

А. Б. Барский, д-р техн. наук, проф., e-mail: arkbarsk@mail.ru,
Д. И. Мельник, канд. техн. наук, ст. науч. сотр, e-mail: mdi_dim@mail.ru,
В. В. Пирожник, канд. техн. наук, ст. науч. сотр, e-mail: vovanina56@mail.ru,
НИИЦ (г. Москва) ЦНИИ ВВКО Минобороны России

Модель управления качеством вычислительных средств распределенной многоканальной системы массового обслуживания

Приводятся показатели качества вычислительных средств, управляющих распределенной многоканальной системой массового обслуживания. Для предлагаемых проектов таких средств или проектов их модернизации в результате испытаний или экспертным путем находятся ожидаемые характеристики качества. По ним определяется рейтинг таких проектов на основе ассоциативного сравнения с известными, предполагаемыми или условными проектами разного рейтинга. Принимается решение о том, отвергается ли проект низкого рейтинга или возможна его доработка. Система принятия решений строится на логической нейронной сети.

Ключевые слова: пиковая производительность, реальная производительность, структурная надежность, функциональная надежность, безопасные вычисления, нейросетевая рейтинговая система

Введение

Глобальные компьютерные сети, телекоммуникационные системы связи, энергетические и транспортные системы, системы государственного и социального управления, а также территориально-распределенные системы обороны образуют жизненно важный класс сложных систем [1–3] — многоканальные системы массового обслуживания. К производительности и надежности вычислительных средств, управляющих этими системами, предъявляются весьма жесткие требования [4, 5]. Особую актуальность обрели требования безопасных вычислений, обусловленных применением сетевых технологий. Развивающиеся типы кибератак, среди которых особую опасность представляют целевые кибератаки, приводят не только к хищению и искажению информации, но и к выводу из строя всей системы управления. Результаты кибератак чаще всего не поддаются своевременному раскрытию. Отсюда следует, что необходимый мониторинг системы управления проводится в условиях разнообразия *нечетких данных* о ее функционировании. Выводы о состоянии вычислительных средств для их восстановления и проведения мероприятий по повышению их надежности, а также для их модернизации становятся недостаточно достоверными.

Даже такие, казалось бы, измеряемые характеристики, как реальная производительность, вероятность обнаружения и исправления ошибок и другие характеристики, также следует отнести к нечетким данным, так как они зависят от решаемых задач, от условий решения, от состояния среды и пр.

Для выводов по нечетким данным применяются средства искусственного интеллекта, которые позволяют использовать экспертные оценки там, где точные расчеты невозможны. Поэтому применение нейросетевых рейтинговых систем [6, 7] для комплексной оценки состояния и качества функционирования управляющих вычислительных средств, представляется важным и актуальным.

1. Показатели качества управляющих вычислительных средств

1. Оценки результатов испытаний и опытной эксплуатации:

- пиковая производительность;
- реальная производительность при решении функциональных задач;
- обеспечение и наличие двух уровней распараллеливания (возможность комплексирования многопроцессорных систем и наличие

многих исполнительных устройств в составе арифметико-логического устройства (АЛУ));

- наличие высокоэффективных средств автоматизации программирования с языков высокого уровня (ЯВУ) или средств построения оптимальных управляющих программ на ассемблере;
- структурная (аппаратная) надежность (с учетом комплексирования характеризуется коэффициентом готовности K_r);
- функциональная надежность (вероятность решения задачи или успешного функционирования в течение заданного времени);
- эффективность аппаратного контроля, средств диагностики и самовосстановления вычислительного процесса.

II. *Оценки комплексирования многопроцессорных вычислительных средств на общей оперативной памяти:*

- архитектура "общее решающее поле";
- архитектура *data flow* (динамическое распределение работ проводится без вмешательства операционной системы (ОС));
- наличие команды *if-then-else*, уменьшающее число условных переходов;
- достаточный объем оперативной памяти (ОП), допускающий закрепление памяти за пользователем без применения средств динамического распределения памяти;
- ОС поддерживает режим многоканального обслуживания запросов в реальном времени;
- высокий коэффициент загрузки процессоров вычислительных систем (ВС) при решении функциональных или контрольных задач;
- предельные характеристики комплексирования, при которых время решения задач еще убывает с ростом накладных расходов на синхронизацию и разрешение конфликтов при обращении к общим ресурсам.

III. *Оценка комплексирования вычислительных комплексов (ВК), в том числе на базе сетевых технологий:*

- реальная производительность вычислительных комплексов при распределенном решении функциональных или контрольных задач;
- предельные характеристики комплектации, при которых убывает время решения функциональных задач при возрастании накладных расходов на организацию взаимодействия модулей;
- наличие общего адресного пространства распределенной оперативной памяти, обеспеченного "быстрыми" связями "процессор — процессор", матричным коммутатором

или магистралями с плавающим приоритетом доступа;

- наличие локальной оперативной памяти (ЛОП) у каждого процессора.

