

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ИГРОВОЙ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА

*Аннотация.* Рассмотрена возможность использования нечетких игровых моделей принятия решений при планировании производства. Предложена модель планирования производства на основе данных предыдущих продаж, на базе совместного применения теории игр и нечеткой математики.

*Ключевые слова:* планирование оптимального производства, игры с «природой», критерии принятия решений, модель нечеткого логического вывода Ванга - Менделя, нечеткая игровая модель.

### Введение

Любая сфера человеческой деятельности, в особенности экономика или бизнес, связана с принятием решений в условиях неполноты информации. Источники неопределенности могут быть самые разнообразные: нестабильность экономической и/или политической ситуации, неопределенность действий партнеров по бизнесу, случайные факторы, т.е. большое число обстоятельств, учесть которые не представляется возможным (например, погодные условия, неопределенность спроса на товары, неабсолютная надежность процессов производства, неточность информации и др.). Экономические решения с учетом перечисленных и множества других неопределенных факторов принимаются в рамках теории принятия решений — аналитического подхода к выбору наилучшего действия (альтернативы) или последовательности действий [1-3].

### Цель работы

Принятие и реализация решений является важнейшей функцией управления, успешное осуществление которой обеспечивает достижение предприятием его целей. Наиболее хорошо разработанной темой является построение математической модели оптимизации производственной программы. Разработано большое количество моделей различной полноты и сложности. Тем не менее, существует определенный простор и для новых исследований, особенно в области адаптации существующих моделей и методов оптимизации производственной программы к особенностям определенного типа предприятий и конк-

ретного предприятия.

В данной работе рассмотрена возможность использования нечетких игровых моделей принятия решений при планировании производства.

### **Изложение основного материала**

В зависимости от степени определенности возможных исходов или последствий различных действий, с которыми сталкивается лицо, принимающее решение (ЛПР), в теории принятия решений рассматриваются три типа моделей:

- выбор решений в условиях определенности, если относительно каждого действия известно, что оно неизменно приводит к некоторому конкретному исходу;

- выбор решения при риске, если каждое действие приводит к одному из множества возможных частных исходов, причем каждый исход имеет вычисляемую или экспертно оцениваемую вероятность появления. Предполагается, что ЛПР эти вероятности известны или их можно определить путем экспертных оценок;

- выбор решений при неопределенности, когда то или иное действие или несколько действий имеют своим следствием множество частных исходов, но их вероятности совершенно не известны или не имеют смысла.

Проблема риска и прибыли - одна из ключевых в экономической деятельности, в частности в управлении производством и финансами. Под риском принято понимать вероятность (угрозу) потери лицом или организацией части своих ресурсов, недополучения доходов или появления дополнительных расходов в результате осуществления определенной производственной и финансовой политики [2].

Планированию оптимального объема производства должен предшествовать детальный анализ технико-экономических показателей работы предприятия, который позволит оптимизировать параметры производственного процесса.

Объем выпуска продукции зависит как от факторов внутренней среды, формируемой на предприятии, так и от факторов внешней среды. Эти факторы должны представляться в виде ограничений, которые необходимо учитывать в процессе разработки плана производства [2, 3].

Предлагаемый подход рассматривается применительно к заводу по изготовлению тротуарной плитки. Рассматриваемая модель производства тротуарной плитки построена на базе задачи оптимизации производственной программы с целевой функцией дохода и при ограничениях по оборудованию и рынку сбыта. На предприятия производится и сбывается плитка тротуарная (существует 14 базовых моделей плитки, объединенных в 4 группы, поэтому введем следующие обозначения:  $i = 1, 14$  - индексация видов плитки;  $j = 1, 4$  - индексация групп).

В качестве результирующего критерия функционирования принята сумма прибыли от производства продукции  $\Pi$ :

$$\Pi = \sum_{i=1}^{14} q_i c_i \rightarrow \max \quad (1)$$

где  $q_i$  - объем производства,  $c_i$  - стоимость одной единицы продукции.

