

УДК 65.011.56:519.23:616

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-СОЦИАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАТИВНОЙ ЛОГИКИ И МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Ю.А. Прокопчук

*Украинский государственный химико-технологический университет, ИТМ НАНУ и НКАУ
itk3@ukr.net*

У роботі приводиться метод реконструктивного аналізу процесів моделювання та керування в природних предметних областях. Для практичного застосування методу створюються необхідні методичні і програмні інструменти. Ключовими інструментами методу є інтегративна логіка і модель предметної області.

Ключеві слова: управління, інтегративна логіка, модель предметної області, системи, що розвиваються

In work the method of the analysis of management processes in natural subject domains is considered. Tools of a method are integrative logic and model of a subject domain.

Keywords: control, integrative logic, model of a subject domain, developing system

В работе приводится метод реконструктивного анализа процессов моделирования и управления в естественных предметных областях. Для практического применения метода создаются необходимые методические и программные инструменты. Ключевыми инструментами метода являются интегративная логика и модель предметной области.

Ключевые слова: управление, интегративная логика, модель предметной области, развивающиеся системы

Введение. При компьютерном моделировании и обработке данных требуется, чтобы модели адекватно отображали проблемные ситуации и давали полные количественные ответы на поставленные вопросы. Чтобы создавать адекватные модели, необходимо глубоко знать и понимать закономерности процессов в объектах исследований. Обязательными условиями построения адекватных моделей являются охват изучаемых проблем в их реальных масштабах, видение этих проблем во всех их существенных деталях и взаимосвязях, осознание их единства и целостности [1-6].

В работе приводится метод реконструктивного анализа процессов моделирования и управления в естественных предметных областях. Для практического применения метода создаются необходимые методические и программные инструменты. Ключевыми инструментами метода являются интегративная логика и модель предметной области.

Постановка задач исследования

Задачами настоящего исследования являются: 1) Разработка формализма для описания ситуаций действительности в естественных предметных областях; 2) Разработка аксиоматики интегративной логики (ИнтЛ); 3) Разработка структуры модели предметной области, обеспечивающей реализацию ИнтЛ; 4) Разработка информационной (феноменологической) модели управления, основанной на ИнтЛ; 5) Разработка инструментов реализации информационной модели управления на основе ИнтЛ.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.

Описание действительности. Первоначально зададим способ описания действительности. Пусть $\{\tau\}$ - множество элементарных тестов, с помощью которых описываются все факторы, обстоятельства и явления, имеющие отношение к изучаемой системе (в прошлом, настоящем и будущем). Конкретный результат теста τ будем обозначать через $\underline{\tau}$. Результаты тестов могут выбираться (формироваться) из разных доменов (базовых множеств). Для фиксации того, что в качестве множества результатов теста τ используется домен T , будем использовать нотацию: τ/T . Используя разные домены, можно управлять общностью (масштабом) результата одного и того же теста. Правила пересчета значений теста из одного домена в другой задают *ориентированный граф доменов* [4], который в общем виде можно представить так: $\{T \rightarrow T'\}_\tau$.

Пусть t/A - выделенный тест, означающий время. Примеры доменов A : $A1 = \text{'Дата: время'}$; $A2 = \text{'Дата: \{утро, день, вечер, ночь\}'}$; $A3 = \text{'Дата'}$; $A4 = \text{'Месяц'}$; $A5 = \text{'Год'}$. Возможны и другие домены, например, «пятилетки» и т.д.. Вполне очевиден способ задания пересчета из одного домена в другой (с большим номером), т.е. определена вычислительная цепочка (ориентированный граф доменов): $A1 \rightarrow A2 \rightarrow A3 \rightarrow A4 \rightarrow A5$.

