

# Метод виртуальной перспективы в моделировании “размытых” задач

А.В. Мышев

**Аннотация.** Излагаются и формулируются основные положения и принципы метода виртуальной перспективы в методологии разработки и реализации вычислительных технологий математического моделирования размытых задач. Основу разрабатываемого метода составляют: теория виртуальных решеток, модели активной памяти и процессы с локальным информационным взаимодействием в виртуальной информационной среде моделирования. Решения моделируемых задач строятся в виде комплексов на клеточных топологиях квантовых дискретных пространств (решетки, графы).

**Ключевые слова:** метод виртуальной перспективы, технологии моделирования, модель активной памяти, размытые задачи, виртуальная информационная среда, компьютеринг.

## Введение

Создание методологии разработки оптимальных моделей алгоритмов и процедур вычислительных технологий математического и компьютерного моделирования неустойчивых размытых задач, обусловленных их физической сущностью и несовершенством используемых “традиционных” алгоритмов, в условиях ограничений и многофакторной неопределенности является реальностью и необходимостью перехода от общепринятого дедуктивного метрического (точечного) подхода построения решений имитируемых задач к индуктивному структурному подходу синтеза образов решений в виде топологических структур на квантовых дискретных пространствах [1, 2].

Говоря о построении приближенных численных решений отмеченных задач, используя технику и технологии компьютерного моделирования, информационная среда которых является источником алгоритмически неконтролируемых и неуправляемых ошибок, следует отметить, что в таких вычислительных системах отсутствует адекватный формализм (аналогично квантовым дискретным системам) [3] и

вычисляемые объекты таких систем не имеют систем координат информационной привязки [2]. Здесь следует иметь в виду также особенности различия между приближениями в смысле метрики и топологии. В первом случае метрика является характеристикой того, насколько одно (хорошее) вычисленное “квантовое” значение искомого решения в выделенный квант времени близко к специфическому другому (плохому), а в другом – топология имеет дело с близостью хорошего вычисленного “квантового” значения искомого решения в выделенный квант времени к сочетанию всех неприемлемых (“не окрестных”) его значений и это не обязательно то же самое, что расстояние до ближайшего плохого вычисленного “квантового” значения.

При этом необходимо отметить некоторые аспекты моделирования, которые связаны как с постановкой и формализацией задач, так и выбором методов и моделей алгоритмов и процедур технологий моделирования. Во-первых, постановка многих научных и прикладных задач и их компьютеринг не укладываются в постановки задач теоретической математики, которые связаны с принципом “абсолютной точности”, лежащим в основе формальной логики Аристо-

теля. Следует отметить, что здесь компьютеринг определяется и выражается в терминах фундаментальных принципов, аналогично как это сделано в [4], согласно которым – это наука об информационных процессах в компьютерных вычислительных системах. Во-вторых, компьютеринг и технологии построения решений неустойчивых размытых задач в рамках “концепции точности” постановки задач теоретической математики не гарантируют получения устойчивых и надежных результатов. В-третьих, влияние погрешностей вычислительных технологий и динамика информационных деформаций компьютерных процессов в виртуальной среде моделирования в условиях модельной замкнутости (формализация задачи, алгоритмы и процедуры технологий, среда вычислений), ограничений, обмена информацией и информационной неопределенности не позволяют в рамках традиционных подходов построить численные методы и алгоритмы, которые могли бы обеспечить требуемую надежность результатов расчетов, их информационную и фрактальную связанность в этих случаях.

Рассматриваемый метод виртуальной перспективы определяет остов в методологии разработки технологий математического и компьютерного моделирования неустойчивых размытых задач в условиях модельной замкнутости, ограничений, обмена и информационной неопределенности. Базис метода составляют: во-первых, модели сетевых процессоров синтеза изображений образов решений размытых задач на клеточных топологиях квантовых дискретных пространств в условиях неопределенности; во-вторых, принципы реализации механизма перспективы для процессов виртуализации в алгоритмах параллельных потоковых вычислений (технологии вычислительного интеллекта) и модели активной памяти; в-третьих, теория процессов с локальным информационным взаимодействием [1, 5].

## **1. Динамические модели вычислительных технологий**

Характер динамики объектов компьютерных и информационных процессов (это процессы с локальным взаимодействием) в вычислительных

технологиях имитационного моделирования является доминирующим фактором как в методологии построения моделей сетевых процессоров синтеза изображений образов решений размытых задач, так и в разработке моделей алгоритмических технологий моделирования.

Информационными объектами информационной динамики компьютерных процессов в виртуальной среде моделирования вычислительных систем являются взаимодействующие цепочки символов (это объекты нечисловой природы), а любой математический объект моделируемой задачи в памяти информационной среды вычислительной системы определяется и описывается в виде логической структуры таких цепочек. Среда взаимодействия объектов таких процессов включает следующие основные атрибуты–посредники: виртуальная алгоритмическая переменная, операторы взаимодействия, логическая структура в адресном пространстве ограниченной памяти вычислительной системы и другие, которые являются компонентами среды вычислений.

С интуитивной точки зрения среда вычислений вмещает в себя все или почти все, что относится к получению результата: в ней имеются переменные и их фактические значения, а сами они разнесены не только позиционно, но и контекстно. Тогда все информационные объекты моделируемой задачи и информационную виртуальную среду вычислений, в которой происходит имитация и процесс построения решений или получения результата, можно отразить и описать, используя формализм информационной динамики взаимодействующих цепочек символов и принципы построения нетрадиционных вычислительных технологий компьютеринга [1, 4].

