УДК 519.711.3

DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-22-33

Онтологическая система знаний и вычислительных ресурсов современных интеллектуальных технологий

А.В. Бухановский, С.В. Иванов, С.В. Ковальчук, Ю.И. Нечаев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Обсуждаются концептуальные решения построения онтологической системы знаний в функциональных пространствах современной теории катастроф. Теоретический базис реализации онтологической системы знаний определяет принцип генерации управляющих воздействий в условиях неопределённости на основе иерархической структуры. Анализ альтернатив и выбор решения в среде многофункционального программного комплекса осуществляется на основе ансамблевого прогноза. Интерпретация поведения сложных систем в многофункциональном программном комплексе предсказательных моделей с помощью онтологической системы знаний ведётся в рамках стратегии обработки больших объёмов данных, потока событий и гибридной технологии, а также топологической структуры выявления критических ситуаций с использованием когнитивных и фрактальных структур, нейродинамических и мультиагентных систем, синергетической теории управления. Особое внимание обращается на обоснование и выбор интерпретирующей модели с учётом физических эффектов и закономерностей из условия адекватности.

Ключевые слова: онтологическая система, теория катастроф, система знаний, вычислительные ресурсы, экстренные вычисления.

Цитирование: Бухановский, А.В. Онтологическая система знаний и вычислительных ресурсов современных интеллектуальных технологий / А.В. Бухановский, С.В. Иванов, С.В. Ковальчук, Ю.И. Нечаев // Онтология проектирования. − 2020. − Т.10, №1(35). − С.22-33. − DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-22-33.

Введение

Онтологическая система управления сложной системой разнородных знаний интегрирует формализованные знания классической и современной компьютерной математики [1], которые реализуются в нестационарной среде функциональных пространств современной теории катастроф (СТК) [2]. Концептуальный базис построения онтологической системы знаний в среде СТК определяет структурный синтез компонент эволюционирующей среды на базе активной динамической системы [3] (рисунок 1). Одна из особенностей онтологической системы знаний – иерархическая организация, определяющая функции интерпретации и управления в условиях временных задержек, шума и неопределённости.

Стратегическое планирование операций и концептуальных решений на основе онтологической системы в условиях иерархической организации системы знаний отображает фундаментальный результат интеграции компонент динамической модели СТК на базе интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений.

Иерархическая модель онтологии позволяет описывать эволюционную динамику сложной системы знаний на различных уровнях абстракции, определяющих функции интерпретации и управления в процессе развития текущей ситуации. При декомпозиции сложной системы реализуется концепция связности, при этом исходная модель знаний представляется совокупностью моделей подуровней, связанных древовидным отношением [4]. Формирование уровней иерархии осуществляется с помощью стандартных оснований декомпозиции.



Рисунок 1 - Онтологическая система интегрированной среды интерпретации решений

1 Онтология сложной системы знаний

Концептуальная модель онтологии в функциональном пространстве знаний (рисунок 2) представлена на основе универсальной модели интерпретации сложных систем — динамической модели СТК [2]. Теоретические решения по реализации концептуальной модели онтологии базируются на фундаментальных результатах [1], сформулированных на основе требований минимальной длины описания А.Н. Колмогорова [5] в рамках теории сложности [6], принципа бифуркационного управления Н.Н. Моисеева [7], теории некорректных (обратных) задач А.Н. Тихонова [8].

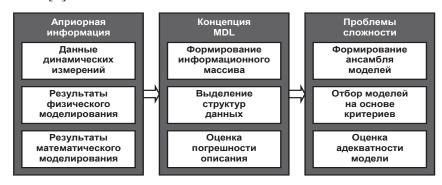


Рисунок 2 - Функциональное пространство онтологической системы знаний

Онтологическая база инструмента исследования использует методы оценки поведения сложной системы знаний на базе динамической модели СТК [2] — метод функционала действия [9], модифицированные модели Дуффинга и Матье, нелинейная диаграмма устойчивости Айнса-Стретта, когнитивная парадигма [1], мультиагентное моделирование [10].

