

УДК 519.68: 159.955; 519.8; 510.5

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ТВОРЧЕСТВА В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Ю.Л. Шередеко

*Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН
и МОН Украины*

e-mail: semant@irtc.org.ua

Несмотря на впечатляющие успехи математизации всех областей знаний и деятельности человека, всегда будет существовать обширный круг задач, которые не могут быть решены без участия человека, неалгоритмизируемых (в смысле строгих формальных алгоритмов). К таким задачам относятся, прежде всего, *проблемные задачи*, являющиеся предметом научного и технического творчества [1], а также *задачи принятия решений* (ЗПР). Последние, случается, относят к предмету исследования операций, руководствуясь, очевидно, общностью происхождения. Но, в отличие от любых алгоритмизируемых задач (в т.ч. и задач исследования операций), где участие человека сводится к постановке (формальной) задачи и на этом заканчивается, в процессе принятия решений человек является *активным действующим агентом на всех стадиях решения задачи*. Кроме того, в ЗПР невозможно переложить ответственность за принятые решения ни на какие методы, алгоритмы, программы, являющиеся вспомогательными средствами в выявлении, постановке и решении ЗПР, т.е. средствами *поддержки* этого процесса.

В компьютерной поддержке решения ЗПР существует два пути. Первый из них продолжает традицию математизации, где в центре внимания – формальный алгоритм решения задачи. Участие человека в процессе решения заключается в сведении задачи к требуемой алгоритмом постановке и, затем, в интерпретации и проверке полученного результата. К сожалению, специфика ЗПР такова, что получение *сразу* искомого результата практически невозможно, приходится делать *итерации, трансформируя* (изменяя) постановку задачи до тех пор, пока ответ не покажется удовлетворительным (формальных правил останова итераций не существует). Реализации такой поддержки сочетают «метод проб и ошибок» с идеями *трансформационного подхода*. Эти человеко-машинные итеративные процедуры часто очень далеки от последовательного приближения, но в любом случае достаточно утомительны для человека, потому прерываются им при первом удобном случае. Об оптимальности полученного решения судить нельзя, можно лишь утверждать, что выбранный вариант решения чем-то лучше рассмотренных, но какая часть из всех возможных вариантов рассмотрена – неизвестно.

Второй путь – поддержка процесса решения ЗПР по частям, что требует раскрытия и исследования механизма этого процесса. Хотя этот путь намного более трудоемок, все достижения теории принятия решений получены на нем, к тому же, он дает ряд существенных преимуществ: позволяет при решении ЗПР обойтись без итераций всего процесса; специфические средства поддержки отдельных этапов обычно более эффективны и универсальны; открытость и прозрачность процесса решения ЗПР способствует большему доверию к принимаемым решениям, а задание в явном виде множества альтернатив на каждом его этапе существенно повышает обоснованность выбора. Перечисленными свойствами и в своей идеологии решения ЗПР данный путь родственен *морфологическому подходу* в технологии научного и технического творчества [2-6]. Далее будет рассмотрена структура процесса принятия решений и перспективы применения морфологического инструментария на каждом его этапе.

Процесс принятия решений

Определений и классификаций ЗПР существует слишком много, чтобы здесь останавливаться на их анализе и/или предлагать свои (наиболее полным и продуктивным представляется определение, приведенное в [7]). Для раскрытия сути процесса принятия решений обратимся к *матрице решений* (см. рисунок) – структуре, в которой отражаются ЗПР всех классов, все методы принятия решений и поддержки этого процесса.

Варианты решений $r_i \in R$	Оценки q_i по критериям $k_j \in K$						Выбор решений по оценочной функции
	k_1	k_2	...	k_j	...	k_m	
r_1	q_{11}	q_{12}	...	q_{1j}	...	q_{1m}	$f(q_1)$
r_2	q_{21}	q_{22}	...	q_{2j}	...	q_{2m}	$f(q_2)$
...	...	...	...	...	...	...	...
r_i	q_{i1}	q_{i2}	...	q_{ij}	...	q_{im}	$f(q_i)$
...	...	...	...	...	...	...	...
r_n	q_{n1}	q_{n2}	...	q_{nj}	...	q_{nm}	$f(q_n)$

Рисунок. Матрица решений.

Множество вариантов решения R должно обладать свойствами *неизбыточности и полноты*: содержать только варианты, соответствующие ЗПР, причем, содержать все такие варианты. Обычно число вариантов конечно. Если же вариант решения лишь один – имеет место «фатальная ситуация принятия решений», т.е. выбор без альтернатив.

