

# МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ КАК ОТКРЫТОЙ СИСТЕМОЙ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

И. Ю. Шполянская

*Ростовский государственный экономический университет, г. Ростов-на-Дону*

Рассмотрены вопросы создания информационной системы малого предприятия как открытой системы, способной адекватно реагировать на изменения во внешней среде. В качестве моделей активного взаимодействия системы и среды предложены процедуры адаптации с элементами самообучения, а для координации потоков ресурсов в системе — имитационная модель.

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективность функционирования малого предприятия в значительной мере определяется тем, насколько хорошо оно способно адаптироваться к требованиям постоянно изменяющейся рыночной среды, учитывать факторы внешнего окружения и рационально использовать свои потенциальные возможности. Методы организации и управления внутренними бизнес-процессами предприятия при всей их важности отходят на второй план. Одним из главных критериев эффективности его информационной системы становится способность оперативного реагирования на различные по своей природе воздействия со стороны внешней экономической среды (конкурентов, поставщиков, клиентов, кредитных организаций, налоговой службы и др.). В соответствии с этим в качестве основной функции в модели управления малым предприятием рассматриваются анализ закономерностей происходящих в среде процессов и применение полученных знаний для выработки своевременных реакций для минимизации неблагоприятного воздействия случайных факторов или использования потенциальных возможностей в каждой конкретной ситуации.

### 1. ПРОБЛЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ: АДАПТИВНЫЙ ПОДХОД

Малое предприятие вынуждено функционировать в тесном взаимодействии с внешней средой, которая характеризуется высокой степенью неопределенности. Внешние факторы, оказывающие непосредственное влияние на эффективность деятельности предприятия (изменение спроса на реализуемые товары в количественном отношении и в отношении ассортимента, изменение уровня рыночных цен на приобретаемые фирмой товары, отклонения по срокам, объему и качеству вы-

полнения договорных обязательств по поставкам, дебиторская задолженность, уровень инфляции, изменение валютного курса, налоговая политика государства и т. д.), связаны с конкретными объектами внешней среды: с клиентами, поставщиками, партнерами, конкурентами, банком, государственными организациями.

В традиционных подходах к созданию информационных систем объекты внешней среды не включались в контур системы управления предприятием, а компенсация их неблагоприятного воздействия осуществлялась либо в процессе регулирования по результатам отдельных его проявлений, либо путем сбора статистики и разработки прогнозов на последующий период. В обоих случаях игнорируются целенаправленные свойства среды, в которой осуществляется управление. Однако каждый клиент фирмы согласно предпочтениям имеет свою модель целесообразного поведения. Также целенаправленны действия партнеров, конкурентов и поставщиков, они подчиняются некоторой стратегии. Если не учитывать эти обстоятельства, то клиент, поставщик или конкурент для руководства фирмы становятся абсолютно непредсказуемыми, а управление — хаотичным.

Альтернативным способом решения проблемы может быть подход, который позволяет рассматривать предприятие как открытую систему и связан с построением адекватных моделей объектов внешней среды. В процессе функционирования при соответствующих условиях открытая система достигает состояния подвижного равновесия, в котором ее структура остается постоянной, но это постоянство сохраняется в процессе непрерывного обмена информацией и ресурсами с внешней средой [1]. В соответствии с принципом эквифинальности, такое состояние равновесия открытых систем не зависит от исходных условий и определяется исключительно методами управления.

Поэтому информационная система как модель управления предприятием, адекватно отражающая его



процессы, также должна строиться как открытая система. Целью информационной системы становится обеспечение всем элементам системы динамического равновесия в процессе гибкого взаимодействия предприятия с внешней средой путем отыскания оптимального режима обмена ресурсами с элементами окружения для достижения главной цели деятельности предприятия (получение прибыли) посредством совокупности взаимосвязанных внутренних бизнес-процессов. В результате синтеза модели открытой и целенаправленной систем получается модель гибкого управления малым предприятием.

