

УДК 351:330.131.7

UDC 351:330.131.7

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ И  
МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКОВ В  
АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ  
ИНТЕГРИРОВАННЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ**

**QUANTITATIVE MODELS AND METHODS OF  
RISKS EVALUATION IN AGRO-INDUSTRIAL  
INTEGRATED PRODUCTION SYSTEMS**

Лойко Валерий Иванович  
заслуженный деятель науки РФ,  
доктор технических наук, профессор

Loiko Valery Ivanovich  
deserved scientist of RF, Dr.Sci.Tech., professor

*Кубанский государственный аграрный универси-  
тет, Краснодар, Россия*

*Kuban state Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Ефанова Наталья Владимировна  
старший преподаватель

Efanova Natalia Vladimirovna  
senior lecturer

*Кубанский государственный аграрный универси-  
тет, Краснодар, Россия*

*Kuban state Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В статье описаны результаты исследований по количественной оценке рисков агропромышленных интегрированных производственных систем (ИПС) с учетом влияния внутренней и внешней сред. В частности, описана количественная методика расчета интегрального показателя риска неблагоприятного воздействия внешней среды на ИПС; модель определения эффективности ИПС на основе разработанных моделей расчета интегрального показателя риска и аппарата теории нечетких множеств; усовершенствованная модель оценки эффективности ИПС с учетом рисков составляющей на этапе создания материального потока.

Results of researches on quantitative evaluation of agro-industrial integrated production systems (IPS) risks with the regard of influence of external and internal media are described in this article. Particularly, quantitative method of calculation of integrated risk indexes of unfavorable influence of external medium on integrated production systems; model of determination of IPS effectiveness on the base of worked out models of calculation of integrated risk indexes and an equipment of slipshod great numbers theory; improved model of IPS effectiveness evaluation with the regard of risk component part on the stage of material flow creation have been described.

Ключевые слова: АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ, ИПС, КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКОВ, РИСК НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ, РИСК ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВЕРТИКАЛИ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИПС.

Key words: AGRO-INDUSTRIAL INTEGRATED PRODUCTION SYSTEMS, IPS, QUANTITATIVE MODELS AND METHODS OF RISKS EVALUATION, RISK OF UNCOMFORTABLE INFLUENCE OF EXTERNAL MEDIUM, RISK OF PRODUCTION VERTICAL, DETERMINATION OF IPS EFFECTIVENESS.

Агропромышленная интегрированная производственная система (ИПС) – это сложная динамическая бизнес-система, состоящая из множества подсистем. Стабильность функционирования ИПС в изменяющихся, неопределенных условиях хозяйствования напрямую зависит от научно обоснованного подхода к принятию эффективных управленческих решений, основанных на системном подходе, анализе внешних и внутренних

факторов, прямо или косвенно влияющих на ее деятельность. В связи с этим существует необходимость разработки соответствующих моделей и методов риск-менеджмента для ИПС.

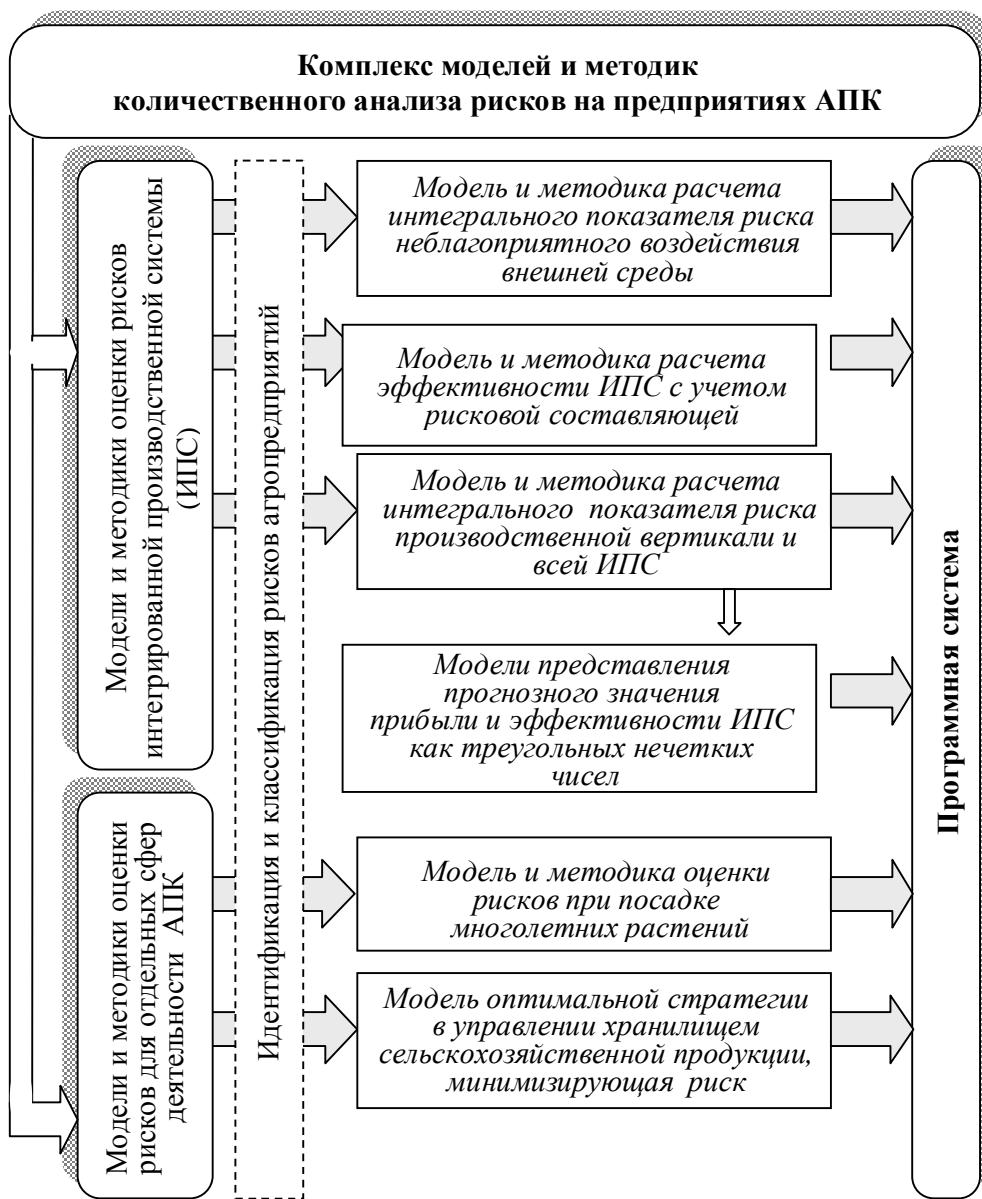
В отечественной и зарубежной научной литературе изложены основополагающие принципы принятия решений в условиях неопределенности и риска. Однако экономический инструментарий разработан недостаточно полно и не вполне учитывает особенности аграрного сектора экономики. Существует проблема решения задач управления риском в сельском хозяйстве, и ее решение является актуальным направлением научных исследований. Кроме того, отсутствуют практические наработки по вопросам управления рисками в интегрированных структурах (в частности, проведения количественного анализа риска). Таким образом, вышесказанное свидетельствует о своевременности проведения всесторонних исследований по выявленной проблематике.

