

УДК 004.827 + 519.816

НЕЧЕТКОЕ КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ РИСКОВЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ КРИТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР

Л. А. Гинис¹, А. Е. Колоденкова²

¹gla@sfedu.ru, ²anna82_42@mail.ru

¹ ФГАОУ ВО Южный Федеральный университет (ЮФУ)

² ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 29.08.2017

Аннотация. Рассматривается нечеткое когнитивное моделирование для предупреждения рискованных ситуаций в условиях нечетких исходных данных на объектах критических инфраструктур. Предлагается управленческая структура атомных электростанций (АЭС) в виде нечеткой когнитивной модели. Приведены пессимистические и оптимистические сценарии возможного развития рискованных ситуаций на АЭС, разработанные с помощью импульсного моделирования и дан их анализ. Рассчитаны системные показатели нечеткой когнитивной модели (НКМ), позволяющие выявлять, какие из факторов оказывают наибольшее влияние на всю систему и наоборот; осуществлять поиск наилучших значений факторов в условиях нечетких исходных данных.

Ключевые слова: нечеткая когнитивная модель; импульсное моделирование; научно-обоснованное решение; критические важные объекты.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих странах мира не требует доказательств постулат, утверждающий, что атомная энергетика является одной из наиболее востребованной отраслью и отраслью-катализатором в экономическом, социальном и геополитическом планах [1–2]. Это связано с тем, что атомная энергетика является специфическим, сложным производством, которое включает множество промышленных процессов и характеризуется высоким уровнем неопределенности в случае возрастания и разнообразия видов рисков, приводящих к гибели людей и катастрофическим последствиям [3–5].

Поэтому дальнейшее развитие атомной энергетике невозможно без создания соответствующих механизмов управления производством, целью которых является сведение к минимуму предпосылок появления

нештатных, аварийных ситуаций на энергоблоках АЭС, а также повышение эффективности и функциональной безопасности АЭС.

Выраженный системный характер данной проблемы определяет необходимость в разработке такого комплекса моделей и методов, который смог бы обеспечить поддержку принятия научно-обоснованных управленческих решений.

В связи с этим авторами в настоящей работе предлагается использовать нечеткое когнитивное моделирование для предупреждения рискованных ситуаций на объектах важных инфраструктур в условиях нечетких исходных данных.

ИМПУЛЬСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЯХ

Импульсное моделирование на нечетких когнитивных моделях (НКМ) основано на представлении моделируемой системы в виде нечеткого ориентированного графа с распространяемым по нему импульсом.

Таким образом, нечеткая когнитивная модель представляет собой нечеткий ориентированный граф первого рода.

Нечетким ориентированным графом [6] называется пара

$$\tilde{G} = (X, \tilde{U}),$$

где $X = \{x_i\}$, $i \in I = \{1, 2, \dots, k\}$ – четкое множество вершин (факторов);

$\tilde{U} = \{\langle \mu_u \langle x_i, x_k \rangle / \langle x_i, x_k \rangle \rangle\}$ – нечеткое множество ребер (дуг), где $\langle x_i, x_k \rangle \in X^2$;

$\mu_u \langle x_i, x_k \rangle$ – степень принадлежности ориентированного ребра $\langle x_i, x_k \rangle$ нечеткому множеству ориентированных ребер \tilde{U} .

Процесс распространения возмущения по графу \tilde{G} определяется выражением при известных начальных значениях $X(0)$ во всех вершинах и начальном векторе возмущения $P(0)$

$$x_i(n+1) = x_i(n) + \sum_{j=1}^{k-1} f_{ij} P_j(n) + Q_i(n), \quad (1)$$

где $x_i(n+1)$, $x_i(n)$ величины показателя в вершине X при шагах имитации в момент

$t = n$ и следующим за ним $t = n + 1$, n – такты моделирования; $P_j(n)$ – изменение в вершине j в момент времени $t(n)$; f_{ij} – функция преобразования связей; $Q(n)$ – вектор возмущений.

Внесение возмущений моделирует сценарий, отвечающий на вопрос научного предвидения: «А что будет с системой в момент $t(n+1)$, если ...?».

Заметим, что пока работа не ведется с НКМ как с математической моделью, оперируем понятием «факторы», «концепты». Как только началась работа с НКМ, оперируем понятием вершина.

