

УДК 338.24

И.В.Соловьев, В.Я.Цветков

# Принципы когнитивного управления сложной организационно-технической системой

Статья описывает когнитивное управление сложной организационно-технической системой. Раскрывается содержание сложной организационно-технической системы. Дается описание когнитивного анализа, когнитивного моделирования и когнитивной системы. Вводятся понятия плоской и многомерной когнитивной модели. Показано, что плоская модель реализуется в виде когнитивной карты. Многомерная когнитивная модель реализуется в виде ситуационной комнаты.

Ключевые слова: управление, сложная система, когнитивное моделирование, когнитивный анализ, когнитивное управление, плоская когнитивная модель, многомерная когнитивная модель, ситуационная комната

I.V.Soloviev, V.Ya.Tsvetkov

# Principles cognitive control complex organizational and technical system

This article describes the cognitive management of complex organizational and technical system. The article describes the content of a complex organizational technical system. This article describes the cognitive analysis, cognitive modeling and cognitive system. The article introduces the concept of a flat and multidimensional cognitive model. The article argues that the flat model is implemented in the form of a cognitive map. Multidimensional cognitive model is implemented as a situational room.

Keywords: management, complex system, cognitive modeling, cognitive analysis, cognitive control, flat cognitive model, multidimensional cognitive model, situation room

## Введение

Современное когнитивное управление тесно связано с информационным управлением [1]. Но провести четкую границу между когнитивным, информационным и организационным управлением сложно из-за существенного различия решаемых задач управления, неоднородности применяемых ресурсов, не стационарности условий. Когнитивное управление использует человеческий опыт [2], который по существу является неявным знанием [3]. Трансформация неявного знания в явное знание является не исследованной задачей. Когнитивное управление сложной организационно-технической системой (СОТС) проявляется на разных этапах: на этапе анализа самой СОТС; на этапе проектирования метода анализа и принятия решения; а этапе сопровождения реализации решения. Это обуславливает необходимость исследования когнитивного управления в СОТС.

## Особенности СОТС

Сложная организационно-техническая система (СОТС) на уровне формирования и проектирования связана с теорией сложных

систем, с теорией сложных прикладных систем, с технологиями человеко-машинных систем, с технологиями эвристических систем, с информационными системами, с адаптивными системами, с технологиями когнитивного управления, с самоорганизующимися системами и т.д [4]. В простейшем варианте СОТС - это система управления корпорацией, большим распределенным предприятием. При этом технологии управления СОТС включают нормативные, эвристические, компьютерные и организационные технологии. Пространство управления СОТС включает когнитивное пространство, функциональное информационное пространство, информационное пространство, операционное пространство.

Сложная организационно-техническая система является продуктом эволюции систем управления и их интеграцией с системами производства. Сложная организационно-техническая система имеет существенные характерные признаки, которые позволяют ее сравнивать и отличать от перечисленных выше систем.

1. Как сложная система СОТС обязательно имеет структуру, но в отличие от сложной си-

стемы СОТС характеризуется изменчивостью во времени собственной структуры и выполняемых функций.

2. Как любая прикладная система СОТС имеет вектор целей или матрицу целей, которые определяют ее структуру и функции на начальном этапе. Но из-за «признака 1» в процессе функционирования и взаимодействия с другими системами для СОТС возникает ситуация неполного соответствия своей структуры, изменяющимся во времени ситуациям и целям.

3. Как человеко-машинная и эвристическая система СОТС характеризуется качественными методами анализа управленческой информации и качественными приемами, которые не всегда можно формализовать и выразить количественными критериями. С учетом изменения внешней ситуации это может приводить к рассогласованию первоначальных целей управления внешним условиям.

4. Как информационная система СОТС использует информацию о внешней среде и собственном состоянии. Но в силу сложности внешней среды информация, которой располагает СОТС, всегда является неполной информацией как о внешней ситуации, так и о внутренних возможностях системы.

