



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН • Электронная библиотека

Препринты ИПМ • Препринт № 28 за 2017 г.



ISSN 2071-2898 (Print)
ISSN 2071-2901 (Online)

**Балута В.И., Нечаев Ю.И.,
Осипов В.П., Четверушкин Б.Н.**

Концептуальный базис
платформы прикладного
моделирования
конфликтного
взаимодействия на базе
суперкомпьютерных
технологий

Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Концептуальный базис платформы прикладного моделирования конфликтного взаимодействия на базе суперкомпьютерных технологий / В.И.Балута [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2017. № 28. 20 с. doi:[10.20948/prepr-2017-28](https://doi.org/10.20948/prepr-2017-28)
URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2017-28>

**Ордена Ленина
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
имени М.В.Келдыша
Российской академии наук**

**В.И. Балута, Ю.И. Нечаев, В.П. Осипов,
Б.Н. Четверушкин**

**Концептуальный базис
суперкомпьютерной платформы
прикладного моделирования,
прогнозирования и экспертиз
конфликтного взаимодействия**

Москва — 2017

Балута В.И., Нечаев Ю.И., Осипов В.П., Четверушкин Б.Н.

Концептуальный базис суперкомпьютерной платформы прикладного моделирования, прогнозирования и экспертиз конфликтного взаимодействия

Рассматривается проблема создания суперкомпьютерной платформы прикладного моделирования (СППМ) процессов конфликтного взаимодействия сложных систем в интересах обеспечения безопасности критически важных объектов в условиях высокой неопределенности. Интегрированный комплекс СППМ представляет собой активную динамическую систему, обеспечивающую оперативный контроль конфликтных ситуаций путем системной интеграции инструментов обработки больших объемов текущей информации в режиме экстренных вычислений и методов. Функциональные компоненты СППМ реализуют стратегию моделирования и динамической визуализации по выработке управленческих решений в рамках принципа конкуренции.

Ключевые слова: суперкомпьютерная платформа, сложные системы, прикладное моделирование, интегрированный комплекс, конфликтная ситуация.

Victor Ivanovich Baluta, Yury Ivanovich Nechaev, Vladimir Petrovich Osipov, Boris Nikolaevich Chetverushkin

Conceptual base of a supercomputer platform of application-oriented simulation, prediction and expertizes of conflict interaction

The problem of creation of the supercomputer platform of application-oriented simulation (SPAS) of processes of conflict interaction of difficult systems for the benefit of safety of crucial objects in the conditions of high uncertainty is considered. The integrated SPAS complex represents the active dynamic system providing operating control of conflict situations by system integration of instruments of processing of large volumes of the current information in the mode of the emergency computation and methods. The functional parts of SPAS realize the strategy of simulation and dynamic visualization on framing of administrative decisions within the principle of the competition.

Key words: supercomputer platform, difficult systems, application-oriented simulation, the integrated complex, conflict situation

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 16-29-09550 офи-м

Введение

Интегрированный комплекс суперкомпьютерной платформы прикладного моделирования (СППМ) представляет собой активную динамическую систему (АДС) и предназначен для разработки оперативных и долгосрочных прогнозов и программ масштабных исследований путем автоматической свертки оперативной информации в модель функционирования комплекса в режиме реального времени, а также решения задач экспресс-анализа конфликтной ситуации и оперативного доступа к контролируемым объектам независимо от места нахождения, времени развития и состояния окружающей среды на основе динамической теории катастроф. При этом обеспечивается анализ и прогноз развития целенаправленных антагонистических конфликтов в условиях высокой неопределенности разрабатываемых управленческих решений, особенно системных сценариев, позволяющих подчинить обработку информации долгосрочным целям и стабильности функционирования СППМ.

Актуальность проблемы создания СППМ связана с выходом суперкомпьютерных технологий на передний край научно-технического прогресса и возникшей потребностью в развитии теоретических и концептуальных моделей и инструментальных средств в интересах создания все более совершенных интеллектуальных технологий и систем моделирования конфликтных ситуаций. Основанием для создания СППМ является рост вычислительных ресурсов, а главным направлением эволюции технологий прикладных задач конфликтологии – их интеллектуализация. Необходимо формализовать фундаментальную задачу системной интеграции методов и средств информационной и аналитической поддержки исследовательской и экспертной деятельности по формированию научных представлений о выработке эффективных управленческих решений комплексной безопасности критически важных объектов. Общенаучная основа для решения таких задач определяется концепцией интеллектуализации и позволяет сформировать приоритетные направления комплексных *междисциплинарных исследований*, позволяющих перебросить «концептуальный мост» между фактами и механизмами при комплексном изучении сложных систем, переходить от содержательной постановки задач СППМ к их математической и научно-технической реализации на основе каркасного метода проектирования и сборки пакетов прикладных программ. В результате открываются возможности обеспечения масштабируемости программно-аппаратной платформы под задачи различной сложности и объема вычислений [21].

Структура платформы прикладного моделирования на базе суперкомпьютерных технологий предусматривает создание интеллектуального ядра, функциональные элементы которого должны обеспечить генерацию концептуальных решений по управлению конфликтами с целью обеспечения безопасности критически важных объектов инфраструктуры и мест массового скопления людей. Необходима формализация задач исследований принципов

системной интеграции элементов платформы, определяющих такие глобальные свойства СППМ, как связность, сложность и устойчивость [1] – [31]. Средства моделирования и визуализации конфликтных ситуаций в процессе эволюции объекта управления (ОУ) формируют инструменты информационно-аналитической поддержки принятия решений (ППР) при выработке управляющих воздействий [2], [18], [23].

