



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

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

Формальный аппарат
моделирования и
интерпретации
антагонистических
конфликтов на базе
электронного полигона

Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Формальный аппарат моделирования и интерпретации антагонистических конфликтов на базе электронного полигона / В.П.Осипов [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 181. 28 с. doi:[10.20948/prepr-2018-181](https://doi.org/10.20948/prepr-2018-181)
URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-181>

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

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

**Формальный аппарат
моделирования и интерпретации
антагонистических конфликтов
на базе электронного полигона**

Москва — 2018

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

Формальный аппарат моделирования и интерпретации антагонистических конфликтов на базе электронного полигона

Обсуждается формальный аппарат моделирования и интерпретации антагонистических конфликтов на основе программного комплекса электронного полигона. Рассмотрены особенности применения вычислительной технологии экстренных вычислений в суперкомпьютерной среде интерпретации конфликтных ситуаций. Основное внимание уделяется использованию вычислительных структур полимодельного комплекса, интегрирующего интеллектуальные технологии экстренных вычислений в задачах формирования и развития различных форм конфликтных ситуаций в условиях существенной неопределенности (неоконфликтология).

Ключевые слова: электронный полигон, антагонистический конфликт, конфликтология, моделирование конфликтов, экстренные вычисления, суперкомпьютерные технологии

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

The formal apparatus of simulation and interpretation antagonistic conflicts on the base of an electronic polygon

The formal apparatus of simulation and interpretation antagonistic conflicts on the basis of the software complex of the electronic polygon is discussed. Features of application of computing technology of urgent computing in the supercomputer environment of interpretation of conflict situations are considered. The main attention is paid to the use of computational structures of the polymodel complex integrating intelligent technologies of urgent computing in the problems of formation and development of various forms of conflict situations in conditions of significant uncertainty (neoconflictology).

Key words: e-polygon, antagonistic conflict, conflictology, conflict simulation, urgent computing, supercomputing technologies

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

Введение

В работе [1] описана онтологическая модель электронного полигона, предназначенного для оперативной поддержки принятия решений по мере развития конфликта в условиях высокой неопределенности. Целью создания интеллектуального ядра электронного полигона (ЭП) является повышение эффективности системы поддержки принятия решений (ППР) при контроле эволюционной динамики неконфликтной¹ среды в критических ситуациях. Достижение поставленной цели может быть обеспечено путем системной интеграции методов и средств информационной и аналитической ППР в динамической среде экстренных вычислений (УС) [2] (рис.1).

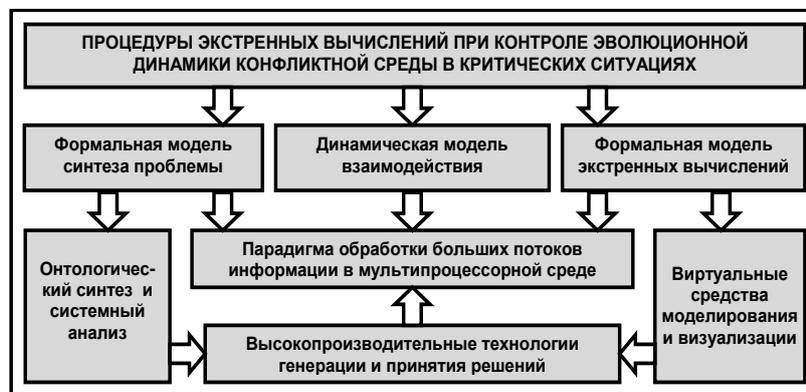


Рис.1. Динамическая среда программного комплекса контроля и интерпретации эволюционной динамики неконфликтной среды

Среди основных элементов рассматриваемой среды можно выделить «динамическое ядро», задающее функциональные элементы ЭП, и набор условий, в которых они действуют. Этот набор может изменяться и расширяться в зависимости от особенностей интерпретируемой системы конфликтного взаимодействия.

Теоретическая основа процессов обеспечения оперативного контроля конфликтных ситуаций может быть сведена к ограниченному числу принципов, центральным из которых является *принцип оптимальности*, а скрытые механизмы его достижения весьма многочисленны и сложны.

Другим важным фактором является энтропия неконфликтной среды, которая определяется как мера неопределенности или как мера разнообразия возможных состояний системы антагонистического взаимодействия. С энтропией тесно связано понятие *степеней свободы* системы как числа независимых переменных, которыми описывается состояние неконфликтной

¹ Неоконфликтология рассматривается в ракурсе исследования сложных процессов и явлений антагонистического взаимодействия в условиях существенной неопределенности [1].

среды, а также принцип *максимума энтропии*, позволяющий находить устойчивое равновесное состояние для широкого класса взаимодействующих систем. Фундаментальным принципом, с помощью которого описывается эволюционная динамика взаимодействия сложных систем, а также процессы их развития и адаптации, является принцип *максимума информации* [3], который может рассматриваться как постулат, определяющий общенаучные тенденции.

Средствами программного комплекса ЭП формируется гибкое информационное пространство фундаментальных и прикладных исследований при решении задач стратегической инициативы, обеспечивающее повышение эффективности управленческих решений в конфликтных ситуациях на базе виртуальных средств моделирования и визуализации, а также ключевых аспектов взаимодействия инфраструктур различных типов и уровней системной интеграции.

Динамическая модель обработки информации при моделировании антагонистических конфликтов интегрирует базы данных ЭП в общее хранилище данных, обеспечивающее единое *информационное пространство* для организации процесса интеллектуальной ППР. Формирование управления реализуется с помощью обратной алгоритмической связи на основе концептуальной модели, представленной в виде кортежа:

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

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

Формализация процессов обработки информации осуществляется на основе анализа особенностей возникающих антагонистических конфликтов с использованием следующих утверждений.

Утверждение 1. Адаптивный прогноз эволюции конфликтных ситуаций при оценке эволюционной динамики строится на основе анализа результатов математического моделирования поведения объектов конфликтной среды с использованием априорной информации. Надежность прогноза определяется в зависимости от критериев развития ситуаций.

Утверждение 2. Закономерности, используемые при построении базы знаний системы ППР, устанавливаются на основе фундаментальных представлений о развитии конфликтных ситуаций в процессе управляемого движения к целевому аттрактору. Описание закономерностей ведется для

процессов конфликтного взаимодействия на основе теоретических и экспериментальных методов.

Утверждение 3. Модели прогноза эволюционной динамики конфликтных ситуаций строятся с использованием существенных факторов и закономерностей исследуемых процессов взаимодействия. Функционирование системы ППР обеспечивает контроль ситуации и выработку управленческих решений по обеспечению безопасности состояния конфликтной среды.

Особенности преобразования информации в задачах неоконфликтологии

Технологические решения, применяемые при моделировании эволюционной динамики конфликтной среды, предназначены для обеспечения высокой производительности при реализации гибридных технологий [4] на базе высокоуровневых средств описания задач моделирования и визуализации. Формирование управленческих решений реализуется в зависимости от критичности возникающих ситуаций, а в условиях неопределенности – с использованием относительной энтропии [5] и принципа максимума информации [3].

