

Когнитивное программирование



УДК 338.27

Построение будущего характеризуется умопостижением пути, обратным способом решения управленческих задач, весомостью учета скрытых факторов, неустойчивостью и плохой сходимостью процессов продвижения к целям. В настоящей работе предлагается когнитивный механизм поддержки планирования будущего с обеспечением его семантической интерпретации и сохранением целостности. Это обеспечивает ускорение и повышение качества прогнозов, планирования и действия.

Ключевые слова

Интерпретация, конвергентность, обратные задачи, когнитивное программирование, семантика, сходимость, устойчивость.

Автор

Райков Александр Николаевич — доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники.

Триединство пути в будущее

Будущее не убежище и трудно прокладывать туда столбовую дорогу с четкими указателями на пути. Цели будущего рисуются интенциями человека, лелеющего надежду получить удовольствие от успеха их достижения. Вместе с тем, как говорили еще древние, надеждами живут несчастные, а удовольствие никуда не ведет, оставляет людей на месте.

В прокладке пути в будущее *аналитика* переплетается с *романтикой*. Аналитика гордится четкостью логики, а романтика — силой духа. Первое усиливается компьютером, а второе творится романсами, поэзией, эмоциями, медитацией. И в каждом конкретном случае аналитику и романтику нечто сцепляет, образуя тем самым целостное триединство (*целостность*).

Типичная ситуация: стоит вопрос построения образа и пути в будущее через наложение намерений стремящихся к нему членов команды. Опираясь логикой, участники силятся убедить оппонентов, достигнуть единого понимания вопроса. Накал эмоций порождает девиации, унося обсуждение в сторону, а мысли — в трансцендентную глубину. Достижение согласия затягивается.

К подобным ситуациям можно отнести поиск ответов на вопросы, которые не имеют четких ответов. Такой ситуацией может быть формирование прогноза последствий введения санкций против России после присоединения к ней Крыма. Для ответа на подобные вопросы есть хороший методологический фундамент, изложенный в работе [1].

Могут быть вопросы, быть может, более мелкие, но они весомы своей массовостью. Например, вопрос отсутствия со-

гласия людей относительно прогноза успеха развития начинаемой научно-исследовательской работы: один видит приоритет в накоплении интеллектуальной собственности, второй тянет в сторону маркетинговой оценки ее востребованности и т.д.

Знакомая ситуация: «лебедь, рак и щука». Однако если в баснословном случае работают рефлексы, которые можно каким-то образом эксплицировать, то в человеческой ситуации многое определяет понимание вопроса, скрытый интерес участников команды, латентные ла-

Надеждами живут несчастные, а удовольствие никуда не ведет, оставляет людей на месте.

куны будущих неудобств. Логика в решении таких вопросов помогает далеко не всегда, истина может лежать совсем в другом месте, а обстоятельства всплывать беспричинно. На процесс решения вопроса влияет множество факторов:

- представление вопроса подразумевает целостный охват различных характеристик ситуации: логических, хаотических, семантических, холистических, латентных;
- в условиях бессмысленного пафоса и неожиданных протуберанцев жизненных обстоятельств нужна сходимость процесса решения к неизведанным результатам;
- процессы поиска решений в команде способствуют аккумулярованию ее интеллектуальных возможностей, снижению уровня страха и как следствие — достижению синергии групповой мысли и др.

В подобных ситуациях при построении и оценке образа будущего, планировании успешного пути на помощь может прийти *когнитивное программирование*.

Вне формализмов

Логическая часть когнитивного программирования опирается на классический инструментарий, который изложен во множестве теоретических и практических работ по когнитивному моделированию, теории формальных систем, алгоритмам и традиционному программированию.

Формальная сторона когнитивного программирования опирается на теорию направленных и весовых графов, потоковых моделей и моделей системной динамики. Принципиально важным в когнитивном формализме является конечное и обо-

зримое число факторов, которые в совокупности с указанием влияний между ними репрезентируют исследуемую ситуацию. Факторы могут быть представлены терминами, дескрипторами. Практика показывает, что число факторов в одной модели может быть порядка 100, причем это число подлежит интеграции и сокращению до 12–15. При когнитивном программировании возникают обратные связи, в дискретные моменты времени проводится суммирование значений переменных.

