УДК 624
ББК 38.5

В.В. Тюньков
О.А. Бочерова

К МОДЕЛИ АДАПТАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ВЕРОЯТНЫХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Приведены результаты промежуточного этапа анализа фактора развития свойства адаптивности управляющих воздействий многоуровневой системы для минимизации риска искажений встречных информационных потоков, в том числе при возникновении вероятных экстремальных воздействий, в условиях неопределенности. Прикладной акцент был сделан на возможное проявление резервов потенциала элементов, определяемых в процессе эксплуатации объектов по данным оценок и накопления базы данных по измеренным параметрам.

Ключевые слова: композиционная устойчивость, расчет на надежность, элементы систем, ситуационные воздействия, резерв потенциала сопротивления деструкции.

V.V. Tunkov
O.A. Bocherova

ON MODEL OF CONTROL ACTION ADAPTATION FOR PROVIDING RELIABILITY OF COMPLEX DESIGN UNDER POSSIBLE EXTREME CONDITIONS

The article contains the results of the intermediate stage of the analysis of development factor of control action adaptability of a multi-level system for minimizing risks of counter information flows distortions, including cases of possible occurrence of extreme conditions and uncertainty. Practical emphasis is made on cases of possible demonstration of elements' potential reserves determined in the process of running according to assessment data and indicated parameters database.

Keywords: composite stability, account with reliability, system elements, current of influence, reserve of potential of resistance to deformation.

Центральным понятием при моделировании является система, которая представляет собой комплекс взаимосвязанных элементов вместе с отношениями между элементами и их атрибутами. Вместе с тем, даже в модели с саморегулированием вероятные регулирующие воздействия должны обладать свойством адаптивности к различным сборочным узлам подсистем для подтверждения возможности функционирования в режиме реального времени. В таком случае, комплексное свойство модели системы как ситуационная надежность, заключается в ее способности выполнять заданные функции, сохраняя свои основные характеристики в установленных пределах, в условиях сложившихся на данный момент внутренних и внешних воздействий [3].

В сложных технических системах потенциал выполнения целевой функции имеет резерв, количественно определяемый при переходе от проектных параметров к физическим, и имеющий ограничения по наиболее слабому звену.

© В.В. Тюньков, О.А. Бочерова, 2012

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ИЗВЕСТИЯ ИРКУТСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ (Байкальский государственный университет экономики и права)
2012. № 2
http://eizvestia.isea.ru

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ИЗВЕСТИЯ ИРКУТСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ (Байкальский государственный университет экономики и права)
2012. № 2
http://eizvestia.isea.ru

На основе данных эксплуатации различных инженерных систем предлагается при назначении нормативных коэффициентов для получения начальной надежности исходить из ее соотношения с конечной надежностью ($H_0 \rightarrow H_A$). В этом случае мы, также вплоть до окончания эксплуатации системы, будем иметь дополнительный избыточный запас потенциала сопротивления проектным нагрузкам и воздействиям. Кроме того, всегда следует иметь в виду, что отдельные параметры в различной мере (при одном и том же коэффициенте изменчивости) влияют на надежность и, в известной мере, избыточность одних может компенсировать отрицательное уклонение значений потенциала сопротивления других.

Для технологической системы, по предложению ряда авторов, при оценке ресурса следует рассматривать резерв потенциала из сопоставления величин физической ($R_ф$), расчетной (R_p), параметрической (R_n) и нормативной ($R_н$) величин, которые формируют соответствующий уровень надежности ($H_1 > H_2 > H_3 > H_4$), где H_4 — нормативная величина по РД. При этом резерв, измеренный в любой период эксплуатации сооружения, характеризуется неравенством $R_{изм} > R_н$, поскольку величина $R_{изм}$, вероятнее всего, близка к $R_ф$.

Если элементы системы включены в действующую систему долговременного регулярного контроля параметров, определяющих работоспособность элементов, то в этом случае $R_{изм} \rightarrow R_ф$, и, полученный в результате этой операции, ее резерв может использоваться для различных оптимизационных перерасчетов. В случае, когда система долговременного контроля вводится через некоторое время после начала эксплуатации комплекса, то переход от $R_н$ к $R_ф$ осуществляется поэтапно (рис. 1).

