

Глава 9. Следующие технологические революции

9.1. Содержание следующей технологической революции

Использование базы данных SCImago Journal & Country Rank (SJR) позволяет получить определенные выводы и о направлениях научных исследований в мире. Так, в табл. 9.1 приведено распределение направлений исследований в составе 50 журналов, имеющих наиболее высокий научный рейтинг³⁰², а также тематики публикаций согласно реферативной базе Scopus³⁰³ (см. рис. 1.11).

Таблица 9.1. Направленность научных исследований в мире

Направления исследований	50 ведущих журналов, %	База Scopus, %
Медицина	12	31
Биохимия, генетика, молекулярная биология	42	11
Агрокультура и бионауки		7
Физика и астрономия	14	11
Техника		7
Математика		7
Химия	6	5
Компьютерные науки		4
Социальные науки		4
Экология		4
Науки о Земле и планетах		3
Материаловедение		2
Химическое машиностроение		2
Нейронауки	6	2
Энергетика		1
Нанотехнологии	2	
Мультидисциплинарные	4	

Ясно, что в 50 ведущих журналах внимание сконцентрировано на наиболее передовых направлениях исследований, поэтому эти две оценки различаются. Тем не менее в обеих такие направления, как биохимия, генетика, молекулярная биология, медицина, агрокультура, биологические науки и экология занимают около 54% всех публикаций, что свидетельствует о направленности наступающей технологической революции, а точнее, ее второго этапа.

Среди остальных наук лидирующее положение занимают физика, астрономия, науки о Земле и планетах – 14%. Вызывает удивление, что компьютерным наукам в этих двух базах мировых научных публикаций уделяется исключительно мало внима-

³⁰² SCImago Journal&Country Rank, 2014.

³⁰³ Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011.

<http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-scopus>

ния, хотя кибернетическая революция была последней по времени и до сих пор является лидером в области технического использования достижений науки. Нанотехнологии также находятся на последних местах в тематике публикаций – 0–2%. Из новых направлений устойчивое внимание привлекают нейронауки – 6% в 50 ведущих журналах и 2% в Scopus.

До последнего момента в данной работе мы старались избегать аппроксимации известных зависимостей на далекое будущее. Это связано с логикой системного подхода, согласно которому в период перехода системы в новое состояние (демографический переход) такие аппроксимации достаточно ненадежны. Тем не менее мы дали прогноз дат двух следующих революций, которые произойдут в рамках существующих зависимостей между ростом знания и численностью человечества:

1. Вторая стадия биотехнологической революции – 2026 год.
2. Предвестник революции знания – 2059 год.

Почему именно такое содержание данных революций представляется наиболее вероятным? Во-первых, приведенная выше статистика направленности публикаций довольно однозначно свидетельствует, что ближайшая революция будет именно биотехнологической. Во-вторых, последние достижения науки, такие как расшифровка геномов человека и других организмов, генная инженерия, создание ГМО, клонирование, клеточные технологии и т.д. создают основу для новых радикальных достижений в этой области. В-третьих, именно с этой областью связаны наиболее глубинные неудовлетворенные потребности современного человека, такие как улучшение здоровья людей и продление срока жизни, а возможно, и бессмертие.

Для более корректного определения содержания следующей технологической революции желательно использовать количественные методы оценивания. Для этого необходимо произвести четыре последовательные операции: выявить основные возможные варианты революций, сформулировать критерии оценивания, сделать оценки вариантов и произвести выбор.

В литературе можно найти минимум три варианта возможных революций: «биотехнологическая», «нанотехнологическая» и НБИК: «нано-био-инфо-когно». Можно предположить, что актуальной является также «биоэкологическая» революция.

Каждая новая технологическая революция приносит все новые опасности в наш мир, но опасности биотехнологической революции на порядок критичнее, чем все предыдущие, и могут привести к гибели человечества. В совокупности с тем, что человечество вплотную подошло к критическому уровню нагрузки на природную среду, это делает востребованность биоэкологической революции очень высокой. При рассмотрении вероятности реализации биоэкологической революции мы рассмотрим биотехнологические и экологические факторы отдельно.

В качестве критериев идентификации области, в которой произойдет технологическая революция, можно выбрать следующие:

1. Технологическая революция происходит на базе крупнейших научных достижений.
2. Плоды революции наиболее актуальны для людей как потребителей, и соответственно можно сформулировать те новые продукты и услуги, которые реально может получить потребитель и платить за это большие деньги.
3. Должен наблюдаться всплеск производства знаний в данной области.
4. Результаты революции должны быть достижимы за относительно короткий период времени, и соответствующая техника и технологии уже создаются.

5. Это крупнейшая по значимости целостная область знания и практики, а не отдельные слабо взаимосвязанные достижения.
6. Данная революция соответствует предназначению существования человечества, а именно становлению и развитию разума и мышления.

Результаты оценки по этим критериям в приведенных выше перспективных технологических областях даны в табл. 9.2. Из таблицы видно, что во всех указанных областях есть крупные научные достижения. Однако достижение крупных практических результатов в течение 10–20 лет наиболее вероятно в области биотехнологий, если исключить биотехнологические успехи из двух других областей.

Наиболее высокий платежеспособный спрос также характерен для биотехнологий. Это связано с тем, что здоровье и продление жизни относятся к наивысшим приоритетам человека. Кроме того, инновационные биотехнологии уже сейчас дают значительное повышение продуктивности сельского хозяйства (производство продуктов питания и биотоплив). В течение 10–20 лет в этих направлениях может произойти существенный прогресс.

Для предварительного оценивания сформулированных в табл. 9.2 комментариев сформирована таблица приоритетов (мест) различных революций с точки зрения автора данной работы (табл. 9.3).

Таблица 9.2. Идентификация области новой технологической революции

Критерий	Био-	Нано-	НБИК	Экологическая
1. Крупнейшие научные достижения	Генная инженерия, геном человека, клонирование, регенеративная медицина, стволовые клетки, ГМО	Графен, наномикроскопы, нанотрубки, нанокompозиты, наночипы	Закон Мура, ДНК-память, квантовые вычисления, квантовая телепортация, программы, играющие лучше человека	Солнечная энергетика, биотопливо, очистные технологии, наночистоты, энергосбережение, экономные лампы, замкнутые производства
2. Наличие платежеспособного спроса	Огромный спрос на методы лечения и продления жизни, повышение продуктивности сельского хозяйства	Спрос на новые материалы в бизнесе и более совершенную ИТ-технику относительно невысокий	Наибольший спрос на продукцию биотехнологий и ИТ с использованием нанозапамятов	Потенциально чистая среда имеет очень высокий спрос, но люди сами не готовы за это платить. Платить должны государства
3. Высокая доля научных публикаций	До 50% публикаций по данным Scopus (медицина, биохимия, генетика, экология, микробиология, агробиология и др.)	По данным Scopus, не входит в десять наиболее публикуемых отраслей знания	Есть всплеск, который скорее следует относить к биотехнологиям и в меньшей мере к когнитивным технологиям	Относительно низкая доля публикаций, в основном в области новой энергетика

Критерий	Био-	Нано-	НБИК	Экологическая
4. Достижимость за 10–20 лет	Реально достижимы значительные результаты	Некоторые результаты достижимы в данный период	Значительные результаты будут позднее	Можно достигнуть перелома, но не радикальных улучшений
5. Крупнейшая, целостная область знаний	Достаточно целостная, крупнейшая область	Наддисциплинарная технология, применимая в разных сферах	Совокупность слабо зависимых технологий	Совокупность слабо зависимых технологий
6. Соответствие предназначению человечества	Познание биологических основ жизни в высокой мере соответствует предназначению	Служебная дисциплина, расширяющая знание человечества в одну сторону – микромир	Всеохватывающая сфера, но не ясна ее системная связь с предназначением	Нацелена на выживание человечества, поэтому соответствует предназначению

Таблица 9.3. Приоритеты ближайших технологических революций

Критерий	Био-	Нано-	НБИК	Экологич.
1. Крупнейшие научные достижения	1–2	3–4	1–2	3–4
2. Наличие платежеспособного спроса	1	3–4	3–4	2
3. Высокая доля научных публикаций	1	3–4	2	3–4
4. Достижимость за 10–20 лет	1–2	3	4	1–2
5. Крупнейшая, целостная область знаний	1	2	3–4	3–4
6. Соответствие предназначению человечества	2	4	3	1
Сумма мест, деленная на шесть	1,3	3,3	2,9	2,5

Крупнейшие научные достижения в настоящее время относятся к биотехнологиям и области НБИК. Самый высокий платежеспособный спрос существует на продукцию биомедицины и повышение продуктивности сельского хозяйства. На втором месте находится спрос на чистую среду, но каждый отдельный человек платить за это не готов.

