

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

УДК 004.89

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-4-582-594



Интерактивное приложение, реализующее метод уверенных суждений на массовой программной платформе

© 2024, С.В. Смирнов

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Аннотация

В статье рассматриваются функциональные возможности и архитектура интерактивного приложения, предназначенного для поддержки принятия многокритериальных решений на основе метода уверенных суждений С.А. Пиявского. Приводится описание отдельных составляющих этого метода, которые необходимы для раскрытия темы статьи в форме, ориентированной на компьютерное представление данных и знаний. Рассматриваемое приложение обеспечивает хранение и доступ к банку универсальных коэффициентов важности частных критериев и реализует ядро информационной методики принятия решений, основанной на методе уверенных суждений. Методика включает следующие этапы: формирование списка альтернативных решений с оценками каждого из них по набору частных количественных критериев; построение политики выбора, определяющей упорядоченность частных критериев по важности для лица, принимающего решение; нормализация постановки многокритериальной задачи в соответствии с базовой оптимизационной математической моделью; оценивание каждого альтернативного решения в рамках этой модели; отбор лучших альтернативных решений. Приложение автоматически согласовывает создание и редактирование списка альтернативных решений с определением границ варьирования политикой выбора и объединяет все этапы решения обратными связями через пользователя. Функциональное наполнение рассматриваемого приложения представлено схемой взаимосвязи основных активностей приложения и их продуктов и *UML*-диаграммой вариантов использования приложения. Архитектура приложения описана в виде интеллект-карты. Приложение реализовано на платформе табличного процессора *Excel* и языка программирования *VBA*. Основной целью такого выбора было обеспечение доступности и облегчение освоения передовой методики принятия многокритериальных решений широким кругом пользователей, использующих *Excel* в своей профессиональной работе.

Ключевые слова: многокритериальные решения, метод уверенных суждений, архитектура интерактивного приложения, массовая программная платформа.

Цитирование: Смирнов С.В. Интерактивное приложение, реализующее метод уверенных суждений на массовой программной платформе. *Онтология проектирования*. 2024. Т.14 №4(54). С.582-594. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-4-582-594.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Памяти С.А. Пиявского посвящается

Введение

Метод уверенных суждений (МУС) для принятия многокритериальных решений – это одно из ярких и значимых открытий в богатом научном наследии профессора Семёна Аврамовича Пиявского (05.08.1941-25.12.2023). В наиболее доступной и продуктивной форме

этот метод был представлен в серии научных статей, опубликованных в журнале «Онтология проектирования» [1-4], а также в более широком контексте принятия многокритериальных решений в цифровой среде — в монографии [5].

Автору этой статьи посчастливилось не только быть учеником С.А. Пиявского в студенческие годы, но и тесно сотрудничать с ним в последние десятилетия в самарском Координационном совете по работе с одарённой молодежью в сфере науки и техники [6, 7] и, конечно же, в редколлегии журнала «Онтология проектирования».

Непосредственно участвуя в процессе подготовки к публикации статей [1–3] и слыша сеговотавания Семёна Авраамовича на необходимость скрупулёзной работы в *Excel* при выполнении надлежащих расчётов, автор этих строк оптимистично отвечал, что видит возможность нетрудоёмкой автоматизации основных функциональных задач обсуждавшейся методики по образцу программной лаборатории для онтологического анализа данных *OntoWorker* [8]. Однако, если последний проект был успешно завершён [9], то разработка системы целостной поддержки принятия решений на основе МУС так и осталась при жизни С.А. Пиявского в планах (так, в книге [5] архитектуре потенциального программного комплекса посвящено лишь несколько строк).

Эта статья сообщает о том, что обязательство наконец выполнено, и очерчивает функциональное наполнение и архитектурные решения, принятые в апробированной версии интерактивного приложения *PSA (Piyavsky Semyon Avraamovich)*, реализующего МУС на массовой программной платформе. В качестве такой платформы использован табличный процессор *Excel*, который хорошо известен широкому кругу пользователей и помимо многих присущих ему достоинств характеризуется весьма удобным для разработчиков и пользователей единством среды хранения данных и создания пользовательских приложений [10, 11].

1 Порядок подготовки исходных данных и решения задачи многокритериального выбора альтернатив

Функциональные возможности *PSA*-приложения отражает рисунок 1, где показана схема взаимосвязи этапов и продуктов приложения, включая обратные связи, поддерживаемые через пользователя (предполагается, что благодаря автоматизации основных действий им может быть непосредственно лицо, принимающее решение).

- 2, 4, 6, 8 – акты осмысления пользователем, находящимся на определённом этапе решения задачи многокритериального выбора во множестве альтернатив с помощью МУС (далее *PSA*-задача), либо результата очередного, либо какого-то из предшествующих этапов решения. Фигуру пользователя, которая занимает в двухдольной структуре схемы место «продукта», можно интерпретировать как изменённое состояние его «сознающего ума» [12] вследствие полученных результатов на определённом этапе решения *PSA*-задачи.
- 1 – формирование и редактирование соответствия «альтернативы – частные критерии» (АЧК), которое представляет собой основу многозначного контекста *PSA*-задачи

$$(A, F, D, I, g), \quad (1)$$

где: $A = \{a_i\}_{i=1,\dots,m}$ – множество альтернативных решений (альтернатив), из которых пользователь должен сделать выбор, $m \geq 2$; $F = \{f_j\}_{j=1,\dots,n}$ – множество частных количественных критериев, характеризующих каждую альтернативу, $n \geq 2$ (способ «нумеризации» качественной шкалы в рамках МУС предложен в [1, 5]); $D \subseteq D^* = \cup_{j=1,\dots,n} D_j$, D_j – домен значений частного критерия f_j ; I – тернарное отношение между A , F и D , определённое для всех пар из $A \times F$; $g: F \rightarrow \{\langle \text{min} \rangle, \langle \text{max} \rangle\}$ – функция, значение которой определяет направление оптимизации каждого частного критерия.