НЕЧЕТКАЯ КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ АЭС

Для совершенствования функционирования организационной структуры АЭС были определены факторы и построена нечеткая когнитивная модель (рис. 1) [7, 8].

Здесь в качестве вершин выступают А (v_1) – система мониторинга эксплуатацион-

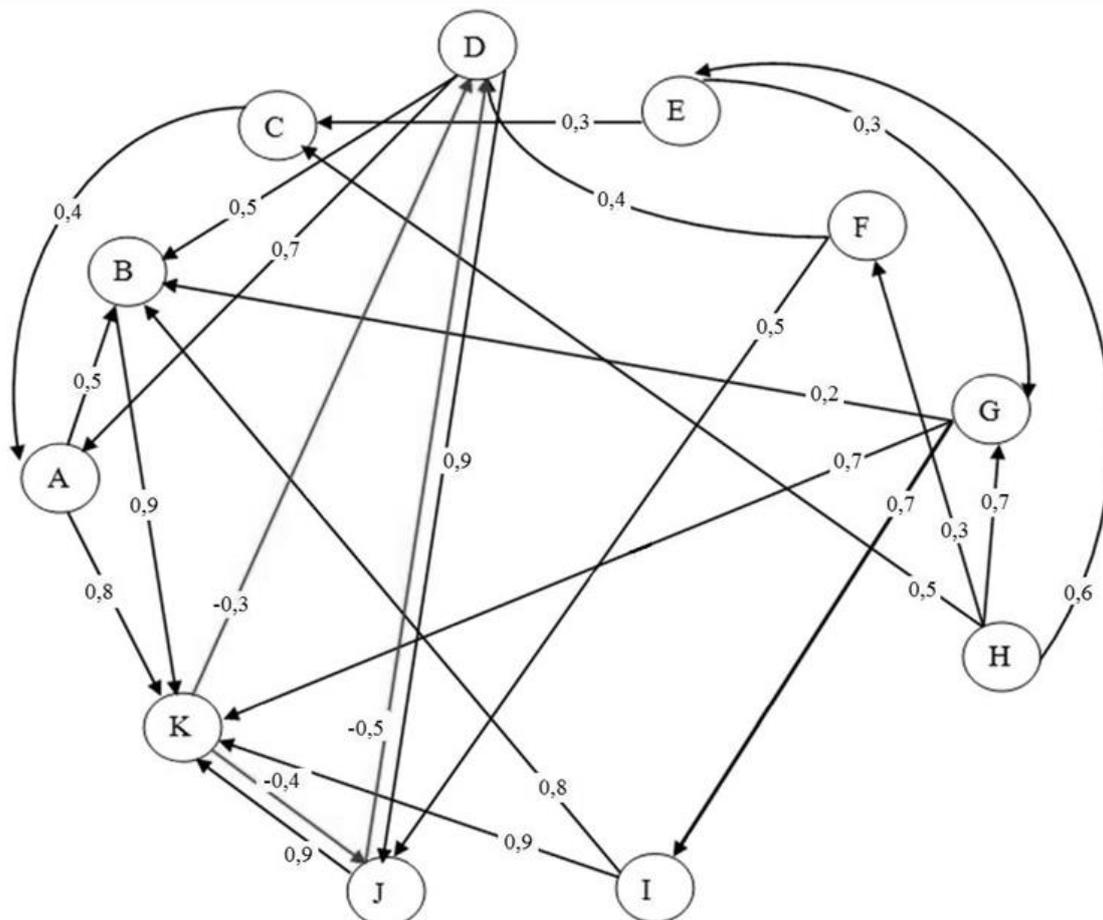


Рис. 1. Нечеткая когнитивная модель организационной структуры управления АЭС

ных данных АЭС; B (v_2) – скорость принятия решений; C (v_3) – инновационные технологии слежения и контроля, внедрение современных информационных технологий; D (v_4) – человеческий фактор (квалификация персонала, уровень образования, качественное обслуживание и др.); E (v_5) – модернизация оборудования; F (v_6) – совершенствование нормативно-технической документации сценарным подходом; G (v_7) – работоспособность и эффективность системы резервного энергоснабжения; H (v_8) – инвестиции; I (v_9) – уровень боеготовности и пожарно-профилактической работы объектов пожарных подразделений; J (v_{10}) – персональная ответственность сотрудников; K (v_{11}) – безопасность АЭС (исправно функционировать без проявления различных негативных последствий для людей и внешней среды).

