

Посилання на статтю

Бабак І.Н. Аналіз і оцінка ризиків проектів створення нової техніки / І.Н. Бабак, О.В. Максименко // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СЧУ ім. В.Далі, 2004. – № 3(11). – С.73-84. Режим доступу: <http://www.pmdp.org.ua/>

УДК 65.011.3

І.Н. Бабак, О.В. Максименко

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКОВ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Приведена классификация факторов проектных рисков и подход к расчету риска процесса оценки технико-экономических показателей нового изделия в условиях неопределённости. Рассмотрена модель оценки мультипликативного эффекта порождения факторов рисков на основе нечетких множеств. Рис. 6, ист. 11.

Ключевые слова: риск, недостоверность оценки, технико-экономическое обоснование, причинно-следственные связи рисков.

I.M. Babak, O.V. Maximenko

АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РИЗИКІВ ПРОЕКТІВ СТВОРЕННЯ НОВОЇ ТЕХНІКИ

Приведено класифікацію факторів проектних ризиків. Запропоновано підхід до розрахунку ризиків процесу оцінки техніко-економічних показників нового виробу в умовах невизначеності. Розглянуто модель оцінки мультиплікативного ефекту породження факторів ризику на основі нечітких множин. Рис. 6, дж. 11.

I.N. Babak, O.V. Maximenko

RISK ANALYSIS AND ESTIMATION IN PROJECTS OF NEW TECHNIQUES CREATION

Factors classification of the project risks are stated. The approach to risk calculation of the estimation process of technical and economic parameters of new product in uncertainty conditions is offered. The model of an estimation of multiply effect of risks factors generation is considered on the basis of fuzzy sets.

Постановка проблеми. Недостоверность результатов технико-экономического обоснования нового изделия является важной причиной возникновения рискованных ситуаций. Поэтому, принимая решения, основанные на технико-экономических расчётах, необходимо просчитать возможные влияния факторов риска, зависящих от их качества и точности. Понятие точности технико-экономических расчётов связано с понятием их надёжности [1]. Надёжность расчёта определяется степенью доверительной вероятности того, что величина показателя не будет выходить за пределы данного доверительного интервала.

Риски проектов создания новой техники (ПСНТ) можно классифицировать на внешние и внутренние (рис.1). Внешние возникают независимо от деятельности предприятия и не являются управляемыми со стороны руководства. Внутренние риски возникают непосредственно на производстве и

могут быть в той или иной мере управляемыми. Под причиной возникновения проектных рисков подразумевается некоторое условие (фактор), вызывающее неопределённость исхода ситуации.

Риски ПСНТ в большей мере являются производственными, то есть внутренними относительно самого предприятия-исполнителя проекта. Однако объективно действующие внешние факторы – инфляция, налоговые изменения, появление альтернативного продукта – оказывают влияние не только на эффективность проекта, но и на всю деятельность предприятия. Типичные для проектов результирующие риски обусловлены многими факторами [2, 3]:

- риск превышения сметной стоимости проекта из-за ошибок при проектировании, неэффективного использования ресурсов, изменения условий реализации проекта (повышение цен, увеличение налогов);

- риск низкого качества результатов работ может быть обусловлен нарушениями обязательств подрядчика (поставщика материалов и оборудования), ошибками при проектировании и др. Следствиями низкого качества результатов работ могут быть дополнительные издержки по проекту и/или низкое качество проектного продукта;

- риск несвоевременного завершения проекта из-за ошибок в проектировании, нарушения обязательств подрядчиком, изменений внешних условий. Задержки в завершении работ ведут к дополнительным затратам: возможному удорожанию работ и материалов вследствие инфляционного роста цен, выплатой штрафов, пеней и неустоек и т.п.

Таким образом, внешние факторы приводят к внутренним факторам посредством цепочки трансформации их влияния с верхнего уровня до уровня предприятия через некоторые промежуточные факторы. В конечном итоге их негативное действие отразится на деятельности предприятия-исполнителя проекта. Назовем это явление мультипликативным эффектом (МЭ) порождения факторов риска, когда изменение влияния одного фактора влечет за собой изменения других, порождаемых факторов.

