

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫХ
АРХИТЕКТУР ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНО-
АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ИНФОРМАЦИОННОЙ
ПОДДЕРЖКИ БИОНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Александр Александрович Мелихов, аспирант, ассистент кафедры,
e-mail: megadelphin@mail.ru,*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образо-
вания «Московский технологический университет» (МИРЭА),
<https://www.mirea.ru>*

DOI: 10.21777/2312-5500-2016-5-34-39

*Рассматриваются интегративные возможности интеллектуальной системы информа-
ционной поддержки создания и развития перспективных бионических технологий с точки зре-
ния применения в ее составе аппаратного обеспечения с неклассической вычислительной ар-
хитектурой. Приводятся основные предпосылки применения подобных вычислительных си-
стем, а также описываются базовые концепции архитектуры подобных интегративных мо-
дулей.*

*Ключевые слова: информационная система; поддержка инновационной деятельности;
тезаурус; обработка естественного языка; инженерия знаний; бионические информационные
ресурсы.*

*Исследование выполнено федеральным государ-
ственным бюджетным образовательным учрежде-
нием высшего образования «Московский техноло-
гический университет» (МИРЭА) за счет гранта Рос-
сийского научного фонда (проект № 14-11-00854).*

Введение

Способность корректировать свое поведение в зависимости от условий окружающей среды является одним из основных условий выживаемости сложноорганизованных технических и биологических систем. Анализ полученного практического опыта позволяет формировать собственную картину мира, основанную на открытых индивидом закономерностях. Обмен такими знаниями между отдельными индивидами необходим, поскольку позволяет накапливать и, что важно, обобщать их в единую систему, позволяющую эффективно использовать внешние и внутренние ресурсы. Наглядным тому примером служит научно-техническая революция и последовавший за ней прогресс во всех сферах человеческой жизни: разработка машин и механизмов потребовала обобщения и систематизации всего опыта человечества в единую научную картину мира. В результате были созданы различные технические устройства, не имевшие аналогов в живой природе. Однако по мере открытия новых материалов и технологий поиск простых и надежных решений, выработанных в ходе эволюции живых организмов, стал вновь актуален.

Очевидно, что эффективность достижения результата напрямую зависит от используемых в научном поиске моделей и методов. В этом смысле бионика как научное направление обладает необходимым методологическим аппаратом, позволяя порождать и развивать инновационные технологии, которые затем находят отражение в инженерной деятельности, то есть налицо преемственность теоретической и практической деятельности. Достижение такой преемственности, в свою очередь, невозможно без организации оперативного и надежного обмена знаниями.



А.А. Мелихов

Данное требование по своей сути имеет серьезное внутреннее противоречие: чем больше исследователей привлекается к проблемам бионики, тем быстрее развивается направление, но и сложность координации исследователей также возрастает, приводя в конечном итоге к ситуации, когда несвязанные группы исследователей параллельно решают одни и те же задачи. Данное обстоятельство чрезмерно усложняет процесс научного поиска, порождая необходимость в разработке средств и методов, позволяющих быстрее приходиться к необходимым результатам. В качестве возможного решения данной проблемы предлагается создание интеллектуальной системы, предназначенной для сбора и категоризации научных данных с целью формирования единого информационного пространства, ориентированного на выявление закономерностей и проверку научных гипотез. В рамках исследования, посвященного созданию интеллектуальной системы информационной поддержки создания и развития перспективных бионических технологий (далее – Система) [1, 2], была разработана ее общая архитектура с детализацией для отдельных модулей [3–6]. Также разработана архитектура базы знаний [7, 8] определен порядок ее формирования и наполнения [9–13].

При этом в указанных статьях при разработке архитектуры базы знаний и алгоритмов ее использования учитывались особенности современных электронно-вычислительных машин, основанных на архитектуре фон Неймана, однако динамика развития аппаратного обеспечения показывает, что перспектива внедрения массово-параллельных не-фон Неймановских аппаратных архитектур является вполне реальной. Таким образом, в процессе разработки информационной системы во избежание ее быстрого морального устаревания необходимо закладывать возможности интеграции с перспективными аппаратными и программными средствами, однако сложность практической реализации заключается в том, что на данный момент не представляется возможным определить, как именно эти перспективные технологии будут реализованы.

Основной целью данного исследования является определение тенденций развития перспективного аппаратного обеспечения исходя из актуальных достижений в данной области, а также выработка рекомендаций, позволяющих заложить в архитектуру Системы необходимые интегративные возможности.

