

# ОРГАНИЗАЦИЯ КОГНИТИВНЫХ СИСТЕМ, СОВМЕЩЕННЫХ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ МОДЕЛЯМИ<sup>1</sup>

## THE ORGANIZATION OF COGNITIVE SYSTEMS, COMBINED WITH FUNCTIONAL MODELS

**V. Guzik**  
**V. Prilip**  
**S. Chyrnyy**  
**A. Shestakov**

*Summary.* The paper shows the prospects of combining in a hybrid system of two modeling platforms difficult to formalize problems, the description of which is possible both at the cognitive and functional levels. For this purpose, the concept of functional cognitive map is introduced. The structure of such a map is proposed. For communication between cognitive and functional values introduces the notion of gazifikatsii and defazifikatsii of values describing the model under investigation. The classical graph theory is used to describe the functional cognitive map.

*Keywords:* modeling, cognitive model, functional, cognitive map, concept, gazifikatsia\defazifikatsii.

**Гузик Вячеслав Филлипович**

*Д.т.н., профессор, Южный Федеральный университет, Заслуженный деятель науки РФ*  
vfguzik@sfedu.ru

**Прилип Вадим Анатольевич**

*Аспирант, Южный Федеральный университет*  
v.prilip@yandex.ru

**Черный Сергей Александрович**

*К.т.н., доцент, Южный Федеральный университет*  
schernyy@sfedu.ru

**Шестаков Александр Валентинович**

*К.т.н., с.н.с., Южный Федеральный университет*  
trtualval@rambler.ru

*Аннотация.* В работе показываются перспективы объединения в гибридной системе двух платформ моделирования трудно формализуемых задач, описание которых возможно как на когнитивном, так и на функциональном уровнях. С этой целью вводится понятие функциональной когнитивной карты. Предлагается структура такой карты. Для связи между когнитивными и функциональными значениями вводятся понятия фазификации и дефазификации значений, описывающие исследуемые модели. Для описания функциональной когнитивной карты используется классическая теория графов.

*Ключевые слова:* моделирование, когнитивная модель, функциональная когнитивная карта, концепт, фазификация\дефазификация.

**В** последнее время все более широкое распространение для решения различного рода аналитических задач, особенно трудно формализуемых, получают методы когнитивного моделирования [1]. В традиционной постановке когнитивный аппарат базируется на экспертных оценках, которые характеризуют некоторые концептуальные качественные параметры объекта и, как правило, не связаны, по крайней мере, непосредственно, с реальными физическими параметрами моделируемой системы (объекта, процесс). В соответствии с этим можно указать, что независимо существуют две модели описания объектов: когнитивные, отражающие качественный уровень анализа объектов, и функциональные, отражающие количественный уровень описания объекта. Это обуславливает целесообразность проработки объединения двух платформ моделирования в рамках единой гибридной системы, которую будем определять как функциональная когнитивная карта — ФКК.

### Функциональная когнитивная карта

Функциональную когнитивную карту следует представлять как систему, содержащую две составляющие в соответствии со структурой, приведенной на рисунке 1.

Если рассматривать иерархию системы с точки зрения целей моделирования, то можно указать, что функциональная составляющая обеспечивает текущее управление объектом на основании измерения его параметров и оказания управляющих воздействий. В технических объектах, например, для котельного агрегата, измеряемыми параметрами являются показания датчиков, в качестве воздействий являются сигналы на исполнительные механизмы. В организационных системах измеряемые объекты и воздействия определяются спецификой объекта и выбираются или формируются на основе соответствующей документации.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-01-00412 «Разработка моделей и алгоритмов когнитивного и нейроэволюционного моделирования для поддержки принятия решения в интеллектуальных информационно-управляющих системах».



Рис. 1. Структура функциональной когнитивной карты.

Параметры, получаемые в рамках функциональной составляющей, используются для:

- а) вычисления значений концепта в рамках самой модели совместно с когнитивными показателями;
- б) корректировки когнитивных моделей.

Проиллюстрируем приводимые положения на конкретном примере, связанным с анализом оборудования некоторого производственного цеха. В рамках когнитивной составляющей формируется концепт «Состояние оборудования —  $K_{CO}$ » с фазифицированными оценками значения типа: «очень хорошее» — ... «удовлетворительное» — ... и т.д.».

