

УДК 004.046

ЭВОЛЮЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ОТ ЗАРОЖДЕНИЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ**А. В. Луговой, Ж. Ю. Зеленцова**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: Zh.Andreeva@gmail.com

Рассмотрены вопросы эволюционного развития вычислительной архитектуры от её возникновения до формирования современной концепции с целью выявления закономерностей и их применения для прогнозирования последующих периодов технологического развития. В качестве объекта исследования выбрана хронология исторически значимых событий для современной вычислительной архитектуры, а также морфология признаков, синтез и специфика их формирования. Проведены параллели с эволюционными теориями и концепциями, и исследован инструмент эволюционной пластичности – неотении на предмет взаимосвязи с технологической эволюцией. Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования технологической эволюции в последующие периоды.

Ключевые слова: эволюция вычислительной архитектуры, технологическая неотения, собирательный принцип архитектурного дизайна, технологическая изменчивость, хронология и морфология технологических признаков.

ЕВОЛЮЦІЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ ВІД ЗАРОДЖЕННЯ ДО СЬОГОДЕННЯ**А. В. Луговой, Ж. Ю. Зеленцова**Кременчугський національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: Zh.Andreeva@gmail.com

Розглянуті питання еволюційного розвитку обчислювальної архітектури від її зародження до формування сучасної концепції з метою виявлення закономірностей і застосування їх для прогнозування подальших періодів технологічного розвитку. Об'єктом дослідження обрано хронологію історично значимих подій для сучасної обчислювальної архітектури, а також морфологію ознак, синтез і специфіку їх формування. Проведені паралелі з еволюційними теоріями і концепціями, і досліджений інструмент еволюційної пластичності – неотенії на предмет взаємозв'язку з технологічною еволюцією. Отримані результати можуть бути використані для прогнозування технологічної еволюції у наступні періоди.

Ключові слова: еволюція обчислювальної архітектури, технологічна неотенія, збірний принцип архітектурного дизайну, технологічна мінливість, хронологія та морфологія технологічних ознак.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Актуальность исследований в области вычислительной архитектуры нарастает в связи с усложнением структуры мирового вычислительного пространства и ростом количества на сегодняшний день «нерешаемых» задач [1]. В свою очередь, необходимость детального рассмотрения эволюции программно-аппаратных систем связана с активным поиском решений в сфере объединения вычислительных мощностей в единую логическую среду, что повлечет за собой и конвергенцию технологий [2].

Кроме естественно возникающих вопросов, связанных с эффективным и экономичным управлением глобальным вычислительным пространством, для производителей все более значимыми становятся футурологические исследования, состоящие в прогнозировании тенденций, в том числе путем экстраполяции существующих технологических решений.

При этом футурология не является эффективным инструментом для прогнозирования технологического развития и часто представляет собой набор сценариев–утопий как проекций ожиданий авторов, а не обоснованные исследования в области формирования стратегического взгляда на технологическое будущее. Должны быть предложены более эффективные методы эволюционного анализа.

Целью работы является анализ факторов и элементов эволюции вычислительных устройств.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Следует отметить, что адекватные прогнозы были высказаны научными фантастами, а не учени-

ми–утопистами, которые рассматривают некий идеальный мир, недостижимый в реальности.

Например, по исследованиям, освещенным в серии статей Генриха Альтова, прогностические фантазии научных фантастов практически полностью реализованы: Жюль Верн сделал 108 прогнозов – из них 10 ошибочных, Герберт Уэлс дал 77 верных прогнозов из 77, Александр Беляев дал три ошибочных прогноза из 50 прогностических фантазий [3–5].

Таким образом, эвристический анализ, который лег в основу научно-фантастических произведений гарантирует более высокую вероятность правильности прогноза, чем мысленный эксперимент. При достаточно качественном результате научно-фантастического прогноза он, в то же время, не может быть использован для формирования технологической стратегии, т.к. отсутствует системность и планомерность исследований.

Несмотря на это, большинство крупных вендоров достаточно успешно начинают разработки не менее чем за 10–15 лет до возникновения (создания) спроса.

Объектом данного исследования является эволюция вычислительной архитектуры, позиции системного видения. Такой подход по мнению авторов наиболее отвечает потребностям эффективного трансфера технологий в области вычислительной техники, поскольку любая новая технология должна быть рассчитана на наиболее вероятную ветвь эволюционного развития вычислительной инфраструктуры.

Тема дослідження еволюції вычислительной техніки является достаточно актуальной. Условно ее можно разделить на два крупных направления.

