

ВНУТРЕННИЕ И ВНЕШНИЕ КОНФЛИКТЫ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В.В. Павлов, Ю.М. Шепетуха

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины

Предложена сетцентрическая парадигма, которая позволяет осуществить конфигурирование и интеграцию распределенных элементов знаний, а также выполнить эффективное моделирование человеко-машинных и внутримашинных прикладных процессов. Кроме того, появляется возможность для образного отображения и исследования существенных элементов различных видов внутренних и внешних конфликтов.

Ключевые слова: управление, распределенная система, конфликтная ситуация, прикладной процесс, формирование знаний, человеко-машинная система, сетцентрическая концепция, интеграция.

Запропоновано мережецентричну парадигму, яка дає можливість виконати конфігурування та інтеграцію розподілених елементів знань, а також провести ефективно моделювання людино-машинних та внутрішньомашинних прикладних процесів. Крім того, з'являється можливість для образного відображення та дослідження суттєвих елементів різних видів внутрішніх та зовнішніх конфліктів.

Ключові слова: управління, розподілена система, конфліктна ситуація, прикладний процес, формування знань, людино-машинна система, мережецентрична концепція, інтеграція.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих современных публикациях высказываются мнения о том, что магистральным направлением дальнейшего развития компьютеризованных систем является не столько технологическое усовершенствование, сколько повышение уровня интеллектуализации построенных на их основе систем. Так, авторы работы [1] отмечают существенное расширение объема и разнообразия исследований в области искусственного интеллекта. Необходимо подчеркнуть тесную связь фундаментальной проблемы создания теории искусственного интеллекта и прикладных задач повышения уровня интеллектуализации систем, созданных на основе различных видов современных информационно-коммуникационных технологий. Еще в ранних работах по искусственному интеллекту отмечалось, что одним из наиболее перспективных направлений является создание компьютеризованных систем моделирования и поддержки отдельных элементов мыслительной деятельности человека [2]. Однако, несмотря на большое число как фундаментальных, так и прикладных работ в этой области, исключительная сложность задач, связанных с разработкой, моделированием и внедрением интеллектуальных систем, является основной причиной нерешенности многих актуальных вопросов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Следует отметить, что в последнее время претерпела существенные изменения сама концепция построения интеллектуальных систем. Если вначале ставилась глобальная задача создания универсального искусственного интеллекта, то сейчас главное внимание уделяется разработке систем с элементами «специализированного» интеллекта, которые используются для решения различных конкретных типов задач в достаточно узких и четко определенных предметных областях. Подобный подход концентрирует усилия не столько на исследовании общих закономерностей и взаимозависимостей процессов мышления человека, сколько на синтезе компьютеризованных технических средств, усиливающих возможности человека успешно действовать в сложных ситуациях, характеризующихся большим числом противоречивых критериев, плохой структурированностью, динамически изменяющейся внешней средой и т.д. Разработчики эффективных интеллектуальных комплексов должны, во-первых, использовать современные информационно-коммуникационные технологии и, во-вторых, основываться на адекватной концепции анализа и синтеза компьютеризованных систем. В этом плане следует выделить организмическую концепцию, эффективность которой была продемонстрирована при разработке средств управления объектами и процессами различной природы в достаточно сложных ситуациях — при недостаточности информации, в условиях жесткого дефицита времени, противодействия и т.д. На базе организмической концепции развилась теория эргатических систем, использующая знания о моделях осмысленного поведения человека в качестве основы построения интеллектуальных человеко-машинных комплексов [3].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Двумя основными современными тенденциями в развитии информационно-коммуникационных систем являются, с одной стороны, их быстрое технологическое совершенствование и, с другой стороны, существенное повышение разнообразия и уровня сложности решаемых ими задач. При этом зачастую возникает определенное несоответствие между возможностями, предоставляемыми новыми техническими средствами, и пониманием того, для решения каких конкретных задач их наиболее целесообразно использовать. Поэтому целью настоящей работы является определение способов преодоления такого несоответствия на основе уяснения и исследования концептуальных проблем, возникающих при создании распределенных систем интеллектуального управления, функционирующих в сложной конфликтной среде.

ПОДДЕРЖКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ

Для успешного решения поставленной задачи необходимо, прежде всего, четко представлять себе, что организация всех процессов человеко-машинного взаимодействия — получение и анализ данных, построение моделей, исследование динамики процессов — имеет своей основной целью информационно-коммуникационное обеспечение интеллектуальной деятельности в рассматриваемой предметной области. При таком подходе процессы обработки информационных потоков являются основным связующим звеном между, с одной стороны, своевременным получением необходимых сведений и, с другой стороны, принятием эффективных решений и осуществлением требуемых для достижения поставленных целей действий. Как известно, принятие решений в любой предметной области невозможно без понимания как существенных взаимосвязей между объектами данной области, так и механизма влияния внешней среды на динамику изменения этих взаимосвязей. Другими словами, принятие решений является интеллектуальным действием, основанным на осознании и учете особенностей как описывающих объект управления моделей (зачастую достаточно сложных и нелинейных), так и характера внешних воздействий на систему. Для успешного осуществления этого требуется создание эффективных механизмов работы со знаниями, в частности — разработка алгоритмов формирования, преобразования и использования формализованных и неформализованных элементов знаний. В соответствии с современными представлениями ведущих исследователей в данной области [4], необходимо, во-первых, проводить четкую границу между информацией и знаниями и, во-вторых, понимать различную роль эксплицитных и имплицитных знаний. Эксплицитные знания являются универсальными, четко осознанными и артикулированными, позволяющими успешно действовать в разнообразных повторяющихся ситуациях. Имплицитные знания являются неосознанными и нечетко артикулированными, часто основанными на практическом опыте и интуиции, они больше подходят для действий в уникальных ситуациях. Большинство реальных фрагментов знаний, как правило, занимает некоторое промежуточное положение в интервале между полностью эксплицитными и полностью имплицитными знаниями.

В связи с вышеизложенным, важным моментом построения интеллектуальных систем является конструирование эффективных диалоговых процедур извлечения, анализа и структурирования распределенных во времени и пространстве элементов знаний. В ходе взаимодействия человека с современными информационно-коммуникационными технологиями происходит получение и последовательное уточнение качественной информации о сути подлежащей решению проблемы, а также количественных данных о значениях существенных параметров ситуации. На основе системного

конфигурирования и интеграции такой распределенной во времени и пространстве информации происходит формирование элементов знаний и профессионального интеллекта, которые дают возможность как получать, уточнять и модифицировать возможные решения в данной специализированной предметной области, так и определять тот момент, когда дальнейшая корректировка допустимых решений исследуемой проблемы становится по тем или иным причинам нецелесообразной. Такой подход к построению человеко-машинных интеллектуальных систем позволяет, с одной стороны, использовать современные информационно-коммуникационные технологии для интегрирования распределенных элементов знаний о решаемой проблеме и, с другой стороны, применять сформированные фрагменты профессионального интеллекта для корректировки значений целевых переменных и критериев оценки эффективности полученных решений.

СЕТЕЦЕНТРИЧНОСТЬ КАК НОВАЯ СИСТЕМНАЯ ПАРАДИГМА

Для эффективного конфигурирования и интеграции распределенных во времени и пространстве элементов знаний целесообразно использовать новую системную парадигму, основанную на концепции сетецентричности. Данная парадигма позволяет не просто объединить распределенные во времени и пространстве процессы преобразования информации в единую интеллектуальную систему, а достичь синергии взаимодействующих локальных информационных сегментов. Концепция сетецентричности предусматривает формирование и использование интегрированного информационного пространства, что обеспечивает своевременность принимаемых решений, а также их обоснованность и взаимную координацию. Для практического применения сетецентрической парадигмы наиболее целесообразно использовать такие современные информационно-коммуникационные средства, как сетевые компьютерные технологии.

