

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №3, Том 10 / 2018, No 3, Vol 10 <https://esj.today/issue-3-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/33ITVN318.pdf>

Статья поступила в редакцию 21.04.2018; опубликована 19.06.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Спиридонов С.Б., Постников В.М. Сравнительный анализ и ранжирование пакетов программ схемотехнического моделирования // Вестник Евразийской науки, 2018 №3, <https://esj.today/PDF/33ITVN318.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Spiridonov S.B., Postnikov V.M. (2018). Comparative analysis and ranking software packages of circuit engineering simulation. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(10). Available at: <https://esj.today/PDF/33ITVN318.pdf> (in Russian)

УДК 519.812.4

Спиридонов Сергей Борисович

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Москва, Россия
Доцент кафедры «Системы обработки информации и управления»
E-mail: spirid@bmstu.ru

Постников Виталий Михайлович

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Москва, Россия
Доцент кафедры «Системы обработки информации и управления»
Кандидат технических наук
E-mail: postnikovvm@yandex.ru

Сравнительный анализ и ранжирование пакетов программ схемотехнического моделирования

Аннотация. В статье рассмотрен подход к сравнительной оценке пакетов программ схемотехнического моделирования с целью их ранжирования и выбора среди них наилучшего при проведении научно-исследовательских работ и решении задач учебного процесса в вузе по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника». Подход основан на использовании интегрального критерия в виде аддитивной свертки десяти локальных критериев, учитывающих функциональные возможности пакетов программ и потребности пользователей. Интегральный критерий включает как весовые коэффициенты локальных критериев, так и показатели важности сравниваемых пакетов программ по выбранным локальным критериям.

Авторами проведена оценка важности локальных критериев, на основе их парного сравнения, и по ее результатам получен вид частично линейного порядка ранжирования критериев. Расчет весовых коэффициентов локальных критериев выполнен с помощью комбинированного подхода, с последующим усреднением полученных результатов. Комбинированный подход включает использование метода парного сравнения критериев на основе фиксированного предпочтения и метода настраиваемой арифметической прогрессии для частично линейно ранжированного ряда локальных критериев. Для оценки показателей важности сравниваемых пакетов программ выбранным локальным критериям, предложена вербально-числовая шкала с тремя уровнями градаций, имеющими соответствующие бальные оценки.

Авторами, на основе проведенного анализа, выбраны пакеты программ схемотехнического моделирования, широко используемые для решения набора задач

рассматриваемого класса, и проведено их ранжирование по степени предпочтения использования. Показано, что наиболее предпочтительным является использование пакета Logisim; затем следуют пакеты Qucs; Proteus, Multisim 10. Проведенный анализ также показал незначительное преимущество рассматриваемых пакетов программ схемотехнического моделирования при их сравнительной оценке.

Ключевые слова: сравнительная оценка; пакеты программ; схемотехническое моделирование; интегральный критерий; локальный критерий; парное сравнение критериев; весовые коэффициенты критериев; метод фиксированного предпочтения; метод арифметической прогрессии

Введение

При проектировании и исследовании условий работоспособности устройств современной вычислительной техники используют пакеты программ схемотехнического моделирования (ППСМ). Эти пакеты программ позволяют проводить моделирование функционирования разрабатываемых электронных устройств вычислительной техники, а также исследование различных режимов работы этих устройств с целью выбора наилучшего варианта их практической реализации.

Пакеты программ схемотехнического моделирования составляют основу набора инструментальных средств разработчика электронной аппаратуры, поэтому их широко используют:

- инженеры-исследователи для решения практических задач, стоящих перед предприятиями, при выполнении опытно-конструкторских работ;
- аспиранты, выполняющие научно-исследовательские работы по договорам с промышленными предприятиями;
- студенты высших учебных заведений при решении задач учебного процесса, а также при выполнении научно-исследовательских и выпускных квалификационных работ.