Первое направление связано непосредственно с прогнозированием развития вычислительной индустрии с целью улучшения трансфера технологий, требующих длительной разработки.

Второе – посвящено вопросам инвариантного применения эволюционных концепций к вычислительной технике и непосредственно вопросам искусственной жизни.

В рассмотренной задаче [1] затрагиваются оба направления. Прежде всего, речь идет о применении мультиагентной технологии, тесно связываемую с изучением искусственной жизни. На этапе разработки эталонной архитектуры требуются исследования, позволяющие улучшить трансфер разрабатываемой технологии. В первую очередь – это исследование эволюции и ее характера для поиска инструментов экстраполяции полученных результатов на будущие периоды.

Эволюция (лат. *evolutio*) – развертывание, как принято считать в биологии, – это необратимое историческое развитие естественных и искусственных систем [6].

Современное учение об эволюции, изложенное в [7], предполагает, что эволюция состоит из постепенных, резких, быстрых, а также происходящих длительное время изменений. Для любой эволюции характерен главный фактор, объединяющий происходящее в подсистемах в цепь значимых исторических событий. При этом образование каждой подсистемы является результатом серии случайностей, происходящих под сильным селективным влиянием факторов внешней среды. Эволюция не имеет строго определенной внутренней цели, влияющей на ее развертывание, но она «создает» согласно принципу естественного отбора условия для эффективного развития системы в условиях внешней среды, уникальных для каждой подсистемы.

Суть технологической эволюции состоит в формировании целенаправленного процесса, в результате которого отбираются новые объекты и технологии с максимальной эволюционной приспособленностью, и удалении неперспективных и тупиковых направлений развития. Особое значение в анализе играет характеристика изменчивости. Направленная изменчивость характерна для адаптационного развития систем, ненаправленная изменчивость или сингулярный характер эволюции свойственен для случайных процессов. Это объясняется неклассическим преобразованием энергии, известным как явление синергии из микроформ в макроформы, т.е. процесса усложнения и роста системы.

Эволюционное становление вычислительной архитектуры. Результаты исследования.

Хронология исторических событий и морфология признаков вычислительной архитектуры. Наша задача состояла в выделении ветви эволюции и формировании хронологии наиболее значимых «архитектурных» событий, закрепившихся на уровне современной вычислительной архитектуры и, таким образом, сформировавших ее морфологию.

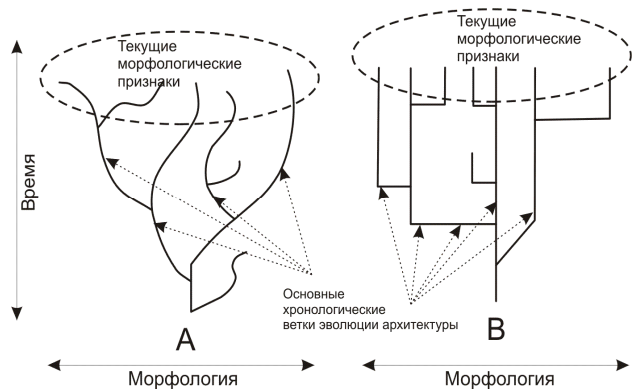


Рисунок 1 – Иллюстрация формирования морфологии вида в теориях филетического градуализма (А) и прерывистого равновесия (В)

Хронологический подход дает не только эволюционно-адаптированные характеристики вычислительной архитектуры, но и может стать предметом исследования относительно характера эволюции и соответствия известным эволюционным концепциям. В качестве иллюстрации приведем характеристический рисунок из теории прерывистого равновесия, где формирование морфологических признаков происходит дискретно, и формирование морфологии в филетическом градуализме. Это иллюстрирует разницу в процессе формирования морфологии вида согласно разным эволюционным концепциям.

Результаты исследования вычислительной архитектуры и последовательности ее развития представлены на рис. 2, 3. На рис. 2,а-д показана хронология наиболее значимых событий в разные временные промежутки, а также синхронная хронология проявления морфологических признаков. Их можно прокомментировать следующим образом.