В современной литературе высказывается мнение, что именно сеть дает возможность создания глобального информационного пространства и математически однородной функциональной среды для процессов управления различного назначения, с широкими возможностями для их текущего применения и будущего совершенствования [5]. Сетевые технологии позволяют осуществить как моделирование и исследование распределенных элементов знания и информации, так и эффективную координацию составляющих единого процесса интеллектуального управления. Каждый из элементов компьютерной сети, осуществляющий формирование, преобразование, прием или передачу информационных потоков, целесообразно рассматривать как некоторый локальный прикладной процесс. При подобном подходе сама сеть концептуально рассматривается как определенная системная организация локальных прикладных процессов и их информационных моделей.

ПРИКЛАДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И КОНФЛИКТЫ

В современных публикациях часто принято разделять прикладные процессы на два больших класса: человеко-машинные (иначе называемые интерактивными) и внутримашинные (иначе называемые программными). Человеко-машинные прикладные процессы обычно являются не полностью структурированными, что делает невозможным их полную автоматизацию и исключение человека из контура управления. Такие прикладные процессы требуют разработки эффективных диалоговых процедур взаимодействия между человеком и информационно-коммуникационными технологиями, а также должны предусматривать рациональное распределение функций между этими двумя элементами системы. Структура внутримашинных прикладных процессов обычно является более определенной и устойчивой, динамика развития этих процессов часто описывается детерминированными соотношениями без стохастических компонентов. Однако исследование таких процессов является не менее трудной задачей, так как зависимости между их существенными переменными могут описываться достаточно сложными математическими моделями, например нелинейными дифференциальными или разностными уравнениями, уравнениями с запаздывающим аргументом и т.д. В последние годы многими исследователями показано, что такие процессы часто порождают ряд непредсказуемых эффектов, таких как возникновение бифуркаций и появление нетрадиционных типов аттракторов.

Любая распределенная интеллектуальная структура, представляющая собой системную организацию локальных прикладных процессов, должна эффективно действовать в разнообразных ситуациях, в том числе в условиях неопределенности и противодействия. Для успешного решения этой задачи ей необходимо принимать и исполнять решения с учетом большого числа факторов, зачастую противоречивых по своей природе. Иными словами, такая система должна успешно функционировать при наличии конфликтных ситуаций различного типа и разной степени выраженности. Поэтому перед исследователем прежде всего возникает проблема систематизации конфликтов. Так, в [6] приводится классификация некоторых типов ситуаций, приводящих или потенциально могущих привести к конфликту. Автор разделяет все возможные ситуации на четыре больших класса — «единство», «содействие», «нейтралитет» и «противодействие». Далее эти классы разбиваются на подклассы. Так, содействие включает в себя формы коалиции, содружества и симбиоза. Противодействие, в свою очередь, разбивается на нестрогий конфликт, строгий конфликт и антагонизм. Отметим, что динамика изменения конфликтной ситуации может быть достаточно сложной, что обуславливает возможность перехода конфликта из одной формы в другую. Поэтому важное практическое значение имеет создание интеллектуальных систем, позволяющих успешно функционировать при различных видах конфликтов, а также в широком интервале конкретных

значений параметров конфликтной ситуации.

В соответствии с организмической теорией синтеза человеко-машинных систем, построение интеллектуальной системы разрешения конфликтов предлагается осуществлять в следующей последовательности [7]:

- формирование опорной структуры функциональных поведений системы;
- формирование целедостигающих функциональных поведений системы на множестве возникающих внешних конфликтных ситуаций, другими словами, формирование структуры ситуационного управления;
- формирование целедостигающих поведений системы на совокупности возникающих внутренних конфликтных ситуаций, другими словами, формирование структуры внутриситуационного управления.