Множество критериев K должно обладать свойствами, подобными R , ведь в нем выражается суть поставленной ЗПР. Если варианты оцениваются в одном столбце – ЗПР *тривиальна*, так как выбор очевиден: лучшие варианты имеют лучшие оценки. Обычно ЗПР не столь просты и содержат не один столбец оценок. Столбцы k_j могут содержать оценки не только по разным критериям, но и по одному, скажем, для разных внешних условий, или сделанные разными экспертами. Для выбора решения множество оценок каждого варианта по всем столбцам должно быть сведено воедино, чему служит специальный механизм – основа *оценочной функции*, которая в явном виде выражает систему предпочтений. Например, в случае применения известной минимаксной функции матрица решений $\|q_{ij}\|$ дополняется столбцом с минимальными оценками каждого варианта (должна быть обеспечена соразмерность и единство смысла оценок в строке), и выбирается вариант с наибольшим значением в этом столбце. Свертка всех оценок в один столбец тривиализует выбор, но обоснование оценочной функции – отдельная задача.

В различных постановках ЗПР требуются решения разного вида: множество недоминируемых вариантов, множество допустимых (критерии формулируются в виде ограничений), наилучшая в определенном смысле альтернатива, упорядоченное множество альтернатив. В зависимости от этого изменяется ход выбора и вид оценочной функции. *Отсев доминируемых вариантов* – единственная абсолютно формальная процедура (причем, очень простая, хотя для оправданного применения и требует проверки ряда неявных допущений), которая не сводит векторные оценки к скалярным. *Отсев недопустимых вариантов* также достаточно прост, но если получено слишком большое или пустое множество допустимых вариантов, то требуется итерация всего процесса решения при новых ограничениях, причем переопределение вектора ограничений весьма нетривиально (не проще свертки векторных оценок в скалярные). *Выбор наилучшей альтернативы* и *упорядочение множества альтернатив* требуют явного задания механизма свертки векторных оценок в скалярные, для чего в матрицу решений может вводиться дополнительная информация: о соотношении важности критериев, о степени доверия оценкам разных экспертов, о вероятностях определенных внешних условий, и т.п.

Из сказанного очевидно, что оценочная функция может иметь достаточно сложный вид, особенно при использовании многоступенчатого выбора, содержащего несколько разных механизмов, как, например, сочетание первых двух указанных процедур отсева. Построение и обоснование оценочной функции, адекватно отражающей цель выбора, все еще является сложным искусством, поэтому преобладают упрощенные подходы, такие как сведение выбора решения к отысканию экстремума некоторой простой функции оценок. Распространенность и общепризнанность таких оценочных функций как бы оправдывает их применение безо всякого обоснования. Если примеров решений (удачных и нет) достаточно для построения представительной обучающей выборки, то для получения оценочных функций и/или для их замены применяют методы обучения распознаванию образов или нейросетевые технологии. Так недостаточно искушенный в решении ЗПР естественный интеллект поддерживают средствами искусственного интеллекта.

Безусловно, в приведенном пунктирном описании азов принятия решений даже не упомянуто много важных разделов и вопросов, например, теории ценности и теории полезности, применения нечетких оценок и/или лингвистических переменных. Его цель лишь обозначить круг «вечных» проблем принятия решений, которые существуют и остаются столь же трудными, несмотря на обилие созданных методов и средств поддержки принятия решений. Далее так же кратко представим систему морфологического инструментария творчества [8] и возможности, предоставляемые этим инструментарием в преодолении указанных проблем принятия решений.

Морфологический инструментарий творчества и принятие решений

Система морфологического инструментария творчества — такая совокупность эвристических методов, приемов, процедур и программ, которая охватывает весь жизненный цикл проблемной задачи и обеспечивает существенное повышение эффективности творческого поиска на всех его стадиях от исследования проблемной ситуации и синтеза проблемной задачи до получения ее решения. Как отмечалось выше, ЗПР во многом подобна проблемной задаче, причем не превышает ее по сложности, т.е. применение указанного инструментария к ЗПР должно быть не менее эффективным.

Поскольку ЗПР, как и проблемные задачи, относятся к неалгоритмизируемым, то их выявление и постановка также должны начинаться с анализа проблемных ситуаций. Для этого была создана *процедура системного анализа проблемных ситуаций* [9], которая опирается на анализ условий, породивших проблемную ситуацию, построение иерархии целей и множества альтернативных путей их достижения и заканчивается обоснованием системы требований (в ЗПР — системы критериев). Эта процедура реализует морфологический подход к творчеству и гарантирует корректность, полноту и неизбыточность набора требований (критериев), а также то, что вариант, наилучшим образом отвечающий этому набору, является наилучшим решением в данной ситуации.