Отметим, что вершины НКМ организационной структуры управления АЭС назначаются экспертами на основе открытых информационных данных, выложенных ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО «Атомэнергоремонт», ОАО «Атомтехэнерго», ФГУП «РосРАО».

Значения связей между вершинами назначаются экспертами на основе предыдущего опыта, что диктуется предметной областью и обусловлено отсутствием точных количественных исходных данных и каких-либо других способов получения информации. При этом значения связей между вершинами могут быть представлены в виде интервалов, нечетких треугольных и трапециевидных чисел, вербальных описаний. Словесные суждения были получены на основе опроса и формализованы с помощью специально разработанных шкал [9] для рассматриваемой предметной области.

В НКМ рассматриваются наиболее общие (ключевые) факторы, характеризующие организационной структуры управления. На последующих этапах управления при построении НКМ могут использоваться факторы, характеризующие индивидуальность объектов.

Для выработки обоснованных управленческих решений проводится анализ структурной устойчивости модели в виде НКМ [6].

В данной работе под структурной устойчивостью предлагается понимать степень живучести нечеткого графа [6].

Импульсный процесс, описываемый (1), может быть устойчивым и неустойчивым [10]. Неустойчивость характеризуется возрастающими колебаниями величин весов вершин графа или неограниченным увеличением (уменьшением) этих величин в процессе эволюции. Устойчивость процесса характеризуется асимптотическим приближением весов вершин к фиксированным значениям. Импульсно неустойчивая система непригодна для практического использования, поэтому возникает задача исследования таких систем с целью приведения к устойчивому состоянию.

Проведенный анализ структурной устойчивости НКМ показал, что степень структурной устойчивости исследуемой модели находится на уровне 0,4, что классифицирует модель как среднеустойчивую.

Интерпретировать связи, представленные на рис. 1, можно следующим образом: преобразования процентных изменений причин в процентные изменения следствий. Например, связь $A \rightarrow B$ с весом 0,5 означает, что если значение параметра вершины A возрастет (уменьшится) на 10 %, то значение параметра вершины B возрастет (уменьшится) (знак «+») на 5% ($10\% * 0,5 = 5\%$). Например, связь $K \rightarrow D$ с весом $-0,3$ означает, что если значение параметра вершины K уменьшится на 10 %, то значение параметра вершины D возрастет (знак «-») на 3% ($10\% * 0,3 = 3\%$).

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ НЕЧЕТКОЙ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ

Проведение вычислительного эксперимента путем импульсного моделирования требует предварительного его планирования. На рис. 2–7 приведены результаты импульсного моделирования сценариев развития НКМ и дан их анализ.

Сценарии 1–3 соответствуют «пессимистическим» сценариям; сценарии 4–6 – «оптимистическим». Проведение имитационного моделирования было произведено с помощью программы, реализованной в пакете *MS Excel, Mathlab* [11].

Сценарий № 1. Импульс поступает в **одну** вершину. Зададимся вопросом: «Что будет с системой, если уменьшить $H = -10\%$ » (рис. 2).

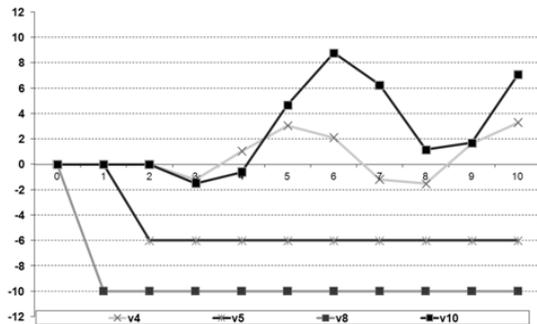


Рис. 2. Сценарий 1 – уменьшение H

Рекомендации: если уменьшить инвестиции на (-10%) , то наблюдается уменьшение модернизации оборудования на (-6%) , однако при этом наблюдается увеличение персональной ответственности на 9% и человеческого фактора на 3% .

Сценарий № 2. Импульс поступает в **две** вершины. Зададимся вопросом: «Что будет с системой, если уменьшить $B = -10\%$ и $D = -7\%$?» (рис. 3).

