

РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Трофимов В.В.

ИТ и конвергенция технологий

(СПбГУЭФ, Санкт-Петербург)

Конвергенция (от лат. *Convergo* – сближаю) – сближение (схождение) и взаимопроникновение (диффузия) технологий, когда границы между отдельными технологиями стираются, а новые результаты возникают на стыке областей. С ее помощью в настоящее время стали описывать темпы развития научно-технического прогресса (НТП). В 2002 г. Михаил Роко и Уильям Бейнбридж подготовили под эгидой Всемирного центра оценки технологий (WTEC) отчет «Конвергирующие технологии для улучшения природы человека» (*Converging Technologies for Improving Human Performance*), в котором авторы обосновали и подробно описали картину радикального расширения человеческих возможностей с помощью таких областей как геновая терапия, продление жизни, социальные технологии, нейрофизиология, биоинформатика, компьютерно-мозговые интерфейсы, искусственный интеллект и принципиально новые производственные процессы. Проанализировав более миллиона научных статей в тысячах специализированных журналах, исследователи обнаружили взаимное цитирование в этих статьях. С помощью кластерного анализа они выделили журналы, где такие взаимосвязи были сильнее всего. В результате анализа ими выявлены четыре основных кластера: Nano, Bio, Info и Cogno, которые они сокращенно назвали NBIC-технологии. В отношении NBIC-технологий можно даже говорить об ожидаемом частичном слиянии этих областей в единую научно-технологическую область знания.

Кластер Nano характеризуется изучением технологий создания супермелких объектов, которые достигают размеров в несколько нанометров (10^{-9}) и строятся из отдельных молекул, количество которых может достигать десятков тысяч. Отметим, что наноконструирование опирается на процессы самоорганизации на уровне наномасштабов и использует синергичное управление процессами микромира, базирующееся на Info-технологиях. Активное управление событиями микромира – это один из ключевых методологических принципов Nano-технологий.

Кластер Bio изучает возможности использования живых организмов, их систем или продукты их жизнедеятельности для решения технологических задач, а также возможности создания живых организмов с необходимыми свойствами методом геной инженерии. Этот термин относится и к более широкому комплексу процессов модификации биологических организмов для обеспечения потребностей человека, начиная

с модификации растений и одомашненных животных путем искусственного отбора и гибридизации. С помощью современных методов традиционные биотехнологические производства получили возможность улучшить качество пищевых продуктов и увеличить продуктивность живых организмов. Биотехнология основана на генетике, молекулярной биологии, биохимии, эмбриологии и клеточной биологии, а также прикладных дисциплинах – химической и информационной технологиях и робототехнике.

Конвергенция Nano-Bio затрагивает, прежде всего, здравоохранение и медицину. Например, в сети «Nano2Life», был проведен онлайн-опрос экспертов по поводу будущих перспектив Nano-Bio-технологии, который показал, что наибольшее значение имеют такие технологии, как «лаборатория на чипе»; «самосборка» материалов и устройств; биосенсоры; биодетекторы, а также такие направления, как безопасность, окружающая среда, сельское хозяйство и потребительская продукция. Наиболее актуальными являются разработки наноструктурированных биоматериалов, биомолекулярные двигатели, самогенерирующие искусственные системы, чипы с биомолекулами, чипы на ДНК и протеинах и другие.

Кластер Info характеризуется трансформацией философской категории существования через изменение «информационного» взгляда на объекты. Так, если нет разницы между физическим существованием объекта и существованием информации о нём (компьютерная симуляция или восстановление объекта по косвенной информации о нём), то важно ли физическое существование носителя информации? Если не важно, то тогда можно говорить о существовании информационном. Таким образом, рассмотрение этих вопросов приведёт к исчезновению определённости относительно того, что есть существование. Особенностью Info-кластера является то, что ИТ выступают катализатором развития как отдельных кластеров, так и конвергенции технологий всех кластеров в целом.

Моноэлектронные устройства развиваются с того момента, как С.К. Лихарев впервые предложил их в 1986 г. С помощью «блокировки Кулона» в 1988 г. стала возможной герметизация одного электрона. Моноэлектронное устройство, работающее при комнатной температуре, было разработано в 1993 г., а моноэлектронные логические записывающие устройства и моноэлектронные карты памяти были разработаны в 1990-х гг. Моноэлектронные транзисторы, работающие при комнатной температуре, были инсталлированы в молекулы отдельной металлической одностенной углеродной нанотрубки в 2001 г. Эти изобретения сформировали направление технологий, на разработку которых потребуется 25 лет. Предполагалось, что период развития может начаться около 2010 г., а коммерческое применение стартует около 2020 г., если не появятся никаких фатальных проблем.

