

СРЕДНЕСРОЧНАЯ ДИСКРЕТНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ, ПРОИЗВОДЯЩЕГО ТОВАРЫ ОГРАНИЧЕННОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ, В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТИ СПРОСА

А. Е. Краснов, Д. Е. Умеренков

Московский государственный университет технологий и управления

Рассмотрено применение дискретных динамических моделей типа «затраты—выпуск», построенных на основе регрессионно-авторегрессионных уравнений. Впервые для данного класса моделей введен закон убывающей производительности капитала, переменный спрос и управление предприятием посредством изменения цены на товар. Исследована зависимость устойчивости и прибыльности предприятия от степени волатильности цен на рынке.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее перспективные методы управления хозяйственной деятельностью предприятия и ее прогнозирования предполагают математическое моделирование хозяйственных процессов. Главная проблема, с которой приходится сталкиваться при моделировании хозяйственных процессов предприятий, производящих товары с ограниченным сроком хранения, состоит в необходимости отдельного учета каждой партии произведенного товара, поскольку спрос на товары разного возраста существенно различается. Поэтому перспективными для моделирования выглядят регрессионно-авторегрессионные уравнения, позволяющие связать текущее состояние предприятия с его состоянием за несколько предыдущих периодов.

У подобных моделей, рассмотренных в работах [1–3], есть два существенных недостатка: независимость производительности капитала от объема производства; отсутствие связи между ценой товара и скоростью его реализации.

Первый из них прямо противоречит закону убывающей производительности капитала и не позволяет моделировать деятельность предприятия в среднесрочной перспективе. Второй не позволяет рассматривать цену товара как фактор управления финансовым положением предприятия. Эти недостатки крайне ограничивают сферу применимости существующих моделей.

В настоящей статье сделана попытка устранить отмеченные недостатки и построить динамическую модель хозяйственной деятельности предприятия, производящего скоропортящиеся товары, с учетом убывающей производительности капитала. Рассмотрено также поведение модели в условиях нестабильного спроса, причем впервые для данного класса моделей управление хозяйственной деятельностью предприятия осуществляется не только размером первоначальных инвестиций, но и ценой на товар.

1. ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ

Дискретные детерминированные модели типа «затраты—выпуск» [1–4] основаны на следующих предположениях:

- финансовые ресурсы предприятия зависят от объема произведенной продукции в текущий момент времени t и предыдущих периодах: $t - 1, t - 2, \dots, t - m$;
- доля от дохода реинвестируется в производство с коэффициентом a ($|a| < 1$);
- доход вычисляется как произведение QP проданной продукции Q на цену P единицы продукции;
- на оборот начисляется налог с коэффициентом q налогообложения, а на прибыль — с коэффициентом r ;
- продажи осуществляются непрерывно, но учитываются дискретно на каждом шаге.



Сущность этих моделей состоит в последовательном вычислении состояния предприятия на каждом дискретном шаге на основании данных, полученных на предыдущих шагах. Исходя из предположения, что в любой момент времени поток средств, поступающих в распоряжение предприятия, равен потоку средств им расходуемых, можно записать балансовое уравнение, характеризующее деятельность предприятия.

$$\begin{aligned}
 & F(t) + (1-d) \sum_{i=1}^m a_i Q(t-i) P(t) = \\
 & = EC + EVQ(t) + q(1-d) \sum_{i=1}^m a_i Q(t-i) P(t) + \\
 & + r(1-d) \left[\sum_{i=1}^m a_i Q(t-i) P(t) - EC + EVQ(t-1) \right],
 \end{aligned}$$

где $F(t)$ — средства, инвестируемые в предприятие на шаге t , а d — доля выручки предприятия, направляемая на выплату дивидендов.