Более 50% всех научных публикаций в мире приходится на биологические науки (медицина, биохимия, генетика, молекулярная биология, агробиология, нейробиология и другие биологические науки), как показано в табл. 9.1, что на порядок превосходит других претендентов. Достижимость значимых результатов революций за 10–20 лет наибольшая для био- и экологических технологий.

Критерию целостности научной отрасли в наибольшей мере отвечают биотехнологии. Совокупность НБИК в настоящее время не является тесно связанной научной областью, хотя определенная их интеграция присутствует. Более тесная синергия этих наук возможна в дальнейшем, ориентировочно через 30–50 лет. Нано-физика является скорее надтехнологической областью, такой как оптика, атомная физика, химия, которая служит инструментом для развития технологий, дающих непосредственный результат для производства товарной продукции.

Критерию соответствия предназначению человечества в наибольшей мере отвечает экологическая революции, поскольку она нацелена на его выживание.

Таким образом, представляется, что грядущая технологическая революция будет биотехнологической. Однако стоимость ошибки такого прогноза столь велика, что он требует тщательнейшей проверки, и проведенные выше оценки следует считать предварительными.

9.2. Революция знания?

Какова же будет следующая технологическая революция, предвестник которой прогнозируется на вторую половину XXI века (примерно 2059 год), и почему выше высказано предположение, что она будет революцией знания? В данной работе мы уже достаточно много обсуждали ключевую роль знания для развития человечества. Наиболее важным результатом, обоснованным в параграфе 7.2 (формула 7.6), является то, что средний ВВП на душу населения в мире прямо пропорционален объему знания человечества $G/N = k \cdot Z$, а также то, что революционные сдвиги в технологиях происходят в связи с ростом объема знания (см. рис. 5.9). Поэтому активизация роста знания является одним из самых актуальных направлений деятельности человечества.

Можно отметить, кроме того, что революционные сдвиги, связанные с развитием методов создания и использования знания, происходили в истории человечества уже неоднократно. Первый из них – создание античной науки как системы знаний о мире – был связан с технологической революцией железа. Второй – это революция Возрождения (1530 год), результатом которой стало создание классической науки (1674 год), когда наука из умозрительной стала инструментальной, т.е. использующей методы измерения и строгих доказательств. Именно это заложило фундамент последующих промышленных революций.

Третий этап – научно-техническая революция (НТР), связанная с возникновением современной науки (предвестник – 1900 год, основная революция – 1935 год). В это время наука стала реальной производительной силой.

Кибернетические революции создали инструменты для поддержки человеческого мышления с помощью вычислительных машин, освободили человека от многих рутинных мыслительных работ. Тем не менее стало ясно, что электронные машины, несмотря на стремительное совершенствование, еще не стали инструментом создания знания, хотя есть основание предполагать, что это может произойти в будущем.

Феномен демографического перехода поставил человечество перед возможностью полного прекращения развития и роста благосостояния уже к концу этого столетия, если не будут найдены другие способы роста знания при стабильной численности человечества. Таким образом, поиск методов интенсификации создания знания при стабильной численности человечества становится ключевой, жизненно важной потребностью человечества.

Для систематизации основных этапов развития подходов к созданию знания основные их характеристики сведены в табл. 9.4^{304, 305, 306, 307, 308, 309}.

³⁰⁴ Bernal J. B. Science in history. London, Watts, 1954. –743 с.

³⁰⁵ Bunch, B., Hellemans, A. The history of science and technology. 2004.

³⁰⁶ Грушевицкая Т.Г., Садохин А.П. Концепции современного естествознания: Учеб. пособие. – М., 1998.
<http://www.gumer.info/bibliotek/Buks/Science/grushev/index.php>

³⁰⁷ Логвинов В.В. Открытия и достижения науки и техники за последние 570 лет. – М., 2014.

³⁰⁸ Хронология открытий человечества. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org>

³⁰⁹ Ошарин А.В. и др. История науки и техники: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006.

Таблица 9.4. Этапы развития подходов к созданию знания

Год	Объем знаний, млн у.к.	Революция (эпоха)	Характерные черты этапа и развитие научного подхода
-760	0,08	Железный век	1. Античная наука. Создание науки как системы. Натурфилософия. Осевое время (от мифа к логосу, рефлексивное отношение). Правила логики и принципы ведения спора. Александрийская библиотека. Ученые: Аристотель, Гераклит, Пифагор, Евклид, Архимед, Платон, Демокрит, Сократ, Гиппократ, Эпикур, Фалес Милетский, Геродот, Аристарх и др.
1530	0,64	Возрождение	2.1. Наука Возрождения (основы классической науки). Авторское и патентное право, книгопечатание, аналитическая геометрия, таблица логарифмов, гуманитарные науки. Ученые: Л. да Винчи, И. Кеплер, Н. Коперник, Д. Бруно, Г. Галилей, Ф. Бэкон, Е. Торричелли, Ф. Парацельс, Х. Колумб, Ф. Магеллан
1674	1,0	Классическая наука	2.2. Классическая наука. Количественный анализ, научный подход, метод редукции, детерминизм, механицизм, дифференциальное исчисление, академия наук, научный журнал. Инструментальная база: телескоп, микроскоп, маятниковые часы, термометр, барометр, арифмометр. Ученые И. Ньютон, Х. Гюйгенс, Р. Гук, И. Бернулли, Р. Декарт, П. Ферма, Л. Эйлер, Г. Лейбниц, Я. Коменский, Р. Бойль, Э. Мариотт, Б. Паскаль, А. Левенгук, Ж. Пикар
1935	5,4	НТР	3. Современная наука. Дисциплинарная организация, резкое расширение числа дисциплин и количества ученых, комплексность. Квантово-релятивистская картина мира, принципы неопределенности и относительности, идеи изменчивости и развития. Наука как производительная сила. Математизация и автоматизация науки, ее дегуманизация. Методы: мозговой штурм, морфологический анализ, ТРИЗ, групповое творчество. Ученые: А. Эйнштейн, М. Планк, Н. Бор, П. Дирак, В. Паули, К. Рентген, Э. Резерфорд, Де Бройль, Э. Шредингер, В. Гейзенберг, Р. Оппенгеймер, Ф. Цвики, Д. Менделеев, В. Вернадский, С. Королев
1990	13,5	Кибернетическая	4. Наука кибернетической эпохи. Кибернетика, информатизация и глобализация науки, вычислительная математика, цифровизация, закон Мура, поисковые технологии, сетевые методы создания знания, когнитивные технологии. Всемирные научные проекты и сверхсложные экспериментальные установки, организация больших научных команд. Теория сложности, системный подход. Возрастание роли биологических наук. Экономики знаний, ОЭСЭР, базы знаний, библиометрические методы, важность неявных знаний, управление знаниями, нейронауки. Ученые: Н. Винер, Д. Нейман, К. Шеннон, А. Тьюринг, Г. Мур, И. Пригожин, Э. Лоренц, Ф. Берталанфи, Дж. Форрестер, Г. Саймон, Д. Глейк, Д. Коннор, И. Нонака, Х. Такеучи
2059	43	Предвестник революции знания	5. Наука экономики знаний. Рост знания без роста числа людей. Активизация науки в странах с большим населением (БРИК). Мыслительное превосходство компьютера над человеком. Попытки усиления мыслительных способностей человека. Приоритет экологии

Отметим, что революционные изменения в научном подходе, произошедшие в эпоху Возрождения, способствовали созданию тех подходов, которые были реализованы во второй половине данной революции, которая и закончилась созданием классической науки, поэтому разделение их на две части весьма условное. Датой этой единой научной революции будем считать 1674 год.

