

Степень уверенности заключения задается функцией принадлежности соответствующего термина. Поэтому с использованием определения нечеткой импликации как минимума левой и правой частей получены новые нечеткие переменные, соответствующую степени уверенности в значении выходных данных при применении к заданным входным соответствующего правила.

Затем была проведена аккумуляция – объединение результатов применения всех правил, рис. 5.

В результате была получена функция принадлежности для числа поощрений A_5 , которая говорит о степени уверенности в значении искомого параметра на основе входных параметров и правил нечеткого логического вывода.

4. Этап дефазификации.

Для преобразования нечеткого набора значений к точным был использован метод первого мак-

симула, в результате чего было определено, что число поощрений находится в диапазоне «среднее» и равно примерно 3.

Затем полученные данные были использованы для определения выходных параметров B_i . Зная, что $A_1=15$, $A_5=3$, $A_6=7000$, согласно правилу нечеткого логического вывода L_3 :

$$(A_5 \in [x_1..x_2] \wedge A_6 \in [x_1..x_2]) \wedge (A_1 \in [x_2..x_3] \vee A_2 \in [x_2..x_3] \vee A_3 \in [x_2..x_3] \vee A_4 \in [x_2..x_3]) \rightarrow B_1 \in [0..x_1]$$

было определено, что с данными показателями НИРС этот студент заслуживает премирования в размере [0..2000].

Таким образом, использование нечеткого логического вывода делает возможным получение новых знаний на основе анализа существующих данных даже в условиях неполноты и приближенности сведений об исследуемой предметной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brachman R., Sefridge P. Knowledge representation support for data archeology // Intelligent and Cooperative Information Systems. – 1993. – № 2. – P. 113–120.
2. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.

3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
4. Корниенко А.В. Интеллектуальные информационные системы в экономике. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 177 с.
5. Кузнецов С.Д. Неопределенная информация и трехзначная логика // СУБД. – 1997. – № 5. – С. 65–67.

Поступила 08.09.2010 г.

УДК 004.89

ВЫБОР КЛАССА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СААТИ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ

А.Р. Вахитов, В.А. Силич

Томский политехнический университет
E-mail: arv@tpu.ru

Показано обоснование выбора класса математической модели информационной системы, содержащей сведения о НИРС в вузе. Произведено описание альтернативных классов моделей, основных критериев выбора и применения метода Саати и интегральных критериев для выбора наиболее подходящего варианта из имеющихся альтернатив. Сделан вывод о целесообразности использования нечеткой логики в качестве класса математической модели для исследуемой предметной области.

Ключевые слова:

Математическая модель, НИРС, метод Саати, интегральные критерии.

Key words:

Mathematical model, students' research effort, Saati's method, integral criterias.

Создание математического обеспечения информационной системы предполагает обоснование выбора класса математической модели из множества X альтернативных вариантов x_i , а также непосредственное описание предметной области в терминах выбранного класса. К числу основных логических моделей, для которых разработаны формальные методы логического вывода, относятся [1, 2]:

- x_1 – исчисление высказываний;
- x_2 – исчисление предикатов;
- x_3 – семантические сети;
- x_4 – дескриптивная логика;
- x_5 – нечеткая логика.

Исследуемой предметной областью является НИРС в вузе. Обоснование выбора класса математической модели является важным этапом при разработке системы, так как здесь должны учитываться

ся такие особенности исследуемой предметной области, как неопределенность и неполнота знаний. Поэтому одним из важных критериев выбора класса математической модели является возможность работы с неполными и субъективными знаниями. Кроме того, создаваемая модель представления знаний должна обладать такими общими свойствами как полнота описания системы (учет всех аспектов исследуемой предметной области), возможность осуществления логических операций (динамической преобразование знаний о предметной области), возможность построения логического вывода (генерация управленческих решений на основе обработки знаний).

Если же рассматривать систему с точки зрения пользователя, то для него наиболее важными критериями при работе с данными являются удобный интерфейс, высокая скорость обработки данных, наличие интеллектуальных возможностей обработки данных.

Таким образом, выбор класса математической модели из пяти альтернативных вариантов основывается на использовании частных критериев:

- F_1 – полнота описания системы;
- F_2 – возможность построения логического вывода;
- F_3 – возможность работы с неполными и субъективными данными;
- F_4 – возможность осуществления логических операций;
- F_5 – удобный интерфейс;
- F_6 – высокая скорость обработки данных;
- F_7 – наличие интеллектуальных возможностей обработки данных.