IV. *Оценки сетевого взаимодействия средств системы:*

- пропускная способность сети при обмене пакетами данных;
- среднее время выполнения запроса на обмен данными;
- вероятность выполнения запроса на обмен.

V. *Экспертные, не измеряемые оценки:*

- состояние процесса проектирования и перспективы разработки:

а) разработка налажена и ведется;

- б) разработка налажена в близкой перспективе;

- в) разработка не налажена, перспектива не определена;

- модульность, возможность комплектации по предъявляемым требованиям к производительности и надежности;
- качество реализации двухуровневого управления в ВС и ВК;
- наличие и эффективность типового контроля;
- соответствие требованиям стандартизации и унификации;
- степень применения зарубежных технологий;
- стоимость разработки, включая НИР;
- стоимость эксплуатации;
- эффективность применяемых и разрабатываемых средств обеспечения безопасных вычислений;
- наличие и эффективность средств адаптивной маршрутизации для повышения пропускной способности сети, снижения среднего времени обмена данными и повышения вероятности выполнения запроса;
- оценка качества применяемого протокола обмена;
- наличие и эффективность средств параллелизации вычислений средствами глобальной сети Интернет;
- оценка трудно проверяемых качеств или качеств, связанных с чрезвычайно дорогими методами проверки: механических, температурных, химического и радиационного воздействия и др.

2. Оценка производительности управляющих вычислительных средств

На этапе разработки технического задания (ТЗ) на систему и ее вычислительные сред-

ства формулируется многокритериальная задача: *создать систему максимальной производительности при максимальной надежности и при минимальной стоимости* (критерий "производительность — надежность — стоимость"). Именно так практически выстраиваются три критерия по сложности их удовлетворения.

Производительность P_{BC} [8] однородной многопроцессорной системы при решении контрольной задачи (КЗ) находится следующим образом:

$$P_{BC} = n \times k_3 \times P_0,$$

где n — число процессоров производительности P_0 ; k_3 — коэффициент загрузки процессора при решении контрольной задачи.

Для мультимикропроцессорной системы легко посчитать производительность (число операций в секунду) микропроцессора RISC-архитектуры, даже с учетом развитой системы команд. Однако достижение критерия $k_3 \rightarrow \max$ зависит от

- а) архитектурных решений;
- б) практически весьма невысоких возможностей распараллеливания алгоритма решаемой задачи, за исключением редко встречающихся векторных операций.

Эти два момента и ставят вопрос о многопроцессорной системе, решающей одновременно много задач, и об объединении всех арифметико-логических устройств (АЛУ) процессоров в общее решающее поле [9].

3. Требования к управляющим многопроцессорным вычислительным системам

1. Управляющая многопроцессорная ВС должна набираться из стандартных однокристальных вычислительных модулей, исключая периферийное оборудование, в соответствии с функциональными требованиями и требованиями стандартизации и унификации.

2. Модуль представляет собой микропроцессор RISC-архитектуры (микропроцессор с ограниченным числом базовых команд). Его функциональное назначение реализуется с помощью микропрограмм.

3. Архитектурная сложность базового однокристального микропроцессора — число логических элементов на кристалле, плотность размещения и связи — должна соответствовать возможностям отечественных технологий и удовлетворять требованиям противостояния механическому, температурному, химическому,

световому, радиоволновому и радиационным воздействиям.

4. Средства внутреннего взаимодействия модулей ВС или ВК могут быть встроены в базовый кристалл или реализоваться на типовом кристалле внешних связей.

5. Для оперативной параллельной связи с глобальной сетью Интернет могут применяться *web*-объекты — компьютеры связи [10], обладающие своими адресами и участвующие в параллельном приеме данных из глобальной сети. Они могут быть функционально выполнены на базовом кристалле.

6. Формируемые вычислительные установки должны соответствовать требованиям проведения регламентных работ управления надежностью: избыточной комплектацией и высокой ремонтпригодностью.

7. Программы ВС должны быть инвариантны относительно длины массивов данных и структуры системы.

8. Реальная производительность ВС должна достигаться не только за счет высокой пиковой производительности микропроцессоров, но также за счет высокого коэффициента полезной загрузки всех модулей при решении конкретных функциональных или контрольных задач.

9. Внедрение сетевых технологий в технологии управления распределенными многоканальными системами требует учета качества оперативного взаимодействия средств системы при решении функциональных задач. Испытательными средствами должны быть модели обслуживания, воспроизводящие технологии управления. Контрольная задача развивается до уровня контрольной модели (КМ).

10. Для оптимизации загрузки модулей ВС должна быть реализована концепция "*многопроцессорная ВС на общем решающем поле*". Эта концепция разработана в ИПУ РАН (В. В. Игнатушенко, системы ПС-3000, ПС-3100) в соответствии с концепцией разработки "хороших" машин на "плохой" элементно-конструкторской базе.