Все, что делается в компьютеринге, может быть сведено к некоторой первооснове: берется то, что считается идентификатором, и для него относительно среды строится то, что будет считаться его значением. Вычислением считается именно этот процесс построения, а сам компьютеринг разрабатывает технологии построения. Отношение между идентификатором и его значением параметризовано средой. Динамику информационных объектов (слов или символьных цепочек) компьютерных процессов в вы-

числительных технологиях можно кратко описать следующим образом. Формальное представление слова фиксированной длины и нумерации позиций символа в ней  $\alpha = x_1 x_2 \dots x_n$  задает этот объект как конечную последовательность символов  $x_i$  из некоторого алфавита  $S = \{1, 2, \dots, r\}$ . Символы в словах нумеруются слева направо, начиная с  $l$ ,  $n = n(\alpha) = |\alpha|$  - длина слова,  $x_n$  - крайний справа символ слова. Множество всех конечных слов переменной длины ( $n$  меняется, но ограничено), включая пустую, над алфавитом  $S$  обозначим  $S^* = \{\alpha_n\}$ . Для конечных слов с фиксированными длинами  $l$  и  $k$

$$\alpha_l = x_1 x_2 \dots x_l \quad \text{и} \quad \alpha_k = x_1' x_2' \dots x_k'. \quad (1)$$

Их композицией  $\alpha_l \oplus \alpha_k$  будет слово длины  $n$ :

$$\alpha_n = \alpha_l \oplus \alpha_k = z_1 z_2 \dots z_n, \quad (2)$$

где  $\max(l, k) \leq n \leq l+k$ ,  $\oplus$  - символическое обозначение арифметической или логической операции над словами  $\alpha_l$  и  $\alpha_k$ , а  $x_i, x_i', z_i \in S$ .

В вычислительных технологиях, когда  $l, k, n$  фиксированы, реализация любой операции над словами сводится к выполнению двух базовых операций - сдвига и замены символов в словах. Так как базовой арифметической операцией таких технологий является сложение операндов  $\alpha_l$  и  $\alpha_k$ , то символ  $z_i$  результирующей цепочки  $\alpha_n$  определяется как замена символа  $x_i$  или  $x_i'$  цепочек  $\alpha_l$  или  $\alpha_k$  на соответствующий символ алфавита  $S$ , выбор которого определяется значениями элементов пары  $(x_i, x_i')$  и символа переноса. Сдвиг на конечной результирующей цепочке фиксированной длины и с фиксированной нумерацией позиций символов  $\alpha = x_1 x_2 \dots x_n$  определяется, с одной стороны, как деформация динамически изменяемой системы нумерации позиций символов ее естественного образа  $\alpha'$  относительно системы нумерации позиций символов в  $\alpha$ , когда символ переноса из  $\alpha$  занимает не «свою» позицию в системе нумерации  $\alpha'$ .

В операциях и процедурах компьютерных процессов реальных вычислительных систем динамика таких деформаций во многом определяется форматами представления операндов и архитектурой блока операций АЛУ процессора, а с другой стороны - как потеря  $(n+i)$  - го

символа  $\alpha'$  на цепочке  $\alpha$  в результате действия операции. В этом случае естественный образ  $\alpha' = \alpha_l \oplus \alpha_k$  относительно его изображения  $\alpha = \alpha_l \oplus \alpha_k$  будет иметь следующую структуру:

$$\alpha' = \dots x_{-l} \quad x_0 \quad x_1 \quad x_2 \dots x_n \quad x_{n+1} \quad x_{n+2} \dots \quad (3)$$

*среда слева*  $\rightarrow | \leftarrow$   $\alpha$   $\rightarrow | \leftarrow$  *среда справа*

Здесь среда слева определяет структуру системы нумерации в позициях символов переноса для  $\alpha$  относительно системы нумерации позиций символов в  $\alpha'$ , а среда справа - структуру системы нумерации теряемых символов  $\alpha$  относительно  $\alpha'$ . Т.е. в информационных процессах вычислительных технологий динамика цепочек  $\alpha$  порождает и отражает виртуальную деформацию как систем нумерации, так и их информационных образов.

Результаты (промежуточные и конечные) алгоритмов и процедур вычислительных технологий порождают потоки данных, которые могут отличаться только смысловым содержанием, но не базовой логической структурой их элементов. Логически такие элементы организованы в виде символьных цепочек, хотя в операциях и процедурах компьютерных процессов вычислительных технологий они могут иметь различные форматы.

Динамика таких деформаций в системах нумерации цепочек, структурный анализ и контроль их в условиях ограничений и информационной неопределенности описывается в рамках моделей алгоритмов вычислительных технологий типа Data Mining [6]. Формализм построения моделей вычислительных технологий учитывает как динамику символов в позициях цепочки, так и динамику цепочек результатов (промежуточных и конечных) вычислительных процедур. В первом случае цепочка рассматривается как конечное множество  $X$  их  $v[X]$  элементов  $x_i$  с двумя системами нумераций, отношениями порядка и симметрии. Во втором - множество цепочек рассматривается как множество узлов на виртуальной перспективной сетке  $V$  в адресном пространстве памяти информационных процессов вычислительных технологий. Система нумераций для указанных случаев включает внутреннюю и внешнюю нумерации.

Для  $X$  такая система нумераций определяет и задает схему его разбиения на простые подмножества, определяемые композицией отношений. Каждое подмножество также может разбиваться на слои, что позволяет задать систему классификаций на  $X$  в виде внутренней и внешней нумераций. Внутренняя нумерация соответствует нумерации символов слоев цепочек и может иметь произвольный порядок. Внешняя нумерация определяется последовательностью номеров  $1, 2, \dots, v[x]$ . Отношения порядка и отношения симметрии для  $X$  задаются по аналогии с целыми числами и отражают структуру связей между номерами элементов  $X$  и его частей.

Внутренняя и внешняя системы нумераций на  $V$ , с одной стороны, задают геометрию и топологию ее узлов, а с другой - определяют структуру информационных связей между элементами  $V$ . Внешняя нумерация определяет отношения порядка и симметрии между номерами символов в цепочках информационных образов узлов виртуальных перспективных сеток разного масштаба (крупных и мелких), а также задает дискретную аппроксимацию информационных связей (в виде схем алгоритмов) между элементами таких сеток. Внутренняя нумерация задает отношения порядка и симметрии между номерами элементов среды в цепочках информационных образов узлов сеток.

