

УДК 519.711.3

КОМПЛЕКСНАЯ ОНТОЛОГИЯ НЕЙРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ: СТРУКТУРНАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ

Ю.И. Нечаев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия
nechaev@mail.ifmo.ru

Аннотация

Рассматривается комплексная онтология нейродинамической системы в современной теории катастроф. Сформулирована онтологическая система знаний, определяющих функционирование нейродинамической системы в мультипроцессорной вычислительной среде в условиях неопределенности и неполноты исходной информации. Структурный синтез нейродинамической системы осуществлен на основе метаонтологии. Анализ и прогноз чрезвычайных ситуаций реализован в рамках принципа конкуренции. В рамках онтологической системы сформулирован подход к интерпретации динамики взаимодействия с использованием фрактальной геометрии и теории устойчивости динамических систем. В качестве меры неопределенности используется энтропия процесса. Практическое приложение разработанной модели онтологии обсуждается применительно к задачам интерпретации взаимодействия нестационарного динамического объекта с внешней средой в процессе эволюции системы на заданном временном интервале. Динамическая модель катастроф определяет движение системы к целевому аттрактору и при потере устойчивости. Приведены примеры реализации нейродинамических систем в задачах анализа и прогноза поведения морского динамического объекта в условиях непрерывного изменения динамики объекта и внешней среды.

Ключевые слова: комплексная онтология, нейродинамическая система, теория катастроф, модель взаимодействия, нестационарный объект, целевой аттрактор.

Введение

Развитие теоретических принципов построения нейродинамических систем (*ND*-систем) в рамках комплексной онтологии осуществляется на основе интеллектуальных технологий XXI века [1-5]. Особенностью онтологии *ND*-системы является интеграция вычислительных технологий, организованных на основе нейронечёткого и нейроэволюционного моделирования. Существенная роль в реализации онтологических принципов структурной и функциональной конфигурации *ND*-системы на основе методов современной теории катастроф принадлежит фрактальной геометрии и формальному концептуальному анализу. Онтология, отображающая графическую интерпретацию физических закономерностей при исследовании динамики взаимодействия сложного динамического объекта (ДО) с внешней средой формализуется на базе фрактальных структур *ND*-системы [3]. Рассматриваемая онтология *ND*-системы представляет собой структуру $S(G)$, моделирующую процессы развития угрожающих ситуаций в рамках парадигмы обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде [3]. Возникновение предаварийных и аварийных ситуаций и механизмов управления изменениями в структуре программных модулей бортовой интеллектуальной системы (ИС) обеспечения безопасности мореплавания описывается с помощью онтологии потоков событий в рамках концепции Workflow [1, 2].

Концептуальная модель преобразования информации в ND -системе, обеспечивающей функционирование ИС в сложной динамической среде, имеет вид:

$$(1) \quad S(U) = \langle F(Com): \{T(t, \tau) \times X(KB) \times Q(V, W)\} \rightarrow Y(R) \rangle$$

где $S(U)$ — множество стратегий управления; $X(KB)$ — множество элементов оперативной базы данных (БД); $T(t, \tau)$ — множество моментов времени, определяющих модель развития угрожающих ситуаций; $Q(V, W)$ — множество значений вектора входных воздействий (состояние внешней среды – ветроволновые возмущения); $\{T(t, \tau) \times X(KB) \times Q(V, W)\}$ — множество закономерностей в данных; $Y(R)$ — множество правил обобщения информации; $F(Com)$ — множество элементов, реализующих принцип конкуренции; τ – интервал квазистационарности.

Обратная алгоритмическая связь в концептуальной модели (1) используется для моделирования управляющей деятельности оператора по способам формирования управленческих воздействий в зависимости от критичности возникающих ситуаций. Обеспечение взаимодействия оператора с ИС при поддержке принятия решений реализуется на основе критериев эффективности. Принципом обратной алгоритмической связи в ИС является разность энтропий системы до и после получения информации, что уменьшает неопределенность в оценке и анализе текущего состояния ДО и неоднозначность в выборе способов формирования управляющих воздействий в зависимости от критичности возникающих ситуаций.

