

Оценка Fuzzy-подобия технических систем

А.С. Зелинский

**Снежинский физико-технический институт НИЯУ
МИФИ, г. Снежинск, E-mail: valery.myakushko@yandex.ru.**

В дополнение к классическим видам подобия – детерминированному и стохастическому подобиям – рассмотрено нечёткое подобие, применительно к техническим системам. Дана методика оценки нечёткого подобия в терминах математической теории нечётких множеств – количественной оценки функциями принадлежности и в лингвистических терминах.

Ключевые слова: нечеткое подобие, функции принадлежности, лингвистические термины.

При создании технических систем, на ранних стадиях проектирования и определении требований к вновь создаваемым изделиям, широко используются априорные данные об аналогичных по назначению, принципам действия, схемно-конструкторскому решению, технологии изготовления, элементной базе, применяемым материалам, условиям и режимам эксплуатации (объекты-аналоги). Информация по аналогам в качестве априорной используется при оценке надёжности, измерениях, идентификации, и требует достаточно строгого обоснования.

Одним из способов решения проблемы является применением методов теории подобия. Различают так называемые классические виды подобия [1] - детерминированное (физическое) подобие и стохастическое подобие. Детерминированный критерий подобия (взаимно-однозначное соответствие между объектами) - системы подобны, если в сходственные моменты времени в сходственных точках пространства значения переменных, характеризующих состояние одной системы, пропорциональны соответствующим величинам другой системы [2]. Принципы стохастического подобия основаны на том, что параметры, входящие в критерии подобия, являются случайными величинами,

В последнее время всё чаще говорят о частичном, неполном подобии, которое часто встречается на практике, когда системы близки к подобию, отчасти по причине неточности, неполноты и недостатка информации, и возможности для получения более исчерпывающей информации отсутствуют (ограничения по времени, ресурсам и т.д.). «Достижение полного подобия создаваемой системы и существующих

прототипов может вызвать затруднения и не иметь смысла», во многих случаях целесообразно рассматривать задачу «установления приближённое подобия систем» [1]. Однако в настоящее время не существует методики количественной оценки такого подобия.

Рассмотрена возможность применения для решения этой задачи математической теории нечётких множеств, область приложений теории нечетких множеств и нечеткой логики с каждым годом продолжает неуклонно расширяться в стране и мире.

В работе автора [2] рассмотрена методика определения нечёткого подобия (Fuzzy- или НМ-подобия) по центральному четвёртому моменту распределения коэффициентов подобия Π_i - характеристике плосковершинности (островершинности) распределения случайной величины, которое описывается с помощью эксцесса [3]:

$$E_n = \mu_4(\Pi) / \sigma_{\Pi}^4 - 3 \quad (1)$$

$$\mu_4(\Pi) = \int (\Pi_i - M_{\Pi})^4 P(\Pi) d\Pi = M[(\Pi_i - M_{\Pi})^4] \quad (2)$$

где σ_{Π} - дисперсия коэффициентов подобия;

$\mu_4(\Pi)$ - центральный момент четвертого порядка;

M_{Π} - математическое ожидание величины;

$\Pi_i = A_i/a_i$, - i -й коэффициент подобия;

A_i и a_i - параметры (состояния) базовой и сравниваемой системы соответственно.

То есть оценка нечёткого подобия различной степени зависит:

от разброса значений коэффициентов подобия;

от вида кривой плотности распределения $P(\Pi)$.

Так, системы В и С подобны базовой системе О, в отличие от системы А, для которой коэффициенты имеют случайное распределение (рисунок 1).

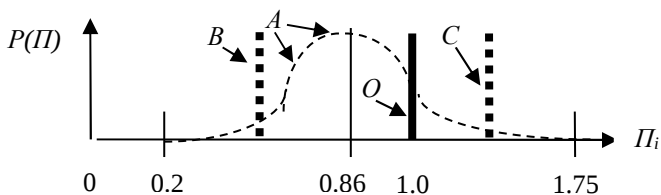


Рисунок 1

Недостаток предложенного метода – одинаковая оценка подобия для всех одинаково островершинных (В и С), но в различной степени

отличающиеся от аналога (О) по абсолютным значениям сравниваемых параметров систем. Другими словами, меньшие (В) или большие (С), копии системы имеют одинаковую степень подобия. Более корректной являлась бы методика, которая учитывает также меру абсолютной близости сравниваемых систем к аналогу, и в пределе указывает на равенство систем (идентичность, полное совпадение).

Для учета меры близости сравниваемой системы с базовой предлагается дополнить методику [1] операцией оценки близости коэффициентов подобия к единице по процедуре фаззификации.

Исходя из изложенного, на первом этапе целесообразно вычислить подобие объектов по островершинности (например, лингвистическими терминами «Очень малое подобие» - ОМП, «Малое подобие» - МП, «Среднее подобие» - СП, «Подобие выше среднего» - ПВС, «Высокое подобие» - ВП), и при приемлемом уровне подобия – степень близости математического ожидания $M(\Pi)$ к единице (например, оценки близости «Меньше», «Соответствие», «Больше»). Или наоборот. Далее осуществить объединение этих двух оценок (импликацию) логической связкой «И», которая может быть выполнена по значениям функций принадлежности и законам нечёткой логики (рисунок 2).