Практика управления ИПС нуждается в адекватном экономико-математическом обеспечении, позволяющем более эффективно использовать накопившийся научный потенциал. Следовательно, разработка и развитие методик и моделей риск-менеджмента приобретают особую актуальность.

Теоретической и методологической основой проведенных исследований послужили современная теория риска, теория принятия решений, системный подход к решению вопросов управления риском в сложных экономических объектах; использовались методы системного и статистического анализа, экспертных оценок, методы теории вероятности, теории статистических решений, теории игр, теории принятия решений и теории нечетких множеств; методы математического моделирования.

В результате предложен комплекс моделей и методик количественного анализа и оценки риска на предприятиях АПК, а также систематизированы риски производственных вертикалей различного вида, которые мо-

гут входить в состав интегрированной производственной системы. На рисунке 1 приведена схема, отражающая содержание разработанного комплекса моделей и методик.



**Рисунок 1 – Комплекс моделей и методик количественного анализа и оценки рисков на предприятиях АПК**

В данной статье рассмотрим четыре верхние модели количественного анализа рисков на предприятиях АПК.

Специфика ИПС как объекта исследования риска выражается в том, что она включает несколько органически взаимосвязанных отраслей народного хозяйства, первичным же является сельское хозяйство. Колебания во внешней и внутренней среде могут резко изменить финансовое состояние фирмы и даже привести к банкротству. Следовательно, можно выделить два направления анализа риска: анализ внешнего риска и анализ внутреннего риска.

Одним из основных результатов анализа внешнего риска является оценка степени влияния внешней среды на деятельность ИПС. Для этого разработаны математическая **модель и методика расчета интегрального показателя риска неблагоприятного воздействия внешней среды на ИПС** –  $R_{out}$ , а также показана взаимосвязь данного показателя с выбором оптимальной стратегии развития ИПС.

Ниже приведены этапы количественной методики расчета интегрального показателя риска неблагоприятного воздействия внешней среды.

1. Экспертным путем из всего набора внешних факторов риска выделяется подмножество базовых факторов, которые являются наиболее значимыми для ИПС. В общем случае многие авторы выделяют: политический, экономический, социальный, научно-технический, экологический. Другие факторы добавляются с учетом интересов предприятия.

2. Составляется базовое уравнение для расчета интегрального показателя риска неблагоприятного воздействия внешней среды на ИПС  $R_{out}$ :

$$R_{out} = \sum_{i=1}^M (w_i \cdot x_i), \quad (1)$$

где  $w_i$  – значимость (удельный вес) показателя ( $\sum w_i = 1$ );

$x_i$  – показатель, характеризующий степень риска (базовый фактор);

$M$  – число рассматриваемых рискообразующих составляющих макроэкономической среды, т.е. базовых рискообразующих факторов. В п.1 выделены пять базовых факторов, следовательно,  $M = 5$ .

3. Каждому показателю  $x_i$  необходимо сопоставить уровень его значимости  $w_i$ . Если все факторы обладают равной значимостью (равнопредпочтительны или системы предпочтений нет), тогда:

$$w_i = 1/M = 1/5 = 0.2. \tag{2}$$

Если показатели проранжированы в порядке убывания их значимости, то значимость  $i$ -го показателя  $w_i$  можно определить по правилу Фишберна:

$$w_i = \frac{2(M - i + 1)}{(M + 1)M}. \tag{3}$$

4. Экспертным путем для каждого базового фактора выделяется подмножество составляющих факторов (С-факторов).

5. На основе экспертных методов и методов оценки важности критерия определяются уровень (ожидаемость проявления) каждого С-фактора и его вес относительно базового фактора.

6. Проводится классификация уровня всех С-факторов по каждому базовому фактору на одном из стандартных нечетких 01-классификаторов (СНК) – трехуровневый или пятиуровневый СНК. Результатом классификации является таблица 1, где  $g_{ij}$  – степень принадлежности уровня С-фактора нечетким подмножествам  $m_j$  выбранного СНК.