В левой части уравнения обозначены средства, поступающие предприятию на шаге t , состоящие из выручки от реализации товаров, произведенных в предыдущие периоды и инвестиций $F(t)$ этого периода. В правой части расписаны затраты на шаге t , состоящие, соответственно, из постоянных EC и переменных затрат $EV \cdot Q(t)$, а также начисляемого подоходного и оборотного налогов.

При решении этого уравнения относительно $Q(t)$ получаем

$$\begin{aligned}
 Q(t) = [F(t) + (1-q-r)(1-d) \sum_{i=1}^m a_i Q(t-i) P(t) + \\
 + r[EVQ(t-1) + EC] - EC] / EV. \quad (1)
 \end{aligned}$$

Данная модель достоверно отражает поведение предприятия только на самом первом этапе его существования — стадии экстенсивного роста и не позволяет моделировать деятельность предприятия, выходящего на плановую производственную мощность. Это выражается в том, что производство при благоприятных внешних условиях растет бесконечно, что не соответствует реальности, поскольку не учитывается закон убывающей производительности капитала.

2. ЗАКОН УБЫВАЮЩЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАПИТАЛА

Закон убывающей производительности капитала гласит, что средняя отдача от увеличения капитала на фиксированную величину убывает.

Чтобы понять, каким образом изменится уравнение (1) при введении убывающей производительности капитала обратимся к классической производственной функции Кобба—Дугласа для случая с одним ресурсом (в нашем случае это оборотные средства на шаге t), которую можно записать — $Q = kA_1^\alpha$, где Q — объем производства, k и α постоянные, характеризующие предприятие, и A_1 — количество имеющегося ресурса. При этом из за-

кона убывающей производительности капитала вытекает следующее ограничение: $0 < \alpha < 1$.

Формулу (1) можно представить в виде производственной функции Кобба—Дугласа со следующими значениями параметров: $k = 1/EV$, $\alpha = 1$,

$$\begin{aligned}
 A_1 = F(t) + (1-q-r)(1-d) \sum_{i=1}^m a_i Q(t-i) P(t) + \\
 + r[EV \cdot Q(t-1) + EC] - EC.
 \end{aligned}$$

Поэтому, для выполнения закона убывающей производительности капитала достаточно переписать уравнение (1) следующим образом:

$$\begin{aligned}
 Q(t) = [F(t) + (1-q-r)(1-d) \sum_{i=1}^m a_i Q(t-i) P(t) + \\
 + r[EV \cdot Q(t-1) + EC] - EC]^\gamma / EV, \quad (2)
 \end{aligned}$$

где γ — переменная, характеризующая скорость падения производительности капитала, при $\gamma = 1$ — производительность капитала остается неизменной. Безусловно, параметры формулы (1) можно сопоставить с параметрами формулы Кобба — Дугласа различными способами, но авторам выбраный способ представляется наиболее простым и естественным, однако вопрос о сопоставлении, дающем максимально реалистичный результат, остается открытым.

Данная модель учитывает закон убывающей производительности капитала, отражает стабилизацию объема производства и позволяет оценить как достигаемый объем производства, так и время окончания стадии экстенсивного роста.

3. ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТОВАРА ОТ ЦЕНЫ

Спрос на товар предприятия определяется двумя основными показателями: его ценой и возрастом. Оба эти показателя в существующих моделях «затраты—выпуск» неявно задавались постоянным вектором α . Для учета влияния цены на спрос необходимо разделить эти две составляющие. Привлекательность товара в зависимости от его цены можно задать функцией $D(P, \theta_1, \dots, \theta_n)$, где $\theta_1, \dots, \theta_n$ параметры, описывающие уровень цен на аналогичный товар, принимающей значения от 0 до 1, а привлекательность в зависимости от возраста — вектором $\alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n)$. Общий спрос на товар, произведенный t периодов назад в виде доли товара, которая будет реализована, выражается как $D(P, \dots)\alpha_p$ и модель (2) записывается в виде:

$$\begin{aligned}
 Q(t) = [F(t) + (1-q-r)(1-d) \times \\
 \times \sum_{i=1}^m a_i Q(t-i) \min(1, a_{i-1} D(P, P^*)) \times \\
 \times \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \min(1, a_j D(P, P^*))) + \\
 + r[EV \cdot Q(t-1) + EC] - EC]^\gamma / EV. \quad (3)
 \end{aligned}$$

