

Методика автоматизированного выбора микроконтроллера при проектировании изделий электронно-вычислительной техники

А.В. Вишнеков, В.В. Ерохин, Е.М. Иванова

Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", emivanova@hse.ru

Аннотация — Задача выбора микроконтроллера при проектировании изделий электронно-вычислительной техники является сложной многокритериальной задачей с большим числом альтернатив. Сегодня данная задача, как правило, решается либо на основе субъективных предпочтений разработчика, либо за счет не всегда оправданного исключения из рассмотрения ряда альтернативных вариантов (семейств микроконтроллеров). В работе предлагается автоматизировать трудоемкую процедуру выбора за счёт последовательного применения групповых и индивидуальных методов поддержки принятия решений. Это позволит сократить время и упростить процедуру поиска наиболее рационального решения поставленной задачи.

Ключевые слова — проектное решение, выбор микроконтроллера, эксперт, критерии оценки качества проектного решения.

I. ВВЕДЕНИЕ

При проектировании множества изделий электронно-вычислительной техники (ИЭВТ) разработчику может потребоваться выбрать микроконтроллер (МК), например, в качестве системы управления изделием. Для решения этой задачи требуется подобрать МК, удовлетворяющий множеству критериев, что сделать очень сложно, т.к. число подобных критериев, как и альтернативных МК для сравнения может оказаться значительным. Исследователями в данной области предлагались различные подходы к решению указанной задачи [1]–[3]. Однако все предлагаемые методики сводятся к последовательной фильтрации по заданным критериям и отличаются лишь последовательностью применения критериев при отборе. Причем каждый автор настаивает, что именно его последовательность критериев является правильной [4-9].

Предлагается подойти к решению проблемы с научной точки зрения и применить аппарат теории принятия решений. Большинство предлагаемых подходов [1-9] в соответствии с теорией принятия решений может применяться лишь для сужения множества рассматриваемых вариантов, но никак не для выбора окончательного решения, поскольку, как правило, ведет к потере наиболее рациональных решений (т.е. удовлетворяющих ЛПР – лицо,

принимающее решение, в наибольшей степени с учетом значений всех заданных критериев оценки качества принимаемых решений).

Новизна и практическая значимость предлагаемой методики состоит в том, что она позволяет в интерактивном режиме вести поиск компромиссного решения задачи с точки зрения всех критериев в условиях их противоречивости и разной ценности. Причем в предлагаемой методике используются допустимые для ЛПР интерактивные процедуры принятия решений, то есть процедуры, при выполнении которых человек по результатам психологических исследований не совершает ошибок.

Делая выбор на основе опыта и интуиции, инженеры могут получить удовлетворительные результаты, но существует высокая вероятность ошибки. При более формализованном подходе можно обеспечить стабильный результат наиболее рационального выбора в условиях противоречивых критериев и большого числа альтернативных вариантов. Кроме того, формализованный алгоритм легко запрограммировать и тем самым автоматизировать выбор МК для ИЭВТ.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предлагается разбить задачу выбора МК на несколько последовательных этапов, постепенно сужающих пространство выбора, и на каждом этапе решить частную многокритериальную задачу на основе применения методов поддержки принятия решений. Каждый из методов имеет строгий алгоритм, что позволит автоматизировать весь процесс выбора МК согласно условиям проекта. Рассмотрим основные этапы процесса выбора:

- 1) формирование экспертной группы для участия в процессе принятия решения по выбору МК;
- 2) формирование экспертами критериев отбора семейства МК (группа критериев 1) как наиболее значимых из всего списка эксплуатационных, системных, экономических и производственных требований к предполагаемому ИЭВТ;
- 3) определение экспертами весов критериев группы 1;

- 4) ранжирование всех альтернативных семейств МК согласно взвешенной группе критериев 1 с определением наиболее подходящего семейства;
- 5) формирование экспертами критериев отбора МК внутри семейства (группа критериев 2);
- 6) ранжирование всех альтернативных МК согласно взвешенной группе критериев 2 с определением наиболее подходящего МК.

III. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ

A. Задачи этапа 1 - формирование группы экспертов

На данном этапе предлагается использовать метод ранга [10]. Лицо, принимающее решение (ЛПР), например, руководитель проекта выбирает k_3 специалистов для участия в экспертной группе, руководствуясь профессиональным стажем и областью их профессиональных интересов, необходимых для рассматриваемого проекта. Далее ЛПР задает числовые оценки компетентности экспертов C_{3i} ($i=1, \dots, k_3$) по десятибалльной шкале [11] и по формуле (1) определяется коэффициент W_{3i} компетентности каждого эксперта (значимость/вес голоса эксперта):

$$W_{3i} = \frac{C_{3i}}{\sum_i C_{3i}}, \quad i = 1, \dots, k_3. \quad (1)$$

Например, для исходных данных: $k_3=4$; $C_{31}=10$; $C_{32}=8$; $C_{33}=9$; $C_{34}=10$ получим коэффициенты: $W_{31}=0,27$; $W_{32}=0,22$; $W_{33}=0,24$; $W_{34}=0,27$.

B. Задачи этапа 2 – формирование критериев отбора семейства МК

Цель данного этапа – создать минимальный набор значимых критериев K_j ($j=1, \dots, n$), по которому в дальнейшем будет производиться отбор семейства микроконтроллеров. Предлагаемый исследователями [1,3] перечень критериев может быть, как расширен за счёт специфических требований заказчика, так и сокращён по желанию экспертной группы.

Каждый i -й эксперт исходя из собственного видения особенностей проекта и задачи, голосует за включение того или иного j -го критерия в группу 1, выставляя оценки (B_{ij}) «0» или «1». По каждому критерию высчитывается взвешенная сумма S_j голосов экспертов с учётом коэффициентов компетентности каждого эксперта по формуле (2):

$$S_j = \sum_i C_{3i} \cdot W_{3i}, \quad i = 1, \dots, k_3, \quad j = 1, \dots, n. \quad (2)$$

Условием отбора критериев в группу 1 может быть либо большинство отданных голосов экспертов, либо условие $S_j \geq 0,5$, либо комбинация обоих условий. Пример результатов голосования приведен в табл. 1, где критерии отбирались по условию $S_j \geq 0,5$.

Если число отобранных критериев слишком велико, то этап 2 можно повторить для сокращения этого перечня или для определения меньшего числа составных критериев с большим числом вложенных критериев отбора.

Таблица 1

Оценки C_{ij} критериев K_j экспертами $Э_i$ для включения в группу 1

№ п/п	Критерий K_j	Оценка от i -го эксперта с весом голоса W_{3i}				S_j
		$W_{31} = 0,27$	$W_{32} = 0,22$	$W_{33} = 0,24$	$W_{34} = 0,27$	
1	Предпочтения экспертов	1	1	1	1	1
2	Невысокая стоимость МК	1	1	1	1	1
3	Большой гарантийный срок эксплуатации	0	0	0	1	0,27
4	Требуемые электрические параметры	0	0	0	0	0
5	Требуемые механические параметры	0	1	0	0	0,22
6	Доступность отладочных средств	1	0	0	0	0,27
7	«Брендовость» архитектуры CPU	0	1	1	1	0,73
8	Допустимая потребляемая мощность	0	1	1	0	0,46
9	Наличие альтернативных поставщиков	1	1	0	1	0,76
10	Требуемая вычислительная мощность ядра	1	1	1	1	1
11	Требуемый объём RAM	1	1	1	1	1
12	Требуемый объём ROM	1	1	1	0	0,46
13	Требуемый тип корпуса	0	0	0	1	0,27

Допустим, что в группу 1 были отобраны шесть критериев ($n=6$), два из которых составные:

- K_1 . Предпочтения экспертов
- K_2 . Вычислительная мощность ядра
 - $K_{2.1}$. Удельная производительность
 - $K_{2.2}$. Разрядность
 - $K_{2.3}$. Тактовая частота
- K_3 . «Брендовая» архитектура ЦПУ МК
- K_4 . Стоимость разработки
 - $K_{4.1}$. Стоимость МК с доп. компонентами
 - $K_{4.2}$. Стоимость ПО
- K_5 . Объем ОЗУ
- K_6 . Наличие альтернативных поставщиков.

