

Бейлекчи Д.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: kaf-eivt@yandex.ru*

Методика оценки программно-аппаратной структуры сетевых коммутационных центров для системы трансляции и оповещения

Программно-аппаратная структура системы трансляции и оповещения представляет собой сложную структурированную систему с большим числом компонентов и интерфейсов. При разработке или модернизации таких систем, возникает задача определения программных и аппаратных компонентов структуры, которая представляет собой решение задачи выбора из множества существующих компонент, обладающих набором разнородных характеристик. При этом необходимо учитывать, что на результат может влиять разработчик, например, имея предпочтения по используемым протоколам связи или типу микропроцессора. Из этого следует, что процесс формирования структуры должен быть адаптивным, с учетом оценки структуры, по которой обеспечивается возможность повторения процесса формирования структуры с новыми параметрами, выбранными разработчиком исходя из вычисленной оценки. Таким образом, вышеуказанную задачу необходимо определить как многокритериальную и многопараметрическую в условиях начальной информации, имеющей нечеткий характер. [1]

Примененная для анализа и оценки программно-аппаратной структуры сетевых коммутационных центров разрабатываемой системы методика, реализующая алгоритм метода описанного в [2], полученного в результате проведенных автором диссертационных исследований, предполагает формирование, оценку программно-аппаратных структур и выбор из набора программных и аппаратных элементов только тех, характеристики параметров которых входят в ограничения заданные техническим заданием и предпочтениям разработчика.

При этом для выполнения процедуры вычисления обобщенной оценки применяется нейронная сеть на основе нечеткого управления типа Сугено с применением алгоритма обратного распространения ошибки, описываемая функцией

$$\bar{y} = \frac{\sum_{k=1}^N \bar{y}^k \left(\prod_{i=1}^M \mu_{A_i^k}(\bar{x}_i) \right)}{\sum_{k=1}^N \left(\prod_{i=1}^M \mu_{A_i^k}(\bar{x}_i) \right)},$$

где $\mu_{A_i}(\bar{x})$ - весовая функция, формируемая на основе операции нечеткой импликации в виде умножения,

M – количество нейронов во входном слое,

N – количество нейронов во внутреннем слое.

В качестве эталонных данных для обучения сети используются характеристики элементов структуры, получаемые из базы данных и типы критериев, задаваемые разработчиком.

Программное обеспечение коммутационных центров включает набор алгоритмов маршрутизации, основными критериями которых являются время переключения на резервные маршруты при обнаружении отказа коммутатора, время прокладки маршрутов, при выявлении сбоя на линии связи, минимальное время передачи информационных пакетов.

Аппаратная структура основывается на микропроцессоре, обеспечивающем возможность организации сетевой структуры коммутаторов, построение оптимальных маршрутов для передачи управляющих и аудиоданных между абонентами комплекса, а также выполняющим ряд дополнительных операций, таких как диагностика сети и в случае обнаружения отказа линий связи и обеспечение передачи данных по резервным маршрутам.

Было выделены следующие основные критерии для формирования общей оценки:

- объем памяти V_{ij} , для хранения управляющих и речевых данных, передаваемых по каналам связи;

- стоимость компонентов G_{ij} коммутатора на основе микропроцессора заданного типа.
 Зависимость оценки вариантов программно-аппаратной структуры устройства приведена на рис. 1.

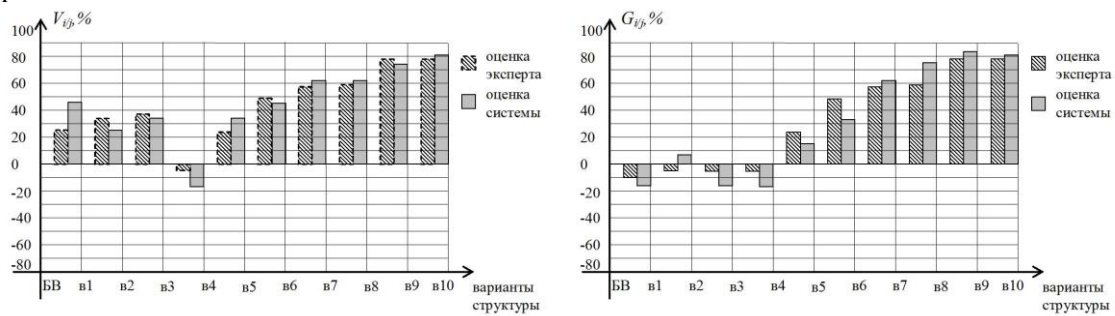


Рис. 1 – Зависимость оценки вариантов формируемой программно-аппаратной структуры по отношению с базовым вариантом (БВ) коммутационных центра.