В данном случае использование резерва ($R_{изм} \rightarrow R_ф$) – $R_н$ начинается с момента $t_{кф_1}$, с последующей корректировкой в периоды $t_{кф_2}$, ..., $t_{кф_n}$ со скважностью контроля — M.

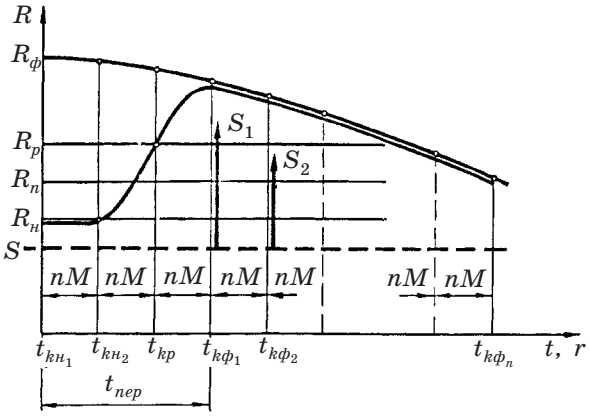


Рис. 1. График перехода от $R_н$ к $R_ф$
($t_{пер}$ — переходный период включения в СДК; $t_{кн_1}$ — начало включения в систему $t_{кн_3} = t_{кр} = nM$, где M = модуль, n = 1; 2; 3;...)

Допустимой областью для системы здесь будет являться выпуклое тело в n-мерном евклидовом пространстве при ограничении по времени $t_{кф_n} - t_{кф_{n+1}}$.

Согласно линейной модели накопления повреждений условие

$$Деградации \sum \frac{n(S_j)}{N(S_j)} = 1.$$

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ИЗВЕСТИЯ ИРКУТСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ (Байкальский государственный университет экономики и права)
2012. № 2
http://eizvestia.isea.ru

Здесь $n(S_j)$ — число циклов нагружения в условиях эксплуатации с характерным параметром нагрузки S_j, $N(S_j)$ — предельное число повреждающих циклов или факторов, принятых в расчетах при проектировании системы. Принятое условие соответствует использованию меры повреждения — равной нулю для неповрежденного элемента и единице для утраченного.

Математической интерпретацией этого последующего процесса может служить кумулятивная модель отказа, которая учитывает монотонное изменение (ухудшение) параметров системы, происходящее в процессе ее эксплуатации, в результате взаимодействия с окружающей средой, а также из-за внутренних процессов, приводящих к деструкции ее элементов.

Основное свойство кумулятивной модели определяется условием $[R(t_{k\phi_{n+1}})]^{-1} \geq [R(t_{k\phi_n})]^{-1}$, согласно которому, вектор качества системы квазимонотонно приближается к границе допустимой области так, что вероятность его выхода из допустимой области на любом отрезке $t_{k\phi_n} - t_{k\phi_{n+1}}$ — совпадает с вероятностью его выхода из этой области в момент $t_{k\phi_{n+1}}$.

Данная схема может быть использована и для прогнозирования состояния элементов системы при последовательных экстремальных воздействиях, с периодом между ними $\Delta t < t_{k\phi_n} - t_{k\phi_{n+1}}$, с целью учета величины реального потенциала и в экономических оптимизационных расчетах общей системы обеспечения надежности.

Обобщая представленные соображения и полагая, что фактическая величина вероятности недостижения предельного состояния объективно более расчетна, можно записать резерв внутреннего потенциала функционального соответствия системы, по результатам его измерения, как $\Delta R_R = m_R^{изм} - m_R^{н} + Z(\sigma_{R^{н}} - \sigma_{R^{изм}})$ при заданной надежности H (рис. 2).

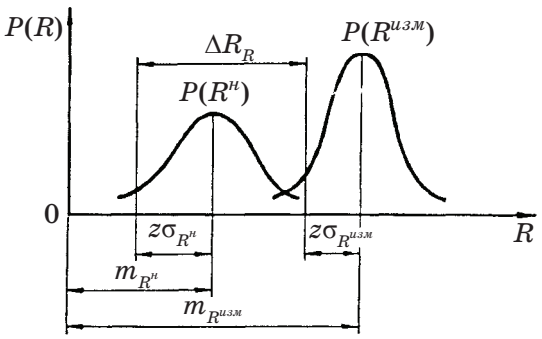


Рис. 2. График плотности распределения вероятностей функций $R^{н}$ и $R^{изм}$

В случае, когда уточняющим измерениям подвергаются и воздействия S, то общий резерв будет

$$\Delta\Psi = \Delta R_R + \Delta R_S,$$

где $\Delta R_S = m_S^{изм} - m_S^{н} + Z(\sigma_{S^{н}} - \sigma_{S^{изм}})$.