**Таблица 1 – Распознавание уровня С-факторов на СНК**

С-факторы	Значимость (вес)	$m_1$	$m_j$	$m_K$
$c_1$	$p_1$	$g_{11}$	$g_{1j}$	$g_{1K}$
$c_i$	$p_i$	$g_{i1}$	$g_{ij}$	$g_{iK}$
$c_N$	$p_N$	$g_{N1}$	$g_{Nj}$	$g_{NK}$
<b>Узловые точки СНК</b>		$a_1$	$a_j$	$a_K$

7. С применением матричной схемы агрегирования вычисляется количественное значение агрегированного показателя для каждого базового фактора по формуле двойной свертки:

$$A^N = \sum_{i=1}^N p_i \sum_{j=1}^K a_j g_{ij}, \tag{5}$$

где  $a_j$  – узловые точки СНК,  $p_i$  – вес  $i$ -го С-фактора в свертке,  $g_{ij}$  – значение функции принадлежности (степень принадлежности)  $j$ -го качественного уровня (нечеткое подмножество  $m_j$ ) относительно текущего значения  $i$ -го С-фактора.

8. Производится расчет интегрального показателя риска неблагоприятного воздействия внешней среды  $R_{out}$  по несколько измененной формуле (1):

$$R_{out} = \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot A_i^N), \tag{6}$$

где  $A_i^N$  – агрегированный показатель по  $i$ -му базовому фактору.

9. На основе выбранного СНК выполняется процедура лингвистического распознавания уровня  $R_{out}$  (таблица 2).

**Таблица 2 – Классификация уровня  $R_{out}$  на основе СНК**

Тип СНК	Интервал значений $R_{out}$	Классификация уровня параметра	Степень оценочной уверенности (функция принадлежности), значение×100 %
Пятиуровневый	$0 \leq R_{out} \leq 0.15$	<i>Очень низкий</i>	1
	$0.15 < R_{out} < 0.25$	<i>Очень низкий</i>	$\mu_1 = 10 \times (0.25 - R_{out})$
		<i>Низкий</i>	$1 - \mu_1 = \mu_2$
	$0.25 \leq R_{out} \leq 0.35$	<i>Низкий</i>	1
	$0.35 < R_{out} < 0.45$	<i>Низкий</i>	$\mu_2 = 10 \times (0.45 - R_{out})$
		<i>Приемлемый</i>	$1 - \mu_2 = \mu_3$
	$0.45 \leq R_{out} \leq 0.55$	<i>Приемлемый</i>	1
	$0.55 < R_{out} < 0.65$	<i>Приемлемый</i>	$\mu_3 = 10 \times (0.65 - R_{out})$
		<i>Высокий</i>	$1 - \mu_3 = \mu_4$
	$0.65 \leq R_{out} \leq 0.75$	<i>Высокий</i>	1
$0.75 < R_{out} < 0.85$	<i>Высокий</i>	$\mu_4 = 10 \times (0.85 - R_{out})$	
	<i>Очень высокий</i>	$1 - \mu_4 = \mu_5$	
$0.85 \leq R_{out} \leq 1.0$	<i>Очень высокий</i>	1	
трехуровневый	$0 \leq R_{out} \leq 0.2$	<i>Низкий</i>	1
	$0.2 < R_{out} < 0.4$	<i>Низкий</i>	$\mu_1 = 5 \times (0.4 - R_{out})$
		<i>Приемлемый</i>	$1 - \mu_1 = \mu_2$
	$0.4 \leq R_{out} \leq 0.6$	<i>Приемлемый</i>	1
$0.6 < R_{out} < 0.8$	<i>Приемлемый</i>	$\mu_2 = 10 \times (0.8 - R_{out})$	

		<i>Высокий</i>	$1 - \mu_2 = \mu_3$
	$0.8 \leq R_{out} \leq 1.0$	<i>Высокий</i>	1

Результатом являются лингвистическое описание риска неблагоприятного воздействия внешней среды ИПС и (дополнительно) степень уверенности эксперта в правильности распознавания, тем самым вывод о степени риска имеет не только лингвистическую форму, но и характеристику качества утверждений.

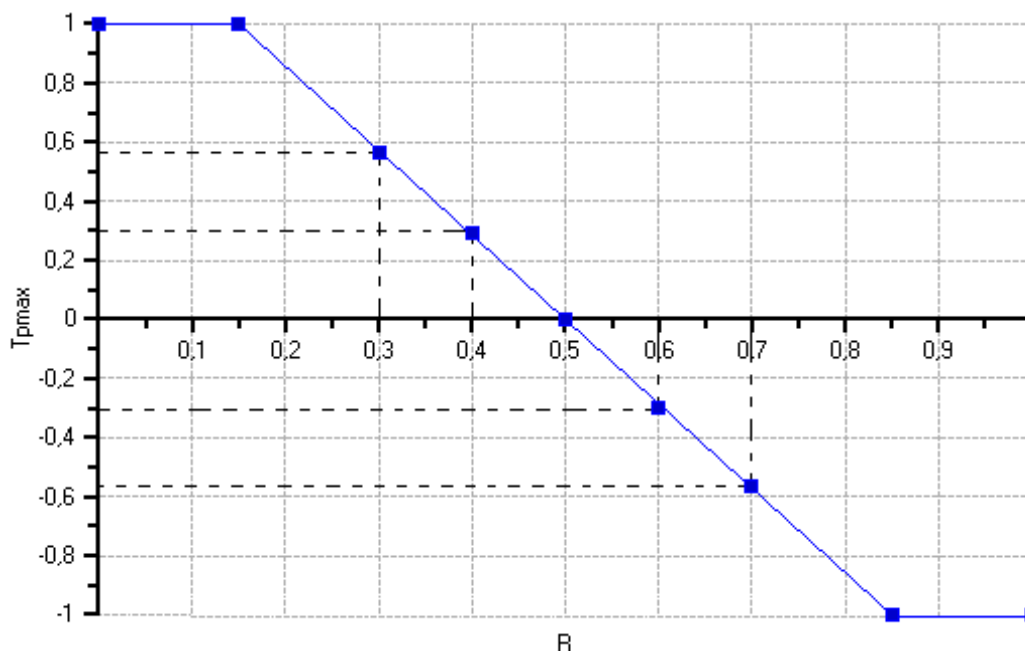
Примеры апробации данной модели приведены в [2].

