

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 недоверности (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 <sub>1</sub>			v <sub>2</sub>		
	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 <sub>1</sub>			v <sub>2</sub>		
	MB	MD	CF	MB	MD	CF
[v <sub>j</sub> ; Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub> ]	0,52	0	0,52	0,84	0	0,84
[v <sub>j</sub> ; Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub> , Y <sub>3</sub> ]	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  $\tilde{p}(v_1/x_k)$  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.