Вполне естественно, что в некоторые моменты контроля состояния величина ΔR может получиться отрицательной. В этом случае производится перерасчет, на основе действительных (измеренных) ее параметров, для определения уровня взаимокомпенсации, восстанавливающего нормативный уровень надежности.

При анализе конкретной реализованной системы и, с точки зрения общего решения задачи, проводя спектральный анализ Фурье, следует отметить возможное влияние большого числа воздействий различной периодичности, которые не должны превышать реализованный уровень устойчивости.

Использование современных композиций информационно-управляющих человеко-машинных систем свидетельствует о том, что их развитие подчиняется общим принципам самоорганизации, независимо от функционального назначения. В частности, для многих приложений установлены законы взаимной иерархической адаптации и эмерджентной трансформации поведения активных макросистем и окружающей среды.

В связи с развитием многоуровневых социально-экономических систем для снижения вероятных рисков принятия решений необходимы комбинированные алгоритмы. Они относятся к классу кибернетических систем, т.е. систем управляемых. Для этого случая будем представлять исследуемую композицию как систему, если выявлены следующие четыре признака:

– целостность системы, т.е. принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов;

– наличие цели и критерия исследования данного множества элементов;

– наличие более крупной, внешней, по отношению к данной, системы, называемой внешней средой;

– возможность выделения в данной системе взаимосвязанных частей (подсистем).

Отметим, что всякая попытка воздействовать на поведение системы без учета объективных законов развития приводит к серьезной проблеме поиска «оптимальной» стратегии управления. При этом каждое вышестоящее решение, принятое при дефиците времени в ситуации информационной неопределенности под давлением конкуренции имеет высокую цену ошибки. В связи с этим рациональное использование потенциального резерва человеко-машинных систем, способных к автоматизированной адаптации исходной базы данных для выбора результирующего воздействия на систему, становится особенно позитивным.

Существуют различные подходы к анализу оперативных данных. Информационной основой для принятия решений в них служат либо результаты численного моделирования, либо количественные экспертные оценки специалистов всех уровней.

Первый подход базируется на аналитическом методе синтеза вариантов решений с использованием формальных моделей объекта управления и вычислительных алгоритмов, сложность и трудоемкость которых значительна.

Второй подход также требует символьной формализации задачи, достаточной частоты проводимой экспертизы и численного определения объективности интуитивных предпочтений экспертов.

Алгоритмы обработки в этих подходах схожи, в их основе множественные или парные сравнения, ранжирование и группировка. Из множества методов сбора и последующей автоматизированной обработки текущей информации выделим ранговые и вероятностные методы численной оценки значений контролируемых параметров.

Общим для них является потребность в формальной модели проблемы, допускающей единое представление исходных данных и результатов

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ИЗВЕСТИЯ ИРКУТСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ (Байкальский государственный университет экономики и права)
2012. № 2
http://eizvestia.isea.ru

моделирования в системе управления, в том числе для информационной поддержки решения системных задач.

Информационная неопределенность на всех уровнях сложных объектов и систем оказывает значительное влияние на эффективность принимаемого решения. Отсутствие полноценных исходных данных и ограничений, которые можно было бы получить на более поздних этапах, приводит к возрастанию роли экспертов, имитационного моделирования и прогнозирования, доопределяющих априорную информацию и позволяющих перейти к реализации управляющего воздействия. Учитывая высокий иерархический риск и, как следствие, маловероятные уточнения результатов предварительных исследований, отметим, что выбор наиболее компетентных лиц, производящих оценки и определяющих стратегию работы системы, является одной из важнейших задач.

Задача определения уровня компетентности экспертов имеет несколько вариантов постановки при следующих начальных условиях:

– уровни компетентности экспертов априорно не известны и лицом, принимающим решения (ЛИР) не заданы;

– начальные уровни компетентности установлены и т.д.