11. Накладные расходы на управление параллельной работой большого числа модулей ВС должны быть минимальными, с использованием принципа *data flow* и без использования средств операционной системы (ОС). Вмешательство ОС явилось предметом критики при внедрении "Эльбрус-1" и "Эльбрус-2". (Например, по опыту разработки систем реального времени А. Е. Тимофеев [13] решил вопрос о том, как на этапе программирования пользоваться стековым механизмом процедур, а из рабочей программы его

исключить, превратив программу в линейную и тем самым ускорив ее выполнение без многочисленных обращений к ОС.)

12. Подчеркнем, что в основе управляемого вычислительного процесса лежит концепция *многоканальной системы массового обслуживания*, обоснованная Н. П. Бусленко. При выборе конфигурации системы на процессорах с помощью ОС формируется требуемое или максимально допустимое число каналов обслуживания. Суммарное число каналов, образуемых всеми процессорами, является параметром системы при обслуживании потока заявок. По разным каналам асинхронно должны выполняться программы (возможно, одинаковые) обработки информации или управления объектами. Внутри системного такта управления каналы на одном процессоре обрабатываются в едином цикле. Переключение каналов проводится по специальной команде изменения контекста на основе базирования. Это исключает необходимость трудоемкого прерывания и дополнительного тактирования при переключении с канала на канал (с объекта на объект). Такое переключение каналов служит рациональному совместному использованию ресурсов производительности каждого процессора всеми работающими каналами при неравномерной рабочей нагрузке и организации скользящего резервирования, примененного в МВК "Эльбрус-1" и "Эльбрус-2".

13. Для способа распараллеливания "по информации" при решении сложных задач, а также для возможной синхронной обработки обслуживаемых объектов на основе общих, возможно, модифицируемых данных должен быть реализован режим *SPMD* — *Single Program — Multiple Data* (одна программа — много потоков данных). Специфические команды для этого режима разрабатываются [8] на основе микропрограммирования.

4. Управляющие вычислительные средства виртуального информационного пространства

Привлекательна идея управления сложной системой, в которой вычислительные средства расположены в виртуальном информационном пространстве. Преимущества в обеспечении неуязвимости таких систем очевидны. В то же время ясно, что на данном уровне состояния в области сетевых технологий предстоит сделать очень многое для повышения оперативности обработки данных и скорости обмена ими.

При организации распределенных виртуальных вычислений обнаруживаются операции взаимодействия узлов сети, которые ставят под сомнение целесообразность применения такого способа вычислений для конкретных задач или технологий их решения. При реализации *SPMD*-технологии решения задач возникает проблема заключительной сборки результатов вычислений на головном компьютере. Распараллеливание обмена вида "много узлов → узел" требует серьезных разработок параллельных каналов приема данных. Особую актуальность задача обеспечения параллельного приема данных обретает при организации взаимодействия виртуальных компьютеров с помощью сети Интернет.

Для многоканального приема данных в работе [10] предлагается использовать в качестве единого внешнего устройства несколько самостоятельных *web*-объектов, осуществляющих параллельный прием данных. На каждом таком *web*-объекте должен быть реализован конвейер обработки пакетов, содержащий не менее трех уровней обработки. Конечно, должны быть разработаны специальные протоколы обмена данными в компьютерной сети.

С развитием сетевых компьютерных технологий увеличилась *опасность внешнего враждебного воздействия* на систему управления и информационные системы: проведение разрушительных системных операций, взлом баз данных, вывод из строя оборудования и др. Виртуализация управления позволяет, с одной стороны, обеспечивать вычислительный ресурс и скрывать средства управления системы от внешних угроз, но, с другой стороны, делает эти средства привлекательными, доступными и уязвимыми для кибератак.

Опыт разработки ранних моделей МВК "Эльбрус" доказал значительный вес типового контроля при решении проблемы защиты от внешних сетевых атак. Использование дескрипторов массивов и сегментов программ в этих условиях становится мощным средством против внедрения вирусов, червей и прочих все более изощренных средств нарушения правильных вычислений и сохранности информации.

Типовой контроль можно осуществлять с помощью тегов, с помощью закрепления мест хранения данных разных типов с различным статусом защиты, а также с помощью разделения цепей обработки разных типов данных. Все методы характеризуются своей эффективностью, определяемой экспериментально.

По мнению Б. Бабаяна [11], идеолога последней версии микропроцессора "Эльбрус" [12], основную опасность представляет возможность внешнего конструирования указателей. Для запуска вируса, червя и пр. должен быть сформирован и внедрен указатель на него. В МКВ "Эльбрус-1" и "Эльбрус-2" указатель — тип данных, защищенный тегом. Выполнение операций над ним, так же как его формирование извне, невозможны. В микропроцессоре "Эльбрус" во всем объеме теговая архитектура не реализована.

