

УДК 519.68: 159.955; 519.8; 510.5

**ПРОЦЕСС ПОИСКА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ КАК
МНОГОСТАДИЙНЫЙ ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Ю.Л. Шередеко

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем

НАН та МОН України

e-mail: semant@i.ua

В [1] была показана схожесть процессов принятия решений (ПР) и поиска новых технических решений (ПНТР), а также перспективность применения инструментария ПНТР для решения задач ПР. Здесь, исходя из фундаментальной гипотезы, лежащей в основе всякого познания, что любые сложные объекты (системы, процессы) могут быть представлены совокупностью более простых, представим ПНТР последовательностью ПР.

Техническое решение (ТР) – полное и неизбыточное описание варианта технической системы (ТС) в пространстве параметров реализации, которое соответствует описанию искомого варианта в пространстве требований. Представление ПНТР как *технологического процесса (ТП) — управляемого процесса, направленного на получение описания искомой ТС, —* ведет к постановке задачи его автоматизации [2]. Процессы, реализуемые на разных стадиях ПНТР, относятся к *когнитивным и креативным информационным процессам (ИП) [3], в результате которых должна быть найдена или синтезирована новая информация, получены и применены новые знания, устранена неопределенность* (в данном случае, – описаний искомой ТС). Причем неопределенность здесь понимается шире, чем в традиционных толкованиях *неопределенности выбора*, где речь идет о том, что в заданном множестве *альтернатив* неизвестно как или невозможно произвести *выбор* одной или нескольких *альтернатив* и/или задать однозначное упорядочение элементов этого множества. Если же множество *альтернатив не задано*: неизвестно и/или открыто, существует *неопределенность альтернатив* этого выбора. В процессе ПНТР *неопределенность альтернатив* устраняется на аналитических этапах, а *неопределенность выбора* — на этапах синтеза. Таким образом, *процесс ПНТР можно представить как специфический ИП, в ходе которого осуществляется постепенное (от стадии к стадии) устранение неопределенности элементов описания искомой ТС*: в начале ПНТР необходимо определить (т.е. выявить *альтернативы* и выбрать из них одну или несколько) *цель деятельности, пути и средства ее достижения*, далее, определить соответствующее множество задач (в т.ч., проблемных) и найти приемлемые их решения.

Задача первой стадии процесса ПНТР – выбор объекта исследования и разработки (создания и/или совершенствования). Именно на этой стадии принимаются *наиболее ответственные стратегические решения*. Поскольку процесс ПНТР начинается с осознания наличия препятствия ходу некоторого ТП, наиболее распространенным, даже обычным, является выбор в качестве объекта исследования и совершенствования (разработки) именно той ТС, которая предназначена для преодоления этого препятствия. Такой выбор не является ни “наилучшим”, ни “рациональным”, ни “обоснованным”, ни, даже, единственной *альтернативой*, естественно, его нельзя считать результатом ПР. Для преодоления подобной инерции мышления существуют методы, основанные на различных подходах. Но в трансформационных (см., например, [4]) методах (в отличие от морфологических [5-10]) также нет места процессу ПР: множество *альтернатив* не строится в явном виде, *альтернативы (и критерии!)* выявляются последовательно, в ходе итеративного поиска, который прекращается при нахождении “удовлетворительного” решения (оно чем-то лучше отброшенных на предыдущих итерациях, но как соотносится с другими возможными – неизвестно). Описать сразу все множество *альтернатив* обычно много легче, чем искать *альтернативы* по одной, потому целесообразно использовать

морфологические методы, в которых на каждом этапе выбора можно проконтролировать корректность и полноту множества альтернатив. Так на данной стадии ПНТР продуктивно применение процедуры системного анализа проблемных ситуаций [11].

Задача второй стадии процесса ПНТР – *определение системы требований к ТС*, — т. е. корректного, полного и избыточного набора критериев, исходя из значений которых можно однозначно судить о том, насколько близко к искомому ТР находится каждая из оцениваемых ТС. По сути, на этой стадии определяется пространство качеств, в котором должно быть описано искомое ТР при постановке задачи его поиска. Если создаваемая ТС не является уникальной (первым представителем класса систем данного назначения), то задача определения системы требований к этой ТС уже решена у ТС-аналогов, но степень новизны таких ТР невысока. Поскольку необходимость создания абсолютно уникальных ТС осознается не столь уж часто, то и специальных методов решения задачи второй стадии ПНТР не было. Для проверки корректности исходного (заданного) набора требований можно использовать эвристические приемы процедуры постановки задачи морфологического исследования [5], а для нахождения системы требований предназначена процедура системного анализа проблемной ситуации [11].

