

УДК 658.012.23

Ю.Н. Толкунова, Е.А. Дружинин

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПОИСКА АНАЛОГА ДЛЯ МУЛЬТИПРОЕКТА СОЗДАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Приводится описание экспертной системы (ЭС) анализа требований заказчика в условиях нечеткой информации. Разработана структура ЭС анализа требований заказчика в направлении поиска ранее разработанного образца сложной технической системы (СТС) близкого к продукту нового проекта. Построена структура базы знаний. Информация, предоставляемая такой ЭС, будет полезна как разработчику, для обоснования выбора СТС из ряда разработанных образцов, так и заказчику, для проверки соответствия продукта проекта исходным требованиям.

Ключевые слова: мультипроект, сложная техническая система, экспертная система, база знаний, нечеткая логика, лингвистическое значение истинности, функция принадлежности.

Введение

На сегодняшний день теория управления проектами является интенсивно развивающейся областью, результаты исследований в которой [1 – 3] находят широкое применение на практике. Все больше организаций представляют свою деятельность в виде проектов. Такой подход имеет следующие основные особенности [1]:

- четкие цели, которые должны быть реализованы с одновременным выполнением технических, финансовых, экологических и других требований;
- взаимосвязи операций, задач и ресурсов, которые требуют координации в процессе выполнения проекта;
- четко определенные термины начала и окончания проекта;
- определенная степень уникальности условий реализации.

Проект создания сложных технических систем можно представить в виде взаимосвязанного множества проектов (мультипроекта), выполняемых в соответствии со стадиями и этапами разработки сложной техники. Можно выделить ряд основных задач управления мультипроектами: выбор и обоснование требований к мультипроекту, сокращение затрат на разработку и сроков проектирования за счет нахождения близких к разрабатываемому проекту; коррекция характеристик в соответствии с мнением и ожиданиями различных участников мультипроекта. В настоящее время разработан комплекс методов и моделей для решения данных задач [1, 2], но отсутствует механизм поддержки принятия решений для руководителей мультипроектов и заказчиков в направлении поиска ранее разработанного образца сложной техники близкого к продукту нового проекта, поэтому тема данной работы является актуальной.

Формулировка проблемы. В настоящее время большую актуальность приобретает использование

экспертных систем для решения трудно формализуемых задач в различных предметных областях. Эти задачи характеризуются, как правило, отсутствием или сложностью формальных алгоритмов решения, неполнотой и нечеткостью исходной информации, нечеткостью достигаемых целей. Данные особенности приводят к необходимости использования в процессе решения данных задач знаний, полученных от человека-эксперта в предметной области, и разработки экспертных систем, осуществляющих сбор и управление этими знаниями, принимающими решения об оптимальном способе достижения целей в условиях неполноты и нечеткости.

Анализ публикаций. Для формализации знаний эксперта о решении задач в условиях неполноты в настоящее время успешно применяется аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики [4, 5]. За последние годы достигнуты высокие результаты в создании экспертных систем на основе этой теории, разработано большое количество математических моделей и тренирующих алгоритмов. Следует отметить, что в настоящее время для организации экспертных систем используется ряд программных продуктов, основанных на нечеткой логике (LPA Fuzzy Editor, FuzzyTECH, FIDE и др.) [6-8]. Однако для организации ЭС, решающих задачи поддержки принятия решений с учетом требований заказчика, требуется создание и реализация специализированных программных систем. В статье [9] представлено описание системы, обеспечивающей решение организационных и режимных вопросов в процессе информационно-технического обеспечения заказчиков авиационной техники. Описанная система обеспечивает оперативную передачу информации внешним пользователям через Internet, предоставляет заказчикам информацию о типовых проблемах и методах их решения в ходе эксплуатации авиационной техники, но не обеспечивает возможность анализа требований заказчика относительно выбора

аналога СТС. В работе [10] описана информационная система, которая позволяет учитывать требования заказчика, согласовывать их с количественными и качественными характеристиками продукта и параметрами проекта. Но основное внимание в разработанной информационной системе уделено решению задач информационной поддержки процессов технологической подготовки производства. В работе [11] приводится описание системы поддержки принятия решений по согласованию требований заказчика с характеристиками безопасности продукции, указанными в нормативных документах. Учет неопределенности ответов заказчика в этой работе построен на теореме Байеса. Одним из ограничений при использовании теоремы Байеса является то, что сбор, обработка и хранение статистической информации сопряжены со значительными организационными и вычислительными трудностями. Например, внесение в модель новой информации влечет необходимость пересчета всех вероятностей.