5. Нейросетевая модель управления качеством при развитии парка управляющих вычислительных средств

В основе модели лежит "рейтинговый" подход к управлению качеством сложной системы [7]. Для характеристики рейтинга модернизируемой или разрабатываемой вычислительной системы используется система показателей качества, представленная выше. Точки факторного пространства определяются значениями реальных или целевых показателей качества,

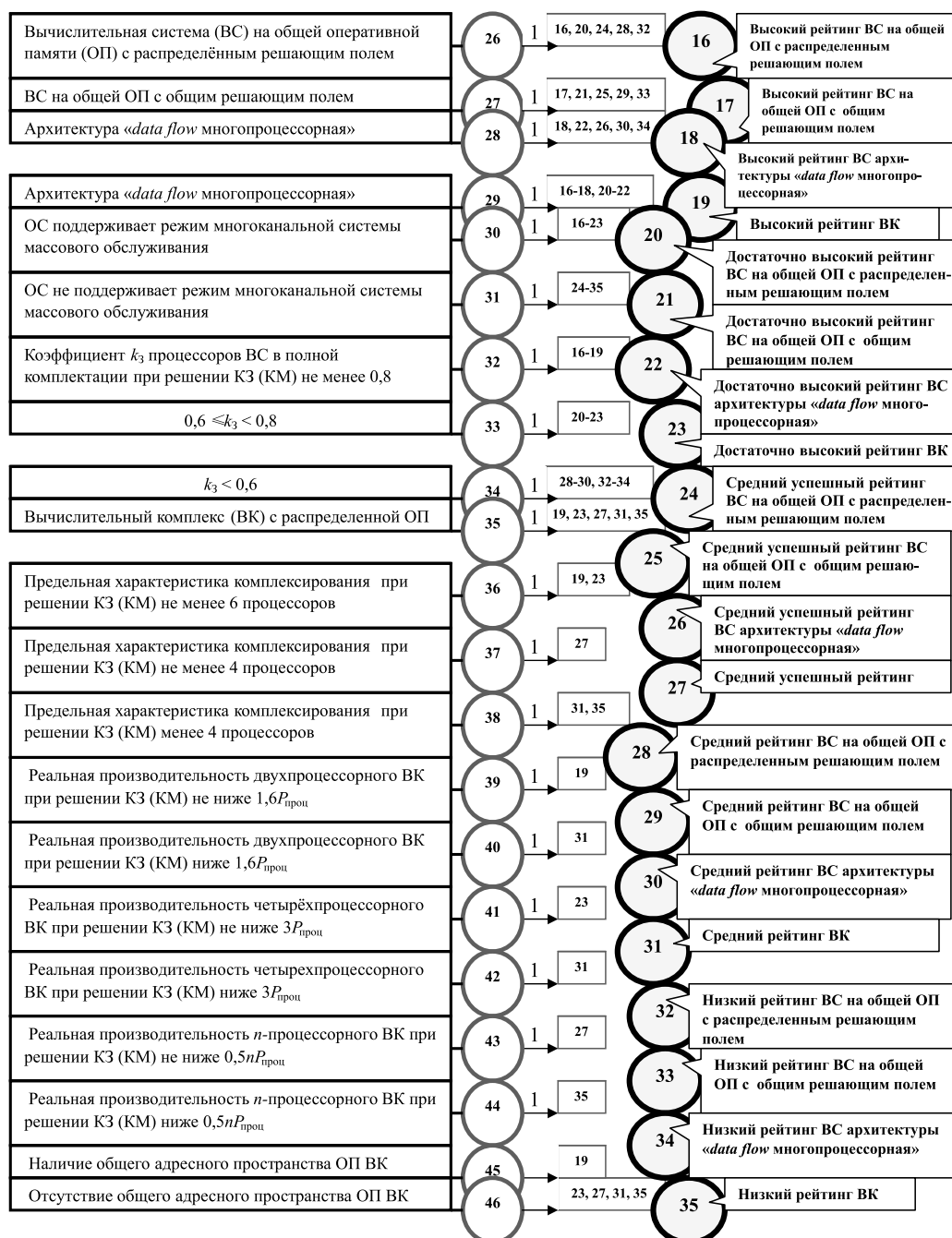


Рис. 2. Фрагмент логической нейронной сети для оценки качества комплексирования ВС и ВК

часть которых поддаются численным расчетам, а часть определяются экспертами. На основе опытных или расчетных данных выбираются характеристики ряда известных, предполагаемых или условных проектов, рассматриваемых в качестве опорных эталонов различного рейтинга. Рейтинг этих проектов находится экспертным путем. Должен учитываться и критерий соответствия ТЗ на разработку. Так создается исходная *база знаний* (БЗ) для рассматриваемой модели.

- Рейтинг вычислительных средств может быть:
- *высокий*;
 - *достаточно высокий*, учитывающий технологически возможные доработки;
 - *средний успешный*, предполагающий дальнейшее развитие научно-технических исследований;
 - *средний*, свидетельствующий о неправильном или технологически недоступном пути выбора решения, но заслуживающем внимание за неимением другого выбора;
 - *низкий*, при котором разработка должна быть отвергнута.

