

К УНИВЕРСАЛЬНОМУ АЛГОРИТМИЧЕСКОМУ ПРОСТРАНСТВУ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

ЮРИЙ СЕМЕНОВИЧ ЗАТУЛИВЕТЕР (ORCID 0000-0002-4462-0098)

ФГБУН Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Аннотация. Выявляются фундаментальные препятствия к полномасштабной глобализации цифровой экономики. Анализируются причины их возникновения как на уровне глубинных свойств информационных сред, в которых протекают экономические процессы, так и на уровне логических оснований компьютерно-сетевых архитектур глобальной компьютерной среды (ГКС), используемых в настоящее время для цифровизации экономики. Показаны пути устранения выявленных причин на основе общей модели универсально программируемых и кибербезопасных распределённых вычислений. В развитие этой темы предложены архитектурные принципы построения нового класса массовых универсальных сетевых компьютеров с немикропроцессорной архитектурой, которые открывают возможности формирования в совокупных ресурсах существующей ГКС универсального алгоритмического пространства цифровой экономики.

Ключевые слова: цифровая экономика (ЦЭ), информационная универсальность человека, алгоритмическая универсальность компьютеров, глобальная компьютерная среда, глобальная информационная связность, модель распределённых вычислений, компьютеры с немикропроцессорной архитектурой, универсальное алгоритмическое пространство ЦЭ.

ВВЕДЕНИЕ

Социальный прогресс определяется уровнями развития экономических отношений, структур, систем и процессов, которые осуществляются в режимах самоорганизации посредством информационного поля человеческого сознания. Главной движущей силой экономических процессов в прежние времена оставались уникальные интеллектуальные и коммуникативные возможности Homo Sapiens в части универсальной переработки информации.

С появлением массовых компьютеров и глобальной компьютерной среды (ГКС) ситуация коренным образом меняется. Об-

Abstract. Fundamental obstacles to the full globalization of the digital economy are being identified. The reasons of their occurrence are analyzed both at the level of deep properties of information environments in which run economic processes, and at the level of logical bases of computer-networking architectures of the Global Computer Environment (GCE), used now for a digitalization of the economy. The ways of elimination of the revealed reasons on the base of the general model of universally programmable and cyber-safe distributed computing are shown. In growth of this theme the architectural principles of the new class of mass universal network computers with non-microprocessor architecture are offered, which open possibilities of formation in aggregate resources of the existing GCE of the universal algorithmic space of the digital economy.

Keywords: digital economy, human informational universality, algorithmic universality of computers, global computer environment, global information strongly connectedness, model of distributed computing, computers with non-microprocessor architecture, universal algorithmic space of digital economy.

ладая алгоритмической универсальностью, компьютеры прервали историческую монополию человека на универсальную переработку информации. Совокупный вычислительный, функциональный и системообразующий потенциал быстро растущих миллиардов универсальных компьютерных устройств, связанных сетями, открывает перспективы формирования для цифровой экономики (ЦЭ), глобальной и универсально программируемой инфраструктуры. Она своими корнями уходит в недра ГКС и способна в беспрецедентных условиях глобальной информационной связности и роста потоков и объёмов инфор-

магии обеспечить кардинальное повышение эффективности экономики.

Однако на этом пути имеются фундаментальные препятствия. В работе представлены результаты анализа причин их возникновения как на уровне свойств информационных сред, в которых протекают экономические процессы, так и на уровне логических оснований компьютерно-сетевых архитектур ГКС, используемых в настоящее время для цифровизации социально-экономических систем. Показаны пути устранения этих причин на основе модели бесшовно программируемых распределённых вычислений и нового класса универсальных компьютеров с немикропроцессорной архитектурой, которые открывают возможности формирования в ГКС универсального алгоритмического пространства ЦЭ.

ДИСПРОПОРЦИИ РАЗВИТИЯ ГКС [6-10]

Глобальная цифровизация началась в 80-е годы вместе с массовым производством ПК. В 90-е она получила сетевое продолжение в глобальном информационном пространстве WWW. С тех пор мировая социосистема более 99% информации производит в глобально распределённом виде в цифровых формах и накапливает в сетевых ресурсах ГКС.