Целью статьи является разработка экспертной системы поддержки принятия решений в условиях нечеткой информации для поиска аналога СТС. Такая экспертная система позволит повысить привлекательность продукции предприятия на внешнем и внутреннем рынках за счет предоставления заказчику возможности получения необходимой информации о СТС на основании нечетко заданных требований.

Анализ предметной области

В настоящее время научно-техническим специальным конструкторским бюро (НТ СКБ) «ПОЛИСВИТ» филиалом ГНПП «Объединение Коммунар», в рамках мультипроекта создания комплекса рентгеноинтроскопических систем (РИС), разработана линейка РИС: для контроля почтовых конвертов и посылок, ручной клади, легковых автомобилей и др. [12]. Разрабатываемая экспертная система направлена на поддержку принятия решений при выборе аналога РИС. Экспертами предметной области являются разработчики систем таможенного досмотра. Пользователями ЭС являются заказчики РИС и менеджеры мультипроекта создания РИС.

В табл. 1 представлены обозначения РИС и их предназначение. Для каждого класса РИС можно выделить ряд технических характеристик, описывающих основные параметры систем таможенного досмотра [12]. В качестве примера в табл. 2 представлены основные технические характеристики системы «Полискан 6». Фрагмент взаимосвязи РИС и их технических характеристик показан в табл. 3. Достоверности взаимосвязи выражены в виде лингвистических значений истинности (ЛЗИ). VT – очень правдивое, RT – довольно правдивое, PT – возможно правдивое, PF – возможно ложное, RF – довольно ложное, VF – очень ложное, UN – неизвестное. Оценка достоверности определялась экспертами предметной области.

Таблица 1

Обозначения РИС и их предназначение

№	Обозначение РИС	Предназначение РИС
1.	Полискан 2	Система для досмотра легковых автомобилей и микроавтобусов
2.	Полискан 3	Система для досмотра морских контейнеров
3.	Полискан 4	Система для досмотра ручной клади
4.	Полискан 5	Система для досмотра почтовых отправлений, малогабаритного багажа
5.	Полискан 6	Система для досмотра почтовых посылок, небольших ящиков, малогабаритного багажа
6.	Полискан 7	Переносная РИС для оперативного досмотра в нестационарных условиях ручной клади
7.	Полискан 9	Система, предназначенная для дефектоскопии изделий
8.	Полискан 10	Система для досмотра крупногабаритной ручной клади

Модель представления знаний

В качестве модели представления знаний была выбрана продукционная модель [13]. Продукционная модель, позволяет представить знания в виде утверждений типа «Если (условие), то (действие)». Установим тезисы для адаптации знаний к нечетким выводам. Обозначим через X и Y соответственно множество всех сложных технических систем и множество всех технических характеристик (ТХ):

$$X = \{X_i (i = 1, \dots, m)\}; Y = \{Y_j (j = 1, \dots, n)\}.$$

Введем следующие тезисы: S_i – указание на СТС i ; Ch_j – наличие ТХ j ; R_{ij} – СТС X_i по своим признакам соответствует ТХ Y_j .

Каждый из этих тезисов включает недостоверность и в этом смысле их можно считать нечеткими множествами.

Кроме того, установим следующие тезисы P_j, P_{ij} , образованные из введенных выше тезисов:

$$P_j = "Ch_j \rightarrow \text{OR}(R_{ij} \& S_i)"; \quad (1)$$

$$P_{ij} = "(R_{ij} \& S_i) \rightarrow Ch_j"; \quad (2)$$

где \rightarrow – импликация; OR – дизъюнкция; $\&$ – конъюнкция.

Выражения, записанные в правой части (1) и (2) являются правилами продукционной базы знаний (БЗ).