При выполнении сложных алгоритмов и операций вычислительных технологий отмеченные деформации  $\alpha'$  велики и очень сильно влияют не только на достоверность получаемых результатов, но и на вычислительную эволюцию слов  $\alpha$ . В условиях информационной неопределенности, которая обусловлена ограниченной длиной слов операндов и отсутствием начала отчета в системе нумерации позиций их символов, модели алгоритмов вычислительных технологий, построенные по схемам классической традиционной вычислительной математики не учитывают влияния динамики слов в компьютерных процессах на качество результатов моделирования. В информационной среде вычислительной системы динамика слов  $\alpha'$  с переменной длиной заменяется словами  $\alpha$ , имеющими фиксированную длину. Тогда при

разработке моделей алгоритмов вычислительных технологий возникает проблема, связанная с возможностью построения таких способов моделирования, которые при определенных условиях и ограничениях позволяют свести динамику слов неограниченной переменной длины к динамике слов фиксированной длины. Если такой способ работает, то соответствующая динамика будет кластерной [3]. Для реализации такой идеи в способах построения вычислительных технологий на основе информационных моделей динамики цепочек  $\alpha$ , взаимодействующих со средой и моделей вычислительного восприятия используется механизм виртуальной перспективы [1,2].

Механизмом, инициирующим информационную динамику слов  $\alpha$  в вычислительных технологиях компьютерного моделирования являются арифметические и логические операции (более строго две – сдвига и замещения), которые порождают конечное множество  $U$  замен на взаимодействующих цепочках символов операндов, точнее это множество упорядоченных пар конечных слов фиксированной или переменной длины  $\alpha_0 \vee \alpha_k \rightarrow \alpha_n$ , связанных конкретной операцией. Тогда множества  $S^*$  и  $U$  для взаимодействующих слов операндов порождают грамматику  $G=(S, U)$ . Траекториями такой грамматики для компьютерных процессов являются как последовательности взаимодействующих символов в цепочках операндов (траектории 1-го типа), так и последовательности взаимодействующих цепочек символов в вычислительных технологиях (траектория 2-го типа), порождаемые базовой операцией сложения. Языком  $L(G)$ , порожденным грамматикой  $G$ , будет множество всех взаимодействующих цепочек символов, порожденных  $G$  [5] относительно базовой операции, которую обозначим символом  $\oplus$ . Для компьютерных процессов в условиях информационной неопределенности, которая обусловлена ограниченной длиной слов  $\alpha$ , траектории грамматик будут размытыми, а в первом приближении - стохастическими. Тогда стохастическую грамматику можно определить, как стохастический процесс на размытом множестве  $U$  с дискретным временем и пространством состояний  $S^*$ , которое фактически является множеством слов языка.

Для конечного дискретного времени аналогом таких процессов в моделях алгоритмов вычислительных технологий моделирования будут компьютерные процессы  $CP_v(U, \oplus)$  для слов ограниченной переменной длины, которые в виртуальной среде вычислений определяются и реализуются, как процесс  $CP_f(U, \oplus)$  для слов фиксированной длины. Символическая динамика  $CP_f(U, \oplus)$  на замкнутом покрытии ячеек памяти компьютерной системы будет отображать изображения образов динамики регулярного и фрактального типа на траекториях  $G$ . Образы размытой стохастической эволюции на траекториях типа 1 будут показывать вероятность интенсивности замен в позициях цепочек операндов символов  $S$  при выполнении операций, а на траекториях типа 2 отражает изменение  $B$  - энтропии на множестве слов, порождаемых вычислительной технологией алгоритма.

Основная проблема в этом случае заключается в том, чтобы определить: существует ли для заданной модели вычислительных технологий такая дискретная аппроксимация (следует отметить, что ее определение аналогично [7])  $CP_v(U, \oplus)$ , которая позволила бы при определенных условиях и ограничениях описать его как предельный случай  $CP_f(U, \oplus)$ ? Если да, то, как определяются или задаются условия и ограничения в схемах аппроксимации. Ответ здесь не столь однозначен, как это может показаться, и зависит от рассматриваемой задачи.

Для  $CP_f(U, \oplus)$  ситуация более тонкая в силу того, что для слов фиксированной длины нет возможности корректно описать динамику процесса и как следствие этого нет возможности реализации контроля и управления им, так как происходят, с одной стороны, большие потери информации в словах процесса, а с другой – деформация системы нумерации в словах  $\alpha$  относительно системы нумерации в словах  $\alpha'$  процесса  $CP_v(U, \oplus)$ .

В этом случае нет возможности корректного описания динамики слов процесса  $CP_f(U, \oplus)$ , а также адекватного отражения результатов этого процесса на траекториях 1-го и 2-го типов. Для траекторий 1-го типа невозможно определить точку отсчета для относительной системы нумерации позиций, а для траекторий 2-го типа - опорную траекторию в качестве начала систе-

мы координат информационного пространства. Т.е. в этом случае информационная среда протекания  $CP_f(U, \oplus)$  в среде вычислений является виртуальной и размытой. Следует отметить, что природа таких сложностей носит фундаментальный характер [3] как в динамике  $CP_f(U, \oplus)$ , так и в динамике  $CP_v(U, \oplus)$  – невозможно зафиксировать точку в «пространстве» независимо от «истории» (прошлого) и среды, в которой выполнялись бы аксиоматические свойства системности, а именно: во-первых, это динамическая упорядоченность слов (частичная упорядоченность на множестве слов процесса, обусловленная его динамикой); во-вторых, это связанность, сложность и устойчивость процесса. В таких условиях реализацию  $CP_f(U, \oplus)$  можно осуществить в виде информационной динамической системы объект – среда.

В онтологии предметной области такой системы среда является, с одной стороны, исходным разрабатываемым понятием, под которой понимается среда вычислений. А с другой – это структура, на которой локализованы объекты взаимодействия в операциях и алгоритмах вычислительных технологий. В такой системе объект взаимодействует не со всей средой сразу, а с той ее частью, которая окажется в “сфере действия” объекта, т.е. это определяет динамику такой системы, как процессы с локальным взаимодействием. А взаимодействие объектов  $CP_f(U, \oplus)$  в таких системах можно определить как преобразование множества состояний его информационной среды на объекты, обладающие поведением или взаимодействием. Тогда множество ячеек виртуальной памяти и ее логическая организация, в которой отображаются и хранятся слова, образуют активную виртуальную среду вычислений. Динамика объектов (слов)  $CP_f(U, \oplus)$  или преобразование информации в ячейках памяти взаимодействующих цепочек символов определяется, как информационный процесс с локальным взаимодействием объекта и среды. Информационная модель  $CP_v(U, \oplus)$  в такой среде будет описывать динамику его слов, как динамику слов  $CP_f(U, \oplus)$ , взаимодействующих с информационной средой слева и справа. Информационная среда справа для слов  $\alpha$   $CP_v(U, \oplus)$  задается в виде:

$$\xi_l = x_{n+1}x_{n+2} \dots x_{n+m}, \quad (4)$$

где  $m$  – переменный ограниченный индекс правой границы, который в процессе моделирования может изменяться.