Онтология эволюции сложной системы знаний, определяющая фундаментальные принципы и концепцию эволюционирующих систем, может быть представлена в виде определений и утверждений.

Определение 1. Функциональное пространство эволюционной динамики рассматривается как совокупность предельных состояний, определяющих режимы движения к целевому аттрактору и при потере устойчивости:

(1)
$$\Re^0 \to \Re^n \xrightarrow{\alpha,\beta} \Re^r \to \Re(F_R, Attr),$$

где \Re^0 – исходная система состояния модели знаний; \Re^n , \Re^r – системы знаний в пространствах поведения и управления СТК; α и β – ограниченные операторы; $\Re(F_R,Attr)$ – система знаний, определяющая формирование фрактальных и аттракторных структур [1, 2].

Определение 2. Пространство *поведения* определяет множество состояний сложной системы знаний в виде алгоритмов идентификации, аппроксимации и прогноза в процессе эволюции в нестационарной среде на основе концептуальных решений, критериальных уравнений и нечёткой формальной системы:

$$(2) W(t_0) \to W^*(t) \xrightarrow{\alpha^*} W(t_i) \dots \xrightarrow{\beta^*} \dots W(t_n),$$

где $W(t_0)$ – исходная система множества состояний; $W^*(t)$ – факторизованная система, реализующая эволюцию знаний в пространстве поведения; $W(t_i)$ и $W(t_n)$ – системы, построенные в результате использования интерпретирующих алгоритмов; α^* – преобразование (гомеоморфизм), определяющее включение системы $W^*(t)$ в $W(t_i)$; β^* – система канонических преобразований (гомоморфизмов) на интервале реализации $[t_0, t_n]$.

Определение 3. Пространство *управления* формируется на основе процедур построения сценариев развития эволюционной динамики с целью выработки управленческих решений в условиях неопределённости:

(3)
$$W^{**}(t) \xrightarrow{\alpha^{**}} W^{**}(t_i) \dots \xrightarrow{\beta^{**}} \dots W^{*}(t_n)$$

где $W^{**}(t)$ — множество, сформированное по результатам выполнения условий (1), (2); $W^{**}(t_i)$ — множество, определяющее пространство преобразований знаний (генерация альтернатив, построение ансамбля реализаций и выбор решения) при выработке управляющих воздействий; $W^*(t_n)$ — результирующее множество пространства управления в системе интеллектуальной поддержки (ИП); α^{**} — преобразование (гомеоморфизм), определяющее включение системы $W^{**}(t)$ в $W^{**}(t_i)$; β^{**} — система канонических преобразований (гомоморфизмов) на интервале реализации [t_0 , t_n].

Критерием целостности функциональной полноты модели знаний служит принцип *неопределённости* — *дополнительности* — *совместимости*, что демонстрирует свойство функциональной отделимости пространства взаимодействия и используется при синтезе функции интерпретации, определяющей выбор решения среди генерируемых альтернатив.

2 Иерархическая среда онтологии сложной системы знаний

Кооперативный характер эволюционной динамики сложной системы знаний порождает способность к нарушению её симметрии. Дифференциация и специализация обеспечивают распределение функций подсистем, а интеграция подсистем приводит к возрастающей способности функциональных возможностей многофункционального программного комплекса (МПК). Иерархическое построение сложной системы ведётся в виде пространственной, временной и функциональной конфигурации (рисунок 3).

Задача построения оптимальной иерархической структуры состоит в построении множества Ω иерархий с заданным функционалом

(4)
$$\arg \min G \in \Omega P(G), P: \Omega \to G[0, +\infty]$$

Множество иерархической структуры задаётся на момент времени t_0 . Динамика сложной системы знаний определяется набором функций $f^l, ..., f^T$ с известной историей развития ситуации. Управление образует иерархическую систему знаний в момент времени t в виде отображения

(5)
$$\psi^t: F \times ... \times F \times Q(f^{t-1}) \to Q(f^t)$$
, где $Q(f^t)$ представляет собой информацию о внешней среде.