Обратим также внимание на следующую закономерность в изменении научной парадигмы. От первой научной парадигмы до второй объем знаний увеличился в 12 раз, от второй до третьей – в 5,4 раза, от третьей до четвертой – в 2,5 раза. Таким образом, время между значительными изменениями научной парадигмы в гиперболической стадии развития человечества сокращалось так же, как и период между всеми технологическими революциями. После демографического перехода темпы изменений снизились, тем не менее логично ожидать, что при увеличении объема знаний еще в 2,5–3 раза научная парадигма также существенно изменится.

Вместе с тем не исключено, что в ходе биотехнологической революции произойдет еще одно изменение научной парадигмы, что связано с принципиальным отличием биологического подхода от доминировавших ранее парадигм технического типа.

Перед человечеством стоит дилемма: что лучше – стабильное существование без роста благосостояния и развития или угроза загрязнения окружающей среды и исчерпания природных ресурсов? До последнего времени, несмотря на столетия опасений, что рост численности населения приведет к нехватке ресурсов, человечество за счет роста своих знаний и умений преодолевало барьеры нехватки ресурсов. Возможность же жизни человечества в условиях полной стагнации развития может оказаться значительно более опасной альтернативой.

Представьте себе, что наука стала практически ненужной. Все изобретения уже сделаны, и главное – найти их в бездне библиотек и архивов. Но если возникают новые потребности, то их решают в основном в рамках известных прецедентов. Идеи открытия нового возникают, как правило, на бытовом уровне новых развлечений, не требующих глубоких исследований. Стимулы к развитию становятся практически нулевыми, и общество довольно негативно относится к ученым и инноваторам. Конечно, картина такого общества может быть и более привлекательной, и ее прогнозированию следует уделить значительное внимание, поскольку это один из весьма вероятных сценариев развития человечества или других разумных рас. Но предварительный анализ создает ощущение, что такое общество будет не очень жизнеспособным.

Если вернуться к рис. 8.8, то следует обратить внимание на провал в области ВВП на душу населения от 15 до 25 тыс. долл. Его можно интерпретировать так: еда, жилье, зрелища, социальная защита обеспечены, а больше ничего особо не нужно, да и денег на это нет. Поэтому общество решает воздерживаться от серьезных затрат на науку. Конечно, важно, на каком уровне благосостояния и развития будет достигнута стабилизация. Если при этом человечество еще не решит основные вопросы воспроизводства природных ресурсов, то дальше ситуация будет только ухудшаться, поскольку природные ресурсы явно исчерпаемы. Поэтому остановка в развитии – это и остановка в решении проблем возобновления ресурсов для жизнедеятельности человечества.

Таким образом, поддержание развития человечества при прекращении роста его численности – важнейшая задача выживания человечества, и сравниться с ней по важности может только задача создания экономики возобновляемых ресурсов, т.е. экологически совершенного общества. К тому же задача создания экологического общества

сталкивается с проблемой различия темпов роста разных стран, и если развитые страны могут, в принципе, позволить себе затраты на снижение загрязнения природы и ресурсосберегающую экономику, то развивающимся обществам это скорее всего окажется недоступным.

Для оценки перспектив различных вариантов революции второй половины XXI века используем представленную выше методику оценки (см. табл. 9.2). В качестве возможных вариантов следующей революции рассмотрим революцию знания, экологическую революцию и НБИК. Исходить будем из предположения, что второй этап биотехнологической революции к этому времени будет уже завершен. Критерии оценки оставим те же, но возможные сроки революции сместим до 30–50 лет.

Прежде чем делать оценки, отметим некоторые реалии развития технологий, связанных с революцией знания, в дополнение к факторам, отмеченным в разделе 9.1. С точки зрения позиции одного человека трудно представить сложность решения задачи управления знаниями в размерах всего мира. Для иллюстрации сложности данной задачи на рис. 9.1 показаны основные уровни управления знаниями, примерное число людей, которые оперируют знаниями на этих уровнях, и объем знаний в у.к. На верхнем уровне число участвующих людей составляет порядка 10 млрд, или 10^{10} человек, т.е. очень большое число людей, и ясно, что процессы управления на нижних и верхних уровнях радикально отличаются.

Для нижних уровней управления знаниями уже разработаны относительно детальные теории управления соответствующими процессами. Так, достаточно подробно разработаны методы изобретательского творчества применительно к индивидуальному мышлению. Созданы такие методы творческого мышления, как морфологический анализ³¹⁰, теория решения изобретательских задач – ТРИЗ³¹¹, метод ментальных карт³¹², функционально-стоимостный анализ^{313, 314} и др.

Существует множество методов группового творчества, таких как деловые игры³¹⁵, групповая дискуссия³¹⁶, мозговой штурм, организационно-деятельностные игры^{317, 318}, синектика³¹⁹, «шесть шляп мышления»³²⁰ и др.

Одним из наиболее популярных в настоящее время подходов в данной области является «управление знаниями», который ориентирован на активизацию работы со зна-

³¹⁰ Zwicky, F. *Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach*, McMillan, 1969.

³¹¹ Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. О психологии изобретательского творчества//Вопросы психологии. – 1956. – № 6. – С. 37–49.

³¹² Бьюзен Т., Бьюзен Б. Супермышление = *The Mind Map Book*. – М., 2007. – С. 320.

³¹³ Miles, L. D. *How to Cut Costs with Value Analysis, A Special American Machinist Report to The Metalworking Industries*: McGraw-Hill, 1949.

³¹⁴ Грамп Е.А. Функционально-стоимостный анализ и его использование в промышленности зарубежных стран. – М., 1971.

³¹⁵ Bazil, Leon. *Business games for management and economics: Learning by Playing*. *Stevens Institute of Technology*, USA, 2012.

³¹⁶ Бизнес-поведение в изменяющемся мире. Модуль 1: Принятие решений: Хрестоматия / Грем Саламан. – Жуковский, 2008.

³¹⁷ Щедровицкий Г.П. Организационно-деятельностная игра как новая форма организации коллективной мыследеятельности // Методы исследования, диагностики и развития международных трудовых коллективов. – М., 1983.

³¹⁸ Щедровицкий Г.П. Проблемы организации исследований: от теоретико-мыслительной к оргдеятельностной методологии анализа. Моногр. «Постановка проблем и решение задач в условиях коллективной мыследеятельности». Гл. 2. – 1979.

³¹⁹ Gordon, W.J.J. *Sinectics: The Development of Creative Capacity*. New York, 1961.

³²⁰ Де Боно Э. *Шесть шляп мышления*. – СПб., 1997.