История изобретения вычислительных машин начинается с Блеза Паскаля (1642) и Готфрида Вильгельма Лейбница (1673). К первым значимым событиям можно отнести предложение структурного принципа вычислений логарифмических таблиц Гаспаром де Прони (1790–1800 гг.) и разработке существующей метрической системы. Эта идея структурных вычислений была положена в основу разностной машины Чарльза Бэббиджа (1820–1822 гг.), известной как прототип современной вычислительной архитектуры. Значительный вклад в работу Бэббиджа сделала Ада Лавлейс, которая перевела работы Федерико Луиджи Менабрия «Элементы аналитической машины Чарльза Бэббиджа» по математическому описанию принципов программирования, в результате чего появился элементарный ассемблер. Ада Лавлейс значительно дополнила работу Менабрия своими комментариями и предложила использовать перфокарты с ткацких станков Жаккара для программирования, – таким образом, машина Бэббиджа стала программируемой.

В 18–19 веках наиболее сложной вычислительной задачей считалась перепись населения, процесс ручного подсчета длился десятилетиями. Компания ИВМ имела опыт изобретений в этой области и выбрала машину Бэббиджа, использованную в про-

шлом для этих целей, в качестве прототипа. Разностная машина Бэббиджа легла в основу экспериментальной вычислительной машины IBM Гарвардский Марк I, запущенной в 1944 году. Машина Бэббиджа имела основные элементы первого поколения: перфокарты, арифметическое устройство, регистры памяти, управляющий элемент, а Гарвардский Марк I, по сути, представлял собой электромеханический вариант машины Бэббиджа и предвещал высокопроизводительную Гарвардскую архитектуру компьютеров.

Позже был запущен Манчестерский Марк I (1948), на базе которого впервые реализовано хранение программы на борту компьютера с помощью трубок Вильямса, что является одним из значимых морфологических признаков вычислительной архитектуры, не реализованным Бэббиджем. Также в Манчестерском Марке I отказались от предложенной ранее IBM Гарвардской архитектуры, предполагавшей передачу данных и инструкций в процессоре по разным каналам, и приняли за основу более экономичную архитектуру фон Неймана, где каналы были совмещены – архитектура фон Неймана в два раза экономичнее. Очевидно, что относительно формирования морфологического признака Гарвардская архитектура основана на структурном принципе Гаспара де Прони и представляет высокопроизводительную версию компьютеров, в то время как архитектура фон Неймана рассчитана на мини-компьютеры.

На базе архитектуры фон Неймана был сделан Модифицированный ENIAC (1948), где также отказались не только от высокопроизводительных, но и от конфликтных параллельных вычислений. После удачного тестирования архитектура фон Неймана была принята за архитектурную основу вычислительной техники.

На следующем этапе, после изобретения транзисторов, интегральных плат и микросхем оперативной памяти, в высокопроизводительном мейнфрейме IBM System/360 (1964) был впервые применен введенный фон Нейманом принцип «архитектурной жесткости». Шесть моделей этой серии впервые за историю были совместимы и универсальны как по аппаратному решению, так и программному обеспечению. Впоследствии IBM System/360 была принята в качестве стандарта, что позволило другим производителям выпускать IBM-совместимые устройства. В IBM System/360 была также впервые предложена виртуализация пользовательских сеансов, позволявшая реализовать разделение ресурсов между пользователями, а также реализована рабочая версия первой операционной системы (ОС) разделения времени. На данный момент ОС данного типа являются самыми распространенными.

Практически одновременно с IBM System/360 появляются значительно опережавшие свое время многопроцессорные суперкомпьютеры Сеймура Крея – PDP-1 (1961) и CDC 6600 (1964), которые не имели ничего общего с архитектурой фон Неймана.

В основе принципа вычислительной архитектуры Крея лежал принцип де Прони, а также модель «компьютер в компьютере», т.е. масштабируемой архитектуры. Несмотря на исключительную удачу IBM System/360, на следующем этапе технологическая кривая начинает стремительно развиваться в сторону персональных устройств, более востребованных с потребительской точки зрения. Суперкомпьютеры на несколько десятилетий отходят на второй план, уступая место более простым, но максимально функциональным персональным компьютерам IBM PC 005 (1981) на базе архитектуры фон Неймана.

После разработки сетевого протокола TCP/IP в 1979 стало возможным объединять отдельные персональные компьютеры в локальную сеть Ethernet, а немного позже и более мощные вычислительные ресурсы в глобальную сеть, благодаря изобретению принципа семантической паутины Тимом Бернесом-Ли (1989). С 90-х годов начинается второй виток миниатюризации персональных устройств. Если до этого времени из-за стандартизации разнообразие устройств было достаточно ограниченным, то, начиная с 2000 года, производители предложили десятки наименований персональных устройств разного типа: коммуникаторы, ноутбуки, смартфоны, навигаторы, интернет-планшеты и прочее.