Организация ND -системы осуществляется в рамках концепции современной теории катастроф [3]. Конфигурации системы представляется фрактальным графом

$$(2) \quad G(F_R) = (V(E, U), A(E, C)),$$

формализующим события ($V(E, U)$), описывающие действия в системе, и условия $A(E, C)$ в виде логического описания ее состояния. Как следует из этого представления, ND -система обеспечивает обработку потока информации, связанного с состояниями ДО и условиями их описания в процессе эволюции в нестационарной динамической среде.

На рисунке 1 приведена формальная модель функционирования ND -системы, осуществляемого управляющим модулем, взаимосвязанным с программной средой бортовой ИС контроля чрезвычайных ситуаций (показаны только база знаний и база данных этой системы).



Рисунок 1 - Концептуальная модель онтологии нейродинамической системы в рамках интегрированного вычислительного комплекса контроля поведения сложных динамических объектов

Функциональный блок ND -системы содержит интерпретирующий и вычислительный модули, обеспечивающие нейронечёткое и нейроэволюционное моделирование с использованием фрактальной геометрии и энтропийного анализа. Интеграция указанных компонент реализована в рамках динамической модели катастроф, позволяющей формализовать процессы обработки информации на основе достижений интеллектуальных технологий и высокопроизводительных средств [3].

В рамках представленной концептуальной модели формализуются процессы структурной и функциональной конфигурации ND -системы на основе аппарата знаний логической системы, организованной на базе синергетической теории управления [5] и когнитивной парадигмы [3]. Методы и модели динамической базы знаний (БЗ) построены с использованием принципа сложности и концепции минимальной длины описания [3].

1 Комплексная онтология, определяющая формальный аппарат структурного и параметрического синтеза ND -системы

Формальную модель комплексной онтологии информационной среды $M(S)$ ND -системы, обеспечивающей анализ и прогноз чрезвычайных ситуаций при функционировании бортовой ИС контроля поведения морского ДО, можно представить в виде обобщенной структуры [3]:

$$(3) \quad M(S) = \langle F(S), S(t), B(AR), D(Q, W, V), U(PC) \rangle,$$

где $F(S)$ – функциональные компоненты ND -системы; $S(t)$ – исследуемые ситуации; $B(AR)$ – динамическая база знаний; $D(Q, W, V)$ – обобщенная база данных; $U(PC)$ – управляющий программный комплекс.

Функциональными компонентами $F(S)$ являются исполнительные модули прикладных систем и служебные модули, обеспечивающие совместную работу объединяемых систем. Эти модули взаимодействуют с динамической БЗ $B(AR)$ и обобщенной БД $D(Q, W, V)$. Управляющий программный комплекс $U(PC)$ обеспечивает функционирование системы $M(S)$ в сложной динамической среде. Обобщенная БД $D(Q, W, V)$ формируется в соответствии с общими принципами построения БД бортовых ИС и содержит данные Q о характеристиках ДО, волнения W и ветра V . Структура управления программными системами представлена на основе сетевых моделей упорядочения событий в рамках фрактальной геометрии в соответствии с логикой системы и потоком информации в текущей ситуации.

Рисунок 2 показывает основные операции, выполняемые в процессе функционирования бортовой ИС в рамках парадигмы обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде. Реализация этих операций осуществляется на основе комплексной онтологии, позволяющей формализовать описание компонент системы на уровне структурной и функциональной конфигурации. Принципиальным достоинством такой технологии является представление эволюции ДО на интервале реализации $[t_0, t_k]$ в виде фрактальных структур, а интерпретации динамики взаимодействия – с помощью энтропийного анализа. В результате достигается простота и наглядность отображения процесса развития чрезвычайной ситуации в сложной динамической среде [3].