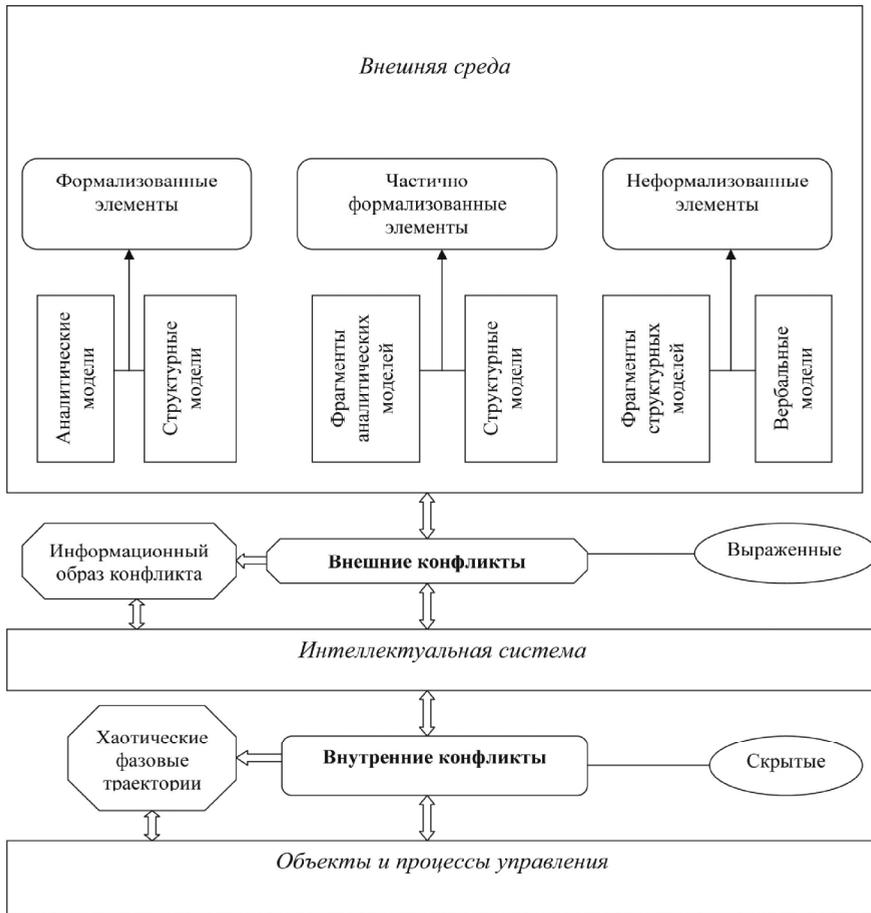


Рис. 1. Возможные типы конфликтов в распределенной системе интеллектуального управления

При использовании данного подхода конфликты в распределенной системе интеллектуального управления можно разделить на два принципиально отличающихся друг от друга типа (рис. 1). Во-первых, это конфликты, возникающие при взаимодействии со сложной внешней динамической средой, которая содержит слабо структурированные элементы,

подвержена постоянным изменениям, а также может оказывать противодействие достижению системой своих краткосрочных и долгосрочных целей. Плохая структурированность и выраженная конфликтность подобной внешней среды обуславливает необходимость исследования взаимозависимостей (которые часто являются нелинейными по своей природе) между отдельными составными частями внешней конфликтной ситуации. При моделировании и анализе подобных сложных нелинейных процессов могут также возникать конфликты, принципиально отличающиеся по своему характеру от вышеперечисленных выраженных внешних конфликтов. Такие конфликты будем называть внутренними. Эти конфликты обычно являются не столь явно выраженными и определяются, в первую очередь, не свойствами внешней среды, а спецификой математических моделей, описывающих динамику объектов и процессов управления.

ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ВНЕШНИХ КОНФЛИКТОВ

Таким образом, построение целостной системы распределенного интеллектуального управления требует скоординированного во времени и пространстве моделирования и исследования порождаемых при функционировании системы внутренних и внешних конфликтов. Отметим, что методологические подходы к анализу этих двух типов конфликтов существенно отличаются друг от друга. Разрешение внешних конфликтов основано на своевременном получении достоверных данных о значениях всей совокупности параметров, характеризующих текущую ситуацию, что обеспечивает возможность ее моделирования, анализа и формирования интегрированного информационного образа конфликта. При этом основная трудность анализа конфликтных ситуаций данного типа заключается в исследовании и структурировании взаимоотношений между распределенными функциональными элементами сложного динамического процесса. Системная интеграция большого числа локальных подпроцессов в единую целенаправленную систему достигается за счет скоординированного взаимодействия элементов аналитических, вербальных и структурных моделей, а также их комбинирования — с целью обеспечения успешных действий в широком диапазоне конкретных значений параметров конфликтной ситуации. Таким образом, сложность решения внешних конфликтов обуславливает необходимость совместного использования как формализованных, так и неформализованных элементов знаний. Иными словами, анализ внешних конфликтов должен основываться на эффективной процедуре взаимодействия между, с одной стороны, принимающим решения человеком и, с другой стороны, компьютеризованными средствами моделирования ситуации и поддержки принятия решения.

Важными аспектами построения распределенных интеллектуальных систем управления является как разработка механизмов анализа и разрешения стереотипных конфликтных ситуаций, так и выработка навыков действий в непредвиденных случаях. Поэтому необходимо также создать

процедуры поэтапного извлечения, обработки и структуризации фрагментов неформализованных знаний людей, являющихся экспертами в данной специализированной предметной области. Специфические особенности такой диалоговой процедуры извлечения и анализа знаний и, на основе этого, последовательного все более глубокого проникновения в суть данной проблемы отражают требования к скорости и точности решений. При этом следует принимать во внимание такие существенные переменные анализируемой проблемы, как ее размерность, степень рассредоточения данных, уровень неопределенности, структура взаимозависимостей между отдельными компонентами проблемы [8]. Актуальной практической задачей также является определение тех конкретных областей профессиональной деятельности человека, в которых результаты использования предлагаемого подхода являются наиболее многообещающими. Такие области должны удовлетворять ряду специфических требований и ограничений. Во-первых, профессиональная деятельность человека должна быть связана не с выполнением стереотипных действий и рутинных процедур, а с интеллектуальными процессами, такими как анализ проблем и принятие решений в условиях реального времени. Во-вторых, при этом используются установившиеся в течение длительного времени и часто формально верифицированные механизмы анализа и успешного решения стереотипных профессиональных задач в данной предметной области. Усвоение и осмысление этих процедур, выделение их наиболее характерных черт, моделирование существенных для успешного функционирования системы взаимосвязей — все это является основой для формирования отдельных элементов знаний, а также для преобразования знаний из неявной в явную форму. Как результат, повышается уровень интеллекта синтезируемой системы и обеспечивается более эффективное и надежное ее функционирование.

ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ВНУТРЕННИХ КОНФЛИКТОВ

В отличие от изложенного выше интерактивного подхода к разрешению внешних конфликтов, механизмы разрешения внутренних конфликтов являются более четко структурированными. Так как многие интересные случаи возникновения и развития внутренних конфликтов связаны с порождением хаотических фазовых траекторий, их разрешение основывается на формализованных алгоритмах управления хаосом и синхронизации возникающих в системе хаотических явлений. Подобная «балансировка» хаотических явлений, характерная для внутримашинных прикладных процессов (рис. 2), представляет собой необходимое условие достижения стабильных функциональных поведений системы. Отметим еще раз специфическую черту внутренних конфликтов — они обычно характеризуются меньшей степенью выраженности, а иногда могут не проявлять себя в течение достаточно длительного промежутка времени. Важным аспектом также является то, что динамика соответствующих

внутримашинных прикладных процессов описывается сравнительно небольшим числом типичных сценариев и порождает ряд характерных эффектов. Одним из таких эффектов является удвоение периода, что, как правило, предшествует появлению хаотических явлений в системах, динамические свойства которых описываются различными видами нелинейных зависимостей. При этом данные о конкретных значениях параметров, при которых возникает эффект удвоения периода, являются одними из наиболее существенных информационных характеристик исследуемого нелинейного динамического процесса. Величины этих параметров используются как при анализе механизмов порождения хаоса, так и при построении процедур синхронизации хаотических явлений [9].