ППСМ, при их использовании, позволяют:

- непосредственно оценивать влияние различных факторов на альтернативные режимы функционирования проектируемых электронных устройств;
- разрабатывать электронные устройства без применения дорогих, а подчас и довольно сложных в создании, экспериментальных стендов;
- выбирать наилучший вариант проектного решения электронного устройства за счет использования методов теории планирования и организации экспериментальных исследований и методов теории принятия решений;
- приобретать практические навыки построения моделей сложных схем современных электронных устройств;
- дополнять теоретические знания результатами практических исследований для дальнейшего развития и совершенствования этих знаний.

По мере развития и совершенствования компьютерного оборудования, в частности, серверов, коммутаторов и т. д., а следовательно, и входящих в их состав разных электронных устройств, также постоянно развиваются и совершенствуются ППСМ.

В настоящее время существует большое число компьютерных пакетов программ схемотехнического моделирования, которые используют в практической инженерной деятельности и в учебном процессе в вузах. Поэтому выбор пакета программ, в наибольшей степени удовлетворяющего потребности пользователей, решающих конкретные функциональные задачи, согласно [1], является весьма актуальной задачей.

Постановка задачи. Провести сравнительную оценку и ранжирование пакетов программ схемотехнического моделирования по предпочтительности их использования для проведения научно-исследовательских работ и решения задач учебного процесса в вузе по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника».

Решение задачи. Анализ целого ряда работ, среди которых в первую очередь следует выделить [1-6], показал, что наиболее широко в России, при выполнении научно-исследовательских работ и подготовки в вузах специалистов по направлению «Информатика и вычислительная техника», используют следующие ППСМ: Multisim 10, Qucs, Logisim и Proteus. Для сравнительного анализа и ранжирования альтернативных вариантов программных средств по степени предпочтительности использования, согласно [7, 8], целесообразно использовать интегральный критерий в виде взвешенной суммы локальных критериев.

$$Y_l = \max_j Y_j = \max_j \sum_{i=1}^n \alpha_i b_{ij} \quad (1)$$

где Y_j – количественная оценка j -го варианта по интегральному критерию; $j = 1, \dots, m$;

l – наилучший вариант решения согласно интегральному критерию;

m – количество вариантов подлежащих сравнению;

n – количество локальных критериев, по которым производят сравнение вариантов;

α_i – весовой коэффициент i -го локального критерия; $i = 1, \dots, n$;

b_{ij} – коэффициент важности j -го варианта по i -му локальному критерию.

При этом локальные критерии должны учитывать:

- простоту освоения и удобство практического использования пакета программ;
- временные и финансовые затраты, требуемые для решения сформированного круга научно-исследовательских задач, с помощью пакета программ;
- наличие методических материалов, обеспечивающих эффективное практическое использование всех функциональных возможностей пакета программ;
- соответствие пакета программ педагогической эффективности его использования и требованиям методики преподавания учебной дисциплины в вузе.

С учетом особенностей научно-исследовательских работ и учебного процесса по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника», предъявляемых к ППСМ, были отобраны следующие локальные критерии сравнительного анализа ППСМ.

K_1 – наличие русифицированной версии;

K_2 – простота и удобство пользовательского интерфейса, наличие подсказок;

K_3 – наличие библиотеки типовых функциональных элементов и схем;

- K_4 – отображение результатов моделирования встроенными средствами;
- K_5 – обеспечение пакетов русскоязычной печатной литературой;
- K_6 – наличие доступных пользователю средств контроля и диагностики;
- K_7 – наличие разнообразных виртуальных типов приборов и индикаторов;
- K_8 – возможность организации вложенных подсхем;
- K_9 – трудоемкость установки пакета и требования к ресурсам компьютера;
- K_{10} – лицензионная политика и наличие свободно распространяемой демо-версии.

Для ранжирования локальных критериев по важности, согласно [7, 9], предложено использовать метод парного сравнения критериев на основе фиксированного предпочтения, сочетающий достоинства классического метода парного сравнения критериев и упрощенного метода анализа иерархий.

