

УДК 519.68: 159.955; 519.8; 510.5

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ТВОРЧЕСТВА В ЗАДАЧАХ
СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ СИСТЕМ**

Ю.Л. Шередеко

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем

НАН та МОН України

e-mail: semant@ukr.net

Одним из основных преимуществ, которые предоставляет развитие интеллекта в ходе эволюции живых и искусственных систем, есть возможность выработки и реализации более успешных стратегий поведения. Интеллектуальность этого поведения определяется лучшими возможностями анализа ситуации, которые увеличивают глубину и многовариантность прогнозирования ее развития и стратегического планирования соответствующих вариантов наиболее успешных последовательностей действий. Не случайно считается, что «интеллект это, прежде всего, целеполагание, планирование ресурсов и построение стратегии достижения цели» [1].

Разработка средств анализа ситуаций, стратегического прогнозирования и управления являются необходимым условием создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений в ситуациях, где сложность управления обусловлена совокупным действием следующих факторов: динамическое, трудно предвидимое изменение ситуации и большая инерционность управляемой системы, которая требует глубокого планирования управленческих действий; большое количество контрагентов со сложным поведением, возможные действия которых необходимо учитывать; ограниченное поле "маневра" и ограничения во времени на принятие решений; решения имеют неочевидные отдаленные (стратегические) последствия (ограничивают возможности дальнейших действий, влияют на действия контрагентов). В целом это приводит к существенным изменениям структуры предпочтений во времени, и к тому, что она, как правило, не обладает свойствами аддитивности и, даже, транзитивности, потому последовательность оптимальных частных решений не гарантирует приближения к глобальному оптимуму. Традиционными примерами подобных сложностей принятия решений являются системы управления движением морского и авиатранспорта, *управление развитием* социально-экономических систем (предприятие, город, регион, общество, страна). Не менее сложной является задача стратегического управления инновационным развитием технических систем [2, 3].

Под *стратегией* обычно понимают детальный всесторонний комплексный план, основанный на правильных долгосрочных прогнозах. Однако трюизмом является и утверждение, что стратегическое планирование лежит за пределами возможностей долговременного прогнозирования. Чтобы здесь не возникало явного противоречия, «правильность» прогнозов надо понимать вполне определенным, особым образом, отличным от господствующей парадигмы прогнозирования, как нахождения наиболее вероятной гипотезы развития событий. Традиционная задача прогнозирования состоит в том, чтобы по имеющимся наблюдениям над входами, возмущениями, управляющими воздействиями и выходами некоего «черного ящика» (объекта, ситуации) построить его модель (зависимость между параметрами), позволяющую экстраполировать изменения определенного параметра с требуемой точностью и достоверностью. Хорошо известны трудности ее решения, связанные с ограниченностью выборки, как по времени, так и по числу наблюдаемых параметров. Для их преодоления часто пользуются неочевидными допущениями о независимости прогнозируемых параметров, об аддитивном или мультипликативном характере их воздействия, о постоянстве условий во время наблюдений и прогноза, о возможности абстрагироваться от влияния «несущественных»

параметров (уменьшение числа регрессоров в модели способно увеличить ее точность, особенно в случае, если их влияние на прогнозируемый параметр сопоставимо с погрешностью прогноза). Но главная трудность связана с «конусом прогноза» – катастрофическим падением его точности и достоверности по мере увеличения глубины прогнозирования. При долгосрочном прогнозировании становится ощутимым антагонизм точности и достоверности прогноза, все труднее найти между ними приемлемый компромисс, а после некоторого предельного срока приходится вообще отказываться от прогнозирования, заменяя его предсказанием и предвидением экспертов (точность и достоверность при этом вообще не оценивают).

Между тем и за пределами возможностей традиционного прогнозирования есть методы получения правильных долгосрочных прогнозов («правильных» – в смысле сочетания точности и достоверности, позволяющей принимать обоснованные решения), но, в отличие от господствующей парадигмы прогнозирования, эти прогнозы являются *многовариантными*. Такой прогноз может с абсолютной достоверностью утверждать, что через определенное время прогнозируемая система будет находиться в одном из перечисленных состояний, если множество этих состояний обладает свойством полноты. Даже при полном отсутствии какой-либо информации о вероятностях пребывания в этих состояниях, уже сам факт перечисления *всех* возможностей позволяет вполне осмысленно принимать решения, например, с минимальным риском (минимакс), с минимальными потерями (критерий Сэвиджа) или, руководствоваться принципом минимальной заблаговременности, при реализации пошаговой стратегии. Понятно, что для сложных ситуаций принятия решений, описанных в начале, традиционное прогнозирование неприемлемо, они требуют многовариантного прогнозирования и стратегического управления.

