

ПРОБЛЕМЫ ГЛОБАЛИЗАЦИИ ПАРАДИГМЫ УПРАВЛЕНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКИ ОДНОРОДНОМ ПОЛЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ. Ч. II. К единому функциональному пространству

Ю. С. Затуливетер

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН

Рассмотрены особенности формирования социометасистемы и ее перехода в новое состояние в условиях глобального информационного пространства. Выделены и с общих позиций исследуются компьютерные проблемы глобализации парадигмы управления. Обоснована аксиоматика математически однородного поля компьютерной информации в модели исчисления древовидных структур. Сформирован подход к решению глобальных задач управления в математически однородном поле компьютерной информации.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием глобальной компьютерной среды растут масштабы и темпы кибернетизации социосистемы [1]. Вместе с вращением компьютерной среды в социальную среду увеличивается разнообразие задач глобально распределенного управления, затрагивающих все большее число сфер жизнедеятельности.

Компьютерная среда в целом способна стать универсально программируемым каналом обратной связи между социальной средой (со всеми ее структурами) и человеческим интеллектом (в индивидуальном и социальном проявлениях), носителем которого она является. Функциональные возможности и пропускная способность автоматической реализации процессов управления этого канала потенциально неограничены. Гарантируя беспрецедентную эффективность, надежность и безопасность, компьютерная среда сможет взять на себя исполнение многих массовых процессов рутинного управления в целях саморегулирования и самоорганизации социальной среды.

Накапливая информацию о предшествующих состояниях социальной среды, обеспечивая в реальном времени совокупный сбор текущей информации (в том числе информационную активность потенциально каждого субъекта), а также своевременную переработку накопленной и собранной

информации, выработку, доставку и исполнение управляющих воздействий, компьютерная среда станет универсальным инструментом обеспечения устойчивого развития человечества. Полномасштабная реализация глобальных контуров автоматического управления соединит компьютерную и социальную среды в единую кибернетическую социометасистему [1] с большим запасом устойчивости, не уступающим природным системам.

Погружение социальной среды в глобальное информационное пространство ведет к нарушению сложившихся в прежние времена общесистемных балансов. В условиях экспоненциального роста информационных потоков отработанные веками экономические, политические и бюрократические рычаги управления утрачивают свою действенность и универсальность. Глобальная кибернетизация социосистемы требует формирования принципиально новых — вполне компьютерных — контуров управления. Только они способны в целях саморегулирования и самоорганизации социальной среды в реальном времени перерабатывать растущие потоки информации. Без этого невозможно отыскание и установление новых системных балансов, необходимых для устойчивого и безопасного развития социальной среды в условиях глобального информационного пространства.

В ходе начавшейся и ускоряющейся кибернетизации социосистема непрерывно претерпевает



структурные изменения. В глобальном информационном пространстве следствия различных причин изменений могут с необходимостью затрагивать потенциально многие, заранее не предусмотренные стороны управления социальной средой. Принципиально неустранимая информационная инерционность функционально разнородного пространства, какое сейчас представляет глобальная компьютерная среда, делает практически невозможной своевременную и адекватную реакцию на глобально распространяющиеся изменения.

Необходимым условием компьютерной глобализации парадигмы управления является формирование из функционально разнородной Сети единого, структурно и функционально целостного пространства. Без этого невозможны воплощение и массовое взаимодействие глобально распределенных процессов управления в непрерывном спектре меняющихся задач саморегулирования и самоорганизации социосистемы.

Проблемы перехода от сложившейся доминанты локальных задач управления к глобальным постановкам и методам решения имеют два неразрывно связанных компонента. Первый — разработка методов постановки и теоретического решения *изначально* глобальных задач управления, вплоть до формирования и идентификации практически значимых глобальных моделей. Второй — построение компьютерных методов и средств индустриального воплощения теоретически обоснованных и идентифицированных глобальных моделей.

Компьютерная глобализация парадигмы управления предполагает интеграцию до сих пор независимо развивавшихся наук об управлении и компьютерных наук на основе единой аксиоматики.

Для преодоления чрезвычайной разнородности локальных, взаимно изолированных информационных подпространств, унаследованных от прежних этапов социального развития и всех предшествующих этапов компьютеризации информационного пространства, требуется единое, математически однородное функциональное пространство глобальной компьютерной среды. В нем все этапы формирования глобальных моделей управления и все технологические звенья их компьютерного воплощения должны соединиться напрямую и образовать сквозную технологию индустриального решения глобальных задач.

Задачи интеграции изначально локализованных, потому разнородных, компьютерных решений и систем имеют комбинаторную сложность, которая усугубляется необходимостью учета контекста, в котором осуществляется интеграция. Из-за быстрых изменений контекста решаемых в глобальном информационном пространстве задач адекватные верхние ограничения размерности и числа разнородных информационных подпространств,

требующих интеграции, в общем случае становятся невозможными. В рамках ныне действующих компьютерных канонов и канонов управления “проклятие размерности” делает комбинаторный путь к полномасштабной компьютерной глобализации парадигмы управления неосуществимым.

В связи с этим проблема компьютерной глобализации парадигмы управления и формирования единого функционального пространства глобально распределенных процессов управления обретает фундаментальный характер, поскольку требует изменения действующих постулатов. В новой, объединяющей аксиоматике необходимо устранить причины появления комбинаторных факторов. Один из главных — разнородность совокупности локализованных информационных и функциональных пространств, в которых строятся и воплощаются модели управления. Это принципиальный мотив к объединению основ кибернетики и компьютерных постулатов в ориентации на качественно новые требования глобального информационного пространства. И для кибернетической, и для компьютерной составляющих этой проблемы должны быть найдены единые принципы отхода от первичной локальности и перехода к первичной глобальности задач управления.

В продолжение работы [1] в данной статье излагаются результаты исследования принципов кибернетизации социосистемы в условиях глобальной компьютерной среды. Формулируются методологические проблемы компьютерной глобализации парадигмы управления. Предлагаются принципы формирования единого функционального пространства компьютерного решения задач управления в общей аксиоматике математически однородного поля компьютерной информации. На этой основе выявляются возможности построения простых в применении сквозных индустриальных технологий решения глобально распределенных задач управления в социометасистеме — от исходных постановок и теоретических моделей до реализаций массовых систем и процессов управления в глобальной компьютерной среде.