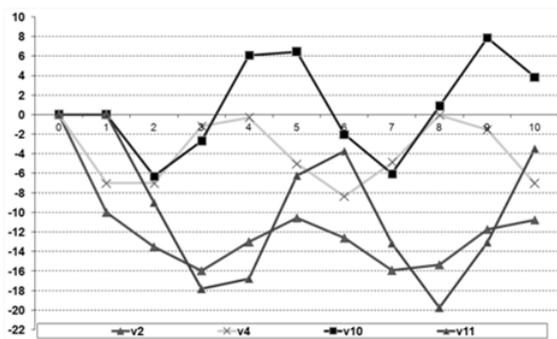


Рис. 3. Сценарий 2 – уменьшение B и D

Рекомендации: если уменьшить скорость принятия решений на (-10%) и человеческий фактор на (-7%) , то наблюдается уменьшение безопасности АЭС на (-9%) и увеличение ответственности сотрудников. Однако заметим, что увеличение человеческого фактора, начиная с 3 шага, приводит к увеличению безопасности АЭС на 6% .

Сценарий № 3. Импульс поступает в **три** вершины. Зададимся вопросом: «Что будет с системой, если уменьшить $A = -6\%$, $C = -8\%$, $D = -10\%$?» (рис. 4).

Рекомендации: уменьшение мониторинга на (-6%) , инновационных технологий

на (-8%) и человеческого фактора на (-10%) приводит к резкому уменьшению безопасности АЭС на (-20%) . Однако увеличение мониторинга и человеческого фактора приводит к увеличению безопасности.

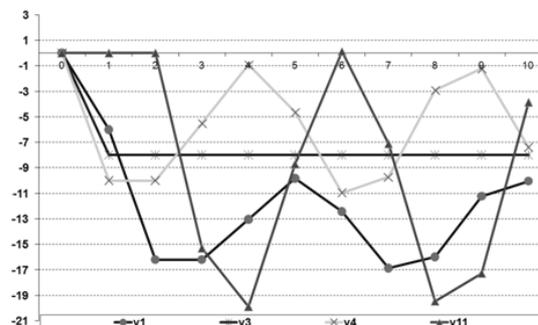


Рис. 4. Сценарий 3 – уменьшение A , C и D

Сценарий № 4. Импульс поступает в **одну** вершину. Зададимся вопросом: «Что будет с системой, если увеличить $A = 10\%$ » (рис. 5).

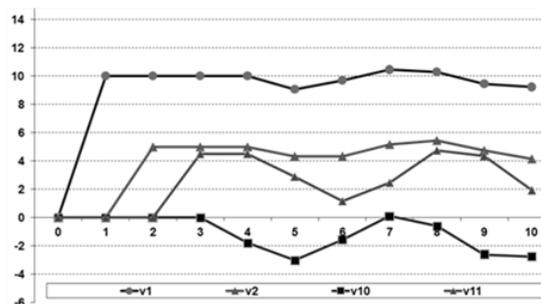


Рис. 5. Сценарий 4 – увеличение A

Рекомендации: если увеличить систему мониторинга на 10% , то наблюдается постепенное увеличение безопасности АЭС на 4% , при этом наблюдается увеличение скорости принятия решений на 5% .

Сценарий № 5. Импульс поступает в **две** вершины. Зададимся вопросом: «Что будет с системой, если увеличить $D = 10\%$, $I = 8\%$?» (рис. 6).

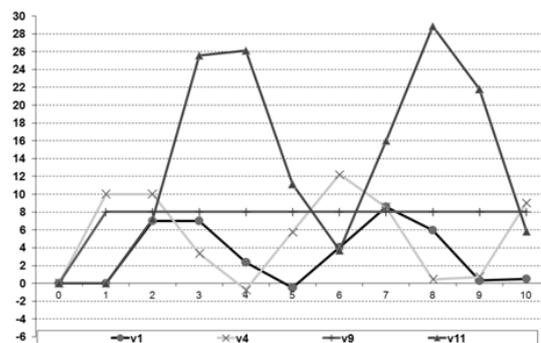


Рис. 6. Сценарий 5 – увеличение D и I

Рекомендации: если увеличить человеческий фактор на 10% и уровень боеготовности на 8%, то безопасность АЭС резко увеличивается на 26%, при этом наблюдается увеличение системы мониторинга на 7%.

Сценарий № 6. Импульс поступает в три вершины. Зададимся вопросом: «Что будет с системой, если увеличить на $A = 10\%$, $D = 7\%$, $I = 9\%$?» (рис. 7).

