

Запропоновано системний підхід до оцінювання достовірності рішення, отриманого методом аналізу ієрархій (МАІ), який включає модифіковані МАІ обробки нечітких експертних оцінок і оцінювання ситуаційних ризиків задач прийняття рішень, комплексне оцінювання чутливості отриманого за допомогою МАІ розв'язку. Наведено досвід застосування МАІ для розв'язання практичних задач, які є актуальними для України

Ключові слова: метод аналізу ієрархій, достовірність рішення, нечіткі експертні оцінки, ризики, чутливість рішення

Предложен системный подход к оцениванию достоверности решения, полученного методом анализа иерархий (МАИ), который включает модифицированные МАИ обработки нечетких экспертных оценок и оценивания ситуационных рисков задач принятия решений, комплексное оценивание чувствительности, полученного с помощью МАИ решения. Приведен опыт применения МАИ для решения практических задач, которые являются актуальными для Украины

Ключевые слова: метод анализа иерархий, достоверность решения, нечеткие экспертные оценки, риски, чувствительность решения

The system approach for estimation of reliability of the analytic hierarchy process (AHP) is proposed. It contains modified AHP methods to deal with fuzzy expert judgements and multiple-factor risks of a decision-making problem and also sensitivity analysis methods for the AHP. An experience of application of the AHP to solve actual for the Ukraine decision-making problems is described

Key words: analytic hierarchy process, reliability of the results, fuzzy expert judgements, risks, sensitivity of the results

МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ В МЕТОДОЛОГИИ СЦЕНАРНОГО АНАЛИЗА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРЕДВИДЕНИЯ

Н. И. Недашковская

Кандидат технических наук
Институт прикладного системного анализа
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт» МОН Украины и
НАН Украины
просп. Победы, 37, корп. 35, г. Киев, Украина, 03056
Контактный тел.: 067-899-14-73
E-mail: n.nedashkivska@gmail.com

строению альтернатив сценариев желаемого будущего также реализуется в рамках национальной программы по технологическому предвидению. В Институте прикладного системного анализа Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» (ИПСА) разрабатывается методология сценарного анализа, как иерархическая система методов решения задач предвидения, представляющая системный подход к решению таких задач [3].

Один из качественных методов в методологии сценарного анализа – это метод анализа иерархий. Он был предложен Т.Саати в 1970-х гг как многокритериальный и многоцелевой экспертный метод нахождения относительных весов или приоритетов альтернативных вариантов решений [4, 5]. Этот метод используется во многих областях принятия решений, в частности, для решения задач выбора, оценивания, распределения ресурсов, анализа соотношения доходы-затраты, прогнозирования и планирования [6]. На сегодняшний день также существует большое количество работ посвященных анализу разных аспектов метода анализа иерархий, разработке модификаций для преодоления тех или иных недостатков метода [7 – 9].

1. Введение

На протяжении последних лет интенсивно развивается методология предвидения, цель которой состоит в оценивании возможного будущего и создания сценариев достижения желаемого будущего на национальном, региональном уровнях и на уровне отдельных организаций и компаний [1 – 3].

По данным Организации Объединенных Наций по технологическому развитию ЮНИДО программы технологического предвидения существуют во многих странах мира. В Украине выполнение работ по по-

В данной работе предлагается *системный подход к оценке достоверности решения, полученного на базе МАИ*, который включает модифицированный метод анализа иерархий обработки нечетких экспертных оценок, метод оценивания альтернатив решений по факторам доходов, затрат, возможностей и ситуационных рисков, подходы к оцениванию риска возникновения реверса рангов в разных методах синтеза МАИ, комплексное оценивание чувствительности решения, полученного на базе МАИ.

2. Этапы метода анализа иерархий

Рассмотрим этапы традиционного метода анализа иерархий (МАИ) (рис. 1) для решения задачи ранжирования или упорядочения альтернатив решений по нескольким критериям. На первом этапе проблема структурируется в виде иерархии. Нулевой уровень обычно состоит из одного элемента – главной цели принятия решений, последний уровень формируют альтернативные варианты решений. На промежуточных уровнях размещаются критерии и подкритерии. В общем случае промежуточные уровни могут состоять также из групп заинтересованных лиц (называемых акторами), их целей, политик, экономических, политических, социальных и прочих факторов, влияющих на принятие решения.