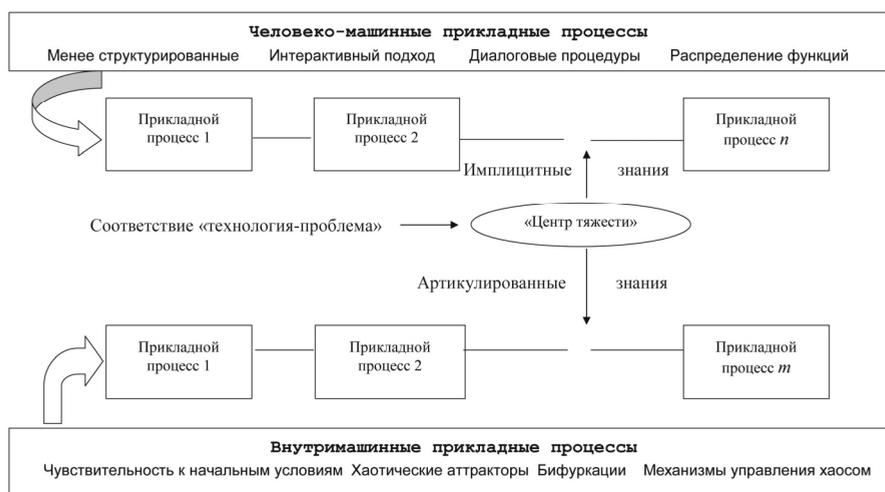


Рис. 2. Взаимодействие прикладных процессов в распределенной системе интеллектуального управления

Динамические системы, описываемые нелинейными дифференциальными или разностными уравнениями, могут характеризоваться несколькими специфическими типами функциональных поведений:

- 1) направленными на достижение некоторых фиксированных конечных состояний;
- 2) функциональные поведения, фазовые траектории которых образуют определенные виды предельных циклов;
- 3) особый тип функциональных поведений, при котором фазовые траектории формируют множества достаточно сложных конфигураций, называемые «хаотическими аттракторами». Особенностью функциональных поведений третьего типа является то, что в этом случае элементы хаоса возникают в системе, динамические свойства которой описываются детерминированными соотношениями, например нелинейными дифференциальными уравнениями, не содержащими среди своих членов стохастических компонентов. Процессы, происходящие в такой системе,

характеризуются тем, что незначительные вариации их начальных условий по истечении определенного интервала времени могут порождать принципиально отличные друг от друга фазовые траектории. Именно подобная повышенная чувствительность к начальным условиям является специфической чертой внутримашинных прикладных процессов.

ПОСТРОЕНИЕ ЦЕЛОСТНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Успешное разрешение внутренних и внешних конфликтов обеспечивается за счет рациональной структурно-функциональной организации целостной интеллектуальной системы. При этом основной задачей является формирование информационных потоков, которые позволяют анализировать динамику взаимодействия различных элементов как внутримашинных, так и человеко-машинных прикладных процессов, а также обеспечивают возможность своевременного и качественного управления ими. Одним из важных этапов построения целостной системы является определение необходимой степени агрегации циркулирующих в системе потоков данных, а также анализ влияния выбранного уровня агрегации на быстроту и качество принимаемых решений. Как показывает опыт, требуемая степень агрегации зависит от типа решаемой проблемы, конкретного вида человеко-машинного интерфейса, напряженности работы и ряда других факторов. Так, для сложных и быстро меняющихся ситуаций отображение существенных компонентов внешнего конфликта в виде интегральных образов может содействовать успешной адаптации интеллектуальной системы к большому объему распределенной информации. Для этого необходимо так организовать взаимодействие между человеком и компьютеризованными техническими средствами, чтобы максимально эффективным образом использовать положительные свойства этих двух сторон человеко-машинного прикладного процесса. За счет этого также обеспечивается выполнение приведенного в [10] одного из основных принципов построения информационных систем — соответствия между решаемой проблемой, используемыми для этого техническими средствами, а также характеристиками человека, участвующего в анализе данной проблемы. Обученный человек, на основе использования своих имплицитных знаний, часто может сформировать некоторое подмножество S_B опорных стратегий разрешения конфликтной ситуации. По мере артикуляции таких знаний и постепенного преобразования их в эксплицитную форму, происходит пополнение базы знаний интеллектуальной системы. После чего функции формирования подмножества опорных стратегий могут возлагаться уже не только на человека, но и на компьютеризованные технические средства. Другими словами, «центр тяжести» обработки информации в такой системе смещается от человеко-машинных к внутримашинным прикладным процессам. Соответственно этому и баланс между внешними и внутренними конфликтами смещается в сторону последних. Человек начинает выполнять исключительно функции контроля правильности и надежности