Информационная среда слева задается аналогично среде справа, но с отрицательной нумерацией как последовательность символов фиксированной длины

$$\xi_r = \dots x_{-k+1}, \dots, x_{-1}, x_0, \quad (5)$$

где  $k$  – это переменный ограниченный индекс левой границы.

Значения символов  $x_i$  в позициях цепочки  $\xi_i$  в операциях и процедурах вычислительных технологий изменяются значительно быстрее (в числовом эквиваленте на много порядков), чем значения символов  $x_j$  в позициях цепочек  $\xi_r$ .

Геометрическая интерпретация динамики слов  $CP_f(U, \oplus)$  на траекториях второго типа определяется, как стохастическое блуждание узлов мелкой размытой виртуальной перспективной решетки относительно узлов более крупной решетки. А механизм информационных процессов, которые отражают такую динамику, определяет их как процессы информационного взаимодействия слов  $CP_f(U, \oplus)$  со средой. Геометрия и топология узлов решетки определяется в адресном пространстве памяти  $M$  в виде массива структурных чисел, в ячейках памяти элементов которого синтезируется и отображается виртуальная информация  $CP_v(U, \oplus)$ . Тогда динамику слов  $CP_v(U, \oplus)$  можно описать как размытую динамику слов  $CP_f(U, \oplus)$  на узлах виртуальной перспективной сетки адресного пространства  $M$ .

Онтология формализма динамики процессов  $CP_v(U, \oplus)$  и  $CP_f(U, \oplus)$  включает также понятия: информационное пространство, информационный поток, информационный образ в вероятностном метрическом пространстве,  $B$ -энтропия образа и др. [1].

Интегральной характеристикой информационного образа в  $(S^*, S^a, P, \rho)$ , где  $S^*$ -пространство элементарных исходов;  $S^a$ - алгебра событий на  $S$ ;  $P$ -вероятностная мера на  $S^a$ ;  $\rho$ -рандомизированная метрика, т.е.  $0 \leq \rho \leq 1$ , является его  $B$  – энтропия, которая отражает его геометрию и информационную насыщенность определяется следующим выражением

$$B = - \sum_{i=1}^K p_i \log \sum_{j=1}^K (1 - \rho_{ij}) p_j, \quad (6)$$

где  $K$  – мощность алфавита  $S$ ;  $p_i$  – вероятность появления  $i$  – ой буквы  $S$ ;  $\rho_{ij}$  – рандомизированная метрика между  $i$  – ой и  $j$  – ой буквами в пространстве  $(S^*, S^a, P, \rho)$ .

Для вычисления такой метрики автором была предложена и использовалась следующая формула:

$$\rho_{ij} = |p_i - p_j|. \quad (7)$$

Информационная среда и способы реализации  $CP_f(U, \oplus)$  в вычислительных технологиях компьютерных систем образуют систему виртуальной реальности. Процессы  $CP_f(U, \oplus)$  в системе виртуальной реальности являются объектами образного моделирования, для которых характерны три фазы виртуализации: виртуальное пространство, виртуальное изображение и виртуальная среда.

Фазы виртуализации в процессах и технологиях компьютерного моделирования определяют те технологические процедуры, посредством которых реализуются способы отражения и восприятия результатов в виде информационных образов в “проективной плоскости” памяти  $M$ , являющихся прообразами других видов образов: графических, геометрических, топологических и др.

Реализация схемы проективной плоскости осуществлена в рамках методологии метода виртуальной перспективы [1] в адресном пространстве памяти  $M$  следующим образом. Множество ячеек фиксированной длины в адресном пространстве  $M$  образуют замкнутое покрытие для слов процесса  $CP_v(U, \oplus)$ , т.е. происходит аппликация слов процесса на пространство слов виртуальной среды, а множество их адресов образует виртуальную сетку  $V_s$  на проективной плоскости в  $M$  для слов процесса  $CP_f(U, \oplus)$ : адресное пространство  $M$  – одномерное пространство, т.е. все ячейки имеют фиксированную глубину (длину) и физический порядковый номер, а их количество определено и задано. Узлы  $V_s$  определяют адреса слов  $CP_f(U, \oplus)$  в  $M$ , в которые проектируются слова  $CP_v(U, \oplus)$ .

## 2. Информационные парадигмы компьютеринга и среды вычислений

Формы осуществления компьютеринга в рамках динамических моделей вычислительных технологий, обозначенных выше, связаны в первую очередь с разработкой новых схем организации вычислений и новых алгоритмов, т.е. имеет место ситуация перехода от последовательных алгоритмов скалярных вычислительных систем к алгоритмам для потоковых параллельных виртуальных вычислительных систем. Кратко обозначим основные положения и принципы рассматриваемого подхода для методологии построения технологий информационного и компьютерного мониторинга моделируемых задач в условиях модельной замкнутости, ограничений, обмена и информационной неопределенности. Основу рассматриваемого подхода в части разработки и реализации технологий математического и компьютерного моделирования квантовых дискретных размытых задач составляет теория метода виртуальной перспективы [1,8]. В рамках такого подхода при информационном мониторинге моделируемой задачи динамическая эволюция символьных цепочек в вычислительном эксперименте определяется на квантовых дискретных информационных пространствах активной памяти, а множество взаимодействующих и эволюционирующих цепочек символов в ячейках адресного пространства этой памяти, которая является физической средой такого взаимодействия, образуя со средой квантовую дискретную динамическую информационную систему. При формализации и интерпретации такой системы разделяются ее динамические, информационные, математические и метрологические аспекты.