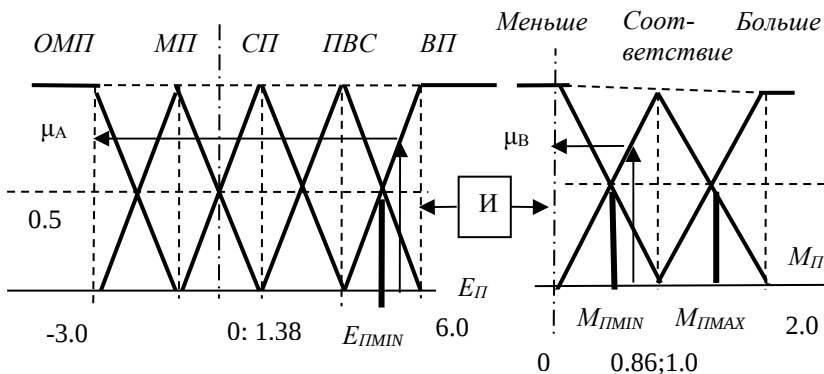


Рисунок 2

Логический вывод следует по базам правил [4]:

$$\text{ПРАВИЛО_R}_i: \text{ЕСЛИ } (X=A) \text{ И } (Y=B) \text{ ТО } (Z=C) \cdot F_i \quad (3)$$

где $(X=A)$, $(Y=B)$ - входные лингвистические переменные;

$(Z=C)$ - выходная лингвистическая переменная;

$F_i = [0 \dots 1]$ - весовые коэффициенты правил.

Критерий подобия - «Высокое подобие» по критерию островершинности E_Π и «Соответствие» по близости параметров (рисунок 2): $E_\Pi = E_{\Pi \min} \dots 6.0$, $M_\Pi = M_{\Pi \min} \dots M_{\Pi \max}$. Выполнение обоих условий определяется объединением, например, по правилу PROD:

$$\mu_{(A+B)}(Z) = \mu_A(X) \bullet \mu_B(Y) \quad (4)$$

Значение критерия подобия, независимо от распределения и формы функций принадлежности: $\mu(Z)=0.25\dots 1.0$. Для адекватных систем $\mu(Z)=1.0$. Увеличение числа лингвистических термов увеличивает точность оценки ($E_{\Pi min} \rightarrow 6.0$, $M_{\Pi min} \rightarrow M_{\Pi}$, $M_{\Pi max} \rightarrow M_{\Pi}$).

В качестве примера оценки подобия сравним ИС ATtiny2313 и PIC16F62 8A-I/P (таблица 1, рисунок 1) [2]. Коэффициент островершинности: $E_{\Pi}=1.38 < E_{\Pi min}$ – подобия ИС нет.

Таблица 1 – Оценка подобия ИС

№ №	Параметры	ATtiny2313 (базовая)	PIC16F628A-I/P (аналог)	
				Π_i
1	Линий ввода вывода	18	16	0.89
2	Число команд	120	35	0.29
3/4	Потребление min/max мкА	20/230	12/120	0.6/0.5
5	Питание мин В	2,7	2	0.74
6	Питание max В	5,5	5.5	1.0
7/8	Тактовая частота min/max, МГц	0,05/20	0,05/4	1.0/0.2
9	Flash памяти Кбайт	2	1	0.5
10	EEPROM, Кбайт	0,128	0,128	1.0
11	SRAM, Кбайт	0,128	0,224	1.75
	Математическое ожидание, СКО		$M_{\Pi}=0.86$ $\sigma_{\Pi}=0.346$ $\mu_4=0.063$	

Предложенная методика оценки подобия отличается универсальностью (для любых параметров), простотой и наглядностью.

Литература

1. Под ред. В.А. Мельникова, Н.А. Северцева. Надёжность и эффективность в технике. Справочник в десяти томах. Т.4. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.
2. Зелинский А.С. Оценка Fuzzy-подобия технических систем. Итоги диссертационных исследований. Т.2. – Материалы 1V Всероссийского конкурса молодых учёных. - Миасс: РАН, 2012. - с. 96-103.
3. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство стандартов, 1972. – 312 с.
4. Пегат А. Нечёткое моделирование и управление. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009. - 798 с.: ил.

Assessment of Fuzzy-similarity of technical systems

A.S. Zelinsky

National Research Nuclear University, Snezhinsk,

E-mail: valery.myakushko@yandex.ru.

Indistinct similarity in relation to technical systems is considered in addition to classical types of similarity – to the determined and stochastic similarity. The technique of an assessment of indistinct similarity in terms of the mathematical theory of indistinct sets – a quantitative assessment by functions of accessory and in linguistic terms is given.

Keywords: indistinct similarity, functions of accessory, linguistic terms.

References

1. *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike. Spravochnik v 10 tomakh, tom 4* [Reliability and Efficiency in Equipment. The Reference book in 10 Volumes. Vol. 4]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1987, 280 p.
2. Zelinsky A.S. *Otsenka Fuzzy-podobiya tekhnicheskikh system. Itogi dissert. Issledovaniy. Tom 2, Materialy IV Vseros. konkursa molodykh uchenykh* [Estimation of Fuzzy-similarity of Technical Systems. Results of Dissertation Researches. T.2. Proc. of 1V of the All-Russian Competition of Young Scientists]. Miass: Russian Academy of Sciences Publ., 2012, pp. 96-103.
3. Burdun G. D., Markov B. N. *Osnovy metrologii. Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Fundamentals of Metrology. Manual for Higher Education Institutions]. Moscow, Standards Publishing House, 1972, 312 p.
4. Pegat A. *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie* [Indistinct Modeling and Control]. Moscow, BINOM, Laboratory of knowledge Publ., 2009, 798 p.