1. РОЛЬ ИНФОРМАЦИИ В ЭВОЛЮЦИИ СОЦИОСИСТЕМЫ

В отсутствие глобального информационного пространства альтернативы локализуемым задачам и системам не могло быть. Эволюция одарила человека *уникальной* способностью к универсальной обработке информации, но вместе с этим она жестко локализовала его информационный доступ к разнообразию воплощений внешней среды. Поэтому каждый человек изначально пребывает в своем “персональном” информационном подпро-

странстве, его информационная картина мира заведомо локализована и в той или иной степени фрагментарна.

Совокупность индивидуальных информационных подпространств и информационная картина социальной среды в целом далеко не одно и то же. Соотношение и взаимосвязи частей и целого в этом случае — одна из самых острых и трудных среди “вечных” тем социального развития.

На протяжении всей истории социальный прогресс неразрывно связан с развитием форм представления и способов обработки информации. От простейших сигнальных систем (звуки, жесты), применения огня и первых орудий труда к формированию речи, письменности, основ государственности. Современные цивилизации — результат эволюции государственных структур социальной самоорганизации.

Государственность впервые соединила разрозненные примитивные формы социальной самоорганизации в сложные иерархии систем взаимосвязанных технологических процессов управления, в которых способность к своевременной переработке разнообразной информации обеспечивала выживание народов в противостоянии с природой и между собой. Уже первые государства представляли собой программируемые информационные агрегаты, собираемые в социальной среде посредством разделения, специализации и синхронизации важнейших функций переработки информации в целях управления.

Государство, как информационный агрегат, стало основой осуществления управляющих процессов, обеспечивавших определенную ориентацию разнонаправленных векторов устремлений множества людей и последующее их суммирование в высокоорганизованные воздействия в тех или иных целях. Этим обеспечивается существенное повышение жизнестойкости самоидентифицирующих себя в государственности социумов. Нетрудно видеть, что величина равнодействующего вектора может быть пропорциональной численности сообщества, охваченного государственным управлением. Понятно, что целостная управляющая структура давала неоспоримые преимущества в противостоянии со слабо организованными сообществами.

Совершенствование информационных технологий становится основой роста масштабов и темпов социального прогресса. С книгопечатанием информационные технологии обрели индустриальные качества массового воплощения действий накопления информации. Телеграф, телефон, радиосвязь открыли возможности глобализации действий передачи информации.

Появление компьютеров открыло принципиально новый этап человеческой истории. Компьютер стал первым искусственным воплощением доселе уникального качества, присущего только *homo sapiens* — способности к универсально программируемой переработке информации. Реализуя модель универсального автоматического счета, компьютер связал сквозным технологическим циклом универсальной переработки информации все ранее разрозненные виды действий с информацией — хранение, передача, преобразование. С появлением компьютерной индустрии началась глобальная реорганизация информационного пространства, единственной основой которого до сих пор оставалось лишь социальное поле человеческого сознания.

Компьютер стал органичным дополнением человеческих способностей программируемой переработки информации. Компьютер и компьютерная среда — идеальный инструмент преодоления информационной рутины. По мере развития социальной среды информационная рутина самовоспроизводится в лавинно растущих потоках информации, которые необходимо перерабатывать в реальном времени. В дальнейшем социальный прогресс уже не мыслим вне глобальной компьютерной среды. Совершенствование социальной среды стало напрямую зависеть от качества компьютерной среды и умения решать с ее помощью глобальные задачи управления.

Эволюции информационных технологий сопутствовал количественный рост разнородности информационного пространства, основанного только на сознании человека. Это был затяжной период накопления разнообразия специализированных носителей информации и средств ее “ручной” переработки в человеческой среде.

Между эволюцией живых организмов и эволюцией информационных технологий усматривается прямая аналогия. И в том и другом случае накопление количественного фактора специальных “решений” через качественный скачок привело к появлению универсального “решения”. Создание компьютера как универсальной информационной машины можно сопоставить только с появлением человека. Формирование глобальной компьютерной среды можно соотнести с появлением государств как программируемых управляющих агрегатов, обеспечивающих саморегулирование и самоорганизацию социальной среды на основе ее возможностей универсальной переработки информации.

В этом повторном достижении информационной универсальности можно усмотреть характеристические свойства эволюционных процессов, безотносительно к “расходному материалу”, кото-



рый используется в том или ином эволюционном процессе.

Характеристический *метод* эволюций — формирование нарастающих разнородных множеств промежуточных специализированных решений с увеличивающимся, но ограниченными числом исполняемых функций, которые жестко фиксируются в физической структуре специализированных “агрегатов”.

Характеристическая *цель* эволюций — формирование завершающей физической структуры *универсального* информационного агрегата с перезаписываемой памятью, способного выполнять различные функции, которые кодируются и хранятся в этой памяти в виде программ. Реализация функций осуществляется физической структурой универсального агрегата посредством универсального механизма управления динамической интерпретацией информационных действий, закодированных в программах. В структуре универсального информационного агрегата жестко фиксируется не сами функции, а только универсальный механизм интерпретации программ этих функций.

Развитие компьютеров и глобальной компьютерной среды ведет к кибернетизации социосистемы и кардинальным изменениям принципов самоорганизации, саморегулирования и устойчивого развития, социальной среды [2, 3]. Главные проблемы, которые предстоит решать в течение длительного времени, связаны с изменением прежней роли человека в обеспечении функций стабильного функционирования социальной среды как информационных агрегатов. Теперь многие рутинные функции управления на всех социальных уровнях (от сфер интересов индивидуумов, их минимальных объединений до сложных корпоративных, вплоть до государственных и надгосударственных структур) предстоит делегировать глобальной компьютерной среде, поскольку другого пути повышения качества управления социальными процессами нет. С учетом массовости прежней вовлеченности людей в решение этих задач можно предположить, что процессы “передачи полномочий” могут быть весьма болезненными.

