2 \right\} \quad (4)$$

приводит к следующим значениям коэффициентов  $a$  и  $b$ :

$$a = 5,1 \pm 0,3,$$

$$b = 0.$$

Коэффициент  $b$  берется равным нулю, так как в момент выхода книги в продажу количество проданных экземпляров было равно 0. Коэффициент доверия –  $R^2$  – составляет 93%, а коэффициент значимости –  $F$  статистика – 81%.

Взяв за точку отсчета вывод 3 декабря 2001 г. книги на продажу в торговой точке, получаем:

$$x(t) = 5,1t + E(t), \quad (5)$$

$$E(t) = \pm 0,3(t). \quad (6)$$

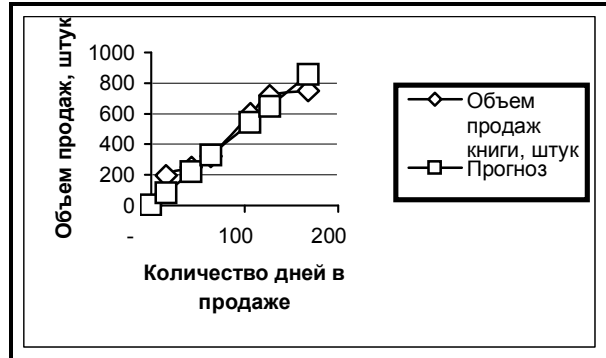


Рис. 2. Зависимость объема продаж от времени

На основе полученных уравнений (5)–(6) можно построить интервалы для возможных траекторий динамики совокупных продаж (см. табл. 2 и рис. 3).



Рис. 3. Прогноз объема продаж, границы коридоров и фактические продажи. К сожалению, однофакторные регрессионные модели не указывают способы целенаправленного воздействия на анализируемый показатель и абстрагируются от внешних причин его изменения

Таблица 2

ПРОГНОЗ ОБЪЕМА ПРОДАЖ И ФАКТИЧЕСКИЕ ПРОДАЖИ

	Время						
	-	16	43	64	106	127	168
Количество дней в продаже	-	16	43	64	106	127	168
Объем продаж книги, штук	0	196	250	320	600	720	750
Прогноз	-	82	219	326	541	648	857
Верхняя граница коридора, 1 ошибка	-	86	232	346	572	686	907
Нижняя граница коридора, 1 ошибка	-	77	206	307	509	610	806
Верхняя граница коридора, 2 ошибки	-	91	245	365	604	724	958
Нижняя граница коридора, 2 ошибки	-	72	194	288	477	572	756
Верхняя граница коридора, 3 ошибки	-	96	258	384	636	762	1008
Нижняя граница коридора, 3 ошибки	-	67	181	269	445	533	706

Многофакторные статические модели

Многофакторные модели призваны восполнить указанный пробел. В них анализируются взаимозависимости между разными показателями, сначала в один и тот же момент времени  $t$ .

$$y(t) = f(x(t)) + e, \tag{7}$$

где  $y(t)$  – изучаемые показатели;  
 $x(t)$  – объясняющие переменные;  
 $e(t)$  – случайная ошибка в момент времени  $t$ .

В качестве примера рассмотрим модель взаимосвязи объема перевозок и числа транспортных средств. Статистические данные предоставлены в табл. 3. Ищется линейная зависимость между средствами и объемами перевозок:

$$y = ax + b + \varepsilon, \tag{8}$$

где  $y$  – объем перевозок;  
 $x$  – объем средств перевозок;  
 $a$  и  $b$  – идентифицируемые параметры;  
 $\varepsilon$  – случайная ошибка.

Применение метода наименьших квадратов, подобного (4) позволяет сделать следующие оценки:

$$a = 4,77 \pm 0,25;$$

$$b = 8,28 \pm 684.$$

Ошибка измерения коэффициента  $b$  существенно превышает его значение. Поэтому коэффициент  $b$  считается незначимым и берется равным нулю. В результате имеем следующие оценки:

$$a = 4,78 \pm 0,15;$$

$$b = 0.$$

Уровень доверия составляет 96,370%, т.е. уравнение  $y = 4,78x$ ,

объясняет 96,37% среднеквадратичных отклонений.

В обычных динамических моделях время присутствует явно в виде переменной  $t$ . Такое описание не всегда возможно или удобно. В этом случае мы можем описать переменную  $y$  как переменную, зависящую от  $x$ , где уже переменная  $x$  зависит от времени. Причем характер такой зависимости мы можем и не знать. В этом смысле

квазидинамические модели можно рассматривать как частный случай многофакторных моделей.