5. Как организационная система СОТС не включает только жесткие детерминированные связи, а включает дополнительно к детерминированным связям стохастические связи и адаптивные механизмы настройки. Однако адаптивности СОТС ограничена внешними и внутренними нормативами и условиями. Адаптивность СОТС является условной и ограниченной.

6. Как большая производственная система СОТС характеризуется высокой сложностью [5] и сопряжена с использованием разномасштабных распределенных человеко-машинных комплексов, требующих всестороннего ресурсного обеспечения. Сложность СОТС исключает применение тривиальных или типовых задач оптимизации и обработки информации на основе прямых алгоритмов. Это требует применения специальных методов анализа и методики решения задач второго рода [6]

#### Общие принципы когнитивного управления

Одной из главных концепций когнитивного управления является применение информационного пространства как среды интеграции когнитивного управления. Это применение основано на информационно когнитивном взаимодействии [7]. Эта концепция использует принцип когнитивного взаимодействия объекта и субъекта в информационном пространстве. Такое взаимодействие основано на создании обобщенной информационной мо-

дели [8], включающей объект и субъект и соединяющей когнитивную и информационную области.

Принципом когнитивного управления является применение информационного моделирования для реализации когнитивного управления. Общим принципом когнитивного управления является применение специализированных информационных моделей: информационной ситуации, информационной позиции, информационной потребности, богатства информационных ресурсов и т.д.

Применительно к когнитивному управлению информационное пространство представит как неоднородная среда. Иногда структуру информационного пространства управления определяют как иерархию упорядоченных информационных подпространств. Об этом говорит Дж. Кальоти [9]: «...поток упорядоченных сигналов, воспринимаемых органами чувств, преобразуется в упорядоченные состояния нашего мозга — зрительные и слуховые образы». Эти упорядоченные подпространства можно представить стратифицированными уровнями. На низшем уровне управления оценкой служит количественная и знаковая информация. На следующем уровне управления оценкой служит параметрическая оценка. Она дает возможность оценивать структурированную и однородную информацию. На самом высоком уровне управления главным инструментом является когнитивный анализ, а объектами анализа могут быть образы. На этом уровне начинается принятие решений на основе образных знаний, и когнитивного управления. Отсюда следует, что областью изучения или объектом науки когнитологии можно считать иерархически организованное информационное пространство, состоящее из упорядоченных подпространств [10], причем эти пространства ориентированы, что и позволяет сравнительно быстро использовать их в управлении.

Получение достоверной информации и ее оперативный анализ являются основой успешного управления. Это особенно актуально, когда управляющая информация описывает комплекс сложных процессов и факторов, существенно влияющих друг на друга. В результате формируется сложный слабо структурированный информационный комплекс.

В настоящее время применяют мягкое резонансное управление сложными социально-экономическими системами, сущность которого состоит в применении способов самоуправления и самоорганизации систем. Слабые, так называемые резонансные явления, чрезвычайно эффективны для «раскрутки» или самоуправления, так как они соответствуют внутренним тенденциям развития

сложных систем. Основная проблема заключается в том, как малым резонансным воздействием подтолкнуть систему на один из собственных и благоприятных для системы путей развития, как обеспечить самоуправление и саморазвитие. Одно из наиболее продуктивных решений проблем, возникающих в области управления и организации, состоит в применении когнитивного управления. Основой когнитивного управления является когнитивный анализ, когнитивные модели когнитивное моделирование, когнитивная система. Они также относятся к общим принципам когнитивного управления.

#### Когнитивный анализ

Первоначально когнитивный анализ сформировался в рамках социальной психологии, а именно – когнитивизма, занимающегося изучением процессов восприятия и познания. Применения разработок социальной психологии в теории управления привело к формированию особой отрасли знаний – когнитологии, концентрирующейся на исследовании проблем управления и принятия решений. В настоящее время методология когнитивного анализа развивается в направлении совершенствования методов моделирования ситуаций с использованием информационных методов, интегрированных в когнитивную область. Теоретические достижения когнитивного анализа стали основой для создания компьютерных систем, ориентированных на решение прикладных задач в сфере управления

Примером реализации когнитивного анализа являются простые модели PEST и SWOT анализа. Их применяют в стратегическом менеджменте [11]. Они представляют собой латинский квадрат с группами оппозиционно коррелированных факторов. Например, PEST-анализ включает четыре группы: Policy — политика, Economy — экономика, Society — общество, социум, Technology — технология. Он используется для анализа за внешней средой. Группы формируют на основе когнитивных принципов.