В когнитивной карте анализа функционирования цеха указанный концепт имеет причинно-следственные связи с рядом смежных концептов, например, такими, как «квалификация персонала —  $K_{фп}$ », «Напряженность производственной программы —  $K_{пн}$ », «Уровень обеспеченности запчастями —  $K_{оз}$ » и т.д. В соответствии с традиционными правилами построения когнитивных карт для описываемой ситуации справедливо соотношение

$$K_{CO} = G_{w_{КП}} * K_{КП} + G_{w_{ПП}} * K_{ПП} + G_{w_{ОЗ}} * K_{ОЗ} + \dots (1)$$

Здесь  $G$  — эмпирические коэффициенты, определяющие уровень влияния соответствующего концепта.

Вместе с тем, в рамках функциональной составляющей используется параметр «Коэффициент готовности оборудования ФГО», подлежащий числовому измерению, определение которого базируется на соответствующих методиках и нормативах [2]. Значения данного функционального параметра, как уже указывалось выше, может быть использовано по двум направлениям.

Во-первых, функциональный параметр может быть использован непосредственно для вычисления значения концепта:

$$K_{CO} = F_{CO}(\{K_{КП}, K_{ПП}, K_{ОЗ}\}, \Phi_{FO}), (2)$$

здесь  $F_{CO}$  — функция формирования  $K_{CO}$  из концептуальных и функциональных параметров.

Одна из возможных форм представления  $F_{CO}$ :

$$K_{CO} = k_{Kl}\{K_{Kl}, K_{Пл}, K_{Oz}\} + k_{\Phi}\{\Phi_{ГО}\}. \quad (3)$$

Здесь коэффициенты  $k_K, k_{\Phi}$  — доли вклада когнитивной и функциональной составляющих.

Во-вторых, функциональный параметр может быть использован для анализа корректности и выполнения корректировок концептуальной модели по следующей схеме:

$$F'_{ГО} = P_{ГО}(F_{ГО}). \quad (4)$$

$$e = f(K_{co} - F'_{ГО}). \quad (5)$$

Здесь:  $F'_{ГО}$  — фазифицированное значение функционального параметра;

$P_{ГО}$  — функция фазификации;

$e$  — невязка (разница между когнитивным и функциональным значениями).

В соответствии с соотношением (4) осуществляется фазификация значения функционального параметра. В соответствии с соотношением (5) определяется невязка, т.е. разница между значением концепта, сформированного в рамках когнитивной среды, и значением соответствующего функционального параметра. Полученная невязка является основанием для корректировки когнитивной модели. Методы подобной корректировки требуют отдельного обсуждения.

Совместное использование когнитивных и формальных процессов в рамках единой модели требует соответствующего описания информационных объектов — переменных и процедур их согласования. Классификация переменных в ФКК проводится в соответствии с несколькими, нижеперечисленными особенностями и способами применения.

1. Основные типы переменных: когнитивные/функциональные.
2. Способ представления: фазифицированные/дефазифицированные.

Учитывая специфику рассматриваемой комплексной модели и особенности, определяемых в ней таких элементов, в составе ФКК рассматривается два типа представлений: фазифицированное и дефазифицированное [3]. При этом предусматривается, что любая переменная, если это целесообразно, может иметь оба представления, для чего вводится соответствующая таблица преобразований. Исходя из смысла и роли переменной, в исследуемых моделях выделяют первичное и вторичное представления. Первичное представление определяется прикладной принадлежностью переменной и источником ее порождения. Т.е., переменная вводится в первоначальном виде, в процессе вычислительного

процесса переменная может быть преобразована к вторичному представлению.

1. Роль в процессе моделирования.

Применение ФКК, в которых наряду с когнитивными, присутствуют формальные описания, позволяют решать ряд новых задач, не свойственных традиционным методам. Одну из таких задач обозначим как «Задача преобразователя входов». При решении данной задачи предполагается представление объекта в виде классической модели объекта управления из теории автоматического управления [4]. Главная задача преобразования предполагает анализ влияния входов, естественных с прикладной точки зрения для каждого объекта, на выходы.

### Формальное описание

В рамках данного представления вводятся входные, выходные и промежуточные переменные. Назначение выходных и промежуточных переменных очевидно. Отдельное описание требуется применительно к входным переменным. В данном контексте в составе входных переменных выделим управляющие воздействия и независимые воздействия. Управляющие переменные описывают целенаправленные воздействия на объект; независимые переменные описывают воздействия на объект, не подверженные целенаправленному влиянию.