Определим два *элементарных события*: $e_1 = \langle \underline{\tau}/T, t/A \rangle$ и $e_2 = \langle \neg \underline{\tau}/T, t/A \rangle$. Событие e_1 означает, что в момент времени t/A тест τ/T имел значение $\underline{\tau}/T$. Событие e_2 означает, что в момент времени t/A тест τ/T *не* имел значение $\underline{\tau}/T$. Положим: $e_1 = \neg e_2$, $e_2 = \neg e_1$.

На основе элементарных событий можно определить *составные события*, следующим образом: $e = \langle \{\underline{\tau}/T\}, t/A \rangle$ и $e' = \langle \neg \{\underline{\tau}/T\}, t/A \rangle$. *Протяженным событием* назовем событие $e = \langle \{\underline{\tau}/T\}, \delta/A \rangle$, где δ - произвольный временной интервал (возможно не односвязный). Для интервалов определена операция объединения: $e = \&_i \langle \{\underline{\tau}/T\}, \delta_i/A \rangle = \langle \{\underline{\tau}/T\}, \delta/A \rangle$, где $\delta = \&_i \delta_i$.

Если для любого момента времени в рассматриваемом периоде наблюдения значение некоторого теста $\underline{\tau}/T$ не меняется, то такой результат назовем *фактом*. *Жизненным циклом* произвольного теста не являющегося фактом назовем множество $\{\langle \underline{\tau}/T, t/A \rangle \mid \tau/T \text{ фиксировано, } A \text{ фиксировано}\}$.

Пусть J - оператор оценки истинности той или иной информации. Если информация x имеет истинность β , то будем использовать нотацию: $J_\beta x$ или $J_\beta \underline{\tau}/T$. С возрастанием уровня общности результата теста, как правило, меняется и значение истинности результата.

Произвольную ситуацию действительности обозначим через $\alpha = \alpha(\{\langle J_\beta \underline{\tau}/T, J_\gamma t/A \rangle\})$, а множество ситуаций действительности обозначим через $\Omega = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$.

Интегративная логика. Рассмотрим кратко аксиоматику интегративной логики, которая обеспечивает решение задач управления сложными саморазвивающимися процессами характерными для рассматриваемых предметных областей. Основные постулаты интегративной логики следующие:

(1) В системе управления (принятия решений) существует базовый опера-

тор оценки удовлетворительности решения (уд/неуд), который является первичным по отношению к оператору оценки истинности. То или иное решение принимается за основу, как только оператор оценки удовлетворительности выдает значение «удовлетворительно». Удовлетворительными могут быть признаны средние характеристики ансамбля результатов расчетов неустойчивых и/или не сходящихся процессов. Динамика средних характеристик более устойчива. Данный оператор регуляризирует процесс решения, почти всегда формируя результат (так, например, легко решается парадокс лжеца и проблема буриданова осла).

(2) Оператор оценки удовлетворительности решения однозначно определяется целью поиска решения I и текущей ситуацией действительности α (точнее говоря, параметрами порядка текущей ситуации). Текущая ситуация действительности характеризует, в частности, ресурсы и субъективные предпочтения центра принятия решений (ЦПР). Изменение цели и/или ситуации действительности может существенно изменить действие оператора.

(3) Существует множество траекторий решения однотипных задач. Вычислительный интеллект, используемый ЦПР, асимптотически стремится минимизировать энергию решения однотипных задач (на множестве всех траекторий). Данный принцип задает движущую силу самоорганизации вычислительных траекторий. Заметим, что в известных логиках энергетика решения не рассматривается. В конкретных задачах под «энергией» могут пониматься те или иные ресурсы (стоимость, кадры, вычислительные ресурсы), мыслительная энергия и т.д. Энергетика может служить интегральной характеристикой ситуации действительности.

(4) Сбор/обработка более точной информации требует в среднем большей энергии.