Утверждение 4. Концептуальная модель обработки информации при интерпретации функционального пространства в сложной динамической среде ЭП имеет вид:

$$S(U) = \left\langle \begin{array}{c} F(Com) \\ \{T(t, \tau) \times X(KB) \times Q(W)\} \rightarrow Y(R) \end{array} \right\rangle, \quad (2)$$

где $S(U)$ определяет множество стратегий управления, а ее компоненты представляют следующие структуры: $F(Com)$ – множество элементов, реализующих принцип конкуренции; $T(t, \tau)$ – множество моментов времени, определяющих модель развития конфликтных ситуаций; $X(KB)$ – множество элементов оперативного управления; $Q(W)$ – множество значений вектора входных воздействий конфликтной среды; $\{T(t, \tau) \times X(KB) \times Q(W)\}$ – множество закономерностей в данных; $Y(R)$ – множество правил обобщения информации; τ – интервал реализации.

Функциональное пространство (2) определяет интеграцию функциональных компонент ЭП и отображает эволюцию процессов взаимодействия при реализации конфликтных ситуаций в эволюционирующей динамической среде, которое можно представить в виде следующей схемы (рис.2).

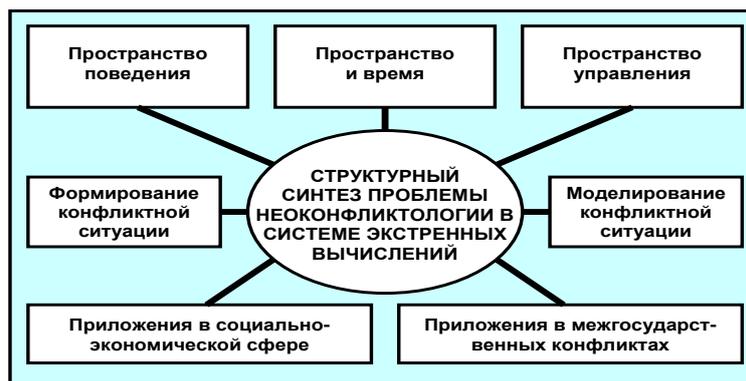


Рис. 2. Структурный синтез проблемы неконфликтологии и ее практические приложения

Среди подходов при решении проблем неконфликтологии следует выделить концепцию Data Mining [6], которая позволяет осуществлять обработку больших объемов информации, отличающихся сложным комплексным характером объектов антагонистической среды, отражающей взаимодействие разнородных процессов и подсистем, а также открытое множество возможных ситуаций взаимодействия на входе системы ППР. Наиболее важными особенностями Data Mining являются:

- достаточно большие объемы данных, требующие обработки в режиме УС;
- сложность построения исходной формальной модели конфликтной ситуации, определяющей «управляемость» и «оптимизируемость» в условиях неопределенности;
- необходимость выделения определяющих параметров и функциональных зависимостей из множества их значений в различных конфликтных ситуациях (при отсутствии исходной информации выдвигаются и верифицируются гипотезы о виде таких зависимостей).

Приведенные особенности породили новую парадигму компьютерной обработки данных и знаний в среде неконфликтологии. Главной ее характеристикой стало взаимно согласованное, объединенное в единой унифицированной инструментальной среде ЭП использование средств поддержки хранения больших пополняющихся объемов информации, развитых средств представления знаний в системе ППР, моделей рассуждений и средств компьютерной аппроксимации (когнитивная парадигма, поиск релевантного знания). При этом важное значение имеют методы машинного обучения (machine learning) и процедур интеллектуального анализа данных, позволяющих выполнять следующих операции:

- выявлять скрытые взаимные влияния различных факторов, проводить их причинный анализ и порождать возможные зависимости в накопленных данных;

- анализировать наблюдаемые в накопленных данных аномалии (отклонения от порожденных зависимостей);
- прогнозировать на основе полученной информации характер эволюционной динамики неконфликтной среды.

Общая постановка задачи Data Mining состоит в следующем. Пусть $U = D_1, \dots, D_k$ – универсальное отношение, построенное на множестве доменов D_1, \dots, D_k базы данных системы ППР. Каждый кортеж $c_j = \langle d_1, \dots, d_k \rangle$, где $d_i \in D_i$ уникален и представляет собой набор связанных данных интерпретируемой конфликтной ситуации. Следовательно, все данные, относящиеся к набору исходных данных, содержатся во множестве кортежей отношения U , в каждом из которых имеется хотя бы один экземпляр из имеющегося набора данных. Такое решение определяет все множество данных, на которых, возможно, существуют знания в смысле моделей Data Mining. Построение множества (ассоциации данных для выделенного набора) представляет собой, согласно схеме Data Mining, этап подготовки данных, а сама ассоциация – это данные, подготовленные для реализации технологии Data Mining.

Data Mining имеет много общего с Machine Learning. Однако отличие связано с объемами обрабатываемых данных и эффективностью вычислений. Именно проблема эффективности вычислений определяет основную грань, разделяющую Data Mining и Machine Learning.

Топологические структуры, реализующие многокритериальную функцию $F(CR)$ интерпретации антагонистической системы в соответствии с приведенной на рис.2 схемой, определяют стратегию оценки поведения антагонистической системы: при анализе альтернатив предпочтение всегда отдается математическому описанию, построенному на базе данных динамических наблюдений и измерений как наиболее эффективному средству получения априорной информации о поведении объекта взаимодействия. Если в процессе контроля поведения антагонистической системы возникнет нештатная ситуация, то она рассматривается как новая задача и при ее интерпретации определяется класс принадлежности либо формируется новый класс на основе принципа адаптивного резонанса [7-8].

Утверждение 5. Операционная семантика модели взаимодействия в антагонистической системе определяется исходным состоянием системы $S(W, OC)$ и ее переходом в другие состояния, формализация которых осуществляется на основе отображений в пространствах поведения и управления:

$$\langle S(W, OC), U(t, \alpha, \beta) \rangle, \quad (3)$$

где $S(W, OC)$ – состояния среды взаимодействия (OC – объект управления); $U(t, \alpha, \beta)$ – пространство управлений, t – время перехода состояний в процессе эволюции; α, β – предусловие и постусловие состояния.

При формализации кортежа (3) используются приведенные ниже определения информационной сложности при формализации проблемы взаимодействия и распознавании ситуаций.

Определение 1. Информационная сложность $Inf(\Omega, t)$ пространственно-временного поля антагонистической системы определяется логическим пересечением компонент информационного вектора $I(W)$, формирующего образы конфликтной среды и адекватно отображающего состояние антагонистической системы $S(W, OC)$ в процессе ее эволюции:

$$Inf(\Omega, t) = I(W) \cap S(W, OC). \quad (4)$$

Определение 2. Распознавание состояний эволюционной динамики P_k антагонистической системы в конкретный момент времени осуществляется на основе количественно измеренных признаков текущей конфликтной ситуации в зависимости от особенностей системы и уровня управляющих воздействий:

$$P_k = \{P_{jk}\} = P_{1k}, \dots, P_{jk}, (j = 1, \dots, J; k = 1, \dots, K). \quad (5)$$

Определение 3. Многомерный вектор функций принадлежности (ФП) нечеткой формальной системы (НФС) ППР $\mu_{jk} \forall_{jk}$ образует информационное пространство идентификационных признаков антагонистической системы, каждому из которых соответствует мера его информативности

$$P_{jk} \rightarrow \mu_{jk}, (j = 1, \dots, J; k = 1, \dots, K). \quad (6)$$

Стратегии обработки информации при контроле антагонистических систем определяют реализацию интерпретирующих моделей на основе *принципа конкуренции* [9]. Выделим характерные стратегии, определяющие структурный и параметрический синтез алгоритмов контроля характеристик конфликтной ситуации на основе функции интерпретации пространств поведения и управления. Реализация стратегий позволяет отобразить поток информации с помощью различных связей между входными и выходными параметрами исследуемых процессов конфликтного взаимодействия. В результате открываются возможности использования достоинства исследуемых формализмов, обеспечивающих компактность, простоту и полноту содержания знаний в моделях эволюционной динамики антагонистической системы в мультипроцессорной вычислительной среде [7-8].