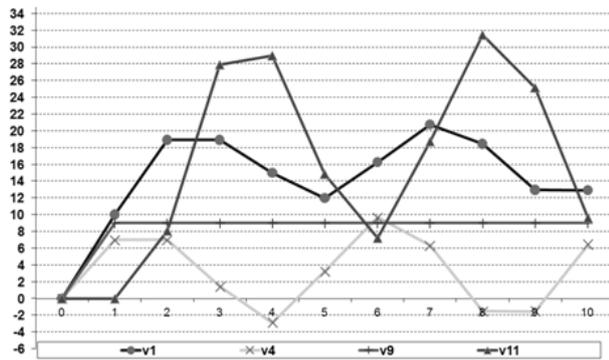


Рис. 7. Сценарий 6 – увеличение A , D , I

Рекомендации: увеличение системы мониторинга на 10%, человеческого фактора на 7% и уровня боеготовности на 9% приводит к резкому увеличению безопасности АЭС на 29%.

На графиках по оси абсцисс отмечены такты моделирования n (могут быть поставлены конкретные временные интервалы), по оси ординат – изменение значений параметров вершин (можно понимать цифры, характеризующие скорость нарастания сигналов в вершинах когнитивной модели; либо изменение вершины в процентах, что позволяет не задумываться о единицах измерения и порядке величин вершин).

Отметим, что для лучшего восприятия изображения графики импульсных процессов содержат по четыре вершины. При этом отметим, что на графиках представлено такое количество тактов моделирования, которое отражает тенденции изменений. Дальнейший вычислительный эксперимент показал, что на последующих тактах тенденции нарастания или убывания не меняются.

Полученные сценарии развития ситуаций, связанные с управлением АЭС, позво-

лили спрогнозировать возникновение рискованных ситуаций, связанных с появлением каких-либо возмущений (увеличение человеческого фактора, снижение боеготовности и др.), а также смоделировать вероятность их развития, чтобы предпринять технические, административные и другие меры для выработки научно-обоснованных управленческих решений.

ОЦЕНКА ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА УПРАВЛЕНИЕ АЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ

Для получения информации о неявных взаимных влияниях между факторами был проведен анализ структуры НКМ [8] с использованием программы, реализованной на языке *Java* [12].

После ввода значений связей между вершинами, были получены основные результаты расчета системных показателей НКМ в пакете *MS Excel* (рис. 8).

Из рис. 8 видно, что вершина B незначительно ослабляет НКМ ($-0,005$), а НКМ, в свою очередь, усиливает вершину B ($0,25$). Консонансы вершины и НКМ примерно равны ($0,68$ и $0,52$), поэтому вершина сама обеспечивает усиление НКМ.

Вершина K незначительно ослабляет НКМ ($-0,12$), а НКМ в свою очередь существенно усиливает вершину K ($0,51$). Консонансы вершины и НКМ примерно равны ($0,67$ и $0,44$).

Консонанс выражает меру доверия к знаку (положительному и отрицательному влиянию) и силе воздействия. Консонанс определяет, насколько согласованно присутствие факторов в НКМ.

Диссонанс выражает меру недоверия к результату и может появиться по различным причинам, например, из-за несоответствия прошлого опыта настоящей ситуации.

Отметим, что консонанс и диссонанс являются противоположными.

Вершина J является противоречивой, но сбалансированной, так как вершина ослабляет НКМ ($-0,06$), но в равной степени и НКМ ослабляет вершину ($-0,09$), т.е. вершина J с отрицательным влиянием, которое оказывается двусторонним, но отрицательных циклов нет. Если бы в НКМ были от-

рицательные циклы, то при положительном внешнем воздействии на вершины, которые составляют цикл, их негативное влияние на НКМ с течением времени возрастало. Если же на вершины, которые составляют цикл воздействовать отрицательно, то это бы привело к положительному эффекту для системы в целом.

Наибольшее положительное влияние на вершину *B* оказывают вершины *I* (0,8) и *G* (0,56). Отрицательное влияние оказывают вершины *J* (-0,25), *K* (-0,15), это указывает на то, что данные вершины могут негативно влиять на значения вершины *B*.

Положительное влияние на вершину *K* оказывают все вершины, это указывает на то, что данные вершины могут положительно влиять на значения вершины *K*.

Вершина *H* слабо влияет на НКМ (0,3), однако НКМ не оказывает влияния вовсе на *H* (0).

Отметим, что консонанс влияния всех вершины на НКМ высокий, а диссонанс влияния вершин на НКМ достаточно низкий, это говорит о том, что все вершины между собой связаны верно, т.е. опыт у эксперта есть и пересматривать связи не нужно.