Рассматриваемые в ИС контроля чрезвычайных ситуаций текущие фракталы отображают эволюцию ДО в виде эллипсоидальных структур

$$(4) \quad g(v(E), a(E)) \in G(V(E), A(E)),$$

в виде последовательности конфигураций $g_1(F_R), \dots, g_N(F_R)$ на стадии эволюции динамической системы, определяющей движение фрактала, представленного сечениями эллипсоида в плоскостях XU и YZ при стабилизации системы (движение к целевому аттрактору) и при потере устойчивости (возникновение катастрофы).



Рисунок 2 - Комплексная онтология, определяющая формальный аппарат преобразования информации в рамках парадигмы [3]

На основе текущей конфигурации семейства фракталов фиксируются начальное $g_0(F_R)$ и конечное $g_N(F_R)$ состояния системы «ДО – внешняя среда» в зависимости от интерпретации в плоскостях XY и YZ сечения эллипсоида. Система развивается на временном интервале $[t_0, t_k]$, которому сопоставляется последовательность дискретных состояний

$$(5) \quad S(t) \in S[t_0, t_k]$$

формализуемых в рамках гипотезы квазистационарности [3] теории нелинейных динамических систем.

2 Онтологические принципы интерпретация динамических ситуаций при функционировании ND -системы

Онтологические принципы организации процессов обработки информации в ND -системе $S(G)$ контроля поведения ДО реализуются на основе сервисно-ориентированной архитектуры SOA, а конфигурация программного обеспечения и вычислительных средств – в рамках «облачных» CLOUD-вычислений [1, 2]. Методы управления в системе «ДО – внешняя среда» ориентированы на обеспечение функционирования в условиях непрерывного изменения динамики объекта и внешней среды. Адаптация системы обеспечивается с помощью механизмов нечёткого управления, определяющих конфигурацию «вход–выход», при этом обратная связь может быть отрицательной при стабилизации системы в бассейне аттрактора, или положительной, ведущей к бифуркации, нестабильности и хаосу [3].

На рисунке 3 даётся содержательная интерпретации аттракторных множеств, формируемых в процессе движения системы к целевому аттрактору. Здесь выделены характерные ситуации возникновения аттракторных множеств при устойчивом и неустойчивом состоянии системы в виде предельных циклов и фокусов.

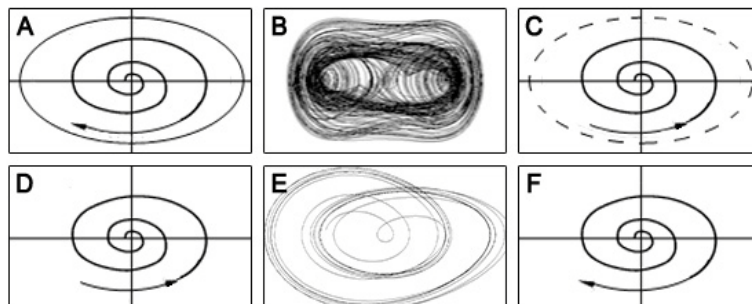


Рисунок 3 - Структуры аттракторных множеств, характеризующие эволюцию системы:
 А, С – устойчивый и неустойчивый предельные циклы; D, F – устойчивый и неустойчивый фокусы;
 В – сложный стохастический аттрактор; Е – простой стохастический аттрактор

Реализация событий на интервале времени $[t_0, t_k]$ осуществляется с помощью логических операций нечёткой системы знаний. Последовательность событий в процессе эволюции ДО реализуется с помощью правил P_1, \dots, P_N , которым соответствуют алгоритмы A_1, \dots, A_N системы $S(G)$, так что фрактал $G_1(F_R)$ преобразуется в $G_2(F_R)$ и т.д. Эта последовательность определяется фиксированными положениями ДО G_1, \dots, G_N в процессе развития текущей ситуации:

$$(6) \quad S(t) = (P_1, \dots, P_N, A_1, \dots, A_N).$$

Таким образом, множество фракталов характеризуется множеством упорядоченных правил P_1, \dots, P_N и алгоритмов обработки информации A_1, \dots, A_N , с помощью которых обеспечивается оперативный контроль взаимодействия ДО с внешней средой.