Из рис. 1 следует, что при реализации предложенной методики в системе, получается оценка с погрешностью не более 15% при сравнении с экспертной оценкой.

При исследовании набора структур с определенным типом процессора была получена оценка программно-аппаратной структуры по критерию затрат на выполнение программных модулей реализующих заданные алгоритмы. Обобщенная оценка допустимых структур приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Оценка вариантов программно-аппаратной структуры по типу процессора

Тип процессора	Общая оценка варианта	Тип процессора	Общая оценка варианта
Atmel SAM3xx	0,78	1901ВЦ1Т	0,54
STM32F20x	0,75	1986BE7	0,65
1892BM2Я	0,43	1986BE91	0,71
1892BM5Я	0,48	1986BE1Т	0,69
1967ВЦ1Т	0,57	1892BM3Т	0,73

Было определено, что с учетом критерия затрат на выполнение программных модулей реализующих заданные алгоритмы при условии использовании компонент отечественного производства является применение микроконтроллеров на базе микросхемы 1892BM3Т.

Задачей дальнейшего развития данной методики является доработка и оптимизация алгоритма оценки на основе методов теории нейросетей и нечеткой логики, а также получение результатов для оценки эффективности примененных алгоритмов формирования структуры по критерию соответствия сочетаний ограничениям технического задания.

Предложенная методика, в отличие от методик, основанных на многокритериальном анализе сложных систем, которые совместно используют большое количество критериев и требуют значительной вычислительной мощности, позволяет, с применением нейронной сети и алгоритма балансирования весовых коэффициентов критериев, обеспечить решение задач поддержки принятия решений по формированию программно-аппаратных структур комплекса громкоговорящей связи с высокой вариативностью элементов и наличием дискретных неоднородных параметров на этапе технического предложения, что сокращает срок разработки таких систем. Кроме того, методика может быть использована и для оценки программно-аппаратной структуры других радиотехнических систем.

Литература

1. Кропотов Ю.А., Парамонов А.А. Методы проектирования алгоритмов обработки информации телекоммуникационных систем аудиообмена: моногр.- М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015.- 226с.
2. Бейлекчи, Д.В. Метод автоматизированной оптимизации структуры аппаратно-программного обеспечения телекоммуникационных систем // Информационные системы и технологии. 2013. - №3. – С. 61-66.

Белов А.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: kaf-eivt@yandex.ru

Применение технологий беспроводной передачи данных экологического мониторинга на большие расстояния с минимизацией энергопотребления

Для проверки применимости технологий «Интернета вещей» в сфере экологического мониторинга загрязняющих выбросов промышленных производств требуется спроектировать платформу измерения качества атмосферного воздуха на промышленно развитой территории.

Целью создания подобной системы является контроль в реальном времени за состоянием окружающей среды и предоставление пользователям информации о концентрации основных загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны. При проектировании системы были заданы следующие требования: низкая стоимость создания и эксплуатации, автономность конечных измерительных станций, масштабируемость, оперативный доступ к собранным данным, безопасность данных и стабильность работы системы в целом.

В основу создаваемой системы легла архитектура распределенного сбора и обработки данных. Важнейшим элементом системы являются измерительные станции, самостоятельно устанавливаемые пользователями системы и объединенные в сеть. Каждая из станций оснащена модулем передачи данных и набором измерительного оборудования, которые могут изменяться в зависимости от места ее установки. Получаемые данные о состоянии окружающей среды могут передаются на сервер и в дальнейшем могут быть доступны как пользователю системы через веб-интерфейс или мобильное приложение, так и сторонним программным продуктам через API. Общая архитектура создаваемой платформы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Общая архитектура создаваемой платформы

Ядром каждой измерительной станции является одноплатный компьютер SK-IMX6ULL на основе микроконтроллера Cortex-A7, либо платформа Arduino, к которой подключаются датчики-газоанализаторы и дополнительное измерительное оборудование. Архитектура измерительной станции представлена на рис. 2.