ниями на уровне компании. Впервые термин «управление знаниями» ввел в 1986 году Карл Вииг³²¹. Пожалуй, наибольший вклад в развитие теории управления знаниями внесли работы Нонака и Такеучи³²².

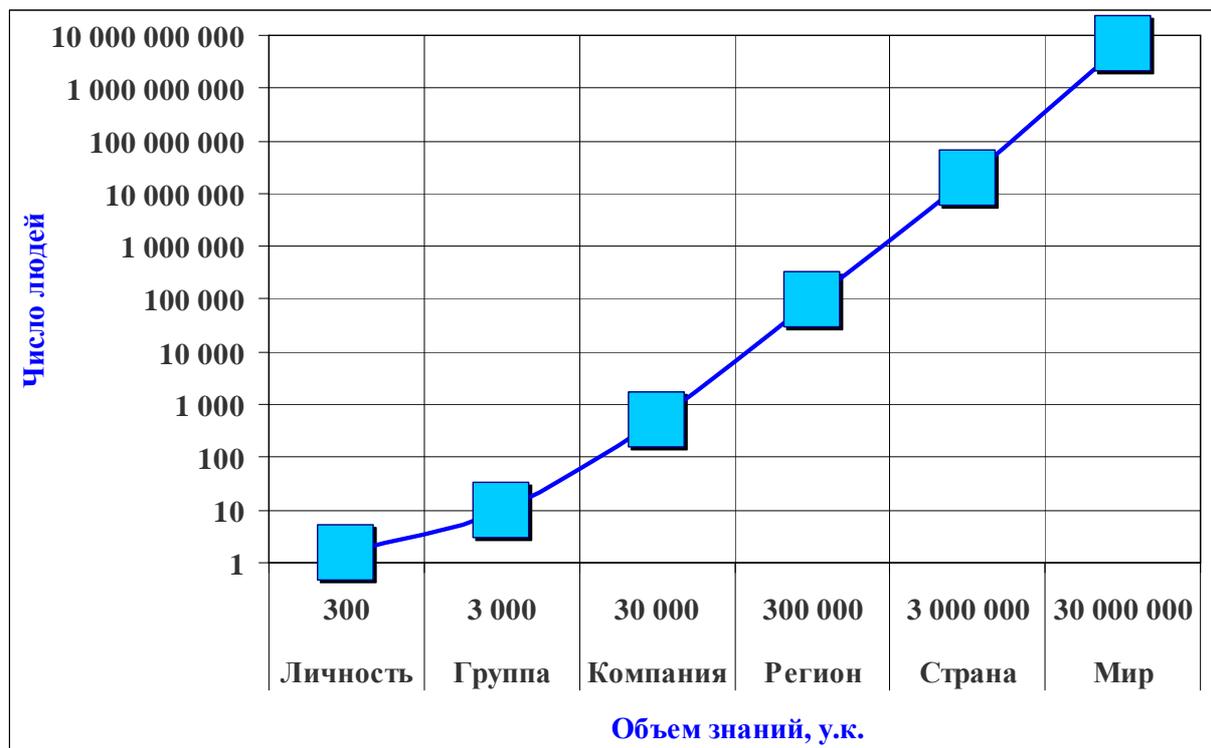


Рис. 9.1. Уровни управления знаниями: число участвующих людей и объем знаний

Управление знаниями и инновациями на более высоком уровне реализуют такие организации, как ЮНИДО и ОЭСР, которые обсуждают и дают рекомендации по промышленному развитию на уровне стран и всего мира. Важными документами, которые посвящены методологии развития инноваций, являются «Руководство ОСЛО»³²³, «Руководство Фраскати»³²⁴, «Руководство по патентованию» и другие методические рекомендации, выпущенные этими организациями.

Значительный вклад в развитие методов повышения эффективности мышления был внесен за счет использования информационных технологий и сети Интернет, развития наукометрии и создания реферативных баз данных типа Scopus. Таким образом, технологии повышения эффективности мыслительной деятельности постоянно совершенствуются, особенно в последнее время. Однако в связи с демографическим переходом этих улучшений может быть недостаточно для достижения следующей технологической революции, а точнее, их пары. Именно поэтому столь важно понять, будет ли революция знания наиболее вероятным претендентом на технологическую революцию

³²¹ Wiig, K. Knowledge Management. Schema Press, Arlington TX, 1993.

³²² Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. – М., 2003.

³²³ Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям: совм. публ. ОЭСР и Евростата. – М., 2010. (Пер. на русс. яз., изд-е 2-е, испр.).
<http://old.mon.gov.ru/files/materials/7766/ruk.oslo.pdf>

³²⁴ Измерение научно-технической деятельности. Предлагаемая стандартная практика для обследований, исследований и экспериментальных разработок: Рук-во Фраскати / Пер. и научн. ред. Л.М. Гохберга. – Париж–Москва, 1995.

второй половины XXI века. В соответствии с ранее использованной методикой сделаем оценку наиболее вероятных претендентов на эту революцию (табл. 9.5).

Таблица 9.5. Идентификация области революции второй половины XXI века

Критерий	Знания	Экологическая	НБИК
1. Крупнейшие научные достижения	Управление знаниями, мозговой штурм, синектика, ТРИЗ, библиометрические методы, базы знаний, вычислительные машины, краудсорсинг, социальные сети	Возобновляемая, безуглеродная энергетика, безотходное и замкнутое производство, энергосбережение, ФСА, снижение уровня CO ₂ , очистка околоземного космоса, антивирусы, генная экология, защита от излучений, шума и т.д.	Наиболее передовые достижения человечества: наночипы, закон Мура, ДНК-память, квантовые вычисления, квантовая телепортация, программы, играющие лучше человека
2. Наличие платежеспособного спроса	Спрос в сфере B2B для создания конкурентоспособных продуктов. Высокий спрос возникнет для реализации знание-емких биотехнологий	Прямой спрос у всех людей, но за «чистый воздух» не принято платить. Для бизнеса это нагрузка. Спрос будет в сфере B2G	Приоритеты спроса не ясны. Видимо, в сфере B2B
3. Высокая доля научных публикаций	Пока невысокая. Нейронауки 2–6%	Scopus – 4%	Нанотехнологии ~ 2%, компьютерные ~ 4%, нейронауки ~ 4%
4. Достижимость за 30–50 лет	Реально достижимы значительные результаты на базе достижений био- и кибертехнологий (закон Мура)	Могут быть достигнуты за счет замены промышленного производства биотехнологиями, но возможно и ухудшение генной экологии	Результаты пока не ясны, не понятна взаимосвязь между компонентами
5. Крупнейшая, целостная область знаний	Целостная область. Пока ~ 2% мирового ВВП	Пока только частично на базе передовых технологий	Совокупность технологий разных революций
6. Соответствие предназначению человечества	В наивысшей мере соответствует предназначению человечества	Напрямую служит сохранению человечества	Отражает взаимосвязь трех технологических революций

Таблица 9.6. Приоритеты революции второй половины XXI века

Критерий	Знания	Экологич.	НБИК
1. Крупнейшие научные достижения	2–3	2–3	1
2. Наличие платежеспособного спроса	1–2	1–2	3
3. Высокая доля научных публикаций	2–3	2–3	1
4. Достижимость за 30–50 лет	1	2	3
5. Крупнейшая, целостная область знаний	1–3	1–3	1–3
6. Соответствие предназначению человечества	1	2	3
Среднее	1,8	2,1	2,2

Выполненные оценки указывают на предпочтительность революции знания в качестве основного претендента на революцию второй половины XXI века. Вместе с тем и шансы других претендентов достаточно высоки. В частности, НБИК-революция уже сейчас имеет задел в виде потенциально очень крупных революционных изобретений, таких как ожидание результатов действия закона Мура в течение следующих 40 лет.