Функционирование СППМ как активной динамической системы

Развитие технологий обеспечения комплексной безопасности критически важных ОУ тесно связано с современными тенденциями обработки информации в сложных динамических средах. Формальный аппарат контроля поведения исследуемых объектов в условиях конфликтного взаимодействия может быть построен с использованием всего доступного арсенала методов и средств динамической теории катастроф.

Программный комплекс СППМ функционирует как развивающаяся, активная динамическая система, обеспечивающая контроль состояния ОУ в режиме реального времени. Ядром СППМ является многопроцессорная вычислительная система (МВС), представляющая собой интегрированный аппаратно-программный комплекс, организованный на принципах многорежимного управления и высокопроизводительной обработки информации (рис.1). Методы формализации информации, реализуемые в СППМ, приводят к необходимости пересмотра традиционных подходов к выбору и принятию управленческих решений.

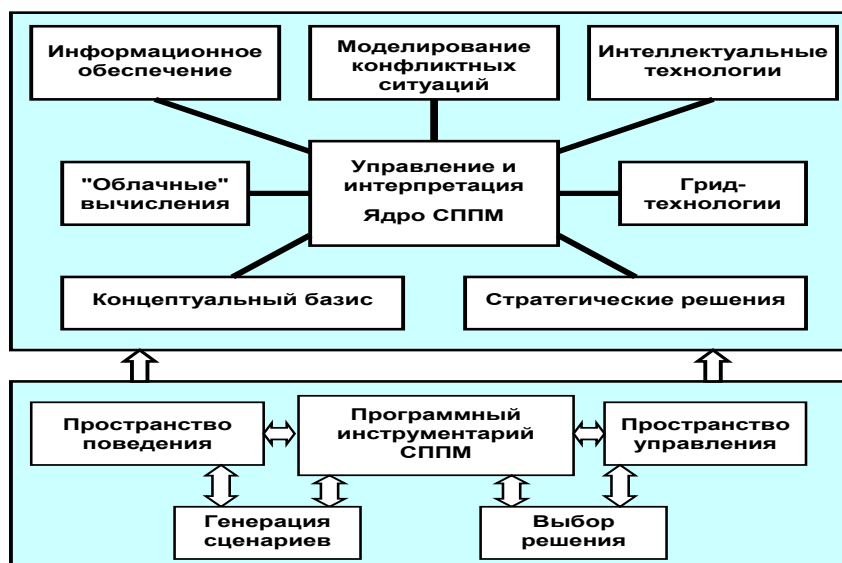


Рис.1. Обобщенная структура СППМ

Сформулируем ряд определений для формальной модели СППМ как АДС [16] управления процессом обработки информации на основе динамической теории катастроф [13].

Определение 1. СППМ – это АДС, которая представляет собой совокупность взаимодействующих объектов – программных модулей, реализуемых в рамках мультиагентной системы (МАС) и обеспечивающих информационные и управляющие связи экстренных вычислений, включая отношения подчиненности и распределение прав поддержки управленческих решений при функционировании МВС в сложной динамической среде.

Определение 2. АДС – это интегрированный программный комплекс, состоящий из управляющего сервера, где с помощью ассоциации агентов-лидеров на верхнем уровне и активных элементов в виде *интеллектуальных агентов* (ИА) на нижнем уровне поддерживаются процедуры обработки информации при реализации стратегии экстренных вычислений в заданном временном интервале.

Определение 3. *Стратегии функционирования* СППМ реализуются с учетом предпочтений активных элементов в зависимости от общего состояния программного комплекса на данном этапе эволюции ОУ и управляющих воздействий. *Допустимые множества* состояний СППМ как АДС формируются в зависимости от среды взаимодействия и используемых интеллектуальных и вычислительных технологий.

Своеобразным техническим заданием на СППМ являются следующие требования:

Требование 1. При формировании стратегий поддержки управленческих решений в СППМ как АДС используется *механизм информирования* и информационного обеспечения активных элементов о результатах выполнения процедур обработки информации по идентификации текущей ситуации ОУ, генерации альтернатив и выбору предпочтительной технологии обработки данных.

Требование 2. СППМ является развивающейся АДС, механизм функционирования которой определяется целевой функцией, допустимыми множествами решений, интервалом реализации, периодами функционирования в зависимости от стратегий интерпретации конфликтной ситуации и управления контролируемого ОУ в процессе эволюции конфликтного взаимодействия.

Требование 3. *Механизм управления* СППМ формируется в виде совокупности стратегий поддержки управленческих решений при заданной структуре активных элементов, информационном и алгоритмическом обеспечении экстренных вычислений в заданной динамической модели катастроф и особенностей текущей ситуации.

На основе приведенных определений и требований можно представить модель функционирования СППМ как АДС, заданной с помощью переменной $u \in A$ из допустимого множества функциональных элементов A . Состояние АДС

в рассматриваемый момент времени t зависит от управляющих воздействий $u \in U$. На множестве $U \times A$ задан функционал $\Phi(u)$, определяющий эффективность функционирования АДС. Задача управления заключается в выборе такого допустимого управления, которое при известной реакции системы максимизирует значение эффективности $\Phi(u) \rightarrow \max (u \in U)$.

В СППМ как АДС управляемые элементы обладают свойством активности (свободы выбора своего состояния) и стремятся к выбору наилучших состояний (стратегий) при заданных или прогнозируемых значениях управляющих воздействий.