В математическом аспекте квантовая дискретная динамическая информационная система означает следующее. Во-первых, она определена на квантовом дискретном информационном пространстве, элементом которого является информационный квант (прототип цепочки символов). Квант в этом пространстве является информационным атрибутом. Логическим прототипом такого кванта является цепочка символов, а физическим – алгоритмическая переменная, ячейка памяти или их подмножество. Посредством такого атрибута локализуется пространственно-

временная область точки, как формального атрибута абстрактной модели задачи в памяти среды моделирования, а мерой информационного измерения является глубина кванта.

Во-вторых, оператор взаимодействия символьных цепочек в операциях и алгоритмах вычислительных технологий моделирования задается не в виде традиционных и привычных арифметических и логических операций, а в виде операторов взаимодействия символьных цепочек с информационной средой и проектирования символьных цепочек в узлы виртуальных перспективных решеток информационной системы координат [1,2].

Следует отметить, что узлы виртуальных перспективных решеток определяются как дуальные объекты для геометрической и логической интерпретации информационных квантов, с одной стороны, как логических прототипов ограниченной фиксированной и переменной глубины, а с другой – как виртуальных ячеек различных типов активной памяти [8]. Динамические аспекты квантовых дискретных информационных систем, так или иначе, связаны с наличием квантовых атрибутов в динамических системах, таких, как квантование по времени (физическому и информационному) и пространству (реальному и виртуальному) и т.д.

В информационном плане такие системы означают следующее. Во-первых, информационная динамика взаимодействующих цепочек символов в операциях и алгоритмах вычислительных технологий имитационного моделирования строится не на общих принципах и методах традиционной вычислительной математики, которые оперируют арифметическими объектами (числами), не отражая их информационного смысла и содержания, а на принципах совместного квантового воздействия на квантовую дискретную информационную систему энергии взаимодействия и информации в условиях ограничений, обмена, неопределенности и сильного отклонения от динамического и информационного равновесия. А это означает то, что непрерывности точечного взаимодействия арифметических объектов в классическом понимании нет, а происходит взаимодействие на уровне квантов и информационной виртуальной среды. Во-вторых, в виртуальной среде

информационного моделирования, с одной стороны, другие законы, определяющие информационную динамику тех объектов (информационные кванты), посредством которых имитируется и интерпретируется динамика символьных цепочек в операциях и алгоритмах технологий моделирования, взаимодействующих с информационной средой. А с другой – в информационной среде компьютерного и математического мониторинга, которая обусловлена факторами ограничений, обмена и неопределенности, другие единицы измерения и системы шкал (физические, информационные и виртуальные). Метрологические аспекты таких систем обусловлены наличием следующих факторов. Во-первых, вычисляемые объекты таких систем имеют системы координат информационной привязки, чего не имеют числовые объекты вычислительных технологий на основе алгоритмов традиционной вычислительной математики. Во-вторых, наличие моделей технологий информационной метрологической проверки и поверки вычисляемых информационных объектов в условиях ограничений, обмена и информационной неопределенности.

Основные достоинства парадигмы квантовых дискретных информационных динамических систем, как информационных систем и новых форм компьютеринга, в вычислительных технологиях математического моделирования, заключаются том, что они с позиций единой концептуальной схемы и, в частности, единого математического и алгоритмического формализма позволяют естественным образом учитывать принципиальные моменты, которые привнесли в компьютерную и вычислительную математику идеи локальности, виртуализации, квантовых дискретных пространств и информационных квантов [1,3,8]. Принципиальными моментами при построении теории таких виртуальных вычислительных систем для разработки вычислительных технологий математического моделирования и вычислительного интеллекта в отличие от привычных теорий вычислительной математики является то, что, с одной стороны, точку, как атрибут непрерывности в информационной среде, нельзя определить в виртуальном информационном и адресном пространстве вычислительной системы, а

только можно локализовать посредством информационного кванта. С другой стороны, в выделенный (конечный) квант физического (или параметрического) времени решение моделируемой задачи имеет бесконечную информационную эволюцию возможных квантовых состояний. В этом случае по аналогии с [3] состояния моделируемой системы на упорядоченном множестве квантов времени можно интерпретировать, как волновые функции, т.е. векторы с единичной нормой.

### 3. Метод виртуальной перспективы (геометрическая интерпретация)

Метод отчасти ориентирован на разработку интеллектуальных вычислительных технологий математического и когнитивного компьютерного моделирования в виртуальной среде **AI** – компьютерных систем на основе алгоритмов мягких потоковых параллельных вычислений и является основой осуществления новых форм компьютеринга для математического моделирования. Он представляет собой синтез нового подхода конструирования разностных схем для вычислительных технологий в информационном пространстве взаимодействующих цепочек символов и моделей активной виртуальной памяти [1, 7, 8]. С одной стороны, он предназначен для разработки моделей алгоритмов и процедур реализации вычислительных схем на “размытых” множествах взаимодействующих цепочек символов для технологий компьютерного моделирования и вычислительного интеллекта в условиях ограничений, обмена информацией и информационной неопределенности. А с другой – для построения схем нейросетевых процессоров синтеза изображений образов решений моделируемых размытых задач, которые отражаются и представляются в виде топологических комплексов на подмножествах узлов базовой координатной решетки, которая определяется на проективной плоскости  $xOt$  фазовой координаты, т.е. плоскости, в которой отражается зависимость (непрерывная или дискретная) фазовой координаты от параметрической переменной (Рис. 1).

В  $xOt$  определяется два семейства решеток  $Z^2$  и  $\hat{Z}^2$ , а смысл понятия “проективная плос-



кость” пояснится ниже. На этих решетках описывается динамика обозначенных информационных процессов и отражается ее ход в виде зависимости результатов операций или более сложных алгоритмов от параметрической переменной, упорядочивающей и согласующей вычислительный процесс как по физическому времени, так и по алгоритму. Ось  $Ox$  является информационной шкалой измерения результатов операций или алгоритмов (семейство шкал может быть любым). Ось  $Ot$ , с одной стороны, задает физическую шкалу времени имитируемой задачи, как порядковую шкалу квантов времени. А с другой - определяет направление операций алгоритма вычислительного процесса как в логической структуре построения схем вычислений, так и в адресном пространстве оперативной памяти вычислительной системы.

