

КИБЕРНЕТИКА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Ю.С. Затуливетер

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: zvt@ipu.ru

Ключевые слова: глобальная компьютерная среда, информационная сильносвязность, устойчивое развитие, принцип Эшби, глобально распределенные вычисления, единое алгоритмическое пространство, реинжиниринг глобальной компьютерной среды.

Аннотация. Вводится новый для кибернетики объект исследования – глобальная компьютерная среда (ГКС) в целом. Предлагается концепция сближения кибернетики и компьютерно-сетевых технологий в целях системно сбалансированной цифровой трансформации социотехносферы на основе кибернетических моделей устойчивого развития. Показано, что для такой трансформации необходим реинжиниринг архитектуры ГКС, обеспечивающий сетевую цифровизацию принципа Эшби.

1. Введение

Эволюция социотехносферы сопровождается ростом производимой, потребляемой и накапливаемой информации. Устойчивое развитие социотехносферы достигается при растущем спросе на информацию и ее сбалансированном производстве-потреблении. Производимые потоки/объемы информации не должны критически превышать совокупную пропускную способность социосистем по ее переработке в целях устойчивого развития. Нарращивание пропускной способности вслед за ростом потоков/объемов информации – необходимое условие устойчивого прогресса.

Системно несбалансированная экспансия цифровой трансформации (ЦТ) социотехносферы меняет (во многом «вслепую») ее кибернетические свойства. Это ведет к снижению дееспособности «доцифровых» институтов управления.

В работе рассмотрены кибернетические аспекты ЦТ и общесистемные требования к глобальной компьютерной среде (ГКС). Их выполнение необходимо для кибернетизации моделей ЦТ в целях устойчивого развития социотехносферы в целом.

2. О глобальной компьютерной среде

ГКС – это рост вычислительной мощности миллиардов компьютеров, связанных сетями, оцифрованные коммуникации с неконтролируемой экспонентой роста потоков/объемов информации и повышение интенсивности информационных событий. ГКС – это рост масштабов глобального общесистемного кризиса перепроизводства информации, неконтролируемые потоки которой на порядки превышают пропускную способность «доцифровых» институтов управления устойчивым развитием. Невозможность своевременной переработки информации ведет к нарушению рыночных балансов, что с начала 00-х проявляется чередой кризисов с нарастающей амплитудой, неуклонно (на фоне роста ЦТ) снижающих регулирующие возможности финансовых систем и стабильность мировой экономики. Без кибернетических стратегий ЦТ социотехносферы ГКС – это геополитическая нестабильность, санкции,

гибридные войны всех со всеми. Это парадокс сверхбыстрого роста совокупной вычислительной мощности ГКС, которая кумулятивно недоступна для переработки информационной экспоненты в целях устойчивого развития.

В ходе несбалансированного расширения сфер влияния ГКС «цифра» ушла в семантический отрыв от «доцифровых» институтов управления устойчивым развитием. Стихия ЦТ без кибернетической стратегии устойчивого развития социотехносферы вносит в сложившийся миропорядок глобальные возмущения. Налицо системное «двоевластие»: старое («доцифровое») не может, а новое («цифровое») еще не готово.

3. Глобальная «цифра» и кибернетика

Информационная универсальность человека выражается в уникальной способности к восприятию, абстрагированию, передаче, накоплению и целенаправленной переработке нецифровой информации. В докомпьютерные эпохи природная монополия человека на нецифровую универсальность делала его единственным актором социально структурируемой переработки информации. Его универсальность оставалась безальтернативной основой антропоцентрических структур управления, в которых обязательно участие человека во всех звеньях управления. С развитием структурной организации социотехносферы пропускная способность антропоцентрических институтов увеличивалась вслед за растущими потоками информации (за счет роста числа акторов и разнообразия техногенных средств в процессах управления).

Эволюция социотехносферы «под эгидой» природной универсальности человека привела к созданию компьютеров – автоматических вычислительных машин с новыми системообразующими качествами «цифровой» алгоритмической универсальности. Миллиардные тиражи и опережающее развитие системообразующего потенциала компьютеров – массовых, общедоступных носителей «цифровой» универсальности, а также развитие сетевых технологий привели к формированию ГКС, которая охватывает и кардинально влияет на рост и развитие социотехносферы. Появление ГКС нарушило монополию «нецифровой» универсальности человека и открыло эпоху ЦТ социотехносферы в целом с принципиальными изменениями ее кибернетических свойств, а значит и принципов управления устойчивым развитием. Устранив доцифровые барьеры распространения информации, ГКС привнесла в социотехносферу беспрецедентный феномен глобальной информационной связности: «Все влияет на все и сразу» [2]. В результате несбалансированные процессы цифровизации привели к опережающему росту разнородной, слабо организованной информации неприспособленной для алгоритмической переработки в целях устойчивого развития. Избыток такой информации ведет к информационному зашумлению и снижению стабильности социосистем. Небольшие причины вызывают лавины цепных реакций глобальных последствий, с которыми существующие («доцифровые») институты управления уже не в состоянии справиться. В этом состоит фундаментальная (кибернетическая в своей сути), пока еще социально неосознанная первопричина нарастающей хаотизации существующего миропорядка.