Вследствие невозможности реализовать стандартные методы поиска оптимальных управленческих стратегий из-за действия множества случайных факторов, которые с течением времени могут существенно измениться для построения модели взаимодействия малого предприятия с внешней средой целесообразно применить адаптивный подход. Последний предполагает создание системы, которая в процессе функционирования сама меняет свою структуру (цели, функции и методы управления) в условиях начальной неопределенности и изменяющихся условиях работы путем анализа текущей информации с тем, чтобы в течение продолжительного времени обеспечить устойчивость в достижении главной цели предприятия.

Для реализации моделей адаптации применялись алгоритмы самоорганизации, основанные на обучении с подкреплением (самообучении) [2]. Изменение эффективности функционирования системы описывается в виде уточнения вероятностей выбора стратегии в каждой ситуации. Наилучшая стратегия может быть получена в результате увеличения вероятностей выбора управлений, улучшающих значение показателя эффективности, и уменьшения вероятностей выбора нежелательных стратегий. Значения вероятностей используются до тех пор, пока система находится в  $a$ -й ситуации. При переходе системы в  $b$ -ю ситуацию стратегия выбирается в соответствии с вероятностями, накопленными в результате прошлых попаданий системы в  $b$ -ю ситуацию. Выбору правильной стратегии система обучается путем уточнения вероятностей на основе локального критерия эффективности, в качестве которого рассматривается математическое ожидание прибыли предприятия в  $b$ -й ситуации:

$$M \sum_i^T P_t(X_t, \Phi_t) = M \sum_{b=1}^B \sum_{k \in K(b)} P_k^b(X_k^b, \Phi_b),$$

$$\Phi_t \subset \Phi, \Phi = \bigcup_b \Phi_b,$$

где  $\Phi_t$  — производственная ситуация, в которой находится фирма в  $t$ -й период времени и которая описывается множеством фактических значений параметров, характеризующих состояние фирмы и определяемых вектором внешних воздействий;  $\Phi$  — множество всех возможных ситуаций;  $X_t$  — управляющая стратегия в  $t$ -м периоде;  $X_k^b$  — управляющая стратегия в  $b$ -й ситуации в  $k$ -й период;  $P_t$  — прибыль, полученная в  $t$ -й период;  $P_k^b$  — прибыль, полученная в  $k$ -й период, когда фирма находилась в  $b$ -й ситуации;  $B$  — количество различных ситуаций управления;  $K(b)$  — множество периодов времени, в течение которых фирма находилась в ситуации  $\Phi_b$ ;  $T$  — число периодов управления.

## 2. АДАПТИВНАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ С ОБЪЕКТОМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ: ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ФИРМЫ С КЛИЕНТАМИ

Основу системы управления малым предприятием составляет модель взаимодействия фирмы с клиентами. Эффективное взаимодействие с клиентами предусматривает увеличение объема продаж благодаря максимальному удовлетворению потребностей каждого покупателя для обеспечения максимальной прибыльности предприятия. Это может быть достигнуто путем:

- установления цены на уровне, привлекательном для покупателя и в то же время обеспечивающем предприятию достаточный уровень рентабельности;

- подбора рациональной структуры ассортимента продукции, обеспечивающего удовлетворение рыночного спроса;

- определения уровня товарных запасов, обеспечивающего своевременность поставок материала, достаточных для удовлетворения потребностей клиента в любой момент времени и вместе с тем не приводящих к замораживанию денежных средств.

На уровень устанавливаемой цены оказывают влияние следующие факторы: модель поведения конкретного клиента (группы однородных клиентов), наличие товара в данный момент на рынке у конкурентов и уровень рыночных цен, уровень издержек на производство данного товара.

Клиентов фирмы с однотипным поведением можно объединить в группы с тем, чтобы впоследствии к каждой группе клиентов можно было применить одинаковую ценовую стратегию. Как правило, модель поведения клиента не меняется в зависимости от вида товара. Клиента прежде всего интересует отклонение цены реализации от известной ему рыночной цены. Этот факт дает возможность объединить различные виды товаров в одну группу, что позволяет увеличить объем выборки анализируемых данных в каждой ситуации.