Также заметим, что наибольшее положительное влияние на НКМ оказывают вершины *H* (0,30), *D* (0,22), *F* (0,17), *G* (0,12), *E* (0,11), *I* (0,08) и *C* (0,06) чуть меньше. Влияя на вышеперечисленные вершины, можно «повернуть» всю НКМ в положительную сторону.

Наибольшему влиянию со стороны НКМ подвержены вершины *K* (0,51), *B* (0,25),

-----Влияние вершин-----											
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
x1	-0.0945	0.5	0.0	-0.135	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.180000	0.45
x2	-0.189	-0.135	0.0	-0.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.360000	0.9
x3	0.4	0.2	0.0	-0.054000000000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.072000	0.180000000000000000
x4	0.7	0.5	0.0	-0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.81
x5	0.12	0.168	0.3	-0.0567	0.0	0.0	0.3	0.0	0.21	-0.0756	0.189
x6	0.2799999999999999	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.45
x7	-0.1323	0.5599999999999999	0.0	-0.189	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	-0.252	0.63
x8	0.2	0.3919999999999999	0.5	-0.1322999999999999	0.6	0.3	0.7	0.0	0.48999999	-0.1764	0.44099999999999999999
x9	-0.189	0.8	0.0	-0.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.360000	0.9
x10	-0.35	-0.25	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.45	0.9
x11	-0.21	-0.15	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.36000000000000000000

-----Консонанс влияния вершин-----											
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
x1	0.2	0.762114537444	1.0	0.1999999999999999	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.47058823529411753
x2	0.2	0.1999999999999999	1.0	0.1999999999999999	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.47058823529411753
x3	0.827318410232	0.762114537444	1.0	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.47058823529411764
x4	0.379310344827	0.379310344827	1.0	0.379310344827	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.3793103448275862
x5	0.502911891790	0.711229946524	1.0	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.47058823529411764
x6	0.230769230769	0.230769230765	1.0	0.230769230769	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.37931034482758613
x7	0.200000000000	0.711229946524	1.0	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.47058823529411764
x8	0.367007279313	0.711229946524	1.0	0.048751486325	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0808823	0.4705882352941176
x9	0.2	0.711229946524	1.0	0.1999999999999999	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.47058823529411753
x10	0.379310344827	0.379310344827	1.0	0.379310344827	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.37931034482758613
x11	0.200000000000	0.199999999999	1.0	0.1999999999999999	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3793103	0.3793103448275862

	Консонанс влияния вершин на систему	Консонанс влияния системы на вершину	Диссонанс влияния вершины на систему	Диссонанс влияния системы на вершину	Воздействие вершины на систему	Воздействие системы на вершину
64						
65	0.728364829	0.335147955	0.271635171	0.664852045	0.049136364	0.048654545
66	0.677263507	0.523503526	0.322736493	0.476496474	-0.004909091	0.253181818
67	0.785393775	1	0.214606225	0	0.059454545	0.072727273
68	0.717868339	0.221649219	0.282131661	0.778350781	0.223636364	-0.177909091
69	0.751276402	1	0.248723598	0	0.104972727	0.054545455
70	0.677357126	1	0.322642874	0	0.166363636	0.027272727
71	0.723738957	1	0.276261043	0	0.1197	0.090909091
72	0.698041755	1	0.301958245	0	0.3013	0
73	0.723738957	1	0.276261043	0	0.080090909	0.127272727
74	0.717868339	0.352180527	0.282131661	0.647819473	-0.059090909	-0.084181818
75	0.668965517	0.437396275	0.331034483	0.562603725	-0.129090909	0.499090909
76						

Рис. 8. Экранная форма вывода основных результатов НКМ

$I(0,13)$, $G(0,09)$, $C(0,07)$, $E(0,05)$, $A(0,05)$, $F(0,03)$. Высока вероятность того, что влияние НКМ на эти вершины способно погасить любое отрицательное воздействие извне. То есть, если руководитель намерено захочет оказать на них какое-либо долгосрочное воздействие, то ему следует делать ставку на влияние опосредованное, воздействуя на вершины K и B .

Отрицательное влияние на НКМ оказывают вершины $B(-0,005)$, $J(-0,06)$ и $K(-0,13)$. С другой стороны, НКМ отрицательно влияет на вершины $D(-0,18)$, $J(-0,09)$.