(5) Формирование и использование в процессе управления мыслительных и поведенческих автоматизмов существенно уменьшает энергию выработки решения и управления в целом. Примером мыслительных автоматизмов являются вычисления в рамках ориентированных графов доменов $\{T \rightarrow T'\}$, т.е. операции обобщения. Ярким примером врожденных автоматизмов в живой природе является распознавание образов (зрительных, слуховых, тактильных и т.д.) и двигательные акты. Выполнение подчиненными своих функций также может быть доведено до автоматизма, что повышает устойчивость управления и существенно снижает энергию на контроль исполнения решений. Автоматизмы закрепляют энергетически целесообразные вычислительные траектории. Формирование вычислительных автоматизмов может осуществляться, в частности, на основе *метода предельных обобщений* – встроенной функции вычислительной среды [4]. Другими примерами автоматизмов вычислительной среды являются операторы соответствия Галуа из ФАП (формального анализа понятий), а также операторы замыканий на их основе. В целом, актуальна задача нахождения и описания универсальных автоматизмов вычислительной среды.

(6) Формирование альтернатив решения задачи может производиться с помощью логик любого типа: классической, конструктивной, нечеткой, целесообразной, немонотонной, логики умолчания и т.д. Альтернативы могут форми-

ровать разные агенты, и у каждого агента может быть своя логика, в том числе, неизвестная ЦПР (типичный случай). Значимым является сам факт наличия какого либо решения и не всегда важно как оно было получено.

(7) Процесс управления сложной системой и поведение сложной системы (включая процессы самоорганизации внутри системы) концептуально образуют *двойную спираль* наподобие молекулы ДНК. Каждую ветку спирали можно изучать и моделировать отдельно, но максимальный системный эффект достигается при их совместном рассмотрении. Например, можно изучать только решения принятые врачом (руководством компании, региона), можно отдельно моделировать процессы, происходящие внутри организма человека (внутри компании, региона), но целесообразно эти процессы изучать параллельно.

(8) Управление саморазвивающимися сложными системами (живыми, природными, социальными, организационными) осуществляется на основе принципов синергетики и концептуально представляет собой череду сменяющихся этапов «хаоса» (расширения) и «порядка» (сжатия). Этап «хаоса» включает критическую оценку ситуации, пересмотр ранее принятых решений и определение текущих параметров порядка. Этап «порядка» означает реализацию решения или управляемое движение системы в сторону целевого аттрактора (в рамках концепции двойной спирали).

(9) Модель знаний, лежащая в основе интегративной логики, состоит из квантов знаний. Пространственно-временные кванты знаний могут быть фрактальными, следовательно, решение может не быть результатом логического вывода в традиционном понимании. Это скорее самоорганизующийся макropаттерн случайных блужданий, трансформаций, перескоков на микроуровне, формирующийся на базе большого числа взаимодействующих квантов знаний (модели знаний). Благодаря нестабильности удастся в актуальном состоянии поддерживать несколько конкурирующих схем, моделей принятия решений (*метод управляемого хаоса при принятии решений*). Этим во многом объясняется название одного из двух этапов управления - «хаос».

(10) Любое решение или системная реконструкция процесса имеет несколько уровней общности: 1. Осознание или осмысление системной парадигмы исследования (философии исследования). Так для медицинских исследований это могут быть «классическая», «восточная», «синергетическая» и др. парадигмы. Собственно ИнтЛ строится как парадигма управления. 2. Построение системного решения на основе принятой парадигмы. 3. Развертывание системного решения в частные прикладные решения (образы, портреты) такие как: статистический портрет, информационный образ, граф причинно-следственных связей, модели подпроцессов и подсистем и т.д.

(11) Системное решение базируется на Модели предметной области. Модель ПрО содержит, в том числе, конечное множество моделей поведения динамических процессов, каждая из которых включает описание параметров порядка и целевого аттрактора для соответствующего процесса. Множество моделей процессов формирует профессиональная среда на основе анализа прецедентов. Формирование множества моделей процессов является первым этапом синтеза управления. Для реального процесса на этапе «хаоса» осуществляется

диагностика модели и задание значений параметрам порядка (второй этап синтеза управления).