Для выбора класса математической модели были использованы метод анализа иерархий, предложенный Томасом Саати [3], а также интегральные критерии, являющиеся функциями от частных критериев [4]. Указанные методы являются наиболее распространенными при выборе средств решения проблемы среди некоторого множества альтернатив.

Метод Саати использует методологию дерева целей, предназначен для выбора средств решения сложной многофакторной проблемы и состоит в декомпозиции цели на все более простые составляющие (подцели и средства) и дальнейшей оценке этих составляющих путем парных сравнений. В результате определяется численная оценка приоритетности элементов иерархии, используемая для выбора наилучших альтернатив решения исходной проблемы. На рис. 1 приведена иерархия цели для выбора класса математической модели системы.

На первом уровне представлена глобальная цель – повышение эффективности интеллектуальной обработки данных. На втором уровне представлены акторы – группы лиц, заинтересованных в решении проблемы. Третий уровень составляют цели (требования) акторов. Нижний уровень составляют альтернативные сценарии, соответствующие классам используемой математической модели системы.

Для обоснования выбора класса математической модели необходимо построить одну матрицу, соответствующую второму уровню иерархии, для сравнения влияния акторов на глобальную цель;

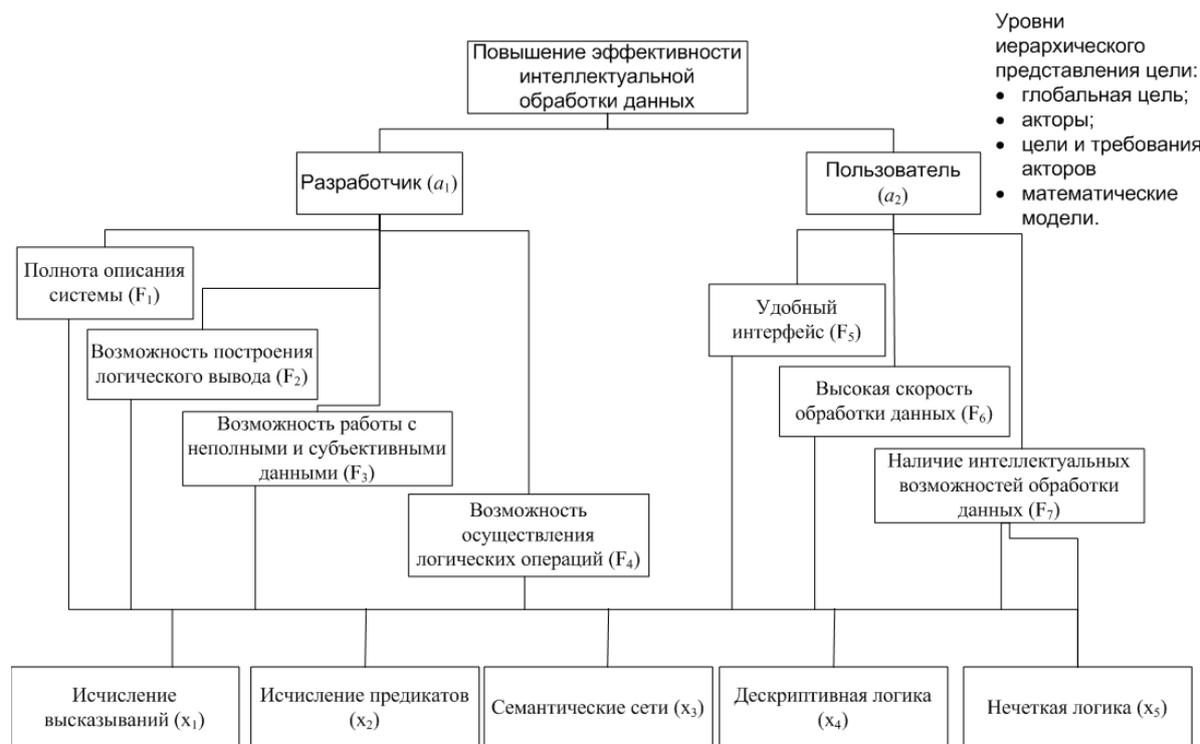


Рис. 1. Иерархия цели для выбора класса математической модели системы

две матрицы, соответствующие третьему уровню, для сравнения различных целей каждого из четырех акторов; семь матриц, соответствующих четвертому уровню, для оценки влияния сценариев на каждую из целей акторов. Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одного элемента над другим. Для проведения субъективных парных сравнений разработана шкала, описанная в табл. 1.