Таким образом, *многовариантность прогнозирования и планирования оказывается имманентным свойством стратегического управления и интеллекта*. В этом несложно убедиться на примере стратегических игр (от шахмат, до раздела теории игр – стратегических игр с природой). Т.е. *стратегия* понимается как *многовариантный план*, где для каждого возможного варианта развития событий («ЕСЛИ») предусматривается оптимальный сценарий действий («ТО»). Принятие стратегических решений в каждый момент времени основывается не только на актуальных в этот момент частных критериях (что можно сравнить с поведением азартного игрока), но и учитывает все возможные сценарии развития событий и минимально ограничивает достижимость целей при любом из них.

Морфологический подход, автором которого считается швейцарский астрофизик Ф.Цвикки, является *многовариантным* многоаспектным системным подходом. Суть его состоит в том, что при постановке и решении проблемных задачи на основании анализа структуры исследуемых систем в явном виде формируется множество альтернатив, из которых, согласно заранее сформулированной системе критериев, производится выбор наилучших (задача принятия решений). Созданный В.М. Одриным с сотрудниками морфологический инструментарий творчества [4-13] гарантирует, что построенное с его помощью множество альтернатив будет содержать все возможные решения и что отобраны будут лучшие из них. В предыдущих докладах [14, 15] представлены возможности использования этого инструментария в задачах принятия решений. Здесь покажем, что он является методологической основой стратегического управления развитием систем.

Еще в 1984 г. В.М. Одриным была опубликована идея морфологического прогнозирования [16], как оценки «мыслимых технических систем с точки зрения их пригодности для потенциальных потребителей в функциональной среде будущего и их потенциальной реализуемости с технологической, экономической и экологической точек

зрения». Процедура системного анализа проблемных ситуаций [13] позволила развить эту идею до принципиально нового подхода в стратегическом планировании: многовариантного морфологического планирования оптимальной стратегии развития технических систем. Сейчас можем обобщить эти результаты на задачи стратегического управления развитием любых систем.

Процедура системного анализа проблемных ситуаций позволяет выявить все поле противоречий, содержащихся в ситуации, и определиться с глобальной целью развития системы. Сложность задания глобальной цели состоит в ее многокритериальности: в многомерном пространстве целей существуют множества *равноценных* вариантов цели, достижимых в разных условиях. Равноценные варианты, как известно, могут быть представлены поверхностями (гиперповерхностями) безразличия, лучшей из которых считается более удаленная от начала координат (при положительной ориентации осей: чем больше значение – тем лучше варианты). Задача стратегического управления развитием систем в таком случае может быть представлена как последовательный выбор решений, которые в наименьшей степени ограничивают достижимость наиболее высокой поверхности равноценных целей при любом возможном сценарии развития ситуации (как правило, без какой-либо априорной информации о вероятностях этих сценариев).

Для нахождения множества всех возможных сценариев развития ситуации следует использовать процедуру морфологического анализа [8-10], лишь несколько модифицировав ее: поскольку объектом морфологического исследования является здесь не столько сама система, сколько ее среда, то основной моделью для построения многоаспектной классификации (морфологической таблицы) является модель «обобщенная функциональная система – ее среда». Соответственно сама морфологическая таблица должна содержать блоки, описывающие системы среды и блоки, описывающие их связи с функциональными подсистемами исследуемой системы.

Основная трудность здесь в том, что мощность множества ситуаций, записанных в такой морфологической таблице, оказывается огромной: произведение количества значений всех существенных (влияющих на достижение цели) параметров ситуации даже в самых простых случаях легко превышает 10^{20} , что делает полный перебор нереализуемым. Для сокращения перебора создано множество методов морфологического синтеза [12], которые находят подходящие варианты решения на малой части множества альтернатив, но к отбору существенных для стратегии сценариев развития ситуации их применять рискованно. Наиболее эффективным способом снижения (на много порядков!) трудоемкости выбора (и без риска существенных потерь) является структурирование множества альтернатив [11]. Эффект сокращения трудоемкости выбора достигается за счет информации о зависимости параметров ситуации (и цели): трудоемкость перебора при независимых параметрах пропорциональна сумме количества их значений, а не произведению (мощности множества альтернатив), - иерархический выбор. Безусловно, не все параметры ситуации являются независимыми, но выявление независимых их подмножеств тоже очень существенно снижает трудоемкость выбора [11].