Таблица 2

Основные технические характеристики системы «Полискан 6»

№	Техническая характеристика	Значение
1.	Максимальные габариты досматриваемого объекта (ширина × высота)	420 мм × 270 мм
2.	Скорость транспортера	0,2 м/с
3.	Максимальная грузоподъемность транспортера	30 кг
4.	Высота транспортера	700 мм
5.	Обнаружительная способность (диаметр медной проволоки)	0,1 мм
6.	Проникающая способность (сталь)	8 мм
7.	Контрастная чувствительность (градаций серого цвета)	20
8.	Безопасность фотоматериалов	гарантируется
9.	Возможность различия органических и неорганических веществ досматриваемого объекта	имеется
10.	Анодное напряжение	120 кВ

Таблица 3

Пример взаимосвязи РИС и ТХ РИС (R_{ij})

РИС	Технические характеристики												
	Вид объекта контроля (габариты)					Масса объекта контроля				Проникающая способность			...
	почтовый кон-верт	по-сылка	до-рожная сумка	мик-роавтобус	мор-ской кон-тейнер	легкий	средней тяжести	тяжелый	сверх-тяжелый	неболь-шая	средняя	высокая	...
Полискан 2	VF	VF	VF	VT	PF	VF	VF	VT	PF	VF	PF	VT	
Полискан 3	VF	VF	VF	PT	VT	VF	VF	PT	VT	VF	PF	VT	
Полискан 4	PF	PT	VT	VF	VF	PT	VT	RF	VF	PF	VT	RF	
Полискан 5	VT	RT	PT	VF	VF	VT	PT	VF	VF	VT	PT	VF	
Полискан 6	RT	VT	RT	VF	VF	VT	PT	VF	VF	VT	PT	VF	
Полискан 7	PF	PT	RT	VF	VF	RT	PT	VF	VF	PT	VT	VF	
Полискан 9	RF	PT	PT	VF	VF	PT	VT	VF	VF	PF	VT	RF	
Полискан 10	RF	PT	RT	VF	VF	PT	VT	RF	VF	PF	VT	RF	
...													

Пусть P_j – достоверность утверждения «если есть ТХ Ch_j, то взаимосвязь между СТС и ТХ R_{ij} указывает, по крайней мере, на СТС S_i», а P_{ij} – достоверность утверждения «если на основании взаимосвязи R_{ij} между СТС и ТХ проявляется указание на СТС S_i, то есть характеристика Ch_j».

Будем считать тезисы R_{ij}, P_j и P_{ij} знаниями для выводов. В табл. 3 показан конкретный пример R_{ij} для РИС таможенного досмотра. Достоверности R_{ij}, P_j и P_{ij} выражены в виде ЛЗИ, которые приведены выше (VT, RT, PT, PF, RF, VF, UN). Информация, полученная от эксперта и заказчика, как уже говорилось выше, включает нечеткость, выраженную ЛЗИ. Для вычислений необходимо преобразовать эти значения в числовые значения истинности (ЧЗИ). Для их количественной оценки используются функции принадлежности. Необходимо установить, каким образом выбрать по функции принадлежности каждого ЛЗИ значение принадлежности. Такие значения можно получить с помощью α-сечения. Значение, выбранное для S, обозначим S^α. Обычно S^α имеет одно значение, но в целях сохранения нечеткости более естественно использовать интервал значений. Зададим интервал значений принадлежности для всех ЛЗИ, т.е.

$$S^\alpha = \{x | \mu_S(x) > \alpha\}, \quad (3)$$

где x – это значение базовой шкалы, μ_S(x) – функция принадлежности нечеткого множества.

В ЭС существует база данных, в которой все функции принадлежности и α-сечение являются координатами, константами и другими параметрами.

Алгоритм нечетких выводов

Алгоритм выводов следует из формул (1) и (2). При этом предполагается, что P_j и P_{ij} – нечеткие подмножества множества ЛЗИ, очень правдивые и выпуклые подмножества. Если применить к формулам (1) и (2) нечеткие правила «модус поненс» и «модус толленс», то получатся следующие взаимосвязи между СТС и ТХ:

для ∀α ∈ [0,1]

$$\bigvee_i (R_{ij}^\alpha \wedge S_i^\alpha)_l = (Ch_j^\alpha)_l - ((-P_j)^\alpha)_u \vee 0, \quad j=1, \dots, n; \quad (4)$$

$$(R_{ij}^\alpha \wedge S_i^\alpha)_u = (Ch_i^\alpha)_u + ((-P_{ij})^\alpha)_u \wedge 1, \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n, \quad (5)$$

где ¬ – означает отрицание в нечеткой логике; (l) – нижняя граница; (u) – верхняя граница.