Логической основой WWW стала модель гипертекста. Не обладая свойством функциональной полноты (алгоритмической универсальности), она из трёх видов базовых действий с информацией – хранения, передачи и преобразования, лежащих в основе любых информационных процессов, обеспечила глобализацию лишь двух – хранения и передачи. Такая диспропорция сделала возможным стихийное формирование в ГКС беспрецедентного феномена глобальной информационной связности («всё влияет на всё и сразу»). Он нарушил балансы сложившихся механизмов устойчивого развития.

В отсутствие общей модели глобально распределённых вычислений, определяющей единые правила универсально программируемой переработки информации

в крайне разнородных ресурсах ГКС, большая часть растущих объёмов информации остаётся не переработанной (кризис «перепроизводства информации»). Это приводит к неконтролируемому увеличению в социально-экономических системах числа неуправляемых степеней свободы, что является одной из главных причин роста неустойчивости мировой социосистемы.

Свойство глобальной информационной связности возникло в стихии рыночной экономики и сверхбыстро, без предварительной оценки последствий расширяет сферы своего влияния. Оно тотально и жёстко форматирует информационную активность человеческой среды и поле его сознания, а также информационные процессы функционирования и развития социэкономических систем.

Выявление и преодоление диспропорций невозможно в рамках существующих компьютерно-сетевых архитектур на основе микропроцессоров, а также соответствующих программных технологий и применяемых на их основе методов цифровизации экономики.

ГЛУБИННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Одной из главных проблем развития социэкономических систем становится биологически ограниченная в части алгоритмической переработки информации пропускная способность человека и поля его сознания.

В условиях монополии человека на информационную универсальность методы и структуры управления социально-экономическими процессами строились в антропоцентрических архитектурах. В связи с появлением компьютеров и массовой экспансией ГКС в разные сферы жизнедеятельности возникают дополнительные возможности, которые в своём потенциале развития способны освободить поле сознания от рутины алгоритмической переработки растущих потоков и объёмов информации в целях устойчивого развития. Для этого требуется переход от монополии антропоцентрических архитектур управления к бицентричным архитектурам сбалан-

сированного сочетания преимуществ универсальности человеческого и компьютерного интеллекта. Такой переход требует научного осмысления сходства и различий свойств универсальности человека и компьютеров, а также их проекций в поле сознания и в пространство распределённых вычислений в ГКС.

Следует констатировать, что, несмотря на растущую нестабильность мировой экономики и социосистемы в целом, такой переход до сих пор не стал горячей темой науки. Не имея исторических прецедентов, она не готова к системно-целостному восприятию глобально сильносвязанной мировой социосистемы. В отсутствие общей, научно обоснованной картины меняющегося мира ход развития определяет рыночная стихия посредством рекламного продвижения растущего в числе, сложности и стоимости зоопарка «непрозрачных» технологий с трудно проверяемыми достоинствами и непредсказуемыми последствиями.

На этом фоне вполне уместно отсутствие обоснованного оптимизма в прогнозах «развития» как традиционной экономики [1], так и цифровой [2]. Анализ взлётов и падений индекса Nasdaq в течение 20 лет в сопоставлении с фантастическими успехами массового производства компьютерных компонентов за этот период даёт нелицеприятные объяснения весьма скромной экономической отдачи от цифровизации мировой экономики. В [3] показано, что с 2000 г. средний ежегодный прирост индекса составил до 3 проц./год. За этот период технический прогресс компьютерных компонентов составил от сотен до десятков тысяч процентов. Т.е. рост индекса в расчёте на «прирост» компьютерного прогресса составляет сотые и тысячные доли процента.