При использовании этого метода матрицу парного сравнения критериев заполняют коэффициентами k_{ij} следующим образом:

$$k_{ij} = \begin{cases} 1,5 & \text{если критерий } i \text{ более важен чем критерий } j \\ 0,5 & \text{если критерий } i \text{ менее важен чем критерий } j \\ 1 & \text{если критерии } i \text{ и } j \text{ имеют одинаковую важность} \end{cases} \quad (2)$$

При этом все диагональные элементы матрицы парного сравнения критериев должны быть равны единице. После заполнения матрицы коэффициентами k_{ij} согласно выражению (2) последовательно вычисляют значения k_i – уровни важности каждого из критериев K_i , где $i = 1, \dots, n$, по формуле:

$$k_i = \sum_{j=1}^n k_{ij} \quad (3)$$

Результаты парного сравнения критериев, полученные на основе метода фиксированного предпочтения, приведены в табл. 1. В последнем столбце этой таблицы приведены значения уровней важности критериев, вычисленные по формуле (3).

Таблица 1

Матрица парного сравнения критериев на основе фиксированного предпочтения

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	k_i
K1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	14,5
K2	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	13,0
K3	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	13,0
K4	0,5	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	11,5
K5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	10,5
K6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	9,5
K7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	8,0
K8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	8,0
K9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1,5	6,5
K10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	5,5

Составлено авторами

Анализ результатов, приведенных в последнем столбце табл. 1 показывает, что значения уровней важности критериев связаны следующим отношением:

$$k_1 > k_2 = k_3 > k_4 > k_5 > k_6 > k_7 = k_8 > k_9 > k_{10} \quad (4)$$

Поэтому согласно выражению (4) имеет место частично линейный ранжированный ряд локальных критериев следующего вида:

$$K_1 \succ K_2 \approx K_3 \succ K_4 \succ K_5 \succ K_6 \succ K_7 \approx K_8 \succ K_9 \succ K_{10} \quad (5)$$

При этом получаем:

n – число сравниваемых критериев, $n = 10$;

g – число групп важности критериев, $g = 8$, поскольку критерии K_2 и K_3 входят в одну группу важности, критерии K_7 и K_8 также входят в одну группу важности.

Для корректного расчета весовых коэффициентов критериев, упорядоченных согласно выражению (5), предложено использовать комбинированный подход, включающий три способа их вычисления с последующим усреднением полученных результатов.

Первый способ вычисления весовых коэффициентов критериев $\alpha_{i(1)}$ основан на использовании метода парного сравнения критериев на основе фиксированного предпочтения. Вычисления весовых коэффициентов критериев по второму и третьему способам, соответственно $\alpha_{i(2)}$ и $\alpha_{i(3)}$, основаны на использовании метода настраиваемой арифметической прогрессии [10]. При этом этот метод используют два раза:

при способе 2: $\gamma = \alpha_1 / \alpha_n = n/2$, а при способе 3: $\gamma = \alpha_1 / \alpha_n = g$.

Где α_1 и α_n – соответственно весовые коэффициенты наиболее и наименее важных локальных критериев;

γ – коэффициент, показывающий уровень превосходства весового коэффициента наиболее важного критерия по сравнению с наименее важным критерием.

Согласно результатам парного сравнения критериев на основе фиксированного предпочтения, приведенным в табл. 1, при первом способе весовые коэффициенты критериев $\alpha_{i(1)}$ вычисляют по формуле:

$$\alpha_{i(1)} = \frac{k_i}{n^2} \quad \text{где } i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

где $n^2 = \sum_{i=1}^n k_i$ – суммарный уровень важности всех критериев

При частично линейном порядке ранжирования критериев, расчет их весовых коэффициентов, при использовании метода настраиваемой арифметической прогрессии, осуществляют, согласно [10], следующим образом:

- определяют знаменатель арифметической прогрессии Δ_α :

$$\Delta_{\alpha} = \left[\frac{n \cdot (g - 1)}{(\gamma - 1)} + \sum_{j=1}^g n_j (g - j) \right]^{-1} \quad (7)$$

где n – число локальных критериев подлежащих сравнению;

g – число групп важности критериев в частично линейном ранжированном ряду;

j – номер группы важности критериев в частично линейном ранжированном ряду критериев $j = 1, \dots, g$;

α_j – весовой коэффициент критерия, входящего в состав j -ой группы важности, в частично линейном ранжированном ряду критериев;

n_j – число критериев, входящих в состав j -ой группы важности, в частично линейном ранжированном ряду критериев.