В рамках традиционного формализма задача обычного программирования может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{cases} \max f(x) = (x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \text{при ограничениях:} \\ g_j(x) \leq 0, j = 1, 2, \dots, p. \end{cases}$$

Решение такой задачи помогает максимизировать значение функции $f(x)$. В похожей форме строится линейное, нелинейное, динамическое, целочисленное, многоуровневое и даже нечеткое программирование. В этой

форме истинность логических построений, выводов и преобразований в значительной степени эксплицируется аксиомами логики.

Другое дело эвристическое программирование и программирование с применением искусственного интеллекта. Оно строится в парадигме, в кото-

рых элементов, одновременно гарантируя целостность (сцепленность) охвата исследуемого явления [2]. То и другое, с одной стороны, выходит за рамки традиционных формализмов, граничит с герменевтикой, интуиционизмом [3], когнитивной психологией, квантовой семантикой [2], а с другой — нуждается в формальной экспликации,

N факторами $f_i \in F$ ($i = 1, 2, \dots, N$) на конечном множестве факторов F , а также их направленных связей (влияний) $c_{ji} \in C$, где c_{ji} обозначает взаимовлияние факторов f_j и f_i , а C — множество влияний факторов, может быть представлена, например, в следующем виде:

$$\begin{cases} f_i(t) = f_i(t-1) + \psi(f_i(t-1), c_{ji}), \\ i, j = 1, 2, \dots, N, \\ -a \leq f_i \leq b, \end{cases}$$

где время дискретно, например: месяц, квартал год и пр., $\psi(f_i(t-1), c_{ji})$ — функтор, определяющий изменение значения фактора $f_i(t)$ за время с момента $t-1$ с учетом значений влияний c_{ji} на этот фактор и, соответственно, значений влияющих на $f_i(t)$ через c_{ji} факторов $f_j(t)$. Заметим, что фактор может влиять сам на себя (рефлексивная связь), а c_{ij} может в общем случае дискретно зависеть от времени и иметь свою семантическую интерпретацию.

Семантическая составляющая когнитивного программирования определяется морфизмом *формальной составляющей* модели на систему интерпретирующих множеств, например документов. При *семантической интерпретации* факторов, преобразований и взаимовлияний

Одна из основных особенностей квантовых состояний — это их несепарабельность: векторы этих состояний не принадлежат одному пространству.

рой весьма весомую роль играют семантические интерпретации. Так, каждый фактор имеет представленное определенным образом смысловое значение. Возможны преобразования этих смысловых значений, например построение конъюнкции, дизъюнкции, импликация смысловых значений. Такие преобразования, как правило, лежат за рамками как традиционного программирования, так и существующих когнитивных формализмов.

Семантические интерпретации рассматриваются в рамках экзегезы, семиотики, герменевтики, интеллектуальных информационных технологий. Например, генетический алгоритм как достаточно успешный механизм поиска локального экстремума строится путем эмуляции генов и хромосом.

Когнитивное программирование относится к классу задач искусственного интеллекта, требующих сложных семантических интерпретаций. Когнитивное программирование должно и может учитывать упомянутую выше идею триединства и, соответственно, в сравнительно большем понятийном объеме формировать *семантические интерпретации* логиче-

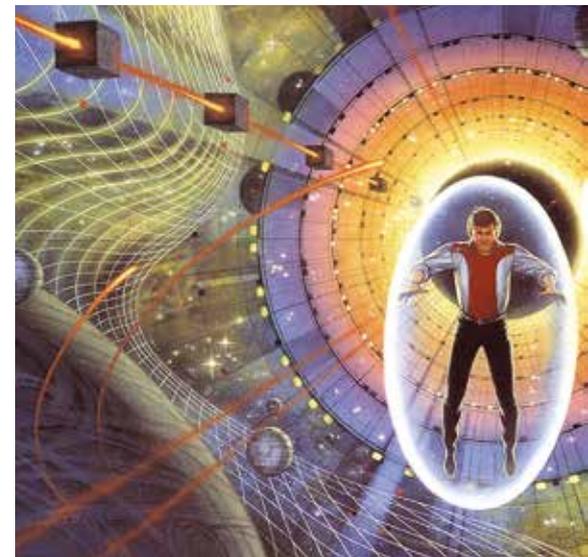
ских элементов, одновременно гарантируя целостность (сцепленность) охвата исследуемого явления [2]. То и другое, с одной стороны, выходит за рамки традиционных формализмов, граничит с герменевтикой, интуиционизмом [3], когнитивной психологией, квантовой семантикой [2], а с другой — нуждается в формальной экспликации,