Для устойчивой работы информационных агрегатов, формируемых в социальной среде из людей, всегда требовались большие и неординарные усилия по “конструированию” управляющих структур и непрерывному удержанию их целостности, обеспечению дееспособности, своевременной реструктуризации. Субъективный фактор изначально нестабилен и алогичен, поэтому инициирует и непрерывно воспроизводит множество проблем в достижении устойчивости, надежной и эффективной работы таких агрегатов. Эти проблемы практически не поддаются формализации, потому ре-

шаются эмпирически, с неизбежными противоречиями.

Главная роль в решении этих проблем пока принадлежит экономическим, политическим и бюрократическим инструментам управления, которые в условиях сверхбыстрого роста информационных потоков в глобальном информационном пространстве не могут сохранять свою действенность и универсальность.

В компьютерной среде проблемы агрегатизации функций управления социальными процессами обретают совершенно иные приоритеты. Компьютер как автоматический инструмент универсальных вычислений позволяет исключить субъективный фактор из рутинных процессов переработки информации.

С развитием технологий функциональные возможности и эксплуатационные характеристики компьютеров и глобальной Сети стремительно улучшаются. Главные приоритеты с проблем организации процессов управления посредством человеческой информационной среды, связанных, прежде всего, с субъективным фактором, переходят к формализуемым проблемам аналитико-компьютерного решения взаимосвязанных задач управления в социальной среде как единой социосистеме.

Здесь относятся все этапы формализации задач и построения моделей управления с гарантированными свойствами, идентификации этих моделей и последующее воплощение в глобальной компьютерной среде. Компьютерная глобализация парадигмы управления позволит и методологически, и технологически соединить эти этапы в едином, математически однородном функциональном пространстве. С глубокой кибернетизацией социосистемы открываются перспективы кардинального повышения качества процессов управления за счет научно выверенной и автоматической переработки растущих потоков информационной рутины.

2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС ПАРАДИГМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Глобальное информационное пространство открывает эпоху глобальных задач и систем. Но по инерции задачи продолжают формулироваться и решаться, а системы разрабатываться в изначальном (по умолчанию) предположении их локальности. Такой обязательный исходный посыл назовем “презумпцией локальности”. В отсутствие глобальной информационной связности ему не было альтернативы. Этот метод пока доминирует и в практике, и в теории. В кибернетике он легализован как метод “черного ящика”. Презумпция локальности и крайняя разнородность информа-

ционных подпространств, которые до сих пор сопровождали развитие социометасистемы, — две стороны медали.

Презумпция локальности задач доминировала в течение всей человеческой истории. Био-социальная изолированность информационных пространств человека предполагает локальные решения, а локальные решения воспроизводят все новые изолированные информационные пространства.

По мере увеличения числа связанных компьютеров и наполнения их информацией многочисленные локальные области понуждаются к взаимодействиям, но неизбежная разнородность информации локальных областей сильно их затрудняет.

В глобальном информационном пространстве де-факто происходит “смена власти”. Глобализация информационного пространства посредством компьютерной среды меняет презумпцию локальности задач управления на презумпцию глобальности.

Глобальность информационного пространства компьютерной среды предполагает глобальность компьютерных решений, а глобальные решения расширяют сферы влияния глобального информационного пространства, стимулируя спрос на новые глобальные задачи.

Перечислим признаки глобальности задач и систем:

- априори неопределенное число факторов влияния;
- существенная зависимость от изменений внешнего контекста;
- принципиальная несводимость к конечным множествам локальных решений;
- глобальные требования к структурной и функциональной целостности.

Продолжая сравнение локальности и глобальности, отметим важное свойство: глобальные задачи и системы легко, не меняя своего статуса глобальности, вписываются в локальные контексты и при этом не критичны к изменениям этих контекстов. Но обратное невозможно в принципе. Никакое конечное множество локальных задач и систем не может эквивалентно представить свойства глобальных задач и систем. Локальные задачи и системы весьма критичны к изменениям контекста, в который они встроены, а сложность интеграции локальных решений и систем комбинаторно зависит от степени разнородности информационных пространств, в которых они построены.

Один из базовых тезисов кибернетики о *единстве* процессов управления в живых и искусственных системах [4] до сих пор не имел подтверждения в теории и практике, оставаясь поэтому, фактически, гипотезой. Все искусственные системы,

предшествовавшие глобальной компьютерной среде, построены в презумпции локальности, а живые — “вращены” эволюцией, по сути, в презумпции глобальности (нерасчленимая целостность объединения всех функциональных компонентов и подсистем). В такой ситуации заявленного “единства” нельзя было обнаружить ввиду отсутствия подтверждающих фактов. Искусственные системы, реализованные в презумпции локальности, существенно отставали от живых по своей сложности и системной целостности.

Компьютерная составляющая социометасистемы, погружающейся в глобальное информационное пространство, стала первой искусственной системой с признаками глобальной системы. Все подсистемы с управлением, которые требуется создать для ее перевода в новое метасостояние [1], изначально носят характер глобальных.

Глобализация компьютерной среды привела к практическому подтверждению гипотезы, что переводит ее в ранг постулатов. Только теперь искусственные системы с управлением из своего частного (вырожденного до локализуемости) случая могут перейти в разряд сопоставимых с живыми.

Немного о прецедентах глобализации информационных пространств.

Появление дифференциального и интегрального исчисления можно рассматривать как скачкообразный переход науки в новое метасостояние, в котором презумпция локальности методов решения задач, сменилась презумпцией глобальности единого метода. Исчисление Ньютона—Лейбница взяло на себя роль метапарадигмы [1] глобализации математически однородного поля, в котором разнообразные задачи на бесконечных множествах обрели единый (путем композиции фиксированного набора первичных правил) метод операторного решения.