Таблица 1. Шкала относительной важности

Оценка важности	Определение	Объяснения
1	Равная важность	Равный вклад двух элементов
3	Умеренное превосходство	Опыт и суждения дают легкое превосходство одному элементу над другим
5	Существенное или сильное превосходство	Опыт и суждения дают сильное превосходство одному элементу над другим
7	Значительное превосходство	Одному элементу дается настолько сильное превосходство, что оно становится практически значительным
9	Очень сильное превосходство	Очевидность превосходства одного элемента над другим подтверждается наиболее сильно
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения	Применяются в компромиссном случае

На рис. 2 приведены матрицы парных сравнений, построенные для второго и третьего уровней иерархии.

На основе каждой из построенных матриц парных сравнений были сформированы наборы локальных приоритетов, каждый из которых был поделен на сумму приоритетов в строке. В итоге были получены нормализованные приоритеты:

$$a_1 : \sqrt{1 \cdot (1/3)} / 2,3 \approx 0,25,$$

$$a_2 : \sqrt{3 \cdot 1} / 2,3 \approx 0,75,$$

$$F_1 : \sqrt[4]{1 \cdot 2 \cdot (1/4) \cdot 3} / 5,07 \approx 0,22,$$

$$F_2 : \sqrt[4]{(1/2) \cdot 1 \cdot (1/3) \cdot 2} / 5,07 \approx 0,15,$$

$$F_3 : \sqrt[4]{4 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 5} / 5,07 \approx 0,55,$$

$$F_4 : \sqrt[4]{(1/4) \cdot (1/3) \cdot (1/6) \cdot 1} / 5,07 \approx 0,08,$$

$$F_5 : \sqrt[3]{1 \cdot (1/2) \cdot 2} / 3,5 \approx 0,286,$$

$$F_6 : \sqrt[3]{2 \cdot 1 \cdot 4} / 3,5 \approx 0,57,$$

$$F_7 : \sqrt[3]{(1/2) \cdot (1/4) \cdot 1} / 3,5 \approx 0,14$$

	a_1	a_2
a_1	1	1/3
a_2	3	1

	F_1	F_2	F_3	F_4
F_1	1	2	1/4	3
F_2	1/2	1	1/3	2
F_3	4	3	1	5
F_4	1/3	1/2	1/5	1

	F_5	F_6	F_7
F_5	1	1/2	2
F_6	2	1	4
F_7	1/2	1/4	1

Рис. 2. Матрицы парных сравнений второго и третьего уровня иерархии

На последнем шаге анализа локальные приоритеты были пересчитаны с учетом приоритетов направляемых элементов. В табл. 2 приведены данные для расчета глобальных приоритетов и результаты расчетов.

Таблица 2. Расчет глобальных приоритетов

Глобальные приоритеты направляемых элементов	Локальные приоритеты сценариев					
	Приоритет	Исчисление выказываний (x_1)	Исчисление предикатов (x_2)	Семантические сети (x_3)	Дескриптивная логика (x_4)	Нечеткая логика (x_5)
Полнота описания системы (F_1)	0,055	0,14	0,15	0,11	0,02	0,58
Возможность построения логического вывода (F_2)	0,037	0,35	0,13	0,17	0,03	0,32
Возможность работы с неполными и субъективными данными (F_3)	0,138	0,16	0,19	0,15	0,06	0,44
Возможность осуществления логических операций (F_4)	0,02	0,1	0,14	0,18	0,07	0,51
Удобный интерфейс (F_5)	0,21	0,21	0,15	0,15	0,04	0,45
Высокая скорость обработки данных (F_6)	0,43	0,11	0,19	0,21	0,1	0,39
Наличие интеллектуальных возможностей обработки данных (F_7)	0,11	0,15	0,22	0,13	0,13	0,37
Глобальные приоритеты сценариев		0,15	0,18	0,173	0,079	0,418

Таким образом, по методу Саати наивысший глобальный приоритет среди классов математической модели системы имеет нечеткая логика.

Далее выбор класса математической модели производится на основе интегральных критериев. Общая формула интегральных критериев, являющихся функцией от частных критериев, имеет следующий вид [4]:

$$F = f(F_i), i = \overline{1, n}.$$

Наиболее широко распространены такие интегральные критерии как:

1) Максимум суммы взвешенных оценок:

$$F = \sum_{i=1}^n w_i F_i(x_j) \rightarrow \max_{x_j \in X} \quad (1)$$

Наилучшей является альтернатива с максимальной суммой взвешенных оценок по всем частным критериям.