В широкой практике достоверность экспертной оценки отражает коэффициент конкордации (Кенделла), который, в общем, определяет степень согласованности мнений экспертов. Тем не менее, с возрастанием иерархии и соответственно росте цены ошибки возникает проблема отбора экспертов и их компетенционного тренинга. В настоящее время может быть признан метод, позволяющий проводить определение компетентности экспертов на базе аксиомы несмещенности [1; 2], которая утверждает, что мнение большинства компетентно и, как следствие, наиболее компетентным считать того эксперта, расхождение мнений которого с мнениями других экспертов минимально. Документирование выбора возможно на основе решения соответствующих матриц, разрабатываемых в предшествующий или тренинговый период.

Среди разнообразных технологий моделирования композиционных задач, наибольшую наглядность и общность предоставляет теория графов [4].

Системный граф G определяем как множество элементов $\upsilon_i \in V^n$, связанных с множеством элементов $\upsilon_j \in V^m$ множеством гомеоморфных отношений $\varphi_{ij} \in F(G)^{n+m}$.

Такое определение системного графа дает абстрактную модель, содержащую одно математическое ядро для различных интерпретаций. Из гомеоморфизма отношений φ_{ij} метрически связных топологических пространств дискретных множеств $V^n \cdot V^m = \Phi(G)^{n+m}$ следуют тождества $\varphi_{ij} \equiv \varphi'_{ij}$, $\upsilon_i \equiv \upsilon'_i$ и $\upsilon_j \equiv \upsilon'_j$. Это означает инвариантность ядра системного графа, которая проявляется в том, что форма отношений элементов $\upsilon_i = \varphi_{ij}\upsilon_j$ не зависит от их смысловых нагрузок.

Характеристический полином $F(G, \lambda) = \det(\lambda E - F(G))$ для матриц ребер $F(G)$ системного графа G отражает тензорную топологию связей всех элементов системы и среды. Расчет характеристик системного графа многократно снижает вычислительные затраты имитационного моделирования, по отношению к полной модели элементов и среды.

Определим полный системный граф как композицию n элементов соединенных $m = 0{,}5\rho(\upsilon_i)n$ связями. Исключив не имеющие физического смысла петли, получим, что для системного графа с кратностью ребер $\rho(\upsilon_i, \upsilon_j) = 1$ и степенью вершин $\rho(\upsilon_i) = n - 1$, максимальное число свя-

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ИЗВЕСТИЯ ИРКУТСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ (Байкальский государственный университет экономики и права)
2012. № 2
http://eizvestia.isea.ru

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ИЗВЕСТИЯ ИРКУТСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ (Байкальский государственный университет экономики и права)
2012. № 2
http://eizvestia.isea.ru

зей равно $m = (n-1)n/2$. В общем случае для k запрещенных связей и кратности $\rho(v_i, v_j) = h$ максимальное число ребер системного графа равно $m = h(n-k)n/2$.

Выделим среди них целые числа планарных графов $m_1 = m/(n+2)$, непланарных графов $m_2 \le m/3(n-2)$ и потенциально планарных графов $m/(n+2) \ge m_3 > m/3(n-2)$.

Из неравенства

$$m_1 + m_2 + m_3 \le m\left(\frac{2}{n+2} + \frac{1}{3(n-2)}\right),$$

при известном количестве элементов n, получим m_1 однородных подсистем, m_2 уровней иерархии системы и m_3 перекрестно связанных подсистем, возможно расположенных на разных уровнях. Каждый элемент системы в этом случае может быть представлен элементарным графом, внутренние связи которого могут быть стянуты в точку при анализе системных свойств.

В этом случае управляющая подсистема должна включать в себя модели объектов управления, выбор которых представляет непростую задачу. Классические методы строгой оптимизации могут опираться только на формализованные знания. В структуре же знаний об объектах сложных систем их немного, причем значительная часть этих знаний имеет эмпирический характер.

Тем не менее, существует класс имитационных моделей, которые могут работать с частично формализованными знаниями. В таких моделях для решения системных задач сведения об объекте не требуется представлять в терминах теории оптимизации. Здесь данные об объекте кодируются в виде структурных функций, после чего воспроизводится (имитируется) топология процесса, максимально приближенная к реальности и задача сводится к определению оптимального действия системы.