При этом

$$q_i^h \leq q_i \leq q_i^e \quad (2)$$

где  $q_i^h$  - нижний предел объема производства по видам;

$q_i^e$  - верхний предел объема производства по видам.

$$c_i^h \leq c_i \leq c_i^e \quad (3)$$

где  $c_i^h$  - нижняя граница рыночных цен;

$c_i^e$  - верхняя граница рыночных цен.

$$KZg_1^{\min} < (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5) / PMg_1 < KZg_1^{\max} \quad (4)$$

$$KZg_2^{\min} < (q_6 + q_7) / PMg_2 < KZg_2^{\max} \quad (5)$$

$$KZg_3^{\min} < (q_8 + q_9 + q_{10} + q_{11} + q_{12} + q_{13}) / PMg_3 < KZg_3^{\max} \quad (6)$$

$$KZg_4^{\min} < q_{14} / PMg_4 < KZg_4^{\max} \quad (7)$$

$$KZ_S^{\min} < \sum_{i=1}^{14} q_i / PM_S < KZ_S^{\max} \quad (8)$$

где  $KZg_j^{\min}$  - минимальный коэффициент загрузки производственных мощностей по группам;

$KZgj_{\max}$  - максимальный коэффициент загрузки производственных мощностей по группам;

$PMgj$  - производственные мощности предприятия по группам.

$KZS_{\min}$  - минимальный суммарный коэффициент загрузки производственных мощностей;

$KZS_{\max}$  - максимальный суммарный коэффициент загрузки производственных мощностей;

$PMS$  – суммарные производственные мощности предприятия.

Имеют место следующие ограничения:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{14} \sum_{t=1}^7 q_i r_t \leq \sum_{t=1}^7 b_t \\ q_i \geq 0 \\ b_t > 0 \end{array} \right. \quad (9)$$

где  $r_i$  – расход материала  $i$ -го вида на производство плитки;

$b_i$  – максимальное наличие материала на предприятии.

Решение получено методом обобщенного приведенного градиента. В случае востребованности только самого «ходового» вида плитки – предприятие в состоянии производить 69 кв.м. в день. Если на предприятии необходимо произвести плитку «кирпичик» 6 см и 4 см во всех возможных цветовых реализациях, то производственные мощности предприятия и ограниченный запас сырья позволяют производить ему пользующиеся спросом виды плитки в количестве: серой, 6 см – 43 кв.м, красной, 6 см – 2 кв.м, желтой, 6 см – 2 кв.м; серой, 4,5 см – 28 кв.м, красной, 4,5 см – 2 кв.м, желтой, 4,5 см – 5 кв.м; зеленой, 4,5 см – 7 кв.м, черной, 4,5 см – 1 кв.м, при этом прибыль будет достигать отметки - 27581,65\$.

На основании данной модели возможно определить оптимальный набор производимой продукции, опираясь на производственные мощности предприятия и имеющийся запас сырья.

В приведенной задаче одновременно учитываются несколько интересующих нас факторов, влияющих на эффективность функционирования предприятия. Критерий оптимальности является аддитивным, т.е. максимизируется доход всего предприятия в целом, а не по отдельным его продуктам в частности.

После того, как определены возможности производства, можно проводить мероприятия по планированию производства.

Нередко экономическая ситуация является уникальной, и решение в условиях неопределенности должно приниматься однократно. Это порождает необходимость развития методов моделирования принятия решений в условиях неопределенности и риска. В этом случае как инструмент, помогающий повысить эффективность плановых и управленческих решений, можно рассматривать теорию игр [2, 3].

Рассмотрим планирование производства на основе данных предыдущих продаж, используя в качестве инструментария игру с «природой». Для этого необходимы:

- данные о продажах за предыдущие периоды;
- производственные мощности предприятия;
- стоимость и цену продукции.

Человек в играх с «природой» старается действовать осмотрительно, второй игрок (природа, покупательский спрос) действует случайно.

В нашем примере даны объемы продаж за 2010 год плитки тротуарной «кирпичик», 6 см,  $V_{prod_i}$ ,  $i=1,12$ . – среднемесячные объемы продаж (табл.1)

Таблица 1

Данные объема продаж в среднем за месяц плитки «кирпичик», серой, 6 см за 2010

месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
кв.м плитки	10	5	8	15	20	35	32	40	60	63	38	12

Строим матрицу возможных доходов (выигрышей) –  $\|V_{ji}\|$ . Множество управленческих решений – конечное число -  $R_j$  ( $j=5, 65$  – от минимального производства - 5 кв.м до максимально возможного – 69 кв.м),  $S_i$  – состояние «природы» (в данном случае объемы продаж за предыдущий период). Реализация  $R_j$  решения в условиях, когда «природа» находится в состоянии  $S_i$ , приводит к определенному результату в количественной мере.