Так, объем продаж фирмы, торгующей качественными продуктами питания, зависит от покупательной способности населения. Покупательная способность населения определяет объем рынка и зависит от ВВП страны и региона. Строя модель динамики продаж фирмы в зависимости от роста объема рынка, может быть удобно в ряде рассмотрений опустить характер зависимости объема рынка от времени.

Многофакторные временные модели

Многофакторные временные регрессионные модели оценивают взаимосвязи между показателями и отслеживают динамику процесса одновременно. Они объединяют многофакторные и регрессионные модели, описанные выше.

$$x(t+1) = f(x(t), x(t-1), \dots, x(t-n)) + g(t), \tag{9}$$

где  $x, x \in R^m$ , – вектор анализируемых показателей.



Рис. 4. Зависимость объема перевозок от числа транспортных средств. Квазидинамические модели

Подобные модели широко используются как в микро-, так и в макроэкономике. В качестве типичного макроэкономического примера рассмотрим динамическую модель прогнозирования обменного курса доллара по отношению к рублю. Предполагается, что курс доллара  $e$  зависит не только от времени, но еще и от уровня инфляции, характеризующегося стоимостью потребительской корзины  $p$ , а также от внутреннего валового продукта  $y$ .

Статистические данные приведены в табл. 4. Глубина памяти берется равной 1. Зависимость  $y$ , (9) ищется в линейном виде:

$$e(t+1) = a_{e,y}y(t) + a_{e,p}p(t) + e_0;$$

$$y(t+1) = a_{y,e}e(t) + a_{y,p}p(t) + y_0;$$

$$p(t+1) = a_{p,e}e(t) + a_{p,y}y(t) + p_0;$$

где  $a_{ij}, e_0, y_0, p_0$  – коэффициенты, идентифицируемые методом наименьших квадратов:

$$a_{e,y} = 24,73 \pm 7,19;$$

$$a_{e,p} = 2425 \pm 994;$$

$$e_0 = -2267 \pm 824.$$

Уровень доверия составляет 95,21%, т.е. объясняется 95,21% среднеквадратичных отклонений.

$$a_{y,e} = -0,001098 \pm 0,002365;$$

$$a_{y,p} = 0,0001729 \pm 5,24E-05;$$

$$y_0 = 0,22090 \pm 0,2598.$$

Таблица 3

## ЗАВИСИМОСТЬ ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗОК ОТ ЧИСЛА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

	Число транспортных средств, шт.															
	4 698	332	7 460	2 329	1 760	2 503	1 520	1 257	1 933	2 748	1 571	2 832	976	964	735	1 309
Объем, тыс. тонн	19 179	395	36 758	12 990	8 803	11 290	10 617	5 740	9 568	14 793	6 296	12 840	4 004	5 238	4 248	4 083

Уровень доверия составляет 92,61%, т.е. объясняется 92,61% среднеквадратичных отклонений. Однако ошибка измерения коэффициента  $a_{y,e}$  составляет около 200%. Ошибка измерения константы  $y_0$  превышает 100%. Поэтому коэффициент  $a_{y,e}$  является незначимым и его целесообразно исключить из рассмотрения:

$$a_{y,e}=0;$$

$$a_{y,p}=0,006520 \pm 0,000654;$$

$$y_0 = -0,55078 \pm 0,14532.$$

Уровень доверия составляет 86,89%, т.е. зависимость объясняет 86,89% среднеквадратичных отклонений.

$$a_{p,e} = 16,10 \pm 23,38;$$

$$a_{p,y} = 0,01826 \pm 0,00374;$$

$$y_0 = 112,04 \pm 5,97.$$

Уровень доверия составляет 96,40%, т.е. зависимость объясняет 96,40% отклонений. Однако ошибка измерения коэффициента  $a_{p,e}$  превышает 100%. Поэтому его целесообразно исключить из рассмотрения:

$$a_{p,e}=0;$$

$$a_{p,y} = 125,41 \pm 10,64;$$

$$y_0 = 111,95 \pm 9,49.$$

Таблица 4

## ЗАВИСИМОСТЬ КУРСА ДОЛЛАРА, СТОИМОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КОРЗИНЫ И РЕАЛЬНОГО ВВП ОТ ВРЕМЕНИ

Время	Курс доллара на конец периода	Стоимость потребительской корзины	Реальный ВВП
Январь 1997	4 734	208	1
Февраль 1997	4 818	210	1
Март 1997	4 856	214	1
Апрель 1997	4 940	217	1
Май 1997	5 031	218	1
Июнь 1997	5 105	218	1
Июль 1997	5 189	216	1
Август 1997	5 352	220	1
Сентябрь 1997	5 407	223	1
Октябрь 1997	5 451	223	1
Ноябрь 1997	5 510	225	1
Декабрь 1997	5 554	227	1
Январь 1998	5 630	228	1
Февраль 1998	5 676	230	1
Март 1998	5 727	231	1
Май 1998	5 744	233	1
Июнь 1998	5 767	234	1
Июль 1998	5 766	234	1

Распространены ситуации, когда точная информация отсутствует. В этом случае применяются стохастические и нечеткие модели. В качестве примера можно привести финансовое обоснование бизнес-плана.