Развитие квантовых компьютеров пошло по совершенно другому алгоритму. Базовая концепция квантовой машины Тьюринга была предложена Дэвидом Дойчем из Оксфордского университета в 1985 г. Это

отправная точка развития технологии. Питер Шор из AT&T продемонстрировал, что высокоскоростная факторизация может быть легко выполнена квантовыми компьютерами. Это было шоком для людей, разрабатывающих обычные компьютеры, поскольку означало, что закодированные сообщения могут быть легко взломаны. Открытие Шора стимулировало изучение квантового вычисления. В 1997 г. Айзек Чуанг из IBM продемонстрировал, как производить основные вычисления, используя квантовые компьютеры, и в 2000 г. благодаря квантовым компьютерам в Научно-исследовательском центре IBM в Альмадене был решен целый комплекс сложных математических задач.

В 1999 г. Манабу Такеучи из корпорации Mitsubishi Electric выполнил основные вычисления, используя фотоны, а сотрудник Индустриального научно-исследовательского института Осаки сделал аналогичные вычисления, используя ядерные спирали. В 2003 г. Ясунобу Накамура из NEC разработал твердотельные устройства и в сотрудничестве с Институтом Riken в Японии разработал логические электросхемы на основе сверхпроводников. Если парадигма будет осуществляться без каких-либо проблем и продолжит следовать тенденции, аналогичной предыдущим парадигмам, то траектория разработки технологий достигнет уровня насыщения, траектория развития начнется около 2012 г., а продукты для коммерческой реализации появятся приблизительно в 2020 г.¹

Кластер Cогно характеризует междисциплинарное научное направление, объединяющее теорию познания, когнитивную психологию, нейрофизиологию, когнитивную лингвистику и теорию искусственного интеллекта. В когнитологии совместно используются компьютерные модели, взятые из теории искусственного интеллекта, и экспериментальные методы, взятые из психологии и физиологии высшей нервной деятельности, для разработки точных теорий работы человеческого мозга. Когнитология во многом обязана своим появлением учению о ноосфере. Ключевым техническим достижением, сделавшим когнитологию возможной, стали новые методы сканирования мозга. Томография и другие методы впервые позволили заглянуть внутрь мозга и получить прямые, а не косвенные данные о его работе. Важную роль сыграли и всё более мощные компьютеры. Наблюдаемый сейчас прогресс в когнитологии, как полагают учёные, позволит «разгадать загадку разума», то есть описать и объяснить процессы в мозгу человека, ответственные за высшую нервную деятельность человека. Это позволит создать системы так называемого сильного искусственного интеллекта, который будет обладать способностями к самостоятельному обучению, творчеству, свободному общению с человеком.

Конвергенция Info-Cogno характеризуется появлением искусственного интеллекта у различных информационных систем, в том числе и у человека.

¹ Доклад «Учет смены технологических укладов при реализации стратегии партнерства цивилизаций» академика РАН С.Ю. Глазьева на IV Цивилизационном форуме в Шанхае, октябрь 2010 г.

В рамках инфо-когно направлений наблюдается рост сложности систем. Сейчас одной из актуальных проблем информатики является именно обеспечение возможности разработки сложных систем, таких как операционные системы и др. Вероятно, те наработки, которые появятся в ближайшее десятилетие (программирование без ошибок, системы с гарантированной надёжностью, методы проектирования сложных программ, новые эволюционные алгоритмы и др.) лягут в основу первых шагов к сверхсложным системам.

Рассматривая более внимательно кластеризацию процессов, предложенную Михаилом Роко и Уильямом Бейнбридж в своем отчете, можно выделить еще два кластера (рис. 1): медицина и экономика.

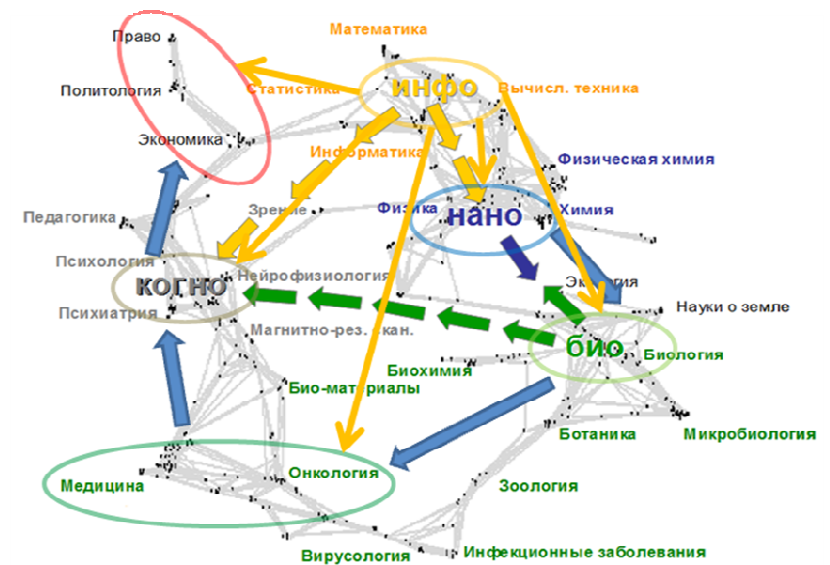


Рис. 1. Кластеризация конвергирующих технологий

Рассматривая объекты, с которыми работают конвергирующие технологии, можно провести их ранжирование (рис. 2). Нано работают с объектами на уровне атомов и молекул; Био – на уровне молекул и клеток; Мед – на уровне клеток и органов; Когно – на уровне мозга; Социотехнологии работают на уровне человека и их сообществ. Нужно отметить, что на всех этих уровнях используются информационные технологии, без которых работа с объектами любого уровня сложности невозможна!