Задача третьей стадии процесса ПНТР – получить описание искомого ТР в пространстве требований, т. е. *определить допустимые значения каждого из требований*. Суть этой задачи состоит в достижении компромисса соотношения устанавливаемых значений различных требований (задача ПР в условиях многокритериального выбора — предмет теории ценности [12]). *Соотношение значений этих требований определяет, насколько создаваемая ТС будет соответствовать своему назначению*. Задача не нова, но обилие различных методик вовсе не свидетельствует о том, что она имеет простые и очевидные методы решения во всех случаях, скорее наоборот: постановка этой задачи и выбор метода ее решения является в значительной степени искусством, опирающимся на опыт и интуицию, а не формальной процедурой. Более того, во многих случаях (например, при проектировании уникальных ТС, в случае отсутствия близких аналогов, при поиске пионерных ТР) для решения данной задачи могут быть применены лишь эвристические приемы, подобные используемым в процедуре постановки задачи морфологического исследования [5] и/или методы теории ценности [12].

Задача четвертой стадии процесса ПНТР – *определение множества “внутренних” признаков* (параметров), от которых зависят значения требований. Очевидно, что это множество признаков должно обладать свойствами *полноты и избыточности*: совокупности его элементов должно быть достаточно для однозначного определения значений всех требований к создаваемой ТС, а исключение любого элемента из этого множества повлечет нарушение свойства полноты. Для хорошо изученных систем такие множества хорошо известны, однако процесс ПНТР предполагает, что искомые ТС, или хотя бы некоторые подсистемы этих ТС, не относятся к хорошо изученным классам систем, в чем, собственно, и заключается новизна искомого ТР. При создании таких ТС для нахождения множества существенных признаков целесообразно применять процедуру морфологического анализа (МА) [5, 7-9] – единственную известную в мировой литературе технологию продуктивного классифицирования (существенные признаки являются основаниями классификации). Заметим, что для обеспечения полноты и избыточности искомого множества признаков вторая часть этой процедуры МА (собственно нахождение множества признаков и выявление их связей) была существенно доработана [9].

Задача пятой стадии процесса ПНТР – *определение зависимостей значений требований от значений признаков* [2]. Наличие зависимостей (моделей) делает задачу выбора ТР *формально определенной*, если по выбранным значениям признаков можно однозначно определить достигнуты ли искомые значения всех требований. Такие задачи традиционно ставятся и решаются как оптимизационные (в общем случае, как задачи

многокритеріальної оптимізації). В розв'язанні задачі даної стадії можуть застосовуватися різні підходи, в залежності від обсягу достовірної вихідної інформації, т. е. від того, наскільки шукана ТС нова або близька до добре досліджуваних аналогів.

I. Якщо аналоги шуканої ТС достатньо близькі (відрізняються тільки значеннями деяких вимог і ознак, а області визначення їх моделей відповідають розглядаваній умові), то використання верифікованих моделей може бути повністю обґрунтованим, але шукана ТР в цьому випадку тривіально, її новизна близька до нуля.

II. Якщо області визначення відомих моделей не збігаються з такими в розглядаваній ситуації, то існують два шляхи: а) провести експериментальні дослідження для виявлення залежностей і/або побудови, верифікації або уточнення моделей на нових областях визначення; б) скористатися існуючими моделями як гіпотетичними (менше витрати, більше ризик), а для перевірки адекватності моделей провести розрахунковий експеримент, в якості контрольних точок якого використовувати дані про існуючі аналоги. Відзначимо, що саме вибір одного з цих шляхів є класичним випадком задачі ПР в теорії корисності [12].

III. Якщо клас систем, до якого належить шукана ТС (або її підсистема) і її аналоги, менше вивчений, і в ньому немає подібних моделей, то ступінь новизни шуканої ТР значно вище, а розв'язання задачі її вибору формально визначеної задачі відповідно складніше. В цьому, більш невизначеному, випадку крім шляхів, розглянутих в попередньому випадку, існує ще один: «відновити» залежності методами розпізнавання образів, використовуючи для формування навчальних вибірок дані про існуючі аналоги в якості готових експериментальних даних. Представителю таких вибірок сильно відрізняється від оптимального плану багаторічного експерименту, хоча може виявитися достатньою для побудови локальних моделей корисних при виборі варіанта нової ТР. Але навіть при значно меншій обсяжності вибірок (множествах аналогів) можна виробляти вибір, якщо розв'язувати ряд задач розпізнавання варіантів, як відповідають або не відповідають кожному з встановлених вимог. Мінімальна вибірка тут повинна містити кілька представителів кожного класу, т.е. для кожного вимоги серед аналогів необхідно мати кілька ТС з шуканими значеннями; новизна цієї поширеної задачі ПНТР полягає в необхідності отримати ТС з новим *сочетанием значень* вимог.