Внешняя среда со временем меняет свое состояние. Ее высокая динамичность и неопределенность влияющих факторов требуют огромных ресурсов для создания потенциала противодействия угрозам. В этой связи ИПС для сохранения основных параметров своей деятельности, создания предпосылок к развитию и повышению эффективности может осуществлять прогнозирование влияния макроэкономической среды на основе расчета  $R_{out}$ . Это дает возможность вовремя адаптироваться к новым условиям и, соответственно, планировать и осуществлять свою деятельность по одному из заранее разработанных сценариев. В таблице 3 представлены возможные значения показателя тенденций изменения макроэкономической среды  $TRmax$  по шкале [-1;+1], а также соответствующие сценарии (методика расчета  $TRmax$  выходит за рамки проводимого исследования).

**Таблица 3 – Значения показателя тенденций изменения макроэкономической среды  $TRmax$  и сценарии развития ИПС**

$TRmax$	Тенденция	Сценарий развития
-1	Абсолютно негативная	Пессимистический (принимать антикризисные меры)
(-1; -0,3)	Негативная по некоторым факторам внешней среды	Умеренно-пессимистический
(-0,3; +0,3)	Динамика изменений отсутствует	Стабилизационный (предпосылки для развития и повышения эффективности)
(+0,3; +1)	Позитивная динамика или стабильность внешней среды	Умеренно-оптимистический
+1	Позитивная (благоприятная)	Оптимистический

Зависимость сценария развития от интегрального показателя риска неблагоприятного воздействия внешней среды показана на рисунке 2. Ось абсцисс – значение показателя  $R_{out} \in [0;1]$ , ось ординат – показатель  $TRmax \in [-1;+1]$ . Например,  $R_{out} \in [0,4; 0,6]$  соответствует приемлемому уровню риска, согласно трехуровневого СНК. На этом интервале, в свою очередь,  $TRmax$  принимает значения из диапазона  $[-0,3; +0,3]$ , что соответствует стабилизационному сценарию (см. таблицу 3).  $R_{out} \in [0,8; 1]$  позиционирует высокий уровень показателя риска, что отвечает за умеренно-пессимистический сценарий: чем ближе  $R_{out}$  к единице, тем больше пессимизма. Наоборот, более оптимистические сценарии соответствуют более низкому интегральному показателю риска неблагоприятного воздействия внешней среды.



**Рисунок 2 – График зависимости  $R_{out}$  и  $TRmax$**

Выбор неоптимального сценария развития влечет за собой дальнейшие ошибки в оперативных действиях, вытекающие в возможные финансовые потери. Следовательно, расчет и использование интегрального показателя риска неблагоприятного воздействия внешней среды позволит ИПС не только определить состояние внешней среды, но и, соответственно, вы-



брать один из заранее разработанных стратегических сценариев своего развития.

**Систематизация рискообразующих факторов агропромышленных производственных вертикалей.** Предприятия, входящие в состав агропромышленной ИПС, образуют так называемые *вертикали* – производственные цепочки (ПЦ). Такая ПЦ может объединять в одном производственном процессе ряд предприятий разных отраслей, начиная от сельскохозяйственного производства и заканчивая реализацией готовой продукции через торговую сеть на выбранном сегменте рынка.

Любая ПЦ в ИПС включает в себя три этапа: производство сырья, хранение и переработка, реализация. На каждом из этапов возможно появление различных ситуаций риска. Из этого следует, что, рассматривая процесс функционирования ПЦ поэтапно, можно провести качественный анализ риска, характерного для каждого из этапов. Рассматривались три ПЦ, различия в деятельности которых заключаются в сырьевой базе:

- ПЦ по производству и продаже хлебобулочных изделий,
- ПЦ по производству и продаже мясо-колбасной продукции,
- ПЦ по производству и продаже молочной продукции.

Результатом выявления факторов риска для обследуемых ПЦ стало формулирование наборов рискообразующих факторов для каждого этапа.

