

УДК 004.008.2

ПРИНЯТИЕ ОБОСНОВАННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РУКОВОДСТВ

Ю.Л. Муромцев, Х.Х. Хоруб

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,
ТГТУ*

Ключевые слова и фразы: принятие проектных решений; интерактивные электронные технические руководства; классификация ИЭТР; метод Шортлифа–Бьюкенена.

Аннотация: Рассматриваются различные классы интерактивных электронных технических руководств и предлагается способ для выбора предпочтительного варианта в условиях неопределенности.

Важным направлением работ по внедрению CALS – технологий является создание средств логистической поддержки стадий жизненного цикла изделий, и, в частности, – автоматизированная разработка интерактивных электронных технических руководств.

Интерактивное электронное техническое руководство (**ИЭТР**) представляет собой структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных для справочной и описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах изделия. Оно является своеобразной базой знаний об изделии, и в этом качестве представляет собой средство поддержки изделия на следующих за производством стадиях его жизненного цикла. Разрабатываются ИЭТР в соответствии с Рекомендациями по стандартизации Госстандарта РФ Р 50.1.029 2001 и Р 50.1.030 2001.

В настоящее время находят применение несколько классов ИЭТР приведенных в табл. 1 [1]. Возможности современной компьютерной техники и методы теории искусственного интеллекта позволяют создавать интеллектуальные ИЭТР.

Последние в отличие от ИЭТР, приведенных в табл. 1, имеют возможность в диалоговом режиме решать задачи диагностики уровня подготовки персонала, эксплуатирующего изделие, выполнять обучающие функции и т.д.. В зависимости от сложности изделия выбирается соответствующий класс руководства. При разработке ИЭТР проектировщику приходится решать сложные задачи в условиях неопределенности. Для принятия обоснованных проектных решений необходимо учитывать уровень доверия к используемой информации (свидетельствам). Примером такой задачи может служить выбор варианта инвестирования проекта изделия с созданием ИЭТР.

Пусть рассматриваются два альтернативных проекта: v_1 – создание изделия с ИЭТР на основе интерактивных баз данных (4-й класс) и v_2 – изделия с интеллектуализованным ИЭТР. В выборе предпочтительного варианта может принимать участие группа экспертов.

Для решения данной задачи воспользуемся методом Шортлифа–Бьюкенена [2].

В качестве исходных данных учитываются следующие свидетельства (факторы): x_1 – ожидаемое повышение показателей конкурентоспособности изделия; x_2 – ожидаемое повышение показателей безотказности изделия; x_3 – ожидаемый объем выпуска и ассортимент продукции с ИЭТР; x_4 – требуемый объем финансовых вложений на создание ИЭТР; x_5 – ожидаемые сроки завершения работ по проекту; x_6 – требуемое время для адаптации с ИЭТР.

Для реализации алгоритма Шортлифа–Бьюкенена будем использовать систему продукционных правил: П1: «Если v_j обеспечивает x_1 и x_2 , то вариант v_j будет принят»; П2 :« Если для v_j выполняются условия x_3 или x_4 , то вариант v_j будет принят»; П3 «Если v_j обеспечивает x_5 и x_6 , то вариант v_j будет принят».

Пусть условные вероятности (доли уверенности в варианте v_j при свидетельстве x_k) $p_i(v_j/x_k)$, $j=1,2$; $k=\overline{1,6}$; $i=\overline{1,3}$ принимаются экспертами, их значения приведены в табл. 2, где также представлены усредненные доли уверенности $\tilde{p}(v_1/x_k)$ в виде медианных значений и границы соответствующих интервалов.

Таблица 1

Номер и название класса	Преимущества	Недостатки
1. Бумажно-ориентированные электронные документы. (Отсканированные страницы бумажных руководств. Электронный документ –копия бумажного руководства)	Большие объемы бумажной документации заменяет компактный электронный носитель	Не добавляет никаких новых функций по сравнению с бумажными руководствами
2. Неструктурированные текстовые электронные документы	Возможность использования аудио и видеофрагментов, графических изображений, можно осуществлять поиск по тексту документа	Ограниченные возможности обработки информации
3. Структурированные документы. (Руководства представляют собой документы, имеющие три компонента: структура; оформление и содержание. Кроме того, ИЭТР имеют стандартизированный интерфейс пользователя)	Существует возможность стандартизировать структуру, оформление и пользовательский интерфейс руководств, стандартизированный интерфейс пользователя позволяет облегчить работу с ИЭТР	При создании руководств к сложным промышленным изделиям появляются проблемы управления большим объемом информации
4. Интерактивные базы данных	Можно создавать технические руководства большого объема в соответствии со спецификацией DoD IETM (MIL-M-87268, MIL-D-87269, и MIL-Q-87270)	Отсутствие системы диагностики изделия
5. Интегрированные базы данных. (Дают возможность прямого взаимодействия с электронными модулями диагностики, что облегчает обслуживание и ремонт изделия)	Возможность проведения диагностики изделия	Очень высокая стоимость создания

Результаты расчета меры уверенности, меры неуверенности и факторы уверенности, для априорных вероятностей $p(v_j) = 0,5$, $i = \overline{1,2}$ представлены в табл. 3. Здесь $\mathbf{MB}[h, x]$ – мера (Measure) уверенности или доверия (Believe) в некоторой гипотезе $h = v_j$, основанная на свидетельстве x ; $\mathbf{MD}[h, x]$ – мера (Measure) неуверенности или недоверия (Distrust) в некоторой гипотезе v_j , основанная на свидетельстве x ; $\mathbf{CF}[h, x]$ – фактор уверенности (Certainty Factor).