В качестве простейшей функции спроса $D(P, \theta_1, \dots, \theta_n)$ рассмотрим функцию следующего вида: $D(P, P^*) = \min\left(\max\left(\frac{4}{3} - \frac{2P}{3P^*}, 0\right), 1\right)$, эта функция зависит от переменной P^* характеризующей уровень цен на рынке. При цене P , большей $2P^*$, товар не продается, при цене P , меньшей $P^*/2$ продается весь товар (без учета качества товара), а в интервале между этими значениями доля товара меняется линейно.

Что касается вектора $\alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n)$, определяющего привлекательность товара в зависимости от возраста, то для непортящихся товаров он будет иметь вид $\alpha = (1, \dots, 1)$, для товара, хранящегося ограниченный срок, но не теряющего свои потребительские качества — вид $\alpha = (1, \dots, 1, 0, \dots, 0)$ и, наконец, для товара, качество которого падает со временем — $\alpha = (1; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2; 0, \dots, 0)$.

4. ПОВЕДЕНИЕ МОДЕЛИ В УСЛОВИЯХ НОРМАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПОМЕХИ

В реальном мире нет возможности точно предсказать значения всех переменных, оказывающих влияние на деятельность предприятия, поэтому любая модель должна не только учитывать эту особенность и давать адекватные оценки деятельности предприятия в условиях неопределенности, но и оценивать степень влияния этой неопределенности.

Существуют разные подходы к применению помехи для моделирования деятельности предприятия, а именно: помеха может рассматриваться применительно к цене, издержкам или спросу. Последний вариант наиболее интересен для моделирования, поскольку наиболее точно отражает действительность, но одновременно и наиболее сложный в вычислительном плане, поскольку требует использования динамического вектора реинвестирования.

Используя введенную в § 3 функцию $D(P, P^*)$, применим нормально распределенную помеху с нулевым математическим ожиданием к переменной P^* , характе-

ризующей уровень цен на рынке, и запишем уравнение (3) в виде

$$Q(t) = [F(t) + (1 - q - r)(1 - d) \times \sum_{i=1}^m a_i Q(t-i) \min(1, a_{i-1} D(P, P^*)) \times \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \min(1, a_j D(P, P^*(t-j)))) + r[EV \cdot Q(t-1) + EC] - EC]^\gamma / EV. \quad (4)$$

5. ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для оценки поведения модели в условиях неопределенности использовалась нормально распределенная помеха с нулевым математическим ожиданием, последовательно воздействующая на цену на каждом шаге. Оценивались два параметра: математическое ожидание объема производства на 50-м шаге и вероятность того, что предприятие разорится (т. е. его оборотные средства станут меньше или равны нулю) в течение первых 50-ти шагов.

В качестве исходных выбраны следующие параметры: $EC = 100$, $EV = 2$, $P = 3$, $q = 0$, $r = 18\%$, $d = 5\%$, $\alpha = (1; 0,8; 0,9; 0)$, $\gamma = 0,98$. Инвестиции в размере F производятся на первом шаге. Рассматривается три варианта помехи: — низкая $\sigma = 0,1$; средняя $\sigma = 0,2$ и высокая $\sigma = 0,3$.

Исследуется зависимость оцениваемых параметров от объема инвестиций F и цены реализации товара P . Результаты моделирования представлены графиками на рис. 1—4.