Если задать необходимые технические характеристики Ch_j и знания P_j, P_{ij} и R_{ij} , то можно обнаружить все СТС $\{S_i\}$. S_i можно получить, найдя общее решение формул (4) и (5) [16]. При этом достоверности $P_j, P_{ij}, R_{ij}, Ch_j$ можно определить через интервал их значений следующим образом:

$$\begin{cases} P_j^\alpha = [p_j, 1]; & P_{ij}^\alpha = [p_{ij}, 1]; \\ R_{ij}^\alpha = [r_{ij}(1), r_{ij}(2)]; & Ch_j = [ch_j(1), ch_j(2)]. \end{cases} \quad (6)$$

Определим расстояние между ТХ и знаниями следующим образом:

$$\begin{aligned} Z_j^\alpha &= [(ch_j(1) + p_j - 1) \vee 0, 1]; \\ E_{ij}^\alpha &= [0, (ch_j(2) + 1 - p_{ij}) \wedge 1]. \end{aligned} \quad (7)$$

Введем следующие множества интервалов значений для знаний и расстояний: $\forall i, j$

$$\bar{R} = \{R_{ij}^\alpha\}; \quad \bar{Z} = \{Z_j^\alpha\}; \quad \bar{E} = \{E_{ij}^\alpha\}. \quad (8)$$

Записи $R \in \bar{R}, Z \in \bar{Z}, E \in \bar{E}$ обозначают, что для любых i, j

$$r_{ij} \in R_{ij}^\alpha; \quad z_j \in Z_j^\alpha; \quad e_{ij} \in E_{ij}^\alpha. \quad (9)$$

Обратная задача для (4) сводится к нахождению следующего вектора

$$\bar{s} = \{s \mid \exists R, \exists Z, R \in \bar{R}, Z \in \bar{Z}, s \circ R = \bar{Z}\}, \quad (10)$$

где \bar{s} – вектор, элементами которого являются множества интервалов значений. Используя алгоритм для обратной задачи, основанный на нечетких неравенствах [16], получаем решение

$$s_i^k = [\max(\inf \omega_{ij}^k, 1)], \quad i = 1, \dots, m, \quad (11)$$

где
$$\omega_{ij}^{-k} = \begin{cases} \bar{u}_{ij} & \text{для } \exists i: \bar{U}_{ij} \neq 0; \\ \bar{v}_{ij} & \text{для других } i, \end{cases} \quad (12)$$

где $\bar{u}_{ij} = R_{ij}^\alpha \varepsilon Z_j^\alpha$, $\bar{v}_{ij} = R_{ij}^\alpha \tilde{\varepsilon} Z_j^\alpha$, здесь ε и $\tilde{\varepsilon}$ – операции сцепления множеств. Сцепления определим следующим образом для двух интервалов значений $[p, q]$ и $[r, s]$:

$$[p, q] \varepsilon [r, s] = \begin{cases} [r, 1], & \text{если } [p, q] \wedge [r, s] \neq \emptyset; \\ [r, s], & \text{если } p > s; \\ 0, & \text{если } q < r; \end{cases} \quad (13)$$

$$[p, q] \tilde{\varepsilon} [r, s] = \begin{cases} [0, 1], & \text{если } p = s; \\ [0, s], & \text{если } p > s. \end{cases} \quad (14)$$

Кроме того, решение для выражения (5) можно получить, найдя вектор

$$\bar{s}' = \{s' \mid \exists R, \exists E, s'_i \wedge r_{ij} = e_{ij} \text{ для } \forall i, \forall j\}. \quad (15)$$

Это решение имеет следующий вид:

$$s'_i = [0, \min[\sup(R_{ij}^\alpha \varepsilon E_{ij}^\alpha)]], i = 1, \dots, m. \quad (16)$$

Следовательно, решение, удовлетворяющее формулам (11) и (16) для любых $k \in K$ имеет вид

$$s_i^{-k} = s_i^k \wedge s'_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (17)$$

где K определяется следующим образом:

$$K = \left\{ k \mid \forall i: \bigcap_j \omega_{ij}^k \neq \emptyset \text{ и } s_i^k \wedge s'_i \neq \emptyset \right\}. \quad (18)$$

Если $K = \emptyset$, то решения не существует. При отсутствии решения можно: 1) уменьшить значение параметра α , отражающего точность выводов, и делать повторные вычисления, приближая его к нулю; 2) повторно опросить заказчика о ТХ, исправить данные на уточненные и вновь сделать вывод.