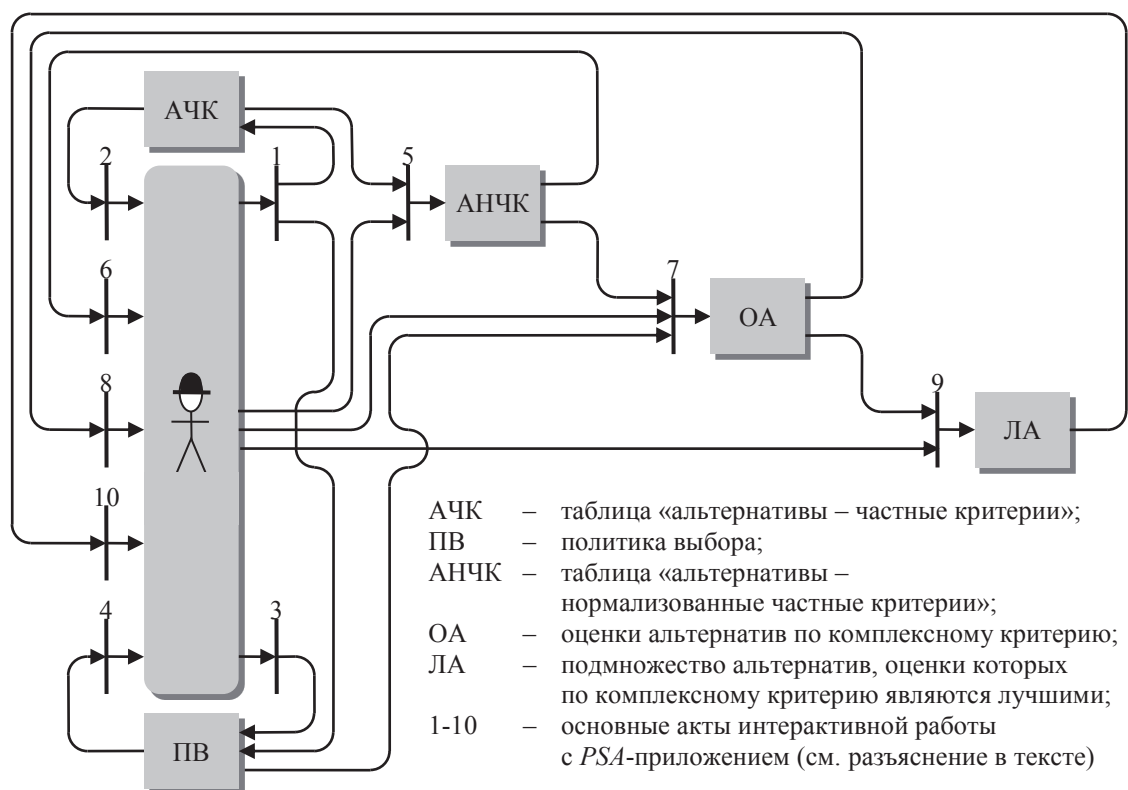


Рисунок 1 – Схема взаимосвязи активностей и продуктов PSA-приложения

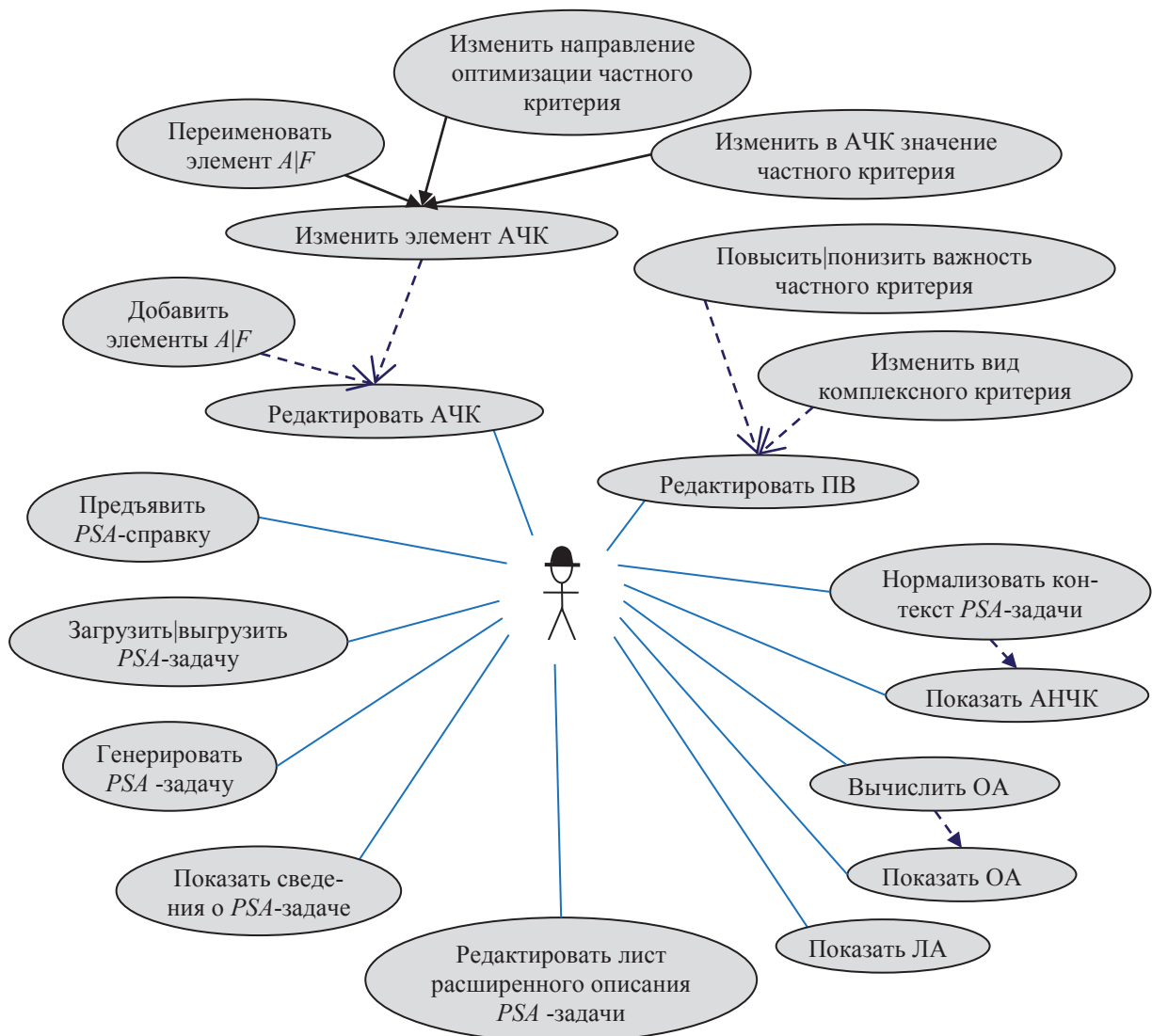
- 3 – формирование и редактирование *политики выбора* (ПВ) пользователя, которую определяет кортеж