Как несложно заметить, вне зависимости от рассматриваемого случая усиление помехи негативно отражается не только на вероятности выживания предприятия, но и на среднем уровне прибыли. Кроме того, представляется интересным тот факт, что при усилении помехи увеличивается оптимальная цена на продукцию. Это связано с тем, что потенциальный эффект благоприятных рыночных условий сводится к ускорению оборачи-

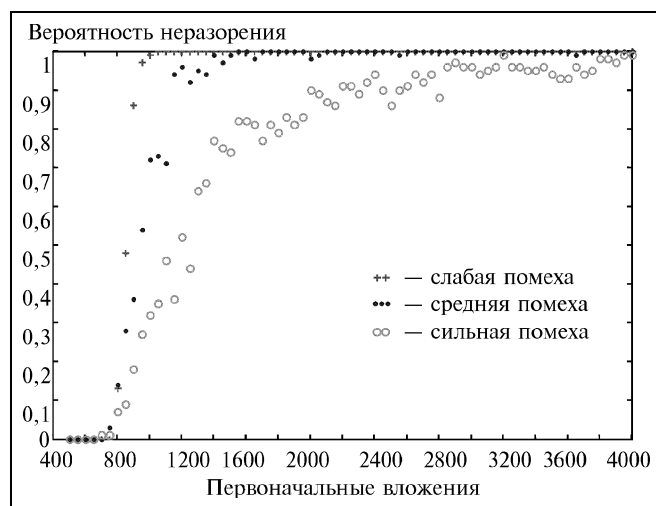


Рис. 1. Зависимости вероятности неразорения от инвестиций

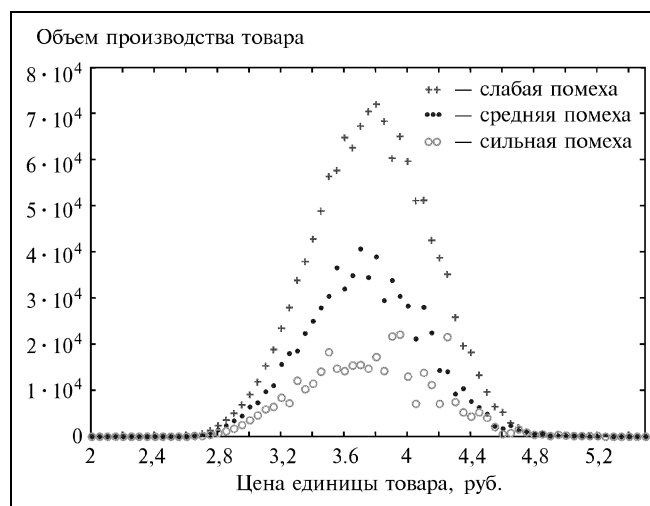


Рис. 2. Зависимости объема производства от цены на продукцию

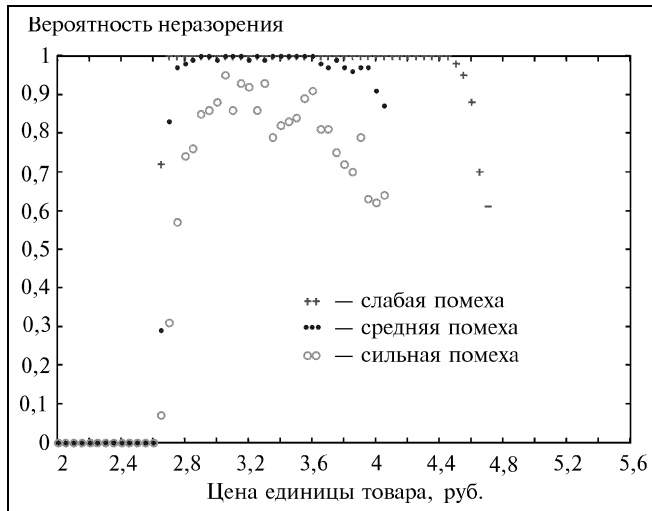


Рис. 3. Зависимости вероятности неразорения от стоимости продукции

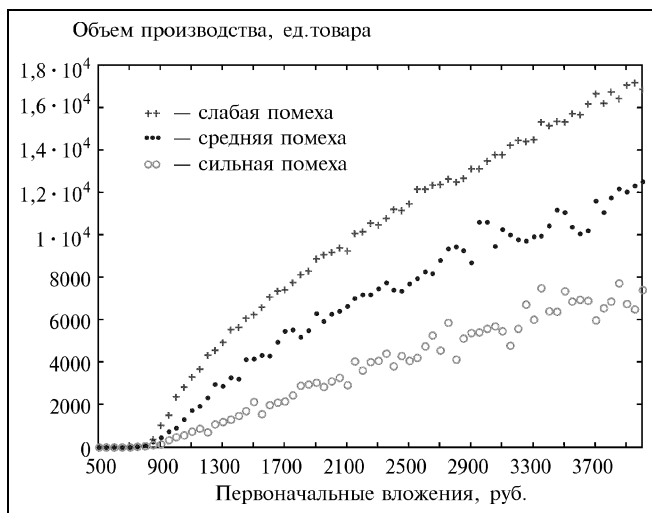


Рис. 4. Зависимости объема производства от инвестиций

ваемости средств и ограничен уменьшением этого срока до одного шага моделирования, в то время как неблагоприятные рыночные условия, действующие в течение достаточно долгого времени, потенциально приводят к потере всего запаса произведенного товара. Этот факт «консерватизма» модели в отношении случайных колебаний на рынке кажется крайне существенным, поскольку в отличие от моделей, в которых повышение неопределенности (помехи) ведет не только к повышению вероятности разорения, но и к росту возможной прибыли, отражает закон убывающей предельной полезности, который является стандартом де-факто для большинства математических моделей в экономике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенная модель «затраты—выпуск» позволяет успешно моделировать деятельность предприятий, производящих скоропортящийся товар. В развитие моделей, построенных в работах [1—3], разделены компоненты вектора реинвестирования, отвечающие за потребительскую привлекательность, связанную с ценой, и потребительскую привлекательность, связанную с возрастом товара.