Предпосылки применения устройств, основанных на искусственных нейросетях

Эмпирический закон Мура, сформулированный более пятидесяти лет назад, актуален и в настоящее время [14]. Причиной тому является потребность производителей программного и аппаратного обеспечения в простой и понятной модели, благодаря которой можно с достаточной степенью точности предсказать, как именно будет развиваться технология производства вычислительных устройств, а значит и закладывать в свои перспективные разработки возможности, которые затем гарантированно будут востребованы. Однако у любой модели есть свои граничные условия, за пределами которых ее точность резко снижается, делая ее бесполезной. Так, основанные на данной модели прогнозы начала XXI века предсказывали появление процессоров с тактовой частотой 6 ГГц, однако координация работы миллиардов транзисторов на физическом пределе скорости переключения затворов (для актуальной на тот момент элементной базы) в реальности не были осуществлены. Причиной тому служит появление процессоров с несколькими вычислительными устройствами, способными работать в режиме, близком к параллельному. А потребность в увеличении числа ядер, приводящая к еще большему увеличению числа полупроводниковых элементов, может в конечном итоге стать причиной отказа от следования закону Мура. Как следствие, ход эволюции вычислительных систем в долгосрочной перспективе трудно прогнозируем, но анализ актуальных технологий, позволяющих увеличивать производительность за счет внедрения массового параллелизма [15], позволяет определить текущий вектор развития вычислительной техники как адаптацию аппаратного обеспечения и исполняемых с его помощью алгоритмов для многопоточной работы.

Сбор и агрегация данных об актуальных научных исследованиях в данной области позволяет проследить определенную корреляцию между изменением приоритетов в тех или иных разработках, стоящих на переднем крае науки об информации, с достижениями современной биологии. В частности, изучение процессов восприятия естественного языка с применением новейших методов магнитоэнцефалографии подтверждает, что осуществление коммуникативных функций посредством письменной и устной речи обусловлено физиологическими особенностями головного мозга человека [16]. Таким образом, за восприятие сложных символьных систем отвечают сравнительно новые с эволюционной точки зрения отделы мозга. В итоге получается, что теория Н. Хомски о физиологической предрасположенности человека к использованию естественного языка получает наглядное подтверждение.

Данный вывод позволяет заново переосмыслить подходы к решению актуальных на данный момент задач. К примеру, задачи извлечения семантики текста, так же как и генерация текста на основе заданной семантики, возникают при разработке адаптивных человеко-машинных интерфейсов, поисковых систем, систем автоматизированного перевода, систем поддержки принятия решений [17]. Интеграция в существующее аппаратное обеспечение модулей, действующих аналогично нейронам головного мозга, позволяет использовать их возможности по обработке нечеткой информации [18].

Очевидно, что полный переход к устройствам на принципиально новой архитектуре чрезвычайно затратен, поскольку потребует отказа от многих существующих технических решений. В связи с этим предполагается, что по мере развития технологий, основанных на искусственных нейросетях, будут появляться различные интегративные модули, сложность и функциональность которых будет со временем возрастать, при этом существующие решения будут обслуживать базовые функции системы. То есть можно предположить, что перспективные гибридные вычислительные системы будут построены по принципу иерархичности решаемых задач, что в полной мере соответствует процессу эволюции мозга [19].

Отдельно стоит отметить интегративные возможности самих нейросетей. Если для сопряжения, скажем, двух вычислительных устройств, реализующих различные модели обработки данных, например центрального (сравнительно небольшой набор коротких универсальных инструкций, позволяющих свободно манипулировать данными) и графического процессора (ковейрная архитектура с жестко заданной последовательностью обработки) применяются дополнительные устройства, увеличивающие сложность системы, то нейронные сети, при условии схожести их элементных баз, при объединении в единую систему не требуют посредников. Так, на основе нескольких отдельных сетей можно создавать достаточно крупные вычислительные системы, рассчитанные на решение более сложных задач [21].

Архитектура интегративного модуля

Учет особенностей искусственных нейросетей, таких как массовый параллелизм, отсутствие необходимости в высоких тактовых частотах, хорошие интегративные качества, адаптивность, толерантность к сбоям, позволяют сформулировать ряд концепций, которые должны быть выполнены при практической реализации интегративного модуля, а именно:

– вследствие индетерминизма нейросети, каждый компонент модуля должен обеспечивать возможность продемонстрировать не только получаемые данные, но и алгоритм их вывода;

– базовый интегративный компонент должен обеспечивать возможность обработки одного и того же набора данных посредством различных нейромодулей с последующим сравнением получаемых данных (выбор конечного результата может осуществляться по различным алгоритмам: мажоритарному, средневзвешенному, статистическому);

– базовый интегративный компонент должен реализовывать две модели взаимодействия: *упрощенную* (входные данные воспринимаются «как есть») и *поведение во враждебной среде* (проверка поступающих данных на адекватность текущему состоянию системы в целом);

– интегративный компонент для обмена данными должен использовать стандартную систему типов [22].