Эволюционный анализ. Если описать представленную на рис. 2 хронологию событий развития вычислительной архитектуры в терминах эволюционных теорий, то получаем следующее (рис. 3):

– *во-первых*, наблюдаются попеременные этапы дивергентного (на основе различий) и конвергентного (на основе сходства) объединения архитектурных признаков, что соответствует концепции номогенеза [11];

– *во-вторых*, на некоторых временных промежутках развития наблюдается сингулярное преобразование архитектурных принципов согласно концепции эволюции, излагаемой в идеях сальтационизма [12];

– *в-третьих*, на протяжении всей истории формирования вычислительной архитектуры наблюдается явление, аналогичное биологической неотении, – упрощение морфологических признаков при сохранении богатства формы как проявление эволюционной «гибкости» – фактора эволюции, развиваемой в синтетической теории эволюции [8].

Очевидно, что на начальном этапе развития морфологические признаки архитектуры формировались путем заимствования результатов исследований в математике и производстве – синтеза идей предшественников. Машина Бэббиджа представляла собой модифицированный синтез идей Паскаля, Лейбница и де Прони.

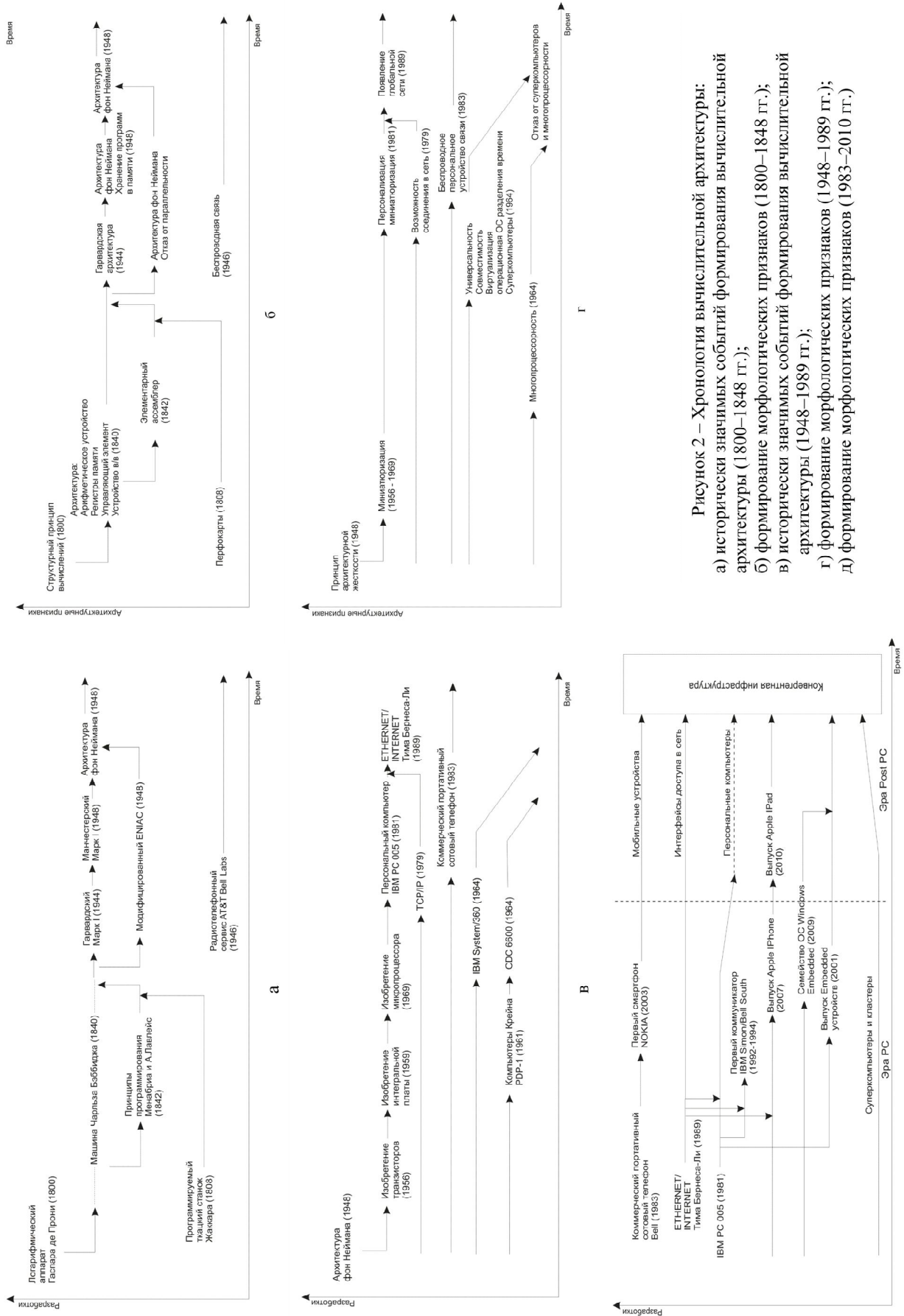


Рисунок 2 – Хронология вычислительной архитектуры:
 а) исторически значимых событий формирования вычислительной архитектуры (1800–1848 гг.);
 б) формирование морфологических признаков (1800–1848 гг.);
 в) исторически значимых событий формирования вычислительной архитектуры (1948–1989 гг.);
 г) формирование морфологических признаков (1948–1989 гг.);
 д) формирование морфологических признаков (1983–2010 гг.)

Это также произошло, когда, благодаря Аде Лавлейс, были конвергентно (программирование как сходство) объединены принципы элементарного программирования, развитие Федерико Луиджи Менабрия, и перфокарты, предложенные в ткацких станках Жаккара. Фактически гениальный ткач из Лиона дал миру не только известную ткань жаккард, но и сделал вклад в развитие компьютеров. Принцип программирования на перфокартах был использован в машине Бэббиджа и в первых вычислительных машинах. В самой машине Бэббиджа были объединены принципы логарифмирования де Прони, реализованные аппаратно, и программирование на перфокартах для управления последовательностью вычислений.