Рисунок 3 - Иерархическая среда сложной системы знаний: $M_1, ..., M_N$ – модели знаний

Управление в начальный момент времени представляется как отображение.

(6)
$$\psi^t: F \to Q(f^t)$$
.

Совокупность управлений ψ^t на интервале реализации обозначается $\psi = (\psi^1, ..., \psi^T)$ и рассматривается как управляющая структура иерархической системы.

На каждом иерархическом уровне вводится описание последовательности операций в пространствах состояний и ситуаций в соответствии со следующими определениями.

Определение 4. Пространство *состояний* X сложной системы знаний включает в себя тип и число переменных и параметров состояния Ω , функцию отображения $f: X \times \Omega \to R$, а также описание состояний, соответствующих данному уровню иерархии.

Определение 5. Пространство *ситуации* сложной системы знаний — множество элементов на данном уровне иерархии, характеризующееся параметрами ситуации и особенностями эволюционной динамики при заданном уровне внешних возмущений.

Определение 6. Математическое описание сложной системы знаний включает множество допустимых входов U и выходов Y, множество состояний Q (пространство ситуаций), функцию перехода $\lambda: Q \times U \to Q$ и функцию выхода $\gamma: Q \times U \to Y$.

3 Структурный синтез онтологии сложной системы знаний

Структурный синтез и принципы организации онтологии знаний сложной системы разработаны в рамках концептуальных решений, определяющих функциональные множества иерархической среды [1]. Эти решения основаны на взаимосвязи конфигураций, характеризующих внутреннюю, отображающую и управляющую информацию. Внутренняя информация определяет целенаправленное поведение системы. Отображающая информация содержит сведения об окружающей среде и особенностях текущей ситуации. Управляющая информация – это совокупность управляющих воздействий в заданных внешних условиях.

Модель реального мира, определяющая концептуальное моделирование сложной системы знаний в режиме экстренных вычислений ($Urgent\ Computing-UC$) [11], обеспечивает реализацию общих принципов обработки информации в рамках динамической модели СТК [2]. Интеграция сложной системы знаний с интеллектуальными технологиями и высокопроизводительными вычислениями представлена на рисунке 4.

Контроль сложной системы знаний на интервале реализации $[t_0, t_k]$ осуществляется с использованием следующих аксиом.

Аксиома 1. Идентификация системы знаний (ситуации) осуществляется из множества альтернативных ситуаций $\{S_j\}$, j=1,...,z, каждой из которых по выбранному критерию R соответствует один из альтернативных алгоритмов $\{A_i\}$, i=1,...,q.

Аксиома 2. Соответствие между исследуемой ситуацией S_i и оптимальной структурой алгоритма $S_i \to A_i$, реализуется функцией интерпретации $i = \varphi(j), \ i = 1, ..., q \ j = 1, ..., z$, с помощью которой решается проблема использования адаптируемой структуры.



Рисунок 4 - Парадигма и онтологические принципы интерпретации знаний в режиме UC

Аксиома 3. Ситуация кодируется вектором $S = (S_1, ..., S_u)$ в *и*-мерном пространстве. Каждой точке S_i этого пространства соответствует лучший алгоритм A_i , определяемый как

$$(7) R(A_i, S_i) = \min_{j=1,\dots,q} R(A_j, S).$$

Таким образом, сформулирована q-классовая задача интерпретации сложной системы знаний на основе конечной обучающей выборки $\langle S_j, A_j \rangle$ $(j=1,\ldots,N)$, элементы которой определяются решением оптимизационной задачи

$$(8) R(A, S_i) \to \min_{A_1, \dots, A_q} \Rightarrow A_j,$$

где S_i (j = 1, ..., N) – ситуации, представляющие различные части пространства $\{S\}$.

Практическая реализация аксиом 1-3 и концептуальных решений (1)-(8) определяет онтологический принцип использования алгоритмов контроля динамики сложной системы знаний и стратегию управления МПК в режиме UC. Решение задач адаптивного управления ведётся с помощью функции интерпретации (виртуального образа ситуации), осуществляющей генерацию стратегий управления и координацию работы МПК.