Ценовая стратегия для одной и той же группы товаров может отличаться в зависимости от текущей рыночной ситуации: наличия товара у конкурентов и рыночной цены (последняя определяется, в частности, текущим спросом). Условно все рыночные ситуации можно разбить на группы, определяемые пересечением двух множеств: множества состояний  $T =$  («товар имеется в наличии на рынке»; «товар имеется в избытке на рынке»; «товар отсутствует на рынке»; «ожидается дефицит товара в ближайшее время»; «ожидается избыток товара») и множества  $C =$  («рыночная цена равна стоимости товара»; «рыночная цена ниже стоимости»; «рыночная цена выше стоимости»).

Задача оптимального взаимодействия фирмы с клиентами формулируется следующим образом. В каждой выделенной рыночной ситуации для каждой группы клиентов найти наиболее эффективную ценовую стратегию, обеспечивающую фирме в данной производственной ситуации (при данном уровне товарных запасов) максимальный объем продаж и желаемый уровень рентабельности.

Процесс нахождения равновесной цены, которая устраивала бы и фирму, и клиента, можно рассматривать как процесс переговоров. Каждый клиент оценивает выгодность предстоящей сделки по отклонению предлагаемой ему цены от рыночной и в зависимости от наличия товара на рынке. Если клиента устраивает цена,

то он совершает покупку в соответствии с потребностями. Иначе клиент может уменьшить объем покупки или отказаться от нее. В итоге будет уменьшено общее число продаж фирмы. Изменяя цену реализации, система управления имеет возможность побудить клиента выбрать действие, максимизирующее объем продаж и, соответственно, прибыль.

Адаптивное управление на каждом шаге позволяет выбрать наиболее эффективную для данной ситуации ценовую стратегию, обеспечивая фирме максимальный объем покупок клиента. В таком случае текущая ценовая стратегия выступает в роли параметра адаптации системы управления. Цель адаптации состоит в достижении максимума среднего уровня (математического ожидания) чистой прибыли в течение всего времени функционирования предприятия. В этом смысле цель адаптации совпадает с целью деятельности фирмы.

Вектор ценовых стратегий определим следующим образом. Разобьем диапазон возможных значений цены реализации на  $N$  равных отрезков и поставим им в соответствие вектор

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) |_{x_i=0;1}; \quad \sum_i x_i = 1.$$

Тогда в качестве текущей будет выбрана стратегия  $x_i$ , если  $x_i = 1$ . Пусть для ситуации  $\Phi_a$  в  $k$ -м периоде управления для фирмы определена эффективная стратегия  $x_i^a$ . На следующем шаге управления фирма может оказаться в ситуации  $\Phi_b$ , для которой данная стратегия уже будет неэффективной и потребуются применение стратегии  $x_j^b$ . Но, так как распределение вероятностей перехода системы в последующую ситуацию неизвестно, то неопределенно и распределение вероятностей величины  $P_k^b$ , на основе которого можно было бы найти необходимое значение  $x_j^b$ . В таком случае оценку показателя эффективности  $V_k^b$  можно получить с помощью алгоритма стохастической аппроксимации [3]:

$$V_{k+1}(x_i^b) = V_k(x_i^b) + \gamma_{k+1}[P_{k+1}(x_i^b) - V_k(x_i^b)], \\ V_0(x_i^b) = 0,$$

где  $P_{k+1}(x_i^b)$  — фактическое значение показателя эффективности для  $i$ -й стратегии в  $b$ -й ситуации на  $(k+1)$ -м шаге управления;  $\gamma_{k+1}$  — шаг адаптации.

Наилучшая стратегия  $x_\lambda^b$  в ситуации  $\Phi_b$  на очередном  $(k+1)$ -м шаге определяется в соответствии с предпочтениями, основанными на вероятности обеспечения данной стратегией наилучшего значения показателя эффективности, из соотношения

$$pr_{k+1}(x_\lambda^b) = \max_{i=1, M} pr_k(x_i^b),$$

где  $pr_{k+1}(x_\lambda^b)$  — вероятность выбора стратегии  $x_\lambda^b$  в ситуации  $\Phi_b$  на  $(k+1)$ -м шаге;  $M$  — число возможных стратегий управления.