Элемент матрицы  $\|V_{ji}\|$ :

$$V_{ji} = \begin{cases} V_{прод_i} \cdot Ц - V_{произв_j} \cdot С, & \text{если } V_{прод_i} \leq V_{произв_j} \\ V_{произв_j} \cdot Ц - V_{прод_i} \cdot С, & \text{если } V_{прод_i} > V_{произв_j} \end{cases} \quad (10)$$

где  $V_{прод_i}$  – объем продаж за i-й месяц;

$i = 1, 12$ ;

$С$  – себестоимость продукции;

$Ц$  – цена реализации готовой продукции;

$V_{произв_j}$  – объем производства;

$j=5, 69$ .

Величина объема производства корректируется с учетом остатков готовой продукции:

$$V_{произв_j} = \begin{cases} V_{произв_{j+1}} + (V_{произв_j} - V_{прод_i}), & \text{если } V_{произв_j} \geq V_{прод_i} \\ V_{произв_j}, & \text{если } V_{прод_i} > V_{произв_j} \end{cases} \quad (11)$$

При принятии управленческих решений о функционировании и развитии экономического объекта необходимо учитывать важную характеристику внешней среды - неопределенность. Под неопределенностью следует понимать отсутствие, неполноту, недостаточность информации об объекте, процессе, явлении или неуверенность в достоверности информации [3].

Для принятия решений в условиях неопределенности используется ряд критериев: Вальда, Лапласа, Сэвиджа, Гурвица. Критерий принятия решений – это функция, выражающая предпочтения лица принимающего решения (ЛПР) и определяющая правило, по которому выбирается приемлемый или оптимальный вариант решения [1-3].

По исходным данным было определено:

- даже без учета выбора стратегий, только за счет определения дохода, выбрана стратегия – производство 59 кв.м. плитки указанного вида в ежемесячно, тогда доход достигнет своего максимума (746, 68 грн. в среднем за месяц). Для большинства ЛПР на практике в подобных случаях решение, исходя из критерия максимизации средней ожидаемой прибыли (или минимизации ожидаемых издержек), является достаточным. Дополнительные рекомендации могут оказаться неоднозначными, зависимыми от склонности к риску ЛПР;

- согласно критерия Лапласа – наибольший ожидаемый выигрыш – рекомендовано стратегию производства 34 кв.м. данного вида плитки (доход – 661, 44 грн. в среднем за месяц);

- по критерию Вальда – «пессимистический», наилучшая из худших стратегий, критерию Сэвиджа – наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации и по критерию Гурвица – при склонности ЛПР к пессимизму и оптимизму в 0,5 - рекомендовано стратегию производства 5 кв.м. в среднем за каждый месяц, тогда гарантировано доход в среднем за месяц будет достигать 60 грн.

Безусловно, выбор критерия принятия решений в условиях неопределенности является наиболее сложным и ответственным этапом в исследовании операций. При этом не существует каких-либо общих советов или рекомендаций. Выбор критерия должно производить ЛПР с учетом конкретной специфики решаемой задачи и в соответствии со своими целями, а также опираясь на прошлый опыт и собственную интуицию.

Для того чтобы отобрать стратегии еще точнее, рассмотрим ту же самую задачу только с позиции риска. Неопределенность обуславливает появление ситуаций, не имеющих однозначного исхода (решения). Среди различных видов ситуаций, с которыми в процессе производства сталкиваются предприятия, особое место занимают ситуации риска [3].

Под ситуацией риска следует понимать сочетание, совокупность различных обстоятельств и условий, создающих обстановку того или иного вида деятельности. Ей сопутствуют три условия:

- наличие неопределенности;
- необходимость выбора альтернативы (отказ от выбора таковых является разновидностью альтернативы);
- возможность оценить вероятность осуществления выбираемых альтернатив.

Таким образом, если существует возможность количественно или качественно определить степень вероятности того или иного варианта, то это и будет ситуация риска.