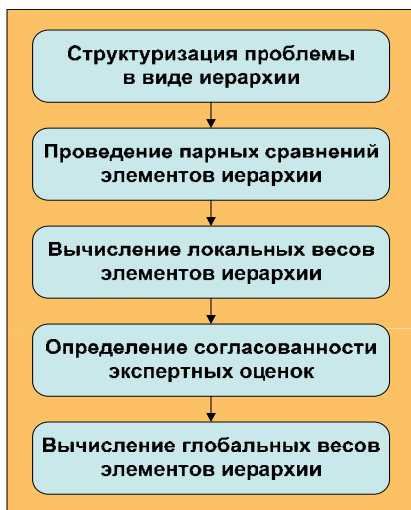


Рис. 1. Этапы МАИ

На втором этапе эксперт проводит парные сравнения элементов, находящихся на одном уровне иерархии, относительно элементов вышестоящего уровня. Эти парные сравнения осуществляются в так называемой фундаментальной шкале, которая является вербальной и состоит из 9 делений, выражающих степень превосходства одного элемента над другим: одинаковая важность, слабое, сильное, очень сильное, абсолютное превосходство и промежуточные между ними степени превосходства. Каждому вербальному делению поставлено в соответствие число: одинаковая важность – 1, слабое превосходство – 3 и т.д., абсолютное превосходство – 9. По результатам сравнений формируются матрицы парных сравнений, которые являются квадратными, положительными и обратно-

симметричными. Например, если необходимо оценить n альтернатив по m критериям, то эксперту необходимо выполнить $m(m-1)/2 + mn(n-1)/2$ парных сравнений: будут сформированы m матриц парных сравнений альтернатив относительно каждого из критериев размерности $n \times n$ каждая, и одна матрица парных сравнений критериев относительно главной цели, ее размерность $m \times m$.

Процедура получения экспертной информации методом парных сравнений – одно из основных преимуществ МАИ перед другими экспертными методами многокритериального принятия решений, так как позволяет оптимальным образом учесть психофизиологические особенности эксперта. К преимуществам МАИ также относят возможность структуризации проблемы в виде иерархии.

На третьем этапе вычисляются локальные веса элементов иерархии. Локальным называют вес элемента иерархии относительно элемента соседнего вышестоящего уровня. В традиционном МАИ вектор локальных весов – это собственный вектор МПС, соответствующий ее максимальному собственному числу [4]. Известны также и другие методы, в частности, логарифмический метод наименьших квадратов [7, 8].

Четвертый этап МАИ – определение согласованности экспертных оценок. Согласованной называется такая матрица парных сравнений, для элементов которой выполняется условие транзитивности: $a_{ij} = a_{ik} a_{kj}$, $i, j, k = 1, \dots, n$, где n – количество сравниваемых объектов (например, альтернатив). На практике экспертные оценки очень редко удовлетворяют указанному условию согласованности, поэтому необходимо оценить степень «пригодности» полученных оценок для принятия решения. В МАИ оценивание согласованности заполненной экспертами матрицы парных сравнений основано на отклонении ее наибольшего собственного числа λ_{\max} от наибольшего собственного числа согласованной матрицы, которое равно количеству сравниваемых объектов (альтернатив) n . Мерой согласованности является отношение согласованности $CR(n) = \frac{CI(n)}{MRCI(n)} = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1) \cdot MRCI(n)}$, большие значения которого соответствуют большей несогласованности оценок, где $MRCI(n)$ – среднее значение индексов согласованности $CI(n)$ для заполненных случайным образом матриц парных сравнений. Значение отношения согласованности, превышающее установленный порог, свидетельствует о нецелесообразности использования полученных оценок для вычисления весов.

Пятый этап МАИ – нахождение глобальных весов элементов иерархии относительно главной цели принятия решений. Они вычисляются на базе локальных весов, используя метод синтеза. В МАИ используется метод линейной свертки весов альтернатив по критериям, так называемый дистрибутивный синтез, где веса критериев являются весовыми коэффициентами свертки.