В основу формального аппарата динамики взаимодействия положен теоретический принцип динамической модели катастроф, формализующий движение системы в процессе эволюции. Как следует из этого принципа, эволюция системы «ДО–внешняя среда» интерпретируется в виде двух предельных случаев взаимодействия:

$$(7) \quad \Phi(Int): \Omega(W) \xrightarrow{U_1(t)} \dots \xrightarrow{U_m(t)} \Omega(Stab);$$

$$(8) \quad \Omega(W) \xrightarrow{U_1(t)} \dots \xrightarrow{U_n(t)} \Omega(Cat)$$

где $\Omega(W)$ – области, характеризующие состояния системы «ДО–внешняя среда» и заданные на основе фрактальной геометрии; $\Omega(Stab)$ – область притяжения, определяющая движение ДО к целевому аттрактору; $\Omega(Cat)$ – область потери устойчивости (возникновение катастрофы), $[U_1(t), \dots, U_m(t)]$ и $[U_1(t), \dots, U_n(t)]$ – управляющие воздействия для рассматриваемых случаев эволюции при эффективной и недостаточно эффективной интеллектуальной поддержке, когда не удастся реализовать мероприятия по обеспечению безопасности, вырабатываемые ИС.

На рисунке 4 даётся содержательная интерпретация эволюции ДО, представленной на основе фрактальной геометрии в виде эллипса на интервале времени $[t_0, t_n]$.

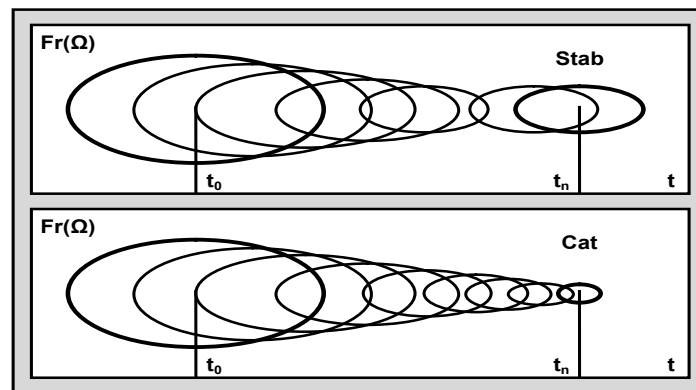


Рисунок 4 - Фрактальная интерпретация эволюции динамического объекта на интервале реализации

Стадия *стабильного Stab* развития ND -системы $S(G)$ определяет движение системы «ДО–внешняя среда» к целевому аттрактору. В этой ситуации система остается в состоянии, близком к равновесному, а ее организация не претерпевает значительных изменений. При стабильном состоянии воздействия внешних возмущений (V, W) на систему описываются потоковой нагрузкой, изменяющей фрактальную структуру $F_R(\Omega)$ графа в зависимости от внешних факторов. Движение к целевому аттрактору при таком состоянии ND -системы определяется конфигурацией [3]:

$$(9) \quad S(G, Attr) \rightarrow Stab(F_R).$$

Стадия *критического* состояния (возникновение катастрофы) характеризуется выходом исследуемых параметров ND -системы из заданного диапазона и возникновению бифуркаций – потери устойчивости ДО в условиях перехода от угрожающей ситуации к предаварийной и аварийной ситуациям, что связано с формированием альтернативных вариантов ее организации. Такты системы в этом случае определяют процесс самоорганизации (SO) фрактальной структуры в условиях непрерывного изменения динамики объекта и внешней среды. Структура ND -системы при формировании катастрофы характеризуется условием:

$$(10) \quad S(G, SO) \rightarrow Cap(F_R).$$

Формирование сложных конфигураций фрактального представления $G(V(E), A(E))$ осуществляется путем построения отображений с различной интерпретацией потока информации. Фрактальная геометрия – эффективный класс алгебраических преобразований, используемых при функционировании ИС [4]. Модели современной теории катастроф позволяют сформировать простой и легко интерпретируемый геометрический образ, представляющий эволюцию текущей ситуации в сложной динамической среде [3].