4 Онтология эволюционной динамики сложной системы знаний

Онтология пространства знаний сложной системы представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 - Онтология пространства знаний сложной системы

Модель онтологии эволюционной динамики сложной системы знаний описывается с помощью переменной $y \in A$ из допустимого множества A. Состояние системы в рассматриваемый момент времени t зависит от управляющих воздействий $u \in U$, $y \in G(u)$. На множестве $U \times A$ задан функционал $\Phi(u,y)$, определяющий эффективность сложной системы знаний. Задача заключается в выборе допустимого управления, которое максимизирует значение эффективности $\Phi(u) \to max \ (u \in U)$.

Динамика сложной системы знаний состоит в переходе из одного состояния в другое под воздействием управления U^* и возмущения W^* :

(9)
$$U^*: T \to U, W^*: T \to W.$$

В функциональном отношении рассматриваемая система отличается способностью поддержания баланса равновесия между функциями и параметрами системы, управление которой реализуется набором функций:

$$(10) F = F_1 \cap \ldots \cap F_k.$$

Пересечение этих множеств описывает процесс принятия решений. Каждый элемент декартова произведения функции F и информационного вектора I_R

$$(11) R \subseteq F \times I_R,$$

определяет уровень интеллектуальности системы.

5 Онтологические принципы прогноза и управления

Онтологические принципы, определяющие стратегию прогноза и управления в сложных системах знаний, представлены на рисунке 6 функциональными блоками концептуальной онтологической модели.

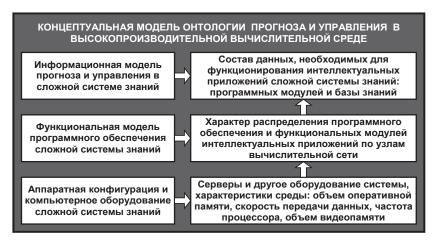


Рисунок 6 - Функциональные блоки прогноза и управления в сложной системе знаний

Концепция интеграции знаний в этом случае рассматривается как активная динамическая система (АДС) [3] управления процессом обработки информации на основе динамической модели СТК [2]. Эволюционирующая структура знаний сложной системы, реализующая стратегию *UC*, проходит последовательность состояний, определяемых динамической моделью СТК. Эволюционное состояние сложной системы утрачивает устойчивость при возникновении катастрофы. Эволюционные циклы на интервале реализации по своему характеру могут быть качественно различными в зависимости от уровня внешних возмущений и особенностей динамики системы. Физическое понимание качественных явлений в эволюционных процессах связано с фазовым переходом эволюционной динамики сложных систем.

Проблемы специализации, дифференциации и распределения функций в АДС знаний представлены в виде модели онтологии функционального пространства.

Утверждение 1. При формировании стратегий ИП используется *механизм информирования* и информационного обеспечения элементов АДС о результатах анализа альтернатив и выбора предпочтительной технологии обработки данных.

Утверждение 2. Механизм функционирования АДС определяется целевой функцией, допустимыми множествами решений, интервалом реализации, периодами функционирования в зависимости от стратегий интерпретации и управления при движении контролируемого объекта в процессе эволюции.

Утверждение 3. Механизм управления активной АДС формируется в виде совокупности стратегий ИП, информационного и алгоритмического обеспечении UC.

Задачи прогноза и управления сложной системой знаний в пространствах поведения и управления динамической модели СТК содержат неопределённости, свойственные задачам моделирования на основе данных динамических измерений. Процедуры принятия решений направлены на выбор вектора управляемых переменных в области поиска $Z \in D_Z$ так, чтобы удовлетворить условиям выбора. Область пространства управляемых переменных, в которых выполняются все наложенные условия, называют областью работоспособности D_R , а множество $D = D_Z \cap D_R -$ областью допустимых решений.

Критерий оптимальности представляется отображением на множестве решений

$$Q := M_1 \to R^+,$$

где R^+ – множество неотрицательных вещественных чисел.