Десятилетия несбалансированного роста ГКС показывают: экспансия глобальной «цифры» в отрыве от кибернетики ведет к нарастанию кризиса перепроизводства слабо организованной информации. Информационный шум снижает управляемость, что нарушает необходимые для устойчивого прогресса балансы между производством и продуктивным использованием информации. Причины этого – невозможность переработки экспоненты информации из-за биологически ограниченной пропускной способности антропоцентрических моделей и архитектурных ограничений ГКС.

Для выхода из кризиса необходимо устранение его причин и установление новых балансов между производством и потреблением информации. Для устойчивого развития глобально сильносвязанной социотехносферы требуются кибернетические модели (с опорой на адекватное разделение и сочетание информационных «полномочий» универсальности человеческой и компьютерной сред), реализуемые в обновленной ГКС (см. далее).

4. О сетевой цифровизация принципа Эшби

Цифровые системы с управлением имеют системную память, в которой размещаются данные текущего состояния управляемого объекта и программы алгоритмов управления. В дискретном времени программы получают значение входа, а из системной памяти – текущее состояние объекта. По ним вырабатываются управляющие воздействия, а также новые значения текущего состояния объекта.

Согласно принципу Эшби [1] управляющая подсистема должна иметь не меньший потенциал «разнообразия», чем тот, которым обладает управляемая подсистема.

В цифровых системах управления локальными объектами в качестве центрального органа, исполняющего алгоритмы управления, используются универсально программируемые компьютерные устройства – микроконтроллеры. Их запоминающее устройство используется как системная память хранения алгоритмов управления и данных текущего состояния управляемого объекта. В предположении локализуемости управляемых подсистем, благодаря универсальности программируемости компьютерного устройства, имеющего достаточный для необходимого «разнообразия», объем памяти, принцип Эшби обретает свойство инвариантности программного способа цифрового управления относительно видов и специфики управляемых подсистем. Применительно к локальным объектам однокомпьютерная архитектура с единым центром управления осуществляет универсальную «оцифровку» принципа Эшби. Унификация посредством программируемых микроконтроллеров обеспечила расширение разнообразия и массовую тиражируемость цифровых систем управления локальными объектами.

В распределенных системах с компьютерно-сетевым управлением, реализуемых в ГКС, ситуация иная. Их управляемая и управляющая части являются распределенными системами (со многими компьютерными устройствами), а их текущее состояние фрагментировано по устройствам локальной памяти компьютеров многих сетевых узлов. Отсутствие в архитектуре ГКС единого адресного пространства распределенной памяти сетевых компьютеров делает невозможным воплощение единого способа универсально программируемого «многокомпьютерного» исполнения вычислений для разно профилированных систем. Поэтому в существующей ГКС «оцифровка» принципа Эшби со свойством инвариантности относительно профилирования таких систем остается недостижимой. Далее показаны препятствия к распространению принципа Эшби на сколь угодно большие сети, и пути к их устранению.

5. К реинжинирингу архитектуры ГКС

Существующая архитектура ГКС основывается на двух цифровых парадигмах универсальности – алгоритмической и коммуникационной [2,4]. Первая – классическая модель универсального компьютера, носящая имя Дж. фон Неймана. Она постулировала логику «цифровой» алгоритмической универсальности изолированных компьютеров. Вторая представлена стеком сетевых протоколов TCP/IP, которые обеспечивают глобальную масштабируемость компьютерных сетей и надежную передачу информации между компьютерами различных платформ.

Классическая модель эвристически постулировала простейшие практически значимые правила универсально программируемых машинных вычислений, локализованные во внутренних ресурсах компьютеров.

В архитектуре ГКС посредством протоколов ТСП/IP воплощены эвристические принципы глобализации сетевой композиции растущего количества компьютеров, обладающих эвристическим свойством локальной алгоритмической универсальности. Сетевой «суперпозиции» двух ключевых системообразующих компьютерных эвристик присущи принципиальные недостатки. Главный из них выражен в парадоксе: каждый компьютер в сетевых узлах ГКС обладает свойством универсальной программируемости, однако это системообразующее качество функциональной полноты изначально не распространяется на ГКС в целом.

В отсутствие универсальной программируемости архитектуры ГКС наращивание ее функциональных возможностей осуществляется путем создания в сетевых ресурсах растущего разнообразия проблемно-профилированных распределенных систем. Такие системы воплощаются «поштучно» по следующей схеме. Система априори ориентируется на определенную сферу применения. Определяется и структурно фиксируется ограниченный функционал, покрывающий потребности выбранной сферы. В этих ограничениях для распределенной реализации необходимого функционала разрабатываются специализированные программно-аппаратные слои функциональной интеграции разнородных сетевых ресурсов. Каждая такая ориентация – весьма дорогостоящий проект. Разработки таких систем требуют решения многовариантных задач интеграции разнородных ресурсов, а это комбинаторные задачи. Применение при их создании многоплановых (очень непростых в организации) интероперабельных технологий [3] позволяет за счет стандартизации интерфейсов взаимодействия компонентов снижать затраты на такую интеграцию. Но они не устраняют причин разнородности и комбинаторной сложности. Комбинаторное «проклятие размерности» остается фундаментальным ограничением размеров таких систем, что делает невозможным кумулятивное использование совокупного системообразующего потенциала ГКС для управления устойчивым развитием социотехносферы в целом.