Процедура постановки и корректного формулирования задач в наборе исходных требований выявляет и ставит проблемные задачи (лучше, если этот набор — система). Она базируется на использовании такого системного инструментария как матрицы взаимодействия, метод отрицания и конструирования (Ф.Цвики), прием усиления-ослабления требований и подробно изложена в монографии [10]. Применение указанной процедуры в ЗПР целесообразно для введения в матрицу решений дополнительной информации о допустимых значениях критериев. Если для свертки векторных оценок в скалярные, необходима дополнительная информация о соотношении важности критериев, то наиболее эффективным показал себя метод определения значимости параметров технических систем (обоснование в [11], программа реализации в [12]). Этот метод может быть использован и для получения оценок вариантов по некоторым критериям.

Процедура морфологического анализа [3-5, 10] переводит описание искомого объекта в пространстве требований в *продуктивное, корректное и нормативно полное* описание множества всех возможных решений в пространстве классификационных признаков. Эта процедура многоаспектного системного анализа состоит из:

- *процедуры системного анализа функции исследуемых* (технических или др.) *систем*, предназначенной для получения функциональной структуры, инвариантной структуре любой системы исследуемого класса и
- *процедуры собственно морфологического классифицирования*, предназначенной для нахождения существенных классификационных признаков (оснований классификации) исследуемых функциональных систем (ФС) и построения продуктивной многоаспектной их классификации (классификации известных и мыслимых систем в *n*-мерном пространстве признаков).

Применение процедуры морфологического анализа в ЗПР гарантирует получение *продуктивного* (содержащего *все возможные*), *корректного* и *нормативно полного* множества альтернатив вариантов решения, что, напомним, существенно повышает обоснованность выбора и способствует большему доверию к принимаемым решениям.

Для эффективного выбора наилучших вариантов создано множество методов *морфологического синтеза* [6, 13-15], которое может обогатить инструментарий принятия решений, так как специфика ЗПР и проблемных задач кардинально не различаются.

Как видно, система морфологического творческого инструментария оказывается весьма полезной и в решении ЗПР, но главное, что может дать ее применение – новое, вернее истинное понимание слова «система» в создаваемых системах поддержки принятия решений. Поддержка должна охватывать эффективным инструментарием *все этапы процесса решения ЗПР*, иначе она не имеет основного системного свойства – целостности, т.е. является не системой, а лишь набором средств. Основные принципы методологии создания таких человеко-машинных систем изложены в [16].

Литература

1. Одрин В.М. Технология наукової і технічної творчості: нова наука та високоінтелектуальна інформаційна метатехнологія // Вісник НАНУ, 2005, №6, С. 65-78.
- 2.-6. Одрин В.М. Морфологические методы решения проблемных задач как раздел технологии научного и технического творчества. I-V // УСиМ, I: 4/5, 1997.- С. 48-68; II: №2, 1998.- С. 16-28; III: №4, 1998.- С.21-31; IV: №1, 1999.- С.65-78; V: №1, 2003.- С. 5-17.
7. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. - М.: Радио и связь, 1989. - 304 с.
8. Одрин В.М., Шередеко Ю.Л. Система морфологического творческого инструментария как эффективное средство творческого поиска в проектировании. // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды междунар. науч.-практ. конф. 20-22 июня 2001 года. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001, С. 362-365.
9. Шередеко Ю.Л., Одрин В.М. Системный анализ проблемных ситуаций. // там же, С. 360-362.
10. Одрин В. М. Метод морфологического анализа технических систем. — М.: Изд. ВНИИПИ, 1989. — 314 с.
11. Шередеко Ю.Л. Метод определения значимости параметров технических систем. // УСиМ. - 1999, N 2, с. 3-11.
12. Шередеко Ю.Л., Диденко А.С. Автоматизация экспертного определения значимости параметров технических систем. // Управляющие системы и машины, – 2000.-№4, С.3-9.
- 13-15. Одрин В. М. Морфологический синтез систем (Препринты / Ан УССР, Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова, 86-3, 86-5, 92-1).
16. Шередеко Ю.Л., Скурихин В.И., Корчинская З.А. Принципы системной интеграции информационных технологий. // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды VI-й междунар. науч.-практ. конф. 28 июня - 5 июля 2002 года. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002, С. 42-44.