Модель СППМ как АДС задается следующими характеристиками:

$$ADS = \langle s \in S, Str(I, U), G(Str, Dec), Int(F), P(F, E), C(S), I(Dec), U(Dec) \rangle, \quad (1)$$

где $s \in S$ – элементы системы; $Str(I, U)$ – структура системы в виде совокупности информационных и управляющих связей; $G(Str, Dec)$ – порядок функционирования (оценка состояния ОУ, генерация стратегий и выбор решения), $Int(F)$ – интервал функционирования; $P(F, E)$ – предпочтения функциональных элементов системы; $C(S)$ – допустимые множества состояний ОУ; $I(Dec)$ – информация на момент принятия решения; $U(Dec)$ – механизмы управления и совокупность правил принятия управленческих решений.

Проблема неопределенности и функциональные компоненты МАС СППМ

Управляющая инфраструктура СППМ основана на реализации динамической теории катастроф и обеспечивает решение взаимосвязанных задач экстренных вычислений [30] при оперативной обработке информации в МВС гибридной архитектуры. Концептуальные решения по интерпретации конфликтных ситуаций реализуются в режиме реального времени в условиях неопределенности (НЕ-факторов) (рис.2) [11], [13].

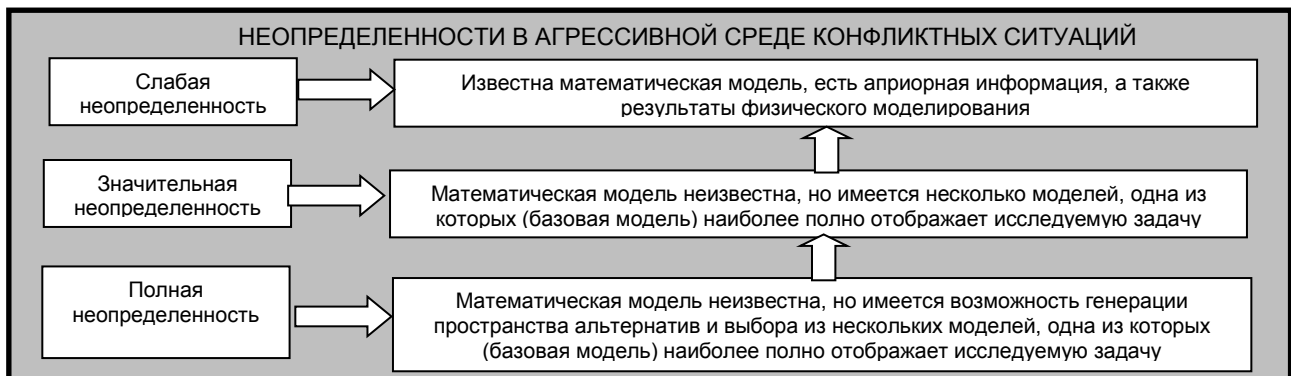


Рис.2. Формализация неопределенности при интерпретации конфликтных ситуаций

Режим реального времени обеспечивается помимо системы экстренных вычислений (urgent computing system – UCS) использованием принципа минимальной длины описания алгоритмов А.Н. Колмогорова [8] и принципа ограниченной сложности [19], а проблема НЕ-факторов – на основе различных подходов снижения уровня неопределенности: принцип конкуренции, методы ансамблевого и сценарного подходов [13].

Наиболее предпочтительным подходом в условиях неопределенности конфликтного взаимодействия объектов является принцип конкуренции, предполагающий выбор предпочтительной вычислительной технологии в мультипроцессорной среде (рис.3).

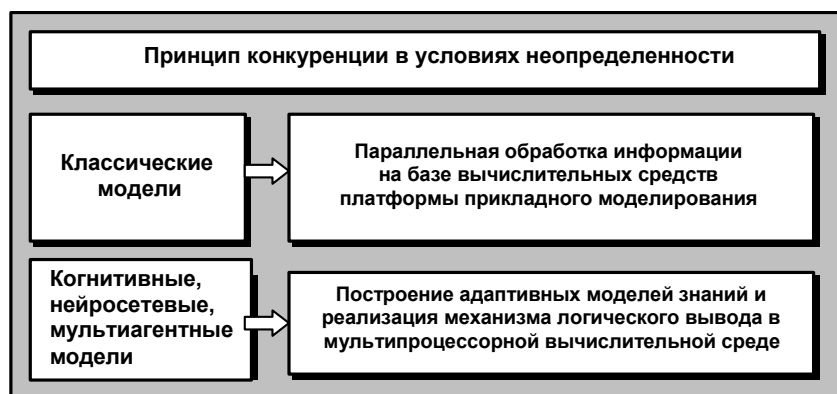


Рис.3. Конкурирующие вычислительные технологии

В качестве конкурирующих вычислительных технологий используются модели, построенные в рамках классической математики, когнитивных систем, нейродинамических (ND-систем) и мультиагентных систем. Инструменты мультиагентного моделирования (multiagent modeling system – MMS) разрабатываются в зависимости от особенностей динамики взаимодействия объектов конфликтной ситуации на базе исследований [12], [14]. Интегрированный информационно-управляющий комплекс СПИМ, реализующий концепцию MMS, представляет собой сложную многоуровневую систему:

$$\langle Ag(S)_{JB}, Ag(S)_{JU} \rangle, \quad (2)$$

где $Ag(S)_{JB}$ и $Ag(S)_{JU}$ – ассоциации интеллектуальных агентов-лидеров, обеспечивающих интерпретацию состояния ИА в пространствах поведения и управления J-й конфликтной ситуации:

$$Ag(S)_{JB} = \langle Ag(A)_J, Ag(B)_J, Ag(C)_J, Ag(D)_J \rangle; \quad (3)$$

$$Ag(S)_{JU} = \langle Ag(E)_{JU}, Ag(F)_{JU}, Ag(G)_{JU}, Ag(H)_{JU} \rangle, \quad (4)$$

где $Ag(A)_J$, $Ag(B)_J$, $Ag(C)_J$, $Ag(D)_J$ – ИА, реализующие процедуры идентификации модели мира, аппроксимации моделей поведения, оценки и прогноза конфликтной ситуации; $Ag(E)_J$, $Ag(F)_J$, $Ag(G)_J$, $Ag(H)_J$ – ИА, обеспечивающие генерацию поведенческих альтернатив с использованием принципа минимальной длины, выбор предпочтительной вычислительной технологии на основе принципа конкуренции, выработку управленческого решения и его реализацию в исследуемой конфликтной ситуации ($J=1, \dots, N$) на основе принципа ограниченной сложности.