Структура ЭС. Структура БЗ

В [13] приведена обобщенная структура ЭС, состоящая из следующих обязательных компонентов: интерфейс пользователя, база знаний, решатель, подсистема объяснений, интеллектуальный редактор БЗ. Построим структуру ЭС поддержки принятия решения, основываясь на присутствии обязательных компонент, дополняя ее компонентом общения с заказчиком, компонентом управления базами данных; и расширяя решатель путем введения компонент необходимых для реализации подсистемы нечеткого моделирования.

Для построения структуры компьютерной системы анализа требований заказчика в направлении поиска аналога СТС необходимо использовать современные методы моделирования информационных систем. В [14] приведены результаты сравнительного анализа таких современных средств моделирования и построения информационных систем, как BPWin, ERWin, ARIS, UML и другие. Данные средства поддерживают технологию объектно-ориентированного моделирования и позволяют построить интегрированную информационную систему организационного управления, промоделировать в ней различные процессы и системно спроектировать структуру базы данных и знаний. Однако каждая из систем имеет свои достоинства и недостатки и может быть использована в зависимости от поставленных задач и требований к проектируемой системе. В данной работе для описания модели экспертной системы был выбран язык UML, как эффективное средство моделирование самостоятельно функционирующих объектов, параметры которых могут изменяться независимо от функционирования других объектов [15].

Структура ЭС анализа требований заказчика укрупнено представлена на рис. 1. В дальнейшем данная ЭС может быть расширена новыми объектными модулями в зависимости от решаемых задач.

Основными подсистемами проектируемой системы являются следующие:

- подсистема нечеткого моделирования (Fuzzy Modeling);
- подсистема управления базами данных (Database control);
- подсистема построения базы знаний (Knowledge acquisition system);
- подсистема общения с заказчиком (Customer communication);
- подсистема пользовательского интерфейса (Interface).