C. Задачи этапа 3 – определение весов критериев группы 1

В группе 1 критериев мы видим иерархическую систему: критерии верхнего уровня иерархии оценки ($K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$) и нижнего уровня (вложенные критерии: $K_{2.1}, K_{2.2}, K_{2.3}$ и $K_{4.1}, K_{4.2}$). Вначале вычисляется вес каждого критерия верхнего уровня

группы 1 и выполняется их ранжирование по важности. Для расчётов предлагается применить метод ранга, как и в разделе III, А. Каждый i -й эксперт формирует десятибалльные оценки (R_{ij}) каждого j -го критерия K_j (см. табл. 2).

Таблица 2

Экспертные оценки важности критериев

$W_{Э_i}$	$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6
		R_{ij}					
0,27	1	8	6	10	3	3	4
0,22	2	6	7	9	5	4	3
0,24	3	8	10	10	7	7	5
0,27	4	10	9	8	6	7	5
$\sum_i R_{ij} \cdot W_{Э_i}$		8,10	7,99	9,24	5,21	5,26	4,31

Далее рассчитаем веса W_{K_j} критериев K_j с учётом коэффициента $W_{Э_i}$ компетентности каждого эксперта по формуле (3):

$$W_{K_i} = \frac{\sum_j R_{ij} \cdot W_{Э_i}}{\sum_j \sum_i R_{ij} \cdot W_{Э_i}}, \quad i = 1, \dots, k_{Э}, \quad j = 1, \dots, n. \quad (3)$$

В результате расчетов были получены следующие веса критериев верхнего уровня: $W_{K_1}=0,20$; $W_{K_2}=0,20$; $W_{K_3}=0,23$; $W_{K_4}=0,13$; $W_{K_5}=0,13$; $W_{K_6}=0,11$, которые отражают их важность. Согласно весам можно проранжировать критерии верхнего уровня иерархии группы 1 следующим образом (по убыванию): $K_3, K_1, K_2, K_4, K_5, K_6$ или ($K_3 > K_1 = K_2 > K_4 = K_5 > K_6$).

Для каждого i -го составного критерия опустимся на уровень ниже в иерархии критериев ($K_{i,1}, K_{i,2}, \dots$). Для каждого такого подмножества определим свою внутреннюю взаимную важность (вес) вложенных критериев ($W_{i,1}, W_{i,2}, \dots$) для формирования оценки по соответствующему составному критерию. Т.е. оценим, например, насколько важна разрядность (вес критерия $K_{2,1}$) при оценке вычислительной мощности ядра (критерия K_2). Таким образом, для всех вложенных критериев ($K_{2,1}, K_{2,2}, K_{2,3}$) и ($K_{4,1}, K_{4,2}$) проделаем процедуры, аналогичные рассмотренным в начале раздела III, С. Допустим, что были получены следующие внутренние веса критериев: $W_{2,1}=0,50$; $W_{2,2}=0,33$; $W_{2,3}=0,17$; $W_{4,1}=0,67$; $W_{4,2}=0,33$.

Поскольку общее число критериев (с учётом вложенных) невелико (≤ 10), можно избавиться от составных критериев и «поднять» все вложенные критерии на уровень выше. Т.е. вместо критерия K_2 появятся три новых критерия верхнего уровня (соответствующие вложенным критериям ($K_{2,1}, K_{2,2}, K_{2,3}$)). Для этого вычислим итоговые веса новых критериев умножением их собственных внутренних весов ($W_{i,1}, W_{i,2}, \dots$) на вес соответствующего составного критерия (в нашем примере K_2 или K_4). Тогда в результате вычислений получим: $W_{K_{2,1}}=0,10$; $W_{K_{2,2}}=0,07$; $W_{K_{2,3}}=0,03$; $W_{K_{4,1}}=0,09$; $W_{K_{4,2}}=0,04$, а новое

общее число критериев верхнего (и единственного) уровня станет $n=9$.

Если общее число критериев (с учётом вложенных) значительно (> 10), то следует провести процедуры сравнения альтернатив (см. раздел III, D.) по каждому составному критерию отдельно (т.е. по его вложенным критериям нижнего уровня), и эти оценки использовать при сравнении альтернатив по критериям верхнего уровня иерархии.