На основе структуры регламентных данных здесь строится графическая интерпретация информационных потоков — связный граф. Вершины графа соответствуют источникам и потребителям информации, ребра показывают наличие и направления информационных потоков. Представление функциональной схемы в виде графа дается для того, чтобы упростить процесс оптимизации информационной базы. Характеризуя каждое ребро некоторыми весовыми коэффициентами можно оценить количество потоков и тип проходящей через вершину информации. Анализ связей в графе заключается, прежде всего, в нахождении и оценке характеристик путей между его вершинами.

Сущность метода заключается в определении матриц, содержащих значения квалификационных оценок вершин, их анализе и преобразованиях, в результате которых будут определены типы узлов.

Тренды оптимизации системного графа определяются квалификационной матрицей вершин по следующему алгоритму:

1. Последовательным перебором вершин и потоков определим их матрицу инциденций $L = (l_{ij})_{i=1,\ j=1}^{n,\ m_1}$, где

$$l_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если через } i\text{-ю вершину проходит } j\text{-й поток,} \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Формируем последовательность треугольных матриц $\{T_1^k\}_{k=\overline{1,\ m_1}}$, где $T_1^k = (t_{ij}^k)_{i,\ j=1}^{n}$, в которой $t_{ij}^k = \chi(l_{ik} = l_{jk})$ при $i > j$, при $i \le j$, $t_{ij}^k = 0$, где

$$\chi(B) = \begin{cases} 1, \text{ если } B \text{ верно,} \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Вычислим матрицу $T_1' = (t_{ij}')_{i,\,j=1}^{n}$, $t_{ij}' = \sum\limits_{k=1}^{m_1} \chi(l_{ik} = l_{jk})$, $i > j$, при $i \le j$, $t_{ij}' = 0$. Нормируя матрицу T_1', получим

$$T_1 = (t_{ij})_{i,\,j=1}^{n},\ t_{ij} = \frac{t'}{\sum\limits_{\substack{i,j=1\\ i>j}}^{n} t_{ij}'}.$$

Если на этом этапе есть необходимость в предварительной квалификации вершин, то их тип вычисляют по формуле:

$$\gamma_p = \sum_{\substack{i,j=1\\ i>j\\ (j=p)\vee(i=p)}}^{n} t_{ij} \Bigg/ \sum_{p=1}^{n} \sum_{\substack{i,j=1\\ i>j\\ (j=p)\vee(i=p)}}^{n} t_{ij},\ p = \overline{1,\ n}.$$

2. Для одного из нескольких потоков определим для каждого q-го потока, $q = \overline{1,\ m_2}$, количество вершин k_q, по которым проходит поток и назначим каждой вершине определенный бал a_{ql}, где l — номер вершины с q-м потоком, $a_{ql} \in [0;\ 1]$,

$$\sum_{l=1}^{k_q} a_{ql} = 1.$$

Методом квалификации определяем матрицу оценок степеней вершин $A = (a_{ql})_{i=1,\ j=1}^{n\quad m_2}$, где a_{ql} — бал i-й вершины за j-й поток.

Формируем последовательность треугольных матриц $\{T_2^k\}_{k=\overline{1,\ m_2}}$, где $T_2^k = (t_{ij}^k)_{i,\,j=1}^{n}$ и $t_{ij}^k = \left|a_{ik} = a_{jk}\right|$, $i > j$ при $i \le j$, $t_{ij}^k = 0$. Вычисляем матрицы

$$T_2^{k'} = (t_{ij}^{k'})_{i,\,j=1}^{n},\ t_{ij}^{k'} = \frac{1}{t_{ij}^k}$$

при $i > j$ и $t_{ij}^k \ne 0$, если при $i > j$, $t_{ij}^k = 0$, то рационально положить

$$t_{ij}^{k'} = \frac{2}{\min\limits_{t_{ij}' \ne 0} t_{ij}^k},$$

другие нулевые элементы оставим без изменений.