Имеются начальная сумма денег  $M_0$  и ряд  $i, i=1, \dots, l$ , потенциальных проектов, которые можно финансировать из этих средств.

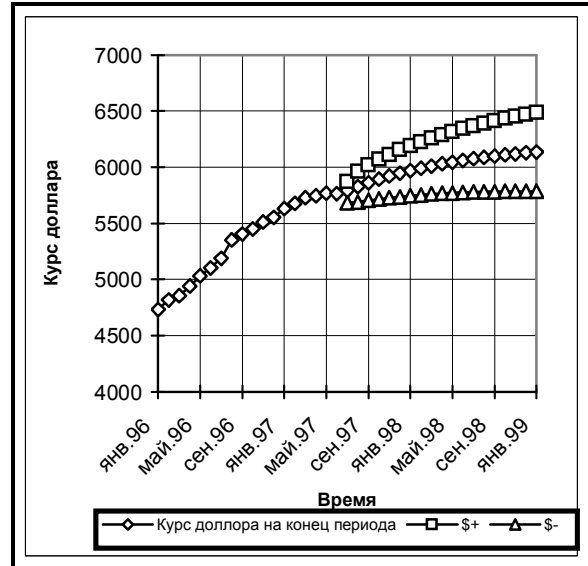


Рис. 5. Применение модели для прогнозирования курса доллара. Модели, учитывающие неопределенность

Потенциальные проекты характеризуются денежными потоками, описывающими расход и поступление денежных средств в различные моменты времени:

$$CF^{(i)}(x) = \{CF_t^{(i)}(x) \mid t = 0, 1, 2, \dots\},$$

где

$t$  — время, с момента начинания проекта;

$CF(i)$  — денежный поток проекта  $i$ ;

$x$  — управляемые переменные, например, тип оборудования, уровень руководства.

В финансах денежный поток в момент времени  $t$  обозначается двумя заглавными буквами  $CFt$ , от слова Cash Flow [Levy].

Объем денег в бизнесе пересчитывается по формуле:

$$M_{t+1} = M_t + a \sum_{i \in I_{t,акт}} CF_{t-t_i}^{(i)}, \quad (10)$$

где  $I_{t,акт}$  — множество активных проектов в момент времени  $t$ .

Бизнес банкротится, если объем денег в нем становится меньше критического объема  $M_6$ , т.е. если выполняется условие:

$$M_t \leq M_6, \quad (11)$$

где

$M_t$  — совокупная стоимость средств в момент времени  $t$ ;

$M_6$  — критическая величина совокупного объема средств.

Основная проблема заключается в том, что денежный поток не может быть точно определен [Project management]:

- реальные инвестиции на практике оказываются в 1,5-2 раза больше планируемых;
  - будущие издержки и объемы продаж неопределенны.
- Основные критерии решаемой задачи :
- максимизация прибыли;
  - минимизация вероятности банкротства – вероятности выполнения условия , (11).

### Стохастические модели

В стохастическом случае предполагаются известными вероятностные распределения состояний объекта и среды, хотя их очень трудно получать из реальной статистики.

Наибольший интерес представляют [Azariadis]:

- области повышенных вероятностей состояний объекта и среды;
- стационарные распределения вероятностей;
- границы и разделяющие барьеры.

В нашем примере в качестве исходных данных нужны вероятностные распределения величин  $CF_t^{(i,env)}$ . Типичные постановки задачи состоят в:

- максимизации:
  - математического ожидания извлеченной дисконтированной прибыли;
  - прибыли при заданных ограничениях на вероятность банкротства;
  - минимизации вероятности банкротства.

### Марковские модели

Имеется  $m$  состояний  $1, \dots, m$ , в которых может находиться наблюдаемый объект. Переход в каждый момент времени осуществляется на основе матрицы распределений  $P$ ,

$$P = |p_{ij}|, \quad (12)$$

описывающих вероятности перехода объекта из состояния  $i$  в состояние  $j$ .