В качестве технологии передачи данных была выбрана сеть на основе стандарта LoRa. Относительно низкие скорости передачи данных в сети LoRa компенсируются значительной дальностью действия при малом энергопотреблении. Помимо прочего, сети LoRa используют нелицензируемый радиочастотный диапазон LPD 433 МГц или ISM-диапазон 868 МГц, что позволит развернуть сеть в краткие сроки без оформления дополнительных разрешений, а также добавлять в нее новые устройства по мере необходимости без отчисления абонентской платы.

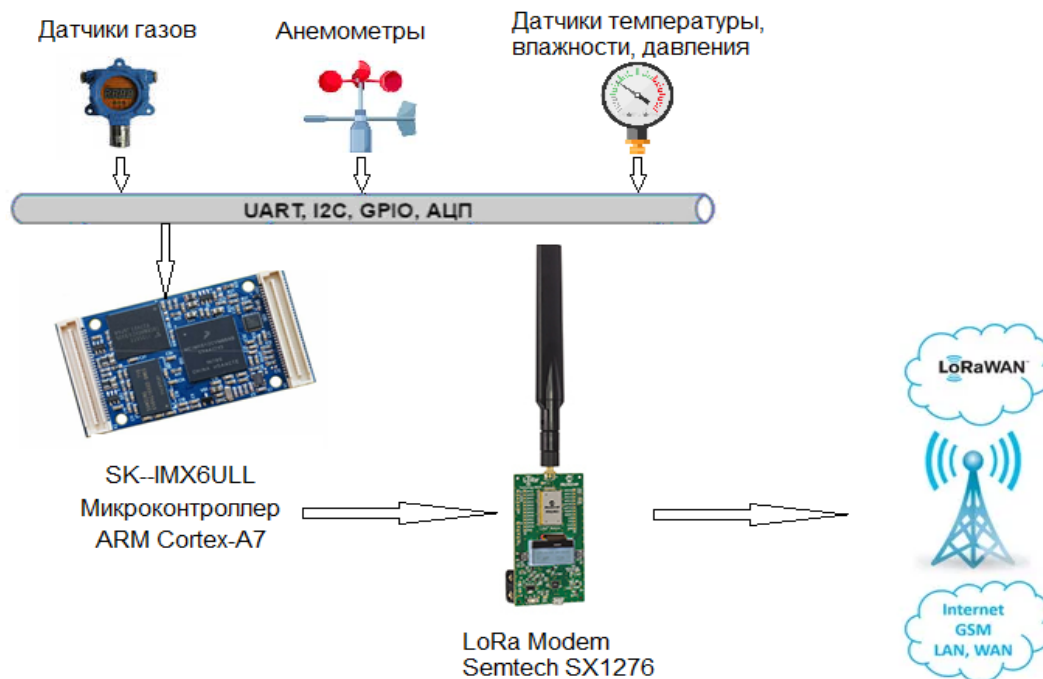


Рис. 2. Архитектура измерительной станции

Также существенным преимуществом технологии LoRa являются открытые аппаратные спецификации модуля передачи данных от компании SemTech и существование консорциума LoRa Alliance, в который входят многие крупные производители программного и аппаратного обеспечения, такие как Intel, IBM и Cisco. Это дает уверенность в том, что данная технология имеет перспективы устойчивого развития и присутствия на рынке в ближайшие несколько лет. Топология развертываемой сети представлена на рис. 3.