Эту ось также можно интерпретировать, как ось информационного времени, которое, в отличие от физического времени в привычном понимании, не является однонаправленным. Координатная решетка в плоскости  $xOt$  по аналогии с [3] определяется, как квантовое дискретное пространство, которое задается априори, как сцена для отражения результатов информационных процессов вычислительных технологий компьютерного моделирования. Узел является геометрическим и информационным атрибутом кванта на решетке. В информационной среде вычислительных технологий прототипом решетки является модель активной виртуальной памяти в адресном пространстве физической памяти вычислительной системы, а прототипом узла – виртуальная ячейка. В плоскости  $xOt$  задается два типа решеток – координатные и перспективные.

Первый тип - это базовая координатная решетка  $Z^2$ , на которой отражается динамика процессов  $CP_f(U, \oplus)$ . Узлы такой решетки в более широком смысле являются образным и символическим отражением геометрических и информационных свойств компьютерных процессов вычислительных технологий. Геометрия узлов на решетке, с одной стороны, отражает топологию связей объектов (символьных цепочек)

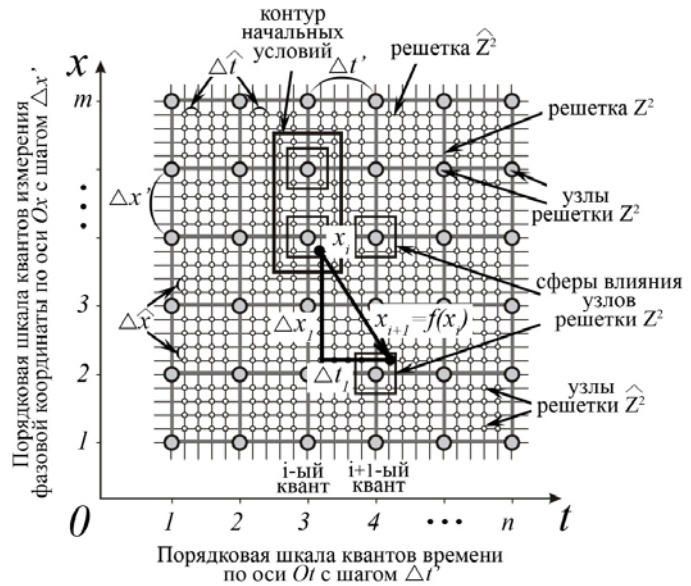


Рис. 1. Геометрическая иллюстрация проективной плоскости  $xOt$ , решеток  $Z^2$  и  $\hat{Z}^2$ , определенных на ней, и оператора взаимодействия  $f$  на узлах решетки  $\hat{Z}^2$

вычислительной среды в адресном пространстве активной памяти с различными типами виртуальных ячеек [8] по аналогии с систолической архитектурой вычислительных систем. А с другой – отображает динамику объектов процессов  $CP_v(U, \oplus)$  на объекты процессов  $CP_f(U, \oplus)$ , т.е. геометрическая и топологическая структура “пассивных” объектов процессов  $CP_f(U, \oplus)$  на узлах решетки  $Z^2$  образуют информационную систему координат привязки и проверки результатов (промежуточных и конечных) операций и процедур для “активных” объектов процессов  $CP_v(U, \oplus)$ . Информационные свойства узлов  $Z^2$  проявляются в том, что они, с одной стороны, отражают геометрию и топологию пассивных виртуальных ячеек в адресном пространстве динамически активной памяти, относительно которых развивается информационная динамика процессов  $CP_v(U, \oplus)$  и  $CP_f(U, \oplus)$ . А с другой – являются геометрическими образами информационных атрибутов объектов (символьных цепочек фиксированной длины), хранящихся в пассивных виртуальных ячейках активной памяти. Такие атрибуты в вычислительных технологиях выполняют следующие функции: 1) определяет информационный идентификатор узла в пространстве логических

адресов виртуальных ячеек активной памяти; 2) задает или определяет либо числовое, либо информационное значение идентификатора относительно среды вычислений в разметке системы координат информационной привязки по координатным осям.

С математической точки зрения на узлах решетки  $Z^2$  отражается геометрия динамики объектов  $CP_v(U, \oplus)$ , как макромасштабный случай  $CP_v(U, \oplus)$ , а посредством информационных атрибутов задается область определения отображения состояний динамической эволюции объектов  $CP_v(U, \oplus)$  в информационном пространстве активной памяти – их *домен*, - и область их значений – их *диапазон*. В таком аспекте данная работа является развитием и разработкой нового направления теории отображений для описания информационной динамики компьютерных процессов вычислительных систем с переменными *доменами-диапазонами*.

Методология конструирования таких отображений основана в определенной мере на положениях комбинаторной логики и на теории метода виртуальной перспективы [1]. На множестве узлов решетки  $Z^2$  можно также строить клеточные структуры, базовым элементом которых является квант – “клетка”. Квант – “клетка”, с одной стороны, – это объединение соседних узлов решетки  $Z^2$ , которые локально структурированы и упорядочены, а с другой – это узел другой координатной решетки более крупного масштаба.

В алгоритмических схемах вычислительных технологий компьютерного моделирования решетка  $Z^2$  также является системой координат информационной привязки и проверки для результатов вычислений (промежуточных и конечных), отягощенных различного рода ошибками и информационной диффузией в вычислительных технологиях компьютерных процессов.

Второй тип - это перспективные решетки (семейство решеток  $\hat{Z}^2$ ), на которых развивается информационная динамика объектов  $CP_v(U, \oplus)$ . Функции информационных атрибутов узлов таких решеток такие же, что и для узлов  $Z^2$ , но относительно активных виртуальных ячеек памяти, в которых хранятся цепочки символов ограниченной переменной длины.