В рамках такой интерпретации базовая МАС контроля среды взаимодействия представляется кортежем:

$$\langle \Phi(FC), X, Y \rangle, \quad (5)$$

где $\Phi(FC)$ – функция нечеткого соответствия, определяющая среду MMS в пространствах поведения и управления динамической теории катастроф; X – область входных воздействий, Y – область выхода системы, причем декартово произведение

$$X \times Y \subseteq M(FC) \quad (6)$$

определяет множество, задающее область определения нечеткого соответствия.

Реализация технологий мультиагентного моделирования позволяет представить модельное отображение особенностей конфликтной ситуации, имитировать различные цели и сущности конфликта, вырабатывать управляющие воздействия в зависимости от динамики развития и достижения целей конфликта. Последовательность выполнения этих операций определяется актуальной моделью конфликтного взаимодействия.

Технологии, поддерживающие функционирование MMS на базе СППМ, должны разрабатываться в рамках концепции «мягких вычислений» [31] и выявления «скрытых» знаний. Наиболее приемлемо использование сервисно-ориентированной архитектуры (SOA) [28], грид-систем [14] и инструментов «облачных» вычислений [14, 25, 27].

Интеграция инструментария интерпретации конфликтных ситуаций с функциональными блоками МАС (рис. 4) возможна на основе теоретического базиса обработки больших объемов данных [29]. Технологические решения, применяемые при суперкомпьютерном моделировании на основе системы экстренных вычислений [30], обеспечивают высокую производительность в задачах оперативного контроля ОУ при моделировании конфликтных ситуаций.

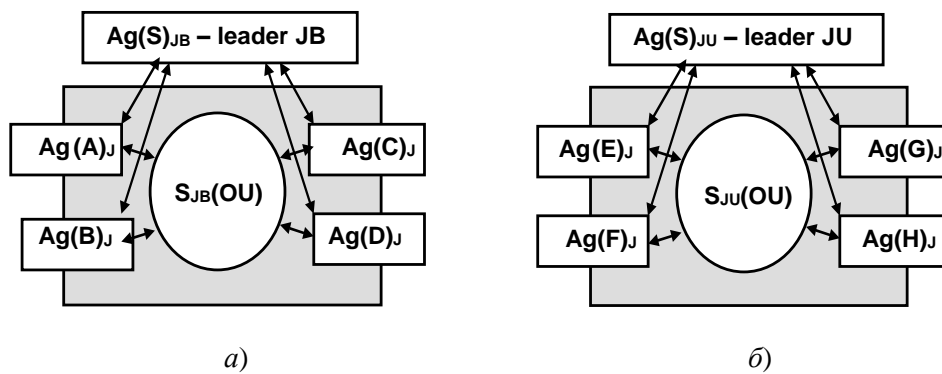


Рис.4. Структура МАС, обеспечивающая функционирование СППМ как АДС:
 а – пространство поведения; б – пространство управления

Соответствующие данной структуре укрупненные процедуры обработки информации и принятия управленческих решений содержатся в табл. 1.

Таблица 1

Элементы структуры типовых процедур обработки информации при функционировании СППМ

Структура	Характеристика
$Ag(A)_1 - Ag(A)_N$	Модели идентификации ситуации
$Ag(B)_1 - Ag(B)_N$	Модели аппроксимации факторов
$Ag(C)_1 - Ag(C)_N$	Алгоритмы оценки ситуации
$Ag(D)_1 - Ag(D)_N$	Алгоритмы прогноза ситуации
$Ag(E)_1 - Ag(E)_N$	Процедуры генерации альтернатив
$Ag(F)_1 - Ag(F)_N$	Процедуры выбора решения
$Ag(G)_1 - Ag(G)_N$	Выработка управленческих решений
$Ag(H)_1 - Ag(H)_N$	Реализация управленческих решений

Приведенные процедуры обработки информации позволяют в рамках концепции MMS реализовать коллективное поведение интеллектуальных агентов (ИА) при контроле и прогнозировании конфликтных ситуаций для различных случаев взаимодействия [2, 18, 23].

Предлагаемая архитектурно-структурная организация СППМ содержит необходимые качественные признаки, обеспечивающие эффективность функционирования комплекса при моделировании сложных конфликтных ситуаций за счет использования следующих преимуществ:

- параллелизм обработки информации на основе сообщества агентов;
- уменьшение объема передаваемой информации (ИА передаются обработанные данные и команды);
- широкий спектр решаемых задач различной сложности, обеспеченный возможностью одновременного использования ИА различной конфигурации;

- повышение надежности системы путем возможного дублирования и передачи поведенческих функций между различными ИА.

Выработка управляющих воздействий осуществляется в автоматическом и автоматизированном режимах путем обработки результатов оценки и прогноза развития конфликтной ситуации. Автоматический режим обеспечивается в алгоритмическом контуре программного управления на основе сопоставления результатов моделирования и рекомендаций формализованной системы знаний, а автоматизированный режим – в алгоритмическом контуре адаптивного управления с использованием результатов моделирования и априорной информации о ситуации.