Для того чтобы исключить ситуацию риска, руководители предприятий вынуждены принимать решения и стремиться реализовать их. Риск применительно к процессам принятия решений в условиях неопределенности и риска (в условиях дефицита информации или не-

уверенности в достоверности информации) определим как целенаправленные действия, в ходе которых имеется возможность количественно и качественно оценить вероятность достижения желаемого результата, неудачи и отклонения от цели (положительного или отрицательного свойства) [2, 3].

Строим матрицу возможных рисков (убытков) -  $\|r_{ji}\|$ . Матрица рисков дает более наглядную картину неопределенной ситуации, чем матрица выигрышей. Риск, таким образом, - это разность между результатом, который можно получить, если знать действительное состояние «природы», и результатом, который получен при  $j$ -стратегии.

Элемент матрицы  $\|r_{ji}\|$ :

$$r_{ji} = \begin{cases} (V_{\text{произв}_j} - V_{\text{прод}_i}) \cdot Ц - (V_{\text{произв}_j} - V_{\text{прод}_i}) \cdot С, & \text{если } V_{\text{произв}_j} > V_{\text{прод}_i} \\ (V_{\text{прод}_i} - V_{\text{произв}_j}) \cdot Ц - (V_{\text{прод}_i} - V_{\text{произв}_j}) \cdot С, & \text{если } V_{\text{произв}_j} \leq V_{\text{прод}_i} \end{cases} \quad (12)$$

Оценивая данную матрицу:

- только по величине минимального среднего риска – возможны убытки в 198 грн в среднем за месяц при производстве от 20 до 32 кв.м.;

- критерий Лапласа подтверждает, что при производстве от 20 до 32 кв.м. риск будет минимальным;

- критерий Вальда, Сэвиджа и Гурвица определяет оптимальным производство 34 кв.м.

Таким образом получаем совпадение на стратегии производства 34 кв.м: наибольший ожидаемый выигрыш и наименьший из наибольших рисков (убытков). Данное решение будет оптимальным, т.к. есть в наличии признаки, по которым это решение предпочтительнее других.

В случае, когда ситуация складывается не подобным образом, предлагается решить каждую из платежных матриц с помощью аппарата теории игр и получить решение.

Игры будут конечными, т.к. имеется у каждого игрока конечное число стратегий. Игра классифицируется как игра с «природой», т.к. имеется неопределенность, вызванная отсутствием информации об условиях, в которых осуществляется действие (покупательский спрос) [3].



После того как будут отобраны оптимальные стратегии (по максимуму доходности и минимуму убытку), рассматривается задача принятия решения по выбранной стратегии на основе нечеткой игровой модели. Подобные задачи рассматриваются при принятии решений об участии в инвестиционном проекте в условиях риска, в качестве моделей, отражающих риск, используются классические матричные игровые модели с поиском решения в классе смешенных стратегий, т.е. на основе вероятностного подхода [2, 3].

Используем предложенный в [4] подход для обоснования правильности выбора стратегии.

Данная стратегия может быть: 1) реализована полностью и принести некоторый доход –  $d_1$ ; 2) может быть выбрана стратегия минимального производства, которая принесет убытки (поскольку не полностью используется потенциал предприятия) –  $d_2$ ; 3) может выбрана стратегия максимального производства, которая принесет также убытки (поскольку не вся произведенная продукция может реализоваться полностью) –  $d_3$ . значения дохода будем учитывать со знаком «+», потерь – со знаком «-». Числовые значения  $d_1$ ,  $d_2$  и  $d_3$  известны (или, по крайней мере, известны их оценки).

Поскольку проект уникален. ЛПП может выбрать одну из двух стратегий поведения: 1) принять данную стратегию; 2) не принять данную стратегию.

Необходимо выбрать стратегию поведения ЛПП, при которой его выигрыш был бы, по крайней мере неотрицательным, а наихудшем случае потери были бы равны нулю. Данная ситуация описывается матрицей выигрышей игрока А (ЛПП) матричной игры двух игроков (табл. 2).

Далее приведем матричную модель к нечеткому виду [2-4]. Экспертным путем можно определить степени принадлежности для альтернатив «природы»  $\gamma_j$  - степень уверенности, что природой будет выбран вариант  $B_j$ . Экспертные оценки выбираются согласно шкалы Е.Харрингтона [2] для формализации эвристической информации.