Позднее были предложены другие методы синтеза: идеальный и мультипликативный (исследование этих методов выполнено в [9]). Ранжирование альтернатив решений осуществляется в соответствии с убыванием глобальных весов.

3. Системный подход к оцениванию достоверности решения, полученного МАИ

Постановка задачи. При решении задач предвидения традиционные критерии оценивания результатов работы методов, которые основаны на величинах отклонений от некоторых «истинных» значений, в принципе не могут быть использованы. «Истинного», «100% правильного» решения на момент его принятия просто не существует. Используя субъективные экспертные оценки, можно определить его только с определенным уровнем достоверности. При этом, приемы оценивания достоверности целесообразно выбирать в зависимости от решаемой задачи. Так, при решении с помощью МАИ задач, имеющих характер повторяемости, можно ограничиться такими приемами, как определение степени согласованности экспертных оценок и традиционным анализом чувствительности, реализованном в СППР Expert Choice [10].

Однако, решение задач предвидения в основном направлено на принятие инновационных решений на уровне больших организаций и компаний, на отраслевом и государственном уровнях, которые требуют исследования в единой структуре большого количества разнородных факторов, разного рода неопределенностей и рисков. В связи с этим необходим инструментарий комплексного оценивания достоверности полученных результатов.

Перейдем к математической постановке задачи.

Дано:

- $G = \{g\}$ - главная цель принятия решения;
- $A^x = \{A_i^x | i = \overline{1, N_a^x}\}$ - альтернативы решений в момент времени $T^x \in T$;
- $F^x = \{F_j^x | j = \overline{1, N_f^x}\}$ - факторы, влияющие на главную цель $G = \{g\}$ в момент времени $T^x \in T$;
- T - заданный или прогнозируемый период для принятия решения.

Необходимо:

1. разработать методологическое и математическое обеспечение оценивания достоверности работы МАИ:

при минимизации групп факторов риска задачи вычисления относительных весов альтернатив решений A_i^x , $i = \overline{1, N_a^x}$ на базе экспертной информации в момент времени $T^x \in T$:

- факторов риска непрогнозируемых ситуаций;
- факторов риска субъективности экспертной информации;

с учетом:

- нечетких экспертных оценок;
- комплексного оценивания чувствительности полученного решения;
- явления реверса рангов;

2. разработать рекомендации лицу, принимающему решение, на базе вычисленных весов альтернатив решения и оцененных рисков.

Решение задачи. В данной работе предлагается системный подход к оцениванию достоверности решения, полученного на базе МАИ, в котором условно можно выделить два взаимосвязанных направления. Первое направление состоит в анализе исходных экспертных оценок парных сравнений элементов иерархии. Оно включает: 1) исследование уровня согласованности оценок с помощью разных показателей согласованности; 2) анализ свойств оценок, таких как сильная, слабая транзитивность и др.; 3) исследование устойчивости локальных весов элементов иерархии к возмущениям в экспертных оценках; 4) поиск выбросов в оценках экспертов. В результате проведенного анализа оценивается «пригодность» оценок экспертов для дальнейшего использования, необходимость в корректировке оценок или в проведении повторного опроса экспертов.

Второе направление – это разработка таких модификаций МАИ, которые, во-первых, позволят наиболее полно выразить суждения экспертов (реализуется путем формирования нечетких оценок), во-вторых, наиболее полно описать сложную проблему в виде сетевой структуры взаимосвязей между альтернативами решений, критериями, целями заинтересованных лиц, факторами риска непрогнозируемых ситуаций и т.д. При этом, модификации не должны вносить дополнительных искривлений или сужений помимо тех, что уже существуют в исходной экспертной информации. Последнее реализуется путем разработки модификации МАИ, позволяющей обрабатывать нечеткие оценки экспертов и вычислять нечеткие веса элементов иерархии методом синтеза, в котором минимален риск появления явления реверса рангов.