В Марковских моделях важное место занимают стационарные распределения вероятностей:

$$Pp^{(s)} = p^{(s)}, \quad (13)$$

где  $p^{(s)}$  – вектор стационарного распределения вероятностей.

Стационарные вероятности находятся в результате решения уравнения:

$$(P-E)p^{(s)} = 0,$$

где

$E$  – единичная диагональная матрица.

В ряде случаев вероятности переходов  $p_{ij}$  зависят от управляющих воздействий  $x$ . Тогда ставится задача изменения стационарных распределений вероятности  $p^{(s)}$  в желаемую сторону при помощи управляющих воздействий.

Если объект моделирования типичен, например, является средним предприятием, то стационарные распределения вероятностей описывают, сколько процентов объектов находятся в каждом из описываемых состояний.

Марковские модели позволяют также описывать и такие явления, как хаотические циклы, т.е. регулярные состояния, в которые объект приходит случайным образом.

Хаотические циклы периода  $T$  находятся как стационарные распределения:

$$P^T p^{(s)} = p^{(s)}. \quad (14)$$

Стационарные распределения являются решением уравнения:

$$(P^T - E)p^{(s)} = 0.$$

### Нечеткие модели

В нашем примере величины  $CF_t^{(i)}$  нечеткие, т.е. известны с точностью до интервалов изменения. Типичная постановка задачи заключается в:

- выводе трубки траекторий из зоны банкротства (ограничение , (11));
- максимизации нечеткой прибыли, т.е. поднятии трубки траекторий вверх – в сторону увеличения  $M_t$ .

Следует заметить, что стохастические модели применяются в том случае, когда имеется много однотипных проектов. Если же имеется один уникальный проект, то более адекватно применять уже нечеткие модели. Например, для большой партии имеет смысл говорить о числе бракованных изделий на 1 000 000 штук выпуска. Если же продукция выпускается в единичных экземплярах, то рассматриваются различные сценарии развития событий и для этих сценариев ищутся управляющие воздействия, нейтрализующие риск.

### Сценарные модели

Сценарные модели состоят из:

- качественных моделей смены сценариев;
- динамических моделей поведения в рамках одних и тех же сценариев.

В нашем примере известны возможные значения величин  $CF_t^{(i)}$  в зависимости от происходящих событий и принимаемых решений. В качестве различных сценариев развития событий могут быть рассмотрены, например:

- успех или неудача выпуска пробной партии продукции;
- диапазоны цен на нефть и другие ресурсы;
- уровень заработной платы и потребительского спроса;
- степень успешности НИОКР.

### Модели хаотической динамики

Модели хаотической динамики описывают случайные изменения состояний объекта. Например, колебания цен вблизи их состояния равновесия и переходы между окрестностями состояний равновесия. Модели хаотической динамики могут базироваться на распределении вероятностей состояний объекта.

В качестве примера рассмотрим отношения лиц А и В с кривыми реагирования, показанными на рис. 6. В этом случае есть некоторый порог для вкладов в отношения:

- отношения улучшаются до бесконечности, если в начальном состоянии вклады превышают порог;
- отношения ухудшаются до бесконечности, если в начальном состоянии вклады меньше порога.

Динамика отношений относительно проста.

На практике, однако, может встречаться следующая модификация только что рассмотренной модели:

- глубина отношений ограничена в обе стороны: и лучшую, и худшую;
- периодически возникают внешние обстоятельства, случайным образом сильно меняющие вклады лиц А и В в лучшую или худшую сторону.

Фактически в модифицированной модели случайным образом меняется начальное состояние: то оно определяет усиливающуюся кооперацию, то оно определяет усиливающуюся взаимную независимость.