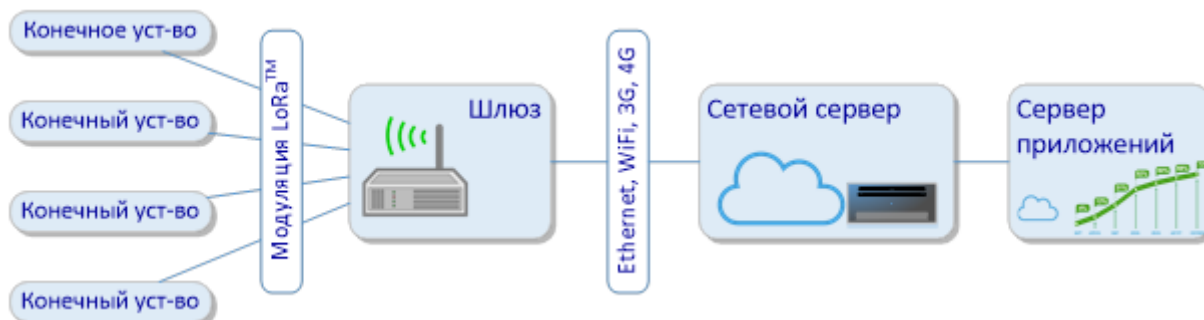


Рис. 3. Топология сети LoRa

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-48-330726 p_a

Колпаков А.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: kaf-eivt@yandex.ru*

Структурная схема архитектуры гетерогенной системы «центральный процессор – графический процессор»

Как показано в известных работах, например в [1], увеличение производительности вычислительных систем напрямую зависит от организации работы вычислительных элементов (процессоров). В общем случае алгоритмы разбиваются на последовательные и параллельные ветви, каждая из которых может выполняться с использованием разного количества вычислителей. Каждая ветвь вычислений может описываться рядом параметров. При этом высокопроизводительные вычислительные системы могут функционировать как в мультипрограммном режиме, когда происходит выполнение одновременно множества задач в рамках одной вычислительной системы, так и в многопоточном режиме, когда в рамках одной программы запускается множество вычислительных потоков. Во втором случае часто встречается применение специализированных вычислительных модулей, имеющих высокую производительность в многопоточном режиме. В таком случае центральный процессор выступает в роли управляющего блока. В качестве специализированных вычислительных модулей чаще всего выступают кластерные системы, цифровые сигнальные процессоры, а также в последнее время видеокарты или специализированные устройства на их основе.

В связи с этим возникает задача разработки методов увеличения производительности вычислительных систем с архитектурой, построенной с использованием центрального процессора в роли управляющего ядра и массива дополнительных вычислительных модулей в качестве основного вычислителя. В качестве массива дополнительных вычислительных модулей в данной работе рассматриваются однородные графические процессоры. Основной проблемой в описанной выше вычислительной системе представляется разработка модели памяти данной системы, что требует соответствующих исследований.

В общем случае гетерогенную вычислительную систему на основе специализированных вычислительных модулей можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 1. В составе специализированных вычислительных модулей можно выделить следующие ключевые элементы:

1. Мультипроцессоры – это основные вычислительные устройства, работающие по принципу SIMD.

2. Специализированная графическая оперативная память (GRAM), в которой следует выделить:

а. память констант, которая является кэшируемой, однако доступна из графического процессора только для чтения. Память констант наиболее подходит для хранения часто используемых данных, которые являются общими для всех нитей.

б. глобальную память, которая является очень емкой, однако, и наименее производительной. Глобальная память наилучшим образом подходит для хранения результатов вычислений.

Массив мультипроцессоров мультипроцессоров не имеет прямого доступа к оперативной памяти компьютера, поэтому данные, предназначенные для обработки на графическом процессоре, необходимо с применением специализированных команд и паттернов транслировать из оперативной памяти компьютера в GRAM в соответствии со структурной схемой на рисунке 1. При этом операции записи в память констант и в глобальную память производятся отдельно.