Почему же мировой рынок фактически «игнорирует» компьютерный прогресс и на растущий охват социумов сетями отвечает не новым скачком развития глобальной экономики, а ростом нестабильности и кризисами? Возможно, главные причины в следующем:

- Разнородная ГКС не обладает свойствами системной целостности, функциональной полноты и кибербезопасности, необходимыми для управления устойчивым развитием систем в условиях сильносвязности;
- Существующие модели глобализации не учитывают закономерностей развития ГКС, что не позволяет эффективно задействовать её потенциал для целостного решения сильносвязанных задач устойчивого развития.

Признаки растущей несовместимости компьютерного прогресса и действующих моделей цифровизации экономики, отмеченные в парадоксе Р. Солоу [4], обретают глобальные масштабы. Причины не в слабости или отсутствии каких-либо технологий. Они скрыты в свойствах самоорганизации сложных систем.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ КОРНИ ЭКОНОМИКИ

Проблемы цифровой трансформации экономики связаны с закономерностями эволюционной самоорганизации. В применении к живым системам они сформулированы в дарвиновской триаде – «наследственность, изменчивость, отбор». Самоорганизация живой материи началась с формирования универсального информационного пространства генетической информации, ставшего основой воплощения дарвиновской триады.

В [5] показано особое значение информации в развитии живой материи. Организмы и системы из них рассматриваются как биологические информационные машины. Дарвиновская триада объясняет их развитие в ходе взаимодействия с окружающей средой и между собой от воплощения простейших узкопрофильных структур и функций преобразования информации к сложным. «Вершиной» неисчислимой смены поколений информационных «биомашин» стал род Homo Sapiens. Его отличительный признак – обретение уникального свойства информационной универсальности и связанного с ним социального поля сознания – первого информационного пространства «надгенетиче-

ского» уровня. Структурно-функциональное биоразнообразие информационных функций закрепляется на молекулярном уровне кодов генетической информации. Циклы развития в биологическом контуре генетического наследования требуют смены многих поколений. Поле сознания в обход генетического пространства открыло более быстрые каналы развития информационных структур и функций. Развитие информации, освободившейся в поле сознания от инерции «телесных» оболочек, ускорилось на многие порядки [6].

Первым продуктом этого эволюционного скачка стали информационные пространства простейших трудовых отношений. Из них выросло самоорганизующееся экономическое пространство, в котором осуществляется устойчивое развитие социосистем. Продуктом эволюции информации в поле сознания стали также техносфера и информационное пространство техногенеза. Несмотря на отсутствие связи с генетической информацией, техногенез как продукт развития поля сознания «заимствует» признаки биологической эволюции. Во-первых, повторяется принцип материального воплощения разнообразия усложняющихся специализированных функций. Во-вторых, что весьма важно, итогом растущего разнообразия усложняющихся специализаций в обоих случаях становится достижение свойства *универсальности*. Это – универсальность человека (в биологическом исполнении) и алгоритмическая универсальность компьютеров (в техническом).

Напрашивается гипотеза о фундаментальной связи восходящих по многим уровням эволюций в системах разной природы и их общей целевой направленности на достижение информационной универсальности. Воплощение дарвиновской триады в универсальных информационных средах/пространствах требует манипуляций не с материальной субстанцией, «обременённой» законами сохранения массы и энергии, а с нематериальными информационными кодами. «Материальные», энер-

гетические и временные издержки информационных манипуляций на порядки меньше биотехнических.

Формирование в ГКС универсального алгоритмического пространства ЦЭ открывает новый эволюционный уровень наращивания функций управления устойчивым развитием.

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И НЕМИКРОПРОЦЕССОРНАЯ АРХИТЕКТУРА

Гипертекстовое пространство WWW почти 30 лет продолжает оставаться системообразующей базой расширения сфер влияния ГКС. В отсутствие общей модели универсально программируемых вычислений в ГКС экспоненциальный рост потоков и объёмов разнородной, слабоформализованной информации, непригодной для глубокой алгоритмической переработки в целях управления устойчивым развитием, становится глобальным фактором дестабилизации социальных и экономических систем.