Когнитивные репрезентации

Ключевые вопросы относительно специфики когнитивного программирования можно поставить так: что такое когнитивная форма? Что она такое как целостная синтетически-аналитическая категория и репрезентируемые ею политические, экономические, социальные, технические прогнозы?

Показанные выше три основных составляющих процесса решения вопросов построения и прогнозной оценки будущего связаны отношениями (морфизмами), характер которых зависит от поставленных вопросов, выбранных способов их *формальных репрезентаций, семантической интерпретации* формализмов и *экспликации* понятия целостности.

Формальная составляющая модели при когнитивном программировании, представленной



в модели с помощью множеств документов каждый интерпретирующий документ может представлять собой аннотацию, реферат или книгу; текстовый комментарий или голосовое сообщение эксперта; визуальный образ, график, диаграмму; статистическую закономерность; комментарий по результатам социологического исследования; шкальную экспертную оценку значимости фактора и др.

Феномен документа в когнитивном программировании стоит расширить до неформализуемого элемента и понимать под ним также мыслеформы, эмоциональный, интуитивный или даже медитативный уровень сознания человека, соотносящего свои глубинные феномены с *формальной составляющей*. Как следствие, в общем случае непосредственная рекурсивная (формально-логическая) связь между множеством документов, семантически интерпретирующих некоторый фактор $f_i(t)$ или взаимовлияние факторов c_{ij} и самой номинацией этого фактора (влияния) может отсутствовать. Не всегда фактор (влияние) может быть представлен каким-то эталонным или статистически выделенным набором терминов из интерпретирующих документов. Вместе с тем этот морфизм может быть выражен при включении в процесс когнитивного программирования человека.

Таким образом, семантическая интерпретация фактора $f_i \in F$ или влияния $c_{ij} \in C$ при когнитивном программировании может быть в общем случае представлена семейством Q соответствующих этим факторам и влияниям подмножеств множества «документов» X , удовлетворяющих следующим условиям:

$$\begin{cases} 0 \in Q \text{ и } X \in Q, \\ f_i \in F, c_{ij} \in C, F \in X, C \in X; ij = 1, 2, \dots, N, \\ \text{если } U_1 \in Q \text{ и } U_2 \in Q, U_1 \cap U_2 \in Q, \\ \text{если множество } A \subset Q, \text{ то } \cup A \in Q. \end{cases}$$

Эти условия характеризуют систему семантически интерпретирующих множеств при когнитивном программировании. Как можно заметить относительно X , таким условиям удовлетворяет нечеткое топологическое пространство [2]. Причем на элементах этого пространства не обязательно может быть введена метрика. Такая репрезентация семантической интерпретации может быть удобна, например, для нахождения необходимых условий корректности решения задачи поиска оптимального пути в будущее, образ цели в котором не всегда четко определен. Такая репрезентация в когнитивном программировании помогает создать условия для обеспечения помимо устойчивой сходимости к нечетким целям целостности когнитивной формы.

Целостность когнитивной формы

В основе обеспечения целостности когнитивной формы может лежать несколько подходов. Так, обеспечить условия целостности помогает конвергентный подход [2, 5] применительно к случаю представления семантической интерпретации преобразований в нечетком топологическом пространстве. Когнитивное программирование в этом случае дает подсказку относительно построения необходимых условий обеспечения устойчивой сходимости решения обратных задач к нечетким целям.