- определяют весовой коэффициент α_n^* критериев наименее важной группы:

$$\alpha_n^* = \frac{(g - 1) \cdot \Delta_{\alpha}}{(\gamma - 1)} \quad (8)$$

- определяют весовые коэффициенты α_j^* групп важности критериев, учитывая то, что они являются членами арифметической прогрессии:

$$\alpha_j^* = \alpha_n^* + (g - j) \cdot \Delta_{\alpha} \quad \text{где } j = 1, \dots, g \quad (9)$$

- определяют весовые коэффициенты локальных критериев;

В данном случае для способа 2 имеем.

$$\left(\begin{array}{l} \alpha_{1(2)} = \alpha_{1(2)}^* , \quad \alpha_{2(2)} = \alpha_{3(2)} = \alpha_{2(2)}^* , \quad \alpha_{4(2)} = \alpha_{3(2)}^* , \quad \alpha_{5(2)} = \alpha_{4(2)}^* , \quad \alpha_{6(2)} = \alpha_{5(2)}^* , \\ \alpha_{7(2)} = \alpha_{8(2)} = \alpha_{6(2)}^* , \quad \alpha_{9(2)} = \alpha_{7(2)}^* , \quad \alpha_{10(2)} = \alpha_{8(2)}^* , \end{array} \right. \quad (10)$$

Аналогичные формулы, только $\alpha_{i(2)}$ заменяют на $\alpha_{i(3)}$, используют для способа 3.

Следует иметь в виду, что при линейном порядке ранжирования критериев расчет весовых коэффициентов локальных критериев существенно упрощается, их вычисляют согласно [10] по следующей формуле

$$\alpha_i = 2 \cdot \frac{(\gamma n - 1) - i(\gamma - 1)}{n \cdot (n - 1) \cdot (\gamma + 1)} \quad \text{где } i = 1, 2, \dots, n$$

Весовые коэффициенты критериев, рассчитанные тремя рассмотренными способами, приведены в табл. 2, соответственно столбцы 2-4.

Способ 1 значения $\alpha_{i(1)}$, $i = 1, 2, \dots, n$ определяют по формуле (6).

Способ 2 значения $\alpha_{i(2)}$, $i = 1, 2, \dots, n$ определяют при $\gamma = n/2 = 5$ по формулам (7-10).

Способ 3 значения $\alpha_{i(3)}$, $i = 1, 2, \dots, n$ определяют при $\gamma = g = 8$ по формулам (7-10).

Таблица 2

Таблица весовых коэффициентов критериев и оценки их согласия

Критерий	$\alpha_{i(1)}$	$\alpha_{i(2)}$	$\alpha_{i(3)}$	α_i	$\beta_i = (\alpha_{i\max} - \alpha_{i\min}) / \alpha_i$
1	2	3	4	5	6
K1	0,145	0,1635	0,1739	0,161	0,179
K2	0,130	0,1448	0,1522	0,143	0,156
K3	0,130	0,1448	0,1522	0,143	0,156
K4	0,115	0,1261	0,1304	0,124	0,125
K5	0,105	0,1075	0,1088	0,107	0,035
K6	0,095	0,0885	0,0869	0,089	0,034
K7	0,08	0,0701	0,652	0,072	0,206
K8	0,08	0,0701	0,0652	0,072	0,206
K9	0,065	0,0514	0,0435	0,053	0,404
K10	0,055	0,0327	0,0217	0,037	0,962
$\gamma = \alpha_1 / \alpha_{10}$	$\gamma = 2,58$	$\gamma = 5$	$\gamma = 8$	$\gamma = 4,35$	

Составлено авторами

Итоговые α_i – средние значения весовых коэффициентов критериев, вычисленные по формуле (11), приведены в табл. 2, столбец 5.

$$\alpha_i = \frac{\alpha_{i(1)} + \alpha_{i(2)} + \alpha_{i(3)}}{3} \quad (11)$$

Оценка согласованности результатов, полученных разными способами, проведена с использованием подхода, предложенного в [11] и основана на вычислении показателя.