Интерпретация модели в случае выбора игроком А альтернативы  $A_1$  отражается в этом случае набором нечетких продукционных правил:

П1: если  $x$  есть  $B_1$ , то  $y$  есть  $d_1$ ,

П2: если  $x$  есть  $B_2$ , то  $y$  есть  $d_2$ ,

П3: если  $x$  есть В3, то  $y$  есть d3.

Здесь переменная  $x$  отображает состояние игрока В («природы»), а  $y$  – выигрыш (потери) игрока А (ЛПР). Степень истинности предпосылки первого правила (П1) равна, очевидно,  $\gamma_1$ , второго –  $\gamma_2$ , и третьего –  $\gamma_3$ .

Таблица 2

Матрица выигрышей ЛПР

	В1 (стратегия минимального производства)	В2 (стратегия оптимального производства)	В3 (стратегия максимального производства)
А1 (ЛПР принимает стратегию)	d1	d2	d3
А2 (ЛПР не принимает стратегию)	0*	0*	0*

\* - ЛПР ничего не теряет и не приобретает

При этом набор приведенных нечетких правил вместе с принятыми условиями образуют модель нечеткого логического вывода Ванга—Менделя [4], согласно которой четкое значение переменной вывода (в рассматриваемом случае – значение выигрыша  $Q_1$ ) определяется по формуле:

$$Q_j = \frac{\sum_{j=1}^3 a_j \cdot \gamma_j}{\sum_{j=1}^3 \gamma_j} \quad (13)$$

При выборе игроком А стратегии А2, очевидно, выигрыши (потери) ЛПР равны нулю  $Q_2 = 0$ .

Вопрос о выборе стратегии решается теперь проверкой неравенства:  $Q_1 > Q_2$  или  $Q_1 > 0$ . Если это неравенство выполняется, то в проекте следует участвовать, если не выполняется – отказаться.

В нашем случае доходы и убытки, а также степени уверенности для альтернатив «природы» заданы в таблице 3 (сумма альтернатив не обязательно равна 1).

Исходные данные для определения принятия стратегии

	В1 (стратегия минимального производства – производство 5 кв.м.)	В2 (стратегия оптимального производства – производство 34 кв.м)	В3 (стратегия максимального производства – производство 69 кв.м)
А1 (ЛПР принимает стратегию)	Убытки - 278 грн в среднем за месяц	Доход – 661,4 грн. в среднем за месяц	Убытки – 490 грн. в среднем за месяц
А2 (ЛПР не принимает стратегию)	0	0	0
степени уверенности для альтернатив «природы»	0,2	0,5	0,1

$$\text{При этом } Q_1 = \frac{-278 \cdot 0,2 + 661,4 \cdot 0,5 - 490 \cdot 0,1}{0,2 + 0,5 + 0,1} = 282,6 \text{ грн.} - \text{зна-}$$

чение не отрицательное, значит, стратегию можно принимать. 282,6 грн.– величина, знак которой определяет выбор той или иной альтернативы.

Данное решение было принято только относительно одного вида продукции. На основании предложенной модели следует рассмотреть все отобранные стратегии на вопрос обоснования. Данную схему следует применить в разрезе каждого вида производимой продукции. После этого произвести оптимизационные действия по выпуску продукции всех видов.

### Выводы

Планирование производства на основе данных предыдущих продаж, с помощью совместного применения теории игр и нечеткой математики позволяет выбирать стратегию развития предприятия. Совместное применение теории игр и нечеткой математики обусловлено, во-первых, условиями неопределенности, во-вторых, отказом от вероятностного подхода, применяемого в теории игр. Подход реализован на данных конкретного предприятия, предложенная модель позволя-

ет выполнять расчеты с применением современных информационных технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие. - М.: Издательство "Март", 2004. - 656 с.
2. Рогальский Ф.Б., Цокуренок А.А., Курилович Я.Е. Математические методы анализа экономических систем. В 2 томах. – К.: Нукова думка, 2001. – т.1.- 435 с.; т.2 – 423 с.
3. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем.- М.: «Финансы и статистика», 2006. – 430 с.
4. Круглов В.В. Принятие решений в условиях риска с использованием нечеткой игровой модели //Менеджмент в России и за рубежом.- 2006. - №5.- с – 52-54.