Для этого должна быть обеспечена специфическая структурность элементов интерпретирующих пространств. Она основана на соблюдении требований бикомпактности, хаусдорфовости, замкнутости графика отображения и др. [6]. Как следствие, для обеспечения целостности и одновременно целенаправленности решения обратной задачи необходимо выделить факторы цели, управляющие и промежу-



точные факторы, предусмотреть возможность визуализации динамики изменения факторов, а также обеспечить интерактивное воздействие на решение задачи человеком.

Важным необходимым условием целостности в когнитивном программировании может оказаться учет квантового принципа дополнителности. Представление в виде когнитивной схемы и ее семантической интерпретации исследуемого явления осуществляется специаль-

рационально. Они не подчиняются причинно-следственным связям, могут быть «беспричинными».

Квантовый подход к обеспечению целостности делает перспективным привычное стремление к получению однозначного и достоверного вида прошлой, настоящей и будущей реальности, события в которой имеют причины и следствия. Сомнительным становится также предположение, что наложения разных видов представления ре-

значения факторов экспертами даны на единичных шкалах, то при поиске оптимального решения когнитивное программирование должно обеспечить «просмотр» любой совокупности значений факторов в рамках заданных шкал. Должна быть обеспечена так называемая *суперпозиция* любых возможных состояний модели — как факторов и связей, так и их значений. Так поступает природа, так вслед за ней реализуются генетические алгоритмы. Когнитивный программист отчасти подобен геологу, археологу, способному индуктивно по малому восстановить целое.

Прогноз успеха

Когнитивное программирование — это инструмент поддержки решения весомых проблем прогноза будущего с учетом скрытых факторов. Так, в порядке примера когнитивное программирование помогает сделать прогноз успеха задуманной научно-исследовательской работы. Значения факторов и влияний в когнитивной модели исследуемой ситуации можно интерпретировать и оценивать на основе анализа документов, экспертными оценками, комментариями к ним. При этом каждый вновь поступивший для эксперт-

Лишь через переплетение аналитики и романтики можно построить будущее, если сохранится при этом целостность. Этому служит когнитивное программирование.

ными измерениями и оценками с помощью устройств, датчиков, статистических и экспертных методов и пр. Каждое измерение или оценка предполагает сложную организацию пространственно-временной среды. Множественные способы такой организации, отвечающие разным исследуемым параметрам, могут быть взаимоисключающими, хотя и относятся к одному и тому же исследуемому объекту, то есть дополнительными. Дополнительность — это важное отличие квантовой модели от классической. В случае с когнитивной моделью исследуемый объект представляется бесконечным множеством семантических интерпретаций.

Одна из основных особенностей квантовых состояний — это их несепарабельность: векторы этих состояний не принадлежат одному пространству, то есть такому пространству, которое можно «натянуть» на счетное множество векторов, имеющих как *геометрическую*, так и *негеометрическую* природу [7]. Объекты, находящиеся в таком состоянии, не могут быть описаны

альности порождают главные компоненты. Принципиально возрастает внимание к латентным факторам.

Следуя квантовому подходу, в когнитивном программировании необходимо в состав семантических интерпретаций факторов и их взаимовлияний включать не только релевантные интерпретации, но возможные дополнения к ним. Так, если оценки



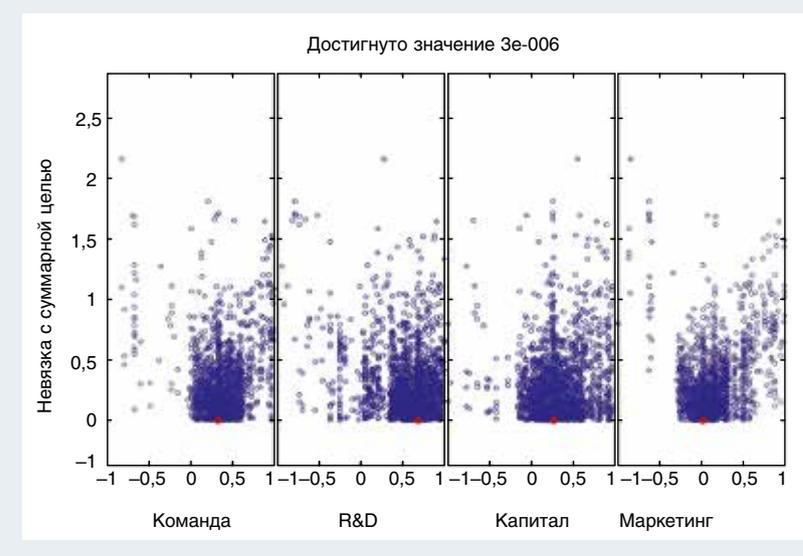
ной оценки результат можно охарактеризовать потребительскими, научно-техническими и иными факторами, которые влияют на его успешность в дальнейшем.