Экспериментальное моделирование позволяет сделать выводы о «консерватизме» модели, т. е. ее согласованности с законом убывающей предельной полезности. Представляется, что данная модель может использоваться на начальном этапе принятия решений о жизнеспособности проектов, подготовке бизнес-планов и проверке предполагаемых проектов на устойчивость к колебаниям рынка.

Однако в предложенной модели остается ряд недостатков — основной из них, безусловно, трудность идентификации параметров модели на основе доступных данных. Для прикладного моделирования необходимо разработать как алгоритм подбора этих параметров, так и какую-либо оценку адекватности подобранных параметров. Кроме того, модель не позволяет управлять ценой на продукцию в зависимости от уровня цен на рынке, т. е. задавать функцию $P = P(P^*)$. И, наконец, область применения модели ограничена небольшими предприятиями либо производящими только один вид продукции, либо не применяющими перекрестного субсидирования по различным категориям товаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданов С. А. Экономические модели и методы управления. — М.: Дело и Сервис, 1998. 176 с.
2. Краснов А. Е., Краснуля О. Н. Управление состояниями и структурами объектов АПК // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы управления агропромышленным комплексом России» / Российская академия сельскохозяйственных наук, ВНИИ экономики сельского хозяйства. — СПб., 2000. — Т. 3. — С. 59—66.
3. Информационные технологии пищевых производств в условиях неопределенности / А. Е. Краснов, О. Н. Краснуля, О. В. Большаков, Т. В. Шленская. — М.: ВНИИМП, 2001. — 496 с.
4. Краснов А. Е., Умеренков Д. Е. Построение детерминированной дискретной динамической модели хозяйственной деятельности предприятия в краткосрочной перспективе // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2005. — № 3. — С. 11—14.

☎ (495) 963-41-54

E-mail: D.Umerenkov@adm.gazprom.ru