Утверждение 6. Два пересекающиеся множества A и B характеризуют конкурирующие алгоритмы обработки информации в антагонистической системе с помощью функции интерпретации $f: X \rightarrow Y$, представленной в виде:

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x \in A, x \in B; \\ 0, & x \in A, x \notin B, \end{cases} \quad (7)$$

где значение 1 соответствует структуре алгоритма x с учетом требований минимальной длины описания [3] ($A \in X$) и принципом сложности [10] ($B \in Y$), а 0 – удовлетворяющей требованиям минимальной длины описания, но не соответствующей принципу сложности; X и Y – множества, содержащие рассматриваемые алгоритмы.

Функция интерпретации, обеспечивающая выбор решений в задаче адаптивной идентификации, аппроксимации и прогноза эволюционной динамики в рамках принципа конкуренции, основана на использовании *функции выбора*.

Аксиома 1. Существует *функция выбора* $C(\Phi)$, областью определения которой является множество условий U . Функция $C(\Phi)$ обеспечивает выбор решения из непустого множества возможных решений.

Наиболее простая реализация аксиомы выбора связана с построением и анализом *модели выбора* ([8,11]), позволяющей осуществлять целевое сужение множества альтернатив при выборе лучшего решения в рамках принципа конкуренции:

$$\Phi(Q) = \{q_i \in Q | U\}, \quad (8)$$

где q_i – объект из множества Q , выбранный по условию U .

Условие выбора представляется в виде кортежа

$$U = \langle \sigma(t), \pi(R) \rangle, \quad \pi(R) = \langle R, T \rangle, \quad (9)$$

где $\sigma(t)$ – текущая информация о состоянии антагонистической системы; $\pi(R)$ – правило выбора. R – отношения между элементами (x_i, σ_i, T) – тип выбора (эквивалентность, соответствие, предпочтение).

Общий подход к интерпретации решений на основе *модели выбора* основан на использовании принципа сложности [10], в рамках которого здесь рассматриваются задачи математического описания динамики антагонистического взаимодействия. Формальная модель выбора в пространствах поведения и управления, построенная на базе правила (9), приводит к следующей модели выбора:

$$\pi(R, MDL) = \langle R(M), T(CR) \rangle, \quad (10)$$

где $\pi(R, MDL)$ – структура, характеризующая проблему выбора в задачах идентификации, аппроксимации и прогноза; $R(M)$ – отношение, определяющее структуру альтернативных моделей, описывающих рассматриваемую задачу

интерпретации; $T[F(CR)]$ – тип выбора, реализуемый на основе критериальной функции, формируемой в зависимости от решаемой задачи контроля поведения антагонистической системы:

$$F(CR) = \Phi_1(Ident), \Phi_2(Appr), \Phi_3(Forecast), \quad (11)$$

где $\Phi_{1,2,3}$ – функции выбора решения при контроле эволюционной динамики, причем Φ_1 реализует выбор решения при идентификации текущей ситуации (оценка состояния конфликтной ситуации), Φ_2 – выбор решения в задачах аппроксимации, а Φ_3 – адаптивный прогноз при контроле эволюции системы в пространствах поведения и управления.

Отобранные в результате анализа альтернатив математические модели объединяются в исходное множество [8,10]:

$$M(W, OC) = \{m(w, oc)\}, \quad (12)$$

которое может обеспечить возможность сравнения элементов математических моделей для анализа и выбора предпочтительного варианта. Множество $M(W, OC)$ представляет собой соотношения параметров конфликтной среды взаимодействия (W, OC) . Каждому элементу этого множества $m(w, oc) \in M(W, OC)$ ставится в соответствие цель моделирования $aim[m(w, oc)]$. Все элементы множества $M(W, OC)$ по цели моделирования эволюционной динамики должны быть эквивалентны. Множество $M(W, OC)$ всех математических моделей, имеющих общую цель моделирования, определяет *целевое пространство* моделей, объединяющее модели поведения антагонистической системы для различных конфликтных ситуаций. Общая теория сложности [10] конкретизируется применительно к задачам моделирования на основе соотношения (12).

Таким образом, принцип сложности [10] имеет определяющее значение при моделировании эволюционной динамики антагонистической системы в терминах «вход-выход» и в категориях пространства состояний, а также по различным видам информационного и алгоритмического обеспечения. Применение принципа сложности в условиях неточности и неопределенности информационного обеспечения [12] требует определения модели антагонистической системы совместно с оценкой ее сложности: «реализация модели – сложность модели» как единое целое.

Проблема сложности при разработке моделей антагонистических систем имеет принципиальное значение в связи со *сжатием информации* при выработке управляющих воздействий. Поэтому в системах УС находят применение компактные алгоритмы преобразования информации, реализуемые на основе принципа конкуренции и удовлетворяющие требованиям сложности и адекватности. Одно из эффективных направлений решения этой проблемы связано с использованием метода *минимальной длины описания* (Minimal

Description Length – MDL), сформулированного А.Н. Колмогоровым в рамках алгоритмической теории информации [3]. Выбор «регуляризатора», основанного на принципе MDL, формализует принцип «бритвы Оккама» [13]. Для набора исходных данных и множества моделей принцип MDL предпочитает модель с кратчайшим эффективным описанием.

Определение 4. Преобразования информации, применяемые в структурах конфликтной среды на основе формального аппарата концептуальных решений, характеризуют исходную последовательность событий при контроле текущей ситуации на интервале реализации:

$$P \xrightarrow{\rho} G_0 \xrightarrow{\rho_0} G_1 \xrightarrow{\rho_1} \dots \xrightarrow{\rho_{n-1}} G_n, \quad (13)$$

где P – множество, определяющее результат формирования исходной структуры данных интерпретируемой ситуации; G_0, G_1, \dots, G_n – множества, реализующие фазы эволюции в соответствии со стратегией моделирования; $\rho, \rho_0, \rho_1, \dots, \rho_{n-1}$ – управляющие структуры НФС).

Определение 5. Формирование множеств G_0, G_1, \dots, G_n на основе управляющих структур $\rho, \rho_0, \rho_1, \dots, \rho_{i+1}$ обеспечивается в процессе применения операторов интерпретации в пространствах поведения и управления для каждой фазы эволюции (13).

Определение 6. Последовательность событий эволюционной динамики конфликтной среды на интервале реализации определяется цепочкой преобразований:

$$P \rightarrow G_0 \rightarrow N(\rho_i) \rightarrow 0, \quad (14)$$

где P – исходная задача; G_0 – граф-интерпретация генерируемых значений функционального пространства; $N(\rho_i)$ – функция интерпретации, обеспечивающая аппроксимацию динамических характеристик в условиях неопределенности.