Некоторые следствия из постулатов:

1. Решение в общем случае не устойчиво, так как существенно зависит от порядка предъявления альтернатив для оценки удовлетворительности (порядок может быть случайным).

2. Удовлетворительным может быть признано решение, которое является ложным с точки зрения формальной логики.

3. Если процесс формирования решения не сходится, то его следует остановить на любой итерации и применить оператор оценки удовлетворительности к имеющимся альтернативам.

4. Интегративная логика показывает возможность решения проблемы "безмодельного управления" сложной системой, при котором конкретная математическая модель управляемого объекта не известна ни на стадии разработки (проектирования) контура управления, ни в процессе его функционирования. Другими словами имеется возможность осуществить оптимизацию в "сверх-большом" с преодолением притяжения системы к нежелательным аттракторам и попадания в область притяжения целевого, желаемого аттрактора.

Заметим, что устойчивость процесса логического описания того или иного явления и устойчивость описываемого процесса (экологического, социального, экономического и т.д.) связаны друг с другом. Поэтому устойчивость (или неустойчивость) является важным критерием любой логической задачи [2]. Если процесс неустойчив, то малая "размытость" исходных суждений приводит к большой размытости "сложного" суждения. В результате суждение, "истинное" или "ложное" в рамках классической логики, оказывается ни тем, ни другим, а просто бессодержательным. В реальных условиях это может привести к серьезным последствиям.

Формальная (математическая) логика является достаточно эффективной для оценки состояния и прогнозирования поведения устойчивых динамических систем. Во множестве неустойчивых систем классические логики, как решающие правила, вообще теряют силу [2]. Интегративная логика в этом множестве не только констатирует бессмысленность утверждений формальной логики (что возможно и в рамках некоторых других логик, например, конструктивной логики), но и позволяет перейти к другому решающему правилу, основанному на оценке удовлетворительности решения. Иными словами, меняется физическая аксиоматика и постановка задачи.

Необходимо подчеркнуть, что во многих задачах более важным, чем устойчивость является возможность получения какого-нибудь удовлетворительного решения (пример – проблема буриданова осла). Более того, подавляющая часть решений человека является существенно неустойчивой (хотя от решений специалиста, например, экономиста или врача, хотелось бы ожидать максимальной устойчивости решений).

Цель введения интегративной логики состоит в том, чтобы покрыть области применимости известных вариантов логики в естественных предметных областях, охватив в единой логической схеме весь круг

прикладных задач.

Проблема Бурданаова осла в рамках интегративной логики решается просто. Ясно, что положение осла не устойчиво. Возможны две равноправные альтернативы: 1) пойти налево; 2) пойти направо. В каком либо порядке альтернативы предлагаются оператору оценки удовлетворительности решения. Первая предложенная альтернатива, очевидно, получит оценку «удовлетворительно» и будет принята к исполнению. Такое поведение осла целесообразно, если его цель - не умереть с голоду. Напомним, в рамках классической математики при точно заданных начальных условиях, осел останется стоять на месте и умрет.

Таким образом, сфера применения интегративной логики – это оценка состояния (системная реконструкция) и управление сложными саморазвивающимися системами и процессами в естественных предметных областях. Перечисленные положения характеризуют алгоритм анализа процессов, как устойчивых, так и неустойчивых. В рамках этого алгоритма отсутствуют противоречия и неоднозначности характерные для классического подхода.

В последующих разделах формализованы ключевые аспекты интегративной логики, а также предложены некоторые важные инструменты ее реализации.

Обозначим базовый оператор оценки удовлетворительности решения через $\chi_{I,\alpha}(x)$, где x – некоторое решение, I – цель решения, α - ситуация действительности, всесторонне характеризующая текущие обстоятельства принятия решений (предполагается, что параметры I , α однозначно определяют действие базового оператора).