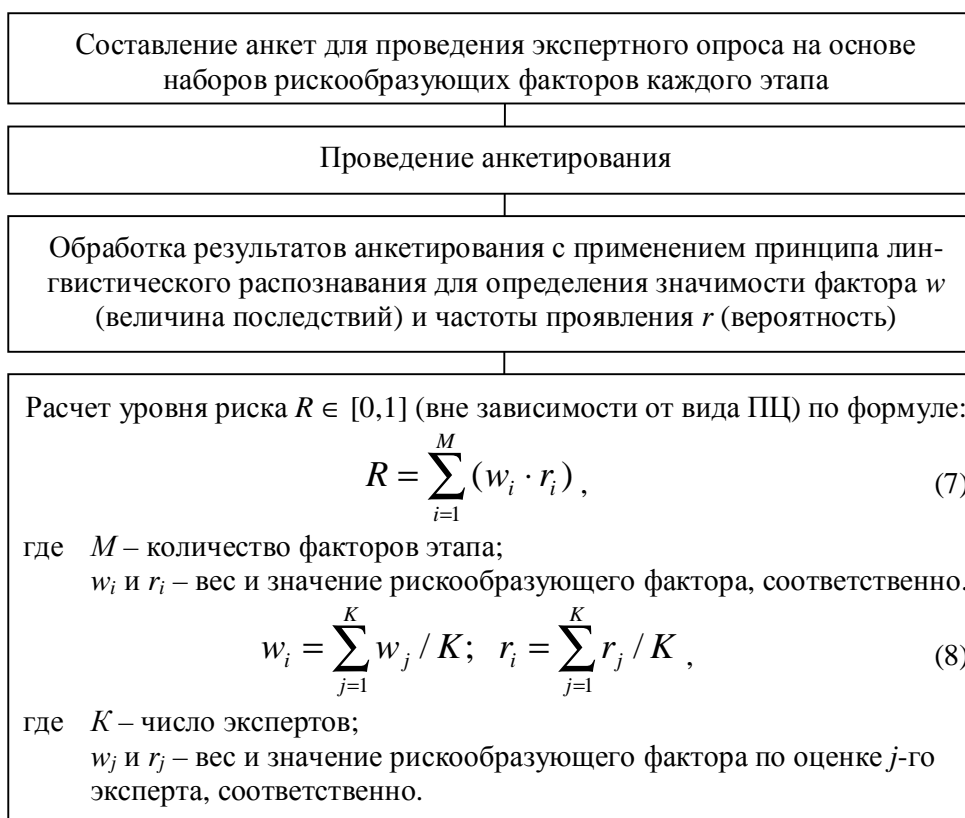
На первом этапе любой ПЦ сосредоточены основные нерегулируемые факторы, а на втором и третьем этапах – условно регулируемые. Поэтому было принято решение оценить количественно для первого этапа все факторы и отдельно нерегулируемые. Алгоритм оценки приведен на рисунке 3.

На основе полученных данных построена сводная таблица рисков первого этапа для отрасли растениеводства и животноводства (таблица 4). Количественное значение риска дано в интервальном виде: левая граница – только нерегулируемые факторы, правая граница – все факторы.

**Таблица 4 – Риск этапа производства сырья для отрасли**

Наименование риска	Количественная оценка риска (R)	1-R	≅ R	≅ (1-R)
Риск отрасли растениеводства	[0,398; 0,439]	[0,602; 0,561]	0,4	0,6
Риск отрасли животноводства	[0,327; 0,374]	[0,673; 0,626]	[0,3; 0,4]	[0,7; 0,6]

Распознавание рассчитанного с помощью экспертов коэффициента риска возможно провести на основании шкалы Харрингтона или на основе нечетких классификаторов. В частности, по шкале Харрингтона рассчитанный коэффициент риска характеризуется как средний, что соответствует нормальному, вполне допустимому для устойчивого функционирования и дальнейшего развития ИПС риску.



**Рисунок 3 – Алгоритм количественной оценки риска для этапов агропромышленной ПЦ**

**Модель расчета эффективности ИПС с учетом рисковой составляющей.** В основе модели лежит использование потоковой методики определения эффективности бизнес-системы. Учет рисковой составляющей происходит на этапе создания материального потока путем введения ко-

эфициента полезности в исходную формулу эффективности. Коэффициент полезности рассчитывается с помощью полученных вышеописанным способом количественных значений риска.

Эффективность деятельности предприятия можно измерять по формуле:

$$E = D / P, \quad (9)$$

где  $D$  – чистая прибыль (чистый доход) и  $P$  – затраты (расходы) предприятия (все вложения фирмы за исследуемый период, то есть ее активы).

Определим эффективность ПЦ с точки зрения движения материальных и денежных потоков. Прибыль каждой структурной единицы производственной вертикали (их количество обозначим через  $n$ ) реинвестируется в увеличение соответствующего материального потока. Норма прибыли принята одинаковой для всех предприятий ПЦ и равна  $k$ .

Денежный поток  $d_1$  представляет собой расходы управляющей компании, направленные на формирование исходного (сырьевого) материального потока  $M_1$ . Таким образом, на первом этапе объем закупаемого (создаваемого) ресурса  $M_1$  эквивалентен денежным средствам  $d_1$  плюс прибыль первого этапа  $kd_1$ , т.е.

$$M_1 \sim (1+k) d_1.$$

Однако неопределенности различного рода накладывают ограничения на эту формулу, которые можно выразить через коэффициент риска  $R$ . Величина  $U=1-R$  через единицу связана с риском, следовательно, ее можно трактовать как коэффициент *полезности* материального потока. Таким образом:

$$UM_1 \sim U(1+k)d_1.$$

В зависимости от вида технологии переработки и ее организации, в течение исследуемого периода (например, года) возможно несколько циклов  $m$  производства (многократное прохождение технологической цепоч-

ки). После реализации на рынке товарного потока  $M_n$  выручка  $B = d_2$  составит

$$B = d_2 = mU(1 + k)^n d_1.$$

Пусть  $\rho$  – доля от  $d_1$  дополнительных расходов на организацию производственного процесса в одном цикле (оплата труда, амортизация основных средств и т.п.). В этом случае общие расходы за период составят

$$P = d_1 + m\rho d_1 = d_1 (1 + m\rho).$$

Чистый доход  $D = B - P$ . Тогда эффективность  $E$  ПЦ определим (см. формулу 9) как:

$$E = \frac{mU(1 + k)^n}{1 + m\rho} - 1. \quad (10)$$

В данном контексте интегральный показатель риска внутренней среды можно выразить так:

$$R_{in} = f(m, n, k, \rho). \quad (11)$$

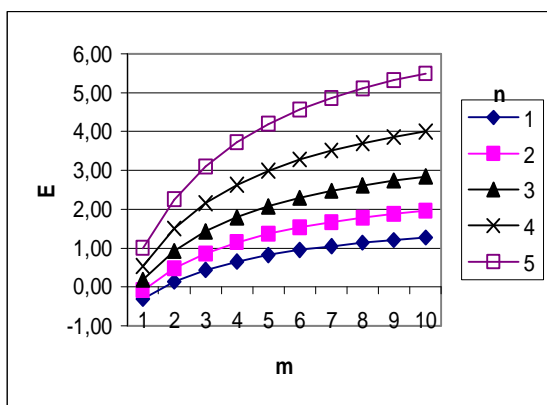
Разберем более подробно эту зависимость. Норма прибыли  $k$  является для каждого предприятия величиной практически постоянной, поэтому показатель риска зависит от нее меньше всего, следовательно, ее можно считать константой. Величина доли дополнительных расходов  $\rho$  также является относительно постоянной для каждого конкретного предприятия, так как величина амортизационных отчислений, оплата труда и т.п. сохраняют свое значение на протяжении довольно длительного срока. Поэтому  $\rho$  также можно считать постоянной величиной. Таким образом, получаем зависимость следующего вида:

$$R_{in} = f(m, n, const, const). \quad (12)$$

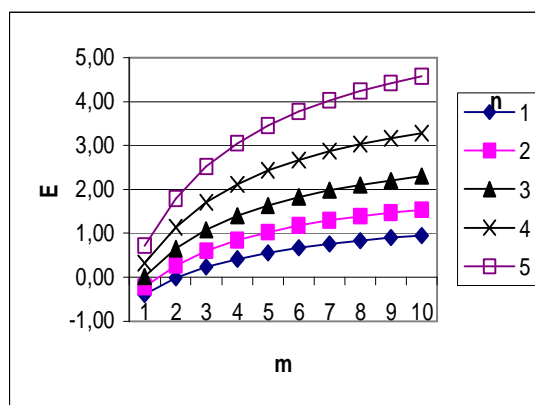
Таким образом, имеются два показателя, от которых зависит уровень риска и, соответственно, эффективность производственной вертикали в целом. Значение  $R$  известно, отсюда известно и значение полезности  $U$ . Проведем анализ зависимости эффективности  $E$  от  $U$  и  $m, n$  при заданных

константных значениях  $\rho$  и  $k$ . Графики зависимостей представлены на рисунках 4 и 5.

Из графиков видно, что эффективность ПЦ, построенной по принципу вертикальной интеграции, нелинейно зависит от всех аргументов. Эффективность растет, если увеличивается количество циклов. Также можно отметить, что при наличии трех и более предприятий в производственной цепи эффективность также повышается. Чем выше коэффициент полезности, тем выше эффективность системы с вертикальной интеграцией. Распараллеливание производственных цепочек в ИПС с матричной интеграцией позволяет поглощать негативные последствия от возможного снижения значения коэффициента полезности.



**Рисунок 4 – Графики зависимостей эффективности  $E$  от  $m$ ,  $n$  при заданных константных значениях  $\rho=0.3$  и  $k=0.3$  для отрасли животноводства (коэффициент полезности  $U=0.7$ )**



**Рисунок 5 – Графики зависимостей эффективности  $E$  от  $m$ ,  $n$  при заданных константных значениях  $\rho=0.3$  и  $k=0.3$  для отрасли растениеводства (коэффициент полезности  $U=0.6$ )**

**Модель расчета интегрального показателя риска агропромышленной производственной вертикали и всей ИПС. Этапы разработанной модели:**

*1 этап.* Определить общее количество ПЦ для расчета внутреннего риска.

2 этап. Найти показатели риска каждой ПЦ, входящей в состав ИПС по формуле:

$$R_{i\bar{0}} = v_1 R_1 + v_2 R_2 + v_3 R_3, \quad (13)$$

где  $R_1, R_2, R_3$  – показатели риска первого, второго и третьего этапов, соответственно;  $v_1, v_2, v_3$  – степень влияния  $R_1, R_2, R_3$  на интегральный показатель риска производственной вертикали  $R_{ПЦ}$  ( $\sum_{j=1}^3 v_j = 1$ ).

Для расчета  $R_1, R_2, R_3$  можно воспользоваться формулами (7) и (8).

Примечание. Как правило,  $R_2$  включает в себя несколько предприятий, занятых как хранением, так и переработкой. Поэтому для вычисления обобщенного показателя  $R_2$  можно использовать следующее выражение:

$R_2 = X \sum R_l$ , где  $R_l$  – показатели риска при хранении и переработке, количество которых зависит от вида ПЦ;  $X$  – нормировочный коэффициент равный частному от деления единицы на количество  $R_l$ .

Необходимо отметить тот факт, подтвержденный при проведении экспертного опроса, что  $v_1$  принимает максимальное значение, так как этап сырьевого производства оказывает самое сильное влияние на другие этапы. Для  $v_2$  и  $v_3$  возможны три варианта:  $v_2 = v_3$ ,  $v_2 > v_3$  и  $v_2 < v_3$ . В таблице 5 приведены результаты экспертизы по вопросу определения  $v_1, v_2, v_3$ .