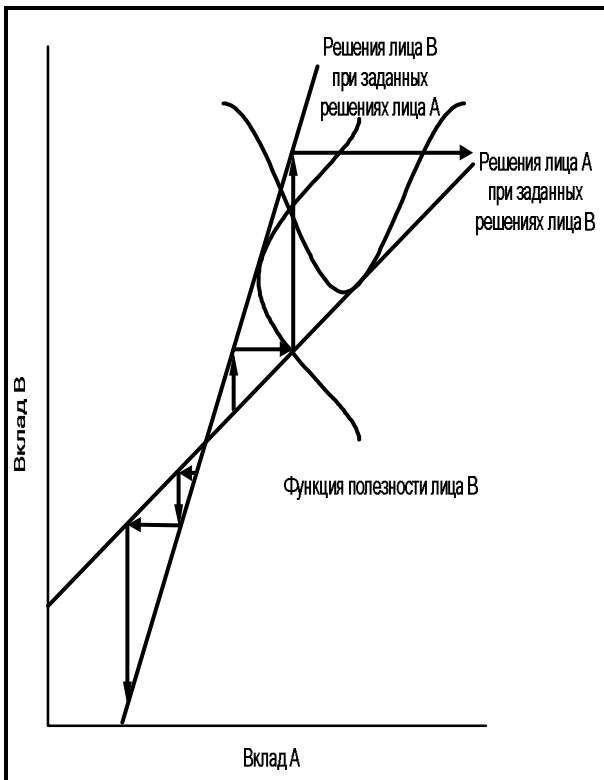


Рис. 6. Развитие отношений

Практическое применение этого принципа проиллюстрировано на рис. 7. Поначалу усиление рекламы ведет к росту объема продаж. Затем наступает момент, когда дальнейшие усилия уже не приводят к росту объема продаж: возможности продаж уже исчерпаны.

Развитие отношения возможно в рамках партнерства – новой модели развития отношений. При этом имеется интервал усилий, которому соответствуют три сценария:

- продаж;
- партнерства;
- парадоксальных отношений.

При партнерстве и продаже все ожидаемо – повышение усилий улучшает отношений. На парадоксальном этапе – наоборот: к улучшению отношений приводит ослабление усилий продавца. Случайные возмущения приводят к смене сценария – получается модель хаотической динамики, описывающая развитие отношений двух лиц. Модели качественной динамики

### Общая идеология моделей грубой (качественной) динамики

При изучении хаотической динамики выделяются:

- стационарные точки;
- области притяжения к ним;
- области отталкивания от них;
- барьеры, разделяющие различные области, например, области притяжения и отталкивания;
- области смешанного поведения (притягивания по одной координате и отталкивания по другой координате);
- области переходов.

Модели грубой динамики позволяют качественно описать перспективы развития объекта в зависимости

от того, в какой бассейн – область притяжения или отталкивания – он попадает.

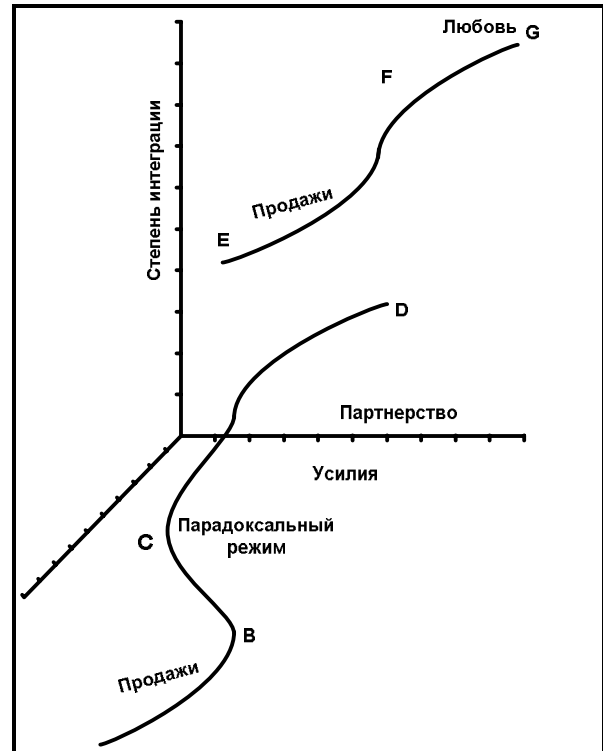


Рис. 7. Продажи и партнерство

### Качественная модель состояний равновесия для предприятия

При малых уровнях фондовооруженности труда дополнительные капиталовложения расширяют поле выбора, что приводит к росту отдачи на вложенный капитал (см. рис. 8, участок АВ). По мере насыщения труда капиталом дополнительные капиталовложения уже перестают расширять поле выбора. Приходится использовать варианты в порядке убывания их доходности, что находит свое отражение в убывании отдачи на вложенный капитал (см. рис. 8, участок ВС). Таким образом, кривая отдачи вложенного капитала сначала является выпуклой, а затем – вогнутой.

Рассмотрим приложение этого факта к стратегическому управлению предприятием. Если предположить, что возврат капитала пускается на дальнейшее развитие и свое возобновление:

$$kt+1=f(kt)-c(t)-\delta kt,$$

то динамика фондовооруженности труда имеет три стационарные точки (см. рис. 9):

$$k(1), k(2), k(3),$$

где

$$c(t) - \text{удельное потребление в момент времени } t,$$

$$\delta - \text{норма износа капитала.}$$

Причем первая  $k(1)$  и последняя точка  $k(3)$  соответствуют устойчивым состояниям предприятия, а средняя точка  $k(2)$  – неустойчивому.