$$(R, F, S, c), \quad (2)$$

где: $R = \{r_i\}_{i=1, \dots, n}$ – группы важности частных критериев (критерии, отнесённые к группе r_k , для пользователя важнее, чем отнесённые к группе r_l при $k > l$); $S: R \times F \rightarrow \{\text{True}, \text{False}\}$, $S = (s_{ij})_{i=1, \dots, m; j=1, \dots, n}$ – сюръекция такая, что $\text{True} \in \{s_{lj}\}_{j=1, \dots, n}$ и $\forall p > q: \text{True} \notin \{s_{qj}\}_{j=1, \dots, n} \rightarrow \text{True} \notin \{s_{pj}\}_{j=1, \dots, n}$; c – лингвистическая константа, значение «L» которой требует использовать при скаляризации PSA-задачи средневзвешенную (или линейную, Лапласа), а значение «G» – гарантирующую (или минимаксную, Чебышёва-Гермейера) свёртку частных критериев.

- 5 – нормализация контекста PSA-задачи в соответствии с базовой оптимизационной математической моделью, отличающейся одинаковым направлением оптимизации для всех частных критериев (когда предпочтительными являются их минимальные значения) и масштабированием доменов критериев таким образом, что $D \subseteq [0, 1]$. Продукт этапа – соответствие «альтернативы – нормализованные частные критерии» (АНЧК).
- 7 – вычисление *оценок альтернатив* (ОА) в соответствии с заданной ПВ по комплексному критерию в виде свёртки частных критериев с весами – универсальными коэффициентами важности частных критериев [1-5].
- 9 – выявление упорядоченного подмножества k или более *лучших альтернатив* (ЛА) $A_{(k)} \subseteq A$, $k \leq m$, оценки которых по комплексному критерию меньше, чем у альтернатив из $A \setminus A_{(k)}$.

Прагматический аспект функциональности PSA-приложения демонстрирует диаграмма UML [13], описывающая реализованные варианты использования приложения (рисунок 2):

Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования *PSA*-приложения:

— - коммуникация; - - включение; - - расширение; → - обобщение

- формирование многозначного контекста и ПВ *PSA*-задачи в виде соответствий АЧК и «группы важности – частные критерии» соответственно;
- нормализация исходного многозначного контекста *PSA*-задачи, включая возможность показа АНЧК;
- вычисление ОА согласно заданной ПВ по комплексному критерию, включая возможность показа полученного результата;
- выявление и показ ЛА с выбором мощности соответствующего подмножества;
- документирование *PSA*-задачи на *листе расширенного описания* (ЛРО), включённом в *Excel*-книгу, размещающую эту задачу;
- получение сведений о параметрах многозначного контекста и ПВ *PSA*-задачи;
- генерация в демонстрационных целях *PSA*-задачи со случайно выбираемыми параметрами многозначного контекста (1) и ПВ (2) с возможностью субъективной коррекции таких параметров;
- взаимодействие с файловой системой компьютера для загрузки и выгрузки *PSA*-задачи, хранящейся в виде *Excel*-книги с фиксированной структурой;

- получение справочной информации о МУС и его реализации в *PSA*-приложении.

2 Архитектура *PSA*-приложения

Разработанное приложение представляет собой защищённую *Excel*-книгу (*PSA*-книгу), включающую набор рабочих листов, часть из которых жёстко структурирована. Эти *PSA*-листы используются для табличного представления многозначного контекста и ПВ *PSA*-задачи, показа результатов её решения, хранения таблиц универсальных коэффициентов важности критериев и различной сопровождающей информации *PSA*-задачи. Листы, хранящие универсальные коэффициенты важности критериев, скрыты и недоступны пользователю, между другими листами *PSA*-книги можно свободно перемещаться.

Интеллект-карта [14, 15] на рисунке 3 даёт представление об архитектуре *PSA*-приложения.

- Для ввода, редактирования и отображения многозначного контекста *PSA*-задачи (1) и ПВ пользователя (2) используются «бесконечно» расширяющиеся рабочие листы «Альтернативы» и «Политика выбора», зонная организация которых показана на рисунке 4.

На листе «Альтернативы» это зонирование регламентирует табличное представление отношения I между альтернативами A (зона 1), частными критериями F (зона 2) и ОА частными критериями D (зона 5). Кроме того, в зоне 2 реализуется табличное представление функции $g(f)$.

На листе «Политика выбора» установленное зонирование определяет табличное представление соответствия S между группами важности частных критериев R (зона 1) и частными критериями F (зона 2), при этом зона 5 размещает знаки инцидентности соответствия S . Наконец, в зоне 0 располагается значение лингвистической константы c , которое определяет вид комплексного критерия, используемого для ОА.

Содержание рассматриваемых листов защищено, и его изменение возможно только специализированными сервисами, интерфейс к которым осуществляется с помощью различных контекстных меню специализированных зон листов «Альтернативы» и «Политика выбора».

На всех *PSA*-листах для вызова контекстных меню служит процедура обработки события *BRC* («*Before Right Click*»), которая в случае зонной организации листов используется ещё и для идентификации зоны, где пользователь кликнул правой кнопкой мыши.