Вычисляем матрицу $T_2' = (t_{ij}')_{i,\,j=1}^{n}$, где

$$t_{ij}' = \sum_{k=1}^{m_2} t_{ij}^{k'}$$

при $i > j$, при $i \le j$, $t_{ij}' = 0$. Нормируя матрицу T_2', получим матрицу

$$T_2 = (t_{ij})_{i,\,j=1}^{n},\ t_{ij} = \frac{t_{ij}'}{\sum\limits_{i>j} t_{ij}'} \text{ при } i > j.$$

3. Для сочетаний потоков определим для каждого p-го сочетания, $p = \overline{1,\ m_3}$, количество вершин k_p и назначим каждой вершине определенный бал a_{pl}, где l — номер вершины с p-м сочетанием потоков,

$$a_{pl} \in [0;\ 1],\ \sum_{l=1}^{k_p} a_{pl} = 1.$$

Методом квалификации определяем матрицу $L = (l_{ijq})_{i=1,\ j=1,\ q=1}^{n\quad m_3\quad mm}$, где $m_m = \max\limits_{p} k_p$

$$l_{ijq} = \begin{cases} 1, \text{ если через } i\text{-ю вершину с } q\text{-й сепенью проходит } j\text{-й поток,} \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Формируем последовательность треугольных матриц $\{T_3^k\}_{k=\overline{1,\ m_3}}$, где

$$T_3^k = (t_{ir}^k)_{i,\,r=1}^{n},\ t_{ir}^k = \sum_{q=1}^{k_p} \chi(l_{ikq} = l_{rkq}) a_{kq},\ i > r.$$

ИЗВЕСТИЯ ИРКУТСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ (Байкальский государственный университет экономики и права)
ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
2012. № 2
http://izvestia.isea.ru

Следующие шаги аналогичны с незначительными уточнениями шагам п. 2.

4. Формируем числовую матрицу степеней вершин $L=(l_{ij})_{i=1,\ j=1}^{n\ m_4}$, где l_{ij} — степень i-й вершины с j-м потоком. Пусть возможные интервалы для степеней $[a_j;\ b_j]$. Обозначим $N_z=\{1,\ 2,\ ...,\ z\}$. Если $\exists i\in N_n$ и $\exists j\in N_{m_4}$: $l_{ij}\notin[a_j;\ b_j]$, $t_{ip}^j=0$ при $i>p$. Если l_{ij} и $l_{qj}\in[a_j;\ b_j]$, то

$$t_{iq}^j=\frac{\left|l_{ij}-l_{qj}\right|}{b_j-a_j},\ i>q.$$

Формула имеет место и во втором случае, но в ней для всех $j\in N_{m_4}$ $a_j=\min\limits_i l_{ij}$, $b_j=\max\limits_i l_{ij}$. Дальнейшие рассуждения аналогичны п. 2.

5. Для вершин с разным сочетанием потоков формируем матрицу $A=(a_{ij})_{i=1,\ j=1}^{n\ 2m_5}$, где

$$a_{ij}=\begin{cases}a_j,\ \text{для } i\text{-й вершины с } j\text{-м сочетанием потоков, где } j=2k-1,\ k=1,\ m_5\\ b_j,\ \text{для } i\text{-й вершины с } j\text{-м сочетанием потоков, где } j=2k,\ k=1,\ m_5.\end{cases}$$

Формируем последовательность треугольных матриц $\{T_5^k\}_{k=\overline{1,\ m_5}}$, где и $T_5^k=(t_{ij}^k)_{i,\ j=1}^k$

$$t_{ij}^k=\frac{1}{2}\chi(\min\{a_{il},a_{jl}\}\ge\max\{a_{iq},a_{jq}\})\cdot(\min\{a_{il},a_{jl}\}-\max\{a_{iq},a_{jq}\})\left(\frac{1}{a_{il}-a_{iq}}+\frac{1}{a_{jl}-a_{jq}}\right),$$

где $l=2k$, $q=2k-1q$, $k=\overline{1,\ m_5}$, i > j и $t_{ij}^k=0$ при $j\ge i$. Следующие шаги аналогичны шагам п. 2.

6. Для вершин с нечетким интервалом количества потоков определяем нечеткие интервалы в виде пятерки элементов $(\alpha_i^k,\beta_i^k,\underline{m}_i^k,\overline{m}_i^k,h_i^k)$, $i=\overline{1,\ n}$, $k=\overline{1,\ m_6}$. Для каждой вершины и каждого потока вычисляем значение параметра

$$w_i^k=\frac{h_i^k}{2}(\underline{m}_i^k+\overline{m}_i^k)+\frac{h_i^k}{4}(\beta_i^k-\alpha_i^k).$$

После этого вычисляем элементы матрицы $T_6^k=(t_{ij}^k)_{i,\ j=1}^n$, где

$$t_{ij}^k=\frac{\left|w_i^k-w_j^k\right|}{\max\limits_i w_i^k-\min\limits_i w_i^k},$$

$i,\ j=\overline{1,\ n}$, $i>j$, $k=\overline{1,\ m_6}$. Далее необходимо матрицы T_6^k сложить и производить вычисления аналогично п. 2.

