



## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

УДК 65.01

DOI: 10.31799/2077-5687-2021-1-3-9

### МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА АНАЛИЗА УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ РАЗВЕРНУТЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

**С. А. Назаревич, А. В. Винниченко**

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*В работе представлены характеристики уровней зрелости процессов в соответствии с регламентацией, указанной в ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-2-2009. Описаны проблемы идентификации состояний процессов в течение их жизненного цикла, основываясь на рейтинге и косвенных признаках, характеризующих переход из одной классификационной группы в другую. Для дополнения методологии описания бизнес-процессов и идентификации уровня зрелости вновь развернутых процессов используется аппарат нечётких множеств с применением и обоснованием функции принадлежности трапецевидной формы. Методика позволит охарактеризовать состояния бизнес-процессов и создать обоснованное суждение о принадлежности их определенному уровню зрелости, что будет актуально в целях принятия решения о модернизации или реструктуризации бизнес-процесса.*

*Ключевые слова: нечёткая логика, мягкие вычисления, трапецевидная функция принадлежности, модель уровня процесса, анализ необходимости изменения течения процесса, ядро множества, классификационная группа.*

**Для цитирования:**

*Назаревич С. А., Винниченко А. В. Методика повышения качества процесса анализа уровня зрелости развернутых процессов на основе моделей нечеткой логики // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №1(27), ISSN 2077-5687. – СПб.: ГУАП., 2021 – с. 3-9. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-1-3-9.*

### METHODOLOGY OF INCREASING THE QUALITY OF THE PROCESS OF ANALYSIS OF THE MATURE LEVEL OF DEPLOYED PROCESSES BASED ON FUZZY LOGIC MODELS

**S. A. Nazarewicz, A. V. Vinnichenko**

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*The paper presents the characteristics of the maturity levels of processes in accordance with the regulations specified in GOST R ISO / IEC 15504-2-2009. The problems of identifying the states of processes during their life cycle are described, based on the rating and indirect signs characterizing the transition from one classification group to another. To complement the methodology for describing business processes and identifying the level of maturity of newly deployed processes, the apparatus of fuzzy sets is used, with the use and justification of the trapezoidal membership function. The methodology will allow to characterize the state of business processes and create a reasoned judgment about their belonging to a certain level of maturity, which will be relevant in order to make a decision on the modernization or restructuring of the business process.*

*Keywords: fuzzy logic, soft computing, trapezoidal membership function, process level model, analysis of the need to change the flow of the process, the core of the set, the classification group.*

**For citation:**

*Nazarewicz S. A., Vinnichenko A. V. Methodology of increasing the quality of the process of analysis of the mature level of deployed processes based on fuzzy logic models // System analysis and logistics.: №1(27), ISSN 2077-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2021 – p. 3-9. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-1-3-9.*

**Актуальность**

В соответствии с присущей нашему времени доктриной, популяризирующей тотальную интеграцию системы менеджмента качества (СМК) в основные виды деятельности организации, базирующуюся на основе международных стандартов по управлению качеством комитета по стандартизации ISO, появилась актуальная задача описания бизнес- процессов в реальном времени. Причём фактическое описание бизнес-процессов занимает не одну прикладную проблему, так как для разных организаций существуют разные масштабные модели, описывающие их деятельность, и прикладные пакеты, применимые к подобным видам деятельности и к подобным масштабам производства. Такие нотации по моделированию бизнес-процессов как IDEF0 и ARIS представляют



не менее известные рекомендации по условно графическому обозначению видов деятельности, составляющих ценность производственных процессов. Они являются широко распространенными на сегодняшний день. Однако необходимо иметь навык и опыт использования и понимания адекватности применения нотаций применительно к тем процессам, где действительно требуется фактическое моделирование.

### **Постановка проблемы**

Конечно, существует ряд проблем, связанных с описанием и моделированием бизнес-процессов, так как необходимо подготавливать соответствующих специалистов, обладающих необходимыми компетенциями и адекватным взглядом на производственные взаимосвязи. Также специалисты должны уметь определять межпроцессные барьеры и выявлять фактические связи между подразделениями, обращая при этом внимание на здравый смысл и логику той работы, которую ведут структурные подразделения по созданию ценности для как внутреннего, так и внешнего потребителя. Следовательно, необходимость моделирования и актуализации фактического описания бизнес-процессов имеет практическую прикладную значимость, однако есть существенная проблема: неопределённость в уровне зрелости описываемого процесса. Существующая неопределённость заключается в понимании того, какой перед нами процесс: осуществляемый, развернутый или устанавливаемый, а для его идентификации процесс должен соответствовать чётким критериям, которые необходимо установить и измерить. С этой проблемой нам позволит справиться ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-2-2009, который устанавливает уровни зрелости процесса и рейтинговые составляющие, характеризующие его потенциал.