Рассматривая описание темпов развития НТП, можем отметить (рис. 3), что если на первых этапах изучения природы происходила дифференциация наук (из естествознания выделялись: физика, химия, биология, психология и

т.д., затем специализация углублялась и появились: кристаллография, механика, микробиология, молекулярная биология цитология и т.д.), то в настоящее время наблюдается процесс интеграции наук, который и получил название конвергенции технологий.

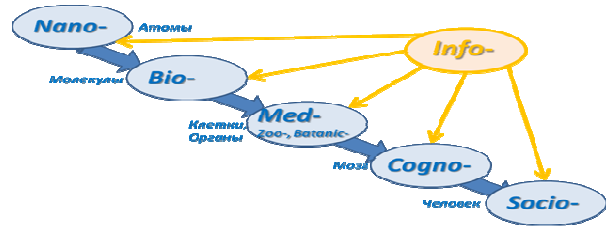


Рис. 2. Упорядочивание конвергирующих технологий по размерам объектов, с которыми они работают

Наблюдая этот процесс можно увидеть, что конвергенция идет по пути от простого к сложному. Так можно видеть, что живое – это просто очень сложное неживое (Nano-Bio), а разумное – просто очень сложное неразумное (Info-Cogno). Продолжая эту аналогию, можно только догадываться, что конвергенция этих направлений (Nano-Bio и Info-Cogno) может привести к изучению духовного.

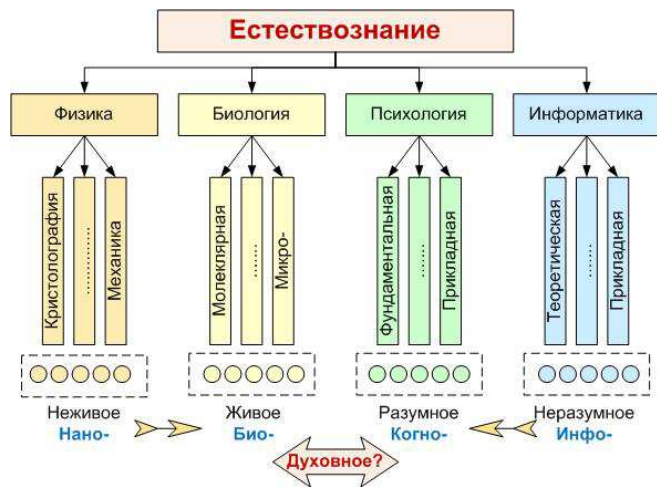


Рис. 3. Конвергенция технологий

Заключение. Конвергенция технологий базируется на принципе рефлексивной сложности (complexity, Э. Кастельс), основой которой

являются процессы возникновения самоорганизующихся структур, эмерджентные, нелинейные и динамические системы и т.д. В этом смысле теория сложности перерастает в новую науку об организованной сложности. Эта наука является симбиозом идей кибернетики, системного подхода, нелинейной физики и квантовой механики, и решающую роль в ней играют информационные технологии.

Амелин К.С., Граничин О.Н., Кияев В.И.

О возможном пути развития принципиально новых компьютерных устройств и систем

(СПбГУ, СПбГУЭФ, Санкт-Петербург)

Обсуждается вопрос, какими возможно будут принципиально новые вычислительные системы, в основе которых лежит представление компьютера как устройства, состоящего из набора асинхронных динамических моделей (функциональных элементов). Основные черты представления: стохастичность, гибридность, асинхронность, отсутствие жесткой централизации, динамическая кластеризация на классы связанных моделей.

1. Изменение парадигмы вычислений

За шесть десятилетий развития средств вычислительной техники пройден путь от ламп, через транзисторы, интегральные микросхемы к сверхбольшим интегральным микросхемам. Что будет дальше? Основной вопрос настоящего времени уже не сводится просто к наращиванию мощности вычислительных устройств – он трансформировался к вопросу: «Как эффективно использовать имеющиеся мощности для сбора, обработки и использования данных?»

Быстрое развитие электронных технологий приводит к тому, что компьютеры становятся все меньше и меньше, и это позволяет использовать их во всё более миниатюрных устройствах – мобильных телефонах, цифровых фотоаппаратах, различных видеустройствах. Когда-то думали, что более мощные вычислительные системы по необходимости будут требовать больше места под периферию, память и т.д. Это предположение оказалось неверным. В 1965 г. Г. Мур сформулировал правило, имеющее силу и сейчас («закон Мура»), согласно которому производительность вычислительных систем растет экспоненциально (так как число полупроводников на единицу площади удваивается каждые восемнадцать месяцев) [1]. Г. Мур вывел свой эмпирический закон, построив зависимость числа транзисторов в интегральной микросхеме от времени. Как следствие, из этого можно было оценить темпы миниатюризации отдельного транзистора. В настоящее время развитие цифровых технологий приводит к тому, что размер элементарного