Состояние  $k(1)$  характеризуется малой фондовооруженностью, что дает и низкую производительность труда. Низкая производительность труда не позволяет его хорошо оплачивать. Невозможность хорошо оплачивать

труд не позволяет принимать на работу (а также удерживать) высококвалифицированных специалистов. Поэтому в нижней точке равновесия  $k^{(1)}$  приходится использовать неквалифицированный труд. Положение может усугубляться текучестью персонала, не позволяющей ему накапливать опыт и квалификацию.

Использование неквалифицированного труда заставляет, особенно в условиях текучести кадров, делать ставку на дисциплину и на выполнение норм, предписаний и инструкций, исполнение которых необходимо контролировать. Происходит усиление исполнительной вертикали, а это, в свою очередь, снижает требования к уровню квалификации исполнителей.

Такая ситуация находит отражение и в корпоративной культуре. Низкая квалификация сотрудников и жесткая дисциплина ставят выполнение дисциплины и предписаний на одно из первых мест в системе ценностей служащих. Принятие собственных решений и проявление инициативы не поощряется ввиду низкой квалификации сотрудников. Система оплаты в такой ситуации обычно привязывается не к конечному результату, а к соблюдению дисциплины и предписаний, что также способствует формированию административно-ориентированной системы ценностей. Принятие решений и координация параллельных функциональных служб производятся при помощи исполнительной вертикали.

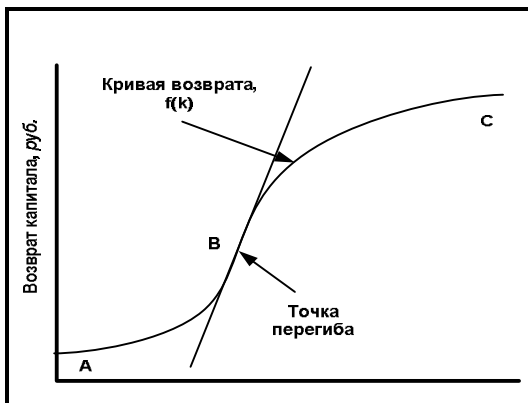


Рис. 8. Кривая возврата капитала

Для верхнего состояния равновесия  $k^{(3)}$  ситуация прямо противоположна: хорошая фондовооруженность ведет к высокой производительности труда и позволяет выплачивать высокую зарплату, привлекая и удерживая высококвалифицированных специалистов. Накопление знаний, опыта и умений снижает удельные издержки и повышает качество продукции, способствуя ее лучшей конкурентоспособности и большей отдаче на вложенные средства.

Привлечение высококвалифицированных работников совместно с делегированием полномочий позволяет привязать их оплату к конечному результату (прибыли, объему продаж, доле рынка). Критерием хорошего труда становится уже не соблюдение дисциплины и других предписаний, а принесение результата (дохода) на предприятие. Меняются система ценностей и корпоративная культура. Исполнительная вертикаль разгружается: ее функции постепенно перекладываются на горизонтальные связи.

Среднее состояние равновесия (точка  $k^{(2)}$ ) неустойчиво. Это означает наличие разделяющего барьера,

поэтому предприятие не в состоянии просто собственными силами без привлечения новых управленческих технологий или инвестиций перейти из низшего состояния равновесия  $k^{(1)}$  в верхнее состояние равновесия  $k^{(3)}$ . Минимальный объем инвестиций  $I_{min,1}$ , необходимый для осуществления перехода, должен превышать величину барьера  $(k^{(2)} - k^{(1)})L$ :

$$I_{min,1} \geq (k^{(2)} - k^{(1)})L,$$

где  $L$  - численность работающих на предприятии.

Если же объем инвестиций  $I$  меньше минимально необходимого  $I_{min,1}$ :

$$I < I_{min,1},$$

то предприятие обречено скатиться в исходное состояние  $k^{(1)}$ .

Барьер  $\Delta K_{max,2}$  отделяет и верхнее состояние равновесия  $k^{(3)}$  от среднего состояния  $k^{(2)}$ . Величина барьера  $\Delta K_{max,2}$ ,

$$\Delta K_{max,2} = (k^{(3)} - k^{(2)})L,$$

определяет максимально возможные потери капитала, после которых предприятие еще в состоянии самостоятельно вернуться в верхнее состояние равновесия  $k^{(3)}$ .