- Листы «2», «3», ..., «10» размещают рассчитанные в [1-5] таблицы универсальных коэффициентов важности частных критериев для случаев, когда их количество в *PSA*-задаче равно соответственно 2, 3, ..., 10 (таким образом, рассматриваемая версия *PSA*-приложения способна поддерживать принятия многокритериальных решений не более чем при десяти частных критериях альтернатив).
- Лист «Справка» содержит справочную информацию о *PSA*-приложении, включая используемые термины и определения, описание его архитектуры и функциональных возможностей. Контекстное меню листа ограничивается навигационными задачами по содержанию справки.
- Лист «ЛРО» служит для размещения любой информации (тексты, рисунки, мультимедиа и т.п.), сопровождающей загруженную *PSA*-задачу. Контекстное меню листа позволяет в частности временно снимать его защиту, открывая пользователю возможность редактировать содержание этого листа с помощью всего инструментария *Excel*.

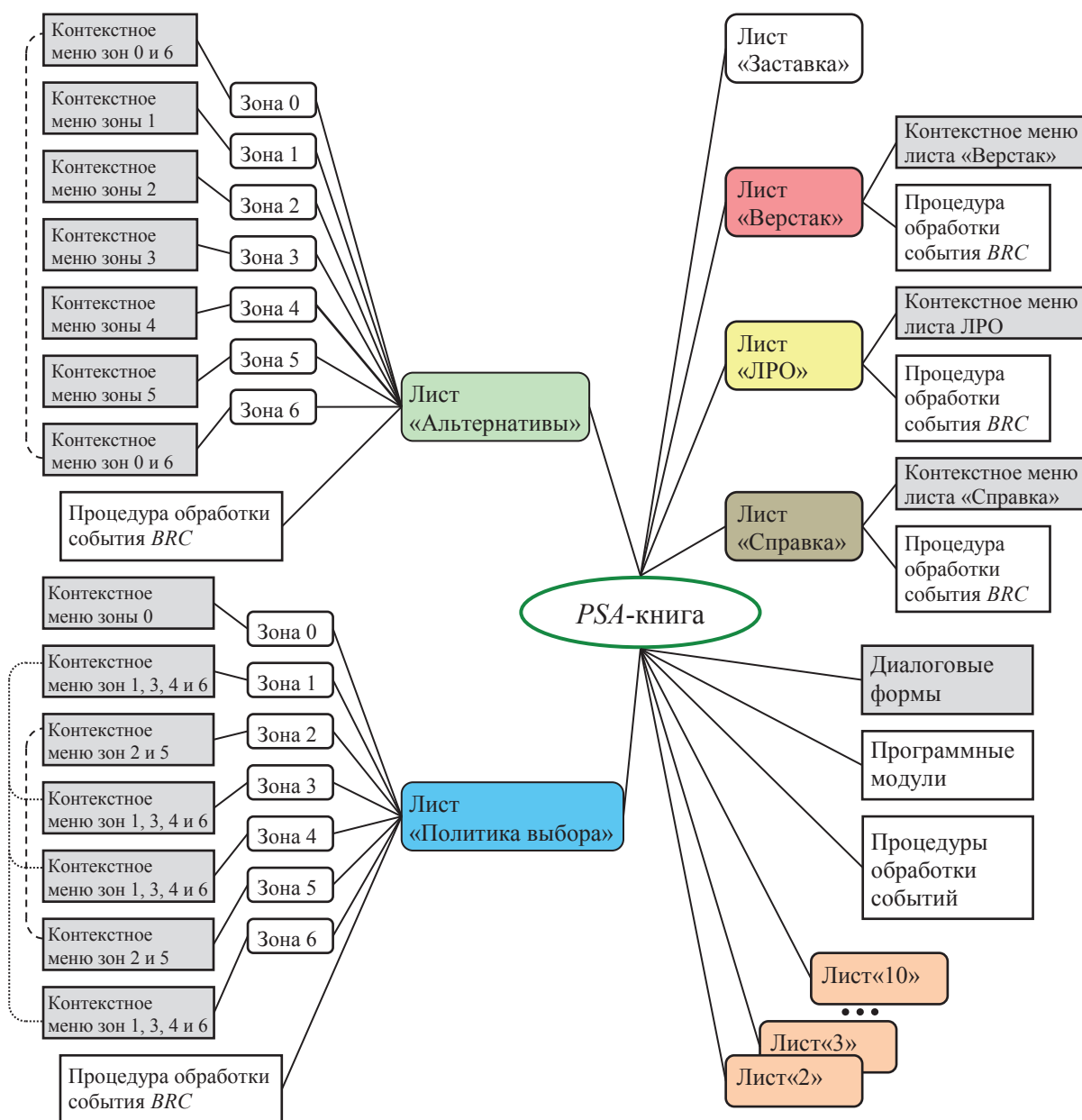


Рисунок 3 – Архитектура PSA-приложения

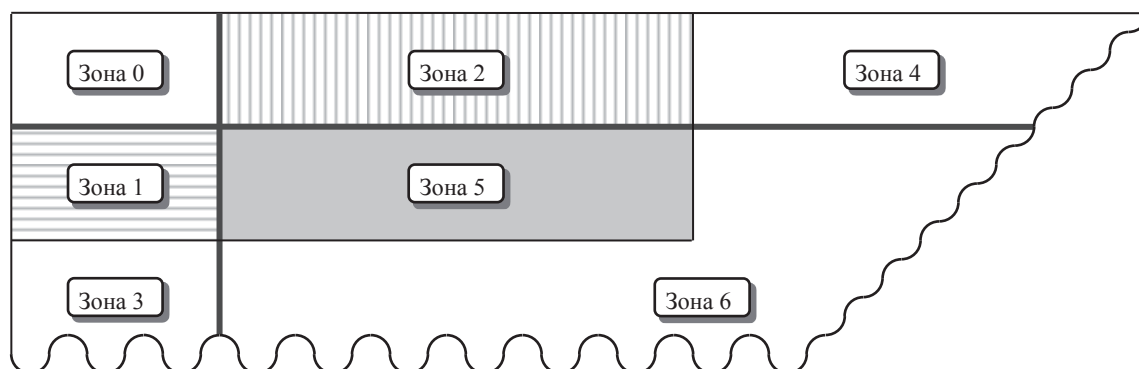


Рисунок 4 – Зонная организация рабочих листов «Альтернативы» и «Политика выбора» PSA-книги.
В ходе работы зоны 1, 5 могут иметь нулевую высоту, а зоны 2, 5 – нулевую ширину