В подобном контексте может быть представлена и обратная задача, решение которой связано с анализом значений входов для достижения желаемых значений выходов.

Формальное описание ФКК содержит две составляющие:

- а) топологическая модель ФКК;
- б) модель концепта.

ФКК определим как сетевую совокупность взаимодействующих процессов-концептов, функционирование которых определяется как влияние смежных концептов, так и формальных процедур, описывающих реальные параметры объекта.

Топологическая модель (ТМ) описывается на основе традиционных для представления когнитивных моделей графовых структур:

$$TM = \{K, D\} \quad (6)$$

Здесь  $K = \{k_i\}_{i=1, I}$  — множество вершин графа, где каждая вершина соответствует определенному концепту, причем  $i$  — индекс концепта/вершины, определяющий ее положение в графовой модели, значение  $k_i$  — соот-

ветствует значению концепта.  $D = \{d_{j_1, j_2}\}$  — множество дуг графа отражающих причинно-следственные связи. В указанной связи  $j_1$  соответствует конечной вершине связи,  $j_2$  — исходящей вершине.

### 1. Определение формального потенциала $(P_i^f)_{\text{фаз}}$ .

На данном этапе вычисляется показатель-индикатор из моделей, описывающих реальное поведение объекта и учитывающих реальные характеристики. Вычисляемый на данном этапе показатель-индикатор по смыслу должен быть близок рассматриваемому концепту и во многом является определенной числовой оценкой концепта. В данном случае используются прикладные специализированные методы и переменные.

### 2. Определение потенциала концепта.

В рамках данного этапа решаются две задачи:

а) собственно формирование значения концепта:

$$ki = f((P_i^k), (P_i^f)_{\text{фаз}}). \quad (7)$$

В наиболее простой форме данная зависимость может быть выражена в полиномиальной форме

$$ki = b_1 * (P_i^k) + b_2 * ((P_i^f)_{\text{фаз}}). \quad (8)$$

здесь  $b_1, b_2$  — эмпирические коэффициенты, отражающие степень влияния на общее значение. Можно отметить, что при  $b_1 = 1, b_2 = 0$  выражение (7) соответствует чистому концепту.

б) корректировка модели.

В соответствии с предпочтениями проектировщика в процессе моделирования можно не использовать формальную составляющую. Однако формальная составля-

ющая может быть использована для корректировки сетевой модели путем определения невязки концепта:

$$e_i = e((P_i^k), (P_i^f)_{\text{фаз}}), \quad (9)$$

где  $e_i$  — функция определения невязки.

В простом случае можно определить

$$e_i = (P_i^k) - (P_i^f)_{\text{фаз}}, \quad (10)$$

Причем, здесь имеется в виду осуществление операций в нечеткой области.

Значение  $e_i$  служит для определения необходимости корректировки когнитивной модели и служит определенными параметрами в моделях корректировки.

### 3. Определение значения выхода потенциала.

В общем случае в качестве значения концепта можно принять значение потенциала, однако использование специальных функций позволяет ввести нелинейность в модели. В качестве подобных функций можно использовать активационные модели нейронных систем. Данный вопрос требует отдельного рассмотрения и выходит за рамки настоящей статьи.

## Заключение

В заключение отметим, что вводимые в настоящей статье модели направлены на обеспечение следующих возможностей, расширяющих сферу использования когнитивного моделирования:

- возможность учета реальных характеристик моделируемого объекта в процессе когнитивного анализа;
- возможность учета корректировки когнитивных структур за счет связи с реальными показателями функционирования.

## ЛИТЕРАТУРА

- Л. А. Гинис, А. Е. Колоденкова. Нечеткое когнитивное моделирование для предупреждения рискованных ситуаций на объектах критической инфраструктуры. Вестник УТАТУ. 2017, т. 21, № 4(78), с. 113–120
- Надежность в технике основные понятия. Термины и определения ГОСТ 27.002–89.
- В. Л. Колесников, А. И. Бракович, Я. А. Жук. Фазификация и дефазификация данных при решении многокритериальных задач. Физико-математические науки и информатика. ТРУДЫ БГТУ. 2013 № 6, с. 125–127.
- Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления — М.: Наука, 1986.
- Боженюк А. В., Гинис Л. А. Применение нечетких моделей для анализа сложных систем // Системы управления и информационные технологии. 2013. Т. 51. № 1.1. С. 122–126.