Оперативный модуль СППМ осуществляет контроль развития конфликтной ситуации при различном уровне неопределенности на основе концептуальной модели, построенной с заданными ограничениями, условиями функционирования и приоритетами. Структура СППМ включает наиболее важные компоненты, обеспечивающие цепочку преобразования информации в соответствии с представлением:

$$R^n \times R^r : \langle AF \rightarrow SU \rightarrow DS \rangle \quad (7)$$

где R^n и R^r – пространства поведения и управления динамической теории катастроф; AF – анализ и прогноз ситуации; SU – выработка стратегий управления; DS – принятие решений и оперативное управление.

Модель функционирования интегрированного комплекса СППМ содержит множество элементов на интервале реализации:

$$Set(E)t = \langle Set(Appr)t \cup Set(Ident)t \cup Set(For)t \rangle, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (8)$$

где кортеж $\langle \bullet \rangle$ определяет пространства R^n и R^r , интегрирующие множества задач идентификации $Set(Ident)$, аппроксимации $Set(Appr)$ и прогноза $Set(For)$, функциональные элементы которых содержат следующие процедуры:

$$Set(Ident)t = \langle Set(Ident : W(t)) \cup Set(Ident : V(t)) \cup Set(Ident : S(t)) \rangle, \quad (9)$$

$$Set(Appr)t = \langle Set(Appr : X(t)) \cup Set(Appr : Q(t)) \cup Set(Appr : Fr(t)) \rangle, \quad (10)$$

$$Set(For)t = \langle Set(For : Xo(t)) \cup Set(For : T(t)) \cup Set(For : L(t)) \rangle, \quad (11)$$

где $Set(Ident:W(t))$, $Set(Ident:V(t))$, $Set(Ident:S(t))$ – множества, определяющие процедуры идентификации параметров конфликтной среды $W(t)$, $V(t)$ в текущей ситуации $S(t)$; $Set(Appr:Q(t))$, $Set(Appr:X(t))$, $Set(Appr:\Omega(t))$ – множества, описывающие процедуры аппроксимации при восстановлении параметров конфликтной среды $X(t)$, $Q(t)$ в виде функции интерпретации $Fr(t)$; $Set(For:Xo(t))$, $Set(For:T(t))$, $Set(For:L(t))$ – множества, обеспечивающие

оперативный $X_0(t)$ и долгосрочный $L(t)$ прогноз динамических характеристик взаимодействия и времени $T(t)$ нахождения ОУ в конфликтной ситуации.

Многоуровневая декомпозиция (8) позволяет представить СППМ в виде иерархии вложенных элементов, задающих его структуру. Теория АДС объединяет общесистемные представления о методологии исследования систем обеспечения комплексной безопасности с помощью моделей поддержки принятия решений. Иерархическая структура СППМ позволяет управляющему модулю обеспечивать взаимодействие всех элементов и может быть представлена с помощью ориентированного ациклического графа G с множеством вершин V и множеством дуг E :

$$G = \langle V, E \rangle, V = N \cup M, E \subseteq V \times M, \quad (12)$$

где N – конечное множество программной реализации функциональных задач; M – множество управляющих структур.

Управление поведением ОУ в конфликтной ситуации на основе модели (8) определено как отображение модели текущей конфликтной ситуации и информации об изменении среды взаимодействия в новую структуру моделей поведения объектов.

Схема обработки информации при функционировании СППМ

При функционировании интеллектуального ядра СППМ решается задача повышения эффективности принятия решений при контроле ОУ на основе UCS и динамической теории катастроф. Достижение цели обеспечивается путем системной интеграции методов и средств информационной и аналитической поддержки исследовательской и экспертной деятельности инструментами UCS.

Обработка информации при функционировании СППМ опирается на набор рекуррентных правил, порождающих модель ситуации, ее интерпретации на данном иерархическом уровне и сжатия информации при переходе на более высокий уровень.

Концептуальная модель обработки информации при интерпретации функционального пространства принятия решений в сложной динамической среде имеет вид [14]:

$$S(U) = \langle F(Com): \{T(t, \tau) \times X(KB) \times Q(V, W)\} \rightarrow Y(R) \rangle \quad (13)$$

где $S(U)$ определяет множество стратегий управления, а ее компоненты представляют следующие структуры: $F(Com)$ – множество элементов UCS, реализующих принцип конкуренции; $T(t, \tau)$ – множество моментов времени, определяющих модель развития динамических ситуаций при конфликтном взаимодействии ОУ; $X(KB)$ – множество элементов оперативной базы данных; $Q(V, W)$ – множество значений вектора входных воздействий внешней среды;

$\{T(t, \tau) \times X(KB) \times Q(V, W)\}$ – множество закономерностей в данных; $Y(R)$ – множество правил обобщения информации; τ – интервал реализации. В функциональном пространстве (13) отображается эволюция конфликтных ситуаций в нестационарной динамической среде.

Методология обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде СППМ (рис.5) основана на использовании математических моделей взаимодействия, технологии МАС и ND-систем, включающих нейро-нечеткие и нейро-эволюционные модели [14].