D. Задачи этапа 4 – выбор и ранжирование альтернативных семейств МК

Для сокращения числа альтернативных семейств МК до разумной величины можно применить методику, предложенную в разделе III, B: голосование экспертов. Имеет смысл оценивать семейство по его «топовому» представителю, поскольку остальные МК семейства, как правило, уступают ему по ряду параметров. Эксперты выставляют оценки «0» или «1» каждой из альтернатив и, сравнивая число голосов или взвешенную оценку альтернативы, можно отбросить наименее удовлетворяющие требованиям экспертов, например, с числом голосов менее трех (см. табл. 3).

Таблица 3

Экспертные оценки семейств МК (альтернатив A1) экспертами Э1

Наименование альтернативы	Оценка от i -го эксперта с весом $W_{Э_i}$				Общее число голосов
	$W_{Э_1}=0,27$	$W_{Э_2}=0,22$	$W_{Э_3}=0,24$	$W_{Э_4}=0,27$	
8-разрядные					
PIC16 (Microchip)	1	1	0	0	2
PIC18F (Microchip)	0	0	0	1	1
tinyAVR (Atmel)	0	0	1	0	1
megaAVR (Atmel)	1	0	0	0	1
XMEGA AVR (Atmel)	1	0	0	1	2
P80C51SBAA (NXP)	0	1	0	1	2
16-разрядные					
PIC24F (Microchip)	0	1	0	1	2
PIC24H (Microchip)	0	0	0	0	0
MSP430 (TI)	0	0	0	0	0
32-разрядные					
PIC32MX360F512L (Microchip)	1	1	1	0	3
AT32AP7000 (Atmel)	1	1	1	1	4
AVR32 UC3 (Atmel)	1	1	0	0	2
TM4C123x (TI)	0	0	1	0	1
TM4C129x (TI)	1	0	0	1	2
LPC2138 (NXP)	1	1	1	1	4
DSP					
dsPIC30F (Microchip)	1	0	0	1	2
dsPIC33F (Microchip)	0	1	0	1	2
C5000™ (TI)	1	0	1	0	2
C6000™ (TI)	0	0	0	0	0

Допустим, что в нашем примере экспертами были выставлены оценки, как показано в табл. 3 и выбраны три ($m=3$) альтернативы: A1) PIC32MX360F512L, A2) AT32AP7000, A3) LPC2138. Для их сравнения по выбранным в разделе III, E критериям предлагается применить метод аналитических иерархий [10],

определяющий степень предпочтительности альтернативы на основании значений функций ценности альтернатив по каждому критерию. ЛПР заполняет таблицу сравнительной оценки альтернатив (см. табл. 4), расставляя приоритеты путем сравнения числовых или лингвистических характеристик семейств МК, основываясь на данных компаний-производителей или поставщиков.

Таблица 4

Сравнительная оценка семейств МК

Критерии (вес)	Значение характеристики (приоритета) альтернативы		
	A1	A2	A3
K_1 . Предпочтения экспертов, число голосов «за» (0,20)	4 (2)	3 (3)	4 (1)
K_2 . Удельная производительность, MIPS/МГц (0,10)	1.48(2)	1.56 (1)	— (3)
K_3 . Разрядность (0,07)	32 (2)	32/16 (1)	32/16 (1)
K_4 . Тактовая частота (0,03)	200(1)	80(2)	60(3)
K_5 . «Брендовая» архитектура ЦПУ МК (0,23)	Avr (3)	MIPS (2)	ARM (1)
K_6 . Стоимость контроллера с дополнительными компонентами (0,09)	(2)	(3)	(1)
K_7 . Стоимость ПО (0,04)	(1)	(2)	(3)
K_8 . Объем ОЗУ, МБайт (0,13)	32 (1)	32(1)	32(1)
K_9 . Наличие альтернативных поставщиков (0,11)	Мало (2)	Мало (2)	Много (1)

Для сравнения альтернативных семейств по методу аналитических иерархий строятся n матриц Y^{kl} ($l=1, \dots, n$) взаимного предпочтения альтернатив по каждому l -му критерию (см. рис. 1). Элементом y_{ij}^{kl} l -ой матрицы является относительная важность альтернативы A_i ($i=1, \dots, m$) по сравнению с альтернативой A_j ($j=1, \dots, m$) по критерию K_l . Эта важность указывается по следующей шкале: равная важность – 1, умеренное превосходство – 3, существенное превосходство – 5, значительное превосходство – 7, очень большое превосходство – 9.