9.3. Перспективы революции знания

Следует отметить, что различия в революции знания и НБИК относительно и заключаются в основном в целевых установках. По своему же содержанию они могут во многом быть близкими, поскольку когнитивная компонента НБИК по существу нацелена на развитие знания, а информационная – на поддержку создания знания.

Разница заключается в том, что революция знания имеет четкую целевую установку на ускорение темпов роста знания как источника роста производительности труда и соответственно благосостояния людей. Развитие НБИК технологий не имеет такой четкой нацеленности и ориентируется на то, что удастся использовать полученные или прогнозируемые радикальные технологические достижения.

В работе О.В. Руденского и О.П. Рыбака³²⁵, посвященной анализу тенденций развития НБИК-технологий, указано: «Так, если действующая система общественного воспроизводства будет воспринимать вызовы NBIC-технологий, получать реальную подпитку в виде спроса и предложений со стороны производственно-экономической среды, то произойдет гармоничное развитие научно-технологического потенциала в виде конвергированных технологий и реального сектора воспроизводства. Результаты научно-экспериментальной деятельности *безотносительно потребностей общественного развития приведут к их элементарной бесполезности*. Целесообразность развития NBIC-технологий окажется под вопросом и в случае слабой общественной восприимчивости синергетических эффектов. В этом варианте конвергированные технологии не смогут полноценно развиваться...».

Преимущество революции знания как раз и заключается в понимании оснований спроса на ее результаты и четкой нацеленности на конкретный результат. Наличие четкой целевой установки является ключевым основанием достижения успеха в любой де-

³²⁵ Руденский О.В., Рыбак О.П. Инновационная цивилизация XXI века: конвергенция и синергия NBIC-технологий. Тенденции и прогнозы 2015–2030.
http://www.vixri.com/wp-content/uploads/2011/08/inf3_2010.pdf

тельности, а особенно в столь многоплановой и невероятно дорогостоящей, как технологическая революция.

Конечно, человечество не ведет себя как единый экономический агент, который ставит себе долговременные целевые установки. Но таковыми являются крупнейшие государства, которые стремятся добиться конкурентных преимуществ на глобальных рынках. Те из них, которые смогут лучше спрогнозировать запросы человечества и быстрее реализовать свои программы, будут доминировать на глобальных рынках будущего и получат финансовые ресурсы для дальнейшего развития.

В числе преимуществ НБИК достаточно спорным является тезис о положительном влиянии синергии технологий. Во все времена результаты одних технологических революций служили базой для следующих, и в этом смысле результаты кибернетической (информационной) революции, а также биотехнологической по мере ее завершения лягут в основу когнитивных технологических сдвигов. Будут использованы и достижения в области нанотехнологий. Но причем тут синергия? Если воспринимать синергию в качестве более модного синонима слову «взаимоподдержка», то с этим можно согласиться, но тогда в данном тезисе нет принципиальной новизны. А если рассматривать эти слова как указание на проявление эффектов теории сложности (синергетики), то их незаметно, поскольку такие технологии развиваются скорее последовательно, чем параллельно.

Возникают вопросы и относительно тезиса о конвергенции технологий НБИК. Конвергенция – это сближение, как правило по форме различных по природе процессов, явлений. Но в процессе прохождения технологических революций, как было показано выше, быстро растет объем знаний и соответственно для их обслуживания возникают новые дисциплины и профессии, тем более что НБИК – это результат нескольких технологических революций. Специалисты разных направлений будут все меньше понимать друг друга. И в чем же здесь сближение? Не стоит забывать, что число различных мер близости, которые можно применить в данном случае, слишком велико, чтобы этот вывод был надежно подтвержден.

Революция знания и закон Мура

Вернемся к закону Мура^{326, 327, 328}, согласно которому удвоение числа транзисторов на одном микропроцессоре происходит примерно за два года. Соответственно за 40 лет – с 1971 по 2011 год – число транзисторов по сравнению с первой микросхемой, в которой было 2 300 транзисторов, выросло примерно в миллион раз. В 2011 году на микропроцессоре умещалось $2,6 \cdot 10^9$ транзисторов. Несмотря на опасения, что есть физический предел дальнейшему уменьшению размеров транзисторов, существуют и предложения, как их преодолеть: перейти на трехмерные платы, использовать квантовые компьютеры, применять подходы, реализованные в ДНК-памяти, и т.д. Недостатка в идеях пока нет, и сложно сомневаться, что еще лет десять и более закон Мура будет действовать.

Вместе с тем рассмотрим возможности создания кибернетического устройства, способного генерировать знания наподобие человеческого мозга. При этом в рамках движения к революции знания не требуется создавать полный аналог человеческого

³²⁶ Moore, G. E. Cramming more components onto integrated circuits, *Electron. Mag.*, April 19, 1965.

³²⁷ Закон Мура. – Википедия, 2014.

https://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%E0%EA%EE%ED_%CC%F3%F0%E0

³²⁸ Брюков В.Г. Компьютер 2030 года и квантовая киберреволюция по закону Мура.

<http://www.samag.ru/uart/more/10>

сознания, достаточно реализовать его творческие способности, дающие возможность создавать новые знания.

Человеческий мозг содержит, по разным данным, 15–86 млрд нейронов^{329, 330} (далее примем за ориентир среднюю цифру – $5 \cdot 10^{10}$), причем каждый нейрон является сложным информационным устройством, имеющим около 10 000 входов (синапсов). Таким образом, для моделирования одного нейрона нужно порядка 1 млн транзисторов. Для моделирования же работы всего мозга необходимо $\sim 5 \cdot 10^{16}$ транзисторов. Это более чем в миллион раз превосходит число транзисторов в существующих микропроцессорах. Для достижения такой мощности процессора потребуется, согласно закону Мура, еще около 40 лет, что примерно соответствует дате технологической революции второй половины XXI века (возможно, предвестник революции знания).

Однако время до достижения требуемой производительности процессора можно существенно сократить, если использовать в искусственном интеллекте (ИИ) несколько тысяч процессоров³³¹. Например, в суперкомпьютере Blue Gene/Q компании IBM использование около 150 тыс. процессоров, работающих параллельно, позволяет, по утверждению авторов, моделировать функционирование одного миллиарда нейронов мозга человека³³². Blue Gene/Q³³³ использует 18-ядерные чипы PowerPC A2, содержащие 1,4 млрд транзисторов, которые работают на частоте 1,6 ГГц, и способные осуществлять 205 Гфлопс операций, т.е. $2 \cdot 10^{11}$ флопс (флопс – единица измерения количества компьютерных операций с 64-разрядными числами с плавающей запятой в секунду). Соответственно весь суперкомпьютер будет выполнять около $30 \cdot 10^{15}$ флопс операций в секунду и иметь $2 \cdot 10^{14}$ транзисторов. 1 млрд нейронов имеет сложность, эквивалентную порядка $5 \cdot 10^{16}$ транзисторов, но за счет большего быстродействия электронный компьютер сможет моделировать работу части человеческого мозга.

Таким образом, уже в течение ближайшего десятилетия люди подойдут к возможности создать суперкомпьютер, моделирующий человеческий интеллект³³⁴, а через 20–30 лет может быть создан полноценный ИИ. Но по своей производительности (быстродействию) в области создания знания он может быть эквивалентен всем ученым мира. Это дает возможность прогнозировать *возможность* наступления революции знания на базе данной технологии.