Это был первый и очень продуктивный опыт глобализации и междисциплинарной интеграции информационного пространства науки. Математически однородное поле дифференциального и интегрального исчислений соединило два замечательных качества. Во-первых, в своих асимптотиках бесконечно малого и бесконечно большого оно фундаментальным образом вписалось в картину вселенной, которая сама, по сути, является продуктом асимптотически сходящихся физических процессов. Во-вторых, предложило простой и универсальный операторный язык решения неограниченного круга задач. Сочетание этих качеств впервые обеспечило возможности моделирования мира во многих его проявлениях, т. е. его адекватного и сверхкомпактного отображения в информационные образы, послушные, в отличие от самого мира, прозрачным математическим манипуляциям.



Математический аппарат науки об управлении существенным образом опирается на теорию дифференциальных и интегральных уравнений. Однако все большее число практических задач управления оказывается в промежуточной зоне между асимптотиками бесконечно большого и бесконечно малого. Та часть мира, в которой живет человек и развивается социосистема, существенным образом содержит дискретные компоненты, не подчиняющиеся асимптотическим законам.

Компьютеры пришли, чтобы “пустота” между пространственно-временными асимптотиками наполнилась конструктивными, логически корректными формализмами, пригодными для машинных манипуляций, позволяющими моделировать мир в его неасимптотических проявлениях. К этой части мира относится практически неограниченное число пространств конечных множеств элементов и подсистем социометасистемы, которые можно рассматривать как расходные материалы конструирования глобально распределенных систем управления социальным развитием.

Однако для компьютерного решения глобальных задач управления в социометасистеме общие методологические предпосылки как в части постановки и решения задач, так и в части их воплощения в глобальной компьютерной среде пока отсутствуют.

До появления единого математически однородного поля дифференциального и интегрального исчисления, воплотившего презумпцию глобальности метода решения, многочисленные задачи определения длины кривых линий, площадей и объемов фигур и тел сложных форм решались частными (локальными) методами, применимыми только к отдельной задаче. В отсутствие математически однородного поля компьютерной информации современное программирование также реализует презумпцию локальности: “для каждой задачи свой метод и своя программа”. Так же, в презумпции локальности, до сих пор решаются и практические задачи управления.

Глобализация парадигмы управления в компьютерной среде, охватывающей социальную среду во все большем числе ее измерений, откроет возможности трансформации потенциально управляемого хаоса несвязных элементов и подсистем в любые требуемые искусственные системы с управлением, которые необходимы для перевода социометасистемы в новое состояние [1] и обеспечения устойчивости социального развития в условиях глобального информационного пространства.

В качестве метапарадигмы компьютерной глобализации парадигмы управления, обеспечивающей переход от локальных задач управления к глобальным, можно рассматривать математически од-

народное поле компьютерной информации на основе исчисления древовидных структур [5]. Глобализация парадигмы управления в математически однородном поле компьютерной информации сводится к формированию единого функционального пространства и построению в нем универсального базиса решения глобально распределенных задач управления. Есть основания полагать (см. далее § 6), что в исчислении древовидных структур разнообразные задачи управления в социометасистеме обретут (по аналогии с исчислением Ньютона—Лейбница) единый метод операторного решения посредством функционально замкнутых композиций фиксированного набора первичных правил.

3. ОБЩЕКМПЬЮТЕРНЫЙ КРИЗИС

Логической и функциональной основой компьютеростроения и индустрии программирования остается классическая аксиоматика в модели Дж. фон Неймана [6]. Эта модель была предложена как простейшая практически значимая модель автоматических универсальных вычислений. По критерию пригодности к массовому производству компьютеров и программ она выдержала жесткую конкуренцию с более поздними альтернативными моделями. Подтверждением ее преимуществ стали массовые тиражи микропроцессоров, ставших идеальным воплощением классической модели.

Системообразующий потенциал классической модели оказался достаточным для формирования глобальной компьютерной среды с гипертекстовым информационным пространством WWW. Но, как показано в работе [3], она в принципе не может оставаться основой для полномасштабной глобализации универсально программируемых вычислений.

Кризис классической аксиоматики проявился системными дисбалансами и на внутрикомпьютерном, и на межкомпьютерном уровнях. “Проявителем” кризиса стали две экспоненты роста — числа транзисторов на кристалле интегральной схемы (закон Мура) и числа компьютеров в Сети.

Внутрикомпьютерный кризис был идентифицирован к середине 1990-х гг. в трех системных компонентах проявления: структурное насыщение микропроцессорной архитектуры, функциональная диспропорция сложности программирования и, как следствие, исчерпание главного (интеллектуального) ресурса человечества [7].

Впоследствии были установлены [3, 8] системные диспропорции и на межкомпьютерном уровне. Они выразились в непрерывном воспроизводстве в глобальной компьютерной среде “ин-

формационного шума”. Его суть в чрезмерном и принципиально неустранимом разнообразии трудно совместимых форм представления компьютерной информации, которое явилось главной причиной разнородности глобального информационного пространства. Как уже говорилось, разнородность информационного пространства является непреодолимым (комбинаторная сложность) препятствием к глобальной интеграции данных, программ и систем.

Были установлены первопричины шума. В модели фон Неймана произвольные структуры данных формируются последовательностями (потоками) адресов к памяти (для чтения/записи элементов данных). Значения адресов в потоке задаются алгоритмическими предписаниями. Модель позволяет произвольным образом кодировать в потоках адресов произвольные структуры данных. Следовательно, в управлении машинным счетом на уровне потоков адресов имеются две степени свободы; обе они открыты программистам. По своему усмотрению они строят структуры данных и для каждой из них задают последовательности адресов доступа к памяти. Здесь и скрыты первопричины воспроизводства информационного шума — избыточного и трудно преодолимого при интеграции многоязычия в представлениях структурированной информации. Комбинаторная природа шума усредненно проявляется так: сложность интеграции растет квадратично от разнородности информационного пространства. Источник шума — программисты, на уровне постулатов получившие лицензию на самовыражение в воспроизводстве плохо совместимых структур данных. Инструмент — средства индустриального программирования. Среда накопления — глобальная Сеть.