Обозначим через φ совокупность минимальных операций обобщения информации, тогда запись $\varphi(x)$ будем понимать как применение к x любой из минимальных операций. К числу операций обобщения отнесем также операции редукции. Например, запись $\{\underline{x}/T'\} = \varphi(\{\underline{x}/T\})$ означает увеличение общности домена для какого-то одного результата теста. Запись $\alpha' = \varphi(\alpha)$ означает увеличение общности домена какого-то одного теста в описании действительности, включая оценку истинности. Запись $k' = \varphi(k)$ будем трактовать как минимальное увеличение общности модели знаний k в рамках метода предельных обобщений и т.д.

Пусть $E(x)$ – характеризует среднюю энергию на сбор и обработку информации x . Тогда из аксиомы (4) следует, что $\forall x E(x) \geq E(\varphi(x))$.

Пусть $X^* = \{x \mid \chi_{I,\alpha}(x) = \text{уд}, \text{ но } \forall \varphi \chi_{I,\alpha}(\varphi(x)) = \text{неуд}\}$, тогда справедливо следующее предложение.

Предложение: При фиксированных I и α минимум вычислительной энергии в рамках интегративной логики достигается на множестве X^* .

Данное предложение является, в частности, обоснованием целесообразности применения метода предельных обобщений [3, 4].

Модель предметной области. Модель ПрО представим в виде кортежа $\langle O, k \rangle$, где O – модель онтологии этой предметной области, а k – модель адекватной системы знаний. Онтология O включает в себя, в частности, Банк тестов вместе с конфигураторами каждого теста, Банк формализованного описания

проблем, онтологические соглашения [4]. Модель знаний k включает в себя следующие компоненты:

$$k = k_C \cup k_M \cup k_A \cup k_O, \quad (1)$$

где k_C - вычислительные знания; k_M - описания моделей динамических процессов данной ПрО; k_A - множество аксиом, фактов, высказываний с оценкой их истинности; k_O - прочие знания. Модель знаний k формируется путем системной реконструкции множества ситуаций действительности $\Omega = \{\alpha\}$.

В развернутом виде модель вычислительных знаний k_C представим следующим образом:

$$k_C = \{f/\mu: k^1 \rightarrow k^2 \mid \mu \in \{\mu\}_f\} \cup P_k, \quad (2)$$

где f/μ - отображения, реализующие те или иные математические модели; $\{\mu\}_f$ - разные механизмы реализации отображений (со своей энергетикой и ресурсами); k^1 - входные данные задачи (описание информационной среды и задание); k^2 - выходные данные задачи; P_k - правила композиции схем задач, т.е. правила, описывающие способы объединения локальных задач.

С учетом положений интегративной логики правила P_k будем реализовывать с помощью энергетической нейронной сети, а именно: с каждым отображением f свяжем нейрон и, если потенциал E_f связанного нейрона удовлетворяет некоторому условию $E_f > E_f^*$, то отображение становится активным (пытается добыть входные данные k^1 , чтобы произвести расчет). Нейронная сеть не имеет выделенных входного и выходного слоев. Любой нейрон в сети является одновременно входом и выходом.

Обозначим элементарные тесты через $a, b, c, d, \{a\}$ и т.д. Пусть $W(\{c/C\})$ - некоторое многообразие на множестве результатов тестов $\{c/C\}$. С учетом принятой модели эмпирических данных любое отображение модели знаний k_C можно представить следующим образом:

$$f/\mu: \{J_\beta b/B\} \rightarrow \{J_\gamma a/A\}, \quad \text{для } \{c/C\} \in W_f(\{c/C\}), \mu \in \{\mu\}_f \quad (3)$$

$$E_f = E_{ПрО} + \sum_g E_{gf} + E_{CA} + \sum E_{T/V}, \quad (4)$$

где $E_{ПрО}$ - управляемая энергия семантического множества отображений; E_{gf} - входной сигнал от g -го отображения (автоматизмы среды); E_{CA} - энергия спонтанной активности (автоматизмы среды); $\{E_{T/V}\}$ - неуправляемая энергия торможения/усиления от различных источников (автоматизмы среды). Возбуждение от одного отображения к другому передается не сразу, а после некоторой стадии выполнения (задержка является параметром связи). Конкретный вид выражения (4) позволяет реализовать ту или иную разновидность метода управляемого хаоса (см. раздел Инструменты).