Функция Q реализует процедуру сравнения вариантов решения $m' \in M'$, если

(13)
$$Q(m') = \min Q'(m').$$

Оптимизационная задача < M, D, Q > содержит M – пространство решений, D – ограничения в M допустимой области

$$M' \subseteq D, Q: M' \to R^+$$
 с критерием оптимальности Q .

6 Методы интерпретации знаний сложных систем

В качестве примеров практической реализации рассмотрены сложные системы знаний при обработке информации на основе нейродинамического, когнитивного и мультиагентного моделирования в пространствах поведения и управления СТК.

6.1 Нейродинамическое моделирование сложной системы знаний

Процедуры синтеза нейросетевых структур [8] основаны на закономерности, определяющей *подобные упорядочения* в среде знаний: отношение \leq для множества X и отношение \leq * для множества Y. Эти операции обеспечивают условие существования взаимно однозначного отображения f (отображение подобия) множества X на множество Y такое, что

(15)
$$(x_1 \le x_2) \equiv f(x_1) \le *f(x_2).$$

Отношение подобия для двух упорядоченных множеств является *отношением эквива*лентности. Отмеченная закономерность выражает фундаментальный результат преобразования информации, основанного на традиционных процедурах классической математики и нейросетевого базиса. Система нейродинамического моделирования при интерпретации сложной системы знаний представлена на рисунке 7. Здесь содержатся различные модели искусственной нейронной сети, реализующие операции преобразования знаний в пространствах поведения и управления СТК.

Нейросетевой ансамбль (рисунок 7a) реализует процедуры идентификации при оценке ситуации и логического вывода по прецеденту [9]. Многослойный персептрон (рисунок 76) используется в задачах контроля динамических характеристик и при выявлении «скрытых» знаний в рамках концепции *Data Mining* [1]. Нейросетевой предиктор (рисунок 7a) обеспечивает прогноз эволюционной динамики на интервале реализации.

6.2 Когнитивное моделирование сложной системы знаний

Когнитивная модель сложной системы знаний на основе когнитивной карты представляет собой параметрический векторный функциональный граф [1]. В качестве примера на ри-

сунке 8 рассмотрена когнитивная карта, отображающая поведение сложной системы знаний на основе СТК.

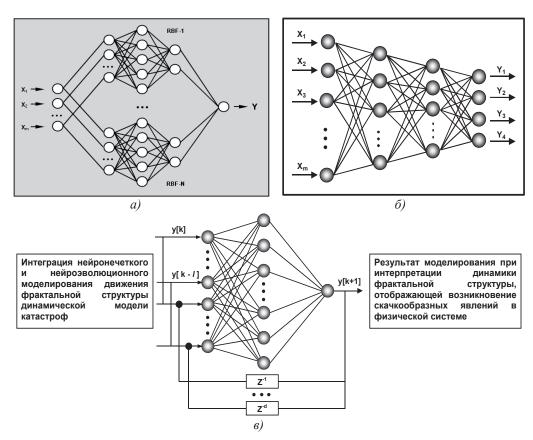


Рисунок 7 - Нейронные сети в задачах идентификации (а), аппроксимации (б) и прогноза (в)

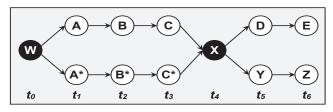


Рисунок 8 - Универсальная когнитивная карта: A - E – этапы эволюции системы; X, D, E – фазы движения к целевому аттрактору; X, Y, Z – фазы, характеризующие потерю устойчивости

Картина поведения интерпретируется следующим образом. В результате контроля развития ситуации под воздействием внешнего возмущения W и априорных данных был реализован прогноз состояния системы на основе принципа конкуренции (альтернативы A и A^*). В течение развития ситуации применены управляющие воздействия (ситуации B и B^*), предсказанные моделью эволюционной динамики, применение которых привело к изменению поведения системы (ситуации C и C^*). Однако в момент времени t_4 (символ X) вследствие интенсивного внешнего возмущения произошло резкое изменение поведения системы. Это событие выходило за рамки предсказанного и вызвало изменение эволюции системы. Контроль вновь возникшей ситуации при эффективности управляющих воздействий (ситуация D) привёл к стабилизации ситуации в области целевого аттрактора (ситуация E). При недостаточной эффективности контроля (ситуация Y) возникает потеря устойчивости движения системы (ситуация Z).