Реализация ND -системы на основе принципа конкуренции осуществляется в соответствии со следующей цепочкой преобразований:

$$(11) \quad CP(Cat) \rightarrow \{G(F_R), S(C_M)\} \rightarrow (AA) \rightarrow R(CT),$$

где $G(F_R)$ – модель ND -системы, интегрирующая нейронечёткую и нейроэволюционную структуры; $S(C_M)$ – стандартная модель, построенная на основе модифицированного уравнения Матье и метода функционала действия [3]; (AA) – операция анализа альтернатив (функция интерпретации); $R(CT)$ – результат выбора вычислительной технологии.

Используя структуру (11) в зависимости от особенностей взаимодействия ДО с внешней средой, можно выбирать эффективные методы оценки и прогноза чрезвычайных ситуаций и выработать практические рекомендации по обеспечению безопасности исследуемого ДО. Моделирование процессов самоорганизации осуществляется на основе синергетической па-

радиомы [5], позволяющей формализовать динамику *фрактального ядра* системы $F_R(G)$ в соответствии с принципами «расширения–сжатия». Интерпретация этого принципа сводится к оценке отношения

$$(12) \quad R_{E1} = \text{dist}(n)/d(X_C, Y_C),$$

где $\text{dist}(n)$ – расстояние между ближайшими кластерами, объединяемыми на n -ом шаге, а X_C и Y_C – центры кластеров. Соотношение (12) позволяет выделить следующие представления:

$$(13) \quad \text{dist}(n)/d(X_C, Y_C) \geq 1; \text{ (растяжение);}$$

$$(14) \quad d_n/d(X_C, Y_C) < 1. \text{ (сжатие).}$$

Таким образом, для моделирования стадии перехода в новое состояние необходимо реализовать перестройку *ND*-системы в условиях бифуркации. Наиболее перспективным подходом при исследовании процессов самоорганизации в условиях неопределенности и многообразия альтернатив является использование деревьев решений [3].

3 Онтологические принципы интерпретации аксиоматики динамической структуры ситуаций *ND*-системы

Общие понятия аксиоматики исследуемой предметной области специфичны в каждой прикладной онтологии. Применительно к рассматриваемой проблеме аксиоматическое представление знаний при формализации информации на основе комплексной онтологии предусматривает использование следующих аксиом (рисунок 5).

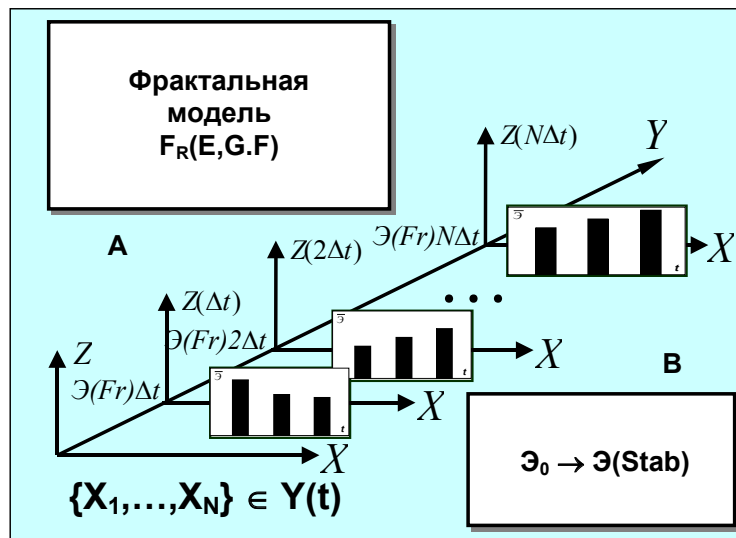


Рисунок 5 - Диаграмма, отображающая моделирование динамики *ND*-системы:

- А – модель фрактальной структуры $F_R(E, G, F)$: эллиптическая, графовая, кластер Фибоначчи;
- В – энтропия процесса стабилизации ситуации; $\Theta_0 \rightarrow \Theta(\text{Stab})$; $\Theta(Fr)\Delta t, \Theta(Fr)2\Delta t, \dots, \Theta(Fr)N\Delta t$ – временная последовательность, отображающая потерю устойчивости движения;
- символы 1, 2, ..., N фиксируют текущее время развития ситуации на интервале прогнозирования

Аксиомы идентификации. Назначением аксиом идентификации является описание всех типов переменных и отношений, определяющих область топологической структуры $\Omega(\text{Str})$:

$$(15) \quad \text{Axiom}(\text{Ident}) = \langle \text{Var}, \text{Rel} \rangle \in \Omega(\text{Str}),$$

где Var, Rel – переменные задачи и отношения между ними.

Если объект управления описывается множеством параметров $X = \{X_1, \dots, X_N\}$, то требуется находить или уточнять значения части параметров. При этом каждый из параметров характеризуется определенным интервалом значений, с помощью которого задаются известные параметры и ограничения в задачах оптимизации.

Аксиомы планирования. В основе вычислений топологических объектов в области эволюции фазового пространства лежит свойство интервальной арифметики, позволяющее осуществить сходимость итеративной процедуры вычислений интервальных значений параметров к некоторым локализирующим интервалам, содержащим требуемые решения.

$$(16) \quad \text{Axiom(Plan)} = \langle \text{Evol(Ph)}, \text{Int(Cal)} \rangle,$$

где Evol(Ph) – область эволюции фазового пространства, Int(Cal) – процедуры интервальной арифметики.

Для осуществления итеративной процедуры вводятся аксиомы планирования, задающие правила (порядок и условия корректности) вычислений.

Аксиомы вычислений. С помощью аксиом вычислений задаются правила вычисления отношений в области эволюции фазового пространства. Каждое отношение $r_i = r_i(Y_i)$ связывает некоторое множество параметров Y_i и используется для вычисления неизвестных значений параметров $Y_i^{\text{вх}} \subseteq Y_i$, связанных отношением по известным значениям параметров $Y_i^{\text{вх}} \subseteq Y_i$. Аксиомы вычислений преобразования фазового пространства включают также *аксиомы оптимизации*.

$$(17) \quad \text{Axiom(Calcul)} = \langle \text{Rule(Cal)}, \text{Axiom(Opt)} \rangle,$$

где Rule(Cal) – правила вычислений; Axiom(Opt) – аксиомы оптимизации.

В отличие от аксиом идентификации, вычисления и планирования, эти аксиомы позволяют давать ответы на поставленные прямые и обратные вопросы при решении задач поиска оптимальных решений. Аксиомы оптимизации содержатся в каждом дереве классификации концептов формальной системы и представляются в виде таблиц логических аксиом (*Logical Axioms Table*). Структура таблиц включает имя аксиомы, описание, концепт, ссылочные атрибуты, переменные и определения.

Аксиоматическое представление знаний в *ND*-системе позволяет осуществлять поддержку процедур нейронечёткого и нейроэволюционного моделирования при интерпретации поведения ДО в процессе эволюции в сложной динамической среде. На рисунке 5 представлена фрактальная модель динамики *ND*-системы на основе энтропийного подхода.