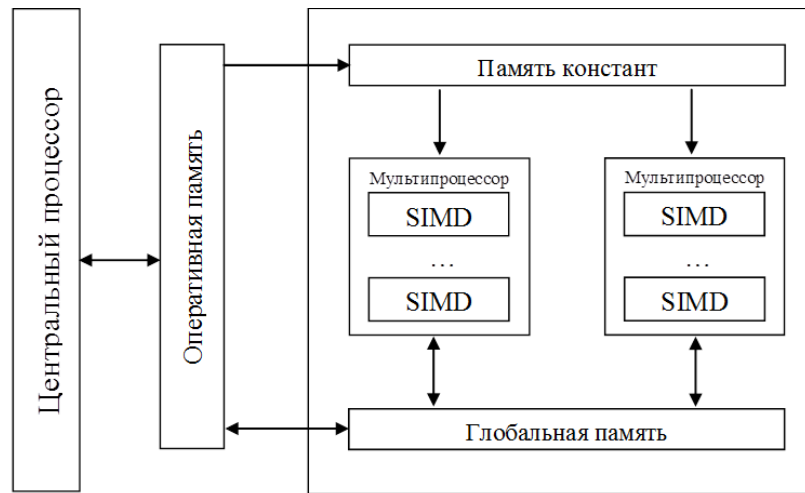


Рисунок 1 – Структурная схема архитектуры гетерогенной системы «Центральный процессор – Графический процессор»

Как можно увидеть из рис. 1, модель архитектуры «Центральный процессор – Графический процессор» представляет собой модель вычислительной системы с общей памятью, т.к. имеется объем памяти, который является доступным как для центрального процессора, так и для массива мультипроцессоров. Основными моделями с общей памятью являются:

- PRAM (англ. parallel random access memory) [2];
- BSP (англ. bulk synchronous parallel);
- LogP (англ. Latency, overhead, gap, Processors) [3];
- MapReduce [4,5].

Наиболее подходящей для описания архитектуры «Центральный процессор – Графический процессор» является абстрактная идеализированная модель PRAM (parallel random-access memoгу – память с параллельным произвольным доступом). Эта модель подразумевает, что весь массив памяти вычислительной системы доступен для чтения и записи для всех вычислителей в равной мере [1, с.14]. В данной работе в модели PRAM используются следующие допущения:

- объем устройств, выполняющих вычисления (q) является теоретически бесконечным;
- весь массив общей памяти вычислительной системы доступен для чтения и записи для всех вычислителей, размер общей памяти является теоретически бесконечным;
- отсутствует конкуренция по ресурсам;
- вычислители работают в режиме SIMD.

Работа вычислительных устройств синхронизирована, выполнение каждой инструкции занимает 1 такт.

В модели PRAM алгоритмы представляются в виде ациклического ориентированного графа «операции-операнды», по которому находятся значения основных характеристик, определенных в рамках данной модели [6].

Модель PRAM для всех сценариев является идеализированной, поэтому для описания реально существующих гетерогенных вычислительных систем ее необходимо дополнить. В работе [2] показано, что из всех имеющихся модификаций PRAM ни одна не подходит для оценки производительности гетерогенных вычислительных систем, поэтому базовую абстрактную модель PRAM необходимо модифицировать, чтобы привести ее в соответствие с гетерогенной архитектурой вычислительных систем на основе графических процессоров.

Как видно из схемы, приведенной на рис. 1, основными блоками вычислительного модуля на основе графического процессора являются мультипроцессоры. Мультипроцессор представляет собой массив скалярных вычислительных процессоров, а также разделяемую память. Разделяемая (shared) память – это сегмент оперативной памяти GPU, выделенный для определенного скалярного процессора, при этом данные в этом сегменте доступны только для этого скалярного процессора. Это реализовано для того, чтобы была возможность работы с промежуточными переменными, имеющими одинаковое обозначения, но являющимися

разными для разных нитей. Также внутри вычислительного модуля имеется некоторый массив глобальная оперативная память (SpRAM), который является общим для всех мультипроцессоров. SpRAM имеет объем, намного больший, чем разделяемая память мультипроцессоров, однако эта память является самой медленной из используемых в вычислительного модуля на основе графического процессора. Центральный процессор ведет обмен данными из оперативной памяти (RAM) с SpRAM. При этом обращение к разделяемой памяти осуществляется гораздо быстрее, поэтому целесообразно перед началом обработки переносить необходимые данные из SpRAM непосредственно в разделяемую память.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что PRAM-модель подходит для описания гетерогенной вычислительной системы на основе графических процессоров только в случае ее модификации по правилам, приведенным ниже.