Уровень доверия к полученному значению итогового влияния вершины B на A , D низкий, на что и указывает малое значение консонанса $(0,2)$ и $(0,19)$. Эксперту необходимо согласовать присутствие вершины « B – скорость принятия решений» в моделируемой НКМ.

Таким образом, если противодействовать росту сопротивления изменениям, обращать внимание на человеческий фактор, инновационные технологии, то можно улучшить управление АЭС в условиях нечетких исходных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для изучения, управления, предотвращения рискованных ситуаций на объектах критических инфраструктур предложено нечеткое когнитивное моделирование. Проведенный анализ структурной устойчивости НКМ показал, что модель является среднеустойчивой, это подтверждается приведенными фрагментами анализа пессимистических и оптимистических сценариев возможного развития рискованных ситуаций на АЭС. При этом результаты не противоречат практическим наблюдениям, а свидетельствуют об адекватности разработанной НКМ. Проведена оценка влияния факторов на управление АЭС с использованием НКМ, позволявшая выявить, какие из факторов оказывают наибольшее влияние на всю НКМ и наоборот, какие факторы подвержены наибольшему влиянию со стороны НКМ, а также оценить степень влияния в условиях нечетких исходных данных, тем самым повышая обоснованность принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпушин Е. С. Совершенствование автоматизированной системы управления технологическими процессами Ленинградской АЭС // Биржа интеллектуальной собственности. 2011. № 12. С. 17–22 [Е. S. Karpushin, "Improvement of an automated control system of technological processes of the Leningrad NPP," (in Russian), in *Birzha intellektual'noj sobstvennosti*, no. 12, pp. 17-22, 2011.]
2. Арсирый Е. А., Антощук С. Г., Трофимов Б. Ф. Система поддержки принятия решений по повышению эффективности гидроаэродинамических процессов в действующем энергетическом оборудовании // Электротехнические и компьютерные системы. 2014. № 16 (92). С. 128–136 [Е. А. Arsiriy, S. G. Antochuk, B. F. Trofimov, "The system of support of decision-making on increase of efficiency hydroaerodynamics processes in existing energy equipment," (in Russian), in *Jelektro-tehnicheskie i komp'juternye sistemy*, no. 16 (92), pp. 128-136, 2014.]
3. Документ NS-R-1 Безопасность атомных электростанций: проектирование. Требования. Вена: МАГАТЭ, 2003. 92 с. [IAEA Safety Standards Series NS-R-1. Safety of Nuclear Power Plants: Design. Vienna, 2008.]
4. Горелова Г. В., Колоденкова А. Е. Оценка безопасности информационно-управляющих систем атомных станций с использованием когнитивного моделирования // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 4 (62). С. 339–348. [G. V. Gorelova, A. E. Kolodenkova, "Safety assessment of the information-control systems for nuclear power plants using cognitive modeling," (in Russian), in *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti*, no. 4 (62), pp. 339-348, 2015.]
5. Ершов Г. А., Козлов Ю. И., Солодовников А. С., Можяев А. С. Оценка безопасности атомных энергетических объектов на стадии проектирования. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.szma.com/art36.pdf> (дата обращения: 15.09.2014). [G. A. Ershov, U. I. Kozlov, A. S. Solodovnikov, and A. S. Mozhaev (2014, Sep. 09), Estimation of safety of nuclear power objects at a design stage [Online]. Available: <http://www.szma.com/art36.pdf>]
6. Боженюк А. В., Гинис Л. А. Применение нечетких моделей для анализа сложных систем // Системы управления и информационные технологии. 2013. Т. 51. № 1.1. С. 122–126. [A. V. Bozhenuk, L. A. Ginis, "Application of fuzzy models for the analysis of difficult systems," (in Russian), in *Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii*, vol. 51, no. 1.1, pp. 122-126, 2013.]
7. Гинис Л. А. Когнитивное моделирование поддержки принятия решений в проблемно-ориентированных системах // Научное обозрение, 2015. № 8. С. 219–224. [L. A. Ginis, "Cognitive modeling of support of decision-making in the problem focused systems," (in Russian), in *Nauchnoe obozrenie*, no. 8, pp. 219-224, 2015.]
8. Kolodenkova A. E., Khalikova E. A., Korobkin V. V., Gubanov N. G. A method of project feasibility assessment on creation of information-control systems for complex technical objects on the basis of fuzzy cognitive modeling // International Journal of Control Theory and Applications. 2016. No. 9 (30). P. 73–82. [A. E. Kolodenkova, E. A. Khalikova, V. V. Korobkin, N. G. Gubanov, "A method of project feasibility assessment on creation of information-control systems for complex technical objects on the basis of

fuzzy cognitive modeling,” in *International Journal of Control Theory and Applications*, no. 9 (30), pp. 73-82, 2016.]