С этих позиций понимания пределов возможного классической компьютерной аксиоматики становится ясно, что одной из веских причин компьютерного кризиса стало отсутствие определения области ее применимости. Удивительно, что Дж. фон Нейман, будучи математиком, в момент создания модели не дал следующей “очевидной” формулировки: сферы применимости правил универсального счета данной модели охватывают ресурсы только каждого отдельного компьютера. Из нее следует:

- каждый компьютер универсален в своем информационном пространстве (локализованная универсальность);
- ничто не обязывает, чтобы информационные пространства разных компьютеров были однородны;
- на уровне аксиоматики межкомпьютерное информационное пространство никоим образом не регламентируется.

Три этих утверждения объясняют неадекватность классической модели требованиям глобальной компьютерной среды.

Для устранения первопричин кризиса требуется переход к парадигме математически однородного поля компьютерной информации. В данной работе предлагается подход к его формированию на основе исчисления древовидных структур. На рис. 1 (см. цветную вклейку) приведен пример компьютерной реализации исчисления древовидных структур, реализованного в языке программирования Парсек [5].

4. СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ОБЩЕКМПЬЮТЕРНОГО КРИЗИСА

Стихийное накопление гипертекста в WWW завершилось кризисом перепроизводства информации, непригодной к автоматической переработке. Информационное переполнение увеличивает неустойчивость социальной среды. Накопленные в результате несбалансированной глобализации информационного пространства противоречия уже привели к заметным последствиям на мировом рынке.

Мировой рынок, управляемый миллионами инвесторов, — очень чуткий, многоопытный и адаптивный институт, нацеленный на правильное прогнозирование событий.

В отсутствие другого опыта, инвесторы в своих прогнозах в качестве меры компьютерного прогресса выбрали привычные числовые данные: темпы роста характеристик микропроцессоров, памяти, средств связи, объемов продажи аппаратных и программных средств, масштабы и темпы роста WWW. К середине 1990-х гг. убедились, что динамика роста этих параметров в предшествующем пятилетнем периоде была экспоненциальна. Она была экстраполирована в экспоненциальный рост прибыли.

В секторы информационно компьютерных технологий (ИКТ), в особенности, связанные с WWW, направились серьезные финансовые потоки. Панораму событий показывает график индекса Nasdaq, приведенный¹ на рис. 2 (см. цветную вклейку).

Многие и многие тысячи инвесторов, “разогретье” к середине 1990-х гг. масштабами и темпами глобализации WWW, направили колоссальные капиталы в секторы ИКТ. В период 1997—2000 гг. индекс Nasdaq откликнулся сверхбыстрым, более чем четырехкратным ростом. Но период 2000—2002 гг. принес не дивиденды, а затяжной финансовый облом: завышенные ожидания инвесторов обернулись для ИКТ столь же быстрым оттоком

¹ Воспроизведен с <http://stock.rbc.ru/demo/index.0/daily/NASD.rus.shtml?show=all>.



капиталов и трехкратным снижением инвестиционной активности. Судя по графику, доверие инвесторов до сих пор не восстановлено. Сейчас, спустя 4—5 лет после начала кризиса в 2000 г., индекс уже много месяцев неоднократно пытается, но никак не превысит уровня 1998 г., с которого только начинались ажиотажные инвестиции, чтобы за два года увеличиться в несколько раз.

Впервые компьютерная революция в таких масштабах обманула ожидания многочисленных инвесторов. Почему это произошло?

Многие причины провалов новых бизнес-проектов сводимы к четырем причинам: злой умысел, плохое планирование и управление, внезапная утрата требуемых ресурсов, непредумышленные ошибки в прогнозах рентабельности.

Будем полагать, что в рассматриваемом случае ожидаемая прибыль не была получена по причине “непредумышленных ошибок в прогнозах”. Случайные ошибки в прогнозах исключим, поскольку слишком многие умудренные опытом инвесторы пошли на этот дорогостоящий шаг на основе тщательных расчетов, применяя, думается, все известные и проверенные практикой методы прогнозирования рисков. Неслучайной причиной непредумышленной ошибки принятия одинакового решения сразу многими цивилизованными инвесторами может быть только неполнота исходной информации, которая объяснима принципиальной новизной и скрытостью неучтенных, но весьма существенных факторов.

Оказалось, что неучтенные факторы “затаились” на уровне компьютерной аксиоматики и поэтому имеют фундаментальный характер. Их скрытость объяснима тем, что они стали набирать силу и проявлять себя только по мере роста других, более очевидных числовых показателей, таких как степень интеграции интегральных схем (число транзисторов на кристалле), число взаимосвязанных компьютеров в глобальной сети, темпов роста масштабов глобальной компьютерной среды и численности ее постоянных пользователей. Эти параметры никоим образом не отражали ни степени разнородности форм представления компьютерной информации, ни характера решаемых задач компьютерной средой в целом, которые, в конце концов, и сыграли роль “злой шутки”.

Использованные в прогнозах параметры не отражали всех скрытых тенденций, сопровождавших компьютерный прогресс. Во-первых, они не касались системных свойств компьютерной среды в целом. Во-вторых, прогресс характеристик компонентов компьютерной среды необоснованно отождествлялся с прогрессом потребительских функций, которые, в конечном счете, дают финансовую отдачу.

Фундаментальная и вовремя нераспознанная причина кризиса в том, что потребительские функции, которые дают отдачу при исполнении в отдельном компьютере или в локальной сети принципиально отличаются от потребительских функций, которые могут и должны эффективно решаться в глобальной компьютерной среде. Первые решают локальные задачи, вторые должны решать глобальные задачи. Как уже отмечалось, *фундаментальное свойство глобальных задач в том, что они в принципе не сводимы к конечным множествам локальных.*

Человечество ранее не сталкивалось с глобальными задачами. Вкладывая средства в глобальную компьютерную среду, инвесторы изначально не могли определить те глобальные потребительские функции, которые должна выполнять компьютерная среда в целом. Полученные ИКТ средства “перетекли” в локальные задачи. В глобальной компьютерной среде локальные задачи не оказались в достаточной мере востребованными, чтобы принести прибыль.

Выводы из полученного урока. По другому быть не могло. Законы рынка не могут отменить действия фундаментальных законов. Незнание фундаментальных законов не освобождает от ответственности за их нарушение.