1. Применить для всех мультипроцессоров сценарий PRAM – CREW (одновременное чтение всеми вычислительными устройствами, операция записи осуществляется одновременно только одним вычислительным устройством).

2. Необходимо ввести значение q_{max} , которое будет обозначать максимальный объем скалярных процессоров в одном мультипроцессоре. Если требуется выполнение числа потоков, большего q_{max} , то происходит разбиение массива вычислительных нитей на пучки по q_{warp} скалярных процессоров. Пучки выполняются последовательно, тогда как внутри пучка выполнение потоков происходит параллельно.

3. Вводится значение M_s байт, которое обозначает максимальный объем разделяемой памяти, выделенной одному мультипроцессору [7,8].

4. Все скалярные процессоры в графическом процессоре являются однородными, поэтому следует ввести значение скорости выполнения элементарной операции скалярным процессором – S_{GPU} элементарных операций в секунду. Также подразумевается, что все скалярные процессоры работают по архитектуре SIMD.

5. Необходимо ввести операции чтения и записи данных в SpRAM вычислительного модуля на основе графического процессора со стороны центрального процессора. Время операций чтения и записи определяется значением K элементарных операций, которое требуется для обращения к одному 32-х разрядному числу в SpRAM.

Уточненная и дополненная новая модель PRAM представлена на рис. 2.

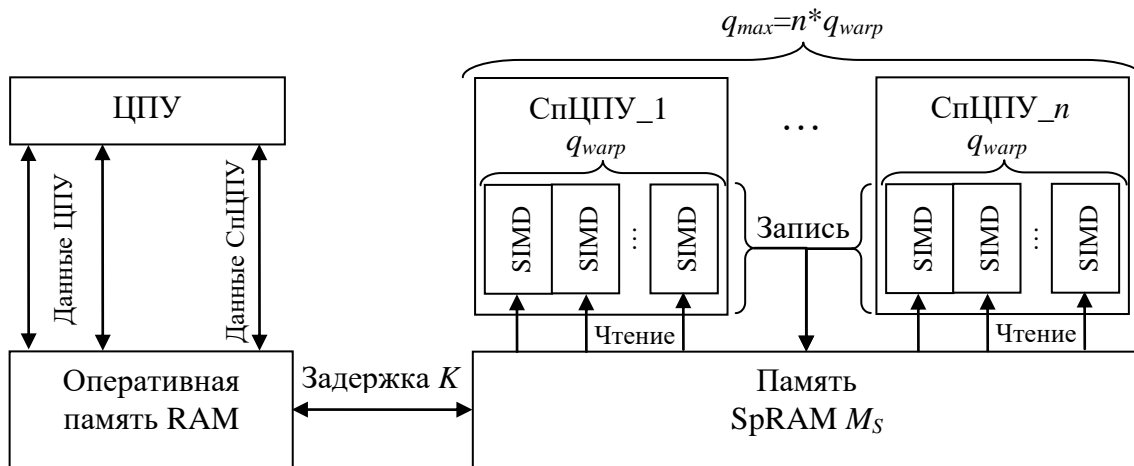


Рисунок 2 – Структурная схема модифицированной модели PRAM

Таким образом, применение перечисленных уточнений и дополнений позволяет использовать PRAM модель для описания гетерогенные вычислительные системы на основе графических процессоров. Однако, следует заметить, что приведенная выше модель все равно является идеализированной, т.к. в ней не рассмотрено применение специализированных типов памяти графического процессора, таких, как текстурная память и регистры.

В настоящий момент гетерогенные вычислительные системы на основе графических процессоров являются одним из самых быстро развивающихся сегментов высокопроизводительных вычислительных систем. Это связано с их относительной дешевизной, простотой освоения, компактностью и доступностью, что при этом сочетается с

достаточно высокой производительностью. При этом вышеописанные вычислительные системы имеют некоторые особенности, отличающие их от ранее существующих высокопроизводительных систем обработки данных, что накладывает определенные ограничения на применение уже существующих моделей параллельных систем для описания гетерогенные вычислительные системы на основе графических процессоров. В данной работе разработана структурная схема архитектуры гетерогенной вычислительной системы «Центральный процессор – Графический процессор», которая отражает особенности построения компьютерных вычислительных систем с использованием специализированных вычислительных модулей. На основе представленной архитектуры проведено уточнение и модификация модели с общей памятью PRAM, что позволяет применить ее для описания гетерогенных вычислительных систем на основе графических процессоров. В дальнейшем планируется использование разработанной модели в качестве основы для методики оценки производительности алгоритмов программного обеспечения для гетерогенные вычислительные системы на основе графических процессоров.