Таблица 2

x_k	v_1					v_2				
	p_1^*	p_2^*	p_3^*	p^{*-}	$[p_H, p_B]$	p_1^{**}	p_2^{**}	p_3^{**}	$p^{** -}$	$[p_H, p_B]$
x_1	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5...0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8...0,9
x_2	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6...0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8...0,9
x_3	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6...0,7	0,95	0,8	0,7	0,8	0,7...0,95
x_4	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6...0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7...0,8
x_5	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5...0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6...0,7
x_6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6...0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8...0,9

* – $\left(\frac{v_1}{x_k}\right)$; ** – $\left(\frac{v_2}{x_k}\right)$.

Таблица 3

x_k	v_1				v_2			
	$\tilde{p}(v_1/x_k)$	\mathbf{MB}^*	\mathbf{MD}^*	\mathbf{CF}^*	$\tilde{p}(v_2/x_k)$	\mathbf{MB}^{**}	\mathbf{MD}^{**}	\mathbf{CF}^{**}
x_1	0,6	0,2	0	0,2	0,9	0,8	0	0,8
x_2	0,7	0,4	0	0,4	0,8	0,6	0	0,6
x_3	0,7	0,4	0	0,4	0,8	0,6	0	0,6
x_4	0,7	0,4	0	0,4	0,8	0,6	0	0,6
x_5	0,6	0,2	0	0,6	0,7	0,4	0	0,4
x_6	0,7	0,4	0	0,4	0,8	0,6	0	0,2

* = $[v_1, x_k]$, ** = $[v_2, x_k]$.

При расчете $MB[h, x]$, $MD[h, x]$, $CF[h, x]$ использованы следующие соотношения [3]:

$$MB[h, x] = \begin{cases} 1, & \text{если } p(h) = 1 \\ \frac{\max\{p(h/x), p(h)\} - p(h)}{1 - p(h)}, & \text{если } p(h) < 1 \end{cases}$$

$$MD[h, x] = \begin{cases} 1, & \text{если } p(h) = 0 \\ \frac{\min\{p(h/x), p(h)\} - p(h)}{-p(h)}, & \text{если } p(h) > 0 \end{cases}$$

$$CF[h, X] = MB[h, x] - MD[h, x].$$

В табл. 4 приведены результаты расчета показателей MB , MD , CF для сложных гипотез, соответствующих сформулированным правилам с использованием следующие соотношений:

$$MB[v_i, x_j \cap x_k] \approx \min\{MB[v_i, x_j], MB[v_i, x_k]\},$$

$$MD[v_i, x_j \cup x_k] \approx \min\{MD[v_i, x_j], MD[v_i, x_k]\},$$

$$MB[v_i, x_j \cup x_k] \approx \max\{MB[v_i, x_j], MB[v_i, x_k]\},$$

$$MD[v_i, x_j \cap x_k] \approx \max\{MD[v_i, x_j], MD[v_i, x_k]\}.$$

Последовательная интеграция значений MB и MD по всем трем продукционным правилам производится с помощью следующих формул:

$$MB[v_j; Y_1, Y_2] = MB[v_j; Y_1] + MB[v_j; Y_2](1 - MB[v_j; Y_1]);$$

$$MD[v_j; Y_1, Y_2] = MD[v_j; Y_1] + MD[v_j; Y_2](1 - MD[v_j; Y_1]);$$

$$MB[v_j; Y_1, Y_2, Y_3] = MB[v_j; Y_1, Y_2] + MB[v_j; Y_3](1 - MB[v_j; Y_1, Y_2]);$$

$$MD[v_j; Y_1, Y_2, Y_3] = MD[v_j; Y_1, Y_2] + MD[v_j; Y_3](1 - MD[v_j; Y_1, Y_2]).$$

Результаты расчетов содержатся в табл. 5.