Главным препятствием формированию единой универсальной модели распределённых вычислений в ГКС является крайняя разнородность компьютерных и программных платформ, форм представления данных и программ.

Для алгоритмической цифровизации в настоящее время используются системы обработки распределённой информации в сетевых архитектурах Grid, (Cloud+(Fog+(Dew))), Peer-to-Peer. Реализуя разные методы комплексирования разнородных ресурсов ГКС, они требуют решения многовариантных задач интеграции. Их комбинаторная сложность является непреодолимым препятствием к увеличению размеров систем. Системотехническая сложность и затраты на их создание растут с опережением, становясь неприемлемыми.

Недостатки таких подходов: ограничения на размеры, узкопрофильная специализация, высокая системотехническая сложность и стоимость эксплуатации, консервативность. Они в принципе не могут обеспечить полномасштабного использо-

вания растущего алгоритмического потенциала ГКС для решения всего разнообразия сильносвязных задач ЦЭ.

В [7-9] предложен новый подход к организации распределённых вычислений, который позволяет устранить первопричины непрерывного воспроизводства разнородности ГКС. В его основе – общая модель универсально и бесшовно программируемых распределённых вычислений, построенная [7] математическим обобщением классической модели универсальных компьютеров Дж. фон Неймана. На этой основе предложены архитектурные принципы построения нового класса массовых универсальных компьютеров с немикропроцессорной архитектурой [8]. «Обнуляя» причины разнородности и комбинаторной сложности интеграции ресурсов ГКС, она обеспечивает бесшовное и кибербезопасное распространение свойства универсальной программируемости с внутрикомпьютерных ресурсов на сколь угодно большое число компьютеров, связанных сетями. Это открывает пути к формированию (с минимальными издержками) в совокупных ресурсах ГКС универсального, математически однородного, бесшовно программируемого и кибербезопасного алгоритмического пространства распределённых вычислений и сетецентрического управления для решения всего разнообразия задач ЦЭ [10].

К УНИВЕРСАЛЬНОМУ АЛГОРИТМИЧЕСКОМУ ПРОСТРАНСТВУ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

В отсутствие единого и универсального алгоритмического пространства для решения задач ЦЭ используются технологии построения узкопрофильных систем, такие как Blockchain, Big Data, Deep Learning и др. Они ориентированы на высокочрезвычайную интеграцию разнородных ресурсов ГКС (см. выше), что принципиально ограничивает их системообразующие возможности. Изначально не составляя алгоритмически универсального, системно-целостного подхода, они используются для решения отдельных классов задач ЦЭ.

Практика десятилетий роста ГКС показывает [1-4], что многочисленные поколения

узкопрофильных, системно разрозненных технологий цифровизации экономики не дают ожидаемого общесистемного эффекта (парадокс Р. Солоу [4]).

Концепция многоуровневых эволюционных процессов предполагает, что переход на качественно более высокие уровни развития происходит в ходе смены многих поколений узкопрофильных решений после появления элементов со свойством универсальности. Они дают основу для следующего информационного пространства, в котором происходит скачок ускорения эволюционных процессов.

В контексте взаимозависимого развития ГКС и ЦЭ таким пространством станет универсальное алгоритмическое пространство ЦЭ с дополнительно приданным ему свойством кибердоверительности. Это свойство сейчас частично реализуется программными технологиями Blockchain в крайне разнородной ГКС, в основе которой остаются миллиарды компьютеров с микропроцессорными архитектурами, которые с их громоздким багажом сверхсложного системного ПО становятся всё более уязвимыми в отношении несанкционированного вмешательства. Такие программные реализации не могут рассматриваться как полномасштабное решение проблем ЦЭ.

Предложенная модель универсальных распределённых вычислений, закрепляемая в массовых сетевых компьютерах с немикропроцессорной архитектурой [7-9], открывает возможности для формирования в совокупных ресурсах ГКС универсального, математически однородного, бесшовно программируемого и кибербезопасного алгоритмического пространства ЦЭ [10]. В нём на аппаратном уровне компьютеров с немикропроцессорной архитектурой обеспечивается эффективное и защищённое исполнение системных функций управления распределёнными вычислениями с обеспечением растущих требований надёжности, безопасности и доверительности.