Литература

1. Баканов В.М. Параллельные вычисления: Учебное пособие. / В.М. Баканов. – М.: МГУПИ, 2006. – 124 с.
2. Капустин Д.С. Ржеуцкая С.Ю. Модификация абстрактной модели параллельных вычислений PRAM с учетом существенных особенностей графических процессоров / Д.С. Капустин, С.Ю. Ржеуцкая // Естественные и технические науки, №5(55). – М.: Спутник+, 2011. – С. 336-342.
3. Кропотов Ю.А., Кульков Я.Ю. Аппроксимация закона распределения вероятности амплитуд речевого сигнала / Ю.А. Кропотов, Я.Ю. Кульков // Радиотехника, 2006. – №11. – С.63-66.
4. Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю., Белов А.А., Колпаков А.А. Методы проектирования телекоммуникационных информационно – управляющих систем аудиообмена в сложной помеховой обстановке / Ю.А. Кропотов, А.Ю. Проскуряков, А.А. Белов, А.А. Колпаков // Системы управления, связи и безопасности, 2015. – №2. – С.165-183.
5. Kropotov Y.A., Ermolaev V.A. Algorithms for processing acoustic signals in telecommunication systems by local parametric methods of analysis [Electronic resource]/ Y.A. Kropotov, V.A. Ermolaev // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON) – Proceedings. – 2015. – Access mode: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7147109/>
6. Кропотов Ю.А., Парамонов А.А. Методы проектирования алгоритмов обработки информации телекоммуникационных систем аудиообмена: моногр. / Ю.А. Кропотов, А.А. Парамонов. -М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 226 с.
7. Proskuryakov A. Y. Processing and forecasting of time series in systems with dynamic parameters [Electronic resource]/ A.Y. Proskuryakov // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 – Proceedings. – 2017. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076366 – Access mode: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8076366/>
8. Proskuryakov A. Intelligent System for Time Series Forecasting [Electronic resource]/ A. Proskuryakov // Procedia Computer Science, 2017. – Volume 103, Pages 363-369. DOI: 10.1016/j.procs.2017.01.122 – Access mode: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917301230/>

Кропотов Ю.А., Холкина Н.Е.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: kaf-eivt@yandex.ru

Исследование зависимости слоговой разборчивости от отношения сигнал/шум

Слоговая разборчивость S % – один из важнейших параметров, при исследовании качества систем аудиообмена. Он определяет эффективность систем связи обмена речевой информацией [1]. В соответствии с ГОСТ Р 50840-95 системы телекоммуникаций аудиообмена являются эффективными, если передаваемая речевая информация воспринимается абонентом полностью и без затруднений. Слоговая разборчивость в этом случае составляет не менее $S \geq 93$ % [2]. Информация в известных источниках о влиянии отношения сигнал/шум на слоговую разборчивость на стороне приема речевых сообщений для случая систем оповещения и телекоммуникаций аудиообмена недостаточна, поэтому в работе рассмотрена задача определения влияния отношения сигнал/шум на слоговую разборчивость в телекоммуникационных системах обмена речевой информацией.