Проблема разработки методологического и математического обеспечения достоверности результатов, полученных МАИ, представлена в виде многоуровневой задачи, которая включает (рис. 2):

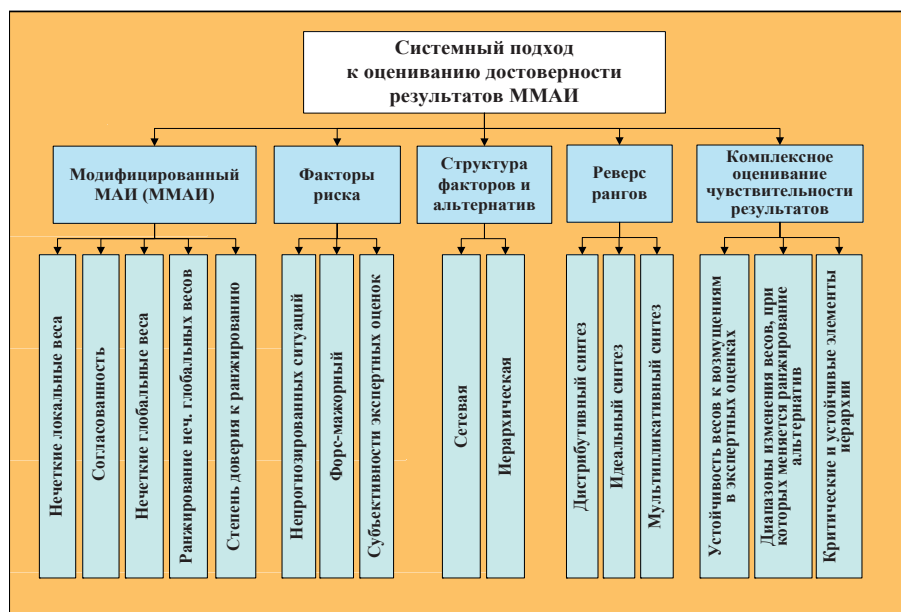


Рис. 2. Структурная схема системного подхода к оцениванию достоверности результатов ММАИ

1. Разработку модифицированного метода анализа иерархий (ММАИ) обработки нечетких экспертных оценок.

2. Разработку комплексного оценивания чувствительности решения, полученного на базе МАИ.

3. Оценивание риска появления явления реверса рангов в разных методах синтеза.

4. Разработку модифицированного BOCR (сокращенно от benefits, opportunities, costs, risks) оценивания альтернатив решений по факторам доходов, затрат, возможностей и ситуационных рисков.

5. Оценивание риска субъективности экспертной информации.

Кратко рассмотрим каждую из задач, представленных на рис. 2.

Модифицированный метод анализа иерархий (ММАИ) обработки нечетких экспертных оценок. Традиционный МАИ, предложенный Т.Саати [4, 5], позволяет обрабатывать лишь точечные экспертные оценки. Нами разработан модифицированный МАИ, позволяющий принимать решение с учетом нечетких экспертных оценок [11, 12]. Представление оценок экспертов в виде нечетких чисел позволяет полнее описать экспертную информацию и тем самым повысить достоверность решений, полученных на ее основе.

Дано:

- $A = \{A_i | i = \overline{1, N}\}$ - множество альтернатив решений;
- $C = \{C_k | k = \overline{1, K}\}$ - множество критериев;

• $D^{неч} = \{(D_k^{неч}) | k = \overline{1, K}\}$ - множество нечетких матриц парных сравнений альтернатив относительно критериев.

Необходимо:

• найти вектор нечетких глобальных весов $w_{неч, глоб} = \{w_i^{неч, глоб} | i = \overline{1, N}\}$, отображающий преобладания, записанные во всем множестве $D^{неч} = \{(D_k^{неч}) | k = \overline{1, K}\}$;

- оценить согласованность нечеткой экспертной информации;
- определить ранжирование нечетких глобальных весов $W_i^{неч}$;
- оценить степень доверия к полученному ранжированию.