Появление машины Бэббиджа, рис. 2,а,б, в свою очередь, может расцениваться как сингулярный скачок эволюции вычислительной архитектуры, в результате которого появился целый спектр морфологических признаков, свойственных современной вычислительной архитектуре: арифметическое устройство, регистры памяти, управляющий элемент, устройство ввода/вывода. Подобный скачок в развитии технологий также наблюдался после появления архитектуры фон Неймана, когда за полтора десятилетия была предложена целая серия концептуальных технологических решений: транзисторы (1956), интегральные микросхемы (1959), микропроцессоры (1969). Подобный сингулярный сценарий подразумевает одновременное появление несколько эволюционных веток развития технологий и высокую степень изменчивости в силу явления синергии – нетривиальном преобразовании энергии из микроформ в макроформы, то есть перехода вычислительной архитектуры как системы на принципиально новый уровень развития.

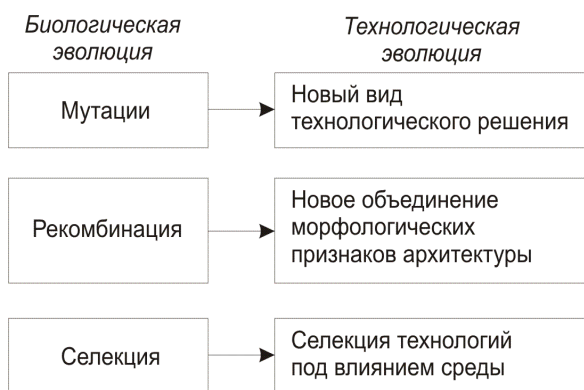


Рисунок 3 – Иллюстрация соответствия процессов эволюции в синтетической теории эволюции и технологической эволюции

В синтетической теории эволюции рассматривается комбинация процессов, которая применима и для описания эволюции технологий, в данном случае рис. 3: мутации – это новый вид технологического решения, рекомбинация – новое объединение морфологических признаков архитектуры, также характерна селекция технологий и их составляющих под влиянием окружения (среды).

В определенные периоды в биологических системах наблюдаются эволюционные толчки, подразумевающие рецессивность генов, т.е. изменчивость

благодаря мутациям. Причем внешнее проявление генов зависит от генетического окружения [8].

Как дополняющая к синтетической теории эволюции рассматривается эпигенетическая теория, согласно которой основное влияние на наследственные признаки оказывает не генотип, а эпигенетическая система – окружение [9]. Причем от предков к потомкам передаются не только морфологические признаки, но и образ организации среды. Качественным примером являются биологические ферменты, которые обуславливают восприимчивость биологическими видами типичной для региона развития пищи.

