



Такой подход позволяет уменьшить временные затраты на обработку изображений, сократить объемы используемой памяти, сохраняя при этом высокую точность результатов и высокую производительность.

Литература

1. Акинин М.В., Логинов А.А., Никифоров М.Б.. Способы описания текстов в задачах построения топографических карт. // Материалы XI Международной научно-технической конференции «АВИА — 2013» (том 4). Украина, Киев: НАУ 2013.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс, 2-е изд., испр.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс» - 2006.

М.А. Беляев, О.Н. Ярыгин

ПРЕОДОЛЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДА ЗА ПРЕДЕЛЫ ШКАЛЫ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В МЕТОДЕ ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ

(Тольяттинский государственный университет)

В ситуациях многокритериального принятия решения в экономических и социальных системах возникают задачи связанные с выбором лучших из альтернативных вариантов, распределением ресурсов между альтернативными производителями и т.п. Метод анализа иерархий (МАИ) позволяет сравнивать альтернативы пропорционально их приоритетам. Сравнения могут производиться на основе реальных измерений или с помощью *фундаментальной шкалы*, которая отражает относительную силу предпочтений экспертов. МАИ допускает использование оценок отклоняющихся от полной согласованности, то есть в некоторой степени противоречащих друг другу. Поэтому предусматривается измерение несогласованности сравнений.

В работе Т.Саати [1] так описывается согласованность парных сравнений: «В общем случае, под согласованностью подразумевается то, что при наличии основного массива необработанных данных все другие данные логически могут быть получены из них» [1, с.23]. Однако такое правило противоречит организации шкалы предпочтений, используемой в методе анализа иерархий, что в свою очередь ограничивает возможности применения метода в некоторых технических и экономических задачах [2].

Для попарного сравнения факторов автором метода Т.Саати предложена специальная оценочная шкала, от 1 до 9, состоящая из пяти основных и четырех промежуточных суждений.

Для дальнейшего рассмотрения введем обозначения. Пусть значение степени предпочтения альтернативы a над альтернативой b равно p , $a \succ^p b$, значе-



ние степени предпочтения альтернативы b над альтернативой c равно q , $b \succ^q c$, а значение степени предпочтения альтернативы a над альтернативой c равно r , $a \succ^r c$. В самом общем виде условие того, что предпочтения являются согласованными, задается некоторой функцией, позволяющей вычислить степень предпочтения r , в зависимости от степеней предпочтения p и q :

$$r = f(p, q).$$

Как показано выше, Т. Саати в методе анализа иерархий [1] использует $f(p, q) = p * q$. При этом значения p, q изменяются в пределах основной шкалы от 1 до 9. Однако при этом возникает ситуация, когда значение степени предпочтения r выходит за пределы исходной шкалы, и не может быть интерпретировано. Например, при значении степени предпочтения альтернативы a альтернативе b равном 9, $a \succ^9 b$, и значении степени предпочтения альтернативы b альтернативе c равном 8, $b \succ^8 c$, значение согласованной степени предпочтения альтернативы a альтернативе c должно равняться 72, $a \succ^{72} c$, которое придется интерпретировать как «абсолютное предпочтение», $a \succ^9 c$, что хотя и соответствует интуитивно «абсолютным предпочтениям» альтернативы a альтернативе b и альтернативы b альтернативе c , но не вписывается в заданную изначально шкалу степеней предпочтений от 1 до 9.

Авторами статьи предлагается «вероятностная шкала» сравнения альтернатив, которая позволяет преодолеть проблему выхода за пределы фундаментальной шкалы. При использовании «вероятностной шкалы» степень предпочтения интерпретируется как субъективная вероятность предпочтения экспертом одной альтернативы другой. Вопрос, задаваемый эксперту для определения степени предпочтения, формулируется следующим образом: «Какова вероятность того, что альтернатива a предпочтительнее альтернативы b ?» При такой интерпретации степени предпочтения, заданные по используемой экспертами фундаментальной шкале Саати, могут быть сопоставлены со значениями вероятностей в интервале $[0, 1]$. Возникает задача задания функции f для определения согласованной степени предпочтения $a \succ^r c$, при заданных степенях предпочтения $b \succ^q c$ и $a \succ^p b$.