Постановка задачи. Ошибки в оценке технико-экономических показателей на стадиях реализации проекта, а особенно на стадии проектирования, приводят к возникновению многих внутренних рисков проекта и дополнительным затратам на их исправление. Следовательно, с повышением точности оценки показателей проекта снижается риск возникновения неблагоприятных событий. А комплексная оценка внешних и внутренних рисков дает возможность определения наиболее вероятных показателей эффективности реализации проектов в условиях неопределенности. Таким образом, актуальной задачей является разработка методики анализа рисков недостоверной оценки технико-экономических показателей и моделей оценки влияния внешних и внутренних факторов риска с учетом их причинно-следственных связей, т.е. оценки МЭ порождения факторов рисков.

Основная часть. Риск ошибки расчёта – это вероятность того, что фактическая ошибка может выйти за пределы доверительного интервала [4]. Анализ риска проводится, чтобы предложить методы снижения риска или уменьшить связанные с ними неблагоприятные последствия, и осуществляется через выявление соответствующих факторов и оценку их значимости [5].

Для количественной оценки риска не всегда возможно использование аналитических подходов [6], когда известны вероятности наступления неблагоприятных событий и величины возможных потерь в результате недостоверных технико-экономических расчётов. Информация об этом не всегда известна, так как сложно найти статистические данные о результатах выполнения аналогичных инновационных проектов в сопоставимых условиях.

Поэтому для оценки риска недостоверной оценки ТЭП целесообразно использовать метод дерева решений и вероятностного подхода. Для этого в процессе анализа риска выделяют факторы, влияющие на степень риска проекта; графически представляются возможные комбинации факторов, образуя дерево решений, которое в зависимости от степени сложности проблемы имеет различное число ветвей. Ветвям дерева ставят в соответствие оценки степени влияния каждого фактора на степень риска. Следуя от исходной вершины вдоль ветвей, можно различными способами достичь конечных точек. Таким образом, с помощью правил комбинирования свидетельств оцениваются варианты пути и выбирается оптимальный.

Предлагается подход, позволяющий проводить количественную оценку риска процесса оценки технико-экономических показателей нового изделия в условиях неопределённости, который основывается на элементах теории вероятности и нечёткой логики [7]. Согласно предложенному подходу, оценка риска выполняется поэтапно. На первом этапе, как показано выше, определяют частные риски, и факторы их вызывающие. Затем каждый из частных рисков представляют в виде структуры, объединяющей факторы риска и возможные последствия влияния различных сочетаний факторов (рис. 2).

Для анализа ситуаций возникающих при различных сочетаниях факторов риска, строят дерево решений (рис. 3). Подобная качественная оценка показывает, что в зависимости от комбинаций факторов риска общая уверенность в возможности наступления неблагоприятного события может находиться в интервале от полного отрицания неблагоприятного результата (все ответы «нет») до неизбежного наступления (все ответы «да»). Для количественной оценки степени влияния каждого из факторов и возможных их комбинаций применяется вероятностный подход с использованием аппарата математической статистики [8]. Вероятности можно определить: объективным методом (на основании ненадёжности расчёта или по имеющимся данным технико-экономических расчётов в аналогичных проектах); и субъективным методом (например, путём экспертных оценок).

Степень влияния факторов риска как в сторону его увеличения, так и в сторону уменьшения оценивается с помощью коэффициентов уверенности CR по шкале от -1 до $+1$, причём: -1 – полное отрицание влияния фактора на увеличение риска; 0 – неопределённо; $+1$ – полное подтверждение влияния. Уверенность в истинности (+) или ложности (–) влияния выделенных факторов риска на возможное неудачное завершение технико-экономического обоснования нового изделия представляются на ветвях дерева. При большом количестве принимаемых в расчёт факторов (n) дерево решений (число возможных результатов равно 2^n) и его анализ значительно усложняется. Для упрощения расчётов используются следующие подходы.

Коэффициент уверенности для каждого фактора есть комбинация двух оценок – истинности ($T > 0$) и ложности ($L < 0$):

$$CR_i^* = T + L. \quad (1)$$

Правила объединения разнонаправленного влияния двух факторов риска, выраженных через коэффициенты уверенности, имеют вид [7]:

$$\text{если } CR_1^* > 0 \text{ и } CR_2^* > 0: \quad CR = CR_1^* + CR_2^* (1 - CR_1^*), \quad (2)$$

$$\text{если } CR_1^* < 0 \text{ и } CR_2^* < 0: CR = \left(\left| CR_1^* \right| + \left| CR_2^* \right| \cdot \left(1 - \left| CR_1^* \right| \right) \right), \quad (3)$$

$$\text{если } CR_1^* \text{ и } CR_2^* \text{ имеют разные знаки: } CR = \frac{CR_1^* + CR_2^*}{1 - \min \left(\left| CR_1^* \right|, \left| CR_2^* \right| \right)}, \quad (4)$$

при комбинации свидетельств с коэффициентами +1 и -1 считается, что $CR = +1$. Итоговая уверенность в наступлении ситуации риска по формулам (2 – 4) $CR = 0,568$.