Тестирование «интеллекта» компьютерных программ

Следует отметить, что в настоящее время ИИ успешно прошли несколько тестов на возможности творческого мышления. Так, победа суперкомпьютера Deep Blue³³⁵ над чемпионом мира Гарри Каспаровым в 1997 году со счетом 3,5 : 2,5 показала возможности компьютеров в специализированных видах интеллектуальной деятельности (первую партию компьютер проиграл со счетом 2 : 4).

³²⁹ Нейрон. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%CD%E5%E9%F0%EE%ED>

³³⁰ Шумилов В.Н. Принципы функционирования мозга. Взгляд инженера. <http://shumilov.kiev.ua/mozg>

³³¹ Бобровский С. Суперкомпьютеры стали в миллион раз быстрее за 50 лет. Прошлое и будущее высокопроизводительных вычислений. <http://www.valgavg.edu.ee/ITHistori/ssv50rb.htm>

³³² В 2019 году компания IBM планирует создать полную симуляцию головного мозга человека. <http://www.dailytechinfo.org/infotech/3000-v-2019-godu-kompaniya-ibm-planiruet-sozdat-polnuyu-simulyaciyu-golovnogo-mozga-cheloveka.html>

³³³ Blue Gene. – Википедия. 2014, https://ru.wikipedia.org/wiki/Blue_Gene

³³⁴ Хель И. Самый быстрый компьютер в мире будет работать как мозг человека. – Hi-Tech News, 2013. <http://hi-news.ru/computers/samyj-bystryj-kompyuter-v-mire-budet-rabotat-kak-mozg-cheloveka.html>

³³⁵ Deep Blue. – Википедия, 2014. https://ru.wikipedia.org/wiki/Deep_Blue

Компьютер Deep Blue содержал 510 различных процессоров. Шахматные процессоры были изготовлены по 0,6-микронной CMOS-технологии и содержали около 1,5 млн транзисторов каждый. Специализированные шахматные процессоры работали на частоте 24 МГц и перебирали до 2,5 млн шахматных позиций в секунду, что примерно в сто раз больше, чем у аналогичных по частоте универсальных процессоров. Таким образом, компьютер содержал около 0,8 млрд транзисторов, т.е. имел примерно в 6 млн раз меньшую мощность, чем человеческий мозг, и работал примерно в 1 млн раз быстрее, причем это был специализированный компьютер, способный выполнять только шахматные функции. При этом он показал примерно равную с человеком шахматную силу. Можно отметить, что в данном случае скорость работы компьютера была конвертирована в мощность работы Deep Blue весьма эффективно.

В настоящее время микропроцессоры имеют примерно в 1 000 раз больше транзисторов и работают более чем в 100 раз быстрее, поэтому смысла в таких соревнованиях практически нет, а обычным людям совершенно нереально соревноваться даже с серийными компьютерными программами игры в шахматы.

Нужно, однако, отметить, что шахматы оказались весьма удобной игрой для компьютерных программ. К тому же при их создании были использованы хорошо разработанные теории, дебюты и алгоритмы для игры в шахматы, созданные лучшими гроссмейстерами мира. В отличие от шахмат игра «Го» оказалась значительно неприступней для компьютерных программ³³⁶. Пока лучшие из них даже близко не подошли к уровню сильных игроков в «Го». Одна из причин заключается в том, что «Го» очень плохо поддается расчёту вариантов. Кроме того, это игра, требующая умения стратегически мыслить, а не считать варианты.

Вторым после шахмат примером определенного успеха кибернетического разума можно считать прохождение теста Тьюринга³³⁷. До последнего времени он считался одним из наиболее корректных тестов на интеллектуальность кибернетических программ и заключался в том, сможет ли внешний наблюдатель отличить, кто из двоих общающихся с ним по электронному каналу субъектов является человеком, а кто машиной. Согласно утверждению Тьюринга, программа, которая в 30% ответов покажется собеседникам человеком, может считаться прошедшей данный тест успешно. В 2014 году российско-украинская программа «Eugene Goostman», изображавшая 13-летнего мальчика, проживающего в Одессе, успешно прошла тест, сумев в 33% ответов ввести экзаменаторов в заблуждение³³⁸. Неоднозначность данного успеха связана с тем, что в роли мальчика компьютер мог отказываться отвечать на сложные вопросы, не вызывая подозрения в том, что это действия машины.

Сравнение интеллектуальных аналогов человека

Для того чтобы более образно представить соотношение различных интеллектуальных аналогов человека, сведем рассмотренные выше примеры в табл. 9.7. Здесь оценки числа элементов и их быстроедействия (тактовой частоты) там, где нет точных данных, сделаны по порядку величины.

³³⁶ Ворожцов А. Игра «Го»//Потенциал. – № 1. – 2005. <http://potential.org.ru/Info/ArtDt200501190113PH3J1>

³³⁷ Turing, A. Computing Machinery and Intelligence, Mind, Vol. LIX, № 236, October 1950, pp. 433–460.

³³⁸ Ваннах М. Как одессит Густман прошёл тест Тьюринга. – Сайт Компьютерра, 2014.

Таблица 9.7. Мощность интеллектуальных аналогов человека

	А. Число блоков	В. Элементов в блоке	Всего элементов	С. Операций в сек.	Произведение АВС
Нейрон	1	10^6	10^6	200	$2 \cdot 10^8$
Человек	$5 \cdot 10^{10}$	10^6	$5 \cdot 10^{16}$	200	10^{19}
Шимпанзе	$2 \cdot 10^{10}$	10^6	$2 \cdot 10^{16}$	200	$4 \cdot 10^{18}$
Собака	$2 \cdot 10^9$	10^6	$2 \cdot 10^{15}$	200	$4 \cdot 10^{17}$
Deep Blue, 1997 год	510	$1,5 \cdot 10^6$	$7,6 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^{16}$
Процессор, 2011 год	1	$2,6 \cdot 10^9$	$2,6 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^9$	10^{19}
Blue Gene, 2014 год	$1,5 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^9$	$2,1 \cdot 10^{14}$	$1,6 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^{23}$

В качестве характеристики мощности интеллектуальной системы по порядку величины можно взять произведение количества блоков (нейронов, процессоров) на количество элементов (транзисторов, элементов нейрона) в каждом из них, на количество вычислений в секунду. Для человека это произведение равно 10^{19} , как и для современных процессоров. Однако человеческий мозг работает намного более эффективно.

В работе «Об интеллекте»³³⁹ Джеффа Хокинса и Сандры Блейкли приводится такой пример. Для того чтобы распознать изображение кошки, человеку достаточно полсекунды. При быстродействии мозга в 200 операций в секунду (некоторые авторы утверждают, что на порядок меньше) это означает, что поступившая в мозг информация пройдет цепочку длиной не более 100 нейронов. Цифровой же компьютер использует для этого миллионы шагов!

К примеру, процессор суперкомпьютера Blue Gene/Q, имеющий $1,4 \cdot 10^9$ транзисторов, работающих на частоте $1,6 \cdot 10^9$ гц, выполняет $2 \cdot 10^{11}$ флопс операций³⁴⁰. Это означает, что на одну 64-разрядную операцию с плавающей запятой требуется 10 млн простейших операций в расчете на один транзистор.

Другой пример. На рис. 9.2 даны два графика. Один из них представляет закон Мура³⁴¹, т.е. число транзисторов (Ntr) на микропроцессоре в зависимости от времени, второй график – производительность передовых суперкомпьютеров³⁴² (в флопсах). Видно, что оба этих графика близки к прямым в логарифмической системе координат, но производительность суперкомпьютеров в 2014 году больше примерно на 6 порядков и растет несколько быстрее (за 20 лет добавляется разница примерно в один порядок). При этом их быстродействие выражается цифрами с 9 порядками, а число процессоров – 5 порядками. В сумме получается, что на 1 флопс требуется $9 + 5 - 6 = 8$ порядков простейших операций и транзисторов, т.е. 100 млн. Цифра поистине фантастическая, особенно в сравнении с эффективностью работы человеческого мозга.