**Таблица 5 – Вычисление  $v_1, v_2, v_3$**

Степень влияния		Эксперты						Сумма рангов	Среднее	Общий ранг	Кол-во баллов на ранг	
		№1	№2	№3	№4	№5	№6					
V1	приоритетность	1	1	1	1	1	1	6	1,00	1	3	0,50
V2	приоритетность	2	2	3	3	3	3	16	2,67	3	1	0,17
V3	приоритетность	3	3	2	2	2	2	14	2,33	2	2	0,33

Суть вычисления  $v_1, v_2, v_3$  сводится к выполнению следующей последовательности шагов:

1) эксперты проставляют ранги для каждого  $v_i$ , то есть определяется приоритетность  $v_1, v_2, v_3$ . Наивысший приоритет – 1, низший – 3, так как оцениваются всего три показателя;

2) определяется сумма рангов  $S$  и среднее значение ранга  $r_{mid}$  по каждому  $v_i$ :  $S = \sum_{i=1}^K r_i$ ;  $r_{mid} = S / K$ , где  $K$  – количество экспертов;

3) общий ранг получается вследствие упорядочения среднего значения ранга: на первое место ставится объект, у которого среднее значение минимально и т.д.;

4) определяется количество баллов на ранг по принципу: за последнее место дается 1 балл, ..., за первое место – максимальное число баллов (в данном случае – 3);

5) наконец, рассчитываются  $v_i$  как частное от деления числа баллов на ранг на общее число баллов на все  $v_i$  (в данном случае  $1+2+3 = 6$ ). Результат записан в последнем столбце таблицы 5. В частности, из таблицы 5 видно, что  $v_1 > v_3 > v_2$ , т.е.  $v_1$  – максимально.

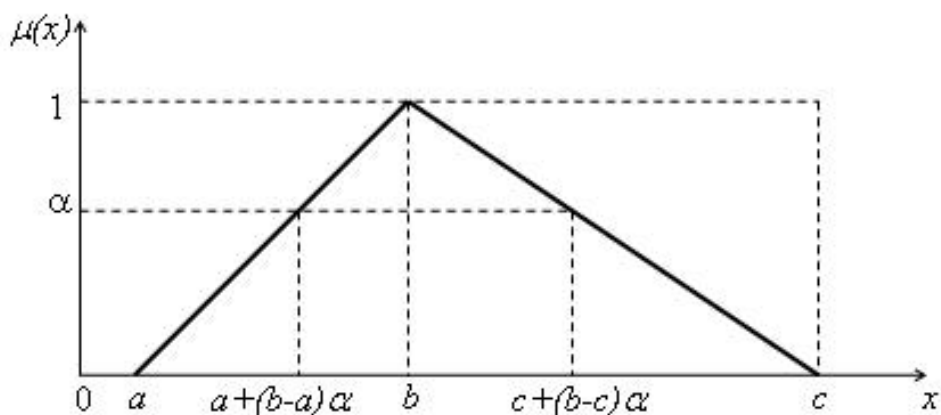
*3 этап.* Провести расчет интегрального показателя степени внутреннего риска ИПС.

*4 этап.* На основе шкалы Харрингтона или нечеткого классификатора выполнить процедуру распознавания  $R_{in}$ . Использование нечеткого классификатора дает возможность не только определить значение риска как «высокий», «средний» и т.д., но и определить степень уверенности в этом утверждении. Шкала Харрингтона не дает такой возможности, но, тем не менее, является хорошо зарекомендовавшим себя методом. Выбор того или иного варианта зависит от лица, принимающего решения.

Рассчитанное значение  $R_{in}$  можно использовать не только как абстрактный показатель уровня внутреннего риска ИПС, но и наложить его на

прогнозное значение прибыли. Для этого представим **прогнозное значение прибыли в виде нечеткого числа**.

К наиболее распространенным типам нечетких чисел относятся треугольные нечеткие числа (ТНЧ). Общий вид функции принадлежности ТНЧ представлен на рисунке 6.



**Рисунок 6 – Функция принадлежности треугольного нечеткого числа**

Аналитическое представление ТНЧ:

$$f_{\Delta}(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (14)$$

Построим ТНЧ для прогнозного значения прибыли  $P_{prog}$ . Введем показатель полезности  $U = 1 - R_{in}$ . Пусть ось абсцисс характеризует величину прибыли, ось ординат – полезность  $U$ . Согласно общей теории полезности фон Неймана-Моргенштерна, ожидаемая величина прибыли  $P_{exp}$  зависит от коэффициента полезности:

$$P_{exp} = U \cdot P_{prog}$$

При  $U = 1$  прогножное значение прибыли равно ожидаемой величине прибыли, при  $U = 0$  прогножное значение прибыли равно нулю.