Полученная БЗ интерпретируется с помощью однослойной логической нейронной сети (рис. 1, см. вторую сторону обложки, рис. 2—4). В этой нейронной сети следует построить связи (обучить ее) не для всех возможных ситуаций. Только "интересные" или практически предлагаемые ситуации следует исследовать по данной системе рейтинга, опасаясь противоречий. Задание на входе этой системы других и даже большинства ситуаций приведет к тому, что возбуждение ни одного нейрона не превысит порог. Это будет свидетельствовать о рейтинге "ниже низкого".

В связи со значительным объемом построенную логическую нейронную сеть можно разбить на четыре части, обусловленные тремя этапами работы с ней. На первом

этапе на базе возбуждения, в основном рецепторов 1—24, необходимо оценить качество процессора (микропроцессора), являющегося основой всей вычислительной установки (рис. 1, см. вторую сторону обложки). На втором этапе (см. рис. 2) необходимо оценить возможности комплексирования ВС и ВК на базе этого процессора (рецепторы 25—41). На третьем этапе (см. рис. 3) необходимо оценить применение сетевых технологий (рецепторы 42—54). Экспертные оценки (рецепторы 55—85) корректируют решения, принимаемые на всех этапах (рис. 4).

Большое число показателей качества делает актуальным введение весов связей, определяемых в результате экспертных оценок и анализа применения сети. На рисунках даются началь-



Рис. 3. Фрагмент логической нейронной сети для оценки качества сетевого взаимодействия вычислительных средств

ные, примерные предложения, являющиеся далеко не окончательными.

Вывод по базе знаний проводится с помощью функции активации нейронов, проводящей "голосование" в пользу рейтинга наиболее близкого действительного, предполагаемого или условного проекта [6]. Следует отметить простоту внесения изменений и уточнений в данную логическую нейронную сеть в процессе ее эксплуатации.

Функция активации нейронов имеет общий вид, интерпретируемый значением среднего сигнала, приходящего на данный нейрон:

$$V_i = \begin{cases} \sum_{\{j\}} \omega_j v_j / \sum_{\{j\}} \omega_j, \\ \text{если это значение не менее порога } h; \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