7. Для вершин с различным сочетанием потоков определим комбинации W_i^k, которые являются набором вершин i-й степени с k-м сочетанием потоков, $i=\overline{1,\ n}$, $k=\overline{1,\ m_7}$. Для каждой комбинации определим обобщенный индикатор

$$\chi^*(W_i^k\in S_{w^k})=\begin{cases}0, & W_i^k\notin S_{w^k},\\ \alpha_1, & W_i^k=W_1^k\in S_{w^k},\\ \text{----------} & \\ \alpha_{p_k}, & W_i^k=W_{p_k}^k\in S_{w^k},\end{cases}$$

где S_{w^k} — множество комбинаций; p_k — количество комбинаций вершин i-й степени с k-м сочетанием потоков,

$$\sum_{j=1}^{p_k}\alpha_j=1,\ \forall k\in N_{m_7}.$$

Далее процесс определения матрицы T_7 аналогичен определению матрицы T_2.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ИЗВЕСТИЯ ИРКУТСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ (Байкальский государственный университет экономики и права)
2012. № 2
http://eizvestia.isea.ru

http://eizvestia.isea.ru
2012. № 2
ИЗВЕСТИЯ ИРКУТСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ (Байкальский государственный университет экономики и права)
ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

То есть, складывая матрицы для определения типов вершин, получим результирующую матрицу T, где ниже главной диагонали расположены оценки типов вершин один другим. По известной процедуре (например, п. 2) определяем квалификацию вершины.

Если начальные типы известны, то они находятся на главной диагонали матрицы T и равноправны с другими типами. Типы узлов в таком случае вычисляются по формуле

$$\gamma_p = \sum_{\substack{i,j=1 \\ i\geq j \\ (j=p)\vee(i=p)}}^{n} t_{ij} \Bigg/ \sum_{p=1}^{n} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i\geq j \\ (j=p)\vee(i=p)}}^{n} t_{ij}, \quad p=\overline{1,n}.$$

Таким образом, используя накопительную базу оценок компетенции и возможные итерации по критическим ограничениям, возможно документирование специализированных групп экспертов для разрешения целевой функции системы, в том числе при экстремальных воздействиях.

Список использованной литературы

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.

2. Снитюк В.Е. Модели и методы определения компетентности экспертов на базе аксиомы несмещенности / В.Е. Снитюк, М.А. Рифат. — Новочеркасск, ЧИТИ, 2006. — 5 с.

3. Тюньков В.В. Полиуровневая система ситуационной надежности конструкций сооружений при экстремальных динамических воздействиях / В.В. Тюньков. — Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2008.– 180 с.

4. Biggs N. Algebraic graph theory / N. Biggs. — Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1974.

Referenses

1. Saati T. Prinyatie reshenii. Metod analiza ierarkhii / T. Saati. — M.: Radio i svyaz', 1993. — 278 s.

2. Snityuk V.E. Modeli i metody opredeleniya kompetentnosti ekspertov na baze aksiomy nesmeshchennosti / V.E. Snityuk, M.A. Rifat. — Novocherkassk, ChITI, 2006. — 5 s.

3. Tyun'kov V.V. Poliurovnevaya sistema situatsionnoi nadezhnosti konstruktsii sooruzhenii pri ekstremal'nykh dinamicheskikh vozdeistviyakh / V.V. Tyun'kov. — Irkutsk: Izd-vo BGUEP, 2008.- 180 s.

4. Biggs N. Algebraic graph theory / N. Biggs. — Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1974.

Информация об авторах

Тюньков Владислав Владимирович — доктор технических наук, профессор, кафедра вагоны и вагонное хозяйство, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: tunkov@bk.ru.

Бочерова Олеся Альфредовна — аспирант, кафедра вагоны и вагонное хозяйство, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: obocherova@bk.ru.

Authors

Tunkov Vladislav Vladimirovich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Chair of Cars and Car Management, Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, e-mail: tunkov@bk.ru.

Bocherova Olesya Alyfredovna — post-graduate student, Chair of Cars and Car Management, Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk, e-mail: obocherova@bk.ru.