5. МАТЕМАТИЧЕСКИ ОДНОРОДНОЕ ПОЛЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ В МОДЕЛИ ИСЧИСЛЕНИЯ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР

На рис. 3 (см. цветную вклейку) приведена “родословная” модели вычислений на основе исчисления древовидных структур, названной Parseq-машиной. Показаны отличительные признаки от предшествующих моделей и вертикаль развития.

В качестве исходной для построения новой модели вычислений взята классическая аксиоматика Дж. фон Неймана [6] (N-машина), которая в свое время стала логическим расширением абстрактной машины Тьюринга на вычислительные ресурсы реальных компьютеров. По сути, классическая компьютерная модель стала проекцией общей парадигмы управления на вычислительные ресурсы. Она представляет собой алгоритм управления вычислительными ресурсами, который обеспечивает автоматическое воплощение универсально программируемых вычислений.

Рассмотрим основные понятия, связанные с моделью фон Неймана [6]. Компьютерная информация в этой модели представляет собой множество конечных двоичных строк (линейных отрезков) в общем случае различных размеров. Вычислительные ресурсы в этой модели — память с

произвольно адресуемыми ячейками, арифметический блок, блоки управления и ввода-вывода.

Двоичные строки представляют как данные, так и программы. Действия со строками-данными — произвольно адресуемый доступ к компонентам (подстрокам) по чтению-записи, арифметико-логические преобразования значений выделенных подстрок. Правила композиции структуры между строками — произвольные связи (ссылки) между любым количеством строк-отрезков. Строка-программа — это особый участок в памяти, в котором хранится строка-отрезок с линейно упорядоченной последовательностью подстрок, интерпретируемых как команды. Память программ управляется счетчиком команд, который вычисляет адреса перехода к следующей команде: либо к соседней по расположению (приращение адреса равно +1), либо по дальнему адресу (приращение — целое число со знаком, отличное от 0 и +1).

В N-машине в местах приложения управляющих действий к вычислительным ресурсам задаются адреса доступа к памяти и режимы чтения-записи, код операций и режимы ввода-вывода.

Классический универсальный счет реализуется по правилам процедурного программирования посредством явного предписания очередности следующих действий: начальная загрузка программы и данных в память, чтение очередной команды по счетчику команд, исполнение команды с чтением операндов и записью результата, модификация счетчика команд, переход к следующей команде, завершение. Хорошо известно, что семантика процедурных программ определяется явным предписанием очередности исполнения действий в вычислительных ресурсах, установление которой возложено на программиста.

Сфера применимости классической аксиоматики — локальные ресурсы изолированного универсального компьютера.

Познакомимся с особенностями Parseq-машины, представляющей собой модель исчисления древовидных структур.

Компьютерная информация в этой модели — множество конечных двоичных деревьев произвольных конфигураций и размеров. В вершинах деревьев — двоичные строки (линейные отрезки), наследуемые от N-машины. Действия со строками те же — произвольно адресуемый доступ к компонентам по чтению-записи.

Принципиальное отличие состоит в правилах композиции строк-отрезков. Вместо произвольных связей между произвольным числом строк правила соединения вершин в двоичном дереве *ограничивают* число соседних вершин не более трех. В нотациях это связи (адресные ссылки) *prev*, *next*, *deer* между строками-отрезками [5].

Как данные, так и программы в Parseq-машине представлены древовидными структурами и только ими (см. рис. 1). При этом принципы процедурного управления универсальным счетом классической модели в новой модели сохранены. С ограничением структур данных и программ только двоичными деревьями изменяются лишь места приложения управляющих действий, которые теперь определены не на инженерном уровне машинных ресурсов, а на древовидных структурах, представляющих собой математически замкнутый объект.

В Parseq-машине машинные ресурсы принципиально отделены от программистов математически точными и ясными манипуляциями с древовидными структурами, которые фактически составляют систему команд Parseq-машины. При аппаратной реализации Parseq-машины отображение исчисления древовидных структур на внутренние машинные ресурсы и ресурсы всех связанных сетями компьютеров осуществляется автоматически на архитектурном уровне аппаратных средств.

Исчисление древовидных структур фактически изолирует программиста от каких-либо управляющих воздействий на уровнях машинных ресурсов. Места приложения управляющих действий привязаны только к элементам древовидных структур — вершинам и связям между вершинами. Идентификация этих мест осуществляется программистом с помощью курсорных переменных, которые могут определяться в любом требуемом количестве [5]. Базис управления вычислениями — универсальный набор действий над курсорными переменными, обеспечивающий произвольные преобразования древовидных структур [5].

Parseq-машина построена путем минимальной модификации модели фон-Неймана посредством ее логического усиления, которое вводит математический регламент представления структурированной компьютерной информации в виде функционально замкнутого исчисления древовидных структур. В результате:

- сохранен процедурный механизм управления универсальным счетом классической модели, доказавший свое преимущество в массовом производстве компьютеров и программ как самый простой в машинной реализации;
- путем запрета на “лишние” связи изменено только информационное поле действия (данные, программы) процедурного управляющего механизма; этот запрет не вносит новых правил организации данных в модель универсальных вычислений, поскольку является лишь дополнительным ограничением допустимых к применению;



- благодаря математической замкнутости и функциональной полноте исчисления древовидных структур сохранена универсальность.

Таким образом, изменения классической модели минимальны и сконцентрированы только в точечных местах приложения управляющих воздействий (в базовом механизме управления автоматическим счетом) и не затрагивают остальных компонентов классической модели универсальных вычислений.

Выделим важное свойство. Благодаря уникальным свойствам деревьев (удаление любого ребра нарушает связность) *математически однородное поле компьютерной информации в модели исчисления древовидных структур обладает неулучшаемым свойством минимальной структурной сложности.*

Перечислим особенности языка программирования Парсек (см. рис. 1) [5], в котором впервые в классе процедурных языков реализована математически замкнутая модель исчисления древовидных структур:

- данные и программы — древовидные структуры, ничего кроме них;
- исчисление деревьев — математически замкнутые и функционально полные правила преобразования деревьев;
- автоматическое управление машинными ресурсами;
- сочетание процедурного стиля с автоматическим управлением машинными ресурсами.