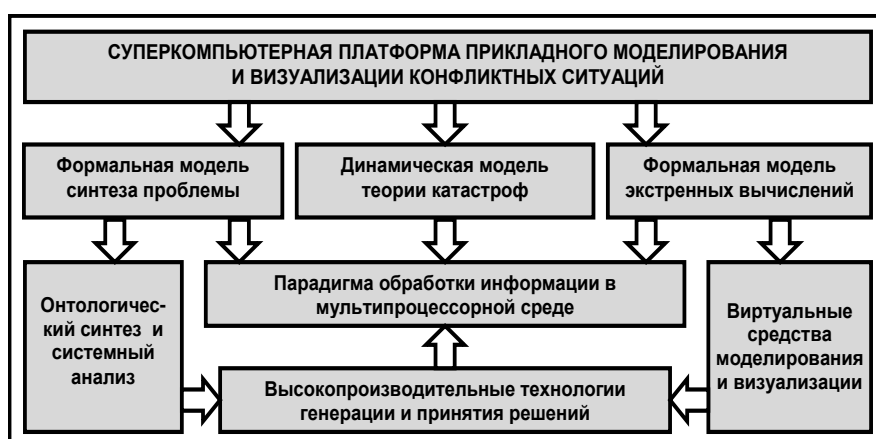


Рис.5. Схема обработки информации при функционировании СППМ

Таким образом, в среде СППМ формируется инструментарий моделирования, прогнозирования, экспертиз и визуализации поведения систем различных типов и уровней в конфликтных ситуациях с учетом ключевых аспектов обстановки. Создаются условия для фундаментальных и прикладных исследований процессов конфликтного взаимодействия на базе высокопроизводительных средств.

Особенности построения пространств поведения и управления СППМ

В задачах оценки поведения сложных систем на основе динамической теории катастроф выделяется ряд задач, которые требуют применения специальных методов решения [20]. Среди них следует выделить класс задач, относящихся к числу *некорректно поставленных* (по А.Н.Тихонову), к которым в рассматриваемых приложениях относятся *обратные задачи* определения количественных характеристик процессов конфликтного взаимодействия по результатам их косвенных проявлений. Можно говорить о корректности решения задач идентификации на основе подходов, предложенных в работе [20].

Для этого введем еще два определения:

Определение 4. Последовательность операций выполнения преобразований в рамках пространств поведения R^n и управления R^r позволяет рассматривать цепочку компактных замкнутых множеств $M_1 \subset M_2 \subset \dots \subset M_n$, так что замыкание их объединения $\cup M_n$ совпадает с M .

Определение 5. Построение устойчивого к малым изменениям правой части приближенного решения по формуле $z = A^{-1}u$ возможно в тех случаях, когда решение ищется на компакте $M \subset F$ и правая часть уравнения принадлежит множеству $U = AM$.

Задача нахождения приближенного квазирешения на компакте M сводится к минимизации функционала, т.е. к нахождению минимума функции, как правило, нескольких переменных.

Основной результат исследования обратных задач в работе [20] сформулирован в следующем виде:

Лемма. Если отображение $F_0 \rightarrow U_0$ компакта F_0 на множество U_0 взаимно однозначно и непрерывно, то обратное отображение $U_0 \rightarrow F_0$ также непрерывно.

Таким образом, минимизирующая последовательность $\{z_n\}$ в методе подбора сходится к z_v при $n \rightarrow \infty$, если z_v принадлежит к классу возможных решений M и множество M – компакт.

Теорема. Если уравнение $Az = u$ может иметь на компакте M не более одного решения и проекция каждого элемента $u \in U$ на множество $N = AM$ единственна, то квазирешение уравнения единственно и непрерывно зависит от правой части u .

Таким образом, при переходе к квазирешению восстанавливаются все условия корректности, т.е. задача нахождения квазирешения уравнения на компакте M является корректно поставленной.

Применение подходов, изложенных в работе [20], связано с задачами поиска экстремальных значений функции интерпретации на интервале реализации, а также обработкой информации в задачах идентификации, аппроксимации и прогноза как некорректно поставленных и обратных задач нахождения пространственно-временных характеристик ОУ.

Системный анализ [8] при формировании СППМ предполагает всестороннее исследование поведения ОУ в рамках междисциплинарного подхода. Это обеспечивает системное моделирование процессов взаимодействия при построении динамической базы знаний вычислительного комплекса СППМ с учетом взаимосвязанных факторов, воздействующих на исследуемый ОУ и определяющих результаты развития текущей конфликтной ситуации. Аргументированная оценка значения каждого из факторов и их совокупности, степени влияния на ОУ позволяет получить развернутую объективную картину взаимодействия конфликтующих сторон. Системный подход в теории и практике исследования причинно-следственных связей выступает в качестве методологии целостного исследования, связанного с восстановлением свойств ОУ, идентификацией параметров модели процессов

конфликтного взаимодействия. Методология системных исследований нашла отражение при формализации знаний о предметной области на основе комплексной онтологии с использованием принципов системной декомпозиции. Модели онтологий и знаний о предметной области направлены на целостное изучение особенностей взаимодействия объектов конфликтной ситуации с использованием динамической модели катастроф и требований к методологии исследования наиболее существенных особенностей изучаемого процесса:

Требование 1. *Структурно-функциональное и динамическое единство*, позволяющее описывать особенности функционирования и развития объектов конфликтной ситуации в их единстве с учетом свойств взаимодействующих процессов во всем многообразии. Это способствует более глубокому объяснению динамики взаимодействия в условиях высокой неопределенности, раскрытию характера поведения ОУ при различном генезисе в области конфликтологии.

Требование 2. *Иерархичность*, обеспечивающая представление системной интеграции методов и средств исследований не только как определенной совокупности, но и как структуры, включенной в более сложную систему инструментов моделирования, прогнозирования и экспертиз конфликтных ситуаций, что позволяет исследовать общие закономерности сущностей конфликтного поведения и единичные черты объектов взаимодействующих сторон. При многоуровневом описании процессов взаимодействия каждый из уровней вычислительных экспериментов СППМ может быть разбит на ряд подуровней, отражающих глубину проникновения в сущность исследуемого процесса на каждом уровне.