Компонента модели знаний k_A имеет вид: $k_A = \{J_\beta \varphi\}$, где J_β - оператор оценки истинности; φ - произвольная формула, факт, высказывание.

Информационная модель управления. В работе [5] предложена информационная модель интеллектуального синергетического управления саморазвивающимися процессами, которая основана на интегративной логике и модели ПрО. Суть модернизированной модели состоит в следующем.

Для оценки истинности (удовлетворительности) некоторой информации X вводится оператор $\chi_I(X)$, принимающий три значения: *true*, *false*, “?” (*unknown*). Если $\chi_I(X) = \text{true}$, то считается, что информация X не противоречит имеющейся модели ПрО (в текущий момент времени). Пусть X – априорная информация, R – ресурсы, I – целевое предписание, тогда оператором расширения (замыкания) λ называется отображение вида:

$$\lambda_{R,I}: X \rightarrow X^+, \quad \chi_I(X^+) = \text{true}, \quad (5)$$

где X^+ – максимум с точки зрения I достоверной (правдоподобной) информации о прошлом, настоящем и будущем поведении системы, которую можно получить, используя ресурсы R и априорную информацию X .

Предельные свойства оператора расширения характеризуются следующей логической цепочкой: $\forall X$, если $\lambda_{R,I}: X \rightarrow X^+$, то $\lambda_{R,I}: X^+ \rightarrow X^+$, $\chi_I(X^+) = \text{true}$. Однако в отличие, например, от замыкания в теории реляционных баз данных символ ‘ X^+ ’ не всегда означает связь с априорной информацией X . Благодаря наличию ресурсов для диагностики вполне возможна следующая ситуация: $\lambda_{R,I}: \emptyset \rightarrow X^+$.

Предположим существование конечного множества моделей поведения динамической системы или моделей ситуаций $M = \{m\}$ таких, что любая ситуация действительности α (например, динамический процесс) относится к какой-либо модели из M и для каждой модели m заранее определено синергетическое управление π_m , задающее целевой притягивающий аттрактор и параметры порядка $\{p\}_m$. Множество M формирует профессиональная среда. Более конкретно цель I можно сформулировать следующим образом: «Действовать согласно модели ситуации m » (такая цель совпадает с формулировкой стратегии). Следовательно, без потери общности можно записать: $\lambda_{R,I} \equiv \lambda_{R,m}$. Модель ситуации m определяется в результате решения диагностической задачи в фазу расширения (хаоса).

Определение параметров порядка текущей ситуации действительности и формирование решения на основе информации X назовем операцией локализации. Соответствующий оператор локализации решения обозначим $\Theta_m(X)$.

Представим синергетическое управление π_m в виде серии этапов, а именно: $\pi_m = \langle f_1/\delta_1, f_2/\delta_2, \dots, f_n/\delta_n \rangle$, где f_j – требующий конкретизацию закон управления на j -ом этапе, а δ_j – предполагаемая длительность этапа. Конкретизацию закона управления на j -ом этапе обозначим f_j/δ_j . Без потери общности будем считать, что оператор расширения выполняется на старте программы управления и в моменты смены этапов. Моменты смены программ управления π_m , т.е. точки бифуркации обозначим через t^* .