Утверждение 7. Образ $J(\rho_i)$ управляющей структуры ρ_i с ядром $N(\rho_{i+1})$ отображения ρ_{i+1} рассматривается как совокупность подсистем:

$$P_0 = N(\rho_0), P_q = N(\rho_q) = J(\rho_{q-1}), q = 1, 2, \dots \quad (15)$$

Утверждение 8. Подсистема $N(\rho_q)$ системы G_q определяет последовательность

$$N(\rho_q) \xrightarrow{\alpha_q} G_q, \quad (16)$$

где α_q – оператор включения, позволяющий представить достоверный результат преобразования информации в виде:

$$G_q \rightarrow J(\rho_q) = N(\rho_{q+1}), \quad (17)$$

где образ управляющей структуры при $J(\rho_q) = N(\rho_{q+1})$.

Модель функционирования программного комплекса ЭП представляется с помощью переменной состояния $u \in A$ из допустимого множества функциональных элементов A . Состояние системы взаимодействия конфликтной среды в рассматриваемый момент времени t зависит от управляющих воздействий $u \in U$. На множестве $U \times A$ задается функционал $\Phi(u)$, определяющий эффективность функционирования программного комплекса. Задача заключается в выборе такого допустимого управления, которое при известной реакции конфликтной среды максимизирует значение эффективности

$$\Phi(u) \rightarrow \max (u \in U). \quad (18)$$

Иерархическая структура моделирования антагонистической среды неоконфликтологии

Интерпретация эволюционной динамики конфликтных ситуаций на основе ЭП (рис. 3) включает функциональные модули, ориентированные на решение задач обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде [8,9]. Иерархическая модель, объединяющая функциональные модули прикладных программ, позволяет описывать интегрированную систему неоконфликтологии на различных уровнях абстракции.

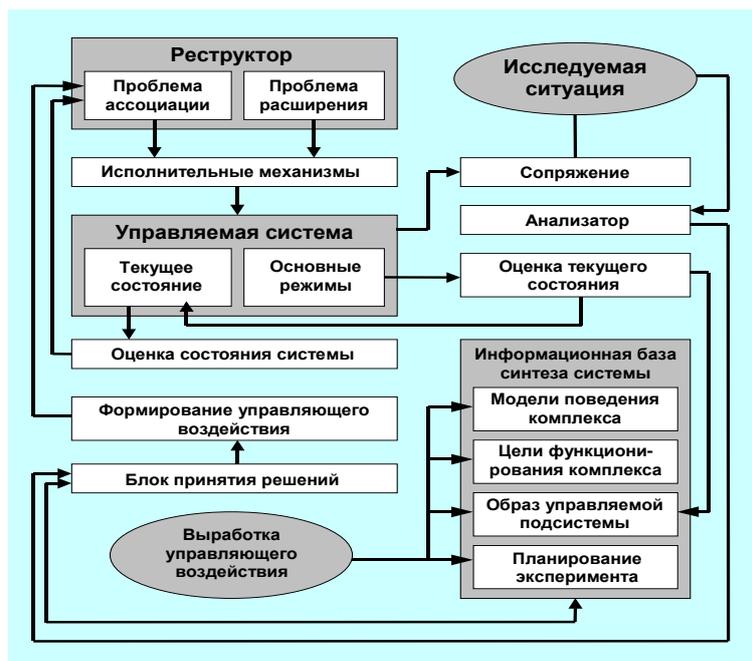


Рис. 3. Концепция, определяющая основной цикл управления программным комплексом моделирования в среде неоконфликтологии

Оперативный модуль ЭП осуществляет контроль развития текущей конфликтной ситуации при различном уровне неопределенности на основе концептуальной модели (2), построенной с заданными ограничениями, условиями функционирования и приоритетами. Компоненты, обеспечивающие цепочку преобразования информации, реализуются на основе представления:

$$\langle AF \rightarrow SU \rightarrow DS \rangle, \quad (19)$$

где AF – анализ и прогноз ситуации; SU – выработка эволюционных стратегий системы ППР; DS – принятие решений и оперативное управление.

Модель функционирования интегрированного комплекса ЭП содержит множество элементов, обеспечивающих ППР на интервале реализации:

$$\begin{aligned} Set(E)t = & \langle Set(Appr)t \cup Set(Ident)t \cup \\ & \cup Set(For)t \rangle, t \in [t_0, t_k], \end{aligned} \quad (20)$$

где кортеж $\langle \bullet \rangle$ определяет пространство взаимодействия, интегрирующее множество задач идентификации Set(Ident), аппроксимации Set(Appr) и прогноза Set(For), функциональные элементы которых содержат соответствующие процедуры.

Многоуровневая декомпозиция (19)-(20) позволяет представить программный комплекс ЭП в виде иерархии вложенных элементов, задающих его структуру. Теоретические принципы функционирования комплекса объединяют общесистемные представления о методологии исследования антагонистических систем с помощью моделей ППР. Управляющий модуль ЭП координирует взаимодействие всех элементов иерархической структуры с помощью ориентированного ациклического графа G с множеством вершин V и множеством дуг E:

$$G = \langle V, E \rangle, V = N \cup M, E \subseteq V \times M, \quad (21)$$

где N – множество программной реализации задач неоконфликтологии; M – множество управляющих структур комплекса.

Управление поведением иерархической структуры (21) определяется как отображение среды взаимодействия в новую структуру поведения. Обработка информации опирается на набор рекуррентных правил, порождающих структуры интерпретации на данном *иерархическом* уровне и сжимающих информацию на более высоком *когнитивном* уровне.

Определение 7. Функциональный анализ информационной среды моделирования обеспечивает соответствие задач и средств моделирования вычислительному комплексу ЭП. Для исходного момента времени t_0 контроля текущей ситуации в информационной среде выделяется множество необходимых задач $Set(t_0)$ и множество их классов:

$$Set(t_0) = \cup_{p(t_0)} C_i, (\forall (i_1, i_2) \in p) \wedge (C_{i_1} C_{i_2}), \quad (22)$$

т.е. полное множество задач $Set(t_0)$ разбивается на классы C_i в соответствии с их назначением при контроле поведения объектов конфликтной среды.

Определение 8. Инструментом описания задач S и порядком их распределения является матрица взаимодействий. Элементы матрицы обозначают интенсивность передачи данных в процессе выполнения задач, обеспечивающих идентификацию, аппроксимацию и прогноз поведения взаимодействующих структур.

При создании ЭП используется эффективное сочетание накопленной системы знаний с новыми подходами и парадигмами искусственного интеллекта (ИИ). Повышение достоверности оценки и прогноза ситуации достигается с использованием парадигмы обработки информации [9], основанной на развитии концепции «мягких вычислений» [14]. Это позволяет обеспечить рациональную организацию вычислительной технологии обработки информации в задаче анализа и прогноза развития конфликтной ситуации, а также формализовать поток информации при реализации НФС в мультипроцессорной вычислительной среде в соответствии со следующими утверждениями:

Утверждение 9. Анализ альтернатив и принятие решений в задачах контроля эволюции конфликтной ситуации в сложной динамической среде осуществляется с использованием критериев, определяющих приоритетность решения $F(u) \rightarrow [0, 1]$ на основе функциональных соотношений модели выбора.