В истории развития процедурных языков программирования ограничение на допустимые связи между информационными компонентами впервые было апробировано при индустриальном становлении стиля “структурного программирования” (1970—1980-е гг.). Этот стиль запретил бесконтрольное применение в программах произвольных переходов “go to”. При этом универсальность была сохранена без заметных потерь в эффективности. Тогда этот шаг обеспечил формирование рынка программ, позволив придать программам свойства товара. (Программы стали в достаточной степени “читабельными” и переносимыми).

Сейчас, благодаря глобальному информационному пространству, особое рыночное значение обретают и формы представления данных. Разрабатываются специальные языки представления данных в форме древовидных образований. Наиболее известен язык XML, который позиционирован как стандарт строго организованного представления данных в Сети. Однако он не является универсальным языком программирования. Обработка данных, представляемых в XML, осуществляется в различных языках программирования по-разному.

В языке Парсек, первые версии которого работали еще до появления XML, запрет на произволь-

ные связи изначально распространен не только на программы, но и на данные. В исчислении древовидных структур и программы, и данные представляются в едином поле древовидных структур. Парсек позволяет работать со строго организованной компьютерной информацией единообразно, как на внутреннем, так и на внешних уровнях. Многочисленные преобразования разнородных промежуточных форматов представления данных исключаются.

В математически однородном поле исчисления древовидных структур компьютеры обретают единое и математически замкнутое представление программ и данных. Комбинаторное сопротивление интеграции устраняется вместе с разнородностью форм представления компьютерной информации.

В глобальной компьютерной среде самым массовым “товаром” стали не только программы, но и данные. Поэтому предельное упрощение и математически строгая унификация форм представления компьютерной информации (данных и программ) крайне важны для развития компьютерной среды.

6. К ЕДИНОЙ АКСИОМАТИКЕ

Классическая компьютерная аксиоматика является специальной формой (проекцией) парадигмы управления на системы особого класса — компьютеры. Она определила состав действий и правила управления универсальными вычислениями.

Математически однородное поле открывает возможности осуществления всей цепи решения структурно сложных задач от постановки до компьютерного воплощения в едином, математически ясном формализме, “понятном” глобальной компьютерной среде без посредников-программистов.

Ключом к решению проблемы глобализации парадигмы управления в математически однородном поле должен стать единый язык решения разнобразных задач управления. В качестве прототипа такого языка можно рассматривать формализм работы со структурами в системах с управлением, предложенный в основах графодинамики М. А. Айзерманом [9, 10].

Суть графодинамики в следующем. Текущее состояние, внешние воздействия и реакции динамических систем представляются графами. Развитие событий во времени — динамика — связывается не с перемещениями по графам, а с изменением их структуры. Правила изменения структур задаются функциями над графами. Эти изменения могут быть либо автономными, либо вызваны внешними для системы воздействиями. В результате возни-

кают процессы, в ходе которых графы могут изменять и состав вершин, и структуры связей. В графодинамике рассмотрены основные виды постановок задач управления.

Принципы графодинамики следует рассматривать как основу единого формально строгого языка решения задач управления, который может использоваться на всех уровнях — от теорий построения и исследования моделей до их идентификации и компьютерных воплощений.

Графодинамика до сих пор не имела развития. Это, как нам представляется, вполне объяснимо доминированием принципа презумпции локальности. Единого формализма для решения локализуемых задач не требовалось. Переход к презумпции глобальности задач управления начинается, прежде всего, с единого языка решения различных задач управления. Графодинамика — замечательный пример опережающих возможностей фундаментальной науки. Она дает методологическую основу преодоления кризиса презумпции локальности и решения проблем глобализации парадигмы управления.

Сравним формализм графодинамики с компьютерным исчислением древовидных структур, предложенным и исследованным в работах [5, 8] и реализованным в универсальном языке программирования Парсек [5].

Первое и существенное различие в том, что графодинамика в своем общем случае ориентируется на графы общего вида. Приведенные в работах [9, 10] при изложении принципов графодинамики примеры деревьев предлагались лишь для простоты рассмотрения, в то время как модель, положенная в основу языка Парсек, обеспечивает универсальность посредством работы во множестве древовидных структур и только в нем. Это логически существенное различие (усиление) ведет к кардинальному упрощению компьютерной реализации исчисления структур без потери универсальности.

Для представления структур в графодинамике использовались нумерующие функции, которые неудобны для практического применения в компьютерных реализациях. Система программирования Парсек с достаточной эффективностью реализована в ресурсах изолированного компьютера. В настоящее время разрабатываются средства эмуляции Парсек в ресурсах компьютеров, связанных сетями [8, 11]. Тем самым формируется инструментальная основа для формирования математически однородного поля компьютерной информации в ресурсах глобальной компьютерной среды и программирования глобально распределенных задач [12, 13].

Динамика “дипольной” метасистемы [1, рис. 2] представлена системой выражений (1) в работе [1]. В математически однородном поле компьютерной

информации все значения переменных системы выражений определяются на глобальной древовидной структуре, общей для всех задач. Эта глобальная структура становится единым носителем математически однородного поля информации в компьютерной среде. При этом упомянутая система выражений (1) представляет собой универсальную методологическую основу для формулировок и решения глобальных задач управления в социометасистеме. Конкретные глобальные задачи могут формулироваться посредством детального доопределения состава множеств-областей переменных, структуры переменных и функций над этими переменными. В принципе, эти действия носят математический характер, что позволит существенно сокращать расходы времени и средств на программирование глобальных задач.

Взаимно дополняя друг друга, графодинамика и система программирования Парсек открывают пути для исследования конструктивных подходов глобализации парадигмы управления в математически однородном поле компьютерной информации.

7. ОБ АРХИТЕКТУРЕ СОЦИОМЕТАСИСТЕМЫ

Природа задач управления такова, что наиболее интенсивные потоки информации замкнуты в объектах и контурах автоматического управления. Объемы и интенсивность потоков информации, которая выводится на людей, участвующих в процессах управления, по возможности, минимизируется. Поэтому задачи управления, требующие реализаций в реальном времени, играют особую роль в преодолении кризиса перепроизводства в глобальной сети информации, непригодной для автоматической переработки.