- На листе «Верстак» отображаются результаты решения *PSA*-задачи. Контекстное меню листа предоставляет доступ к аналитическим функциям *PSA*-приложения, а одна из прочих опций этого меню позволяет снять защиту листа «Верстак», чтобы его можно было редактировать стандартными инструментами *Excel*.
- Лист «Заставка» выполняет декоративную функцию и появляется при открытии *PSA*-книги прежде, чем будет развернут основной в приложении лист «Альтернативы».
- Наряду с контекстными меню интерактивное взаимодействие пользователя и *PSA*-приложения поддерживается с помощью диалоговых форм, а одностороннее – от функциональных сервисов приложения к пользователю – с помощью сообщений.
- Функциональные сервисы *PSA*-листов объединены в одноимённые программные модули *PSA*-книги. К ним добавлен модуль, содержащий описания разделяемых переменных и сервисов.
- Процедуры обработки событий *PSA*-книги служат для реализации надлежащих реакций на её открытие, закрытие и сохранение результатов.

3 Пример работы *PSA*-приложения

Апробация *PSA*-приложения проводилась путём сравнения результатов решения задач многокритериального выбора на основе МУС, произведённых в [1-5] в известном смысле «вручную». Несовпадения в выборе ЛА не обнаружены, а наблюдавшиеся иногда незначительные расхождения численных ОА можно отнести на погрешности вычислений, которые вызываются использованием различных типов данных, иным порядком ведения расчётов и различием правил округления результатов.

Несмотря на этот опыт, здесь для демонстрации работы *PSA*-приложения исходные данные задачи многокритериального выбора на конечном множестве альтернатив взяты из статьи [16], где задача решалась *методом косвенных предпочтений* (МКП), и пригодность МУС в подобных случаях была поставлена под сомнение.

В [16] рассматривается задача сравнения по тактико-техническим характеристикам (ТТХ) боевых самолётов, принимавших участие в индийском тендере *MMRCA* (2011 г.). На рисунке 5 приведён фрагмент скриншота листа «Альтернативы» *PSA*-книги, где отражён многозначный контекст этой многокритериальной задачи в формате (1).

На рисунке 6 дан фрагмент скриншота листа «Политика выбора», где интерпретирована и зафиксирована согласно (2) описанная в [16] точка зрения на отношение «предпочтительности» на множестве частных критериев – показателей ТТХ самолётов, – а также вид комплексного критерия альтернатив – «обобщённой эффективности» самолётов как средневзвешенной свёртки ТТХ.

Фрагменты скриншотов листа «Верстак», где представлены продукты этапов решения рассматриваемой задачи многокритериальной оценки обобщённой эффективности самолётов, представлены на рисунках 7 и 8.

При нормализации *PSA*-задачи направление оптимизации всех частных критериев за исключением «Стоимость, млн. \$ (2011 г.)» инвертировано, и значения всех частных критериев линейно масштабированы для их представления величинами из отрезка [0, 1] (рисунок 7).

Полученные с использованием *PSA*-приложения МУС-оценки обобщённой эффективности всех самолётов, рассматривавшихся в тендере *MMRCA*, показаны на фрагменте скриншота листа «Верстак» на рисунке 8а, а рисунок 8б демонстрирует скриншот набора лучших трёх самолётов и их обобщённые оценки.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		max	max	max	max	max	max	min	max	max	
2		Боевая нагрузка, т	Управляемый вектор тяги, есть/нет	Скороподъёмность, м/с	Максимальная взлётная масса, т	Максимальное число Маха на высоте	Практический потолок, км	Стоимость, млн. \$ (2011 г.)	Тяговооружённость, TWR	Масса топлива, т	
3	Dassault Rafale	9,500	0,000	305,000	24,500	1,800	15,240	124,000	1,030	4,700	
4	Eurofighter Typhoon	7,500	0,000	315,000	23,500	2,250	19,810	120,000	1,180	5,000	
5	F-16 IN Super Viper	7,800	0,000	254,000	21,800	2,000	18,000	50,000	1,100	3,370	
6	F/A-18E/F Super Hornet	8,050	0,000	228,000	29,900	1,800	15,000	55,000	0,930	6,780	
7	JAS 39 NG(IN)	5,300	0,000	255,000	14,300	2,000	15,240	48,000	1,180	3,360	
8	МиГ-35	7,000	100,000	330,000	23,500	2,250	17,500	45,000	1,100	4,800	
9											

Рисунок 5 – Фрагмент скриншота листа «Альтернативы» *PSA*-книги, описывающий контекст задачи принятия многокритериального решения

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	L	Боевая нагрузка, т	Управляемый вектор тяги, есть/нет	Скороподъёмность, м/с	Максимальная взлётная масса, т	Максимальное число Маха на высоте	Практический потолок, км	Стоимость, млн. \$ (2011 г.)	Тяговооружённость, TWR	Масса топлива, т	
2	ГрВ 1								X	X	
3	ГрВ 2							X			
4	ГрВ 3						X				
5	ГрВ 4					X					
6	ГрВ 5				X						
7	ГрВ 6			X							
8	ГрВ 7		X								
9	ГрВ 8	X									
10											

Рисунок 6 – Фрагмент скриншота листа «Политика выбора» *PSA*-книги, описывающий распределение частных критериев по группам важности и указывающий вид их свёртки при определении комплексного критерия