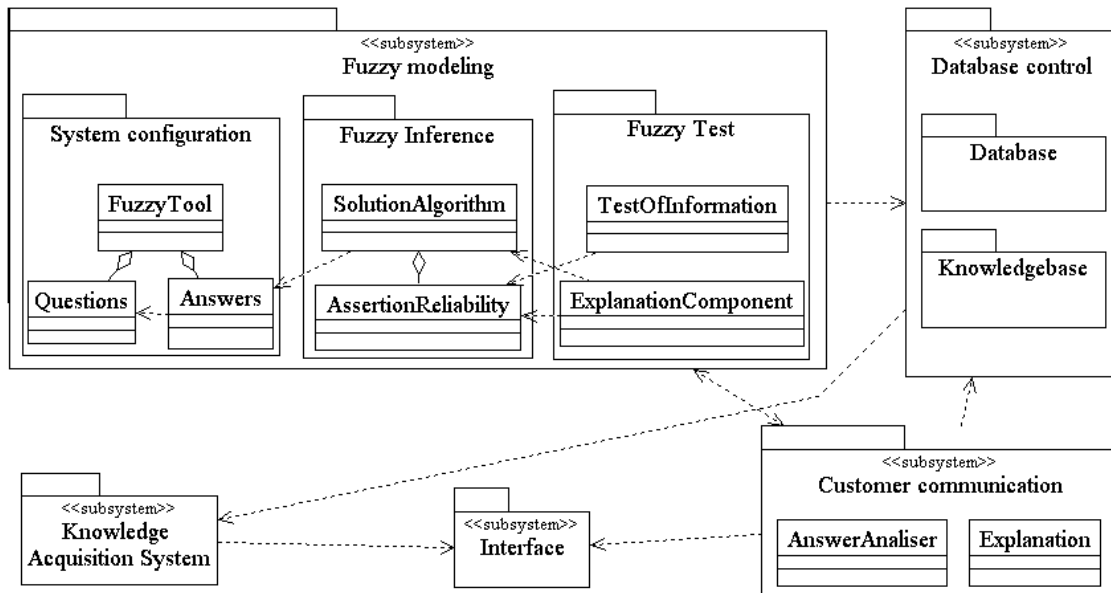


Рис. 1. Структура ЭС

Подсистема нечеткого моделирования (Fuzzy Modeling) состоит из пакетов отвечающих за конфигурацию (System configuration), систему выводов (Fuzzy Inference) и оценку (Fuzzy Test).

Пакет System configuration включает в себя класс Fuzzy Tool отражающий особенности построения подсистемы нечеткого моделирования. Этот класс агрегирует классы Questions и Answers. Класс Questions описывает вопросы, которые необходимо задать заказчику для определения наиболее близкой СТС, отвечающей требованиям заказчика. Пакет нечетких выводов (Fuzzy Inference) включает класс Solution Algorithm, который, используя заложенный алгоритм выводов, производит поиск технической системы близкой к требуемым характеристикам в соответствии с заданными достоверностями утверждений (Assertion Reliability). Пакет Fuzzy Test проводит оценку различных параметров подсистемы нечеткого моделирования. Класс TestOfInformation оценивает информационный вклад различных ответов на вопросы при принятии решения о выборе технической системы, отвечающей требованиям заказчика. Данные, полученные в TestOfInformation, в дальнейшем будут полезны как разработчику, для обоснования выбора СТС из множества ранее разработанных образцов, так и заказчику, для проверки соответствия продукта проекта исходным требованиям. Класс ExplanationComponent объясняет, как система получила решение задачи, и какие знания она при этом использовала.

Подсистема Customer communication позволяет вести диалог с заказчиком для определения основных требований к продукту проекта и поиска наиболее близкого из разработанных образцов. Класс AnswerAnaliser предназначен для анализа ответов заказчика и выводов о близости исходных требований к продукту проекта ранее разработанным образцам.

Класс Explanation разрешает возникающие вопросы и выдает пояснения при работе пользователя с системой.

Подсистема Knowledge Acquisition System предназначена для ввода знаний и их обработки.

Структура БЗ разработана с помощью современного средства моделирования данных ERWin. Структура БЗ представлена на рис. 2 и включает восемь таблиц.

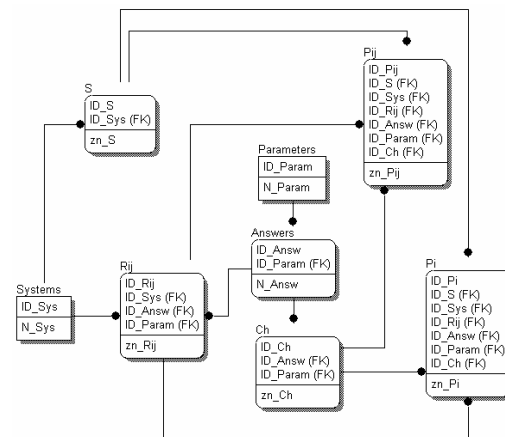


Рис. 2. Структура базы знаний

В таблицах Systems и Parameters хранится информация о названиях СТС и ТХ. В таблице R_{ij} хранятся взаимосвязи СТС и ТХ. В таблице S содержится информация об указании на конкретную СТС. В таблице Answers хранятся ответы, полученные от заказчика, выраженные в терминах лингвистической переменной Parameters. Таблица Ch содержит информацию о наличии ТХ, для конкретного термина заданного заказчиком. В таблицах P_i, P_{ij} перечисляются правила вывода.

Выводы

В статье показан алгоритм нечетких выводов, позволяющий находить аналог СТС по заданным требованиям к техническим системам для новых проектов.

Представлена структура ЭС согласования требований заказчика в направлении поиска ранее разработанного образца сложной техники близкого к техническим системам нового проекта. Построенная модель ЭС с использованием нечетких выводов дает возможность исследовать логику функционирования системы, определить требуемый набор классов и необходимые взаимосвязи между ними для реализации программного комплекса. Построена структура БЗ.