Цель реинжиниринга ГКС – кибернетически сбалансированная коррекция ее архитектуры, направленная на устранение причин воспроизводства разнородности сетевых ресурсов (обнуление комбинаторной сложности), и кибербезопасное распространение свойства универсальной программируемости с внутрикомпьютерных ресурсов на совокупные ресурсы ГКС.

В [4] показано, что первопричина воспроизводства аппаратно-программной разнородности ГКС кроется в модели фон Неймана. Она канонизировала машинные правила универсально-программируемых вычислений в инженерных нотациях без математической регламентации форм представления программ и данных. Отсутствие математической унификации цифровой информации восполнялось инженерным искусством воплощения растущего многообразия разнородных, изначально не совместимых компьютерных архитектур и программных средств. Другая причина – глобальная легализация разнородности сетевых ресурсов посредством ТСП/IP.

Фундаментальной предпосылкой к реинжинирингу архитектуры ГКС является математическая трансформация инженерных постулатов классической модели на основе нового компьютерного базиса, реализующего исчисление древовидных структур (ИДС) [4]. Базис ИДС дает математически замкнутое представление цифровой информации (данных/программ) и единых правил выполнения универсально программируемых вычислений в локальных (внутрикомпьютерных) и сетевых ресурсах. Это позволяет устранить истоки разнородности и открывает возможности

бесшовного распространения свойства универсальной программируемости (функциональной полноты) на сколь угодно большие сети.

Для практического достижения целей реинжиниринга ГКС требуется новый класс универсальных однокристалльных сетевых компьютеров с немикропроцессорной архитектурой [2,4], в которой аппаратно реализуется компьютерный базис ИДС. Новые компьютеры, устраняя причины воспроизводства разнородности, а значит и необходимость комбинаторно сложных задач, обеспечат формирование единого адресного пространства памяти всех сетевых узлов, а также кибербезопасное распространение бесшовной программируемости на сколь угодно большие сети обновленной ГКС. Реинжиниринг ГКС [5] сводится к размещению компьютеров с немикропроцессорной архитектурой в сетевых узлах. Обладая локальной и принципиально новой – глобально распределенной – универсальностью, такие компьютеры в составе сетевых узлов приобретают системный статус универсального «центра управления» всеми ресурсами своих узлов. Они обеспечивают функциональную полноту глобальной «оцифровки» принципа Эшби и кумулятивное использование в процессах управления качественно обновляемого совокупного системообразующего потенциала ГКС. Предлагаемое обновление архитектуры ГКС на основе ИДС позволит реализовать в ней единое универсальное, математически однородное, бесшовно программируемое и кибербезопасное алгоритмическое пространство распределенных вычислений и сетецентрического управления. При этом ГКС в целом обретает свойство системно-функциональной целостности, полноты и неограниченной масштабируемости в части создания (с минимальными издержками) сколь угодно больших распределенных систем [2, 4]. Такие системы станут массовым средством воплощения кибернетически обоснованных моделей ЦТ, направленных на устойчивое развитие глобально сильносвязной социотехносферы

В заключение отметим. В новом алгоритмическом пространстве глобально-распределенной цифровой информации открываются пути к формированию высокоорганизованной системно-целостной памяти социотехногенной среды в целом. Это открывает возможности применения сетевой «оцифровки» принципа Эшби для математического воплощения растущего многообразия кибернетических моделей управления устойчивым развитием социотехносферы в условиях глобальной информационной сильносвязности.

Список литературы

1. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. М.: Издательство иностранной литературы, 1959. 420 с.
2. Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А. К компьютерно-сетевым архитектурам для цифровой трансформации больших систем // Программные системы: теория и приложения. 2020. Т. 11, № 3(46). С. 85–131. DOI: 10.25209/2079-3316-2020-11-3-85-131.
3. Олейников А.Я., Фомин И.А. Основы обеспечения и оценки интероперабельности сетецентрических информационно-управляющих систем // Электрон. науч. журнал «ИТ-Стандарт». 2023. № 1. С. 64-72.
4. Затуливетер Ю.С. Компьютерный базис сетецентрического управления // Труды 2-й Всероссийской конференции с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» (УКИ-2010, Москва). М.: ИПУ РАН, 2010. С. 17-37.
5. Zatuliveter, Yu.S, Fishchenko, E.A. Towards Strategic Reengineering the Global Computer Environment for Control of Sustainable Development of Social Systems // IFAC-PapersOnLine. 2021. Vol. 54, No. 13. 2021. P. 129-133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.432>.