	Боевая нагрузка, т	Управляемый вектор тяги, есть/нет	Скороподъёмность, м/с	Максимальная взлётная масса, т	Максимальное число Маха на высоте	Практический потолок, км	Стоимость, млн. \$ (2011 г.)	Тяговооружённость, TWR	Масса топлива, т
Dassault Rafale	0,000	1,000	0,245	0,346	1,000	0,950	1,000	0,600	0,608
Eurofighter Typhoon	0,476	1,000	0,147	0,410	0,000	0,000	0,949	0,000	0,520
F-16 IN Super Viper	0,405	1,000	0,745	0,519	0,556	0,376	0,063	0,320	0,997
F/A-18E/F Super Hornet	0,345	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	0,127	1,000	0,000
JAS 39 NG(IN)	1,000	1,000	0,735	1,000	0,556	0,950	0,038	0,000	1,000
МиГ-35	0,595	0,000	0,000	0,410	0,000	0,480	0,000	0,320	0,579

Рисунок 7 – Фрагмент скриншота листа «Верстак» *PSA*-книги, описывающий нормализованный контекст *PSA*-задачи многокритериального выбора на конечном множестве альтернатив

Dassault Rafale	0,483
Eurofighter Typhoon	0,469
F-16 IN Super Viper	0,594
F/A-18E/F Super Hornet	0,626
JAS 39 NG(IN)	0,861
МиГ-35	0,278

а)

МиГ-35	0,278
Eurofighter Typhoon	0,469
Dassault Rafale	0,483

б)

Рисунок 8 – Фрагменты скриншотов листа «Верстак» *PSA*-книги, описывающие альтернативы и их оценки комплексным критерием в виде средневзвешенной (линейной, *L*) свёртки частных критериев: а) все рассматриваемые альтернативы и их оценки; б) три лучшие альтернативы

Таким образом, ранжирование альтернатив, полученных на основе МУС, полностью совпало с аналогичным результатом, полученным МКП в статье [16], и это показывает поверхностную оценку МУС, данную в этой работе.

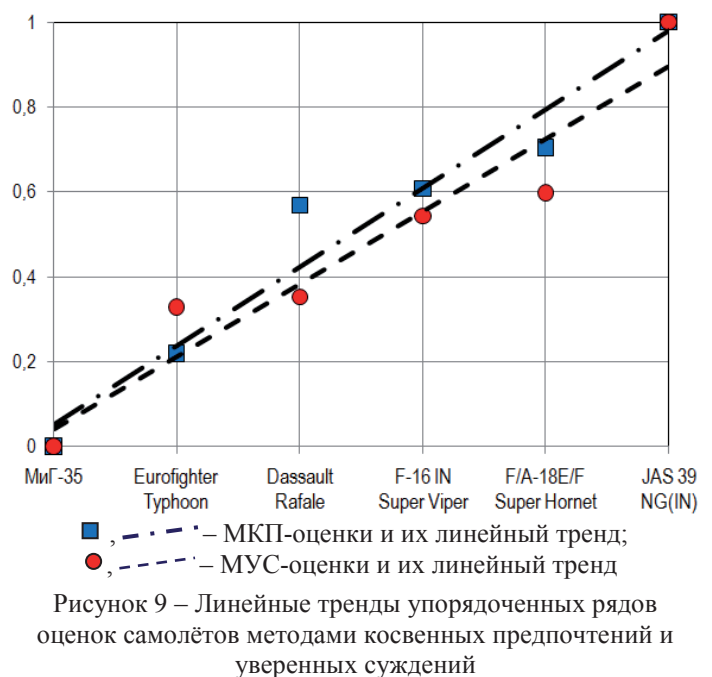
В таблице 1 сопоставляются величины МКП- и МУС-оценок альтернатив.

Таблица 1 – Показатели самолётов, полученные методами косвенных предпочтений и уверенных суждений

Самолёт	Оценки в однородной 100-бальной шкале с учётом весов [16]	Оценки, отображённые в [0, 1] в случае использования оптимизационной модели «минимизация комплексного критерия» и сопоставлении 0 - лучшему выбору, а 1 - худшему	
		Метод косвенных предпочтений	Метод уверенных суждений
МиГ-35	73,69	0,000	0,000
Eurofighter Typhoon	58,88	0,219	0,328
Dassault Rafale	44,80	0,568	0,352
F-16 IN Super Viper	42,79	0,608	0,542
F/A-18E/F Super Hornet	37,89	0,704	0,597
JAS 39 NG(IN)	22,85	1,000	1,000

Для такого сопоставления бальная шкала, использованная в [16], инвертирована и линейно масштабирована для представления оценок величинами из отрезка [0, 1] так, что лучшему решению сопоставлен нуль, а худшему – единица. Аналогичному масштабированию подвергнуты МУС-оценки (рисунок 8а) обобщённой эффективности самолётов.

На рисунке 9 ожидаемо проявляются следствия оригинальных допущений, положенных в основу МУС и МКП для устранения имманентной неопределённости в постановке задач многокритериального выбора [5]. Сопоставление линейных трендов рядов оценок альтернатив позволяет указать на более «осторожную» тактику МУС в этом вопросе.



Заключение

Актуальность расширенной информационно-аналитической поддержки уникального по простоте использования МУС для принятия многокритериальных решений, разработанного С.А. Пиявским, не вызывает сомнения. В статье предложен вариант решения этой задачи, отличающийся доступностью для освоения широким кругом пользователей.

Научная новизна предложенного решения заключается в замене классической формулировки оптимизационной задачи теоретико-множественным описанием исходных данных этой задачи, включая ПВ в МУС при многокритериальном выборе на конечном множестве альтернатив. Кроме того, показана сопоставимость результатов, получаемых МУС с одним из других апробированных методов поддержки принятия многокритериальных решений.

Практическая значимость выполненной работы состоит в реализации МУС на массовой программной платформе. Использованные при этом проектные решения потенциально пригодны для создания различных аналитических приложений в табличных процессорах, подобных *Excel*.

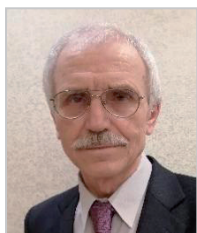
Резервом развития разработанного приложения является добавление средств автоматизации для количественной оценки качественных частных критериев альтернатив на основе МУС, а также расширение банка универсальных коэффициентов важности критериев для увеличения количества частных критериев альтернатив, учитываемых при принятии решений.