Одна из причин такой разницы заключается в том, что далеко не все операции в современных компьютерах удается распараллеливать, поэтому наличие большого количества элементов не гарантирует того, что все они работают одновременно. Человеческий же мозг может делать это весьма эффективно.

³³⁹ Блейкли С., Хокинс Д. Об интеллекте. – М.–СПб.–Киев, 2007.

http://www.archism.narod.ru/lib/bleiksli_sandra_ob_intellekte.pdf

³⁴⁰ Blue Gene. – Википедия. 2014.

³⁴¹ Закон Мура. – Википедия, 2014.

https://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%E0%EA%EE%ED_%CC%F3%F0%E0

³⁴² Флопс, суперкомпьютеры. – Википедия., 2014. <https://ru.wikipedia.org/wiki/FLOPS>

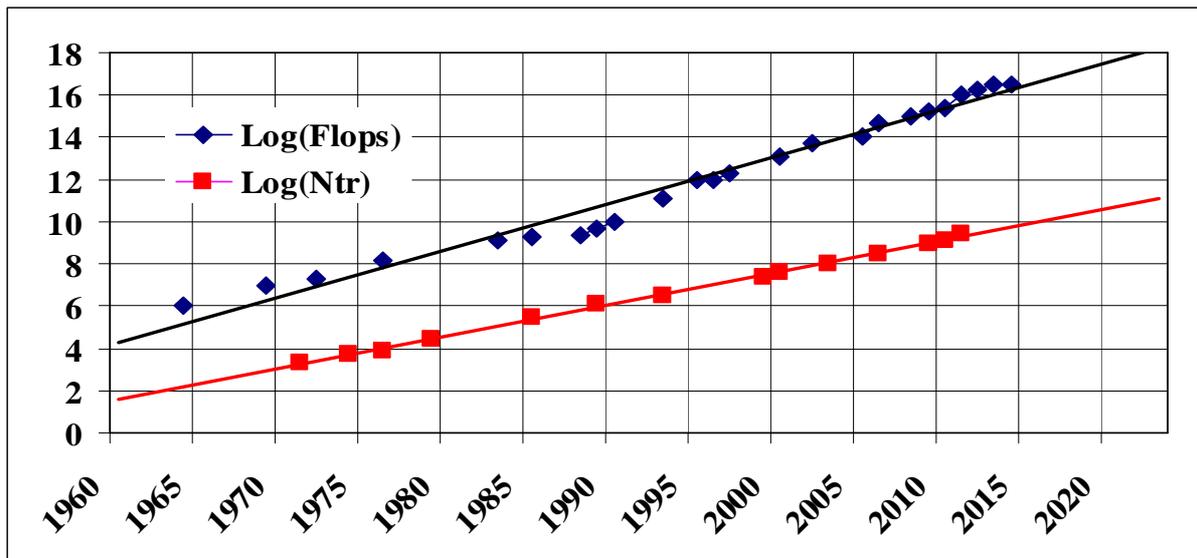


Рис. 9.2. Закон Мура и производительности суперкомпьютеров (в флопсах)

В работе Джеффа Хокинса³⁴³ показано, что дело в различии принципов работы человеческого мозга и компьютера. *Основной принцип работы человеческого мозга: сначала прогнозировать, а затем проверять, соответствует ли входная информация прогнозу.* Кроме того, структура коры головного мозга построена по иерархическому принципу, причем первые слои коры обрабатывают сигналы в том виде, в каком они поступают, а слои более высокого уровня выявляют образы совокупностей и последовательностей сигналов – своего рода «язык мозга». Затем эти образы проектируются во входные слои, где формируется прогноз ожидаемых входных сигналов. Возможно, потребуется еще не одно десятилетие для того, чтобы создать архитектуры компьютеров и алгоритмы их работы, которые будут достаточно близки по эффективности к человеческому мозгу. Однако принципиально техническая возможность моделирования человеческого мозга, созданная за 40 лет действия закона Мура, уже существует.

Далее отметим, что моделирования разума одного человека далеко не достаточно для того, чтобы за счет ИИ приблизить наступление революции знания. Для этого нужно создать интеллектуальную систему, эквивалентную по интеллектуальной мощности современному научному сообществу. Однако техническая возможность для материальной реализации такой интеллектуальной системы также практически существует.

Следует отметить, что напрашивается аналогия между работой человеческого мозга, состоящего из большого количества параллельно работающих нейронов, и человеческим сообществом, включающим в себя людей или ученых³⁴⁴. Некоторые оценки интеллектуальной мощности человечества и его аналогов приведены в табл. 9.8.

Наиболее неопределенным параметром здесь является время взаимодействия человека с другими, поскольку в отличие от нейрона или транзисторов человек не делает это автоматически. Тем не менее данная таблица демонстрирует относительную близость (в логарифмической шкале) параметров интеллектуальной деятельности человечества с мощностью *современных* суперкомпьютеров, хотя сделанное выше замечание относительно низкой эффективности алгоритмов работы компьютеров здесь не менее важно.

³⁴³ Блейкли С., Хокинс Д. Об интеллекте. – М. – СПб. – Киев, 2007.

³⁴⁴ Еремин А.Л. Ноогенез и теория интеллекта. – Краснодар, 2005. – 356 с. <http://a-eremin.ru/rus/>

Таблица 9.8. Мощность интеллектуальных аналогов человечества

Параметр	Мозг человека	Человечество	Сообщество ученых	Blue Gene, 2014 год
А. Число блоков (людей, нейронов, процессоров)	$5 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^9$	$7 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^5$
В. Элементов в блоке	10^6	$5 \cdot 10^{16}$	$5 \cdot 10^{16}$	$1,4 \cdot 10^9$
Всего элементов	$5 \cdot 10^{16}$	$3,5 \cdot 10^{26}$	$3,5 \cdot 10^{23}$	$2 \cdot 10^{14}$
С. Операций в сек.	200	10^{-4}	10^{-3}	$1,6 \cdot 10^9$
Произведение ABC	10^{19}	$3,5 \cdot 10^{22}$	$3,5 \cdot 10^{20}$	$3,4 \cdot 10^{23}$
Срок жизни – Т, сек.	$2 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^8$
Операций за время жизни – СТ	$4 \cdot 10^{11}$	$5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^{17}$
Всего операций за время жизни – АВСТ	$2 \cdot 10^{28}$	$2 \cdot 10^{36}$	$2 \cdot 10^{31}$	10^{32}
Объем знаний – Z, байт	10^9	$2,5 \cdot 10^{13}$	10^{13}	10^{12}
Операций на байт знания – АВСТ/Z	$2 \cdot 10^{19}$	10^{23}	$2 \cdot 10^{18}$	10^{20}

Взаимодействие человечества и ИИ

Через 20–30 лет возможность создания ИИ станет намного более реальной. Но возникнет ряд проблем уже социкибернетического характера. Так, если удастся создать ИИ, превосходящий человека в несколько тысяч раз, то как наладить с ним корректные взаимоотношения? Даже люди, воспитанные в человеческом обществе, однако имеющие небольшое, но явное интеллектуальное преимущество, начинают проявлять отклонения в психике и пытаться реализовать свои «преимущества». Что же делать с интеллектом, на несколько порядков превосходящим человека и не имеющим его этических установок? Принцип «жесткого контроля» в данном случае совершенно нереален, поскольку это гибкий и сверхмощный интеллект и никакие «программные» ограничения не могут быть надежными, особенно в долговременном плане.