Рис. 2. Системное представление риска недоверной оценки ТЭП нового изделия

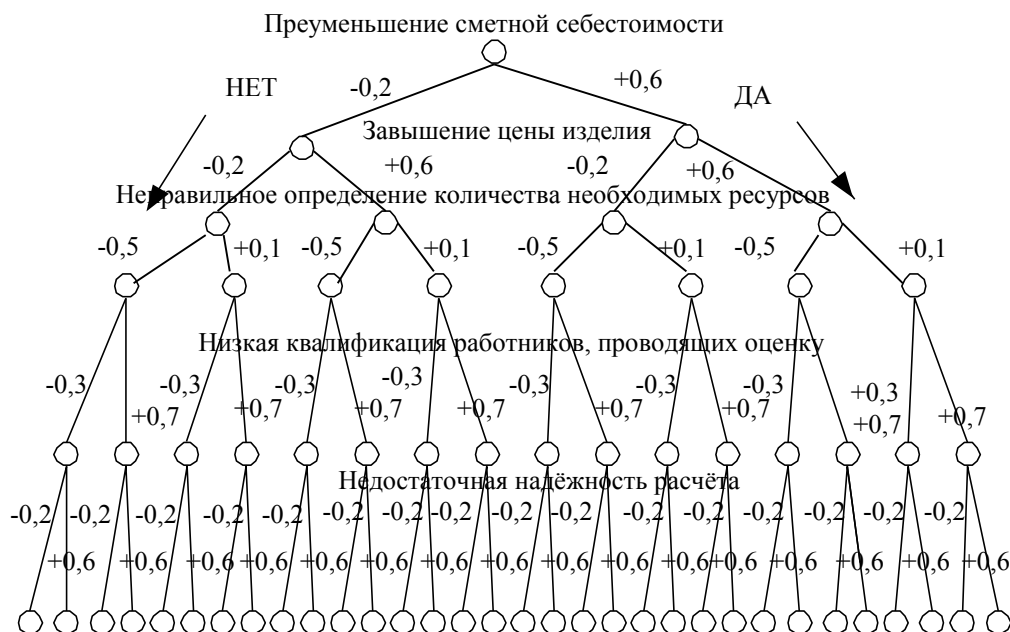


Рис. 3. Дерево решений анализа риска при оценке достоверности результатов

Шкала значений коэффициента уверенности представлена на рис. 4. Начиная с $CR = +0,6$ считается, что событие скорее всего произойдёт, а начиная с $CR = +0,8$ считается, что событие почти наверняка произойдёт, и наоборот [7]. Используя шкалу коэффициентов уверенности для данного примера, можно сделать вывод о том, что имеются существенные доказательства возможности наступления неблагоприятного события, а именно, несоответствия фактических величин ТЭП прогнозируемым.

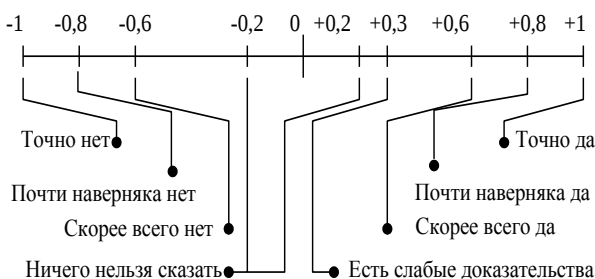


Рис. 4. Шкала значения коэффициента уверенности

Порядок расчёта величин возможных частных ущербов с учётом установленных итоговых уверенностей в их наступлении, а также правила объединения частных ущербов следующий [9]. Возможный ущерб (частный риск) при наступлении i -го неблагоприятного события определяется по формуле:

$$R_i = CR_i \cdot U_i, \quad (5)$$

где U_i – ожидаемое значение ущерба в случае наступления i -того неблагоприятного события; CR_i – итоговый коэффициент уверенности i -го события.