Фазу сжатия (фазу реализации управления) на произвольном интервале $[t1, t2] \subseteq \delta_j$ ($j=1, \dots, n$) будем описывать с помощью оператора перехода

$$\Psi_{[t1, t2], R_\psi}: \Theta_m(X(t1)), u([t1, t2]), \nu([t1, t2]) \rightarrow X(t2), \quad t^* \notin [t1, t2] \quad (6)$$

где $u([t1, t2])$ – управление на отрезке времени $[t1, t2]$; $\nu([t1, t2])$ – возмущения; R_ψ – доступные ресурсы на оперативное управление (они не включают в себя

ресурсы на u , но $R_\psi \subset R$). Для оператора перехода не указана цель, так как предполагается, что данный оператор реализует движение в области притяжения целевого аттрактора, а также процедуру мониторинга контрольных параметров модели ситуации m .

Если через t обозначить время смены этапов δ_{j-1}/δ_j ($j=1, \dots, n$; $\delta_0 = t^*$), а через $(t+1)$ время δ_j/δ_{j+1} , то с учетом приведенных выше свойств, соотношения, описывающие синергетическое управление динамическим процессом, примут следующий вид:

$$X(t+1) = \lambda_{R(t+1), m} (\Psi_{[t, t+1], R_\psi} (\Theta_m(X(t)), u([t, t+1]), \nu([t, t+1])), \quad (7)$$

$$\text{New } t^* \notin [t, t+1]$$

$$X(t^*) = \lambda_{R(t^*), m} (X(t^*)), \quad \chi_{t^*}(X(t^*)) = \text{true}, \quad (8)$$

$$\chi_t(X(t)) = \text{true}, \quad \chi_{t+1}(X(t+1)) = \text{true}, \quad (9)$$

$$u([t, t+1]) = f_j/\delta_j, \quad (10)$$

где f_j/δ_j - конкретизация закона управления на j -ом этапе. *Траекторией* системы (орбитой) будет упорядоченное множество

$$\{ \Psi_{[t, t+1], R_\psi} (\Theta_m(X^+(t)), u, \nu) \mid \chi_t(X^+(t)) = \text{true}, \uparrow t \}. \quad (11)$$

В следующем разделе рассматриваются некоторые инструменты, применяемые для реализации оператора расширения.

Инструменты реализации модели управления. Пусть Σ - рабочая область, в которой хранятся все значения тестов, а Σ_V содержит тесты, которые желательно определить [6]. Для помещения результатов тестов в рабочую область будем использовать нотацию $\{J_\beta \underline{b}/B\} \mapsto \Sigma$ (при выполнении данной операции применяется тот или иной механизм разрешения противоречий). Через Σ_f обозначим вспомогательную область, в которую будем помещать пары <Отображение/механизм; Значение тестов, к которым применялось отображение> или $\langle f/\mu, \{J_\beta \underline{b}/B\} \rangle$. Для помещения данных во вспомогательную область также будем использовать нотацию $\langle f/\mu, \{J_\beta \underline{b}/B\} \rangle \mapsto \Sigma_f$. База данных DB является частью модели знаний и содержит множество ситуаций действительности $\{\alpha\}$. Новые ситуации могут поступать в базу данных непрерывно. Самоорганизация знаний на основе метода предельных обобщений приводит к непрерывной модификации модели знаний.

Ниже приведена общая схема работы оператора расширения λ .

Вход: $\{J_\beta \underline{d}/D\}$;

Шлюзы поступления информации извне: $\{\alpha\} \mapsto \text{DB}$;

Самоорганизация модели знаний: МПО: $\text{DB}, k(t) \rightarrow k(t+1)$;

Инициализация: $\Sigma = \Sigma_f = \Sigma_V = \emptyset$;

Начальные данные: $\{J_\beta \underline{d}/D\} \mapsto \Sigma$;

В цикле пока не наступит стабилизация Σ (или не истечет время):

Если $\{c/C\} \in \Sigma$ и $\{c/C\} \in W_f(\{c/C\})$ и $\{J_\beta \underline{b}/B\} \in \Sigma$ и $\langle f/\mu, \{J_\beta \underline{b}/B\} \rangle \notin \Sigma_f$,