Глобализация парадигмы управления позволяет сформировать в математически однородном поле компьютерной информации единое функциональное пространство со встроенным универсальным базисом решения глобально распределенных задач управления, необходимых для саморегулирования и самоорганизации социосистемы. При этом компьютерная среда, оставаясь распределенной, обретает структурную и функциональную целостность, которая может быть представлена в виде глобального управляющего компьютера, архитектура которого схематически представлена на рис. 4 (см. цветную вклейку). По сути, это архитектура всей социометасистемы.

Глобальный контур управления охватывает социальный, компьютерный и интеллектуальный компоненты. Множественные потоки информации асинхронных, в основном, децентрализованных и автоматических процессов управления, работают через глобальный массовый контур, обеспечиваю-



щий в реальном времени сбор информации о текущем состоянии социометасистемы, переработку и выработку управляющих воздействий, а также их доставку к местам воздействия и исполнение.

Важный аспект в этой архитектуре отводится интеллекту (сознанию) социальной среды. Глобальная компьютерная среда сможет охватить социальную среду и ее интеллект универсальным контуром управления только с обретением в математически однородном поле компьютерной информации свойства универсальной программируемости.

Общие аспекты построения и программирования глобального компьютера в математически однородном поле компьютерной информации рассмотрены также в работах [12, 13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Качественно новый этап развития социосистемы состоит в ее глобальной кибернетизации. Это беспрецедентная и по масштабам, и по сложности проблема. Она чрезвычайно наукоемка, поэтому не может быть решена стихийно. Для ее своевременного и безопасного решения требуется тесное взаимодействие многих наук. На начальных этапах первый импульс к ее решению должны дать наука об управлении и компьютерные науки. Они должны выработать методологические и теоретические предпосылки математически исчерпывающего решения кардинально новых проблем управления, возникающих с глобализацией информационного пространства.

Компьютерная среда открывает возможности воплощения разнообразных и сколь угодно больших глобально распределенных систем управления в едином функциональном пространстве. Но для освоения этих возможностей необходимо преодолеть методологический кризис в решении задач управления, который связан с переходом от локальных задач к глобальным. Этот кризис проявляется на уровне математических методов решения задач и построения моделей управления, на уровне идентификации теоретических моделей, а также на уровнях практической реализации систем управления в глобальной компьютерной среде.

Первый шаг на пути преодоления методологического кризиса на всех этих уровнях связан с компьютерной глобализацией парадигмы управления.

Проблема смены начальной установки в подходах к решению задач управления с локальных на глобальные не столь драматична, как это может показаться. Методологически и математически дело сводится к рассмотрению множества всех задач управления в социометасистеме как единой мета-

задачи. Логических пустот для возведения мостов для этого перехода в науке об управлении нет. Скорее всего, проблема перехода имеет не столько смысловой математический, сколько формально языковой характер. Речь идет о формировании единого языка решения задач управления в социометасистеме и его воплощении в глобальной компьютерной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Затуливетер Ю. С.* Проблемы глобализации парадигмы управления в математически однородном поле компьютерной информации. Ч. I. Кибернетизация социосистемы // Проблемы управления. — 2005. — № 1. С. 2–10. (www.ipu.ru/period/ru).
2. *Затуливетер Ю. С.* Информационная природа социальных перемен. — М.: Синтег, 2001. — 132 с. (<http://zvt.hotbox.ru/book.htm>).
3. *Затуливетер Ю. С.* Информация и эволюционное моделирование // Труды междунар. конф. “Идентификация систем и задачи управления”, SICPRO’2000, Москва, 26–28 сентября 2000 г. ИПУ РАН. — М., 2000. — С. 1529–1573. (http://zvt.hotbox.ru/1529_.htm).
4. *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине. — М.: Наука, 1983. — 166 с.
5. *Затуливетер Ю. С., Халатян Т. Г.* ПАРСЕК — язык компьютерного исчисления древовидных структур с открытой интерпретацией. Стеновый вариант системы программирования. — М.: Ин-т пробл. управления РАН, 1997. — 71 с.
6. *Беркс А., Голдстейн Г., Нейман Дж.* Предварительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства // Кибернетический сборник. — 1964. — Вып. 9. — С. 7–67.
7. *Затуливетер Ю. С.* Компьютерные архитектуры: неожиданные повороты // HARD’n’SOFT. — 1996. — С. 89–94.
8. *Затуливетер Ю. С.* Компьютерная информация в модели исчисления древовидных структур // Труды Второй междунар. конф. “Идентификация систем и задачи управления”, SICPRO’2003, Москва, 29–31 января 2003 г., ИПУ РАН. — М., 2003. — С. 790–858.
9. *Айзерман М. А., Гусев Л. А., Петров С. В., Смирнова И. М.* Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (Основы графодинамики). I // Автоматика и телемеханика. — 1977. — № 7. — С. 135–151.
10. *Айзерман М. А., Гусев Л. А., Петров С. В., Смирнова И. М.* Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (Основы графодинамики). II // Автоматика и телемеханика. — 1977. — № 9. — С. 123–136.
11. *Затуливетер Ю. С., Топорищев А. В.* Язык Парсек: разработка функций для программирования глобально-распределенных вычислений в математически однородном поле компьютерной информации // Труды II междунар. конф. “Параллельные вычисления и задачи управления”, РАСО’2004, 4–6 октября 2004 г., Москва, ИПУ РАН. — М., 2004. С. 425–443.
12. *Затуливетер Ю. С.* На пути к глобальному программированию // Открытые системы. — 2003. — № 3. — С. 46–47. (<http://www.osp.ru/os/2003/03/046.htm>).
13. *Затуливетер Ю. С.* К глобальному компьютеру // Труды всеросс. научн. конф. “Научный сервис в сети Интернет” (22–27 сентября 2003 г., г. Новороссийск). — М.: МГУ, 2003. — С. 186–189.

☎ (095) 334-92-09

E-mail: zvt@ipu.rssi.ru