Расчёты возможных ущербов выполняются для каждого частного риска. Для объединения возможных ущербов совместимые частные риски суммируют:

$$R_c = \sum_{i=1}^n R_{c_i}, \quad (6)$$

где R_{c_i} – i -тый совместимый риск из общего их количества n в общем числе частных рисков N ($n \subset N$). Несовместимые (взаимоисключающие) риски объединяют путём расчёта средневзвешенного:

$$R_n = \frac{\sum_{i=1}^{N-n} R_{n_i}}{\sum_{i=1}^{N-n} CR_{n_i}}, \quad (7)$$

где R_{n_i} – i -тый несовместимый риск из общего их количества $N - n$; CR_{n_i} – коэффициент уверенности в наличии i -го несовместимого риска, определённый в (1 – 4). Далее суммируют совместимые и несовместимые риски:

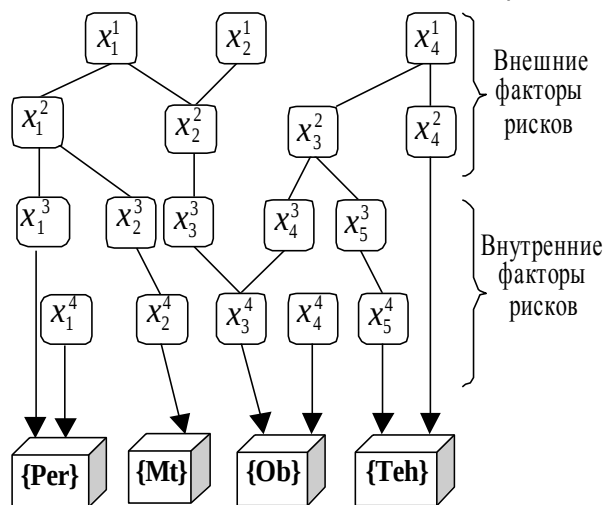
$$R = R_c + R_n. \quad (8)$$

Оценка риска недостоверной оценки ТЭП изделий позволяет предусмотреть неблагоприятные ситуации и выработать меры по их предотвращению.

Основная проблема при оценке влияния МЭ порождения факторов риска обусловлена сложностью определения взаимосвязи между отдельными видами проектных рисков, большим количеством факторов, а также невозможностью в некоторых случаях указания аналитических зависимостей между причинами и следствием проявления фактора. Для решения такой задачи необходимо разработать подход к оценке проектных рисков, который позволял бы проводить анализ множества факторов риска, прослеживать их взаимодействие между собой и оценивать их комплексное влияние на выполнение ПСНТ с учетом специфических особенностей данного вида проектов.

Проследить влияние МЭ можно с помощью иерархической модели причинно-следственных связей рисков, которая строится на основе предложенной классификации рисков (рис.1). Модель порождения факторов строится либо сверху вниз – указываются внешние факторы, а затем порождаемые ими факторы, либо снизу вверх – выбираются факторы нижнего уровня, а сверху достраиваются предшествующие. В конечном итоге в модели вверху расположатся факторы верхнего уровня, не имеющие предшественников

(политические, природные, экономические). Затем – порождаемые факторы рисков (социальные, финансовые, риски участников проекта). На нижнем уровне – факторы, непосредственно относящиеся к проекту – производственные, организационные и т.д. Указывается последовательность проявлений факторов.



Множества обеспечивающих ресурсов ПСНТ

Рис. 5. Схематическое представление иерархической модели порождения факторов рисков

Для расчетов влияния факторов рисков друг на друга рассматриваются узлы модели как преобразователи, а входящие и выходящие дуги – как входные и выходные характеристики факторов соответственно (рис. 5). Конечным итогом действия факторов рисков будет изменение запланированных значений объема или стоимости обеспечивающих ресурсов: кадрового обеспечения $\{Per\}$, материально-сырьевого обеспечения $\{Mt\}$, оборудования и инструментов $\{Ob\}$, технологий $\{Teh\}$ и др.

При построении иерархической модели могут использоваться как количественные и так качественные характеристики для описания факторов. Если для узла-преобразователя существует аналитическая зависимость вида:

$$x^{l+1} = f(x_1^l, \dots, x_n^l), \quad (9)$$

где x^{l+1} – выходное значение величины влияния фактора нижнего уровня; $x_1^l, \dots, x_n^l$ – величины влияния входных факторов; $l=1..L$ – уровни факторов, то он называется аналитическим, и для описания входных и выходных характеристик используются количественные величины.