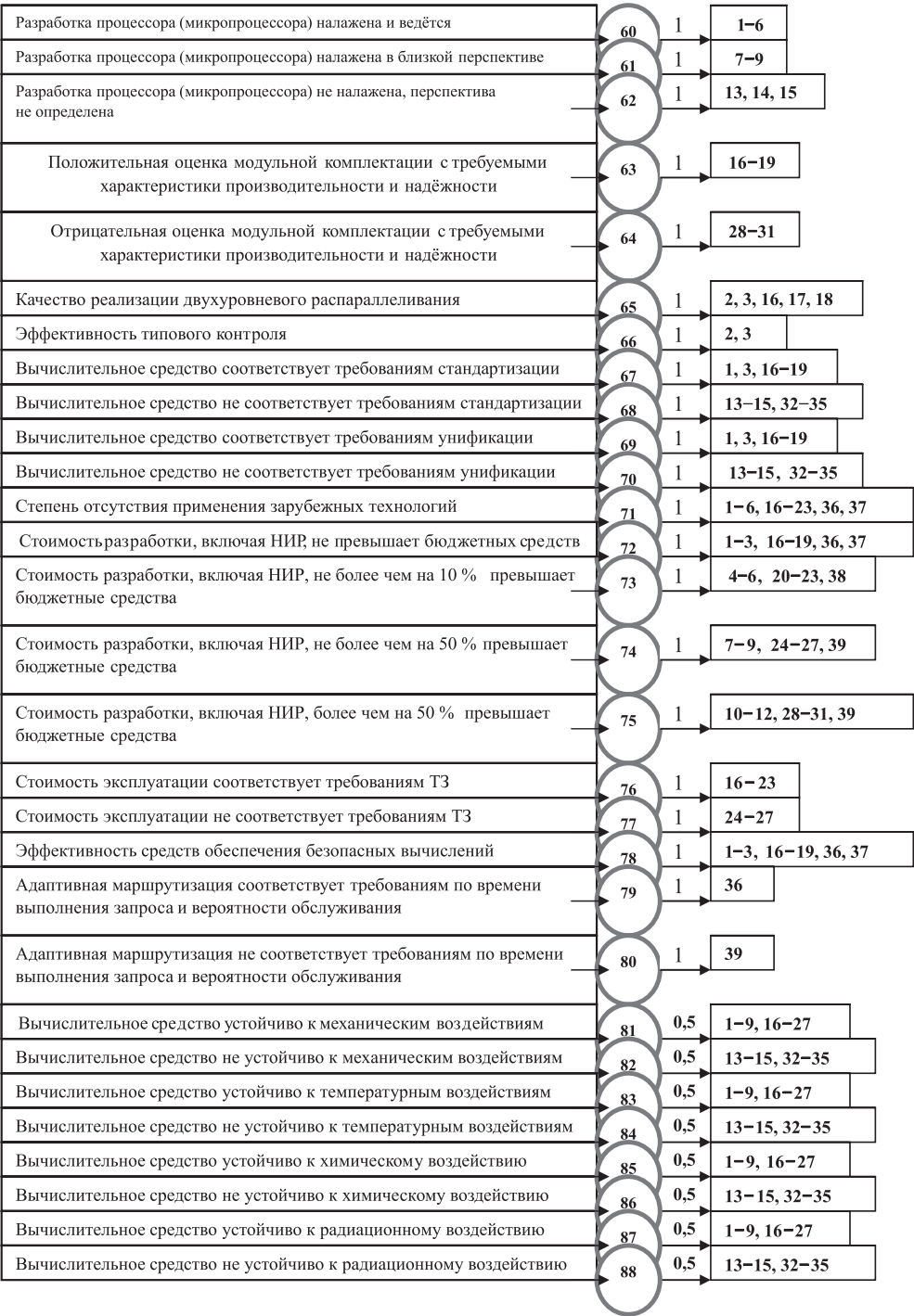


Рис. 4. Фрагмент логической нейронной сети для экспертных и трудно проверяемых оценок качества вычислительных средств

Здесь V_i — возбуждение i -го нейрона; $\{j\}$ — множество связей i -го нейрона с рецепторами; ω_j — вес j -й связи нейрона; v_j — возбуждение j -го рецептора. Порог h выбирается экспериментально, из соображений строгости оценок при снижении трудоемкости их получения и уточняется, как и веса, в процессе эксплуатации нейросети. Положим первоначально $h = 0,8$.

Так как нейроны обладают неодинаковым числом связей с рецепторами, то для каждого нейрона его функция активации может отличаться числом учитываемых весов.

Системы принятия решений предполагают простейшую обработку легко модифицируемых матриц связей [6]. Вид такой матрицы для построенной логической нейронной сети представлен фрагментами в таблице.

Фрагменты матрицы связей логической нейронной сети

Нейроны, указывающие на решения с их номерами	Рецепторы и места задаваемых значений											
	1	2	3	4	5	...	84	85	86	87	88	
						...						
Нейрон 1 (Решение 1)	1			1		...		0,5		0,5		
Нейрон 2 (Решение 2)	1			1		...		0,5		0,5		
Нейрон 3 (Решение 3)	1			1		...		0,5		0,5		
Нейрон 4 (Решение 4)	1			1		...		0,5		0,5		
Нейрон 5 (Решение 5)	1			1		...		0,5		0,5		
Нейрон 6 (Решение 6)	1			1		...		0,5		0,5		
Нейрон 7 (Решение 7)		1			1	...		0,5		0,5		
Нейрон 8 (Решение 8)		1			1	...		0,5		0,5		
.....						...						
Нейрон 35 (Решение 35)						...			0,5		0,5	
Нейрон 36 (Решение 36)						...						
Нейрон 37 (Решение 37)						...						
Нейрон 38 (Решение 38)						...						
Нейрон 39 (Решение 39)						...						
Нейрон 40 (Решение 40)						...						

6. Как работать с данной системой оценки качества

Напомним, что задаваемое пользователем значение возбуждения каждого рецептора равно достоверности закрепленного за ним высказывания о принадлежности данных. Все тексты, сопровождающие изображения рецепторов на рис. 1—4, могли бы заканчиваться знаком "?". Сообщение рецепторам значений этой достоверности является основной задачей пользователя, определяющего рейтинг испытываемого проекта.

Между показателями качества существует некоторая корреляция, которую следует учитывать при возбуждении рецепторов. Так, высокая эффективность типового контроля, реализованного в теговой архитектуре МВК "Эльбрус-1" и "Эльбрус-2", является весьма важным средством обеспечения безопасных вычислений. Это следует учитывать при возбуждении рецепторов 66 и 78. Необходимо развить вопрос, задаваемый на рецепторе 78. Ведь оценка эффективности средств противодействия угрозам при обеспечении безопасных вычислений проводится по отношению к заданным компонентам, например, такого вектора: {вероятность обнаружения угроз нулевого дня равна 0,99; вероятность восстановления вычислительного процесса в цикле управления равна 0,99; ограничение времени восстановления после обнаружения кибератаки; достоверность результатов вычислений после восстановления и др.}.

Методика возбуждения рецепторов [6] весьма проста. Если испытываемое значение некоторого фактора представлено рецептором, то возбуждение этого рецептора полагается равным единице. Если испытываемое значение некоторого фактора не представлено каким-либо рецептором, то "единица" делится обратно пропорционально "расстоянию" этого значения до двух ближайших представленных значений, определяя возбуждение соответствующих рецепторов. Например, пусть в результате испытаний выяснилось, что реальная производительность лишь на 4 % не удовлетворяет требованиям ТЗ. Находим два рецептора 4 и 5, закрепленных за показателем качества "реальная производительность", условно включающих испытываемое значение. Полагаем $v_4 = 0,6$, $v_5 = 0,4$. Так поступаем со всеми измеренными или предполагаемыми показателями качества.