Перспективными в данном направлении являются работы по созданию инструментальных средств для поиска аналогичных конструктивных решений, примененных в образцах прецедентах СТС. Использование таких решений при разработке новых образцов СТС, позволят значительно сократить затраты и сроки разработки новых СТС.

Список литературы

1. *A Guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. – USA: PMI Standards Committee, 2004. – 216 p.
2. *Типовые решения в управлении проектами / Д.К. Васильев, А.Ю. Заложнев, Д.А. Новиков, А.В. Цветков*. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
3. *Бурков В.Н. Модели и методы мультипроектного управления / В.Н. Бурков, О.Ф. Квон, Л.А. Цитович*. – М.: ИПУ РАН, 1997. – 62 с.
4. *Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: пер. с англ. / Л. Заде*. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
5. *Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин*. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2000. – 352 с.

6. *Материалы компании Logic Programming Associates Ltd.* – [Электронный ресурс]. – Режим доступа к док.: <http://www.lpa.co.uk> (23.03.2009).

7. *Материалы компании fuzzyTECH.* – [Электронный ресурс]. – Режим доступа к док.: <http://www.fuzzytech.com> (23.03.2009).

8. *Материалы компании Apronix.* – [Электронный ресурс]. – Режим доступа к док.: <http://www.apronix.com> (23.03.2009).

9. *Бакаев В.В. Система информационно-технической поддержки заказчика / В.В. Бакаев // Информационные технологии*. – 2008. – № 7. – С. 46-48.

10. *Погудина О.К. Информационная система обособления характеристик высокотехнологичных проектов / О.К. Погудина, Д.В. Божко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. – 2008. – № 3 (30). – С. 102-108.

11. *Габчак О.К. Система поддержки принятия решений при выборе характеристик проекта создания сложной техники / О.К. Габчак, С.А. Яшин, Д.О. Горлов // Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 3 (29). – С. 77-81.

12. *Материалы НТ СКБ «ПОЛИСВИТ».* – [Электронный ресурс]. – Режим доступа к документу: <http://www.tvset.com.ua/polisvit/poliscans.htm> (16.04.2009).

13. *Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский*. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.

14. *Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта: пер. с франц. / Ж.-Л. Лорьер*. – М.: Мир, 1991. – 568 с.

15. *Мацяшек Л.А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML.: пер. с англ. / Л.А. Мацяшек*. – М.: Вильямс, 2002. – 432 с.

16. *Асаи К. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено*. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

Поступила в редколлегию 24.04.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ПОШУКУ АНАЛОГА ДЛЯ МУЛЬТИПРОЕКТА СТВОРЕННЯ СКЛАДНОЇ ТЕХНІКИ

Ю.М. Толкунова, Є.А. Дружинін

Приводиться опис експертної системи (ЕС) аналізу вимог замовника в умовах нечіткої інформації. Розроблена структура ЕС аналізу вимог замовника у напрямі пошуку раніше розробленого зразка складної технічної системи (СТС) близького до продукту нового проекту. Побудована структура бази знань. Інформація, що надається такою ЕС, буде корисні як розробнику, для обґрунтування вибору СТС з низки розроблених зразків, так і замовнику, для перевірки відповідності продукту проекту початковим вимогам.

Ключові слова: мультипроект, складна технічна система, експертна система, база знань, нечітка логіка, лінгвістичне значення істинності, функція приналежності.

EXPERT SYSTEM OF SEARCH OF ANALOGUE FOR MULTIPROJECT BY CREATION OF SOPHISTICATED MACHINERY

Yu.N. Tolkunova, E.A. Druzhinin

The description of expert system (ES) of the analysis of customer requirements at fuzzy information is given. The structure of ES of the analysis of customer requirements in a direction of search developed pattern of sophisticated technical system (STS), which is similar to the new project product is developed. The structure of the knowledge base is constructed. The information given by such ES will be useful as to developer, for substantiation of a choice of STS from a number of developed patterns, as to customer, for check of conformity of project product to initial requirements.

Keywords: multiproject, sophisticated technical system, expert system, knowledge base, fuzzy logic, linguistic value of truth, membership function.