В случае представления величины влияния факторов в качественном виде предлагается осуществлять вывод на основе использования нечетких множеств. Такие узлы-преобразователи называются нечеткими преобразователями. Они оперируют лингвистическими переменными, которые описываются

набором $\langle x, A(x), U \rangle$, где x – название переменной, $A(x)$ – термножество переменной x , т.е. множество названий лингвистических значений переменной x со значениями из базового множества U с базовой переменной u .

Для описания алгоритма оценки рисков с помощью нечеткой логики можно рассмотреть преобразования для одного узла модели, схематическое представление которого представлено на рисунке 6. Пусть $x_1, x_2, \dots, x_n$ – входные параметры для узла-преобразователя; d – выходное значение фактора риска, причем существует зависимость

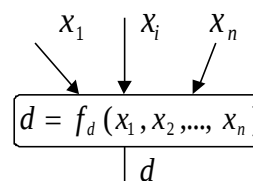


Рис. 6. Представление узла иерархической модели

$$d = f_d(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (10)$$

где f_d – некоторая функция, устанавливающая связь между переменными x_i , $i = \overline{1, n}$ и d , но ее нельзя описать математической формулой.

Осуществление логического вывода происходит в несколько шагов. На первом этапе определяются функции принадлежности (ФП) нечетких множеств. Существует два класса методов построения ФП: прямые, когда они задаются непосредственно экспертами, и косвенные методы, когда данные экспертов дополнительно обрабатываются [10].

Дискретные множества всех значений качественных параметров описываются в виде [11]:

$$U_i = \{v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^{q_i}\}, i = \overline{1, n}; \quad (11)$$

$$W = \{w^1, w^2, \dots, w^{q_m}\}, \quad (12)$$

где $v_i^1, (v_i^{q_i})$ – бальная оценка, соответствующая наименьшему (наибольшему) значению входного параметра x_i ; $w^1, (w^{q_m})$ – бальная оценка, соответствующая наименьшему (наибольшему) значению выходного параметра d ; $q_i, i = \overline{1, n}$ и q_m – мощность множеств (11) и (12) причем в общем случае $q_1 \neq q_2 \neq \dots \neq q_n \neq q_m$.

Пусть $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$ – вектор входных параметров факторов рисков, где $x_i^* \in U_i$, $i = \overline{1, n}$. Задача состоит в том, чтобы на основе информации о векторе X^* определить значение выходного параметра риска $d^* \in W$ для конкретного узла иерархической модели. Для оценки лингвистических переменных используются качественные термы из следующих терм-множеств:

$$A_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{l_i}\} - \text{терм-множество переменной } x_i, i = \overline{1, n};$$

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\} - \text{терм-множество переменной } d,$$

где a_i^p – p -тый лингвистический терм параметра $x_i = \overline{1, l_i}$, $i = \overline{1, n}$; d_j – j -тый лингвистический терм параметра d ; m – число различных состояний выхода узла. Мощности терм-множеств A_i в общем случае могут быть различными, т.е. $l_1 \neq l_2 \neq \dots \neq l_n$. Лингвистические термы $a_i^p \in A_i$ и $d_j \in D$, $p = \overline{1, l_i}$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ рассматриваются как нечеткие множества, заданные на универсальных множествах U_i и W определенных в (11) и (12).

Нечеткие множества a_i^p и d_j определяются:

$$a_i^p = \sum_{k=1}^{q_i} \mu(a_i^p, v_i^k) / v_i^k, \quad (13)$$

$$d_j = \sum_{r=1}^{q_m} \mu(d_j, w^r) / w^r, \quad (14)$$

где $\mu(a_i^p, v_i^k)$ – степень принадлежности элемента $v_i^k \in U_i$ терму $a_i^p \in A_i$, $p = \overline{1, l_i}$, $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, q_i}$; $\mu(d_j, w^r)$ – степень принадлежности элемента $w^r \in W$ терму $d_j \in D$, $j = \overline{1, m}$.

На втором шаге строятся матрицы знаний, которые определяют систему логических высказываний типа «Если – То, Иначе», отражающие причинно-следственные связи между входными параметрами факторов риска и их следствием.