Данные оценки вероятностей также уточняются на каждом шаге на основе другого алгоритма стохастической аппроксимации. Значения шага адаптации в алго-

ритмах можно положить равными последовательности чисел  $1/k$ , где  $k$  — номер периода адаптации.

С помощью данных алгоритмов на основе корректировки набора вероятностных предпочтений информационная система обучается находить в каждой рыночной ситуации наилучшую ценовую стратегию для каждой группы клиентов фирмы. Подходящая стратегия выбирается в соответствии с максимальной вероятностью того, что она, с учетом данной ситуации, обеспечит и в дальнейшем наибольший объем покупок каждым клиентом, тем самым и наибольший объем прибыли. Фактическое значение показателя эффективности в текущей ситуации определяется программно по данным оперативного учета за отчетный период.

### 3. АЛГОРИТМ ВЫБОРА АДАПТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ

Адаптивный механизм определения текущей стратегии состоит в следующем [4].

1. Для текущей экономической ситуации  $\Phi_b$ , описываемой спросом на рынке, на  $k$ -м шаге управления определяется наиболее предпочтительная управляющая альтернатива — значение вектора ценовой стратегии в соответствии с максимальной вероятностью обеспечения данной стратегией наилучшего значения показателя эффективности, в предположении, что ситуация сохранится в дальнейшем.

2. Из ситуации  $\Phi_b$  на  $(k+1)$ -м шаге система фактически переходит в состояние  $\bar{\Phi}_b$ . С учетом достигнутого объема продаж подсчитывается фактическое значение прибыли  $P_k^b$  для данной ценовой стратегии  $x_i^b$  при переходе из состояния  $\Phi_b$  в состояние  $\bar{\Phi}_b$ .

3. Оценивается среднее значение объема прибыли  $V_{k+1}(x_i^b)$  в соответствии с выбранной ценовой стратегией.

4. Уточняются вероятности выбора стратегии  $x_i^b$  для ситуации  $\Phi_b$  на основе полученных оценок прибыли  $V_{k+1}(x_i^b)$ . Предпочтение (вероятность) выбора варианта, приведшего к увеличению среднего значения показателя эффективности, увеличивается, а вероятность выбора варианта, приведшего к снижению среднего значения, уменьшается.

5. Процесс повторяется для ситуации  $\bar{\Phi}_b$ . Теоретически работа алгоритма завершается, как только предпочтения выбора одной и той же стратегии на очередном шаге управления будут отличаться от предпочтений текущего шага не более, чем на заранее заданную малую величину  $\varepsilon$ . Однако на практике для обеспечения динамической устойчивости системы требуется непрерывная корректировка оценок в соответствии с изменениями во внешней среде.

### 4. ДРУГИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Наиболее выгоден для фирмы такой ассортимент товарной продукции, который на данный момент в наибольшей степени отвечает предпочтениям покупателей. Структура ассортимента в каждый последующий момент времени определяется с помощью адаптивных процедур путем уточнения предпочтений выбора того



или иного варианта по результатам фактической его реализации относительно показателя эффективности — среднего объема прибыли за весь анализируемый период. Модель целесообразно использовать, когда у лица, принимающего решение, нет достаточной информации о будущих предпочтениях своих клиентов, с тем, чтобы эту информацию можно было получить и оценить непосредственно в процессе взаимодействия с ними.

С выбором структуры ассортимента тесно связана задача определения рациональных объемов товарных (а также материальных) запасов. Товарные (материальные) запасы должны быть достаточными, чтобы обеспечить своевременное выполнение заказов клиентов согласно их предпочтениям. С другой стороны, чрезмерный рост запасов приводит к связыванию оборотных средств фирмы и, тем самым, к снижению размера получаемой прибыли. Статистические данные об объемах продаж и заказах описывают спрос на данный вид товара. Для поддержания запасов на заданном уровне фирма делает закупки товаров у поставщиков, вступая с ними в определенные взаимоотношения. Момент закупки и размер очередной партии определяется фактическим состоянием запасов, текущим спросом клиентов, состоянием рынка, а также предложением поставщика.