Рассмотрим архитектуру интегративной подсистемы более подробно.

Базовый интегративный компонент является модулем расширения базового приложения и осуществляет вызов нейросетевых модулей, диспетчеризацию работы модулей, передачу данных между модулями и базовым приложением.

Решатель реализует механизм логического вывода посредством применения реальной (в случае работы со специализированным устройством) либо эмулируемой искусственной нейросети.

Взаимодействие компонентов интегративного модуля представлено на рис. 1 в виде диаграммы компонентов.

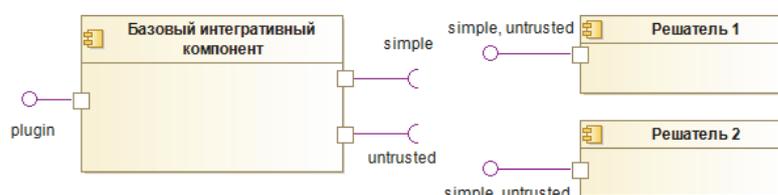


Рис. 1. Диаграмма компонентов интеграционного модуля

Таким образом, базовый интегративный компонент взаимодействует с основным приложением посредством стандартного интерфейса расширений (*plugin*), а с решателями – посредством одного из двух интерфейсов (*simple* либо *untrusted*) в зависимости от условий решаемой задачи. Если требуется обеспечение максимальной производительности системы, то необходимо применять интерфейс *simple*. Если система работает в режиме отладки модулей либо в обычном режиме, когда требуется использование защиты от аппаратных и/или программных сбоев, то применяется интерфейс *untrusted*.

Поскольку решатели могут взаимодействовать со специфическими аппаратными средствами, необходимо исключить их взаимовлияние в случаях, если это не необходимо. На рис. 2 приведена типовая диаграмма развертывания системы, демонстрирующая два способа применения решателей.



Рис. 2. Диаграмма развертывания системы

Сервер базового приложения, сервер системы управления базами данных (СУБД) и сервер системы управления базами знаний (СУБЗ) могут быть реализованы различными способами как на одном физическом сервере (в том числе и с использованием виртуализации), так и в виде распределенного вычислительного кластера.

Показанный на рис. 2 «Решатель 1» запущен в той же среде, что и сервер базового приложения, т. е. является для него локальным ресурсом. «Решатель 2» запущен удаленно, доступ к нему может осуществляться различными способами: как веб-сервис, посредством вызова удаленных процедур (RPC).

Заключение

Основной целью создания интегративного модуля является обеспечение функциональных возможностей разрабатываемой системы с учетом возможностей перспективного аппаратного обеспечения. Благодаря использованию в составе интеллектуальной системы информационной поддержки создания и развития перспективных бионических технологий описанного интеграционного модуля, функциональные возможности в части пополнения базы знаний новыми информационными ресурсами в сфере бионики за счет мониторинга открытых источников информации, в том числе на английском языке, и в части проблемно-ориентированного поиска информационных ресурсов на основе принципа пертинентности, а также с использованием визуализированного тезауруса будут выполняться с повышенной эффективностью и большим быстродействием.