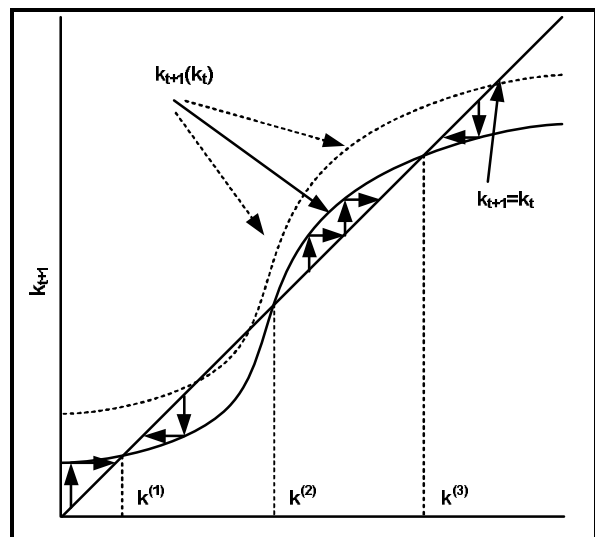


Рис. 9. Три состояния предприятия

Кризисное состояние предприятия не позволяет рассчитывать на привлечение инвестиций. В то же время принесение новых управленческих знаний и умений дает больший результат, чем инвестиции. Таким образом, инвестиции в обучение персонала и управление дают максимальную отдачу, потому что позволяют более полно использовать уже имеющееся оборудование. Нет смысла приобретать сверхновое дорогостоящее оборудование, если персонал окажется не в состоянии использовать все его возможности или, например, закупать гибкие переналаживаемые линии, если система управления ориентирована на выпуск фиксированной гаммы номенклатуры продуктов.

Альтернативой инвестициям, требуемым для перевода предприятия в новое состояние равновесия  $k^{(3)}$ , являются мероприятия по раскрытию потенциала предприятия, что поднимет кривую отдачи капитала (см. рис. 8) вверх, уменьшая минимальный объем требуемых для перехода инвестиций, вплоть до полного исчезновения разделяющего барьера (см. рис. 9).



## Модель смены технологий



Рис. 10. Кривые аккумулятивного опыта

Важным свойством самоорганизации предприятия является аккумулятивный опыт. **Аккумулятивный опыт** – приобретенные в процессе производства знания, навыки, методы, эвристики, опыт, know how. Благодаря аккумулятивному опыту персонал накапливает знания, умения, что позволяет производить продукцию с меньшими удельными издержками. Согласно закону аккумулятивного опыта удельные издержки уменьшаются на 15-30% при каждом удвоении суммарного (с момента запуска в серию) объема данного вида продукции (см. рис. 10).

**Вкладывая средства в формирование и развитие горизонтальных связей, предприятие ускоряет процесс аккумулятивного опыта и, следовательно, ускоряет процесс снижения удельных издержек.**

Норма отдачи капитала на вложенные средства имеет более одного локального максимума. Связано это с расширением поля выбора при слабой фондовооруженности и с сужением поля выбора – при хорошей фондовооруженности.

Наличие более одного локального максимума свидетельствует о том, что предприятие имеет несколько альтернативных стратегий и может осуществлять выбор (например, оформленный в виде уровня фондовооруженности). Таким образом, ситуация выбора – ситуация, в которой предприятие имеет возможность выбрать один из ряда вариантов. Работа закона аккумулятивного опыта приводит к закреплению предприятия в принятом стратегическом решении: смена решения ведет к потере аккумулятивного опыта, что оборачивается ростом удельных издержек и ставит предприятие в более слабую, по сравнению с конкурентами, позицию.

## Семантические модели

Семантические модели – модели качественного описания состояний объекта и правил смены состояний. Семантические модели отличаются от просто качественных рассуждений четкой структуризацией различных понятий – состояний объекта и выделением их взаимозависимостей.

В качестве примера можно привести модель, описывающую разные плоскости конфликта. Различаются:

- уровень конфликта;
- плоскость конфликта;

- стадия конфликта;
- идентификация конфликта;
- пространство конфликта;
- стратегия конфликта:
  - агрессия,
  - уход,
  - оборона,
  - мягкая позиция и жесткие интересы.

Уровень конфликта определяется значимостью действующих участников, к числу которых могут относиться:

- физические лица;
- группы лиц;
- организации и институты;
- государства.

Как правило, существенное преимущество имеет сторона с более высоким уровнем конфликта. Так, группы лиц имеют преимущество перед отдельными лицами, а организации – перед группой лиц. Формирование более высокого уровня аналогично формированию решающей коалиции в теории игр.