Поставщик также является элементом внешней среды, с которым система управления фирмой вынуждена взаимодействовать с учетом его модели поведения. Взаимоотношения с поставщиками являются зеркальным отражением взаимоотношений фирмы с клиентами. Если в модели взаимоотношений с клиентами в качестве регулирующего параметра служит цена, с помощью которой фирма может стимулировать клиента к совершению покупок в максимальных объемах, то в модели взаимоотношений с поставщиком регулирующим параметром выступает объем закупок, а оценочным показателем эффективности выбранной стратегии — цена закупки. Снижение объемов закупок фирмы в течение определенного интервала времени служит для поставщика информацией о том, что его клиент (в данном случае сама фирма) знает действительную рыночную ситуацию, что приводит его к необходимости снизить закупочную цену.

Модель адаптации определяет стратегии закупок товаров у разных поставщиков. Предпочтения совершения закупок требуемого размера у того или иного поставщика корректируются в зависимости от договорной цены, которая с течением времени должна для фирмы снижаться. Набор предпочтений выбора каждой из возможных стратегий закупки меняется в зависимости от текущей рыночной ситуации. Последняя определяется текущим предложением данного поставщика и фактическим наличием товара на рынке (товар имеется в наличии; избыток товара; дефицит товара; ожидается дефицит товара; ожидается избыток товара). В результате процессов адаптации с течением времени в отношениях между фирмой и поставщиком устанавливается некоторое компромиссное равновесие, благодаря соблюдению интересов обеих сторон.

## 5. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА

Представленные модели и алгоритмы реализованы на языке Visual Basic. Программа обеспечивает возможность настройки на конкретный режим взаимодействия с внешней средой: с клиентом, поставщиком, рынком

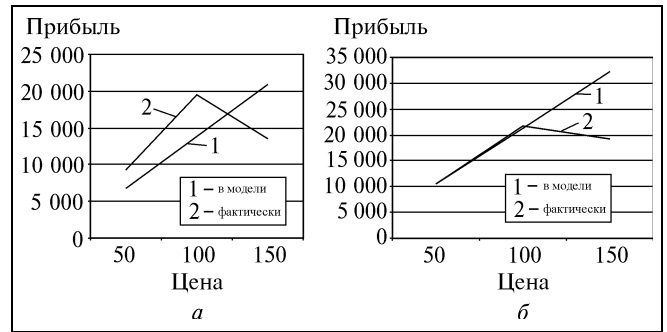


Рис. 1. Зависимость прибыли от цены:  
а — устойчивый, б — усиленный спрос

(в виде ассортимента, товарных и материальных запасов). Имеется возможность настройки и на другие элементы внешнего окружения: банк, налоги, инфляция, курс доллара.

Программа адаптации может работать как с реальными данными, так и с данными, полученными с помощью динамической имитационной модели работы предприятия. В свою очередь, имитационная модель реализована в среде Excel с использованием макросов VBA [5]. На каждом шаге адаптации в приложении Visual Basic в соответствии с текущей рыночной ситуацией генерируется управляющая стратегия, которая передается в связанный OLE-объект — имитационную модель в Excel. Имитационная модель оценивает эффективность стратегии (прогнозируемый размер прибыли). Полученные оценки передаются обратно в исходное приложение, где корректируется набор предпочтений выбора стратегий для следующего периода.

В случае режима адаптации на основе реальных данных имитационная модель используется только в начале работы модели для получения начальных оценок прибыли для каждой выделенной ситуации по разным управляющим альтернативам. В процессе адаптации оценки прибыли корректируются по данным оперативного учета.

Рассмотрим на примере работу алгоритма адаптации. Пусть для предприятия заданы три возможные производственные ситуации (слабый (1), устойчивый (2) и усиленный (3) спрос), для которых численные значения опроса приведены в табл. 1. (Здесь и ниже все величины даны в некоторых условных безразмерных единицах.) Возможные значения управляющих альтернатив (цены реализации) приведены в табл. 2.

В табл. 3 представлен процесс пошагового принятия решений по выбору наиболее подходящей цены с учетом сложившейся ситуации.