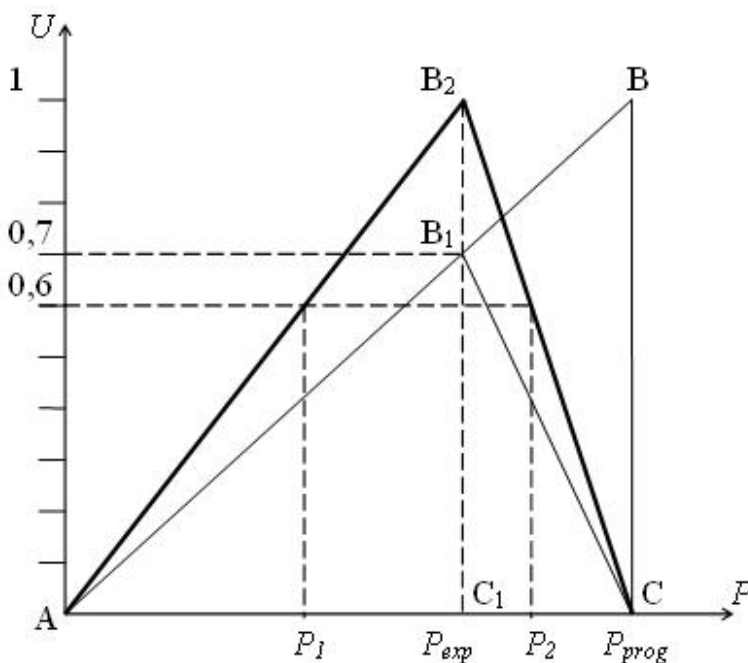


Общий вид функции принадлежности ТНЧ для прогнозного значения прибыли  $P_{prog}$  с учетом полезности  $U$  представлен на рисунке 5 (см. треугольник  $ABC$ ). Теперь построим ТНЧ ожидаемого значения прибыли  $P_{exp}$ . Пусть  $R_{in}$  равно 0.3, тогда  $U = 0.7$ . Получаем треугольник  $AB_1C_1$ . Здесь необходимо сказать, что нельзя исключить возможность получения и большей прибыли, чем ожидаемая, поэтому целесообразнее рассматривать треугольник  $AB_1C$  для ожидаемого значения прибыли, где  $A$  и  $C$  – левая и правая границы интервала достоверности,  $P_{exp}$  – ожидаемая прибыль. Однако в таком субнормальном виде невозможно использовать построенную функцию принадлежности для  $P_{exp}$  в качестве ТНЧ ожидаемого значения прибыли в дальнейшем анализе. Поэтому необходимо провести процедуру нормализации. Вид функции принадлежности ТНЧ ожидаемого значения прибыли  $P_{exp}$  после нормализации – треугольник  $AB_2C$ . Таким образом, построенное ТНЧ ожидаемого значения прибыли становится отправной точкой для дальнейшего использования.

Используя понятие  $\alpha$ -уровня, можно определить более точно интервал достоверности для  $P_{exp}$ . Например, при  $U = 0.6$  интервал достоверности для ожидаемой величины прибыли  $P_{exp}$  равен  $[P_1; P_2]$  (рисунок 7). Таким образом, можно сказать, что прогнозное значение прибыли с учетом внутреннего риска ИПС – это треугольное нечеткое число « $P_{prog}$  приблизительно равна  $P_{exp}$  и однозначно находится в диапазоне  $[\min(P_{exp}), \max(P_{exp})]$ ».

Приведение прогнозного значения прибыли к треугольному виду позволяет учесть влияние внутренней среды организации через интегральный показатель риска внутренней среды. Следующим шагом может быть обобщение **использования треугольных чисел для определения эффективности ИПС**. В теории нечетких множеств есть постулат о том, что треугольное число, умноженное на действительное число, есть треугольное число. Таким образом, используя условные обозначения формулы 9, имеем

следующие ТНЧ для эффективности  $\underline{E} = (E_{min}, E, E_{max})$  и прибыли  $\underline{D} = (D_{min}, D, D_{max})$ .



**Рисунок 7 – Функции принадлежности ТНЧ для прогнозного значения прибыли  $P_{prog}$ , ТНЧ для ожидаемого значения прибыли  $P_{exp}$**

При заданном фиксированном уровне принадлежности  $\alpha$  (значение коэффициента полезности) получаем интервалы достоверности ТНЧ  $\underline{E}$  и  $\underline{D}$ :  $[E_1, E_2]$  и  $[D_1, D_2]$ , соответственно. Тогда получаем новую, интервальную, модель эффективности:

$$[E_1, E_2] = [D_1, D_2] \cdot \frac{1}{P} = \left[ \frac{D_1}{P}, \frac{D_2}{P} \right] \quad (15)$$

Оценка внешнего и внутреннего риска агропромышленных интегрированных производственных систем может являться средством поддержания их устойчивого состояния, что обуславливает стабильное функционирование и развитие ИПС в будущем.

### Заключение

По итогам проведенных исследований можно сформулировать следующие основные результаты.

1. Разработаны математическая модель и методика расчета интегрального показателя риска неблагоприятного воздействия внешней среды на агропромышленную интегрированную производственную систему. В основе модели лежит использование принципа лингвистического распознавания и матричных схем агрегирования, ранее не использовавшихся для прогнозирования внешнего риска. Предложенные модель и методика позволяют оценить состояние внешней среды, что дает возможность ИПС вовремя адаптироваться к новым условиям и, соответственно, планировать и осуществлять свою деятельность по одному из заранее разработанных стратегических сценариев функционирования и развития.

2. Проведена систематизация рискообразующих факторов производственных вертикалей различного вида, которые могут входить в состав агропромышленной интегрированной производственной системы. На основе экспертных оценок и принципа лингвистического распознавания были вычислены обобщенные показатели риска для каждого производственного этапа ИПС.

3. Предложена усовершенствованная модель расчета эффективности интегрированной производственной системы, в которой учтена рисковая составляющая на этапе создания материального потока, ранее отсутствовавшая в модели.

4. Разработана математическая модель расчета интегрального показателя риска производственной вертикали и всей ИПС, которая легла в основу модели определения эффективности ИПС как треугольного нечеткого числа.

Практическая значимость проведенного исследования состоит в возможности непосредственного использования разработанных моделей и методик в процессе совершенствования управления ИПС за счет своевременной оценки рисков во внешней и внутренней среде. Таким образом, результаты работы могут быть использованы руководством предприятий при

принятии научно обоснованных управленческих решений в условиях неопределенности.

### Список литературы

1. Ефанова Н.В. О методологических основах количественной оценки рисков в экономике // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Вып. №420(448). Краснодар: КубГАУ, 2005. 0,38 п.л.
2. Лойко, В.И. Модель и методика расчета интегрального показателя воздействия внешней среды интегрированной производственной системы / В.И. Лойко, Н.В. Ефанова // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №01(35). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0004. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/01/pdf/13.pdf>.
3. Лойко, В.И. Подход к анализу внутренней среды интегрированной производственной системы с целью учета рискованной составляющей / В.И. Лойко, Н.В. Ефанова // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №01(35). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0005. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/01/pdf/12.pdf>.