Требование 3. *Причинно-следственная связность*, определяющая источники развития конфликтной ситуации и позволяющая восстанавливать неизвестные причины и конкретные свойства объекта исследования.

Технология достижения целостности исследований особенностей конфликтной ситуации требует не просто применения совокупности методов системного, математического и имитационного моделирования, но и выработки эффективных управляющих воздействий путем обобщения полученных знаний в единую научную картину развития ситуации, выяснения возможностей практического применения полученных решений. Такой подход к исследованию динамики взаимодействующих сторон на основе стратегии UCS способствует расширению функциональных возможностей СППМ, обеспечивает взаимопроникновение и взаимообогащение научных методов и инструментов планирования и проведения вычислительных экспериментов, а также формализации знаний.

Анализ результатов имитационного моделирования и алгоритмов многокритериального анализа ситуаций предусматривает учет изменения характеристик конфликтной ситуации при различном уровне управляющих воздействий. Технология разработки программного обеспечения

рассматриваемых задач предусматривает распараллеливание операций оперативного контроля в режиме реального времени. Последовательность решения задач моделирования и интерпретации конфликтных ситуаций указана на рис.6. Здесь выделены основные этапы решения задачи в рамках мультимодельной системы с учетом правил выбора адекватной модели, рассмотренных выше требований и вычислительных средств математического моделирования.

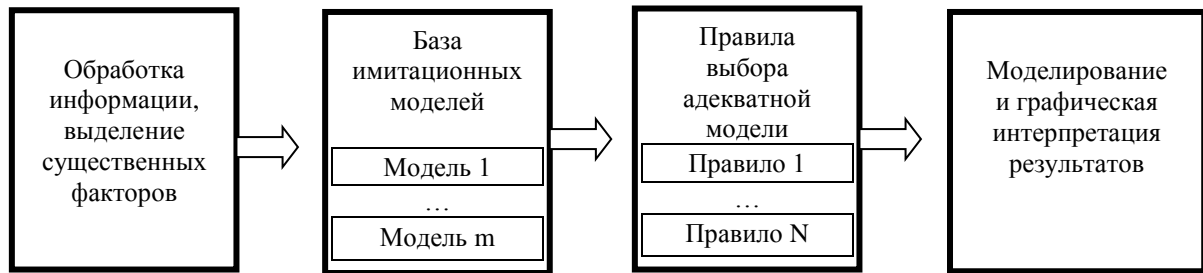


Рис.6. Поток информации при решении задачи моделирования конфликтной ситуации

Программный комплекс СПИМ позволит решать сложные задачи обнаружения и идентификации конфликтной ситуации, оценке её опасности, разработке практических рекомендаций и их корректировке. Особенно сложно это в нештатных и трудно формализуемых ситуациях (открытые и скрытые вооруженные конфликты, экономические и информационные войны, геополитические, конфессиональные и идеологические конфликты), когда возникают затруднения при реализации процедур прикладного моделирования, обеспечивающих выработку эффективных управленческих решений при конфликтном взаимодействии объектов обстановки.

В этих условиях с учетом неопределённости и неполноты исходной информации необходимо вырабатывать и принимать оперативные решения на основе обобщения современных представлений о наиболее распространенных видах целенаправленных организационных противоборств и опыта применения средств математического моделирования и автоматизации информационно-аналитической поддержки экспертной деятельности, а также данных о фактических характеристиках антагонистических конфликтов, внешних условий и динамики развития ситуации (рис.7).



Рис. 7. Концептуальная основа последовательности функционирования программного комплекса СПИМ

Функции СПИМ в этих условиях заключаются в обеспечении системы контроля нештатных и экстремальных ситуаций при выборе управленческого решения инструментами формализации информации и вычислительными технологиями исследования антагонистических конфликтов с использованием всех доступных данных, результатов имитационного моделирования и визуализации динамики взаимодействия объектов конфликтной среды. При создании таких средств важное значение имеют методы и модели адаптивного контроля конфликтных ситуаций, их программная реализация, а также концептуальные решения по совершенствованию критериального базиса оценки опасности ситуации.

Заключение

Проблема интерпретации конфликтных ситуаций с помощью СПИМ связана с реализацией концепции экстремальных вычислений UCS в различных приложениях. Предлагаемые подходы состоят не только в установлении закономерностей процессов взаимодействия участников обстановки в сложной конфликтной среде, но и в обосновании пути дальнейшего совершенствования разработанных концептуальных решений. В рамках такой интерпретации особое значение приобретает исследование временных и частотных структур данных и многообразия отображений протекающих процессов на основе фрактальной геометрии и энтропийного анализа. Выявление общих факторов и физических особенностей функционирования ОУ

на основе концепции UCS обеспечивает понимание явления в целом и возможности анализа развития конкретного приложения.

Результаты предварительных исследований открывают перспективы более глубокого познания феномена эволюции конфликтных ситуаций в сложной динамической среде. Богатство идей формирования интерпретирующей и управляющей функций СППМ и концепция интеграции знаний динамической модели катастроф обеспечивают системное исследование эффективных процедур поиска новых стратегических решений по обеспечению безопасности критически важных объектов и прогноза развития целенаправленных конфликтов. Параллельно этому углубляется синтез знаний при изучении важнейших закономерностей процессов взаимодействия в условиях непрерывного изменения внешних факторов, что позволяет выявить трудно формализуемые грани сложной проблемы контроля конфликтных ситуаций.

Решение поставленных задач позволит обеспечить достижение цели создания СППМ – повышение эффективности информационной и аналитической теории принятия управленческих решений на основе моделирования и визуализации динамики взаимодействия элементов сложных систем.