Проблема пограничных состояний между уровнями процессов – это известная задача классификации, которая ведёт к нечёткости ситуации в понимании готовности потенциала процесса к следующему шагу в цикле непрерывного совершенствования. Подобные циклы положены в основу идеологии всеобщего управления качеством и принципов управления качеством, которые предписывают итерировать процесс непрерывного совершенствования, используя новые методики для достижения улучшения уровня качества и унификации всех процессов. Безусловно, подобного рода действия приводят к дестабилизации рабочего ритма персонала структурного подразделения и постоянной готовности к структурным изменениям и нововведениям. Вследствие этого персонал перестаёт воспринимать данное явление как значимые результаты управленческих действий, направленные на создание оптимальных условий протекания рабочего процесса. Следовательно, необходим механизм оценки потенциала бизнес-процесса для понимания готовности всей инфраструктуры процесса к изменениям [2].

Авторы настоящей статьи предложили способ классификации состояний бизнес-процессов по принципам центрирования рейтинговых состояний процесса, который полностью отвечает всем требованиям к уровню зрелости процессов в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-2-2009.

### **Практическая применимость**

Методика включает модель нечётких множеств, позволяющая купировать состояние неопределённости в межклассификационных областях. По совокупности своих свойств уровни зрелости процессов подробно описаны в [1], однако недостаточно ясным является значимый интервал, который характеризуют принадлежность к тому или иному уровню зрелости, поэтому было принято решение использовать аппарат нечёткой логики для более детального описания состояния перехода из одного уровня зрелости в другой. Модели нечёткой логики были описаны многими учёными [3-5] и используются на сегодняшний день в разных отраслях науки и техники как самый популярный способ «мягких вычислений» для процессов классификации и исследования поведения теоретических моделей на практике [6-10].



Таблица 1 – Уровень зрелости процессов в структурном подразделении

Уровень	Характеристика процесса	Рейтинговая оценка	Критерии	Интервалы
Уровень 1 Осуществленный процесс	Осуществление процесса (ОСП)	В основном или полностью	В П - 50%-100%	UCL – 100%
				CL - 75%
				LCL – 50%
Уровень 2 Управляемый процесс	Осуществление процесса Управление осуществлением (УО) Управление рабочим продуктом	Полностью В основном или полностью В основном или полностью	П - 85%-100% В П - 50%-100% В П - 50%-100%	UCL – 300%
				CL - 242%
				LCL – 185%
Уровень 3 Установленный процесс	Осуществление процесса Управление осуществлением Управление рабочим продуктом (УПП) Определение процесса (ОП) Развертывание процесса (РП)	Полностью Полностью Полностью В основном или полностью В основном или полностью	П - 85%-100% П - 85%-100% П - 85%-100% В П - 50%-100% В П - 50%-100%	UCL – 500
				CL - 427,5
				LCL – 355
Уровень 4 Предсказуемый процесс	Осуществление процесса Управление осуществлением Управление рабочим продуктом Определение процесса Развертывание процесса Измерение процесса (ИЗ) Контроль процесса (КП)	Полностью Полностью Полностью Полностью Полностью В основном или полностью В основном или полностью	П - 85%-100% П - 85%-100% П - 85%-100% П - 85%-100% П - 85%-100% В П - 50%-100% В П - 50%-100%	UCL – 700
				CL - 612,5
				LCL – 525
Уровень 5 Оптимизирующий процесс	Осуществление процесса Управление осуществлением Управление рабочим продуктом Определение процесса Развертывание процесса Измерение процесса Контроль процесса Инновация процесса (ИП) Оптимизация процесса (ИПТ)	Полностью Полностью Полностью Полностью Полностью Полностью В основном или полностью В основном или полностью	П - 85%-100% П - 85%-100% П - 85%-100% П - 85%-100% П - 85%-100% П - 85%-100% В П - 50%-100% В П - 50%-100%	UCL – 900
				CL - 797,5
				LCL – 695

Приведенная ниже упорядоченная шкала рейтингов должна быть использована для выражения уровней достижения атрибутов процессов.