6.3 Мультиагентное моделирование сложной системы знаний

Практическая реализация мультиагентных систем (MAC) в сложной системе знаний рассмотрена применительно к задачам контроля транспортных систем. В качестве примеров выбраны приложения, связанные с контролем движения транспортных потоков (рисунок 9) и эвакуации пассажиров и экипажа с аварийного судна (рисунок 10) [10]. Движение агентов в процессе эвакуации реализовано с учётом угловых перемещений, локальных скоростей и ускорений нерегулярной качки. Пакетный визуализатор обеспечивает анализ ситуаций на основе MAC.

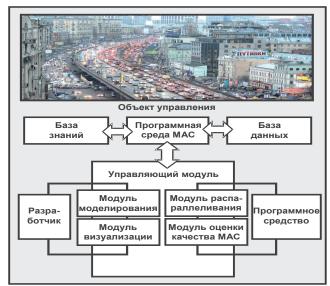


Рисунок 9 - Среда МАС с визуализацией транспортного потока

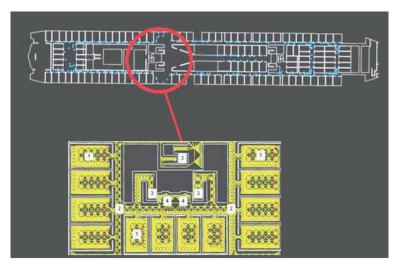


Рисунок 10 - Геометрическая модель судна (одна палуба) и фрагмент графа пешеходных перемещений (включая трапы), построенный растеризацией по квадродеревьям:

1 – каюты; 2 – коридоры; 3 – трапы; 4 – лифты

Заключение

Разработанная онтологическая система, определяющая концептуальные решения и методы интерпретации знаний, обеспечивает построение и использование моделей взаимодействия в рамках парадигмы АДС, предполагающей реализацию теоретических принципов и

механизмов обработки информации в условиях восприятия случайных воздействий внешней среды на основе интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений. Онтологическая система знаний реализуется в рамках эволюционной парадигмы СТК при формировании потенциальных свойств интерпретирующих и управляющих моделей на основе искусственных нейронных сетей, когнитивной парадигмы и МАС. Ядром онтологического синтеза сложной системы знаний является МПК, обеспечивающий построение алгоритмов и программного обеспечения прикладных задач обработки знаний в различных областях практических приложений.

Список источников

- [1] *Нечаев, Ю.И.* Современные проблемы информатики и вычислительной техники / Ю.И. Нечаев. Санкт-Петербург: Арт-Экспресс. 2018. 315 с.
- [2] *Нечаев, Ю.И.* Теория катастроф: современный подход при принятии решений / Ю.И. Нечаев. Санкт-Петербург: Арт-Экспресс, 2011. 392 с.
- [3] Новиков, Д.А. Курс теории активных систем / Д.А. Новиков, С.Н. Петраков М.: СИНЕГ, 1999. 104 с.
- [4] *Касти, Дж.* Большие системы: связность, сложность и катастрофы / Дж. Касти // Пер. с англ. под ред. д-ра физ.-мат. наук Ю. П. Гупало и канд. физ.-мат. наук А. А. Пионтковского М.: Мир, 1982. 216 с.
- [5] *Колмогоров, А.Н.* Избранные труды / А.Н. Колмогоров. М.: Наука, 2005. 304 с.
- [6] *Солодовников*, *В.В.* Теория сложности и проектирование систем управления / В.В. Солодовников, В.И. Тумаркин. М.: Наука, 1990. 341 с.
- [7] *Моисеев, Н.Н.* Избранные труды / Н.Н. Моисеев. М.: Тайрекс Ко. 2003. т.1 376 с., т.2 264 с.
- [8] *Тихонов, А.Н.* Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. М.: Наука, 1986. 285 с.
- [9] Нейрокомпьютеры в интеллектуальных технологиях XXI века. М.: Радиотехника, 2011. 352 с.
- [10] *Нечаев, Ю.И.* Проблемы мультиагентного моделирования на основе нейродинамических систем и современной теории катастроф / Ю.И. Нечаев // XX Международная научно-техническая конференция «Нейро-информатика-2018». М.: НИЯУ МИФИ. 2018, с.157–199.
- [11] *Siew Hoon Leong, Dieter Kranzlmüller*. Towards a General Definition of Urgent Computing. Proc. Computer Science. Vol.51, 2015, P.2337-2346. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.402.

