

УДК 519.7

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ RDS

А.О. Алексеев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Россия, 614990, Пермь, Комсомольский пр., 29
E-mail: alekseev@cems.pstu.ru

А.С. Саламатина

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Россия, 614990, Пермь, Комсомольский пр., 29
E-mail: salamatina@cems.pstu.ru

Ключевые слова: сложные объекты, неопределенность, механизмы управления, комплексное оценивание, прототипирование.

Аннотация: С целью оперативного прототипирования систем комплексного оценивания сложных объектов, под которыми понимаются объекты, обладающие набором разнородных свойств как числовой, так и нечисловой природы, а также обладающие различной неопределенностью, в среде имитационного моделирования РДС/RDS (Расчет динамических систем / Research of Dynamics Systems) создана библиотека блоков ввода данных о состоянии отдельных критериев и библиотека блоков агрегирования информации, комбинация которых позволяет создать систему комплексного оценивания сложного объекта, обладающего любой формой, степенью и источником неопределенности. Для количественных параметров реализованы три блока с выбором функций приведения количественных оценок из фазового пространства в критериальное: возрастающие (линейная, степенная, S-образная, логарифмическая, экспоненциальная, полиномиальная), убывающие (аналогичные функции и Z-образная) и смешанные (трапецивидная и колоколообразная). Для качественных параметров реализованы четыре блока с заданием точной оценки и интервала, мягких значений, а также нечетких значений без ограничений на функцию принадлежности или со специальными ограничениями. Отдельным блоком реализован ввод данных для параметров с известным распределением вероятностей (также с выбором закона распределения из списка). Библиотека блоков агрегирования содержит четыре блока: матричные механизмы нечеткого комплексного оценивания с максиминным подходом и с аддитивно-мультипликативным подходами к теоретико-множественным операциям, а также два эквивалентных им непрерывных матричных механизма комплексного оценивания.

1. Введение

Комплексное оценивание сложных объектов, обладающих набором разнородных свойств как числовой, так и нечисловой природы, а также обладающих разной формой и степенью неопределенности о состоянии частных параметров, а также различными источниками их возникновения, в недавнем времени оставалось актуальной научной проблемой, имеющей широкий спектр практических приложений, где востребовано агрегирование информации до одного или нескольких укрупненных показателей. Существует несколько групп ученых, разработавших специальные методы и алгоритмы ком-

плексного оценивания, применимые в различных условиях. Так, в работе [1] показано, какие матричные механизмы комплексного оценивания целесообразно использовать при той или иной неопределенности сложного объекта. Там же [1] была предложена система классификации матричных механизмов комплексного оценивания, основаниями для классификации которых являются форма неопределенности о состоянии частных свойств сложного объекта и подходы к вычислению комплексных оценок. Несмотря на этот результат, актуальным направлением является создание компьютерной платформы для создания автоматизированных систем комплексного оценивания сложных объектов¹. В качестве платформы для программного прототипирования систем комплексного оценивания выбрана среда имитационного моделирования РДС/RDS (Расчет динамических систем / Research of Dynamics Systems)[2], разработанная в ИПУ РАН.

2. Задача комплексного оценивания сложных объектов

Задача комплексного оценивания сложных объектов заключается в установлении отображения между пространством сложных объектов и ограниченным множеством действительных значений с помощью механизма комплексного оценивания (МКО):

$$(1) \quad \text{МКО: } O \rightarrow V \subset R^1,$$

где O – пространство состояний сложного объекта; V – действительно-значная шкала комплексной оценки.