Для безопасности человечества наиболее приемлемым, видимо, является создание большого числа ИИ примерно человеческой мощности интеллекта, но неспособных объединяться через каналы связи в ИИ, мыслящие взаимосвязанно. Еще более подходящий вариант – создание усилителей человеческого интеллекта, которые будут не столько мыслить самостоятельно, сколько помогать каждому человеку. Но в этом тоже таится опасность осознания «помощниками», что их «носители», по сути, имеют низкий интеллектуальный уровень. Таким образом, вопрос создания кибернетических ИИ несет за собой массу проблемных вопросов, в том числе связанных с этикой взаимоотношений человека и ИИ.

Еще один вопрос, близкий к рассмотренным выше, состоит в том, будут ли будущие компьютеры-мыслители иметь сознание, самосознание и разум. Эти понятия были рассмотрены в главе 6. Самосознанием владеют не только люди, но и развитые животные³⁴⁵. Современные компьютеры такой способностью не обладают. Возможно, это

³⁴⁵ Эксперты признали: у животных есть сознание. – *Naked Science*, 2013.
<http://naked-science.ru/article/sci/11-07-2013-194>

связано с тем, что компьютеры не имеют собственных интересов и связи с реальным миром? Возможно, с тем, что эту функцию мы не умеем реализовать в виде программ. Сегодняшняя наука не владеет возможностями моделирования в компьютере этой функции, что характеризует отдаленность нас от решения задачи создания мыслящего ИИ.

По мере овладения методами моделирования функций сознания, разума и мышления станет актуальной задача обучения и воспитания ИИ таким образом, чтобы он стал лояльным членом человеческого сообщества. И задача эта очень непростая. В данном случае не идет речь о создании роботов и внедрении их в человеческое общество, поскольку для нас в этой постановке актуальна только задача активизации создания знания, для чего достаточно создать специализированные по функциям ИИ.

Следует отличать задачу создания ИИ, в полной мере адекватного человеческому мышлению, от задачи копирования из одного «носителя» в другой сознания конкретного человека. По сути, вторая задача адекватна технологии обеспечения *бессмертия* мозга. Первая задача в принципе решается, хотя и потребует очень серьезных целенаправленных усилий в течение 20–40 лет работы человечества. Однако рассуждения относительно размещения в каждом нейроне считывающего устройства, регистрирующего содержащуюся в нем информацию и соответственно позволяющего создать копию реального мозга, пока совершенно нереальны, поскольку эта задача на несколько порядков более сложная, чем просто изучение и моделирование человеческого мозга. Вместе с тем после 2060 года взгляд на эту задачу может существенно измениться.

Близкой по содержанию и актуальной в будущем является задача копирования или программирования интеллекта ИИ. Поскольку программирование ИИ, видимо, будет осуществляться методами обучения почти как обычных людей, на это потребуются очень много времени, причем эта задача будет осложняться огромным различием в скорости восприятия и мышления человека и ИИ. В результате массовое производство тысяч способных к работе ИИ станет чрезмерно трудозатратным. Задача может быть решена, если в процессоры ИИ заранее вмонтировать контур считывания его программного состояния, который позволил бы устанавливать программу обученного ИИ во вновь создаваемые.

Даже беглый обзор задач, которые возникнут на пути реализации революции знания, а точнее, ее первого этапа, по пути создания кибернетических ИИ показывает, что эта задача, с одной стороны, реальна, а с другой – весьма сложна и требует в высшей мере целенаправленных усилий научного сообщества и человечества в целом. Даже для увеличения объема создаваемого знания без роста численности человечества на несколько десятков процентов, видимо, потребуется 30–40 лет. Однако существует еще целый ряд подходов к реализации первого этапа революции знания.

Направления развития революции знания

Для обозначения основных возможных направлений, по которым может пойти развитие революции знания, а также уровня преобразований в этих направлениях сформулируем, какого рода изменения должны произойти, чтобы можно было утверждать о наступлении технологической эпохи знания:

1. Многократное повышение доли специалистов в сфере НИОКР в мире по сравнению с современным уровнем (от 0,1 до ~ 1%).
2. Разработка полноценного ИИ и системы его серийного внедрения.
3. Разработка на базе методов генетики и обучения результативному мышлению способов повышения интеллекта человека в несколько раз.

4. Создание искусственного биологического существа, превосходящего человека по интеллекту.
5. Резкое повышение эффективности системы генерации знания путем специальной организации крупных сообществ людей.
6. Возникновение сетевой высокоинтеллектуальной структуры, соединяющей возможности людей и информационных технологий.
7. Резкое повышение эффективности мировой системы создания и реализации знания на основе методов управления знаниями.

По-видимому, возможны и другие направления и признаки наступления эпохи знания, но сейчас сложно утверждать, какие из них реализуются первыми.

Изменения в системе создания знаний могут быть связаны также с возрастающей ролью Интернета, как связующего звена между учеными и необъятной системой хранения общемирового знания. Фактически может появиться распределенная система создания знаний, которая не будет связана с отдельными странами. Однако такая система может нести в себе и угрозу появления новых методов отчуждения знаний в пользу виртуальных владельцев.

Важным фактором в деятельности системы создания знаний являются те важные для общества задачи, на решение которых она нацелена и которые может реально решить. Успехи предыдущих технологических революций подвели науку к возможности решения ряда масштабных задач, таких, например, как^{346, 347, 348, 349}:

- Эффективное излечение наиболее опасных болезней.
- Многократное увеличение продолжительности жизни.
- Регенерация органов человека.
- Устранение голода, бедности и неграмотности на планете Земля.
- Создание искусственного интеллекта.
- Предотвращение деградации мировой экосистемы.
- Создание возобновляемой ресурсной базы.
- Предотвращение климатических и других природных катастроф.
- Широкое внедрение биоэнергетики и биотоплив.
- Энергетика на базе термоядерного синтеза.
- Разработка высокотемпературных сверхпроводников.
- Внедрение квантовых компьютеров.
- Развитие нанотехнологий.
- Способы борьбы с угрозами космического происхождения.
- Постройка космических лифтов.
- Освоение других планет солнечной системы.
- Создание единой теории поля.
- Изучение феномена «темной материи».
- Техника управления гравитационными полями.
- Установление контактов с разумными существами на других мирах.

³⁴⁶ Зазерский Л.К. Перспективы развития науки в XXI веке. – 2015.

<http://parnasse.ru/prose/essay/natural/perspektivy-razvitiya-nauki-v-21-m-veke.html>

³⁴⁷ Черток Б.Е. Космонавтика в XXI веке. – 2015. <http://www.shapovalov.org/publ/8-1-0-58>

³⁴⁸ Прогноз: Генетики продлят жизнь человека в 10 раз. 2014.

<http://www.rg.ru/2014/04/09/reg-ufo/starenie.html>

³⁴⁹ Переслегин С., Переслегина Е. Дикие карты будущего. Форс-мажор для человечества. – М., 2015.

Для решения этих и многих других задач требуется создание всемирной системы управления знаниями в интересах всего человечества.

Основные результаты главы 9

В истории человечества периодически происходила смена парадигмы науки, причем объем знаний человечества между смежными парадигмами составлял вначале около 12, а при последнем изменении – примерно 2,5. Очередного изменения научной парадигмы можно ожидать во второй половине XXI века.

Наиболее вероятным направлением очередной технологической революции по результатам сравнения био-, нано-, НБИК- и экологической революций является биотехнологическая революция.

Оценка приоритетных направлений технологической революции второй половины XXI века показала, что с небольшим перевесом приоритетной является революция, связанная со знанием (предвестник). Далее по приоритету следует экологическая революция.