Один и тот же конфликт может проходить в разных плоскостях. Его исход часто зависит от плоскости, в которой он пойдет. В качестве примера можно привести конфликт между контролером – молодым мужчиной – и директором небольшого ресторана – пожилой женщиной. В плоскости выявления нарушений – безусловное преимущество у контролера. Но если директору удастся перевести конфликт в плоскость ущемления прав пожилой женщины, то контролер уже оказывается в проигрышной позиции.

Конфликт проходит по трем основным стадиям. На первой стадии участники себя рассматривают партнерами и готовы к сотрудничеству друг с другом. Девиз конфликта: «Вместе мы все решим!» На второй стадии участники видят друг друга посторонними людьми, стараются избегать взаимных встреч и общения. Девиз: «Он не понимает!» На третьей стадии участники в друг друга видят врагов и стараются нанести друг другу удары:

- предупреждающие;
- болевые;
- на поражение.

*Девиз: «Я ему покажу!!!»*

Конструктивное общение и переговоры возможны только на первой стадии конфликта. Третья стадия близка к необратимой. Вовлечение в переговоры противоборствующих сторон происходит через трансформацию с третьей стадии на вторую и со второй на первую.

Со стадией конфликта тесно связана идентификация участников:

- мы;
- вы и я.

Идентификация «мы» предполагает кооперативные усилия по разрешению конфликта. Идентификация «вы и я» – разделение и, как следствие, попытки решить конфликт в ущерб друг другу.

Пространство конфликта – те спорные точки, вокруг которых разгорается конфликт прав и интересов. Четкая идентификация пространства конфликта позволяет продвинуться в его разрешении, так как появляется возможность разделить интересы и конкуренцию трансформировать в кооперацию.

Осознание пространства переговоров приводит к выделению интересов и позиций. Интерес – цель уча-

стника конфликта, позиция – конкретное оформление цели. Разделяя интересы и позиции, становится возможным продвигаться к достижению целей за счет изменения позиций.

Разделение интересов и позиций позволяет сформировать качественно новую стратегию: взаимного продвижения по интересам за счет:

- разделения интересов и позиций;
- изменения позиций.

Примитивные стратегии заключаются в:

- агрессии;
- компромиссе;
- уходе.

Агрессия приводит к успеху в случае преимущества в силе. Уход применяется тогда, когда:

- силы слишком слабы;
- предмет конфликта малоинтересен.

Такая семантическая модель конфликта позволяет прогнозировать динамику его развития при разных стратегиях и сценариях управления.

### Модели самоорганизации

Модели самоорганизации описывают возникновение и развитие структур и порядков. Большинство такие модели являются качественными и могут собой представлять синтез моделей грубой динамики с семантическими моделями.

Модели грубой динамики позволяют понять:

- основные стационарные точки объекта;
- бассейны притяжения;
- разделяющие поверхности;
- качественный вид траекторий развития (изменения).

Добавление семантических моделей, особенно вместе со стохастическими или марковскими моделями, может добавить направление смены стационарных точек, т.е. упорядочить их. Так, например, закон аккумулярованного опыта приводит к снижению удельных издержек на 15-30% при каждом удвоение совокупного объема продукции с момент запуска изделия в серию.

Снижение удельных издержек приводит к смене технологий, росту производительности труда, что способствует и смене стационарных точек предприятия. Периодически накопленный опыт претерпевает качественные изменения и оформляется в виде новых изобретений, технологий. Время возникновения новых изобретений и технологий описывается случайными величинами.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разные социально-экономические объекты и их среда обладают различными характеристиками. Для каждого типа объекта подходят свои методы управления. Многообразие подходов к динамическому моделированию позволяет для каждого типа объекта и целей управления им подобрать подходящую модель.

### Литература

1. Тренев Н.Н. Предприятие и его структура. Анализ. Диагностика. Оздоровление. – М.: ПРИОР.
2. Тренев Н.Н. Стратегическое управление.
3. Тренев Н.Н. Макроэкономика. Современный взгляд.
4. Тренев Н.Н. Управление конфликтами.
5. Gujarati D.N. Basic econometric. McGraw-Hill, Inc., 1995. – 838 p.
6. Арнольд. Дополнительные главы обыкновенных дифференциальных уравнений
7. Недосекин А.О. Финансовый менеджмент на нечетких множествах. Аудит и финансовый анализ. 2003. № 3. С. 195-255
8. Levy, Haim & Samat, Marshal. Capital investment & financial decisions. New York: Prentice Hall, 1994. – 782 p.
9. Kerzner, Harold. Project management. A system approach to planning, scheduling, and controlling. – John Willey & Sons, Inc. New York, 1998.
10. Azariadis Costas. Intertemporal macroeconomics. Massachusetts: Blackwell, 1995. – 504 p.

*Тренев Николай Николаевич*