Исключение касается некоторых рецепторов (13—18, 29, 65, 66, 71, 78), использующих не достоверность высказываний, а непосред-

ственно значения эффективности. Связи этих рецепторов при высоком значении этой эффективности усиливают вывод о высоком рейтинге исследуемых проектов. Малое значение указанной эффективности ослабляет этот вывод в пользу других нейронов, не зависящих от этих рецепторов, в частности, в пользу нейронов, указывающих на достаточно высокий рейтинг.

Задав возбуждение рецепторов, пользователь запускает счет функции активации для всех нейронов. Максимально возбуждвшийся нейрон указывает на значение рейтинга испытуемого проекта.

Таким образом, для каждого вновь рассматриваемого проекта или для отдельного акта его модернизации с помощью простой методики задания на рецепторах предполагаемых характеристик качества устанавливается или уточняется его рейтинг. Значение рейтинга или его дрейф при мониторинге служат выбору или отклонению проекта, а также варианту его модернизации.

Заключение

Представляется логичным в завершение данной работы привести примеры оценки качества управляющих вычислительных средств, предлагаемых сегодня. Однако приведенные здесь показатели качества оказались для них весьма строгими. Перечень большого числа этих показателей говорит о том, что мы работаем в области нечетких данных, где неопределенность и непостоянство значений, а также принимаемых решений требуют применения аппарата искусственного интеллекта. Таким аппаратом являются логические нейронные сети, оперативно вбирающие в себя любое уточнение базы знаний, отражающей предмет исследований.

Поэтому приведенную здесь систему оценки качества вычислительных средств не следует считать бесспорной и окончательной. Не приведена классификация отказов и мер противодействия, не представлены проблемы информационной безопасности и др. Наоборот, следует считать, что это первый шаг систематизации многообразных и развиваемых показателей качества вычислительных средств сложных управляющих систем, собранных в единую базу знаний для формализации логического вывода о путях модернизации и развития вычислительной базы страны.

1. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 400 с.
2. Шаракшанэ А. С., Железнов И. Г., Ивницкий В. А. Сложные системы. М.: Высшая школа, 1977. 246 с.
3. Шаракшанэ А. С., Халецкий А. К., Морозов И. А. Оценка характеристик сложных автоматизированных систем. М.: Машиностроение, 1993. 272 с.
4. Пирожник В. В., Морозов Ю. В., Шаменков Н. А. Обоснование требований к вычислительной технике средств и систем воздушно-космической обороны // Военная Мысль, № 6, 2015. С. 51—61.
5. Григоренко В. М., Мельник Д. И. Основные проблемы моделирования систем и средств воздушно-космической обороны на основе перспективных информационных технологий // Военная Мысль. 2015. № 6. С. 62—67.
6. Барский А. Б. Нейросетевые методы оптимизации решений. СПб.: ИЦ "Интермедия", 2016. 312 с.
7. Барский А. Б., Мельник Д. И., Решетников А. В. Нейросетевые методы управления качеством при модернизации и развитии сложных систем в условиях финансовых и технологических ограничений // Информационные технологии. 2019. Т. 25, № 2. С. 107—116.
8. Барский А. Б. Параллельные информационные технологии. М.: ИНТУИТ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 503 с.
9. Игнатушенко В. В. Организация структур управляющих многопроцессорных вычислительных систем. М.: Энергоатомиздат, 1984. 184 с.
10. Барский А. Б., Желенков Б. В., Шаменков Н. А. Высоконадежные управляющие компьютерные сети с нейросетевой адаптивной маршрутизацией на базе перспективных моделей серии "Эльбрус" // Информационные технологии. 2018. Т. 24, № 5. С. 291—298.
11. Бабаян Б. А. Защищенные информационные системы. URL: http://www.mcst.ru/SECURE_INFORMATION_SYSTEM_v5_2r.pdf
12. Ким А. К., Перекатов В. И., Ермаков С. Г. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства "Эльбрус". СПб.: Питер, 2013. 272 с.
13. Барский А. Б. История российских суперкомпьютеров специального назначения: свидетельства и размышления // Информационные технологии. № 9. 2012. Приложение. 32 с.
14. Барский А. Б., Мельник Д. И. Сетевая технология проектирования асинхронной вычислительной системы на общем решающем поле с самоуправляемой параллельной обработкой данных // Информационные технологии. 2018. Т. 24, № 12. С. 763—771.
15. Барский А. Б., Шилов В. В. Оптимизация ветвления при решении задачи сортировки на процессоре EPIC-архитектуры // Информационные технологии. 2005. № 1. С. 26—34.
16. Барский А. Б., Шилов В. В. Оптимизация предикатных вычислений при решении задач поиска на процессоре EPIC-архитектуры // Информационные технологии. 2005. № 5. С. 2—5.
17. Бурцев В. С. Система массового параллелизма с автоматическим распределением аппаратных средств супер-ЭВМ в процессе решения задачи // Юбилейный сборник Трудов институтов ОИВТА РАН. Т. II. М.: ОИВТА РАН, 1993. С. 5—27.
18. Змеев Д. Н., Климов А. В., Левченко Н. Н., Окунев А. С., Стемковский А. Л. Поточковая модель вычислений как парадигма программирования будущего // Информатика и ее применение. 2015. Т. 9, Вып. 4. С. 29—36.