Решение задачи с помощью представления геометрической вероятности представляет весьма громоздкую задачу. Поэтому для того чтобы рассчитать значения согласованных степеней при вероятностной функции согласования была построена имитационная модель, на языке программирования Java, короткая реализует метод Монте-Карло и проводит 60000 статистических испытаний для определения вероятности третьего предпочтения. При построении имитационной модели учитывалось, что интервалы для случайных равномерно рас-



пределенных величин a , b и c должны задаваться так, чтобы обеспечить соответствующие вероятности $p = P(a > b)$ и $q = P(b > c)$. Интервалы, вычисленные на основании геометрических вероятностей [3], представлены в табл. 1. На основании множественного испытания оценивается вероятность наступления события $\{a > c\}$. Частота событий в 60000 испытаний и принимается за приближительное значение вероятности $P(a > c)$.

Таблица 1. Интервалы выбора случайных величин

Заданные p и q	$p > 0.5$	$p < 0.5$
$q > 0.5$	$a \in [0, 0.5/(1-p)]$	$a \in [0, 2p]$
	$b \in [0, 1]$	$b \in [0, 1]$
	$c \in [0, 2(1-q)]$	$c \in [0, 2(1-q)]$
$q < 0.5$	$a \in [0, 0.5/(1-p)]$	$a \in [0, 2p]$
	$b \in [0, 1]$	$b \in [0, 1]$
	$c \in [0, 1/(2q)]$	$c \in [0, 1/(2q)]$

После получения согласованных уровней предпочтений возникает проблема согласованности экспертных оценок, так как алгоритм оценки согласованности матрицы парных сравнений, предлагаемый Т. Саати, построен для мультипликативной функции f и не подходит для вероятностной шкалы.

Поэтому требуется новая мера несогласованности матрицы парных сравнений, в качестве которой предлагается использовать квадратичную меру различия матриц $\|A - B\| = \sqrt{\sum_{i,j} (a_{ij} - b_{ij})^2}$, вычисленную для исходной матрицы парных сравнений A и полностью согласованной матрицы B , полученной по $(n-1)$ элементам матрицы A . Тогда индекс несогласованности C_I будет определяться формулой:

$$C_I = \|AP - AP^*\|,$$

где AP – матрица парных сравнений полученная по вероятностной шкале, AP^* – полностью согласованная матрица, полученная по матрице AP , редуцированной до 1-й строки.

Далее, многократно задавая «случайную матрицу» AP заданного порядка n , с элементами из интервала $(0,1)$ и удовлетворяющими аддитивной антисимметрии ($ap_{ij} = 1 - ap_{ji}$), редуцируя её до 1-й строки, вычисляя полностью согласованную матрицу AP^* , а затем - индекс несогласованности C_I , можно получить достаточно большую выборку дающую «устойчивое» среднее значение индекса несогласования при большом количестве испытаний. Такое среднее значение и будет «стохастическим индексом несогласованности», аналогичным индексу R_I в алгоритме Т. Саати. Относительный индекс несогласованности $C_R = C_I / R_I$.

После разработки алгоритма оценки согласованности «вероятностной» матрицы парных сравнений, было реализовано приложение для сравнения поведения графиков разработанного метода и метода Т. Саати. (рис. 1).