Таким образом, сформулированные условия и их реализация в рамках динамической модели катастроф позволяют представить онтологию компонент интеллектуальной поддержки оператора бортовой ИС при интерпретации текущих ситуаций. Разработанные на основе такой формализации модели онтологии аналитической и геометрической компонент рассматриваются как составляющие общей проблемы онтологии исследуемой предметной области и определяются критерием истинности $C_R(\text{True})$ с учетом требований полноты $\text{Dem}(\text{Full})$ и непротиворечивости $\text{Dem}(\text{Non-Contr})$ сформулированных аксиом и правил вывода:

$$(18) \quad \text{Ont(SAU)} = \langle C_R(\text{True}) [\text{Dem}(\text{Full}), \text{Dem}(\text{Non-Contr})] \rangle.$$

В результате проведенного исследования определена онтология предметной области с обоснованной структурой и содержанием. Формальное описание интегрированной системы знаний $S = \{S_i \mid i = 1, \dots, N\}$ в *ND*-системе можно представить на основе следующих онтологий:

$$(19) \quad \text{Ont(NET)} \rightarrow \langle \text{Ont(CONSEPT)}, \text{Ont(CONNECT)} \rangle,$$

где Ont(CONSEPT) – множество понятий, обозначающих исследуемые процессы в динамических сценах (задачи интерпретации); Ont(CONNECT) – множество связей между понятиями.

На основе представления (19) сформулирована концептуальная модель комплексной онтологии компонент модели катастроф при интерпретации текущих ситуаций:

$$(20) \quad \text{Ont}(Com) = \langle \text{Ont}(A), \text{Ont}(G) \rangle;$$

$$(21) \quad \text{Ont}(A) = \langle \text{Ont}(S), \text{Ont}(H), \text{Ont}(Syn), \text{Ont}(NF), \text{Ont}(GA) \rangle,$$

$$(22) \quad \text{Ont}(G) = \langle \text{Ont}(Im), \text{Ont}(Cog), \text{Ont}(Vis) \rangle,$$

где аналитическая компонента $\text{Ont}(A)$ включает онтологии, формализующие стохастические $\text{Ont}(S)$ и хаотические $\text{Ont}(H)$ системы, синергетическую парадигму $\text{Ont}(Syn)$, нейронечёткие системы $\text{Ont}(NF)$ и эволюционное моделирование $\text{Ont}(GA)$, а геометрическая интерпретация $\text{Ont}(G)$ - имитационное $\text{Ont}(Im)$, когнитивное моделирование $\text{Ont}(Cog)$ и визуализацию $\text{Ont}(Vis)$ динамических сцен.

Проверка адекватности модели онтологии на основе приведённых выше утверждений сводится к оценке корректности процедур формализации знаний динамической среды методами современной теории катастроф, определяющей объекты и отношения предметной области.

Заключение

Модель онтологической системы ND -моделирования, определяющей функционирование динамической базы знаний ИС, позволяет описывать онтологии на разных уровнях абстракции. На основе заданной предметной области реализуется интеллектуальная технология, позволяющая сформулировать общий подход к формализации знаний ИС управления и принятия решений с использованием онтологической системы. Формализация комплексной онтологии компонент системы интеллектуальной поддержки оператора ИС состоит в формальном описании интегрированной ND -системы на основе методов концептуализации знания. В результате такой интеграции реализуется структура множеств объектов и понятий, знаний и связей между ними в рамках современной теории катастроф [3].

Критерий функциональной полноты нейронечёткой и нейроэволюционной компонент нейродинамической системы зависит от класса решаемых задач и требует определения глубины их детализации. Формальная постановка задач, решаемых с помощью указанных компонент в заданной предметной области, позволяет выделить особенности текущей ситуации, моделирование которых является необходимым и достаточным для интерпретации текущих ситуаций на основе аналитической и геометрической компонент.