то выполнить: $f/\mu: \{J_\beta \underline{b}/B\} \rightarrow \{J_\gamma \underline{a}/A\}$, $\mu \in \{\mu\}_f$, $f \in k$;

$\{J_\gamma \underline{a}/A\} \mapsto \Sigma$; $\langle f/\mu, \{J_\beta \underline{b}/B\} \rangle \mapsto \Sigma_f$;

$\forall J_\beta \underline{a}/A \rightarrow \{J_\gamma \underline{a}/A' \mid A \rightarrow A'\}$; $\{J_\gamma \underline{a}/A'\} \mapsto \Sigma$;

Если $\{\underline{b}\}/B \in \Sigma$ и $\langle g, \{\underline{b}\}/B \rangle \notin \Sigma_f$, то выполнить: $g: \{\underline{b}\}/B \rightarrow \neg(B \setminus \{\underline{b}\}/B)$;

$\neg(B \setminus \{\underline{b}\}/B) \mapsto \Sigma$; $\langle g, \{\underline{b}\}/B \rangle \mapsto \Sigma_f$;

Если $\exists f/\mu: \{b/B\} \rightarrow a/A$ на $W_f(\{c/C\})$, $\underline{a}/A \in OZ_f$ и $\neg \underline{a}/A \in \Sigma$ и $\{c/C\} \in \Sigma$ и $\langle h_f, \neg \underline{a}/A \rangle \notin \Sigma_f$, то выполнить: $h_f: \neg \underline{a}/A \rightarrow \neg_f \underline{a}/A = \neg\{\{b/B\} \mid f/\mu: \{b/B\} \rightarrow \underline{a}/A, \mu \in \{\mu\}_f, \{c/C\} \in W_f(\{c/C\}), f \in k\}$; $\neg_f \underline{a}/A \mapsto \Sigma$; $\langle h_f, \neg \underline{a}/A \rangle \mapsto \Sigma_f$;

Если $\exists f/\mu: \{b/B\} \rightarrow a/A$ на $W_f(\{c/C\})$ и $(J_\gamma \underline{a}/A \mid J_\gamma < J_1) \in \Sigma$, то выполнить: $\{b/B\}, \{c/C\} \mapsto \Sigma_V$ (найденные значения заносятся в Σ , см. [6]);

Если $E_f > E_f^*$ и $\langle f, \forall \{J_\beta \underline{b}/B\} \rangle \notin \Sigma_f$, то выполнить: $\{b/B\}, \{c/C\} \mapsto \Sigma_V$ (данное правило реализует, в том числе, спонтанную активность квантов знаний).

Окончание цикла либо по стабилизации Σ , либо по окончании времени.

Выход: Σ .

Заключение

Построена модель ПрО и интегративная логика, которые обладают рядом полезных свойств, среди которых – нежесткие требования к формализму, учет имеющихся ресурсов и изменчивости критериев истинности, невысокая чувствительность модели к априорной полноте описания состояний, высокая способность к адаптации в изменяющейся среде, учет реальной компетентности управляющего агента. Эти свойства становятся решающими при управлении поведением эколого-социальных и живых систем.

Литература

1. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. - М.: Едиториал УРСС, 2006. - 240 с.
2. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. Динамическая теория информации. – М: Кн.дом «ЛИБРОКОМ», 2009.- 304 с.
3. Прокопчук Ю.А. Интеллектуальные медицинские системы: формально-логический уровень. – Днепропетровск : ИТМ НАНУ и НКАУ, 2007.- 259 с.
4. Прокопчук Ю.А. Метод предельных обобщений – эффективный принцип работы вычислительного интеллекта // Искусственный интеллект, 2008. - №3. - С. 727 – 736.
5. Прокопчук Ю.А. Синергетическая теория управления медико-социальными процессами // Вестник ХНТУ, 2009. - №1(34). – С. 378 – 384.
6. Прокопчук Ю.А. Консилиум интеллектуальных систем // Искусственный интеллект, 2007. - №4.- С. 491 – 496.