Поясним некоторые свойства геометрических и топологических структур на множестве узлов решеток  $Z^2$  и  $\hat{Z}^2$  применительно к алгоритмам вычислительных технологий. Каждый узел решетки  $Z^2$  является и идентификатором, и центром строго определенного подмножества узлов  $\hat{Z}^2$  с заданным радиусом сферы информационного влияния, конечные топологии на которых являются частично упорядоченными. С каждой частичной упорядоченностью связана единственная диаграмма, которая представляет собой ориентированный граф, на котором могут быть как разрешены, так и запрещены определенные типы конфигураций. Тогда подмножества взаимодействующих объектов  $CP_v(U, \oplus)$  на вершинах одного или нескольких таких графов в окрестностях узлов решетки  $Z^2$ , с одной стороны, порождают дискретную информационную динамическую систему, а с другой – образуют алгоритмическую схему развития и информационной эволюции объектов такой системы в среде вычислений. Информационная динамика объектов таких систем развивается на подмножествах узлов решеток  $Z^2$  и  $\hat{Z}^2$ , для которой характерны свои законы взаимодействия в виртуальной среде вычислений, может быть определена и описана в виде следующей логической схемы.

Пусть обозначенные множества  $C_1$  и  $C_2$  определяют соответственно узлы решеток  $Z^2$  и  $\hat{Z}^2$ . Эти множества, с одной стороны, представляют собой геометрические изображения либо чисел с заданной точностью, либо символьных цепочек фиксированной и ограниченной переменной длины, которые могут быть представлены в виде точек проективной плоскости  $xOy$ . А с другой – это геометрическая иллюстрация квантового дискретного информационного пространства, на котором будет развиваться динамическая эволюция вычислительного процесса компьютерного моделирования задачи.

Множество  $C_1$  в вычислительных технологиях моделирования задачи можно разбивать на классы в виде клеточной структуры, элементом которой является квант – “клетка”. А на множестве  $C_2$  разбиение можно проводить на классы с произвольной топологической мозаикой. На

объединении  $C = C_1 \cup C_2$  действует дискретная динамическая система  $f: C_2 \rightarrow C_1$ , где  $f$  – дискретное локальное отображение, которое описывает закон взаимодействия и механизм динамики символьных цепочек, как информационный процесс с локальным взаимодействием на узлах  $C$ . Информационная эволюция объектов динамической системы  $f$  для таких процессов может быть определена и формализована в виде следующей задачи.

Закон информационного взаимодействия прототипов (символьные цепочки) объектов динамической системы  $f$  в памяти вычислительной системы как между элементами  $C_1$  и  $C_2$ , так и с виртуальной информационной средой в компьютерных технологиях моделирования задается в виде двух операторов: оператора взаимодействия и оператора проектирования.

Оператор взаимодействия  $f$  для процесса с локальным взаимодействием, в котором участвуют два элемента подмножеств  $C_2$ , относящихся соответственно к  $i$  – му и  $(i+1)$  – му квантам информационного времени задается в следующем виде:

$$x_{i+1} = f(x_i), \quad (8)$$

где  $x_i$  – информационный идентификатор узла подмножества  $C_2$ , которые выбираются в информационной окрестности узла  $C_1$ , соответствующего  $i$  – му кванту информационного времени на интервале шагов реализации алгоритма или процедуры;  $x_{i+1}$  – информационный идентификатор узла  $C_2$ , соответствующего  $(i+1)$  – му кванту информационного времени и являющегося результатом действия  $f$ .

Следует заметить, что символьные цепочки, соответствующие узлам множества  $C_1$ , имеют фиксированную длину всегда меньшую, чем переменная длина цепочек, соответствующих узлам множества  $C_2$ . При взаимодействии символьных цепочек, соответствующих элементам множеств  $C_2$  и соответственно  $C_1$ , первым шагом такого взаимодействия является выполнение процедуры информационного “выравнивания” символьных цепочек разной длины, которое определяется, как взаимодействие со средой.

Кратко обозначим схему алгоритма оператора взаимодействия между элементами подмножеств  $C_2$ , которые геометрически располо-

жены в окрестностях подмножеств узлов  $C_1$ , соответствующих  $i$  – му и  $(i+1)$  – му квантам информационного времени. Для узлов  $Z^2$  определяется сфера информационного влияния. Геометрическая иллюстрация действия оператора взаимодействия цепочек на узлах  $C_2$ , определяемого уравнением (8) для процессов с локальным взаимодействием на соседних квантах информационного времени, приведена на Рис.1. Действие этого оператора характеризуется тремя величинами  $\Delta t_1$ ,  $\Delta x_1$  и  $d(x_i, x_{i+1})$ . Первая  $\Delta t_1$  – это глубина действия оператора  $f$  по оси  $Ot$ , которая кратна шагу решетки  $\hat{Z}^2$  и определяется следующим выражением:

$$\Delta t_1 = l\hat{\Delta}t, \quad (9)$$

где  $\hat{\Delta}t$  – шаг решетки  $\hat{Z}^2$  по оси  $Ot$ ;  $l$  – коэффициент кратности, переменное целое число. Вторая  $\Delta x_1$  – это глубина действия оператора  $f$  по оси  $Ox$ , которая кратна шагу  $\Delta\hat{x}$  решетки  $\hat{Z}^2$  и определяется выражением:

$$\Delta x_1 = k\Delta\hat{x}, \quad (10)$$

где  $\Delta\hat{x}$  – шаг решетки  $\hat{Z}^2$  по оси  $Ox$ ;  $k$  – коэффициент кратности, переменное целое число. Первая и вторая величины – это геометрические приращения для определения координат узла  $\hat{Z}^2$ , соответствующего  $x_{i+1}$ . Третья  $d(x_i, x_{i+1})$  – это численная оценка информационного расстояния между  $x_i$  и  $x_{i+1}$ , которая определяется по формуле

$$d(x_i, x_{i+1}) = \sum_{i=1}^L w_i |a_i - b_i|, \quad (11)$$

где  $L$  – длина символьных цепочек  $x_i$  и  $x_{i+1}$ ;  $w_i$  – вес  $i$  – ой позиции символьной цепочки,  $a_i$  и  $b_i$  –  $i$  – ые символы цепочек, соответствующих  $x_i$  и  $x_{i+1}$ .