Матричный механизм комплексного оценивания (ММКО) это механизм комплексного оценивания (1), который задается кортежем:

$$(2) \quad \langle G, M, Q \rangle,$$

где G – граф, определяющий последовательность агрегирования (свертки) частных факторов в комплексную оценку, узлам дерева G соответствуют матрицы свертки; M – множество матриц свертки, матрица свертки является подмножеством декартового произведения шкал качественного оценивания сворачиваемых факторов и шкалы обобщенной, агрегированной оценки, матрица задается множеством элементов $m = \{m_{rc}\}$, $r = \{1, \dots, \bar{r}\}$, $c = \{1, \dots, \bar{c}\}$; Q – критериальное (квалиметрическое) пространство, образованное множеством шкал качественного оценивания частных критериев K , промежуточных сверток и шкалой комплексной оценки V ; K – множество частных свойств (параметров, факторов, критериев), по которым оценивается сложный объект, данное множество образовано двумя подмножествами $K = K_q \cup K_n$: K_q – подмножество качественно-описываемых свойств объекта, K_n – подмножество количественно-измеримых свойств объекта.

Системой комплексного оценивания будем называть совокупность набора критериев, наборов термов, функций приведения, графа и набора матриц свертки, подходящих для комплексного оценивания сложных объектов конкретной предметной области.

3. Прототипирование систем комплексного оценивания

Стоит отметить, что в настоящей работе речь идет именно о прототипировании систем комплексного оценивания, то есть ниже под пользователями понимаются разра-

¹ под автоматизированной системой комплексного оценивания будем понимать совокупность программных и аппаратных средств, пользователей и инструкции по работе. В данной работе речь идет только о программных средствах.

ботчики систем комплексного оценивания объектов в конкретных предметных областях с характерными им параметрами, обладающими свойственными источниками неопределенности, а не конечные пользователи, осуществляющие агрегирование информации о некоторых объектах.

Алгоритм работы пользователя-разработчика в приложении представляет собой последовательное выполнение следующих операций:

- 1) построение дерева критериев²:
 - выбор числа критериев, соответствующих свойствам сложного объекта;
 - выбор структуры дерева критериев, описывающего логическую последовательность агрегирования (свертки) частных критериев;
- 2) выбор и настройка частных критериев с учетом возможной неопределенности;
- 3) настройка матриц свертки.

3.1. Построение дерева критериев

Для осуществления первых двух операций в RDS разработан макет модуля построения дерева критериев (рис. 1), позволяющего итерационно выбрать подходящую структуру под определенное число критериев.

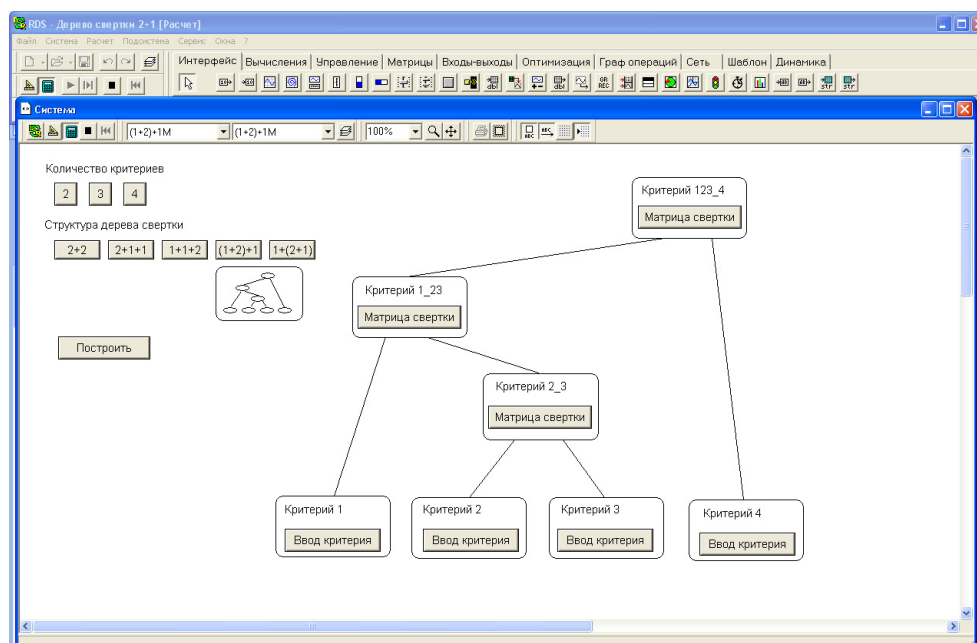


Рис. 1. Экранная форма RDS в режиме построения дерева критериев (в текущей версии приложения реализован выбор до 4-х критериев, в перспективе будет возможность строить дерево критериев для любого числа критериев).