Другой метод SWOT-анализ включает также четыре группы: Strengths — плюсы, сильные факторы; Weakness — минусы, слабые стороны; Opportunities — возможности системы; Threats — опасности и угрозы существованию системы. Группы формируют на основе когнитивного экспертного анализа. Причем в зависимости от эксперта может измениться состав групп.

Подобные методологии когнитивного анализа используются в настоящее время в комиссиях ООН, например, при выборе показателей (индикаторов) для оценки устойчивого развития территорий, государств, городов. Используя знания об объекте, группы экспертов проводят анализ ситуации на территории,

выбирают ориентированные показатели и соответствующие инициативы по предотвращению неблагоприятного развития того или иного сценария. Модели исследуемого объекта чаще всего предлагают экспертам заранее. Такие модели объектов анализа представляют собой некий «каркас» и являются слабоструктурированными.

Когнитивный анализ И. В. Прангишвили [12] определяет как «последовательную причинно-следственную структуризацию информации о происходящих в исследуемых областях процессах...». Такие процессы описываются множеством факторов, которые взаимосвязаны причинно-следственными цепочками «если ..., то ...». Причинно-следственная цепочка «если ..., то ...» в теории автоматов или алгебре логики называется секвенцией и использовалась в практике формализации задания для автомата. Если в чистом виде причинно-следственные цепочки не представимы, то применяют модели, имеющие качественный характер, т. е. когнитивные. В таких случаях в первую очередь необходима когнитивная структуризация (cognitive mapping) или, другими словами, уточнение «гипотезы о функционировании исследуемого объекта». Достигается это вышеупомянутыми цепочками «если ..., то ...», но с элементами нечетких множеств.

Когнитивный анализ иногда называют когнитивной структуризацией. Поэтому когнитивный анализ рассматривается как один из наиболее мощных инструментов исследования слабоструктурированной среды. Он способствует лучшему пониманию существующих в среде проблем, выявлению противоречий и качественному анализу протекающих процессов. Суть когнитивного моделирования как ключевого момента когнитивного анализа - состоит в том, чтобы сложнейшие проблемы и тенденции развития системы отразить в упрощенном виде в модели, исследовать возможные сценарии возникновения кризисных ситуаций, найти пути и условия их разрешения в модельной ситуации. Когнитивный анализ состоит из нескольких этапов, на каждом из которых реализуется определённая задача. Последовательное решение этих задач приводит к достижению главной цели когнитивного анализа управлению.

#### Когнитивное моделирование

Когнитивное моделирование предназначено для структуризации, анализа и принятия управленческих решений в сложных и неопределённых ситуациях (геополитических, внутривластных, военных и т.п.), при отсутствии количественной или статистической информации о происходящих процессах в таких ситуациях.

Когнитивное моделирование способствует лучшему пониманию проблемной ситуации,

выявлению противоречий и качественному анализу системы. Цель моделирования состоит в формировании и уточнении гипотезы о функционировании исследуемого объекта, рассматриваемого как сложная система, которая состоит из отдельных, но все же связанных между «черных ящиков». Для того чтобы понять и проанализировать поведение сложной системы, строят качественную предполагаемую схему предполагаемых причинно-следственных связей элементов комплекса. Анализ этих предполагаемых связей необходим для реализации различных сценариев управления.

Когнитивное моделирование, выполненное на качественном уровне, позволяет в экспресс режиме, в короткие сроки:

- оценить ситуацию и провести анализ взаимовлияния действующих факторов, определяющих возможные сценарии развития ситуации;
- выявить тенденции развития ситуаций и реальные намерения их участников;
- разработать стратегию использования тенденций развития политической ситуации в национальных интересах России;
- определить возможные механизмы взаимодействия участников ситуации для достижения ее целенаправленного развития в интересах России;
- выработать и обосновать направления управления ситуацией в интересах России;
- определить возможные варианты развития ситуации с учетом последствий принятия важнейших решений и сравнить их.