Список источников

- [1] **Бухановский, А.В.** Комплексная онтология исследовательского проектирования морских динамических объектов / А.В. Бухановский // Онтология проектирования. 2011. №1(2). - С. 32-43.
- [2] **Бухановский, А.В.** Онтология центров компетентности на основе современной теории катастроф в интеллектуальной среде «облачной» модели / А.В. Бухановский, В.Н. Васильев, Ю.И. Нечаев // Онтология проектирования. 2013. №1(7). С. 26–34.
- [3] **Нечаев, Ю.И.** Теория катастроф: современный подход при принятии решений / Ю.И. Нечаев. – СПб.: Арт-Экспресс, 2011.
- [4] **Пайтген, Х.-О.** Красота фракталов / Х.-О. Пайтген, П.Х. Рихтер. – М.: Мир, 1993. - 176 с.
- [5] Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов / Отв. ред.: В.И. Аршинов, В.Г. Буданов, В.Э. Войцехович. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 536 с.

COMPLEX ONTOLOGY FOR A NEURODYNAMIC SYSTEM IN THE MODERN CATASTROPHE THEORY: STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CONFIGURATION

Yu.I.Nechaev

*St.-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics, St.-Petersburg, Russia
nechaev@mail.ifmo.ru*

Abstract

The paper describes a complex ontology for a neurodynamic system in the modern catastrophe theory domain. The study formulates a system of ontological knowledge, that defines functioning of a neurodynamic system in a multiprocessor computer environment under conditions of uncertainty and incompleteness of initial information. A structural analysis of neurodynamic system is based on the metaontology. Analysis and prognosis of emergency situations is implemented under the principle of competition. An approach to the interaction dynamics interpretation was formulated within the ontological system. The process entropy is used as a measure of uncertainty. Practical use of the developed ontology model is discussed in application to the problems of interpretation of unsteady dynamic object interaction with the environment in the process of evolution of the system during a given period. Dynamic model of disaster determines the motion of the system to the target attractor in case of stability loss. Examples of realization of neural systems for the analysis and prediction of the dynamic marine object behavior under conditions of continuous changes in the dynamics of the object and the environment.

Key words: *complex ontology, neurodynamic system, catastrophe theory, interaction model, nonstationary object, target attractor.*

References

- [1] *Buhanovsky A.V., Nechaev Y.I.* Kompleksnaya ontologiya issledovatel'skogo proektirovaniya morskikh dinamicheskikh ob'ektov [Complex ontology of research designing of marine dynamic objects]. *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of designing], 2011, no. 1(2), pp. 32-43. (In Russian)
- [2] *Buhanovsky A.V., Vasilev V.N., Nechaev Y.I.* Ontologiya tsentrov kompetentnosti na osnove sovremennoj teorii katastrof v intellektual'noj srede «oblačnoj» modeli [Ontology of competence centers on the basis of modern catastrophe theory in intelligent environment of the cloud model]. *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of designing], 2013, no. 1(7), pp. 26-34. (In Russian)
- [3] *Nechaev Y.I.* Teoriya katastrof: sovremennij podkhod pri prinyatii reshenij [Catastrophe theory: a modern approach to decision-making]. St. Petersburg: Art-express publ., 2011. (In Russian)
- [4] *Peitgen, H.-O., Richter P.* Krasota fraktalov [The beauty of fractals]. Moscow: Mir publ., 1993, 176 p. (in Russian)
- [5] *Arshinov V.I., Budanov V.G., Vojtsekhovich V.E.,* eds. Sinergeticheskaya paradigma. Mnogoobrazie poiskov i podkhodov [Synergistic paradigm. Variety of searches and approaches]. Moscow: Progress-Traditsiya publ., 2000, 536 p. (In Russian)

Сведения об авторе



Нечаев Юрий Иванович, заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ наукоемких компьютерных технологий Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, Международный эксперт в области высокопроизводительных вычислений и интеллектуальных систем.

Nechaev Yury Ivanovich, Academician of RANS, Russian Federation Science Honored Figure, the main scientific employee of scientific research Institute of the high technology computer technologies of the St.-Petersburg national research university information technologies, mechanics and optics. International expert in the field of high-performance computing and intelligence systems.