Эпигенетическая система должна в свою очередь иметь такой объем, который требуется для поддержки уровня изменчивости. Согласно бруккизму, старение генов и последующее вымирание биологического вида обусловлено снижением изменчивости [10]. В свою очередь, селекции поддаются не только тупиковые, но и морфологические признаки, «обогатяющие» систему – если они мешают развитию или эпигенетическая система не соответствует их уровню развития – они удаляются как избыточные. Это явление называется неотенией, когда упрощается морфология вида при сохранении богатства генотипа [8].

Примером технологической неотении могут служить период отказа от мейнфреймов и кластерных систем в 70–80-х годах и разработка более простых, но также коммерчески востребованных персональных компьютеров. Может быть проведена логическая параллель между требуемой эпигенетической системой и технологическим окружением. В силу отсутствия в 60–70-х годах сетевых технологий, использование мейнфреймов не могло быть настолько массовым и доступным, как это стало возможно в случае выпуска персональных компьютеров. Таким образом, мейнфреймы имели меньшее окружение и меньшую по объему эпигенетическую систему, влияющую на их изменчивость, а соответственно, вычислительная архитектура трансформировалась в морфологически более простую вычислительную систему – персональный компьютер, имеющее более богатое окружение, то есть частных потребителей, желающих приобрести недорогую вычислительную машину (рис. 4).

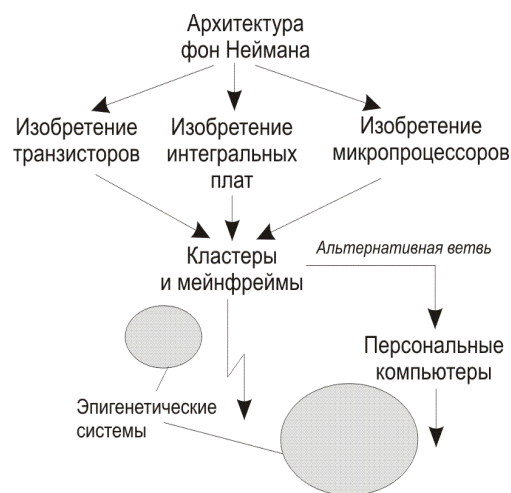


Рисунок 4 – Иллюстрация явления неотении в технологической эволюции – при недостаточной эпигенетической системе развивается альтернативная ветвь эволюции с «сокращением» морфологии

Неотения как свойство эволюционной пластичности было присуще вычислительной эволюции на этапе перехода от персональных компьютеров (снижение востребованности) к embedded-устройствам в период с 2000 по 2010 год. Опять же причина этому большая по объему эпигенетическая система в случае мобильных и embedded-устройств, которая предусматривает и большую потребность в персональных миниатюрных устройствах, то есть расширение «синтетической» популяции как таковой и повышение уровня ее разнообразия (рис. 5).

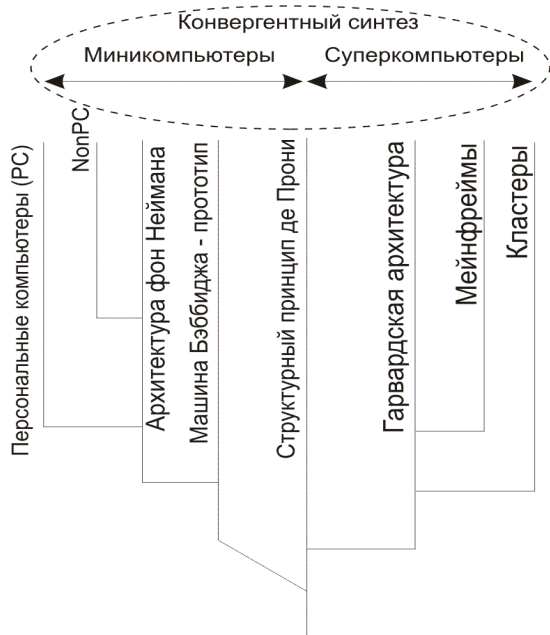


Рисунок 5 – Морфология современной вычислительной архитектуры

Таким образом, введем термин *технологической неотении* – морфологической оптимизации технологии по отношению к характеристикам внешней среды, обуславливающий требуемый уровень изменчивости для развития технологии. Технологическая неотения, как видно из хронологии развития вычислительной архитектуры, возникает, как правило, после сингулярных преобразований в системе и является инструментом эволюционной оптимизации и приведения к балансу между потребностью в ресурсах для развития системы и морфологической сложностью системы. Если ресурсов недостаточно или среда ограничена, – упрощаются морфологические признаки вычислительной архитектуры при сохранении богатства технологии. На последующих этапах «фоновые» характеристики проявляются при достижении требуемого уровня развития эпигенетической системы.