Таблица 4

Правило	v ₁			v ₂		
	MB	MD	CF	MB	MD	CF
П1($x_1 \cap x_2 \sim Y_1$)	0,2	0	0,2	0,6	0	0,6
П2($x_3 \cup x_4 \sim Y_2$)	0,4	0	0,4	0,6	0	0,6
П3($x_5 \cap x_6 \sim Y_3$)	0,2	0	0,2	0,4	0	0,4

Таблица 5

Сложные гипотезы	v ₁			v ₂		
	MB	MD	CF	MB	MD	CF
[v _j ; Y ₁ , Y ₂]	0,52	0	0,52	0,84	0	0,84
[v _j ; Y ₁ , Y ₂ , Y ₃]	0,616	0	0,616	0,904	0	0,904

Таким образом, при использовании медианных значений вероятностей $\tilde{p}(v_i/x_i)$ предпочтительнее вариант решения $v_2 = \tilde{v}^*$, т.к.

$$MB [v_2; Y_1, Y_2, Y_3] = 0,904 > MB [v_1; Y_1, Y_2, Y_3] = 0,616 \text{ и}$$

$$CF [v_2; Y_1, Y_2, Y_3] = 0,904 > CF [v_1; Y_1, Y_2, Y_3] = 0,616.$$

Так как высказывания экспертов носят субъективный характер, то исследуем надежность полученного решения на основе интервальных значений $[p_H, p_B]$ из табл. 2 [3]. Для этого в расчете вместо $\tilde{p}(v_i/x_k)$ используем границы интервальных значений: $p_{ГР}(\tilde{v}^* = v_2/x_k)$ неблагоприятные для $\tilde{v}^* = v_2$ и благоприятные для альтернативного варианта v_1 . Если при этом вариант \tilde{v}^* сохраняется как оптимальный, то принимаемое решение можно считать абсолютно надежным. Результаты вычислений приведены в табл. 6 – 8.

Так как мера и фактор уверенности для проекта с интеллектуализованным ИЭТР ($MB [v_2; Y_1, Y_2, Y_3] = 0,808$; $CF [v_2; Y_1, Y_2, Y_3] = 0,808$) при выборе нижних

границ условных уверенности остаются больше чем мера уверенности и фактор уверенности для проекта ИЭТР на основе интерактивных баз данных ($MB [v_1; Y_1, Y_2, Y_3] = 0,712$; $CF [v_1; Y_1, Y_2, Y_3] = 0,712$), полученных для верхних границ, то делается вывод, что решение о предпочтительности варианта v_2 абсолютно надежно при имеющихся исходных данных.

Таблица 6

x_k	v_1				v_2			
	$p_{ГР}(v_1/x_k)$	MB*	MD*	CF*	$p_{ГР}(v_1/x_k)$	MB**	MD**	CF**
x_1	0,6	0,2	0	0,2	0,8	0,6	0	0,6
x_2	0,7	0,4	0	0,4	0,8	0,6	0	0,6
x_3	0,7	0,4	0	0,4	0,7	0,4	0	0,4
x_4	0,7	0,4	0	0,4	0,7	0,4	0	0,4
x_5	0,7	0,4	0	0,4	0,6	0,2	0	0,2
x_6	0,7	0,4	0	0,4	0,8	0,6	0	0,6

* = $[v_1, x_k]$, ** = $[v_2, x_k]$

Таблица 7

Правило	v_1			v_2		
	MB	MD	CF	MB	MD	CF
$\Pi 1(x_1 \cap x_2 \sim Y_1)$	0,2	0	0,2	0,6	0	0,6
$\Pi 2(x_3 \cup x_4 \sim Y_2)$	0,4	0	0,4	0,4	0	0,4
$\Pi 3(x_5 \cap x_6 \sim Y_3)$	0,4	0	0,4	0,2	0	0,2

Таблица 8

Сложные гипотезы	v_1			v_2		
	MB	MD	CF	MB	MD	CF
$[v_j; Y_1, Y_2]$	0,52	0	0,52	0,76	0	0,76
$[v_j; Y_1, Y_2, Y_3]$	0,712	0	0,712	0,808	0	0,808

Рассмотренный способ может использоваться для выбора варианта ИЭТР наукоемкой продукции в условиях неопределенности.

Список литературы

1. Jorgensen, Eric L. Classes of Electronic Technical Manual / Eric L. Jorgensen. Carderock Division, Naval Surface Warfare Center, April 1994 ([www. google.com / IETM / classes. pdf](http://www.google.com/IETM/classes.pdf)).

3. Люгер, Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.Ф. Люгер. – М. : Изд-ий дом «Вильямс», 2003. –864 с.

4. Муромцев, Ю.Л. Принятие проектных решений : учеб. пособ. / Ю.Л. Муромцев, Д.Ю. Муромцев, Л.П. Орлова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2005. – 80 с.

TAKING THE MOTIVATED DECISIONS AT DEVELOPMENT INTERACTIVE ELECTRONIC TECHNICAL MANUALS

Yu.L. Muromtsev, H.Kh. Horoub

Key words and phrases: acceptance the decision to make projects; interactive electronic technical manuals; classification IETM; method Shortleaf – Buchanan.

Abstract: In article are considered various classes of interactive electronic technical manuals and offered the way to choice the preferable variant in conditions of uncertainty.