Однако качество этого моделирования определяется уровнем интеллектуальности эксперта моделирующего ситуацию. Некомпетентность эксперта не даст положительного эффекта. Для задач, связанных с организационными системами, проблема неопределенности в описании и моделировании функций внутренне присуща самому предмету исследований.

#### Когнитивная система

Когнитивную систему часто связывают с системами поддержки принятия решений (СППР) [13] или системами поддержки руководства (ESS — Executive Support System) [14]. Когнитивная система [15] — это структурированная, логически описанная или формализованная модель «мягкой» системы, предложенной для когнитивного анализа.

Построение когнитивной системы включает анализ режимов ее работы, анализ внешней среды, где она функционирует. Рассмотрим примерную модель когнитивной системы согласно [15]. Выделяют внешние и внутренние параметры когнитивной системы. Внешние параметры характеризуют свойства внешней среды. Их обозначают их вектором  $X=(x_1,$

$x_2, \dots, x_n)$ . Внутренние параметры характеризуют свойства отдельных элементов системы, их обозначают их вектором  $Z=(z_1, z_2, \dots, z_r)$ . Совокупность внешних и внутренних параметров образует входные параметры. Величины, характеризующие свойства когнитивной системы называют выходными параметрами. Их обозначают вектором  $Y=(y_1, y_2, \dots, y_t)$ . Совокупности, выражающие зависимость между входными и выходными параметрами считают математическим описанием когнитивной системы:

$$Y=F(X, Z). \quad (1)$$

Выражение (1) представляет собой нечеткое отношение между двумя множествами параметров  $A=(X, Z)$  и  $Y$ .

Основным методом при построении когнитивной системы часто считают метод модифицированной иерархии. Каждому уровню иерархии соответствуют свои модели. Приведем алгоритм комплексного иерархического подхода к построению когнитивной системы:

1. Определяют количество уровней иерархии в когнитивной системе.
2. Определяют основные критерии каждого уровня.
3. Устанавливают начальные состояния компонентов когнитивной системы и входные значения параметров, определяющих инициализацию событий, устанавливается начальное значение времени моделирования  $t=t_0$ .
4. Формируют структурные, эвристические, имитационные и эволюционные модели.
5. Формируют шкалу нечетких условий.
6. Выбирают путь или пути моделирования.
7. Проверяют логику выполнимости всех событий на всех уровнях в когнитивной системе.

8. Строят список  $L_c$  событий, для которых выполнены условия инициализации.

9. Если список  $L_c$  пуст, то переходят к пункту 10. В противном случае управление передается на выполнение процедуры обслуживания первого события из  $L_c$ . Производится модификация времени совершения данного события в будущем и оно исключается из списка. Переход к пункту 7.

10. В списке запланированных событий находится событие с минимальным временем инициализации и корректируется время, которое полагается равным этому моменту времени.

11. Проверяют условие окончания комплексного моделирования. Если оно не выполняется, то переход к пункту 6.

#### Когнитивная модель

Существуют разные понятия когнитивной модели [16, 17]. Одной из распространенных когнитивных моделей является когнитивная

карта. Она применяется при когнитивном моделировании сложных ситуаций.

Когнитивная карта (карта познания) — это вид математической модели, представленной в виде графа и позволяющей описывать субъективное восприятие человеком или группой людей какого-либо сложного объекта, проблемы или функционирования системы [18]. Она предназначена для выявления структуры причинных связей между элементами системы, сложного объекта, составляющими проблемы и т. п. и оценки последствий, происходящих под влиянием воздействия на эти элементы или изменения характера связей.

Секвенциальное описание позволяет относительно точно преобразовать качественную структуру в машинную форму. Это отображается с помощью когнитивных карт, которые являются моделью в виде взвешенного графа. Обычно эту карту заполняет «аналитик - когнитолог», который как и все люди способен допускать ошибки никем не обнаруживаемые.