В 1990-х и 2000-х годах именно потребительская составляющая эволюции способствовала росту разнообразия персональных и миниатюрных устройств. Рост функциональных потребностей пользователей требует увеличения внешних вычислительных мощностей в виду ограничений «на борту» предложенных персональных устройств. В связи с этим начинают использоваться дистанционные вычислительные сервисы с виртуализацией пользовательских сеансов на базе мейнфреймов и кластеров, которые были предложены на базе IBM System/360 Model 67 и архитектуры Сеймура Крея. Опять же наблюдается синтез «сохраненных» на уровне «генотипа» (так

как на предыдущих этапах была упрощена только морфология вычислительных систем) морфологических признаков, которые не проявлялись на уровне «фенотипа» технологии.

На рис. 5 проиллюстрирована морфология современной вычислительной архитектуры. Как видно из рисунка, из-за нехватки объема эпигенетической системы эволюция начала развиваться по альтернативной ветке в направлении миниустройств. Таким образом, в настоящий момент вычислительная морфология архитектуры включает высокопроизводительную, которая несколько десятилетий сохранялась «в фоне», и активно развивающуюся слабопроизводительную часть, которые в настоящий момент проходят этап конвергентного синтеза.

Очевидно, что на следующем этапе развития вычислительную архитектуру ожидает объединение разнородных ресурсов и обеспечение их совместности. В рамках конвергентной инфраструктуры (англ., *converged infrastructure*, CI) в качестве основной задачи рассматривается вопрос согласования разнородных вычислительных ресурсов и данных, рассматривается *многообразие данных, многообразие устройств и многообразие вычислительных ресурсов и коммуникаций*.

Согласно проведенному исследованию можно считать, что технологическая система, развивающаяся в рамках глобальной сети, обладает системными признаками, – значительным многообразием (т.е. является сложной системой) и присущими для системной организации явлениями самоорганизации. Можно также говорить не только о согласовании развития вычислительных систем с эволюционными теориями, но и об эволюции на основании закономерностей согласно теории номогенеза с присутствием конвергентным синтезом признаков, а значит, о возможности достаточно точного предсказания технологического развития на будущие периоды.

ВЫВОДЫ. На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- главный фактор технологической эволюции это структурный принцип вычислений, который был предложен Гаспаром де Прони. Именно этот принцип положен в основу современных вычислительных архитектур. В рамках общей инфраструктуры развиваются по отдельным эволюционным веткам высоко- и малопроизводительные вычислительные архитектуры, которые в настоящий момент объединяются в рамках новой конвергентной парадигмы;

- зарождающаяся конвергентная инфраструктура может полноценно претендовать на роль вычислительной архитектуры V поколения. Она обладает системными признаками, а также ей свойственны явления самоорганизации.

- в качестве эволюционных факторов, свойственных технологической эволюции можно выделить:

- синтез морфологических признаков технологий, который большей частью происходит конвергентно, что согласуется с теорией закономерного эволюционного развития – теорией номогенеза. Опыт разработчиков также показывает эффективность использования *собирающего принципа архитектурного дизайна*, который позволяет выделить конкурентоспособные элементы с целью их синтеза;

- явление технологической неотении для поддержки требуемого уровня изменчивости доминирующей технологии (самоорганизация для миними-

заци вероятности старения технологии) и взаимосвязь ресурсов и объема внешней среды с возможностями развития тех или иных технологий;

– хронология исторических событий и морфология технологических признаков в качестве основы для последующего прогнозирования на базе теории закономерной эволюции;

– *технологическая изменчивость*, при снижении которой происходит старение технологии;

– исследование эволюции позволяет провести обоснованное технологическое прогнозирование на будущие периоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луговой А.В., Зеленцова Ж.Ю. Подходы и принципы разработки гибридного облака системы мониторинга с многомерными объектами исследования // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2011. – Вип. 6/2011 (71). – С. 56–62.

2. Прайд Валерия, Коротаев А. В. Конвергенция технологий – новая детерминанта развития общества // Новые технологии и продолжение эволюции человека? Трансгуманистический проект будущего. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – С. 46–84.

3. Альтов Г. Перечитывая Уэллса // Эти удивительные звезды: Сб. науч.-фантаст. рассказов. – Баку: Гос. изд-во, 1966. – С. 267–295.

4. Альтов Г. Судьба предвидений Жюль Верна // Фантастика и реальность. – М.: Центр развития образования г. Норильска, 1996. – Вып. 1. – С. 3–31.