2) Минимум суммы квадратов отклонений от «идеальной точки»:

$$\sum_{i=1}^n w_i (\tilde{F}_i - F_i(x_j))^2 \rightarrow \min_{x_j \in X} \quad (2)$$

Этот интегральный критерий является более чувствительным к отклонениям. Критерий позволяет «отсеять» альтернативы со значительными отклонениями значений частных критериев от их максимальных значений, т. к. такие отклонения, возведенные в квадрат, резко ухудшают значение интегрального критерия.

Для определения значений весовых коэффициентов w_i каждого из частных критериев F_i использовался метод парных сравнений [5]. Элементы любого уровня сравниваются друг с другом относительно их воздействия на направляемый элемент. Для каждой совокупности элементов, связанных с одним вышестоящим элементом, строится матрица парных сравнений. Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одного элемента над другим. Для проведения субъективных парных сравнений разработана шкала, описанная в табл. 1.

На рис. 3 приведена матрица парных сравнений для определения весовых коэффициентов частных критериев.

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7
F_1	1	2	1/4	3	1/2	3	2
F_2	1/2	1	1/3	2	3	1/2	2
F_3	4	3	1	5	6	2	2
F_4	1/3	1/2	1/5	1	3	1/2	2
F_5	2	1/3	1/6	1/3	1	1/4	1/5
F_6	1/3	2	1/2	2	4	1	1/3
F_7	1/2	1/2	1/2	1/2	5	3	1

Рис. 3. Матрица парных сравнений

На основе построенной матрицы парных сравнений формируются наборы локальных приоритетов, которые отражают относительные приоритеты сравниваемых элементов. Для этого нужно вычислить множество собственных векторов для каждой матрицы, а затем нормализовать результат к единице, получая тем самым вектор приоритетов. Задача вычисления собственных векторов довольно трудоемка, поэтому на практике часто используют приближенные методы. Одним из наилучших путей вычисления является геометрическое среднее. Его можно получить, перемножая элементы в каждой строке и извлекая корни n -й степени, где n – число элементов. Полученный таким образом столбец чисел нормализуется делением каждого числа на сумму всех чисел. На основе матрицы, рис. 3, были получены следующие

компоненты собственного вектора для каждой из строк:

$$F_1 : \sqrt[7]{1 \cdot 2 \cdot (1/4) \cdot 3 \cdot (1/2) \cdot 3 \cdot 2} \approx 1,24,$$

$$F_2 : \sqrt[7]{(1/2) \cdot 1 \cdot (1/3) \cdot 2 \cdot 3 \cdot (1/2) \cdot 2} \approx 0,999,$$

$$F_3 : \sqrt[7]{4 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 2} \approx 2,83,$$

$$F_4 : \sqrt[7]{(1/3) \cdot (1/3) \cdot (1/5) \cdot 1 \cdot 3 \cdot (1/2) \cdot 2} \approx 0,72,$$

$$F_5 : \sqrt[7]{2 \cdot (1/3) \cdot (1/6) \cdot (1/3) \cdot 1 \cdot (1/4) \cdot (1/5)} \approx 0,407,$$

$$F_6 : \sqrt[7]{(1/3) \cdot 2 \cdot (1/2) \cdot 2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot (1/3)} \approx 0,98,$$

$$F_7 : \sqrt[7]{(1/2) \cdot (1/2) \cdot (1/2) \cdot (1/2) \cdot 5 \cdot 3 \cdot 1} \approx 0,99.$$

После деления каждой из полученных компонент на их сумму, равную 8,16, были получены следующие нормализованные приоритеты: $F_1=0,15$; $F_2=0,12$; $F_3=0,35$; $F_4=0,09$; $F_5=0,05$; $F_6=0,12$; $F_7=0,12$. Эти значения являются весовыми коэффициентами w_i частных критериев F_i .