IV. Якщо встановлені значення деяких вимог не досягнуті ні в одній з існуючих систем, т.е. немає прямих, а є лише розрізнені віддалені аналоги, то застосування вказаних вище шляхів вибору варіантів ТР дуже складно. Навіть експеримент може бути проведений лише *після вибору і реалізації образу ТР в вигляді експериментальної установки* для перевірки спроможності і «доводки». Хоча кількість подібних задач, в порівнянні з задачами наведених вище випадків, може виявитися абсолютно незначущою, але саме в таких задачах проявляється сутність ПНТР в рафінованій формі. Крім того, розглянуті вище випадки простіші лише тому, що для них подібні «піонерні» задачі вже були розв'язані раніше, при створенні перших ТС-аналогів. Можна сказати, що *еволюція ТС – це історія розв'язання піонерних задач ПНТР*. Єдиний, по-видимому, спосіб звести розглядаваний випадок ПНТР до формально визначеної задачі полягає в тому, щоб замінити реальні (фізичні) залежності представленням експерта про ці залежності. В відміну від задач експертної оцінки і порівняння багаторічних альтернатив, в даній ситуації від експерта вимагається не тільки розставити пріоритети в просторі показників якості (вимог), але, головне, *побудувати зображення простору ознак*, в якому задані альтернативи і відбувається пошук розв'язання, *в просторі показників якості*. Цей шлях може бути реалізований навіть при повній відсутності інформації про

функциональных аналогах, т.е. даже в случае создания *абсолютно нового ТР*. На данном пути ключевой является *задача оценивания значимости параметров ТС* [13].

Задачей последней стадии процесса ПНТР [14] является морфологический синтез [10] искомого ТР, т.е. собственно его *выбор или “конструирование”*, опираясь на модели, полученные на предыдущей стадии. В этой многокритериальной задаче не ясно, какое решение считать искомым (для которого выполнены все требования, минимальный риск, или максимальная интегральная оценка), но ответ обычно считают очевидным или даже единственно возможным, что служит источником ошибок, предотвратить которые можно лишь обоснованным выбором оценочной функции [15]. Учитывая зависимость параметров и многоэкстемальность области решений, данная задача может представлять вычислительную трудность, но основная проблема здесь иная: поскольку выбор искомого ТР опирается на представления эксперта, то его результат нуждается в *содержательной интерпретации*, которая может показать, что найденное решение (экстремум) не является удовлетворительным. Очевидно, что варианты из его ближайшей окрестности заведомо хуже. Это, однако, вовсе не означает, что результаты работы эксперта в целом ошибочны (причина в объективном отсутствии знаний предметной области к которой принадлежит искомое новое (пионерное) ТР, потому подобные “ошибки”, – скорее правило, чем исключение), любой другой экстремум может оказаться более подходящим. Таким образом, необходимо *найти и упорядочить* (в порядке убывания предпочтений) *все экстремумы*, что является задачей *тотальной многоэкстремальной оптимизации*.

Литература

1. Шередеко Ю.Л. Морфологический инструментарий творчества в системах поддержки принятия решений. // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика. Зб. доп. наук.-практ. конф. з міжнар. участю. – Київ; ІПММС НАНУ, 2006, С. 173-176. (http://conf.atsukr.org.ua/files/conf_dir_4/sheredeko_sppr06.pdf)
2. Шередеко Ю.Л., Одрин В.М., Маланюк Я.Б. Автоматизация поиска новых технических решений. // Автоматика-2005: Материалы 12-й междунар. конф. по автоматическому управлению, г. Харьков, 30 мая – 3 июня 2005 г.: в 3-х т. - Харьков: Изд-во НТУ «ХПИ», 2005, - Т. 3, С. 136-137.
3. Шередеко Ю.Л. Классификация информационных процессов. Когнитивные процессы. Управляющие системы и машины, 1998 г., № 1, с. 5-17. (<http://metodolog.ru/00432/00432.html>)
4. Альтшуллер Г. С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. 2-е изд. — Новосибирск: Наука, 1991. — 224 с.
5. Одрин В. М. Метод морфологического анализа технических систем. М.: ВНИИПИ, 1989. — 311 с.
- 6-10. 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.
11. Шередеко Ю.Л., Одрин В.М. Системный анализ проблемных ситуаций. // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды междунар. науч.-практ. конф. 20-22 июня 2001 года. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001, С. 360-362. (http://edu.cdcgate.com/science_conference_002-079.html)
12. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: Предпочтения и замещения. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.
13. Метод определения значимости параметров технических систем. // УСиМ. - 1999, N 2, с. 3-11.
14. Шередеко Ю.Л. Проблемы автоматизации выбора нового технического решения. // Автоматика-2007, г. Севастополь, 10 – 14 сентября 2007 г. (в печати).
15. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. – 208 с.