β_i , для каждого из критериев, по формуле (12).

$$\beta_i = \frac{\alpha_{i\max} - \alpha_{i\min}}{\alpha_i} \quad \text{где } i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

где $\alpha_{i\max}$ и $\alpha_{i\min}$ – соответственно максимальные и минимальные значения весовых коэффициентов из набора $\alpha_{i(1)}$, $\alpha_{i(2)}$, $\alpha_{i(3)}$.

Если значения β_i удовлетворяют условию (13), то итоговые средние значения весовых коэффициентов критериев, вычисленные по формуле (11) следует считать корректными.

$$\beta_i < 1 \quad \text{где } i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Значения показателя β_i , вычисленные по формуле (12), приведены в табл. 2, столбец 6. Анализ этих значений показывает, что все они удовлетворяют условию (13), поэтому весовые коэффициенты локальных критериев, рассчитанные по формуле (11), могут быть использованы для проведения сравнительной оценки ППСМ.

Для оценки степени предпочтительности и полезности пакетов программ схмотехнического моделирования, при их сравнении по выбранным локальным критериям, на основе анализа работ [12, 13] предложена вербально-числовая шкала с тремя уровнями градаций, которая приведена в табл. 3. При увеличении числа градаций шкалы увеличивается ее чувствительность, однако при этом соседние градации шкалы становятся сложно различимыми для использования.

Уровни качественных понятий предложенной вербально-числовой шкалы и соответствующие им бальные оценки выбраны с учетом следующих принципов:

- полнота охвата функциональных возможностей ППСМ;
- структурированность функциональных возможностей ППСМ по степени важности;
- непротиворечивость и простота формулировок, используемых при описании функциональных возможностей ППСМ;
- однозначность восприятия формулировок описания функциональных возможностей ППСМ.

Таблица 3
Вербально-числовая шкала сравнительной оценки ППСМ по локальным критериям

Критерий	Качественное описание критерия оценки пакета и соответствующая ему оценка в баллах		
	3 балла	2 балла	1 балл
К1	Полностью русифицированная версия.	Требуется дополнительная установка русификатора.	Англоязычный интерфейс при наличии русифицированной документации.
К2	Интерфейс пользователя только с русифицированными подсказками.	Кроме русифицированных есть и нерусифицированные подсказки.	Нет механизма подсказок.
К3	Библиотека пакета содержит большой набор основных электронных узлов, включая и схемы микроконтроллеров.	Библиотека пакета содержит основные логические элементы, типовые узлы и схемы.	Библиотека пакета имеет ограниченный состав реальных и виртуальных элементов.
К4	Соответствие изображений элементов ГОСТам и есть вывод на печать результатов измерений.	Соответствие изображений элементов западным стандартам и есть вывод на печать результатов.	Соответствие изображений элементов западным стандартам и нет вывода на печать результатов.
К5	Есть книги, а в Интернете русифицированные руководства по использованию пакетов.	Нет книг, а в Интернете краткая русифицированная документация по использованию пакетов.	Есть подробное англоязычное описание.
К6	Имеется полноценная система встроенной диагностики.	Имеется частично реализованная диагностика.	Имеется контроль на наличие установленных параметров.
К7	Имеется полный набор виртуальных элементов.	Имеются только логические элементы.	Имеются только измерительные приборы.
К8	Допустима вложенность подсхем и расширение ими библиотеки.	Допустим один уровень вложенности подсхем и расширение библиотеки.	Допусти один уровень вложенности подсхем без добавления их в библиотеку.
К9	Установка пакета автоматическая.	Требуется настройка пакета для работы с ОС.	Требуются дополнительные библиотеки для работы с ОС.
К10	Имеется свободная лицензия на пакет.	Имеется лицензия и демоверсия на ограниченный срок или возможности.	Пакет работает с необновлённой лицензией

Составлено авторами

На основе сравнения данных, приведенных в табл. 3, с набором функциональных возможностей рассматриваемых ППСМ, получены бальные оценки этих пакетов программ по рассматриваемым локальным критериям, которые даны в табл. 4.