Список источников

- [1] **Пиявский С.А.** Как «нумеризовать» понятие «важнее» // *Онтология проектирования*. 2016. Т.6, №4. С.414-435. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-414-435.
- [2] **Пиявский С.А.** Вычислительные аспекты формирования универсальных таблиц коэффициентов важности критериев // *Онтология проектирования*. 2017. Т.7, №3. С. 284-295. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-284-295.
- [3] **Пиявский С.А.** Метод универсальных коэффициентов при принятии многокритериальных решений // *Онтология проектирования*. 2018. Т.8, №3. С.449-468. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-3-449-468.
- [4] **Пиявский С.А.** Формулы для вычисления универсальных коэффициентов при принятии многокритериальных решений // *Онтология проектирования*. 2019. Т.9, №2. С.282-298. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-2-282-298.
- [5] **Пиявский С.А., Малышев В.В.** Новые методы принятия многокритериальных решений в цифровой среде. М.: Наука, 2022. 370 с.
- [6] **Акопов Г.В., Загребова Л.Е., Камальдинова З.Ф., Овчинников Д.Е., Пиявский С.А., Смирнов С.В., Шаврин В.Ю.** Проблемы формирования региональной научно-образовательной развивающей среды в сфере науки, техники и технологий // *Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIX международной конф. (12-15 сентября 2017 г., Самара, Россия)*. Самара: ООО «Офорт», 2017. С. 273-280.
- [7] **Пиявский С.А.** Онтология направляемого развития научных способностей молодежи. Часть 1: основные понятия и модели // *Онтология проектирования*. 2023. Т.13, №3. С. 405-423. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-3-405-423.
- [8] **Семенова В.А., Смирнов В.С., Смирнов С.В.** *OntoWorker: программная лаборатория для онтологического анализа данных* // *Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII международной конф. (22-25 июня 2015 г., Самара, Россия)*. Самара: СамНЦ РАН, 2015. С.382-393.
- [9] **Семенова В.А., Смирнов С.В.** Функциональное наполнение и архитектура программной лаборатории для онтологического анализа данных // *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2023. Т.31, №2. С.85-100. DOI: 10.14498/tech.2023.2.7.
- [10] **Гарнаев А.Ю., Рудикова Л.В.** *Microsoft Office Excel 2010: разработка приложений*. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 528 с.
- [11] **Уокенбах Дж.** *Excel 2010: профессиональное программирование на VBA*. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. 994 с.
- [12] **Чалмерс Д.** *Сознающий ум: в поисках фундаментальной теории*. М.: URSS, 2019. 512 с.
- [13] **Иванов Д.Ю., Новиков Ф.А.** *Моделирование на UML*. СПб.: Наука и техника, 2010. 640 с.

- [14] **Бьюзен Т., Бьюзен Б.** Интеллект-карты. Практическое руководство. Минск: Попурри, 2010. 368 с.
- [15] **Гаврилова Т.А., Страхович Э.В.** Визуально-аналитическое мышление и интеллект-карты в онтологическом инжиниринге // Онтология проектирования. 2020. Т.10, №1. С.87-99. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99.
- [16] **Корнеев В.П.** Метод косвенных предпочтений формирования весов критериев с многоуровневой структурой // Онтология проектирования. 2023. Т.13, №4. С.580-596. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-4-580-596.

Сведения об авторе



Смирнов Сергей Викторович, 1952 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1975 г., д.т.н. (2002). Главный научный сотрудник Института проблем управления сложными системами Самарского федерального исследовательского центра РАН, профессор Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта, Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям (IAOA). В списке научных трудов более 200 работ в области прикладной математики, компьютерного моделирования, создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений. ORCID: 0000-0002-3332-5261; Author ID (RSCI): 17628; Author ID (Scopus): 57205017287. smirnov@iccs.ru

Поступила в редакцию 16.08.2024. После рецензирования 22.10.24. Принята к публикации 28.10.2024.

Памяти нашего коллеги

Прошло чуть меньше года после ухода из реальной жизни в иной мир нашей памяти нашего коллеги, стоявшего у истоков создания журнала, и активного участника одноименного научного семинара профессора Пиявского Семёна Авраамовича (1941-2023).

Семён Авраамович окончил факультет летательных аппаратов Куйбышевского авиационного института (1964), аспирантуру Московского авиационного института (1967), профессор (1995), д.т.н. (2001), Почетный работник высшей школы РФ, академик Академии наук о Земле и Академии нелинейных наук. Опубликовал более 450 научных работ в области системного анализа, методов оптимизации и принятия решений, математического моделирования, образовательных систем и технологий. Основные научные результаты: онтологии образовательного процесса, методы многокритериальной оптимизации, принятия решений в условиях неустраняемой неопределённости, оптимизации многоцелевых летательных аппаратов; теория многоцелевых систем, компьютерная технология технического творчества, теория оптимального управления развитием научных способностей молодежи и др.

Своими знаниями и энергией, которые Семён Авраамович черпал у отцов-основателей информационных технологий и искусственного интеллекта в СССР, он активно делился со своими учениками. На архивных снимках ещё молодой С.А. Пиявский обсуждает свои идеи с академиками АН СССР Гермогеном Сергеевичем Поспеловым (1914-1998) и Никитой Николаевичем Моисеевым (1917-2000).





An interactive application implementing the confident judgments method on a mass software platform

© 2024, S.V. Smirnov

*Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Science,
Institute for the Control of Complex Systems of the Russian Academy of Science, Samara, Russia
Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics, Samara, Russia*

Abstract

The article examines the functionality and architecture of an interactive application designed to support multi-criteria decision-making using S.A. Piyavsky's confident judgment method. It provides a description of key components of this method essential for presenting the topic in a computer-oriented format for data and knowledge representation. The application stores and provides access to a bank of universal importance coefficients for specific criteria and serves as the core of an information methodology for decision-making based on the confident judgment method. This methodology includes the following stages: compiling a list of alternative solutions with evaluations by a set of specific quantitative criteria; establishing a selection policy that orders criteria by importance for the decision-maker; normalizing the multi-criteria problem statement in line with a foundational optimization model; evaluating each alternative solution within this model; and selecting the optimal alternatives. The application automatically coordinates the creation and editing of the list of alternative solutions according to variation boundaries set by the selection policy, integrating all solution stages with user feedback. The application's functionality is represented by a diagram linking the main activities and their outcomes, along with a UML diagram of application use cases. The architecture of the application is presented as a mind map. The application is implemented on the Excel platform using VBA programming language, chosen to ensure accessibility and support the development of advanced multi-criteria decision-making methods for a broad user base who use Excel in their professional work.