Утверждение 10. Реализация конкурирующих вычислительных технологий при интерпретации решений в условиях априорной неопределенности обеспечивается на основе НФС выбора решения с учетом особенностей конфликтного взаимодействия в исследуемой ситуации.

Утверждение 11. Оценка полезности решения в информационной среде «задача–решение–критерий» определяется путем формирования композиционного правила системы ППР, которое определяет отличие полученного качества решения от желаемого с учетом системы предпочтений приоритетности решения.

Реализация утверждений 9–11 дает возможность повысить эффективность принимаемых решений путем распараллеливания и реализации алгоритмов на высокопроизводительной вычислительной платформе ЭП. Проверка корректности алгоритмов осуществляется формальным путем на основе общих требований к алгоритмическому обеспечению системы. Применительно к параллельным алгоритмам понятие корректности связано со специфическими свойствами таких алгоритмов: непротиворечивостью, устойчивостью и согласованностью [11].

Интерпретация конфликтных ситуаций. Информационная среда моделирования открывает возможности создания иерархической среды полимодельного комплекса (ПМК) интерпретации конфликтных ситуаций

(рис.4). Полиmodelьная среда, обеспечивающая контроль конфликтной ситуации, представляет собой иерархическую структуру [15-17]. Информация, поступающая на каждый иерархический уровень с нижнего яруса, суммируется и определяет состояние системы оперативного контроля в процессе эволюции среды взаимодействия.

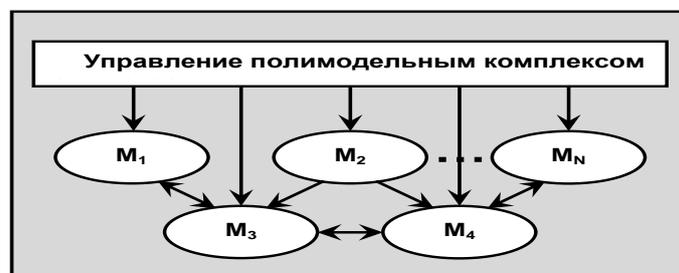


Рис.4. Иерархическая среда управления ПМК

Высшие иерархические уровни характеризуются возрастающей долей участия элементов восходящего порядка в формировании алгоритмов оценки поведения объектов антагонистической среды и генерации управляющих воздействий.

На каждом иерархическом уровне вводится описание последовательности операций в терминах пространств состояний и ситуаций в соответствии со следующими определениями:

Определение 9. Пространство *состояний* X конфликтной ситуации включает в себя тип и число переменных и параметров состояния Ω , функцию отображения $f: X \times \Omega \rightarrow R$, а также описание состояний, соответствующих данному уровню иерархии.

Определение 10. Пространство *ситуации* системы взаимодействия – множество элементов на данном уровне иерархии, характеризующееся параметрами конфликтной ситуации и особенностями динамики взаимодействия при заданном уровне возмущений.

Определение 11. Математическое описание динамики взаимодействия с фиксированным пространством ситуаций включает следующие компоненты: множество допустимых входов U , множество допустимых выходов Y , множество состояний Q (пространство ситуаций), функцию перехода $\lambda: Q \times U \rightarrow Q$ и функцию выхода $\gamma: Q \times U \rightarrow Y$.

Приведенные определения позволяют сформулировать аксиому интерпретации эволюционной динамики антагонистической системы в пространстве поведения:

Аксиома 2. Динамика конфликтной ситуации в пространстве состояний антагонистической системы характеризуется функцией интерпретации, определяющей области притяжения и управляющие решения в процессе эволюционной динамики системы, находящейся под воздействием внешних возмущений.

Рассмотрим интерпретацию этой аксиомы. Движение объектов конфликтного взаимодействия в процессе эволюции антагонистической системы в пространстве состояний связано с понятиями *направленности* и *сходимости*. Будем рассматривать два класса сходимости: G_1 – сходимость к целевому аттрактору и G_2 – сходимость, определяющая потерю устойчивости состояния конфликтной среды (возникновение катастрофы). Понятия направленности и сходимости определяют последовательность преобразования информации при интерпретации поведения антагонистической системы в сложной динамической среде.

Совершенствование теоретической базы программной среды ПМК осуществляется с использованием интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений. Интерпретация динамики конфликтного взаимодействия потребовала перестройки имеющихся методов и алгоритмов анализа текущих ситуаций в условиях ограниченности временных интервалов и исходной информации. Алгоритмы решения реализуются на основе концепции эволюционного моделирования [18] и теории катастроф [7].

Формирование иерархии моделей интегрированной системы ММК осуществляется с помощью стандартных оснований декомпозиции. На любом уровне иерархии выделяются подсистемы и взаимосвязи между ними. Формально модель подсистемы можно описать следующим образом:

$$M(S_i) = \langle C(S_i), \{V_j(S_i)\} \rangle, \quad (23)$$

где $C(S_i)$ – описание класса подсистемы S_i ; $\{V_j(S_i)\}$ – множество вариантов подсистем S_i .

Описание класса $C(S_i)$ содержит атрибуты, для каждого из которых задается идентификатор (название), тип и область значений (домен), множество отношений (зависимостей) между атрибутами и множество методов (присоединенных процедур):

$$C = \langle \{x_k, t_k, D_k\}, G, F \rangle, \quad (24)$$

где x_k – идентификатор атрибута; t_k – тип атрибута; D_k – домен атрибута; $G = \{g_k\}$ – множество зависимостей между атрибутами; F – множество методов.

Преобразование математического аппарата интегрированного ПМК ориентировано на обработку произвольных комбинаций арифметических операций и последующего построения необходимого математического выражения в виде дерева интеллектуальной ППР. Корнем дерева является результат сформированного математического выражения, используемого в заданной ситуации.

При построении дерева ППР на первой итерации все исходные данные математической операции разбиваются на пары, и для каждой пары

вычисляются их значения. Далее все полученные значения пар также разбиваются на пары и снова выполняются вычисления для выделенных пар.

Логический вывод при поиске моделей ППР состоит из последовательности шагов:

- *на первом шаге* на основе текущей информации производится отбор подходящих классов моделей. Критерием отбора служат условия задачи и диапазоны изменения заданных характеристик;
- *на втором шаге* для выделенных классов моделей рассчитываются значения экспертных оценок, устанавливается конкретная модель и соответствующие признаки;
- *третий шаг* – вывод заключения с формулировкой характеристики модели, ее пригодности для решения поставленной задачи и диапазона погрешностей, который устанавливается на основе критериев, определяющих интервальные значения экспертных оценок.

На рис. 5 представлена обобщенная структура дерева интеллектуальной поддержки, обеспечивающая процедуры интерпретации эволюционной динамики сложных систем.