Разработанный ММАИ обработки нечетких экспертных оценок состоит из нескольких этапов (рис.3): формирование по ответам экспертов нечеткой матрицы парных сравнений, элементами которой являются нечеткие числа, оценивание согласованности нечетких экспертных оценок, нахождение локальных весов элементов иерархии, а потом на их основе – глобальных весов. Эти этапы реализуются путем разложения нечеткой матрицы парных сравнений по множествам уровней, и осуществляется переход к работе с интервальными матрицами парных сравнений.



Рис. 3. Иерархическая система задач, решаемых с помощью ММАИ обработки нечеткой экспертной информации

Для нахождения локальных весов альтернатив по критериям решений разработан двухэтапный метод [11]: на первом этапе вычисляются минимальные величины отклонений заданной экспертом матрицы парных сравнений от неизвестной согласованной матрицы, на втором этапе уже непосредственно вычисляются веса при найденных значениях отклонений.

ММАИ использует субъективную экспертную информацию и поэтому очень важный этап представляет оценивание согласованности этой информации. Нами предложен нечеткий спектральный коэффициент согласованности [12], позволяющий количественно выразить уровень противоречивости в заданных экспертами нечетких оценках парных сравнений. Допустимость уровня несогласованности экспертных оценок или необходимость организации обратной связи с экспертом определяются путем сравнения нечеткого спектрального коэффициента согласованности с введенными нечеткими порогами обнаружения и применения.

Так как результирующие глобальные веса нечеткие, то их ранжирование или упорядочение требует специальных методов. Мы используем метод, который состоит в построении подмножеств недоминированных нечетких весов. Также введены показатели степени доверия к полученному ранжированию, позволяющие оценить степени строгого преобладания и эквивалентности нечетких весов в ранжировании [12].

Комплексное оценивание чувствительности решения, полученного на базе МАИ. При решении многих задач выбора и ранжирования анализ чувствительности полученного с помощью МАИ решения проводится графическими методами, реализованными в СППР Expert Choice: анализ чувствительности выполнения, градиентный, динамический, 2D и разностный анализ чувствительности [10]. В этих методах пользователь может изменять веса критериев и наблюдать на экране как в виде соответствующих графиков и диаграмм изменяются веса альтернатив. Это методы типа «что будет если». Они не являются системным подходом к проведению анализа чувствительности и позволяют лишь ответить на вопрос «каким будет решение, если вес отдельного элемента иерархии изменить на некоторую величину». Однако, эти методы довольно про-

сты в применении и поэтому широко используются на практике.

Нами предлагается комплексное оценивание чувствительности результатов, полученных на базе МАИ [13, 14]:

- исследование устойчивости локальных весов элементов иерархии к возмущениям в экспертных оценках;
- оценивание на основе полученных формул расчета диапазонов изменения весов элементов иерархии, при которых изменяется результирующее ранжирование альтернатив. Это дает возможность вычислить степени критичности и чувствительности каждого элемента иерархии, найти так называемые критические элементы, относительные изменения весов которых, приводящие к изменениям ранжирования, наименьшие.

Под степенью критичности элемента иерархии понимается величина наименьшего относительного изменения веса данного элемента, приводящая к изменению порядка ранжирования альтернатив. Чувствительность – величина, обратная к степени критичности. Меньшее значение степени критичности элемента свидетельствует о меньшем изменении его веса, достаточном для изменения порядка ранжирования альтернатив, а чувствительность этого элемента к возмущениям в экспертных оценках в данном случае будет большей.

Оценивание риска появления явления реверса рангов в разных методах синтеза МАИ. Один из основных вопросов при многокритериальном оценивании – это выбор метода синтеза локальных весов для получения единого решения по группе критериев (целей). Методы синтеза можно оценивать по появлению в них так называемого явления реверса рангов. Под *реверсом рангов* понимают изменение ранжирования альтернатив при добавлении или исключении альтернативы. Нами проведено моделирование риска появления реверса рангов в методах дистрибутивного, идеального и мультипликативного синтеза, которые используются в разных модификациях МАИ [9]. Установлено, что реверс рангов может возникнуть в каждом из этих методов. А наименьший риск появления реверса рангов характерен для метода мультипликативного синтеза.