Литература

1. Sigov A., Nechaev V., Baranyuk V., Smirnova O., Melikhov A., Koshkarev M., Bogoradnikova A. Bionic-oriented information system for innovation activities // *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9. Iss. 30. 6 p. <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/98743>.
2. Баранюк В. В., Смирнова О. С., Богорадникова А. В. Интеллектуальная система информационной поддержки развития перспективных бионических технологий: основные направления работ по созданию // *International Journal of Open Information Technologies*. 2014. № 12. С. 17–19.
3. Баранюк В. В., Смирнова О. С., Володина А. М., Богорадникова А. В. Разработка архитектуры интеллектуальной системы информационной поддержки создания и развития перспективных бионических технологий // *International Journal of Open Information Technologies*. 2016. Т. 4. № 11. С. 34–38.
4. Баранюк В. В., Нечаев В. В., Смирнова О. С., Володина А. М. Интеллектуальная система информационной поддержки создания и развития перспективных бионических технологий: модельное представление подсистемы информационной поддержки // *International Journal of Open Information Technologies*. 2016. Т. 4. № 11. С. 39–44.
5. Баранюк В. В., Смирнова О. С., Володина А. М., Блинов М. Ю. Подсистема пополнения базы знаний интеллектуальной системы информационной поддержки создания и развития перспективных бионических технологий // *International Journal of Open Information Technologies*. 2016. Т. 4. № 11. С. 45–52.
6. Баранюк В. В., Смирнова О. С., Володина А. М., Богорадникова А. В. Модельное представление подсистемы генерации и формирования идей в составе интеллектуальной системы информационной поддержки создания и развития перспективных бионических технологий // *International Journal of Open Information Technologies*. 2016. Т. 4. № 11. С. 53–58.
7. Sigov A. S., Nechaev V. V., Baranyuk V. V., Koshkarev M. I., Melikhov A. A., Smirnova O. S., Bogoradnikova A. V. Architecture of domain-specific data warehouse for bionic information resources // *Ecology, Environment and Conservation Paper*. Nov. 2015. Vol. 21. Suppl. Issue. P. 181–186.
8. Сигов А. С., Нечаев В. В., Кошкарёв М. И. Архитектура предметно-ориентированной базы знаний интеллектуальной системы // *International Journal of Open Information Technologies*. 2014. Т. 2. № 12. С. 1–6.
9. Баранюк В. В., Смирнова О. С. Роевой интеллект как одна из частей онтологической модели бионических технологий // *International Journal of Open Information Technologies*. 2015. Т. 3. № 12. С. 13–17.
10. Баранюк В. В., Смирнова О. С. Детализация онтологической модели по роевым алгоритмам, основанным на поведении насекомых и животных // *International Journal of Open Information Technologies*. 2015. Т. 3. № 12. С. 18–27.
11. Смирнова О. С., Богорадникова А. В., Блинов М. Ю. Описание роевых алгоритмов, инспирированных неживой природой и бактериями, для использования в онтологической модели // *International Journal of Open Information Technologies*. 2015. Т. 3. № 12. С. 28–37.
12. Мелихов А. А., Нечаев В. В. Пополнение базы знаний интеллектуальной системы информационной поддержки развития перспективных бионических технологий: формирование перечня источников // *Информационные и телекоммуникационные технологии*. 2015. № 28. С. 16–20.

13. Баранюк В. В., Богорадникова А. В., Смирнова О. С. Определение семантического содержания предметной области на основе формирования тезауруса // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 9. С. 74–79.
14. Cross T. After Moore's Law // The Economist Technology Quarterly. 2016. № 3.
15. Линева А. В., Боголепов Д. К., Бастраков С. И. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур / Под ред. В. П. Гергеля. – М.: Изд-во Московского университета, 2010. 160 с.
16. Ding N., Melloni L., Zhang Hang, Tian X., Poeppel D. Cortical tracking of hierarchical linguistic structures in connected speech // Nature Neuroscience. 2015. Vol. 19. Iss. 1. P. 158–164.
17. Мелихов А. А. Применение дерева синтаксического разбора предложений для повышения релевантности результатов частотного анализа текста // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 3.
18. Prezioso M., Merrih-Bayat F., Hoskins B. D., Adam G. C., Likharev K. K., Strukov D. B. Training and operation of an integrated neuromorphic network based on metal-oxide memristors // Nature. 2015. Vol. 512. Iss. 7550. P. 61–64.
19. Свердлик А. Г. Как эмоции влияют на абстрактное мышление и почему математика невероятно точна / Науч. ред. Ф. Абрамовича и С. Шрейдера. – М.: ЛЕНАНД, 2016. 256 с.
20. Furber S. Large-scale neuromorphic computing systems // Journal of Neural Engineering. 2016. Vol. 13. Iss. 5. 14 p.
21. Галушкин А. И. На пути к нейрокомпьютерам с использованием мемристоров // Информационные технологии. 2014. № 4. С. 2–19.
22. Panov P., Soldatova L. N., Džeroski S. Generic ontology of datatypes // Information Sciences. 2016. Vol. 329. P. 900–920.

Neurocomputing technologies` implementation in decision support system for bionic research

Alexandr Alexandrovich Melikhov, post-graduate student, assistant of the Department Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Moscow Technological University» (MIREA)

The former article regards an intellectual system which provides information support for bionic technologies` research and development. The main focus is on its integrative capacity what can be achieved by specific integration modules which utilize the potential of non-classic computing architectures. The premises for such integration are provided, the basic concepts of integrative modules` architecture are discussed.

Keywords: information system, innovation support, thesaurus, natural language processing, knowledge engineering, bionic information resources.

УДК528.88; 551.465; 551.463.8; 551.463.6; 528.873.044.1; 629.78

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

*Евгений Евгеньевич Чехарин, зам. начальника центра информатизации МИРЭА,
ст. преподаватель кафедры инструментального и прикладного программного обеспе-
чения института информационных технологий,*

e-mail: tchekharin@mirea.ru,

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образо-
вания «Московский технологический университет» (МИРЭА),*

<https://www.mirea.ru>