Определенную выше упорядоченную шкалу рейтингов следует выражать в терминах процентной шкалы, представляющей собой степень достижения [1].

$УП_1 = \{(0,1; 10) (0,3; 30) (0,5; 50) (0,7; 70) (0,9; 90) (1,0; 100) (0,8; 110) (0,6; 130) (0,4; 150) (0,2; 170)\}$ ;

$УП_2 = \{(0,1; 150) (0,3; 180) (0,5; 210) (0,7; 240) (0,9; 270) (1,0; 300) (0,8; 330) (0,6; 360) (0,4; 390) (0,2; 420)\}$ ;

$УП_3 = \{(0,1; 355) (0,3; 385) (0,5; 415) (0,7; 445) (0,9; 475) (1,0; 500) (0,8; 530) (0,6; 560) (0,4; 590) (0,2; 620)\}$ ;

$УП_4 = \{(0,1; 525) (0,3; 560) (0,5; 595) (0,7; 630) (0,9; 665) (1,0; 700) (0,8; 735) (0,6; 770) (0,4; 805) (0,2; 840)\}$ ;

$УП_5 = \{(0,1; 695) (0,3; 735) (0,5; 775) (0,7; 815) (0,9; 855) (1,0; 900) (0,8; 940) (0,6; 980) (0,4; 1020)\}$



(0,2; 1060)}.

Таблица 2 – Характеристики уровня

<b>Н</b> - Не достигнут.	<b>Н</b> - 0%-15% достижения.	Свидетельств достижения результата процесса или появления атрибутов процесса
<b>Ч</b> - Частично достигнут.	<b>Ч</b> - 15%-50% достижения.	Достижение первых целей процесса, выполнение задач или основных функций процесса, документарность процесса
<b>В</b> - В основном достигнут.	<b>В</b> - 50%-85% достижения.	Систематическая итерация процесса и наличие регламента процесса для измерения основных достигнутых атрибутов на выходе. Измерение гибкости и жизнеспособности процесса.
<b>П</b> - Полностью достигнут.	<b>П</b> - 85%-100% достижения	Имеется свидетельство полного и систематического подхода к достижению и полного достижения определенного атрибута в оцениваемом процессе.

Таблица 3 – Взаимодействие характеристик уровня потенциала процесса и уровня зрелости процесса

Характеристика потенциала уровня									Характеристика уровня зрелости процесса
ОСП	УО	УПРП	ОП	РП	ИЗ	КП	ИП	ОПТ	
Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Уровень 0
Ч	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Уровень 0
В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Уровень 1 Осуществленный процесс
П	Ч	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Уровень 1 Осуществленный процесс
П	В	Ч	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Уровень 1 Осуществленный процесс
П	П	В	Ч	Н	Н	Н	Н	Н	Уровень 2 Управляемый процесс
П	П	П	В	Ч	Н	Н	Н	Н	Уровень 2 Управляемый процесс
П	П	П	В	В	Н	Н	Н	Н	Уровень 3 Установленный процесс
П	П	П	П	В	Ч	Н	Н	Н	Уровень 3 Установленный процесс
П	П	П	П	П	В	Ч	Н	Н	Уровень 3 Установленный процесс
П	П	П	П	П	В	В	Н	Н	Уровень 4 Предсказуемый процесс
П	П	П	П	П	П	В	Ч	Н	Уровень 4 Предсказуемый процесс
П	П	П	П	П	П	П	В	Ч	Уровень 4 Предсказуемый процесс
П	П	П	П	П	П	П	В	В	Уровень 5 Оптимизирующий процесс
П	П	П	П	П	П	П	П	В	Уровень 5 Оптимизирующий процесс
П	П	П	П	П	П	П	П	П	Уровень 5 Оптимизирующий процесс

\*ОСП - Осуществление процесса, УО - Управление осуществлением, УПРП - Управление рабочим продуктом, ОП - Определение процесса, РП- Развертывание процесса, ИЗ - Измерение процесса, КП - Контроль процесса, ИП - Инновация процесса, ОПТ-Оптимизация процесса