$$Y^{K1} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 3 \\ 3 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/5 & 1 \end{pmatrix}, Y^{K2} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1/3 \\ 1/3 & 1 & 1/5 \\ 5 & 1 & 1 \end{pmatrix}, Y^{K3} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/3 \\ 3 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix},$$

$$Y^{K4} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{pmatrix}, Y^{K5} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}, Y^{K6} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 3 \\ 3 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/5 & 1 \end{pmatrix},$$

$$Y^{K7} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{pmatrix}, Y^{K8} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, Y^{K9} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}.$$

Рис. 1. Матрицы взаимного предпочтения альтернатив по каждому критерию

Далее с использованием значений y_{ij}^{kl} рассчитываем ценность каждой альтернативы по формуле (4):

$$V_{Aj}^{kl} = \frac{\sum_j \sqrt[m]{\prod_j y_{ij}^{kl}}}{\sqrt[m]{\prod_j y_{ij}^{kl}}}, \quad (4)$$

где $i=j=1, \dots, m$; $l=1, \dots, n$.

Итоговая ценность альтернатив рассчитывается по формуле (5):

$$U_{Aj} = \sum_l V_{Aj}^{kl} \cdot W_{Kl}. \quad (5)$$

и составит $U_{A1}=0,16$; $U_{A2}=0,54$; $U_{A3}=0,30$. Значит наилучшим выбором будет альтернатива A2) семейство PIC32MX3xx.

Если количество отобранных для сравнения альтернатив слишком велико для метода аналитических иерархий, то существует большая вероятность получить несогласованные матрицы попарного сравнения альтернатив по критериям. Тогда можно использовать метод перестановок [11]. Для него возможно исключить участие ЛПР в процедуре попарного сравнения альтернатив с целью минимизации несогласованности оценок. Процедура ранжирования альтернатив и выбора наилучшей может быть полностью автоматизирована (за исключением расчёта весов критериев). Процедура расчета весов критериев аналогична рассмотренной в разделе III, C.

Метод перестановок заключается в упорядочении альтернатив на основе расчета показателя Z_{ij} для каждой пары альтернатив A_i и A_j ($i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, m$) (6).

$$Z_{ij} = \sum_l W_{Kl} - \sum_p W_{Kp}. \quad (6)$$

В формуле (6) W_{Kl} ($l \leq n$) – веса критериев, по которым альтернатива A_i лучше A_j , а W_{Kp} ($p \leq n$) – веса критериев, по которым альтернатива A_i хуже A_j .

Е. Задачи этапа 5 – формирование критериев отбора МК

Задачи этого этапа решаются аналогично задачам этапа 3 (см. раздел III, C). Будем считать, что на этом этапе была выбрана некоторая группа 2 критериев и рассчитаны их весовые оценки:

- K_1 . Отладочные возможности ($W_{K1}=0,33$).
- K_2 . Объем Flash ПЗУ $\geq 256K6$ ($W_{K2}=0,27$).
- K_3 . Объем ОЗУ $\geq 16K6$ ($W_{K3}=0,20$).
- K_4 . Тип корпуса ($W_{K4}=0,13$).
- K_5 . Стоимость ($W_{K5}=0,07$).

Г. Задачи этапа 6 – выбор и ранжирование МК

Задачи этого этапа решаются аналогично задачам этапа 4 (см. раздел III, D). Рассмотрим пример (табл. 3) выбора одного из четырех альтернативных МК (A1 – PIC32MX320F128H, A2 – PIC32MX440F256H, A3 – PIC32MX460F512L, A4 – PIC32MX460F256L) по пяти

выбранным на пятом этапе критериям (K_1-K_5). Хотя фирма-изготовитель предоставляет существенно больший выбор МК семейства и видов корпусов для некоторых из них, для иллюстрации подхода ограничимся указанными в табл. 5 данными. Как и в табл. 4, числа в скобках означают назначенные ЛПП приоритеты (относительную важность) каждой альтернативы по каждому критерию с точки зрения их актуальности для данного проекта.