Keywords: *multi-criteria decisions, confident judgment method, interactive application architecture, mass software platform.*

For citation: *Smirnov SV. An interactive application implementing the confident judgments method on a mass software platform [In Russian]. Ontology of designing. 2024; 14(4): 582-594. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-4-582-594.*

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

List of figures and tables

- Figure 1 - Diagram of the relationship between activities and products of the PSA application
- Figure 2 - PSA application use case diagram: communication; inclusion; extension; generalization
- Figure 3 - PSA application architecture
- Figure 4 - Zonal organization of the "Alternatives" and "Choice Policy" worksheets of the PSA-workbook
- Figure 5 - Screenshot of the "Alternatives" worksheets from the PSA-workbooks describing the context of the multi-criteria decision-making task
- Figure 6 - Screenshot of the "Choice Policy" worksheet from the PSA-workbook describing the distribution of partial criteria by importance groups and indicating the type of their convolution when defining a complex criterion
- Figure 7 - Screenshot of the "Workbench" worksheet from the PSA-workbook describing the normalized context of a multi-criteria decision-making task
- Figure 8 - Fragments of screenshots of the PSA-workbooks "Workbench" worksheet describing alternatives and their ratings by a complex criterion in the form of a weighted average (linear, L) convolution of partial criteria: a) all considered alternatives and their ratings; b) the three best alternatives
- Figure 9 - Linear trends of ordered series of aircraft ratings using indirect preferences and confident judgments methods
- Table 1 - Aircraft indicators obtained by indirect preferences and confident judgments methods

References

- [1] **Piyavsky SA.** How do we digitize the concept of «more important» [In Russian]. *Ontology of designing*. 2016; 6(4): 414-435. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-414-435.
- [2] **Piyavsky SA.** Computational aspects of establishing universal tables of criterion's importance [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(3): 284-295. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-284-295.
- [3] **Piyavsky SA.** Method of universal coefficients for the multi-criteria decision making [In Russian]. *Ontology of designing*. 2018; 8(3): 449-468. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-3-449-468.
- [4] **Piyavsky SA.** Forms for calculation of universal coefficients when adopting multiple critical decisions [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(2): 282-298. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-2-282-298.
- [5] **Piyavsky SA, Malyshev VV.** New methods for making multi-criteria decisions in a digital environment [In Russian]. Moscow: Nauka; 2022. 391 p.
- [6] **Akopov GV, Zagrebova LE, Kamaldinova ZF, Ovchinnikov DE, Piyavsky SA, Smirnov SV, Shavrin VYu.** Problems of formation of regional scientific and educational developing environment in the sphere of science, engineering and technology [In Russian]. In: Complex Systems: Control and Modeling Problem, proc. of the XIX Int. Conf. (Samara, Russia, 2017, September 12-15). Samara: Ofort; 2017: 273-280.
- [7] **Piyavsky SA.** Ontology of guided development of scientific abilities of young people. Part 1: Basic concepts and models [In Russian]. *Ontology of designing*. 2023; 13(3): 405-423. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-3-405-423.
- [8] **Semenova VA, Smirnov VS, Smirnov SV.** OntoWorker: Program Laboratory for Ontological Data Analysis [In Russian]. In: Complex Systems: Control and Modeling Problem, proc. of the XVII Int. Conf. (Samara, Russia, 2015, June 22-25). Samara: Samara Scientific Center of RAS; 2015: 382-393.
- [9] **Semenova VA, Smirnov SV.** Functional content and architecture of software laboratory for ontological data analysis [In Russian]. *Vestnik of Samara State Technical University. Technical Sciences Series*. 2023; 31(2): 85-100.
- [10] **Garnaev AY, Rudikova LV.** Microsoft Office Excel 2010: Application Development [In Russian]. St. Petersburg: BHV-Peterburg, 2011. 528 p.
- [11] **Walkenbach J.** Excel 2010: power programming with VBA [In Russian]. Moscow: LLC “Williams”, 2011. 994 p.
- [12] **Chalmers D.** The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory [In Russian]. Moscow: URSS, 2019. 512 p.
- [13] **Ivanov DY, Novikov FA.** Modeling in UML [In Russian]. St. Petersburg: Nauka i tekhnika, 2010. 640 p.
- [14] **Buzan T, Buzan B.** Mind maps. Practical guide [In Russian]. Minsk: Poppuri, 2010. 368 p.
- [15] **Gavrilova TA, Strakhovich EV.** Visual analytical thinking and mind maps for ontology engineering [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(1): 87-99. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99.
- [16] **Korneenko VP.** Method of indirect preferences for forming criterion weights with a multi-level structure [In Russian]. *Ontology of designing*. 2023; 13(4): 580-596. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-4-580-596.

About the author

Sergey Victorovich Smirnov (b. 1952) graduated from the Korolyov Aerospace Institute (Kuibyshev-city) in 1975, D. Sc. Eng. (2002). Chief Researcher at Institute for the Control of Complex Systems of Russian Academy of Sciences, professor at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics. He is a member of Russian Association of Artificial Intelligence and International Association for Ontology and its Applications. He is a co-author of more than 200 publications in the field of applied mathematics, computer modeling, and the creation of intelligent decision support systems. ORCID: 0000-0002-3332-5261; Author ID (RSCI): 17628; Author ID (Scopus): 57205017287. smirnov@iccs.ru

Received August 16, 2024. Revised October 22, 2024. Accepted October 28, 2024.