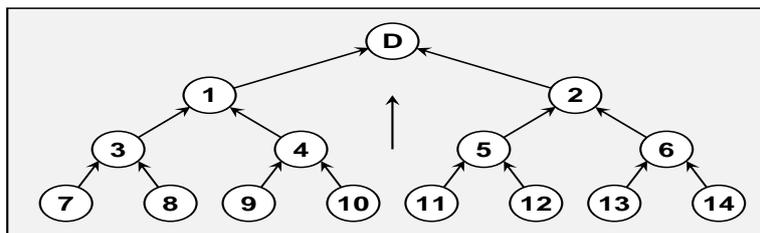


Рис. 5. Общая модель дерева решений при интеллектуальной поддержке процедур эволюционной динамики

Ветви дерева отображают следующие решения: 1 и 2 – функции интерпретации множеств поведения и управления; (3 – 6) – конкурирующие вычислительные технологии при выборе предпочтительного решения (структурные и факторные модели 3, комплексные сети и мультиагентные модели 4, антагонистические игры 5 и когнитивные структуры 6; (7 – 14) – алгоритмы многокритериальной оптимизации (7), идентификации (8), аппроксимации (9) и прогноза (10), генерации решений (11); анализа альтернатив (12), алгоритмы интерпретации решений (13) и графического отображения результатов (14) в сложной динамической среде.

Помимо указанных решений с помощью предложенной модели можно структурировать алгоритмы эволюционной динамики многофункционального управления, включая эволюционное и символическое моделирование, а также алгоритмы процессов адаптации и самоорганизации при возникновении нештатных ситуаций и при построении диаграммы переходов состояний. Обработка вычислительных операций исходного математического выражения

на основе дерева решений заключается в определении необходимого числа проходов и выполнении каждой операции.

Таким образом, полученная структура интерпретации задач неоконфликтологии представляет собой информационный граф с операционными и информационными вершинами и дугами, определяющими поток данных. Для синхронизации потока данных в информационном графе на этапе трансляции параллельной программы выполняется расчет временной задержки для каждого канала памяти путем суммирования алгоритмической и синхронизационной задержек.

Такое представление дает возможность рассматривать ПМК как иерархическую систему ППР при контроле поведения объектов антагонистической системы. Принцип необходимой иерархии в рассматриваемом приложении формулируется следующим образом: *чем меньше формализованы зависимости управляющих воздействий от возмущений среды или состояния объектов управления и чем больше неопределенность при принятии решений, тем более высокая иерархия необходима для управления.*

Из этого принципа следует, что недостаточные возможности управления могут быть компенсированы с помощью построения управленческих решений как иерархически структурированного программного комплекса ЭП.

Алгоритм поиска оптимальной иерархии [15,16] состоит в выполнении процедуры автоматической кластеризации при определении на заданном конечном множестве объектов $E \in R^m$ такого разбиения E , чтобы одни классы включали в себя другие. Рассмотрим дихотомические иерархии, определенные на E и оптимальные при минимальной сумме всех составляющих. Дихотомическая иерархия определяет множество H , состоящее из подмножеств E при условии:

$$\begin{aligned}
 &1) \forall x \in E, \{x\} \in H, E \in H; \\
 &2) \forall B \in H, \forall \tilde{B} \in H \ B \cap \tilde{B} = \{\phi, B, \tilde{B}\}; \\
 &3) \forall B \in H \ card \ B > 1 \Rightarrow \\
 &\exists (\tilde{B}, B^*) \in H \times H : \tilde{B} \neq B^* \text{ и } \tilde{B} \cup B^* = B.
 \end{aligned}
 \tag{25}$$

Здесь первые два условия определяют иерархию, а третье – условие её дихотомичности.

Описание используемых моделей взаимодействия в рамках иерархической структуры достигается с помощью формализации понятий (функций интерпретации), связанных между собой различного рода отношениями. Понятия организованы в иерархии, связи внутри которых структурированы таким образом, чтобы построить управление процессом обработки информации на основе НФС. Концепция иерархии управляемых моделей на основе принципа минимальной длины описания [3] позволяет выделить единую «базовую» модель, позволяющую строить реалистичные описания

контролируемых процессов, формировать новые обобщения и нетривиальные подходы к анализу сложных систем. Число переменных и диапазон их изменения в ПМК достаточно велики, а сами переменные могут быть качественными и количественными. При этом их взаимозависимости слабо формализованы и изменяются с течением времени.

Функциональное пространство неоконфликтологии в среде экстренных вычислений

Задачи оценки параметров пространств поведения и управления в среде неоконфликтологии, а также функций интерпретации конфликтных ситуаций содержат неопределенности, совокупность которых можно разделить на две основные группы:

1) неопределенности в исходных данных:

- структурная неопределенность при неполной информации связей «вход – выход» исследуемой модели конфликтного взаимодействия;
- стохастическая неопределенность, определяемая уровнем шума в исходной выборке данных о эволюционной динамике конфликтной среды;
- информационная неопределенность, зависящая от качества выборки и числа измерений при интерпретации конфликтного взаимодействия;

2) неопределенности в процедурах моделирования:

- функциональная неопределенность, возникающая при выборе адекватного базисного набора функций интерпретации;
- параметрическая неопределенность, связанная с выбором критериев и алгоритмов решения задачи идентификации и аппроксимации в пространстве поведения конфликтной среды;
- критериальная неопределенность, относящаяся к выбору критериев и методов решения задач структурной идентификации отображений взаимодействие объектов эволюционной динамики конфликтной среды.

Управляющая инфраструктура ЭП обеспечивает решение взаимосвязанных задач УС на основе парадигмы [12]. Концептуальные решения по интерпретации конфликтных ситуаций реализуются при действии НЕ-факторов в условиях неопределенности [9].

Предположения, принятые при построении абстрактно-функционального метода отношений в пространстве интерпретации конфликтных ситуаций на основе ПМК, можно выразить в виде следующих определений, связывающих функции и методы интерпретации эволюционной динамики в пространстве поведения [7].

Определение 12. Функция и методы, выделенные при исследовании поведения объектов эволюционной динамики в конфликтной ситуации, могут быть заданы в явном виде.

Определение 13. Если некоторой функции сопоставлен метод исследования, то это означает, что данный метод полностью реализует функцию интерпретации.

Определение 14. Если функции интерпретации сопоставлены несколько методов, то это означает, что функция может быть реализована каждым из этих методов (альтернативные варианты).

Определение 15. Если методу исследования антагонистической системы сопоставлены несколько функций интерпретации, то это означает, что этот метод реализует каждую из выделенных функций (полифункциональность).

Выразительность теории ПМК в интерпретации конфликтных ситуаций определяется совокупностью понятий (термов), которые могут быть выражены из ядра этой теории: TR_1 – множество функций, которым сопоставлены реализуемые их методы интерпретации; TR_2 – множество функций, которые не реализуются никакими имеющимися методами; TR_3 – множество всех имеющихся методов; TR_4 – множество альтернативных методов; TR_5 – множество функций, реализующих данный метод.

Периодичность эволюции структур ПМК как развивающейся системы отображается в виде цепочки преобразования информации «конфликтная ситуация → оценка состояния → генерация и анализ альтернатив → выработка решения» (рис. 6).

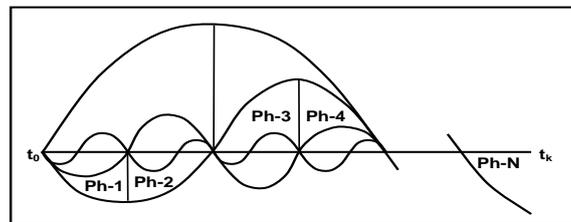


Рис. 6. Эволюционная динамика поведения конфликтной среды на интервале реализации

Факторы, определяющие приведенную структуру, позволяют реализовать совокупность взаимодействий в антагонистической среде как иерархически взаимосвязанные фазы эволюции Ph-1, ..., Ph-N на множествах поведения и управления динамической среды неконфликтологии.