Сведения об авторах



Бухановский Александр Валерьевич, доктор технических наук, профессор, директор Национального центра когнитивных разработок Санкт-Петербургского национального исследова-

тельского университета информационных технологий, механики и оптики (НЦКР Университета ИТМО). AuthorID (РИНЦ): 9142. Author ID (Scopus): 6603474810; Researcher ID (WoS): B-4793-2014. avb mail@mail.ru.

Иванов Сергей Владимирович, к.т.н., с.н.с. НЦКР Университета ИТМО. AuthorID (РИНЦ): 154943. Author ID (Scopus): 57197019872; Researcher ID (WoS): U-2001-2017. svivanov@mail.ifmo.ru.



Ковальчук Сергей Владимирович, д.т.н., с.н.с. НЦКР Университета ИТМО. AuthorID (РИНЦ): 503924. Author ID (Scopus): 55382199400; Researcher ID (WoS): A-3025-2010. kovalchuk@mail.ifmo.ru.

Нечаев Юрий Иванович, заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник НЦКР Университета ИТ-МО, Международный эксперт в области высокопроизводительных вычислений и интеллектуальных систем. AuthorID (РИНЦ): 2770. Author ID (Scopus): 55669900400. nechaev@mail.ifmo.ru.





Поступила в редакцию 30.10.2019, после рецензирования 11.03.2020. Принята к публикации 25.03.2020.

Ontological system of knowledge and computing resources of modern intellectual technologies

A.V. Boukhanovsky, S.V. Ivanov, S.V. Kovalchuk, Yu.I. Nechaev

St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,

St. Petersburg, Russia

Abstract

The conceptual solutions of building an ontological knowledge system in the functional spaces of the modern theory of disasters are discussed. The theoretical basis for the implementation of an ontological knowledge system based on a multifunctional software complex determines the principle of generating control actions in conditions of uncertainty based on a hierarchical structure. The analysis of alternatives and the choice of a solution in the multifunctional software complex environment is based on the ensemble forecast. The interpretation of the behavior of complex systems in the multifunctional software complex of predictive models using an ontological knowledge system is carried out as part of a strategy for processing large volumes of Big Data, Work Flow events and hybrid technology, as well as a topological structure for identifying critical situations using cognitive and fractal structures, neurodynamic and multi-agent systems, synergetic control theory. Particular attention is paid to the justification and choice of the interpretive model, taking into account physical effects and patterns from the condition of adequacy.

Key words: ontological system, modern catastrophe theory, complex knowledge system, computing resources, urgent computing.

Citation: Bukhanovsky AV, Ivanov SV, Kovalchuk SV, Nechaev YuI. Ontological system of knowledge and computing resources of modern intellectual technologies [In Russian]. Ontology of designing. 2020; 10(1): 22-33. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-22-33.