Успех — емкое понятие. Он может измеряться в политической, экономической, социальной и технологической плоскостях. Успех далеко не всегда можно оценить в количественных параметрах: в рентабельности, деньгах. Термин «Успех работы» может быть номинацией целевого фактора. В прогнозе значения этого фактора можно просто показать бальную оценку, например, в шкале от -1 до $+1$. Первая оценка — успеха нет, вторая — успех обеспечен. Экспертные оценки факторов вместе с комментариями к ним будут носить роль сематической интерпретации.

Список вопросов экспертам относительно перспектив работы формируется исходя из того, что на успех влияют несколько основополагающих факторов, взаимовлияния которых порождают синергию. Любой малозначимый фактор за счет обратной связи может сыграть решающую роль. Три фактора обязательны — они способствуют образованию упомянутого ранее *целостного триединства*. Например, к таким относятся факторы менеджмента, репутации, сложности.

Когнитивное программирование может помочь подсказать решение по оптимальному распределению ресурсов и, соответственно, воздействию на факторы для упреждающей оценки риска успеха. Для обоснования рекомендаций по получению оптимального управления решается обратная задача. Для ее решения по когнитивной схеме может быть использован генетический алгоритм. Он обеспечивает случайный перебор любых воз-

Результат нахождения оптимального решения для повышения успеха проекта (красные точки)



можных значений шкал на заданных интервалах, напоминая тем самым реализацию квантового принципа дополнительности. Стохастический характер результата решения хорошо иллюстрируется пузырьковой диаграммой, когда в результате целенаправленного построения новых популяций находится оптимальное решение (см. рисунок).

После нахождения оптимального решения может быть проведен сравнительный анализ различных сценариев действий исполнителей.

* * *

На построение будущего влияют прошлый опыт, интенции участников и давление внешних обстоятельств. При генерации слов и мыслей, проявлении эмоций плодятся все новые семантические интерпретации. Это грозит разорванностью целостности.

Вместе с тем лишь через переплетение аналитики и романтики можно построить будущее, если сохранится при этом целостность. Этому служит когнитивное программирование. ■

ПЭС 13059/14.02.2013

Литература

1. Агеев А.И., Куроедов Б.В. Особенности применения методологии стратегической матрицы при прогнозировании развития государств (на примере России и Китая). 2-е изд. М.: Институт экономических стратегий, 2008. 295 с.
2. Raikov A.N. Holistic Discourse in the Network Cognitive Modeling// Journal of Mathematics and System Science. № 3 (2013). P. 519–530.
3. Гейтинг А. Интуиционизм: Введение. Пер. с англ./Под ред. А.А. Маркова. Изд. 2-е, испр. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 100 с.
4. Райков А.Н. Алгебраическая семантика булевого поиска документов // НТИ. Сер. 2. 1990. № 5. С. 27–30.
5. Raikov A.N., Panfilov S.A. Convergent Decision Support System with Genetic Algorithms and Cognitive Simulation. Proceedings of the IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, MIM'2013, Saint Petersburg, Russia, June 19–21, 2013. P. 1142–1147.
6. Иванов В.К. Некорректные задачи в топологических пространствах // Сибирский математический журнал. Т. X. 1969. № 5. С. 1065–1074.
7. Захаров В.Н., Ульянов С.В. Нечеткие модели интеллектуальных промышленных регуляторов и систем управления // Техническая кибернетика. 1993. № 4. С. 189–205.