Значения оценки по частным критериям (максимум – 10 баллов) и значения интегральных критериев представлены в табл. 3:

Таблица 3. Значения оценок для выбора класса математической модели системы

Частные критерии	w_i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
F_1 – Полнота описания системы	0,15	5	7	7	8	9
F_2 – Возможность построения логического вывода	0,12	6	7	8	9	9
F_3 – Возможность работы с неполными и субъективными данными	0,35	3	3	5	5	10
F_4 – Возможность осуществления логических операций	0,09	7	8	8	9	9
F_5 – Возможность осуществления логических операций	0,05	6	6	5	4	7
F_6 – Удобный интерфейс	0,12	7	6	4	3	7
F_7 – Наличие интеллектуальных возможностей обработки данных	0,12	3	3	5	6	8
Значения интегрального критерия (1)	–	4,65	5,04	5,81	6,12	8,89
Значения интегрального критерия (2)	–	31,39	28,54	19,51	19,16	2,37

Таким образом, в качестве класса математической модели для исследуемой системы была выбрана нечеткая логика, поскольку она имеет преимущества перед альтернативными вариантами математического обеспечения системы по всем интегральным признакам, а также имеет самый высокий глобальный приоритет, определенный методом анализа иерархий Саати.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов Ю.Л., Палютин Е.А. Математическая логика. – М.: Наука, 1979. – 128 с.
2. Корниенко А.В. Логико-математические основы искусственного интеллекта и экспертных систем. – Томск: Изд-во ТПУ, 1999. – 32 с.
3. Гасфилд Д. Строки, деревья и последовательности в алгоритмах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 654 с.
4. Силич В.А., Силич М.П. Системный анализ и исследование операций. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 97 с.
5. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.

Поступила 08.09.2010 г.

УДК 004:65

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ БИЗНЕСА НА ОСНОВЕ КРІ

О.Л. Капилевич, Н.Г. Марков

Томский политехнический университет
E-mail: kapilevichol@vostokgazprom.ru

Рассматривается проблема автоматизации процессов управления эффективностью деятельности компании. Описывается методология формирования ключевых показателей эффективности деятельности сотрудников, подразделений и компании в целом. Приводится структура информационной системы управления эффективностью бизнеса на основе КРІ. Подробно рассматриваются особенности её подсистем сбора, обработки и отображения КРІ.

Ключевые слова:

Автоматизация управления, эффективность бизнеса, ключевые показатели эффективности деятельности, хранилище данных, интеграция информационных систем.

Key words:

Management automation, business performance, key performance indicators, data warehouse, integration of information systems.

Управление современным бизнесом – процесс сложный, требующий принятия важных управленческих решений в сжатые сроки, основываясь на анализе большого объема финансовой и другой информации. Для современного руководителя важно уметь не только быстро решать возникающие проблемы, но и своевременно предотвращать их, направляя бизнес в сторону новых возможностей и благоприятных перспектив развития.

Одним из современных эффективных управленческих инструментов является автоматизированная система управления эффективностью деятельности компании, а также её подразделений и сотрудников с учетом поставленных перед компанией стратегических целей на конкретный период времени. Задача построения автоматизированных систем такого класса осложняется тем, что необходима их интеграция с большим числом эксплуатируемых в компании систем для сбора фактических данных об эффективности деятельности и наглядная визуализация информации для принятия решений на всех уровнях иерархии управления компанией.

В статье рассматривается разработанная информационная система (ИС), позволяющая комплексно решать задачи управления эффективностью бизнеса. В основе системы управления эффективностью лежит методология формальной оценки эффективности деятельности каждого сотрудника и подразделений компании, а также компании в целом. В качестве оценки выступают ме-

трики бизнес-процессов (БП), выполняемых сотрудником и подразделением, называемые ключевыми показателями эффективности – КРІ (англ. *Key Performance Indicator*).

Общие вопросы методологии КРІ

Под КРІ понимаются базовые показатели, выделенные из множества измеряемых метрик БП, позволяющие объективно определять степень эффективности выполнения этого процесса.

Обычно к каждому КРІ предъявляется ряд формальных требований [1]:

- объективность или, по-другому, полная формализация вычислений;
- простота вычисления;
- регулярность и высокая частота измерений;
- достижимость планируемого значения КРІ, то есть цель должна быть реальной для достижения её сотрудником или подразделением;
- ориентированность на цель.

Кроме формальных требований к качеству разрабатываемых КРІ существуют также и количественные требования к ним. Так, для каждого уровня управления, Д. Парментер – основатель системы оценки эффективности деятельности с помощью ключевых показателей, дает следующие рекомендации [1, 2]:

- не более 10 показателей для компании в целом;
- 5–7 показателей для каждого её подразделения;
- от 3 до 5 для каждого сотрудника.