Таблица 4 – Функции принадлежности для моделей нечёткой логики

Уровень 1 Осуществленный процесс	Уровень 2 Управляемый процесс	Уровень 3 Установленный процесс
$\mu_{уп1} \begin{cases} y = 0, x < 10 \\ \frac{x-10}{90-10}, \text{ если } 10 < x < 90 \\ y = 1, 90 < x < 100 \\ \frac{170-x}{170-100}, \text{ если } 100 < x < 170 \\ y = 0, x > 170 \end{cases}$	$\mu_{уп2} \begin{cases} y = 0, x < 150 \\ \frac{x-150}{270-150}, \text{ если } 150 < x < 270 \\ y = 1, 270 < x < 300 \\ \frac{420-x}{420-300}, \text{ если } 300 < x < 420 \\ y = 0, x > 420 \end{cases}$	$\mu_{уп3} \begin{cases} y = 0, x < 355 \\ \frac{x-355}{475-355}, \text{ если } 355 < x < 475 \\ y = 1, 475 < x < 500 \\ \frac{620-x}{620-475}, \text{ если } 475 < x < 620 \\ y = 0, x > 620 \end{cases}$
Уровень 4 Предсказуемый процесс	Уровень 5 Оптимизирующий процесс	
$\mu_{уп4} \begin{cases} y = 0, x < 525 \\ \frac{x-525}{665-525}, \text{ если } 525 < x < 665 \\ y = 1, 665 < x < 700 \\ \frac{840-x}{840-700}, \text{ если } 700 < x < 840 \\ y = 0, x > 840 \end{cases}$	$\mu_{уп5} \begin{cases} y = 0, x < 695 \\ \frac{x-695}{855-695}, \text{ если } 695 < x < 855 \\ y = 1, 855 < x < 900 \\ \frac{1060-x}{1060-900}, \text{ если } 900 < x < 1060 \\ y = 0, x > 1060 \end{cases}$	

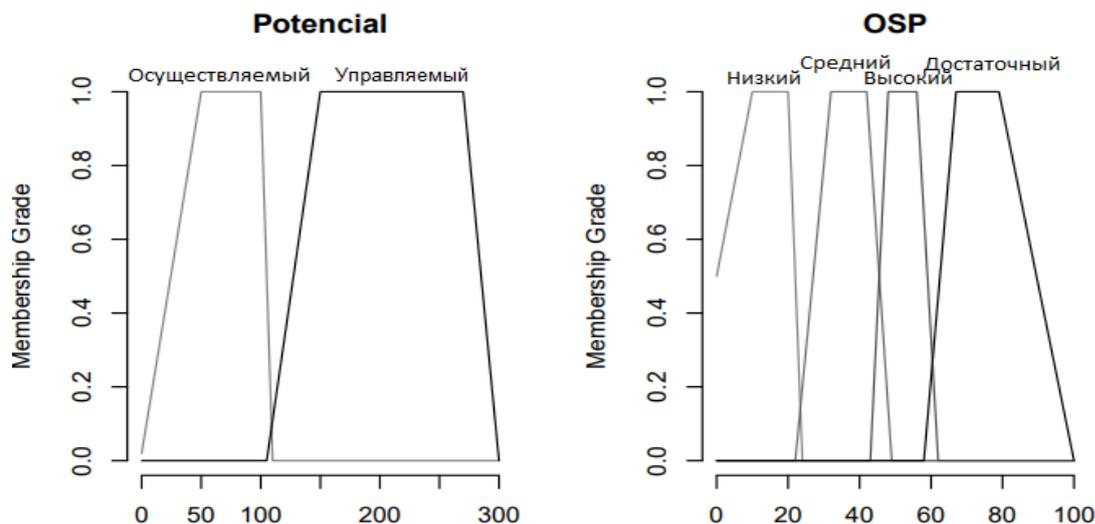


Рис. 1. Функции принадлежности для моделей нечеткой логики

```

1 library(sets)
2 u1<-seq(from = 0, to = 100, by = 0.1)
3 u2<-seq(from = 0, to = 200, by = 0.1)
4 u3<-seq(from = 0, to = 300, by = 0.1)
5 variables <-set(
6   OSP=
7     fuzzy_variable(Low=fuzzy_trapezoid_gset(corners=c(-10,10,20,24), universe=u1),
8                   Middle=fuzzy_trapezoid_gset(corners =c(22,32,42,49), universe=u1),
9                   Normal=fuzzy_trapezoid_gset(corners=c(43,48,56,62), universe=u1),
10                  High=fuzzy_trapezoid_gset(corners=c(58,67,79,100), universe=u1)
11 ),