9. **Колоденкова А. Е.** Топологический анализ структуры нечеткой когнитивной модели оценки реализуемости проекта по созданию информационно-управляющих систем для сложных технических объектов // Вестник УГАТУ, 2016. № 3 (73). С. 129–136. [А. Е. Kolodenkova, “Topological analysis of the structure of fuzzy cognitive model of project feasibility assessment to create of the information-control systems for complex technical objects,” (in Russian), in *Vestnik UGATU*, no. 3 (73), pp. 129-136, 2016.]

10. **Roberts F. S.** Graph Theory and its applications to problems of society, society for industrial and applied mathematics. Philadelphia, 1978. 116 p [F. S. Roberts, “Graph Theory and its applications to problems of society, society for industrial and applied mathematics”. Philadelphia, 1978.]

11. **Горелова Г.В. , Колоденкова А. Е., Халикова Е. А.** Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2015617388. Программная система когнитивного моделирования в условиях нечеткой информации. Зарег. 09.07.2015. – М.: Роспатент, 2015. [G. V. Gorelova, A. E. Kolodenkova, E. A. Khalikova, “Program system of cognitive modeling in the conditions of indistinct information,” Certificate on ofitsitsialny registration of the computer program no. 2015617388, registered 09.07.2015.]

12. **Колоденкова А. Е., Халикова Е. А.** Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2016619666. Анализ структуры нечеткой когнитивной модели в условиях нечетких исходных данных. Зарег. 25.08.2016. – М.: Роспатент, 2016. [А. Е. Kolodenkova, Е. А. Khalikova, “The analysis of structure of fuzzy cognitive model in the conditions of indistinct basic data,” Certificate on ofitsitsialny registration of the computer program no. 2016619666, registered 25.08.2016.]

ОБ АВТОРЕ

ГИНИС Лариса Александровна, доц. каф. ИИТиС. Дипл. инж.-матем. (ТрТИ им. В. Д. Калмыкова, 1989). Канд. пед. наук (ТГПИ, 1999). Иссл. модел. и упр. в сложных системах. Разработка теор. основ методов теории упр. и принятия решений в проблемно-ориентир. системах.

КОЛОДЕНКОВА Анна Евгеньевна, доц. каф. ТМ. Дипл. инж.-с/техн. по АСОИУ (УГАТУ, 2004). Канд. техн. наук (УГАТУ, 2007). Иссл. в обл. атом. энергетики, програм. инженерии, сис. анализа и упр. слож. техн. системами.

METADATA

Title: Fuzzy cognitive modelling for prevention risk situations on objects of critical infrastructures

Authors: L. A. Ginis¹, A. E. Kolodenkova²

Affiliation:

¹ Southern Federal University (SFedU), Russia.

² Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹ gla@sfedu.ru, ² anna82_42@mail.ru

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 21, no. 4 (78), pp. 113-120, 2017. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: Fuzzy cognitive modelling for prevention of risk situations in the conditions of fuzzy basic data on objects of critical infrastructures is considered. The administrative structure of the nuclear power plants (NPP) in the form of fuzzy cognitive model is offered. The pessimistic and optimistic scenarios of possible development of risk situations in the NPP developed by means of pulse modelling are provided and their analysis is given. System indicators of fuzzy cognitive model are calculated. These factors allow to detect what of factors exert the greatest impact on all system and vice versa; to carry out search of the best values of factors in the conditions of fuzzy basic data.

Key words: fuzzy cognitive model; pulse modelling; scientifically based decision; critical important objects.

About the author:

GINIS, Larisa Alexandrovna, Associate prof., Dept. of of Information measuring technologies and systems. Dipl. engineer mathematician (TSURE, 1989). Cand. of Pedagogical Sci. (TGPI, 1999).

KOLODENKOVA, Anna Evgenievna, Associate prof., Dept. of Mechanical engineering technology. Dipl. engineer system analyst of ASIPM (UGATU, 2004). Cand. of Tech. Sci. (UGATU, 2007).