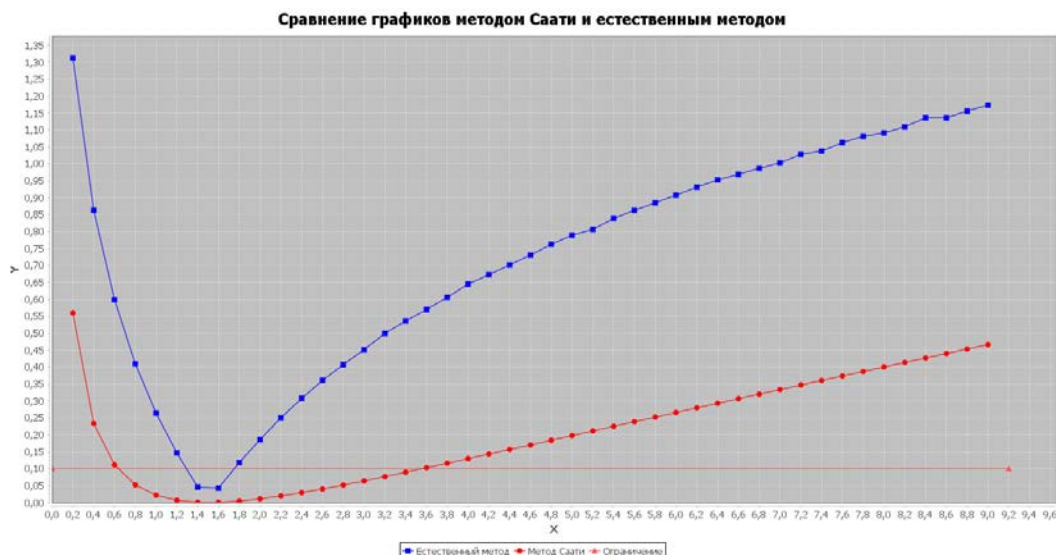


Рис. 1. Сравнение графиков метода Т.Саати и естественного метода ($n=3$)

Сопоставление графиков изменения C_R показывает сходное поведение функции относительного рассогласования при вычислении отклонения от согласованной матрицы по метрике, используемой Т. Саати (через максимальное собственное число матрицы) и по естественной (евклидовой) метрике. При $n=3$, случайным образом выбирается только один элемент матрицы A_P , который и отражается на оси абсцисс. При заданных значениях элементов первой строки матрицы парных сравнений, полностью согласованным значением для ap_{23} является число 1,5. Синий график «логарифмически симметричен» относительно согласованного значения 1,5 (слева от 1,5 степень рассогласования становится отрицательной, если отразить значения относительно оси OX), а красный график станет симметричным относительно значения 1,5, если левую часть растянуть в 9 раз.

Это позволяет сделать вывод, что можно использовать и естественную шкалу для оценки рассогласованности матриц парных сравнений. Для этого остается лишь определить интервал допустимых отклонений C_I от 0 (полная согласованность).

В алгоритме Т. Саати задана допустимая граница для индекса рассогласованности $C_I < 0,1$, такому ограничению удовлетворяют значения a_{23} от 0,64 до 3,56 (по фундаментальной шкале). Как видно из графика на рис. 1, в случае использования «вероятностной шкалы», допустимой границей становится $C_I < 0,55$.

Таким образом, предложенные и программно реализованные алгоритмы, позволяют модифицировать метод парных сравнений для «вероятностной шкалы» и преодолеть указанное выше противоречие, связанное с выходом за пределы фундаментальной шкалы.

Литература

1. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий. – М. : Радио и связь, 1993. – 320 с.



2. Палферова С.Ш., Иванов О.И., Бабенко Н.Г., Кузнецова О.А. Математическая модель ценового согласования при распределении вычислительных ресурсов./Вестник Казанского технологического университета. 2008. № 4. С. 182-187.

3. Ярыгин О.Н., Беляев М.А. Уточнение вида функции предпочтения альтернатив в методе анализа иерархий./ Карельский научный журнал. 2013. № 4. С. 49-52.

И.И. Бикмуллина

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СИНТЕЗА ДИАГРАММ КЛАССОВ UML НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

(Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева)

В исследовании предлагается искусственно интеллектуальный [1] подход к разработке UML[2] модели на примере построения диаграмм классов. Основное внимание уделено структурному синтезу информационных систем.

Основная цель исследования - повышение качества проектной проработки информационных систем за счет автоматизации синтеза диаграммы классов UML. Конечная цель автоматизации синтеза диаграммы классов заключается в передаче функций разработки автоматизированных систем специалисту-предметнику, потому что только он может вложить в автоматизированную систему все богатство используемых методических приемов.

Предмет исследования: автоматизация структурного синтеза объектов с неиерархическими связями на основе семантических моделей предметной области.

Задачи исследования:

1. Анализ существующих методов синтеза структурной модели информационных систем.
2. Разработка методики семантического моделирования структурных отношений предметной области.
3. Разработка методики синтеза структурной модели информационной системы с неиерархическими связями.
4. Разработка архитектуры автоматизированной системы структурного синтеза и алгоритмов решения задач.
5. Экспериментальное исследование разработанных методик и алгоритмов.

Разработка самой интеллектуальной информационной системы синтеза диаграммы классов UML декомпозируется на два уровня: абстрактный и конкретный. Это связано с тем, что рассматривая такие категории как понятие предметной области (концептуальная модель) и программная модель постоянно сталкиваемся с двумя уровнями рассмотрения: абстрактным и конкретным.

Абстрактный уровень характерен для описания понятий предметной об-