Таблица 4

Бальные оценки ППСМ по сравниваемым локальным критериям

Критерий	Бальные оценки ППСМ по локальным критериям. Значения b_{ij}			
	Multisim 10 (вариант В1)	Qucs (вариант В2)	Logisim (вариант В3)	Proteus (вариант В4)
1	2	3	4	5
K1	2	2	3	1
K2	2	3	3	2
K3	2	3	2	3
K4	2	2	2	3
K5	2	1	3	2
K6	2	3	2	3
K7	3	2	2	3
K8	3	3	2	2
K9	3	3	3	3
K10	2	2	3	1

Составлено авторами

Результаты расчетов, проведенные по интегральному критерию (1), и отражающие сравнительный анализ ППСМ по выбранным локальным критериям, приведены в табл. 5. При этом значения весовых коэффициентов локальных критериев взяты из табл. 2, столбец 5, а бальные оценки ППСМ, соответствующие этим критериям взяты из табл. 4.

Таблица 5

Оценки ППСМ по сравниваемым локальным критериям

Критерий	Оценки пакетов программ схемотехнического моделирования по сравниваемым локальным критериям Значения ($\alpha_i \cdot k_{ij}$)			
	Multisim 10 (вариант В1)	Qucs (вариант В2)	Logisim (вариант В3)	Proteus (вариант В4)
1	2	3	4	5
K1	0,322	0,322	0,483	0,161
K2	0,286	0,429	0,429	0,286
K3	0,286	0,429	0,286	0,429
K4	0,248	0,248	0,248	0,372
K5	0,214	0,107	0,321	0,214
K6	0,176	0,264	0,176	0,264
K7	0,216	0,144	0,144	0,216
K8	0,216	0,216	0,144	0,144
K9	0,159	0,106	0,159	0,159
K10	0,074	0,074	0,111	0,037
$Y_j = \sum_{i=1}^{10} \alpha_i \cdot b_{ij}$	2,197	2,339	2,501	2,282

Составлено авторами

Анализ полученных результатов позволяет представить ранжированный ряд рассматриваемых ППСМ, по степени предпочтения их использования для решения выбранного круга задач, в следующем виде: Logisim > Qucs > Proteus > Multisim 10.

Наиболее предпочтительным является использование ППСМ Logisim. При этом следует иметь в виду, что различие в значениях интегрального критерия наиболее и наименее предпочтительных для использования рассматриваемых пакетов программ схемотехнического моделирования составляет около 12 %.

Выводы

1. На основе проведенного анализа определены пакеты программ схемотехнического моделирования, рекомендуемые к использованию в научно-

исследовательской работе и учебном процессе в вузах по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника». К числу этих ППСМ относятся: Multisim 10; Qucs; Logisim и. Proteus.

2. Выбраны локальные критерии, определены их весовые коэффициенты и предложена вербально-числовая шкала с тремя уровнями градаций и соответствующими им бальными оценками для оценки степени важности пакетов программ этим критериям.