В простейшую когнитивную модель входят ориентированный граф и веса дуг графа (оценка взаимовлияния или влияния факторов). При определении весов дуг ориентированный граф превращается в функциональный. Когнитивная карта включает ключевые (по мнению эксперта) факторы системы и связи между ними.

Когнитивная карта не является единственной когнитивной моделью в области когнитивного моделирования и анализа. Существуют более сложные модели «прецедентов», «гештальта», «трансформации неявного знания».

Когнитивная карта в упрощенной форме представляет плоскую структурную схему причинно-следственных связей элементов системы (факторов ситуации). В этой схеме элементы изображаются виде отдельных вершин, соединённых ориентированными дугами лежащими в одной плоскости. Дуга отображает причинно-следственную (казуальную) связь. Этим определяется недостаток модели когнитивная карта. Значимость факторов в схеме и причинно-следственную связь задает эксперт. Естественно, у разных экспертов когнитивные карты могут различаться, что нарушает один из важных научных принципов – сопоставимость. Плоскость построения когнитивной карты характеризует плоское мышление эксперта.

Факторы всегда влияют друг на друга, что отражается ориентацией графа. Когнитивная карта отображает лишь факт наличия предполагаемых, по мнению аналитика, влияний факторов друг на друга. В ней не отражается ни количественный характер этих влияний, ни динамика изменения влияний в зависимости от изменения ситуации, ни временные из-

менения самих факторов. Учет всех этих обстоятельств требует перехода на следующий уровень структуризации информации, то есть к модели динамической информационной ситуации или к многомерной когнитивной модели.

В этой ситуации связи между факторами когнитивной карты переходит из плоской модели в многомерную модель. Многомерная модель становится практически недоступной для аналитика одиночки. Дальнейшее развитие модели становится когнитивно-информационным, то есть анализ «черных ящиков» вне плоскости может проводить только компьютер совместно с коллективом аналитиков с помощью соответствующей системы, которую называют «ситуационной комнатой». В ситуационной комнате когнитивный динамический анализ осуществляется коллективом аналитиков с поддержкой мощной мультимедийной системой. Процесс многомерного когнитивного управления является циклическим. Когнитивное моделирование экспертов задает ряд сценариев. Сценарии моделируются компьютерной системой и представляются мультимедийной системой. Результаты мультимедийного представления подвергаются когнитивному анализу экспертов, задаются новые сценарии развития и так далее. Ситуационная комната применяется для управления масштабными СОТС, типа отрасль, транснациональная корпорация, крупный банк.

Существуют объективные трудности построения плоско и многомерной когнитивной модели: выявление существенных, по мнению эксперта, факторов; ранжирование факторов; выявление направления влияния факторов; выявление количественной зависимости влияния, выявление скрытых факторов, выявление коррелятивной (скрытой) зависимости. Последняя проблема часто решается применением коррелятивного анализа [18]. Ранжирование существенных и второстепенных факторов может решаться на основе теории предпочтений [19]. Выявление скрытых факторов осуществляется на основе латентного анализа. Выделение существенных факторов возможно на основе импакт-анализа [20]. Все эти методы осуществляются на основе компьютерного анализа, но все сводит воедино группа экспертов аналитиков, которые и реализуют когнитивное управление в многомерном варианте.

#### Заключение

Использование когнитивных моделей качественно повышает обоснованность принятия управленческих решений в сложной и быстроизменяющейся обстановке, избавляет ЛПР, который не является экспертом, от «интуитивного блуждания», экономит время на осмысление и интерпретацию происходящих

в системе событий. Эта экономия достигается за счет использования когнитивного ресурса эксперта. Когнитивная карта является плоской моделью с низким уровнем верификации. Более качественный уровень принятия решений дает многомерная когнитивная модель. Сущность когнитивного управления