Model of Quality Management of Computing Facilities of a Distributed Multi-Channel Queuing System

The indicators of the quality of computational facilities that control a distributed multi-channel queuing system are given. The main indicator of quality, ensuring the use of computational tools in control systems, is the actual performance. It is determined by control or functional tasks. For the proposed projects of computing means or projects of their modernization as a result of tests or by an expert, the expected quality characteristics are found. According to them is the rating of such projects when they are used in a distributed multi-channel queuing system. Rating is found by associative comparison with known, proposed or conditional projects of a known rating. The rating may take the following values: high, high enough, taking into account possible improvements, medium successful, suggesting further development of scientific and technical research, medium, indicating a wrong or technologically inaccessible way to choose a solution, but deserving attention for lack of other choice, low at which development must be rejected.

The decision system is built on a logical neural network to assess the quality of the processor (microprocessor), a logical neural network to assess the quality of integration of the VS and VC, a logical neural network to assess the quality of the network interaction of computing facilities, and a logical neural network for expert and difficult to verify evaluations of the quality of computing means.

Keywords: peak performance, real performance, structural reliability, functional reliability, safe computing, neural network rating system

DOI: 10.17587/it.25.358-367

References

1. Buslenko N. P. Complex systems Simulation, Moscow, Nauka, 1978, 400 p. (in Russian).
2. Sharakshane A. S., Zheleznov I. G., Ivnickij V. A. Complex systems, Moscow, Vysshaja shkola, 1977, 246 p. (in Russian).
3. Sharakshane A. S., Haleckij A. K., Morozov I. A. Evaluation of the characteristics of complex automated systems, Moscow, Mashinostroenie, 1993, 272 p. (in Russian).
4. Pirozhnik V. V., Morozov J. V., Shamenkov N. A. *Voennaja Mysl'*. 2015, no.6, pp. 51–61 (in Russian).
5. Grigorenko V. M., Mel'nik D. I. *Voennaja Mysl'*, 2015, no.6, pp. 62–67 (in Russian).
6. Barskij A. B. Neural network methods for optimizing solutions, SPb, IC "Intermedija", 2016, 312 p. (in Russian).
7. Barskij A. B., Mel'nik D. I., Reshetnikov A. V. *Informacionnye Tehnologii*, 2019, vol. 25, no. 2, pp. 107–116 (in Russian).
8. Barskij A. B. Parallel Information Technology, Moscow, INTUIT; BINOM. Laboratorija znaniy. 2013, 503 p. (in Russian).
9. Ignatushenko V. V. Organization of multiprocessor control computer structures, Moscow, Energoatomizdat, 1984, 184 p. (in Russian).
10. Barskij A. B., Zhelenkov B. V., Shamenkov N. A. *Informacionnye Tehnologii*, 2018, no.5, vol. 24, pp. 291–298 (in Russian).
11. Babajan B. A. Protected Information Systems, available at: http://www.mcst.ru/SECURE_INFORMATION_SYSTEM_v5_2r.pdf
12. Kim A. K., Perekatov V. I., Ermakov S. G. Microprocessors and computing complexes of the Elbrus family, SPb, Piter, 2013, 272 p. (in Russian).
13. Barskij A. B. *Informacionnye Tehnologii, Prilozhenie*, 2012, no. 9, 32 p. (in Russian).
14. Barskij A. B., Mel'nik D. I. *Informacionnye Tehnologii*, 2018, no. 12, vol. 24, pp. 763–771 (in Russian).
15. Barskij A. B., Shilov V. V. *Informacionnye Tehnologii*, 2005, no. 1, pp. 26–34 (in Russian).
16. Barskij A. B., Shilov V. V. *Informacionnye Tehnologii*, 2005, no. 5, pp. 2–5 (in Russian).
17. Burcev V. S. *Jubilejnyj sbornik trudov institutov OIVTA RAN*, Moscow, OIVTA RAN, 1993, pp. 5–27 (in Russian).
18. Zmeev D. N., Klimov A. V., Levchenko N. N., Okunev A. S., Stempkovskij A. L. *Informatika i ejo Primenenie*, 2015, vol. 9, iss. 4, pp. 29–36 (in Russian).