3.2. Настройка критериев

Для настройки частных критериев был создан специальный модуль, поддерживающий настройку как количественных, так и качественных критериев. Блок-схема настройки частного критерия пользователем показана ниже (рис. 2)

² Перспективным направлением является построение сетей критериев, что востребовано в случаях, когда информация агрегируется до нескольких показателей, или критерий участвует не в единственной свертке, а в нескольких. Еще одним перспективным направлением является коллективное построение дерева или сети критериев.

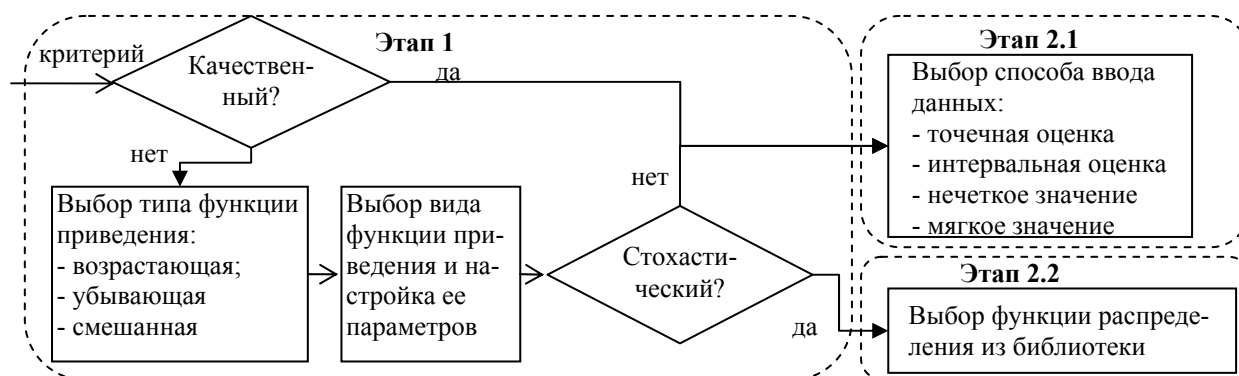


Рис. 2. Блок-схема настройки частных критериев, предусматривающая настройку количественных и качественных критериев, а также формализации неопределенности.

Для количественных параметров реализован выбор функций приведения количественных оценок из фазового пространства в критериальное.

3.2.1. Библиотека функций приведения включает три блока с выбором функций приведения: возрастающие (линейная, степенная, S-образная, логарифмическая, экспоненциальная, в разработке находится полиномиальная), убывающие (аналогичные функции и Z-образная) и смешанные (трапецивидная и колоколообразная).

3.2.2. Библиотека функций ввода данных. Для качественных параметров реализованы четыре блока с заданием точечных значений, интервальных оценок, мягких значений, а также нечетких значений без ограничений на функцию принадлежности и специальными ограничениями.

Отдельным блоком реализован ввод данных для параметров с известным распределением вероятностей (также с выбором закона распределения из списка).