СОТС заключается в том, чтобы уменьшить не структурированность и нечеткость информации и, тем самым повысить качество управления. Для масштабных СОТС задача управления решается только с применением многомерной когнитивной модели, а технически с применением ситуационной комнаты.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьёв И.В. Развитие принципов информационного управления академика И.В. Прангишвили // Славянский форум, 2015. - 3(9) - с.262-267.
2. Номоконова О.Ю. Опыт врача как когнитивный информационный ресурс // Славянский форум, 2015. - 3(9) - с.200-209.
3. Сигов А. С., Цветков В.Я. Неявное знание: оппозиционный логический анализ и типологизация // Вестник Российской Академии Наук, 2015, том 85, № 9, - с.800–804. DOI: 10.7868/S0869587315080319
4. Тихонов А. Н., Иванников А. Д., Соловьёв И. В., Цветков В.Я. Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. - М.: МаксПресс, 2010.-228с.
5. Tsvetkov V. Ya. Complexity Index // European Journal of Technology and Design, 2013, Vol.(1), № 1, p.64-69
6. Цветков В.Я. Решение задач второго рода с использованием информационного подхода // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. - №11. (часть 2) – с.191-195.
7. Соловьёв И.В., Мордвинов В.А., Жигалов О.С. Информационное и когнитивное взаимодействие. М.: МаксПресс , 2015. 72 с.
8. Tsvetkov V. Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design, 2014, Vol.(5), № 3. p147-152.
9. Кальоти Дж. От восприятия к мысли. О динамике неоднозначного и нарушениях симметрии в науке и искусстве. М.: Мир, 1988.- 221с.
10. Земан И. Познание и информация. М.: Прогресс, 1966. - 254 с.
11. Томпсон А. А., Стрикленд А. Дж. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: Учебник для вузов / Пер. с англ. Под. ред. Л. Г. Зайцева, М. И. Соколовой. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. - 576 с.
12. Прангишвили И. Об эффективности управления сложными социально-экономическими системами //Общество и экономика. – 2005. – №9. – С. 125-134.
13. Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Методы и системы поддержки принятия решений . - М.: МаксПресс 2001 -312с.
14. Hung S. Y. Expert versus novice use of the executive support systems: an empirical study //Information & Management. – 2003. – Т. 40. – №. 3. – С. 177-189.
15. Кулинич А. А. Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва» //Программные продукты и системы. – 2002. – №. 3. – С. 25-28.
16. Tsvetkov V.Ya. Cognitive information models // Life Science Journal -2014; -11(4). – pp.468-471.
17. Цветков В. Я. Когнитивные аспекты построения виртуальных образовательных моделей // Интеграция образования. – 2014. – № 3 (76). – С. 71–76
18. Кулинич А. А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Проблемы управления. - 2010. - №3. - с.2-15.
19. V. Ya. Tsvetkov. Framework of Correlative Analysis // European Researcher, 2012, Vol.(23), № 6-1, p.839- 844.
20. Цветков В.Я. Основы теории предпочтений.- М.: Макс Пресс, 2004. - 48с.
21. Ozhereleva T.A. Impact Analysis of Education Quality Factors // European Journal of Economic Studies, 2013, Vol.(5), № 3- p.172-176.

#### Информация об авторах: Цветков Виктор Яковлевич

(Россия, Москва)  
Профессор, доктор технических наук,  
советник ректората  
Московский государственный технический  
университет радиотехники, электроники и  
автоматики  
E-mail: cvj2@mail.ru

**Соловьёв Игорь Владимирович**  
Профессор, доктор технических наук, проректор по  
научной работе  
Московский государственный технический  
университет радиотехники, электроники и  
автоматики  
E-mail: cvj2@mail.ru

#### Information about the authors: Tsvetkov Viktor Yakovlevich

(Russia, Moscow)  
Professor, Doctor of Technical Sciences  
The adviser of rector's office  
Moscow State Institute  
of Radio Engineering, Electronics  
and Automation  
E-mail: cvj2@mail.ru

**Solov'ev Igor' Vladimirovich**  
Professor, Doctor of Technical Sciences,  
Pro-rector on scientific work  
Moscow State Institute  
of Radio Engineering Electronics  
and Automation  
E-mail: cvj2@mail.ru