На третьем шаге строится система высказываний, связывающая значения входных параметров $x_i \div x_n$ со значением выходного параметра d :

$$d = \bigcup_{p=1}^N \left\{ \bigcap_{i=1}^n [x_i \circ (a_i^p \times d^p)] \right\}, \quad (15)$$

где d^p – нечеткое множество выходного значения фактора для p -го набора значений входных параметров; $\circ$ – операция нечеткой композиции.

Далее выводятся логические уравнения из (15), путем замены нечетких значений переменных $X_i \div X_n$ соответствующими ФП, а операций объединения ($\cup$) и пересечения ($\cap$) множеств на операции взятия максимума ($\vee$) и минимума ($\wedge$) соответственно, а декартово произведение рассчитывается:

$$a_i^p \times d^p = \sum_{Up \times W} \left[\mu(a_i^p, v_i^k) \wedge \mu(d^p, w^r) \right] / (v_i^k, w^r). \quad (16)$$

На последнем шаге осуществляется определение значения выходного параметра $d^* \subset W$ при фиксированном векторе входных параметров. Полученное значение нечеткого выходного множества $d^* \subset W$ необходимо интерпретировать в терминах конкретной выходной переменной $d_j \in D$, $j = \overline{1, m}$. Для этого необходимо найти нечеткое множество $d_j \in D$, являющееся ближайшим к нечеткому множеству $d^* \subset W$. Для этого рассчитывается минимальное расстояние Хемминга между d_j и d^* :

$$\Delta(d^*, d_j) = \sum_{r=1}^{q_m} \left| \mu(d^*, w^r) - \mu(d_j, w^r) \right|, j = \overline{1, m} \quad (17)$$

и выбирается такое $d_j \in D$, для которого

$$\Delta(d^*, d_j) = \min_{j=1-m} \left[\Delta(d^*, d_j) \right]. \quad (18)$$

Таким образом, данные модели оценки рисков на основе нечеткой логики дают возможность оценить причинно-следственные связи между факторами. Рассмотренные преобразования для одного узла иерархической модели факторов рисков применяются в таком же виде для всех узлов, только величина выхода d_j узла уровня l рассматривается как входной параметр для узла уровня $l+1$.

Заключение. Таким образом, недостоверная оценка ТЭП новых изделий увеличивает вероятность возникновения неблагоприятных событий и может привести к ущербу. Оценка риска позволяет предусмотреть неблагоприятные ситуации и выработать меры по их предотвращению. На основании оценки мультипликативного эффекта порождения факторов рисков, с помощью иерархической модели, определяется возможная величина отклонения затрат на ресурсы проекта. При внесении данных изменений в план выполнения проекта, рассчитываются новые профили ресурсного обеспечения с учетом воздействия возможных факторов рисков. В итоге получаются новые временные и стоимостные характеристики выполнения ПСНТ с учетом мультипликативного

эффекта порождения факторов рисков, выделяются «узкие места» выполнения проекта и планируются меры по предотвращению негативного воздействия рисков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эдельгауз Г.Е. Достоверность статистических показателей. М., «Статистика», 1977. – 278 с.
2. Шапиро В.Д. и др. Управление проектами – СПб: ДваТри, 1996. – 610 с.
3. Катасонов Б.Ю., Морозов Д.С. Проектное финансирование : организация, управление риском, страхование. – М.: «Анкил», 2000. – 272 с.
4. Суслов И.П. Основы теории достоверности статистических показателей. – Новосибирск, изд-во «Наука», 1979. – 304 с.
5. Экономико-математическое обеспечение управленческих решений в менеджменте / В.М. Вартамян, Д.В. Дмитришин, А.И. Лысенко, А.Г. Осиевский и др. Под ред. В.М. Вартамяна. – Харьков: ХГЭУ, 2001. – 288 с.
6. Ильяшенко С.Н. Хозяйственный риск и методы его измерения. Учеб. пособие. – Сумы, 1996. – 102 с.
7. Бакаев А.А., Гриценко В.И., Козлов Д.Н. Экспертные системы и логическое программирование. – К.: 1992.
8. Sergei Maslov, Yi-Cneng Zhang. Optimal investment strategy for risky assets // Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. – W. – 1998. – 10p.
9. Ільяшенко С.М. Аналіз і кількісна оцінка екологічного ризику в інвестиційних проектах // Фінанси України. – 1997. – №8. – С. 85-89.
10. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
11. Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. – Винница: Континент-ПРИМ, 1996. – 132 с.

Стаття надійшла до редакції 25.07.2004 р.