Если определяется расстояние между узлами решеток  $Z^2$  и  $\hat{Z}^2$ , то вначале производится “информационное выравнивание” символьных цепочек, которые соответствуют узлам разных решеток. Геометрические параметры сферы влияния узлов решетки  $Z^2$  определяются по формулам (9), (10) и (11) соответственно.

Оператор проектирования  $\psi$  задает механизм информационного взаимодействия между узлами решеток  $Z^2$  и  $\hat{Z}^2$ , геометрическая иллю-

страция которого показана на Рис.2. Здесь  $z_i$  – узел решетки  $Z^2$ , а подмножество  $\{m_k\}$  – это узлы решетки  $\hat{Z}^2$ ;  $d_{mk}$  – информационное расстояние между узлами  $z_i$  и  $m_k$ ,  $d_{дон}$  – информационная сфера влияния узла  $z_i$ . Оператор  $\psi$  для информационных объектов, взаимодействующих со средой в процессах вычислительных технологий компьютерного моделирования, которые определены, как подмножество элементов  $\{m_k\}$  в  $C_2$  и “проектируются” в элемент  $z_i$  множества  $C_1$ , задается в виде следующего обобщенного выражения:

$$\psi: \{m_k\} \rightarrow z_i, k=1,2,\dots \quad (12)$$

А весовая функция  $\chi(z_i)$  узла  $z_i$ , принадлежащего подмножеству  $C_1$ , которое соответствует фиксированному кванту информационного времени, определяется на основе следующих выражений:

$$(z_i) = n_i/N, \quad (13)$$

$$n_i = \sum_{k=1}^M m_k, \quad (14)$$

где  $n_i$  – мощность подмножества  $\{m_k\}$  из множества  $C_2$ , попавших в  $d_{дон}$  - окрестность узла  $z_i$ , а  $N = \sum_i n_i$ .

Схему механизма действия оператора  $\psi$  можно описать следующим образом. Сначала определяется по формуле (11) информационное расстояние между узлом  $m_k$  решетки  $\hat{Z}^2$  и узлом  $z_i$  решетки  $Z^2$ . Если оно не превышает допустимый критерий  $d_{дон}$ , который является заданной информационной окрестностью узла решетки  $Z^2$ , т.е. справедливо неравенство

$$d(z_i, m_k) \leq d_{дон}, \quad (15)$$

то считается, что результат действия оператора взаимодействия находится в узле  $z_i$  решетки  $Z^2$ , для которого выполняется условие (15). Геометрическая окрестность узла может иметь произвольную морфометрию или топологическую мозаику.

## Заключение

Методология виртуальной перспективы для разработки и реализации вычислительных тех-

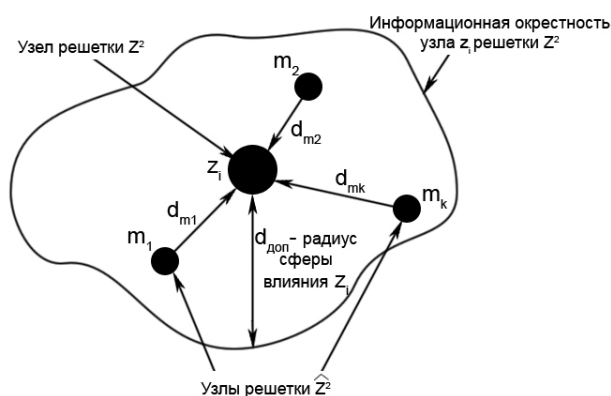


Рис.2. Геометрическая иллюстрация действия оператора проектирования

нологий и среды вычислений математического моделирования размытых задач отражает и определяет новые формы реализации компьютеринга. В ней заложены новые основы компьютеринга в плане создания проработанных и осмысленных моделей вычислений, в которых не предполагается традиционный арифметический стиль работы с числовыми и другими типами данных, характерного для абсолютного большинства существующих вычислительных систем и систем программирования. В этом случае предлагается перейти к иному стилю рассуждений в терминах информационной динамики объектов компьютерных процессов вычислительных технологий, обусловленных ограничениями и неопределенностью, а их взаимодействие определяется механизмом аппликации в информационной среде систем виртуальной реальности.

## Литература

1. Мышев А.В. Метод виртуальной перспективы и нейросетевые алгоритмы в технологиях компьютерного моделирования //Нейрокомпьютеры: разработка и применение, 2007. №9. С.390-405.
2. Мышев А.В., Иванов П.Г. Системы компьютерного восприятия и когнитивные технологии взаимодействия объектов имитационного моделирования с виртуальной средой в условиях информационной неопределенности //Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук. Калуга, АНО «Калужский научный центр». 2009. вып.14.С.29-37.
3. Малышев В.А. Случайные грамматики. // УМН, 1998. т.53. вып. 2(320). С.3-77.
4. Вольфенгаген В.Э. Аппликативные вычислительные технологии. – М.: Юринфор,2009,64С.

5. Малышев В.А. Взаимодействующие цепочки символов // УМН, 1997. т.52. вып. 2 (314), С.59–86.
6. Савельев Л.Я. Алгоритм разбиения множества на простые части. // Программирование. 2005, №6, С.293–301.
7. Жуков В.Т. и др. Об одном направлении в конструировании разностных схем. // ЖВМ и МФ. 2002, т.42. №2, С.222–234.
8. Мышев А.В. Модели активной памяти в технологиях виртуализации каналов передачи и хранения информации // Программные продукты и системы, 2010. №1. С.54-58.

**Мышев Алексей Владимирович.** Доцент Обнинского института атомной энергетики, национальный исследовательский ядерный университет МИФИ. Окончил Московский инженерно-физический институт в 1983 году. Кандидат физико-математических наук, член корреспондент РАКЦ. Автор 207 публикаций, в том числе одной монографии. Область научных интересов: интеллектуальные технологии и системы, размытые динамические системы, технологии виртуализации и информационные процессы вычислительных систем, системы когнитивной реальности.  
E-mail: [mishev@iate.obninsk.ru](mailto:mishev@iate.obninsk.ru).