3. Выбран интегральный критерий в виде аддитивной свертки локальных критериев, учитывающий весовые коэффициенты локальных критериев и показатели важности пакетов программ этим критериям. На его основе проведена сравнительная оценка и ранжирование ППСМ по степени предпочтительности их использования для решения заданного круга задач. Показано, что наиболее предпочтительным является использование ППСМ.Logisim, затем в ранжированном ряду пакеты следуют в следующей последовательности Qucs, Proteus.Multisim 10.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стацук, П.В. Выбор симулятора логических схем при изучении цифровых автоматов для неэлектрических специальностей вузов // Вестник Магнитогорского гос. ун-та Серия: Электротехнические системы и комплексы 2015. №4 (29). С. 63-68.
2. Шестёркин, А.Н. Система моделирования и исследования радиоэлектронных устройств Multisim 10. М.: ДМК Пресс, 2015. 360 с.
3. Кузнецов, В.В. Симулятор электронных схем с открытым исходным кодом Qucs: основные возможности и основы моделирования // Компоненты и технологии, 2015, № 3 (164), С. 114-120.
4. Logisim: Документация // Официальный сайт Logisim. Режим доступа: URL: <http://www.cburch.com/logisim/ru/>, свободный. Загл. С экрана. (Дата обращения: 31.01.2018).
5. Гололобов, В.Н. Proteus VSM – русское руководство. Режим доступа: [Mechalib.com>view/29737](http://Mechalib.com/view/29737) – Загл. С экрана. – Яз. рус. (Дата обращения: 31.01.2018).
6. Филатов, М. Проектирование схем электрических принципиальных с использованием микроконтроллеров в программной среде PROTEUS 8.1 // Компоненты и технологии. 2015. Т.7. №168. С. 101-110.
7. Шилин А.И., Коптелова И.А. Теория принятия решений в проектировании информационно-измерительной техники. Волгоград: ВолГУ, 2012. 128 с.
8. Постников В.М., Черненький В.М. Методы принятия решений в системах организационного управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 205 с.
9. Постников В.М., Спиридонов С.Б. Методы выбора весовых коэффициентов локальных критериев // Наука и образование. М.: МГТУ. Электрон. журн. 2015. № 6. DOI: 10.7463/0615.0780334.
10. Постников В.М., Спиридонов С.Б. Выбор весовых коэффициентов локальных критериев на основе принципа арифметической прогрессии // Наука и образование. М.: МГТУ. Электрон. журн. 2015. № 9. DOI: 10.7463/0915.0802449.
11. Терелянский П.В., Кузнецов С.Ю. Использование метода парных сравнений в задаче функционально-стоимостного анализа технических систем // <http://www.rusnauka.com/12EN2008/Economics/31403.doc.html>. (Дата обращения: 31.01.2018).
12. Токарев Б.Е. Маркетинговые исследования. М.: ИНФРА-М, 2011. 512 с.
13. Ильясов Ф.Н. Шкалы и специфика социологического измерения // Мониторинг общественного мнения. 2014. №1. С. 3-16.

Spiridonov Sergey Borisovich

Bauman state technical university, Moscow, Russia
E-mail: spirid@bmstu.ru

Postnikov Vitalii Michalovich

Bauman state technical university, Moscow, Russia
E-mail: postnikovvm@yandex.ru

Comparative analysis and ranking software packages of circuit engineering simulation

Abstract. In the paper is considered approach to comparative evaluation software packages of circuit engineering simulation with a view to their ranking and the best in conducting scientific research and educational process in the University in training "Informatics and computer engineering». The approach is based on using integral criterion as additive convolution ten local criteria that take into account the functionality of software packages and the needs of users. Integral criterion involves how local weights criteria and indicators of the importance of selected packages to compare local criteria.

The authors assess the importance of local criteria, on the basis of their pairwise comparison, and based on the results of the partial view of the linear order of ranking criteria. Local weights calculation criteria using a combined approach, and then averaging the results. Combined approach includes the use of the method of pairwise comparison criteria based on fixed preferences and custom method of arithmetic progression for partially linear ranked several local criteria. For measuring the importance of selected software packages to compare local criteria offered verbal and numeric scale with three levels of gradations, with relevant Ballroom evaluation.

The authors, based on analysis, software packages of circuit engineering simulation are selected, widely used for solving the set of tasks the class under consideration, and held their ranking according to the degree of preference of use. It is shown that the most preferred is using Logisim; then follow packages Qucs; Proteus, Multisim 10. The analysis also showed a slight advantage the software packages of circuit engineering simulation under consideration when assessing them.

Keywords: comparative evaluation; software packages; circuit engineering simulation; integral criterion; local criterion; paired comparison criteria; weighting of criteria; fixed method preferences; method of arithmetic progression