Интерпретация процессов взаимодействия в пространствах поведения и управления обеспечивается на основе приведенных концептуальных решений ПМК и состоит в формировании структуры с различными описаниями классов задач в пространстве управляющих переменных области поиска с системой ограничений [8,16]:

$$z_i^- \leq z_i \leq z_i^+, i \in 1, \dots, r, \quad (26)$$

где z_i^+ и z_i^- – нижний и верхний пределы значений для i -й управляющей переменной, а r – число управляемых переменных.

Процедуры ППР направлены на выбор значений вектора управляемых переменных в области поиска $Z \in D_Z$ так, чтобы удовлетворить условиям выбора. Область пространства управляемых переменных, в которых выполняются все наложенные условия, называют *областью реализации* D_R , а множество $D = D_Z \cap D_R$ – *областью допустимых решений*.

В множестве D выделяют выпуклые D^* и невыпуклые D^{**} подмножества при условии:

$$D^* = D_1 \cup D_2 \cup \dots \cup D_k; \quad D^{**} = D_1 \cap D_2 \cap \dots \cap D_k. \quad (27)$$

Область принятия решения разбивается на два подмножества: $D = D_1 \cup D_2$, где в подмножество D_1 включено отображение по заданному критерию варианта решений, а в D_2 – все отклоненные варианты, причем $D_1 \cap D_2 = \emptyset$.

Критерий оптимальности представляется отображением на множестве допустимых решений

$$Q := M_1 \rightarrow R^+, \quad (28)$$

где R^+ – множество неотрицательных вещественных чисел.

Критериальная функция Q реализует процедуру сравнения вариантов генерируемых решений $m' \in M'$, если

$$Q(m') = \min Q'(m'), m' \in M'. \quad (29)$$

Оптимизационная задача $\langle M, D, Q \rangle$ содержит M – пространство решений, D – ограничения в M допустимой области

$$M' \subseteq D, Q : M' \rightarrow R^+ \quad (30)$$

с критерием оптимальности Q .

Перейдем к рассмотрению стратегии определения моделируемой ситуации, когда все ответы интерпретирующего алгоритма на множестве данных в рамках принципа сложности являются корректными. Общая схема формирования вычислительных операций такой стратегии дополняет принципиальные решения, полученные в непрерывно изменяющейся динамической среде.

Исследование *триады* «математическая модель–решаемая задача–метод решения» имеет исключительное значение при выполнении корректных операций в ходе преобразований поведения антагонистических систем. Анализ триады свидетельствует о том, что даже элементарные и эквивалентные преобразования, о которых часто не задумывается разработчик «триады», могут изменять корректность задачи, особенно при оценке устойчивости системы: *исходная и преобразованная системы могут быть одинаково асимптотически устойчивы по Ляпунову, но исходная система теряет устойчивость при сколь угодно малых вариациях коэффициентов, тогда как преобразованная сохраняет устойчивость*. Отмеченный феномен характеризует особенности эволюционной динамики при выборе классов эквивалентных преобразований, которые эквивалентны в расширенном смысле для рассматриваемой задачи.

Определение 16. Корректные операции над алгоритмами распознавания и прогнозирования в антагонистических системах обладают свойством сохранения *корректности алгоритма* при условии выполнения принципа сложности. Это свойство является весьма полезным при построении процедур интерпретации с порождением семейств корректных алгоритмов.

Определение 17. Содержательная схема построения корректного алгоритма при включении в его структуру процедур интерпретации реализуется на основе множества допустимых описаний объектов конфликтной среды X и множества Y допустимых результатов решений Y в рамках теории сложности, причем оператор $y: X \rightarrow Y$ определяет искомую зависимость, а оператор $a: X \rightarrow Y$ – алгоритм из класса A , аппроксимирующий зависимость $y(x)$.

Понятие корректности алгоритма a на множестве описаний $X^0 \subseteq X$ вводится на основе определений 13 и 14. В отдельных случаях можно воспользоваться *агрегированным* решением, позволяющим оценить совокупное качество выходной характеристики X^0 при условии оптимальности значения исследуемого параметра антагонистической системы. Корректные алгоритмы строятся как решение, представленное в табл. 1.

Таблица 1.

Корректность алгоритма эволюционной динамики антагонистических систем

Интерпретация корректности алгоритма	Функциональные зависимости
Функционал качества	$Q(a X^0) = Q(a(x): x \in X^0)$
Задача оптимизации	$a^* = \arg \min_{a \in A} Q(a X^0)$ $a^* = \arg \max_{a \in A} Q(a X^0)$
Решение задачи	$a^* = \arg \{Q(a X^0) \in L^*\},$
Условие выполнения корректно-агрегированного алгоритма	$Q(a X^0) \in L^*.$

При выполнении операций, содержащихся в табл. 1, следует руководствоваться приведенными ниже требованиями, с помощью которых реализуется *принцип возможности*, определяющий эмпирическую проверку разработанных алгоритмов и концептуальных решений эволюционной динамики антагонистической системы.

Требование 1. Объекты и отношения, содержащиеся в корректном алгоритме, необходимо сопоставлять с наглядными понятиями и физическими закономерностями эволюционной динамики системы, что обеспечивает доступность интерпретации конфликтной ситуации, предусмотренной разработанным алгоритмом для геометрического отображения.

Требование 2. После построения общего представления ситуации в виде корректного алгоритма эволюционной динамики системы необходимо путем

экспериментов или измерений установить, являются ли верными установленные в качестве предложений закономерности и утверждения.

Положения принципа возможности тесно взаимосвязаны с теорией сложности. Совокупный результат применения общего управляющего принципа в задачах интерпретации эволюционной динамики антагонистической системы определяет логическое образование понятий в виде простых и легко интерпретируемых образов, отображаемых в корректных алгоритмах. Анализ ведется с использованием наблюдаемых явлений и физических закономерностей.

Функциональное пространство, определяющее обратные задачи эволюционной динамики в пространствах поведения и управления, рассмотрим на основе подхода [19]. При интерпретации проблемы неконфликтологии возникает ряд задач, требующих подходов, сформулированных в работах [12,19]. Среди них следует выделить *некорректно поставленные задачи*, широким классом которых в рассматриваемых приложениях являются *обратные задачи* определения количественных характеристик по результатам их косвенных проявлений.

Последовательность операций выполнения преобразований в рамках пространств поведения и управления позволяет рассматривать цепочку компактных замкнутых множеств $M_1 \subset \dots \subset M_n$. Задача нахождения приближенного квазирешения на компакте M сводится к нахождению минимума функции выделенных переменных.

Основной результат исследования обратных задач сформулируем в виде следующих определений [12,19]:

Определение 18. 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 при $n \rightarrow \infty$, если z принадлежит к классу возможных решений M и множество M – компакт.

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 $U = AM$.

Определение 19. 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, то есть задача нахождения квазирешения уравнения на компакте M является корректно поставленной, а множество реализаций эволюционной динамики характеризуется упорядоченными правилами P_1, \dots ,

P_N и алгоритмами обработки информации A_1, \dots, A_N , с помощью которых обеспечивается оперативное управление в системе ППР.