```

Рис. 2. Функции принадлежности для моделей нечеткой логики



## Результаты

В работе был проведён анализ существующих моделей, описывающих функции принадлежности, и выбрана такая функция как «трапециод», что более детально описывает ядро множества, представляющегося чётким и уверенным интервалом, в рамках которого абсолютно определённо можем сказать, что эти значения соответствуют определённой классификационной группе.

Стоит отметить, что также были рассмотрены функции принадлежности: функции Гаусса, треугольная функция, волнообразная функция и S-образная функции. Все функции достаточно применимы касательно процесса, однако чёткий контроль интервальных значений демонстрирует только трапециевидная функция принадлежности. Ещё одним аргументом за использование функции трапеции является тот факт, что все способы и методы описания технологических изменений и технологических рывков, представленные в таких идеологиях как Кайро и Кайзен, то есть непрерывного и скачкообразного улучшения, описываются также с помощью трапецидальных функций, через графические обозначения представления данных.

## Заключение

Практическое применение данной методики используется при анализе необходимости модернизации или готовности существующих процессов к структурным изменениям, в течение которых основная функция процесса будет либо модернизирована, либо модифицирована. Также с точки зрения СМК существует необходимость документирования информации в целях подтверждения существования основных видов деятельности, их функциональности и верификации их результативности, поэтому использование практической методики позволит получать фактическое подтверждение актуализированных процессов СМК и представлять документальное свидетельство их существования после реструктуризации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-2-2009 Информационная технология (ИТ). Оценка процесса. Часть 2. Проведение оценки – Стандартиформ, 2018. – 20 с.
2. *Назаревич С.А.* Модели и методики мониторинга процессов оценки новизны и конкурентоспособности продукции / автореферат дис. кандидата технических наук / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. Санкт-Петербург, 2015
3. *Новиков Д.А., Суханов А.Л.* Модели и механизмы управления научными проектами в университетах. М.: Институт управления образованием, 2005.
4. *Винниченко А.В., Назаревич С.А.* Применение аппарата нечеткой логики для описания функций принадлежности параметров установки модели по переработке 3D материалов. В сборнике: Сборник статей XXI Международной научно-практической конференции. 2020. С. 27-32.
5. *Nazarevich S.A., Vinnichenko A.V., Kurlov V.V.* Applicability of the reverse engineering model for unification tasks in systems engineering processes of engineering enterprises. В сборнике: JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. С. 52076.
6. *Korshunov G., Frolova E., Nazarevich S., Smirnov V.* Fuzzy models and system technical condition estimation criteria. *Advances in Intelligent Systems and Computing* . 2020. Т. 1041. С. 179-189.
7. *Тушавин В.А.* Выявление причин отклонений процесса на основе нечетко-логического моделирования Системы управления и информационные технологии. 2017. № 4 (70). С. 76-78.



8. *Тушавин В.А.* Информационные технологии и интегрированные системы менеджмента качества. В сборнике: Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. Сборник докладов. 2015. С. 86-89.
9. *Варжанетян А.Г., Семенова Е.Г., Тушавин В.А., Смирнова М.С.* Повышение потребительской ценности продукции за счет оптимизации процесса туманных вычислений Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 10. С. 130-136.
10. *Семенова Е.Г., Фролова Е.А., Дмитриенков К.С.* Управление качеством продукции автопромышленного комплекса при проектировании производственных процессов. В сборнике: Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. Сборник докладов Первой Всероссийской научной конференции. Санкт-Петербург, 2020. С. 162-167.

### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Назаревич Станислав Анатольевич –**

к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»  
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: Albus87@inbox.ru

**Винниченко Александра Валерьевна –**

ассистент кафедры

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»  
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: alex23rain@gmail.com

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Nazarevich Stanislav Anatolievich –**

cand. tech. sci., associate professor

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: Albus87@inbox.ru

**Vinnichenko Alexandra Valerievna –**

assistant of the department

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: alex23rain@gmail.com