Оценивание ситуационных рисков и рисков субъективности экспертной информации при принятии решения с помощью МАИ. Задачи предвидения подвергаются воздействию со стороны разнообразных рисков и поэтому необходимы средства для их оценивания. *Риск* характеризуется следующими основными показателями: степень риска, уровень риска и ресурс допустимого риска [2, 3]. В нашем понимании природа

риска в задачах принятия решений с использованием экспертных оценок обусловлена действием следующих групп факторов: риска непрогнозируемых ситуаций, вызванных ситуационной неопределенностью, форс-мажорного риска и риска субъективности экспертных оценок.

В связи с этим разработана *модификация ВОСР МАИ*, которая позволяет оценить ситуационные и форс-мажорные риски, влияющие на выбор той или иной альтернативы при нечетких экспертных оценках [15, 16]. Предложены показатели оценивания *риска субъективности экспертных оценок* (рис.4) [16]. При точечных оценках экспертов показатели риска субъективности – это чувствительность критических элементов иерархии и коэффициенты согласованности. При интервальных и нечетких оценках – это интервальный и нечеткий спектральные коэффициенты согласованности и степени выполнения строгого преобладания и эквивалентности в ранжировании.



Рис. 4. Оценивание риска субъективности экспертной информации в МАИ

Предлагаемый системный подход с учетом разработанных методов применялся при выполнении ряда проектов по заказу министерств и организаций Украины.

4. Примеры решения практических задач с использованием МАИ

4.1. Моделирование сценариев решения главных проблем города Киева

Институтом прикладного системного анализа выполнена работа для Киевской мэрии по оцениванию вариантов решения первоочередных проблем города Киева.

По результатам предварительного проведенных мозговых штурмов были выявлены главные проблемы города Киева, к которым в первую очередь относятся проблемы социальной сферы, экологии, земельных ресурсов, предпринимательства, инвестиций и инноваций (рис. 5).



Рис. 5. Проблемы города Киева

носительных важностей составляющих доходов, затрат и рисков, альтернативных вариантов решений. При этом, коэффициенты важностей самих групп доходов, затрат и рисков определялись МАИ путем оценивания отдельной иерархии стратегических факторов, включающей рост, стабильность и социальную ориентированность экономики, региональную безопасность и угрозы для Киева, а также такие политические факторы как отечественные избиратели, Европа и мир.

Для дальнейшего анализа был выбран кластер социальной сферы как наиболее проблемный для города Киева. Был проведен опрос экспертов относительно путей решения проблем этого кластера и отобраны следующие проекты:

- строительство двух мусороперерабатывающих заводов;
- строительство второй нити Главного канализационного коллектора;
- реализация мероприятий, предусмотренных Городской комплексной программой «Турбота»;
- строительство лечебно-диагностического корпуса Киевского городского центрального противотуберкулезного диспансера;
- реконструкция Бортницкой станции аэрации;
- строительство и реконструкция линий метрополитена.

Необходимо было определить коэффициенты относительных важностей этих проектов и выбрать наиболее приоритетные из них для первоочередной реализации.

Для решения этой задачи использовался инструментарий, представленный на рис. 6.

Контрольные признаки доходов, затрат, ситуационных рисков и угроз, определенные по результатам экспертного оценивания методом BOCR МАИ, приведены на рис. 7. На этом же рисунке указаны значения коэффициентов от-



Рис. 6. Инструментарий решения задачи выбора наиболее приоритетных сценариев решения главных проблем города Киева

Результирующие веса проектов, формирующие последний уровень иерархии на рис. 7, позволяют сделать вывод, что первоочередными для реализации являются проекты построения двух мусороперерабатывающих заводов, второй нити Главного канализационного коллектора.