функционирования внутримашинных алгоритмов. Эти алгоритмы осуществляют автоматическое разбиение исходного множества S_0 ситуаций на конечное число непересекающихся подмножеств $S_1, S_2, S_3, \dots, S_m$, являющихся прообразами подмножеств опорных стратегий $C_{B1}, C_{B2}, C_{B3}, \dots, C_{Bm}$. Разбиение исходного множества на классы эквивалентности и задание отношений упорядоченности на соответствующих фактор-множествах обладают достаточной гибкостью, т.е. обеспечивают возможности не только для адаптации под данную конкретную конфликтную ситуацию, но для модификации решений при изменении целей системы. Поэтому данный подход позволяет создавать эффективные процедуры разрешения конфликтов с учетом как процессов, которые принципиально не поддаются формализации в виде аналитических моделей, так и процессов, приводящих к возникновению в системе хаотических явлений.

Выводы

Одной из основных концептуальных проблем создания компьютеризованных систем является обеспечение соответствия между возможностями, предоставляемыми современными информационно-коммуникационными технологиями, и уяснением того, для решения каких задач их наиболее целесообразно использовать.

Успешное функционирование систем интеллектуального управления базируется на эффективности механизмов извлечения, структурирования и применения распределенных фрагментов как формализованных, так и неформализованных знаний.

Одной из наиболее перспективных является методология решения задач распределенного управления на основе сетцентрической парадигмы с использованием внутренних и внешних информационных образов конфликтной ситуации.

Вышеуказанная методология дает возможность для эффективного моделирования и исследования различных видов человеко-машинных и внутримашинных прикладных процессов.

1. Goebel R. The expanding breadth of artificial intelligence research / R. Goebel, M.A. Williams // *Artificial Intelligence*. — 2010. — Vol. 174, No. 2. — P. 133.
2. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект — основа новой информационной технологии / Г.С. Поспелов — М. : Наука, 1988. — 280 с.
3. Павлов В.В. Начала теории эргатических систем / В.В. Павлов — К. : Наук. думка, 1975. — 237 с.
4. Nonaka I. Tacit knowledge and knowledge conversion: controversy and advancement in organizational knowledge creation theory / I. Nonaka, G. von Krogh // *Organizational Sciences*. — 2009. — Vol. 20, No. 3. — P. 635–652.
5. Затуливитер Ю.С. Проблемы глобализации парадигмы управления в математически однородном поле компьютерной информации / Ю.С. Затуливитер // *Проблемы управления*. — 2005. — № 1. — С. 2–10.
6. Дружинин В.В. Конфликтная радиолокация / В.В. Дружинин, Д.С. Конторов. — М. : Радио и связь, 1982. — 124 с.

7. Павлов В.В. Конфликты в технических системах / В.В. Павлов — К. : Выща школа, 1982. — 184 с.
8. Swink M. Presenting geographic information: effects of data aggregation, dispersion, and users' spatial orientation / M. Swink, C. Speier // Decision Sciences. — 1999. — Vol. 30, No. 1. — P. 169–195.
9. Gauthier D.J. Controlling chaos. / D.J. Gauthier // American Journal of Physics. — 2003. — Vol. 71, No. 8. — P. 750–759.
10. Goodhue D.L. Task — technology fit and individual performance / D.L. Goodhue, C.L. Thompson // MIS Quarterly. — 1995. — Vol. 19, No. 2. — P. 213–236.

Получено 20.12.2013