Библиографический список

1. Балута В.И., Осипов В.П., Яковенко О.Ю. Среда моделирования, прогнозирования и экспертиз как интеллектуальное ядро поддержки управления сложными системами // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2015. №82. 16 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2015-82>
2. Балута В.И., Яковенко О.Ю. Формализация описания сложного поведения объектов в задачах имитационного моделирования систем физической защиты // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2016. №3. 32 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2016-3>
3. Васильев А.Н., Осипов В.П. Концепция и принципы рациональной схемы прикладного моделирования // Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 2011, №6, с.29 – 37.
4. Голицын Г.А., Петров В.М. Гармония и алгебра живого. – М.: Знание, 1990.
5. Давыдов А.А., Четверушкин Б.Н., Лацис А.О., Луцкий А.Е., Смольянов Ю.П, Шильников Е.В. Многопроцессорная вычислительная система гибридной архитектуры // Доклады Академии наук, 2010, том 434, № 4, с. 459 – 463.
6. Касти Дж. Большие системы: связность, сложность и катастрофы. — М.: Мир, 1982.
7. Колесниченко А.В., Четверушкин Б.Н. Вывод квазигидродинамических уравнений для автотранспортных систем на основе формализма неаддитивной статистики // *Mathematica montisnigri*, Vol. XXXIV, pp.26 – 54.
8. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987.

9. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978.
10. Моисеев Н.Н. Избранные труды, М.: Тайрекс Ко, 2003.
11. Нариньяни А.С. Не-факторы: неточность и недоопределенность – различие и взаимосвязь // Известия РАН. Теория и системы управления, 2000, №5, с.44–56.
12. Нечаев Ю.И., Лютин А.В. Мультиагентные технологии в сложных адаптивных системах искусственного интеллекта // Сборник докладов XIV Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям SCM-2011. Санкт-Петербург. 2011, т.2, с.64 – 68.
13. Нечаев Ю.И. Теория катастроф: современный подход при принятии решений. – Санкт-Петербург: Арт-Экспресс, 2011.
14. Нечаев Ю.И. Топология нелинейных нестационарных систем: теория и приложения. – Санкт-Петербург: Арт-Экспресс, 2015.
15. Николис Дж. Динамика иерархических систем: эволюционное представление. – М.: Мир, 1989.
16. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. – М.: СИНТЕГ, 1999.
17. Осипов В.П., Нечаев Ю.И. Концептуальный базис создания интегрированного вычислительного комплекса поддержки принятия решений // Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 2011, № 6, с.4 – 18.
18. Романов В.В., Шульга Д.Д. Концептуальная модель конфликтных взаимодействий // Стратегическая стабильность, 2003, №2, с.16-21.
19. Солодовников В.В., Тумаркин В.И. Теория сложности и проектирование систем управления. — М.: Наука, 1990.
20. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. - М.: Наука, 1986.
21. Четверушкин Б.Н. Прикладная математика и проблемы использования высокопроизводительных вычислительных систем // Труды МФТИ, 2011, т.3. №4, с.55 – 67.
22. Четверушкин Б.Н. Кинетические модели для решения задач механики сплошной среды на суперкомпьютерах // Математическое моделирование, т.27, 2015, №5, с.65 – 79.
23. Шатров В.Ф., Шульга Д.Д. Методы моделирования конфликтных взаимодействий. – М.: РИЦ ИСПИ РАН, 2002.
24. Figueira G., Almada-Lobo B. Hybrid simulation–optimization methods: A taxonomy and discussion // Simulation Modelling Practice and Theory, 2014, Т. 46, pp. 118–134.
25. Foster I., Zhao Y., Raicu I., Lu S. Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared // eprint arXiv:0901.0131, 2008. URL: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0901/0901.0131.pdf>
26. Gallopoulos S., Housts E., Rice J. Problem Solving Environment // IEEE Computational Science and Engineering. Summer, 1994.

27. GTSI Cloud Computing Maturity Model. URL: [http://www.gtsi.com/sms/documents/White-Papers/Cloud Computing.pdf](http://www.gtsi.com/sms/documents/White-Papers/Cloud%20Computing.pdf)
28. Lublinsky B. Defining SOA as an architectural style. 9 January 2007. URL: <http://www.ibm.com/developerworks/architecture/library/ar-soastyle>
29. Szalay A. Extreme data-intensive scientific computing // Computing in Science & Engineering, 2011, Т. 13, №. 6, pp. 34-41.
30. Urgent Computing Workshop 2007. Argonne National Lab, University of Chicago, April 25-26, 2007. URL: <http://spruce.teragrid.org/workshop/urgent07.php>
31. Zadeh L. Fuzzy logic, neural networks and soft computing // Communications of The ACM - 1994, Vol.37, №3, pp.77–84.

Принятые сокращения

СППМ (SPAS)	суперкомпьютерная платформа прикладного моделирования
АДС	активная динамическая система
ОУ	объект управления
ППР	поддержка принятия решений
МВС	многопроцессорная вычислительная система
МАС	мультиагентная система
ИА	интеллектуальные агенты
НЕ-факторы	факторы неопределенности
ND-системы	Нейродинамические системы
MMS	multiagent modeling system (система мультиагентного моделирования)
UCS	urgent computing system (система экстренных вычислений)

Оглавление

Введение	3
Функционирование СППМ как активной динамической системы.....	4
Проблема неопределенности и функциональные компоненты МАС СППМ	6
Схема обработки информации при функционировании СППМ	11
Особенности построения пространств поведения и управления СППМ	12
Заключение.....	16
Библиографический список.....	17
Принятые сокращения	19