Применение изложенных подходов к интерпретации эволюционной динамики конфликтных ситуаций поведения 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 конфликтной ситуации. Классификация математических моделей в программном комплексе ЭП проводится по элементам модели и зависимости, описывающей целевую функцию, ограничения и граничные условия.

Общее направление исследований особенностей поведения объектов конфликтной ситуации на основе программного комплекса ЭП определяется в соответствии с высказыванием И.Ньютона: «...объяснить как можно большее количество фактов как можно меньшим числом исходных положений». Другими словами, по мере развития теоретических аспектов совершенствования программной среды ЭП число объясняемых фактов должно возрастать, а число исходных положений (постулатов, принципов) – сокращаться. Как показывают результаты проведенных исследований [7,8,12], построение теории прикладного математического, имитационного и системного моделирования в виде замкнутой системы знаний требует проведения ресурсоемких вычислений на базе исходных положений и концептуальных решений.

Заключение

В ИПМ им. М.В.Келдыша развиваются несколько направлений моделирования конфликтного взаимодействия, например, в области информационного противоборства [20-22], а также анализа характерных зон фазового пространства состояний противоборствующих сторон [23]. В настоящей работе прорабатываются концептуальные положения создания электронного полигона в интересах изучения вопросов формирования и выбора стратегий поведения в условиях антагонистических конфликтов.

Синтез концептуальных решений задач неконфликтологии позволил выделить основные структуры знаний и сформулировать общий подход к построению теоретических основ проблемы моделирования и интерпретации антагонистических конфликтов в среде электронного полигона. Формальный аппарат знаний обеспечил интеграцию компонент антагонистической системы в пространствах поведения и управления, а аксиоматический базис – строгость математического описания процедур преобразования информации на различных этапах эволюции конфликтной среды. Интерпретация системы конфликтного взаимодействия требует особой осторожности в связи с чрезвычайной сложностью процесса эволюционной динамики в непрерывно изменяющейся среде. В этих условиях на первый план выдвигается проблема

построения модели эволюции при движении системы к целевому аттрактору и при потере устойчивости (возникновение катастрофы). Рассмотренный подход позволяет формализовать задачу адаптации и построить итерационный алгоритм, обеспечивающий решение проблемы выбора оптимальной структуры с учетом наложенных ограничений. Другая проблема связана с реализацией математического описания модели взаимодействия, соответствующей сложности исследуемой ситуации и оптимальной структуре алгоритма на основе принципа сложности и минимальной длины описания на основе метода MDL. Применение изложенных подходов к исследованию эволюционной динамики конфликтных ситуаций связано с построением функции интерпретации на интервале реализации, а также обработкой информации в задачах идентификации, аппроксимации и прогноза как некорректно поставленных обратных задач нахождения пространственно-временных характеристик эволюционной динамики конфликтной среды.

Таким образом, для обеспечения процесса функционирования программного комплекса ЭП необходимо сформировать гибкую среду моделирования, прогнозирования и экспертной интерпретации в интересах фундаментальных и прикладных исследований при решении задач повышения эффективности управленческих решений в конфликтных ситуациях.

Библиографический список

1. *Нечаев Ю.И., Осипов В.П., Четверушкин Б.Н., Балута В.И.* Онтологический синтез управленческих решений в условиях антагонистических конфликтов // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. №179. – 24 с., doi:10.20948/prepr-2018-179.
2. Urgent Computing Workshop 2007. Argonne National Lab, University of Chicago, April 25-26, 2007.
3. *Колмогоров А.Н.* Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
4. *Figueira G., Almada-Lobo B.* Hybrid simulation–optimization methods: A taxonomy and discussion // Simulation Modelling Practice and Theory. – 2014. – Т. 46. – С. 118–134.
5. *Лазарев В.Л.* Теория энтропийных потенциалов. – Санкт-Петербург. Изд-во Политехнического университета, 2012.– 127 с.
6. *Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И.* Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. – Санкт-Петербург. БХВ-Петербург, 2004.
7. *Нечаев Ю.И.* Теория катастроф: современный подход при принятии решений. – Санкт-Петербург: Арт-Экспресс, 2011. – 392 с.
8. *Нечаев Ю.И.* Топология нелинейных нестационарных систем: теория и приложения. – Санкт-Петербург: Арт-Экспресс, 2015. – 325 с.

9. *Нечаев Ю.И.* Математическое моделирование в бортовых интеллектуальных системах реального времени // Труды 5-й Всероссийской научно-технической конференции «Нейроинформатика-2003». М.: МИФИ. 2003. Лекции по нейроинформатике. Ч. 2, с.119–179.
10. *Солодовников В.В., Тумаркин В.И.* Теория сложности и проектирование систем управления. — М.: Наука, 1990. — 341 с.
11. *Литвинская О.С.* Функция выбора решения задачи обоснования средства реализации алгоритмов в информационных системах // Сборник докладов 4-й Всероссийской научно-технической конференции «Управление и информационные технологии УИТ-2006». Санкт-Петербург. 2006, с.162 – 164.
12. *Балута В.И., Нечаев Ю.И., Осипов В.П., Четверушкин Б.Н.* Концептуальный базис суперкомпьютерной платформы прикладного моделирования, прогнозирования и экспертиз конфликтного взаимодействия // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2017. №28. — 20 с.
13. *Judd K., Mees A.* On Selecting Models for Nonlinear Time Series // *Physica D.* 82: 426-444. 1995.
14. [Электронный ресурс]:
<http://spruce.teragrid.org/workshop/urgent07.php>.
15. *Воронин А.А., Мишин С.П.* Оптимизация иерархических систем. М.: ИПУ РАН. 2003. — 214 с.
16. *Губко М.В.* Математические модели оптимизации иерархических структур. — М.: ЛЕНАНД, 2006. — 264 с.
17. *Дидэ Э.* Методы анализа данных. — М.: Финансы и статистика. 1985. — 361 с.
18. *Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.Н.* Теория и практика эволюционного моделирования. — М.: Физматлит, 2003. — 432 с.
19. *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я.* Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1986. — 285 с.
20. *Михайлов А.П., Маревцева Н.А.* Модели информационной борьбы // Математическое моделирование. 2011. Т. 23. № 10. С. 19–32.
21. Математическое моделирование социальных процессов Сборник трудов. Гл. ред. А.П. Михайлов. — М. Изд-во «Экон-Информ», 2016. - 244 с.
22. *Михайлов А.П., Петров А.П., Прончева О.Г., Прончев Г.Б., Маревцева Н.А.* Моделирование периодических дестабилизирующих воздействий при информационном противоборстве в социуме // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2016. № 16. 13 с.
23. *Александров В.А., Балута В.И., Варыханов С.С., Карандеев А.А., Роднин Я.В.* Моделирование антагонистических конфликтов в

парадигме кибернетики третьего порядка // Препринты ИПМ им.
М.В. Келдыша, 2018, №86, 22 с., doi: 10.20948/prepr-2018-86.

Оглавление

Введение	3
Особенности преобразования информации в задачах неоконфликтологии	5
Иерархическая структура моделирования антагонистической среды неоконфликтологии.....	12
Функциональное пространство неоконфликтологии в среде экстренных вычислений	19
Заключение.....	24
Библиографический список.....	25