Результаты работы модели показывают, что первоначальные оценки прибыли для разных альтернатив меняются в зависимости от складывающейся ситуации, оп-

Таблица 1

Возможные ситуации

№ ситуации	Текущий спрос
1	100
2	200
3	300

Таблица 2

Цена реализации

№ альтернативы	Цена
1	50
2	100
3	150

Таблица 3

## Процесс пошагового принятия решений

№ периода	№ шага	№ ситуации	№ альтернативы	Фактическая прибыль	Оценка прибыли	Предпочтения
0	0	2	1	0	6 815	0,16
			2		13 839	0,33
			3		20 874	0,51
1	1		1	13 920	6 815	0,00
			2		13 839	0,00
			3		13 920	1,00
2	2		1	13 049	6 815	0,00
			2		13 839	0,50
			3		13 480	0,50
3	3		1	18 990	6 815	0,00
			2		15 317	0,67
			3		13 480	0,33
4	4	1	17 010	6 815	0,00	
		2		15 740	0,75	
		3		13 480	0,25	
5	5	1	20 460	6 815	0,00	
		2		16 684	0,80	
		3		13 480	0,20	
6	6	1	24 800	6 815	0,00	
		2		18 036	0,83	
		3		13 480	0,17	
7	7	1	29 750	6 815	0,00	
		2		19 501	0,85	
		3		13 480	0,15	
8	0	1	0	10 500	0,17	
		2		21 323	0,33	
		3		32 153	0,50	
9	1	1	21 370	10 500	0,00	
		2		21 323	0,00	
		3		21 370	1,00	
10	2	1	21 310	10 500	0,00	
		2		21 323	0,00	
		3		21 340	1,00	
11	3	1	21 280	10 500	0,00	
		2		21 323	0,33	
		3		21 320	0,67	
12	4	1	19 110	10 500	0,00	
		2		20 770	0,50	
		3		19 311	0,50	
13	5	1	25 960	10 500	0,00	
		2		21 808	0,60	
		3		19 311	0,40	



Рис. 2. Изменение прибыли в ходе адаптации

ределяемой текущим спросом (рис. 1). Это заставляет систему соответственно корректировать свои предпочтения в отношении выбираемого уровня цен. В свою очередь, изменение цены приводит к изменению фактического объема продаж и, соответственно, прибыли. Постоянный баланс между ценой и объемом продаж позволяет удерживать прибыль на желаемом уровне (рис. 2).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены единая модель, метод и алгоритм реализации гибкого взаимодействия фирмы со своим окружением на основе адаптивного подхода с учетом целесообразного поведения каждого объекта внешней среды. Поскольку имитационная модель связывает в единое целое все потоки материальных и финансовых ресурсов, обеспечиваются координация между различными моделями адаптации и баланс между всеми элементами системы.

Имея в своем распоряжении модель поведения внешней среды, можно правильно оценить текущую экономическую ситуацию и эффективно распределить ресурсы системы. Следовательно, предприятие будет способно своевременно менять свою тактику, адаптируясь к непрерывно изменяющимся внешним условиям своего функционирования.

### ЛИТЕРАТУРА

- Берталанфи Л. Общая теория систем — обзор проблем и результатов // Системные исследования. — М., 1969. — С. 30—54.
- Саридис Дж. Самоорганизующиеся стохастические системы управления. — М.: Наука, 1980. — 306 с.
- Nicolic Z. J., Fu K. S. An Algorithm for Learning Without Supervision and It's Application to Learning Control Systems // IEEE Trans. Autom. Control. — 1966. — Vol. AC-11, N 3. — P. 414—423.
- Шполянская И. Ю. Реализация модели гибкого развития малого предприятия с помощью адаптивного механизма принятия стратегических решений // Научный поиск: По страницам докторских диссертаций. — Ростов н/Д.: РГЭУ РИНХ. — 2003. — С. 71—77.
- Шполянская И. Ю. Имитационное моделирование бизнес-процессов и систем / Научн.-практ. пособие. — Ростов н/Д.: РГЭУ РИНХ. — 2005. — 224 с.

☎ (863) 237-02-71

E-mail: spol@rseu.ru

irinaspol@rambler.ru