Таблица 5

Сравнительная оценка альтернативных МК

Критерий	W_{K_i}	Значение характеристики (приоритета) альтернативы			
		A1	A2	A3	A4
K1. Отладочные возможности	0,33	2	2	1	1
K2. Объем Flash ПЗУ ≥ 256 Кб (Кбайт)	0,27	128 (2)	256 (1)	512 (1)	256 (1)
K3. Объем ОЗУ ≥ 16 Кб (Кбайт)	0,20	16 (2)	32 (1)	32 (1)	32 (1)
K4. Тип корпуса	0,13	TQFP-64 (1)	TQFP-64 (1)	XBGA-121 (3)	TQFP-100 (2)
K5. Стоимость	0,07	1	1	3	2

Проведя расчеты по формулам (4), (5) вычислим степень предпочтения каждой альтернативы с учётом весов критериев: $U_{A1}=0,17$; $U_{A2}=0,26$; $U_{A3}=0,28$; $U_{A4}=0,29$. Отсюда ранжирование альтернатив по степени предпочтительности будет следующим: наиболее предпочтительная A4 (ценность=0,29), далее – A3 (ценность=0,28), A2 (ценность=0,26), A1 (ценность=0,17).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе рассмотрен вопрос автоматизации процедуры выбора микроконтроллера при проектировании различных изделий ЭВТ и предложена методика решения задачи, состоящая из нескольких последовательных этапов. На каждом этапе в результате применения методов поддержки принятия решений перечень рассматриваемых микроконтроллеров существенно сокращается, что в конечном итоге приводит к решению поставленной задачи. Предлагаемый подход позволяет свести процедуру выбора микроконтроллера к последовательности допустимых процедур принятия решений, то есть процедур, при выполнении которых эксперты, как правило, не допускают ошибок, а также позволит избежать предвзятости специалистов при принятии решений. Описанный подход может быть положен в основу разработки автоматизированной

системы поддержки принятия решений (СППР) для выбора микроконтроллера. Вариантов программного исполнения подобной системы может быть множество, т.к. её интерфейс и параметры (число и характер используемых критериев и число способов описания альтернатив) определяется согласно требованиям пользователей (руководителя проекта, руководителя подразделения или инженера-разработчика ИЭВТ).

Предложенная методика выбора микроконтроллеров, основанная на формальных процедурах, позволяет автоматизировать отбор, учитывая множество противоречивых факторов и специфику конкретной задачи, что позволит получить в конечном итоге более качественное изделие.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ежов В. Выбор микроконтроллера и другие решения для встраиваемой системы. [Электронный ресурс]. // Электронные компоненты, 2008, №11, С. 73-77 URL: <http://www.russianelectronics.ru/developer/review/2192/doc/45630/> (Дата обращения: 04.03.2016).
- [2] Giovino B. Choosing a Microcontroller Architecture. [Электронный ресурс]. URL: http://microcontroller.com/Choosing_a_Microcontroller_Architecture_Part_1.htm (Дата обращения: 05.03.2016).
- [3] Сердюков О.В., Мухин Ю.Д. Выбор микроконтроллера. [Электронный ресурс]. URL: <http://asutpnews.ru/content/view/28/> (Дата обращения: 21.02.2016).
- [4] Выбираем микроконтроллер вместе. [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/post/122030/> (Дата обращения: 27.04.2016)
- [5] Microprocessor (MPU) or Microcontroller (MCU)? [Электронный ресурс]. URL: <http://chipenable.ru/index.php/embedded-programming/item/204-mikroprotessor-ili-mikrokontrollerss-cto-vybrat-dlya-svoey-razrabotkiss.html> (Дата обращения: 27.04.2016)
- [6] Сердюков О.В., Мухин Ю.Д. Выбор Микроконтроллера [Электронный ресурс]. URL: <http://asutpnews.ru/content/view/28/45/> (Дата обращения: 28.04.2016)
- [7] Классификация и выбор микроконтроллеров [Электронный ресурс]. URL: <http://prog-cpp.ru/select-micro/> (Дата обращения: 27.04.2016)
- [8] Кутень И. Выбор микроконтроллера и другие решения для встраиваемой системы. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.russianelectronics.ru/developer/review/2192/doc/45630/> (Дата обращения: 28.04.2016)
- [9] Критерии выбора микроконтроллера. [Электронный ресурс]. URL: <http://microchipinf.com/articles/45/138> (Дата обращения: 28.04.2016)
- [10] Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: Учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Логос, 2002, - 392 с.4.
- [11] Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений. - М.: СИНТЕГ, 1998. - 376 с.5.