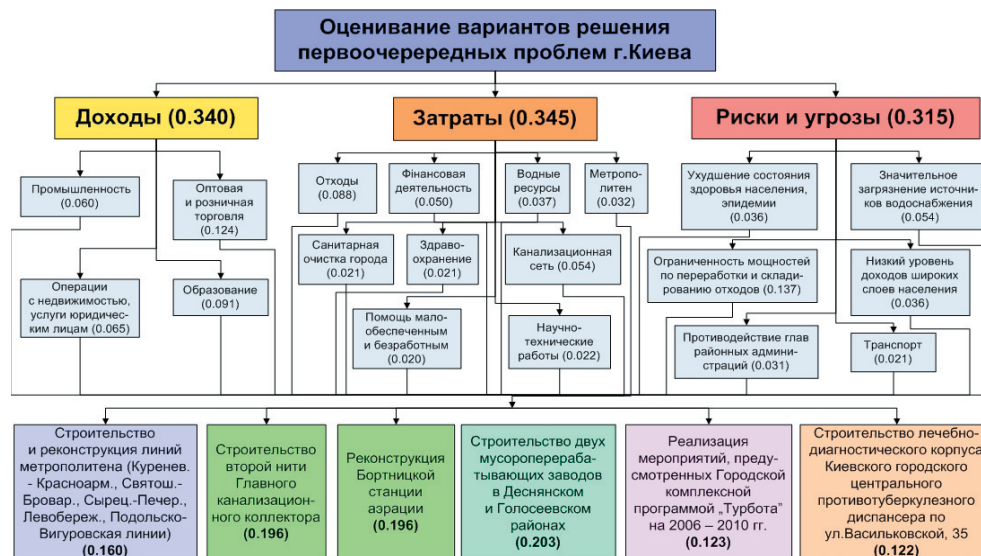


Рис. 7. Иерархия контрольных признаков доходов, затрат, рисков и угроз при оценивании сценариев решения главных проблем города Киева методом BOCR МАИ

зационного коллектора и реконструкция Бортицкой станции аэрации. Вторым приоритетом получили проекты строительства и реконструкции линий метрополитена. Остальные мероприятия получили третий приоритет.

4.2. Оценка направлений рационального использования космической информации ДЗЗ для ГИС

Одна из задач, которая была решена ИПСА для Космического агентства Украины, состояла в определении направлений рационального использования космической информации дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) при решении тематических заданий на основе геоинформационных систем (ГИС).

В результате выполнения первого этапа предвидения – предварительного изучения проблемы методами сканирования и мозгового штурма были выявлены факторы, влияющие на использование космической информации ДЗЗ в разных отраслях хозяйственной деятельности. Во-первых, с помощью ГИС выполняется структурно-текстурный анализ, поиск и интеграция разных данных. Каждое из этих программных средств ГИС характеризуется с точки зрения объемов возможного использования космической информации ДЗЗ в виде электронных планов или цифровых карт: геологическое строение, гидрография и гидрология, природные или техногенные ландшафты.

Во-вторых, в пределах одной отрасли используется информация, полученная космическими аппаратами Сич-28 и Сич-30. Важность используемой в каждой отрасли космической информации ДЗЗ зависит от информационных характеристик космической информации, которые определяются параметрами космических аппаратов. К последним относятся определение площадей объектов в видимом, инфракрасном (ИК) и радио спектральных диапазонах, получение изображений с высоким разрешением в указанных диапазонах, получение разновременных изображений объектов с высокой периодичностью.

Целью является определение относительного преимущественного спроса космической информации ДЗЗ в таких отраслях как сельское хозяйство, экология и чрезвычайные ситуации (ЧС), природные ресурсы, городское хозяйство, геодезия и картография.

Оценивание величин относительного спроса на космическую информацию ДЗЗ в указанных отраслях народного хозяйства осуществлялось несколькими модификациями МАИ в соответствии с иерархией факторов, представленной на рис.8. Цифры на этой иерархии соответствуют коэффициентам важности каждого из факторов относительно главной цели принятия решения – рационального использования космической информации ДЗЗ.



Рис. 8. Иерархия факторов оценивания спроса на космическую информацию ДЗЗ с помощью МАИ

Результаты, полученные разными модификациями МАИ, свидетельствуют о том, что отрасли «сельское хозяйство», «экология» и «чрезвычайные ситуации» имеют наибольший спрос на космическую информацию ДЗЗ по сравнению с другими исследуемыми отраслями хозяйственной деятельности.

Заключение

В работе предложен системный подход к оцениванию достоверности решения, полученного МАИ, который включает модифицированные МАИ обработки нечетких экспертных оценок и оценивания ситуационных рисков задачи принятия решений, комплексное оценивание чувствительности полученного решения.