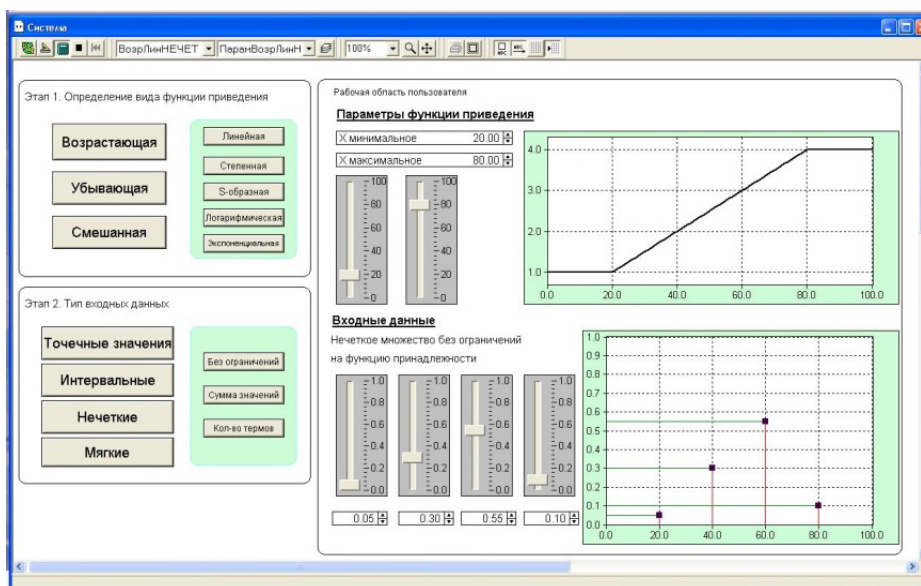


Рис. 3. Экранная форма RDS в режиме настройки частного критерия.

3.3. Настройка матриц свертки

На текущий момент реализовано заполнение матриц свертки размерностью 4×4 (рис. 4) с возможностью отображения матрицы в балльном виде, так и с их интерпретацией. Элементы матрицы могут быть заданы непрерывными значениями.

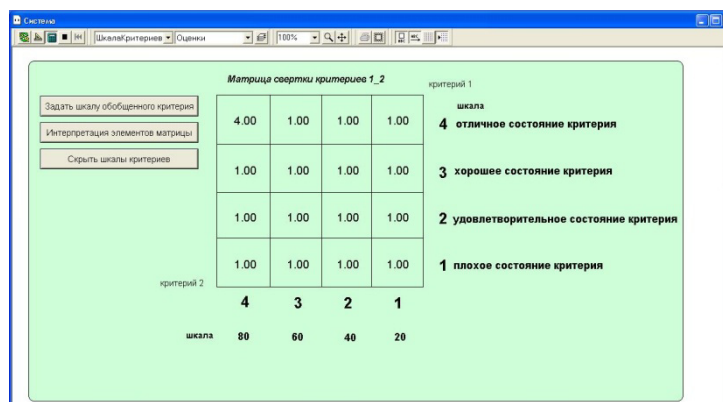


Рис. 4. Экранная форма RDS в режиме настройки матрицы свертки.

3.4. Выбор способа агрегирования

Библиотека блоков агрегирования содержит четыре блока: матричные механизмы нечеткого комплексного оценивания с максиминным подходом и с аддитивно-мультипликативным подходами к теоретико-множественным операциям, а также два эквивалентных им непрерывных матричных механизма комплексного оценивания.

4. Заключение

С целью оперативного прототипирования компьютерных систем комплексного оценивания сложных объектов в RDS созданы модуль построения дерева критериев и библиотеки блоков ввода данных о состоянии отдельных критериев, блоков агрегирования информации, комбинация которых позволяет создать систему комплексного оценивания сложного объекта, обладающего любой формой, степенью и источником неопределенности. С технической точки зрения, перспективным направлением развития созданной системы прототипирования систем комплексного оценивания авторы видят в создании специальной вкладки на ленте команд программы, аналогичных созданным блокам, а с содержательной – опытную и промышленную эксплуатацию приложения.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лабораторий №49 и №57 ИПУ РАН, в особенности Рошину А.А. и Федянину Д.Н., благодаря которым в среде RDS появились новые элементы, процедуры и функции, позволившие разработать такое приложение по прототипированию систем комплексного оценивания сложных объектов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (17-07-01550).

Список литературы

1. Алексеев А.О. Классификация механизмов комплексного оценивания сложных объектов // Информационные и математические технологии в науке и управлении = Information and mathematical technologies in science and management. 2018. № 2(10). С. 106-120.

2. Рошин А.А. Расчет динамических систем (РДС). Руководство для программистов. Приложение: описание функций и структур. Приложение к руководству для программистов. М.: ИПУ РАН, 2012. 719 с.