Кроме того, в определенных ситуациях некоторые области пространства целей перестают быть доступными при любых допустимых управляющих воздействиях. Учет этого обстоятельства дает возможность достичь существенного сокращения мощности множества альтернатив с помощью отсева или классификации по значениям и сочетаниям значений параметров, которые ограничивают достижимость определенных поверхностей равноценных целей. Поскольку множество допустимых управляющих воздействий в каждой ситуации ограничено, то, по сути, в отношении их существует *задача планирования ресурсов*. В зависимости от развития ситуации и принятых решений они могут расходоваться и возобновляться с разной скоростью, что в свою очередь, тоже влияет на достижимость определенных поверхностей равноценных целей. Именно это

обуславливает необходимость планирования многовариантной последовательности решений – построения стратегического плана. Для решения указанных задач можно продуктивно использовать идеи методов морфологического синтеза [11].

Таким образом, разработка стратегии развития систем на базе морфологического подхода (и инструментария) выполняется в виде следующей последовательности этапов: 1) построение пространства целей и его структурирование (разбиение на подклассы равноценных целей, и ранжирование этих подклассов); 2) выявление существенных связей параметров цели, среды и параметров управления; 3) структурирование возможных ситуаций по достижимым целям; 4) выбор подмножества решений с минимальными ограничениями по достижимым целям при любых ситуациях и сценариях развития событий, что гарантирует устойчивое развитие системы; 5) построение стратегического (многовариантного) плана развития системы.

Литература

1. Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990.
2. Шередеко Ю.Л. Морфологический подход к планированию стратегии развития технических систем. // Матеріали IX міжнародної науково-технічн. конф. "Системний аналіз та інформаційні технології" 15 – 19 травня 2007 р.: Київ, 2007, С. 87.
3. Шередеко Ю.Л. Стратегическое управление инновационным развитием продукции. // Матеріали XI міжнародної науково-технічн. конф. "Системний аналіз та інформаційні технології" 26–30 травня 2009 р.: Київ, 2009, (здано до друку).
4. Одрин В.М., Шередеко Ю.Л. Система морфологического творческого инструментария.// Информационные технологии в образовании, технике и медицине: Сб. науч. Тр. В 2-х ч. Ч. 2. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2000. — с. 117-121.
5. 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.
6. Одрин В.М. Технологія наукової і технічної творчості: нова наука та високоінтелектуальна інформаційна метатехнологія // Вісник НАН України.- 2005, №6. – с. 43-64.
- 7-12. Одрин В.М. Морфологические методы решения проблемных задач как раздел технологии научного и технического творчества. I-V // УСиМ, 1997. - № 4/5. - С. 48-58; 1998, № 2. - С.16 - 34; 1998, № 4. - С. 21 - 31; 1999, № 1 - С. 65-78; 2003. - № 5, С. 5-17.
13. 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)
14. Шередеко Ю.Л. Морфологический инструментарий творчества в системах поддержки принятия решений. // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика: Збірник доповідей науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Київ: ПІММС НАНУ, 2006, С. 173-176. (http://conf.atsukr.org.ua/files/conf_dir_4/sheredeko_sppr06.pdf)
15. Шередеко Ю.Л. Процесс поиска новых технических решений как многостадийный процесс принятия решений. // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика. Зб. доп. наук.-практ. конф. з міжнар. участю. – Київ: ПІММС НАНУ, 2007, С. 169-172. (http://conf.atsukr.org.ua/files/conf_dir_6/sheredeko_sppr07.pdf)
16. В.М. Одрин. Диагностика, прогнозирование, синтез и проектирование технических систем, как единый процесс четырехэтапного морфологического синтеза.// Тез. докл. III Сибирской научно-практ. конф. по надежности научно-техн. прогнозов. Новосибирск 9-11 октября 1984 г. – С. 154-155.