5. Альтов Г. Пятьдесят идей Александра Беляева // Фантастика и реальность. – М.: Центр развития образования г. Норильска, 1998. – Вып. 3. – С. 21–38.

6. Введенский Б.А. Большая советская энциклопедия. Т. 48. Шербрук–Элодея. – М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1957. – 672 с.

7. Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.Н. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003. – 432 с.

8. Шмальгаузен И.И. Пути и закономерности эволюционного процесса. Избранные труды. – М.: Наука, 1983. – 360 с.

9. Шишкин М.А. Индивидуальное развитие и эволюционная теория // Эволюция и биоэволюционные кризисы. – М.: Наука, 1987. – С. 76–124.

10. Попов И.Ю. Концепции направленной эволюции (ортогенез). В тени дарвинизма. Альтернативные теории эволюции в XX веке / Под ред. Г.С. Левита и др. – СПб.: СПбФИИЕТ РАН, 2003. – С. 26–49.

11. Берг Л.С. Номогенез, или Эволюция на основе закономерностей. – Петербург: Государственное издательство, 1922. – 306 с.

12. Дубинин Н. П. Эволюция популяций и радиация. – М.: Атомиздат, 1966. – 744 с.

EVOLUTION OF COMPUTING ARCHITECTURE. THE DEVELOPMENT OF PERSPECTIVE RESEARCH DIRECTIONS

A. Lugovoi, Zh. Zelentsova

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: Zh.Andreeva@gmail.com

The article deals with the study of problems concerning the evolution of computer architecture from its origin to the formation of its modern conception in order to identify the regularities and use them to predict the further periods of technological development. As an object of study the chronology of historically significant events in the modern computer architecture and the morphology of characteristics, synthesis, and the specificity of their formation have been chosen. The parallels with some evolutionary theories and concepts have been considered; neoteny as an instrument of evolutionary flexibility has been studied in respect to its relations to the technological evolution. The results obtained can be used for technological evolution prognostication for further periods.

Key words: computer infrastructure evolution, technological neoteny, generalized principle of architecture design, technological variability, chronology and morphology of technological characteristics.

REFERENCES

1. Lugovoi, A.V., Zelenysova, Zh.Yu. (2011), "Approaches and principles of development of hybrid cloud monitoring system with multi-dimensional objects of study", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, iss.6, pp. 56–62.

2. Pride, V., Korotaev, A.V. (2008), "The convergence of technologies - a new determinant of society", *New technologies and the continued evolution of man? The future transhumanist project*, Publishing LCI, Moscow, Russia, pp. 46–84.

3. Altov, G. (1966), Reading Wells, *These amazing stars: Scientific-fiction stories*, State Publishers, Baku, Azerbaijan, pp. 267–295.

4. Altov, G. (1996), "The destiny of predictions by Jules Verne", *Fantasy and Reality*, The center of development of Education in Norilsk, Moscow, iss. 1, pp. 3–31.

5. Altov G., (1998), "The fifty ideas by Alexandr Belyaev", *Fantasy and Reality*, The center of development of Education in Norilsk, Moscow, iss. 3, pp. 21–38.

6. *Great Soviet Encyclopedia*, (1978), vol. 29, Publishing House "Sovetskaya entsyklopediya", Moscow, Russia.

7. Emelyanov, V.V., Kureichik, V.V., Kureichik, V.N. (2003), *Teoriya i praktika evolyutsionnogo modelirovaniya* [Theory and practice of evolutionary modeling], Fizmatlit, Moscow, Russia.

8. Shmalgausen, I. (1983), *Puti i zakonomernosti evolyutsionnogo processa* [The ways and patterns of evolution], Moscow, Russia.

9. Shishkin, M.A. (1987), "The individual development and evolutionary theory", *Evolution and biot-senotichecal crises*, Science, Moscow, Russia, pp. 76–124. Popov, I.Y. (2003), "The concept of directed evolution (orthogenesis)", *In the shadow of Darwinism. Alternative theories of evolution in the XX century* / Ed. By G.S. Leviticus et al., SPbFIIET Sciences, St-Petersburg, Russia, pp. 26–49.

11. Berg, L.S. (1922), *Nomogenes, ili Evolutsiya na osnove zakonomernostei* [Nomogenesis or the evolution of the basic laws], State Publishing House, Petersburg, Russia.

12. Dubinin, N.P. (1966), *Evolutsiya populatsii i radiatsiya* [The population evolution and radiation], Atomizdat, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 11.01.2013.