Приведен опыт применения МАИ для решения практических задач, которые являются актуальными для Украины. Описанные модифицированные методы анализа иерархий используются в методологии сценарного анализа на этапе качественного анализа при решении задач предвидения.

Литература

1. Zgurovsky M.Z., Pankratova N.D. System analysis: Theory and Applications. Springer. – 2007. – 475 p.
2. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. – Київ, ВНУ. – 2007. – 543 с.
3. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Технологічне предвидення. – К.: Політехніка, 2005. – 165с.
4. Saaty Thomas L. Theory of the Analytic Hierarchy Process, Part 2.1. // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2003. - №1. – С.48 – 72.
5. Saaty Thomas L. Theory of the Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes – Examples, Part 2.2. // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2003. - №2. – С.7 – 34.
6. Omkarprasad S. Vaidya, Sushil Kumar. Analytic hierarchy process: An overview of applications // European Journal of Operational Research. – 2006. – Vol. 169, № 1. – P. 1–29.

7. Crawford G., Williams C. A note on the analysis of subjective judgment matrices // Journal of Mathematical Psychology. – 1985. – Vol.29, №4. – P.387 – 405.
8. Barzilai J. Deriving weights from pairwise comparison matrices // Journal of Operational Research Society. – 1997. – Vol.48, №12. – P.1226 – 1232.
9. Недашківська Н.І. Оцінювання реверсу рангів в методі аналізу ієрархій // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2005. - №4. - С. 120 – 130.
10. СППР Expert Choice // www.expertchoice.com.
11. Панкратова Н.Д., Недашковская Н.И. Методология обработки нечеткой экспертной информации в задачах предвидения. Часть 1 // Проблемы управления и информатики. – 2007. - №2 - С. 40 – 55.
12. Панкратова Н.Д., Недашковская Н.И. Методология обработки нечеткой экспертной информации в задачах предвидения. Часть 2 // Проблемы управления и информатики. – 2007. - №3 - С. 49 – 63.
13. Панкратова Н.Д., Недашківська Н.І. Комплексне оцінювання чутливості рішення на основі методу аналізу ієрархій // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2006. - №3. - С. 7 – 25.
14. Недашківська Н.І. Оцінювання чутливості розв'язку задачі прийняття рішень із застосуванням методу аналізу ієрархій // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2006. - №2. – С. 27 – 36.
15. Панкратова Н.Д., Недашковская Н.И. Экспертное оценивание многофакторных рисков в технологическом предвидении // Доповіді НАНУ. – 2007. - №11. – С.48 – 53.
16. Панкратова Н.Д., Недашковская Н.И. Оценивание многофакторных рисков в условиях концептуальной неопределенности // Кибернетика и системный анализ. – 2009. - №2. – С.1 – 12.

УДК 001.891:65.011.56

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ

А.Н. Толстикова*

Н.Г. Толстикова

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой
Кафедра информатики
Харьковский гуманитарно-технический институт
ул. Кандаурова, 2, г. Харьков
Контактный тел.: (057) 335-24-29
E-mail: tols-alex@yandex.ru

И.А. Макрушан

Ассистент*

*Кафедра информационных управляющих систем
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
просп. Ленина, 14, г. Харьков, 61166
Контактный тел.: (057) 702-14-51

Сформульовані вимоги до рішення задач теплового контролю. Описана структурна схема програми теплового контролю

Ключові слова: тепловий контроль, операційна система, язик програмування, програма

Сформулированы требования к решению задач теплового контроля изделий. Описана структурная схема программы теплового контроля. Ключевые слова: тепловой контроль, операционная система, язык программирования, программа

The requirements to solve the problems of thermal control were formulated. The structural scheme of the program of thermal control was described

Keywords: thermal control, operation system, programming language, program

1. Введение

Тепловой контроль качества промышленной продукции является важной частью современного про-

изводства. Новые технологии в промышленности требуют от теплового контроля повышения информативности: необходимо выявить наличие дефекта, определить его геометрические и теплофизические