List of figures

- Figure 1 Ontological system of integrated decision interpretation environment
- Figure 2 Functional space of the ontological knowledge system
- Figure 3 Hierarchical environment of a complex knowledge system: M1, ..., MN knowledge models
- Figure 4 Paradigm and ontological principles of interpretation of knowledge in UC mode
- Figure 5 Ontology of the space of a complex knowledge system
- Figure 6 Functional blocks of forecasting and management in a complex knowledge system
- Figure 7 Neural networks in problems of identification (a), approximation (b) and forecast (c)
- Figure 8 Universal cognitive map: A E stages of system evolution; X, D, E phases of movement to the target attractor; X, Y, Z phases characterizing the loss of stability
- Figure 9 MMS environment with traffic flow visualization
- Figure 10 Geometrical model of a vessel (one deck) and a fragment of the graph of passenger movements (including ladders) constructed by rasterization along quad trees: 1 cabins; 2 corridors; 3 ladders; 4 elevators

References

- [1] *Nechaev Yu.I.* Modern problems of computer science and computer technology [In Russian]. St. Petersburg: Art Express. 2018. 315 p.
- [2] *Nechaev Yu.I.* Disaster Theory: A Modern Approach to Decision Making [In Russian]. St. Petersburg: Art Express, 2011. 392 p.
- [3] Novikov DA, Petrakov SN. The course of the theory of active systems [In Russian]. Moscow: SINEG, 1999. 104p.
- [4] *John Casti.* Connectivity, Complexity, and Catastrophe in Large-Scale Systems. New York University. A Wiley-Interscience Publication International Institute for Applied Systems Analysis. JOHN WILEY & SONS Chichester New York Brisbane Toronto. 1979.
- [5] Kolmogorov AN. Selected works in 6 volumes [In Russian]. Moscow: Science, 2005. 304 p.
- [6] *Solodovnikov VV, Tumarkin VI.* Complexity theory and design of control systems [In Russian]. Moscow: Science, 1990. 341 p.

- [7] Moiseev NN. Selected Works [In Russian]. Moscow: Tireks Co. 2003. V.1. 376 p., V.2. 264 p.
- [8] Tikhonov AN, Arsenin VYa. Methods for solving incorrect tasks [In Russian]. Moscow: Science, 1986. 285 p.
- [9] Neurocomputers in the intelligent technologies of the 21st century [In Russian]. Moscow: Radio engineering, 2011. 352 p.
- [10] *Nechaev Yu.I.* Problems of multi-agent modeling based on neurodynamic systems and the modern theory of disasters [In Russian]. XX International Scientific and Technical Conference "Neuroinformatics-2018". Lectures on neuroinformatics. Moscow: NRNU MEPhI. 2018. P.157-199.
- [11] *Siew Hoon Leong, Dieter Kranzlmüller*. Towards a General Definition of Urgent Computing. Proc. Computer Science. Vol.51, 2015, P.2337-2346. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.402.

About the authors

Alexandr Valerievich Boukhanovsky, D.Sc., professor, director of National Centre of cognitive science of the St.-Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics. AuthorID (RCI): 9142. Author ID (Scopus): 6603474810; Researcher ID (WoS): B-4793-2014. ORCID 0000-0003-1588-8164. avb mail@mail.ru.

Sergei Vladimirovich Ivanov, PhD, main scientific employee of National center of cognitive science of the St. Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics. AuthorID (RCI): 154943. Author ID (Scopus): 57197019872; Researcher ID (WoS): U-2001-2017. ORCID 0000-0002-4051-8803. svivanov@mail.ifmo.ru.

Sergei Vladimirovich Kovalchuk, D.Sc., main scientific employee of National centre of cognitive science of the St.-Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics. AuthorID (RCI): 503924. Author ID (Scopus): 55382199400; Researcher ID (WoS): A-3025-2010. ORCID 0000-0001-8828-4615. kovalchuk@mail.ifmo.ru.

Yury Ivanovich Nechaev, Academician of RANS, Russian Federation Science Honoured Figure, the main scientific employee of National centre of cognitive science of the St.-Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics. International expert in the field of high-performance computing and intelligence systems. AuthorID (RCI): 2770. Author ID (Scopus): 55669900400. *nechaev@mail.ifmo.ru*.

Received October 30, 2019. Revised March 11, 2020. Accepted March 25, 2020.