Procedure of automated MCU selection for design of electronic and computer technology products

A.V. Vishnekov, V.V. Erokhin, E. M. Ivanova,

National Research University Higher School of Economics, emivanova@hse.ru

Keywords - design solution, the microcontroller choice, expert, criteria for evaluation of design decision quality.

ABSTRACT

Purpose. When designing products of electronic and computer technology (PECT) developer may need to select the microcontroller (MCU), for example, as the product control system. The problem of MCU choice is very difficult multi-criteria task with significant number of criteria and alternative MCU for comparison. One can obtain satisfactory results, choosing intuitively based on own experience [1]-[9], but also can make a mistake. At the same time, formal decision-making support methods steadily provide the most rational choice with conflicting selection criteria and a large number of alternatives.

Methods. It is suggested to divide the MCU selection task into several consecutive phases, gradually converging selection space, and to solve individual multicriteria task based on the decision making methods application at each stage: method of rank [11], group procedure of experts vote, method of analytical hierarchies [10]. Each of these methods has strict algorithm that will automate the entire process of MCU choice in accordance with project specifications.

Results. The report considers an example of MCU selection by application of decision-making support methods that systematically reduce MCU list and ultimately lead to the task solution.

Conclusion. The proposed approach allows you to bring the microcontroller selection procedure to sequence of the acceptable decision-making procedures. These procedures, as a rule, do not allow experts to make errors and would avoid the expert's prejudgment in decision-making. The methodology proposed for MCU selection is based on formal procedures that enables you to automate the selection taking into account many contradictory factors and properties of a specific task that will allow ultimately getting more qualitative project decision.

REFERENCES

- [1] V. Ezhov Vybor mikrokontrollera i drugie reshenija dlja vstraivaemoj sistemy. [Jelektronnyj resurs]. // Jelektronnye komponenty, 2008, No. 11, pp. 73-77 URL: <http://www.russianelectronics.ru/developer-r/review/2192/doc/45630/> (Accessed: 04.03.2016) (in Russian).
- [2] Giovino B. Choosing a Microcontroller Architecture. [Jelektronnyj resurs]. URL: http://microcontroller.com/Choosing_a_Microcontroller_Architecture_Part_1.htm (Accessed: 05.03.2016) (in Russian).
- [3] Serdjukov O.V., Muhin Ju.D. Vybor mikrokontrollera. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://asutpnews.ru/content/view/28/> (Accessed: 12.20.2016) (in Russian).
- [4] Vybraem mikrokontroller vmeste. [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://habrahabr.ru/post/122030/> (Accessed: 27.04.2016) (in Russian).
- [5] Microprocessor (MPU) or Microcontroller (MCU)? [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://chipenable.ru/index.php/embedded-programming/item/204-mikroprotessor-ili-mikrokontrollerss-cto-vybrat-dlya-svoey-razrabotkiss.html> (Accessed: 27.04.2016) (in Russian).
- [6] Serdjukov O.V., Muhin Ju.D. Vybor Mikrokontrollera [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://asutpnews.ru/content/view/28/45/> (Accessed: 28.04.2016) (in Russian).
- [7] Klassifikacija i vybor mikrokontrollerov [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://prog-cpp.ru/select-micro/> (Accessed: 27.04.2016) (in Russian).
- [8] Kuten' I. Vybor mikrokontrollera i drugie reshenija dlja vstraivaemoj sistemy. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.russianelectronics.ru/developer-r/review/2192/doc/45630/> (Accessed: 28.04.2016) (in Russian).
- [9] Kriterii vybora mikrokontrollera. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://microchipinf.com/articles/45/138> (Accessed: 28.04.2016)
- [10] Larichev O.I. Teorija i metody prinjatija reshenij, a takzhe Hronika sobytij v stranah Volshebnyh: Uchebnik. Izd. 2-e, pererab. i dop. – Moscow, Logos, 2002, - 392 p. (in Russian).
- [11] Trahtengerc Je. A. Komp'juternaja podderzhka prinjatija reshenij. – Moscow, SINTEG, 1998. - 376 p. [2] Kharlamova, T.L. Motivational basis for the effective work of an enterprise. Ekonomika i upravlenie, 2006, No. 3, pp. 100-102 (in Russian).