В рамках новых системообразующих качеств предлагаемого пространства ЦЭ открываются возможности создания универ-

сальной цифровой платформы для фиатных денежных систем. Это позволит госструктурам составить системно-целостную альтернативу растущей анархии криптовалют. Она может стать ключевой основой полномасштабной интеграции всего разнообразия узкопрофильных платформ/систем ЦЭ, а также жизнеспособных ветвей традиционной экономики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные проблемы формирования универсального алгоритмического пространства ЦЭ имеют глубокие корни, уходящие в закономерности многоуровневой эволюционной самоорганизации сложных систем. При исчерпании системообразующего потенциала пространства текущего уровня, которое поддерживает процессы самоорганизации, осуществляется скачок в информационное пространство следующего уровня с обновлёнными принципами и правилами самоорганизации. В работе показан общий характер эволюционно-скачкообразного развития социально-экономических систем, при котором впервые учитываются внутрисистемные закономерности развития ГКС и её тотального влияния. Воплощение универсального алгоритмического пространства ЦЭ – это пе-

реход к новому уровню системной самоорганизации ЦЭ.

Предмет дальнейших исследований – углублённый анализ закономерностей становления и развития ЦЭ и системно-целостная интерпретация дарвиновской триады в её многоуровневом восхождении по вертикали рассмотренных информационных пространств осуществления процессов самоорганизации.

В отсутствие понимания фундаментальных закономерностей развития ГКС стремительно растут угрозы утраты контроля над сверхмощными информационными факторами деструктивного воздействия на мировую социосистему. Это тёмная сторона системно несбалансированного роста разнообразия технологий и беспрецедентный по масштабам вызов современной науке, не обладающей методами и средствами системно-целостной интеграции производимых знаний.

Для ответа на новые вызовы необходимо воплощение в ГКС универсального ноосферного пространства формирования знаний и их системно-целостной интеграции для развития технологий устойчивого развития.

Список источников

1. Группа Всемирного банка. Перспективы мировой экономики. Переломный момент? URL: <http://www.vseimimyjbank.org/ru/publication/global-economic-prospects>
2. Цифровые дивиденды. Группа Всемирн. банка. Доклад о мировом развитии. 2016. 58 с. URL: <http://pubdocs.worldbank.org/en/697151452690994615/WD-R2016MainMessages-RUSSIAN-WebRes.pdf>
3. Затуливетер Ю.С. Кибернетический анализ закономерностей теории длинных волн Кондратьева в контексте глобальной информационной связности. Матер. 10-й Междунар. Кондратьевской конф. "Научн. наследие Н.Д. Кондратьева и современность". М. 2017;158-169.
4. Solow R. New York Review of Books. July 12, 1987.
5. Корогодина В.И., Корогодина В.Л. Информация как основа жизни. Дубна: «Феникс», 2000. 208с.
6. Затуливетер Ю.С. Информационная природа социальных перемен. М.: СИНТЕГ, 2001. 131 с.
7. Затуливетер Ю.С. Компьютерный базис сетецентрического управления / Тр. Российск. конф. с междунар. участ. «Технические и программные средства в системе управления, контроля и измерения» (УКИ'10). М.: ИПУ РАН. 2010.17-37.
8. Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А., Семенов С.С. Принципы формирования универсального алгоритмического пространства распределенных и параллельных вычислений на основе немикропроцессорных компьютерно-сетевых архитектур. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013;(6):3-10.
9. Zatuliveter Yu.S. Fishchenko E.A. Cybersecurity in the mathematically uniform algorithmic space of the distributed computing. Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), 2-4 Oct. 2017. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109713
10. Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А. К сетцентрической глобализации парадигмы управления для целостного решения проблем цифровой экономики. Труды 10-й Межд. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2017). М.: ИПУ РАН, 2017;(2):235-248.