Исследования проводились методами оценивания формантной разборчивости R (индекса артикуляции), методами оценивания слоговой разборчивости в зависимости от значения формантной разборчивости, методом определения коэффициентов восприятия формант при различных значениях отношения сигнал/шум. Весь диапазон частот, речевого сигнала был разбит на пять частотных полос. Для каждой частотной полосы исследовались коэффициенты восприятия формант r_i , определялись значения пределов по частоте полос $f_{n,i}$ и $f_{b,i}$ и вычислялись среднегеометрические значения частоты i -тых полос $f_{cp,i}$. По среднегеометрическому значению частот $f_{cp,i}$ определялись значения формантных параметров ΔA_i . Затем были определены значения уровней интенсивности формант Q_i в зависимости от отношения сигнал/шум q_i и, наконец, коэффициент восприятия формант r_i в зависимости от Q_i для i -тых полос, при различных значениях отношения сигнал/шум. Для определения разборчивости формант R_i , определяется весовой коэффициент вероятности наличия формант речи в i -той полосе k_i . По вычисленным значениям весовых коэффициентов вероятности наличия формант речи вычислялись значения разборчивости формант R_i в зависимости от отношения сигнал/шум q_i . Теперь становится возможным определение зависимости значения формантной разборчивости от отношения сигнал/шум и получение зависимости слоговой разборчивости от отношения сигнал/шум (рис.1).

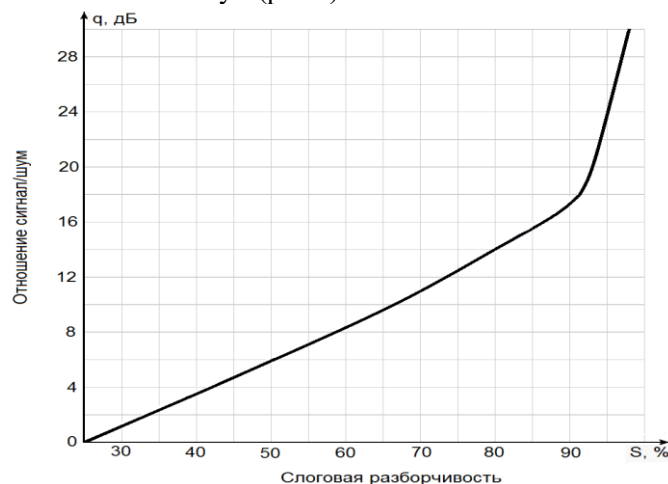


Рис. 1. Зависимость значения слоговой разборчивости от отношения сигнал/шум

В соответствии с результатами исследований формантной разборчивости получена функция зависимости слоговой разборчивости от отношения сигнал/шум, по которой

становится возможным определение значения выходного отношения сигнал/шум в системах оповещений и телекоммуникаций аудиообмена для обеспечения заданной слоговой разборчивости.

Литература

1. Вемян Г.В. Передача речи по сетям электросвязи. - М.: Радио и связь, 1985. - 272 с.
2. ГОСТ Р 50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. - 230 с.

Кропотов Ю.А., Холкина Н.Е.
Муromский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: kaf-eivt@yandex.ru

Методы получения функции распределения плотности вероятностей речевых сигналов и акустических помех

В ряде задач исследования речевого сигнала требуется информация о распределении плотности вероятности речевых сигналов и акустических помех [1]. Поэтому в работе рассмотрены вопросы аппроксимации плотности вероятностей акустических сигналов с применением обобщенных многочленов по базисным системам функций.

Рассмотрим представление плотности вероятностей случайной величины обобщенным многочленом

$$P(x, a, \theta) = \sum_{k=1}^m a_k \varphi_k(x, \theta)$$

по системе независимых функций $\varphi_k(x, \theta)$.

Рассмотрено восстановление плотности вероятности речевого сигнала по эмпирическим данным. Исследуются различные аппроксимации функции плотности вероятности: рассмотрена аппроксимация алгебраическими и тригонометрическими многочленами, многочленами по системам гауссовых (1) и экспоненциальных (2) функций:

$$\rho(x) = \sum_{k=1}^M A_k e^{-\frac{(x)^2}{B_k}}, \quad (1)$$

$$\rho(x) = \sum_{k=1}^M A_k e^{-\frac{|x|}{B_k}}. \quad (2)$$

Задача аппроксимации заключается в нахождении их коэффициентов. В точках сопряжения на них можно наложить дополнительные ограничения типа равенства. При этом на каждом из таких интервалов коэффициенты многочлена находятся посредством минимизации взвешенной функции невязки вида

$$Q_l(\theta) = \sum_{k=0}^M w(x_k - v_l) (\bar{f}(x_k, \theta) - P(x_k))^2,$$

где $w(x)$ – весовая функция, определяющая окно используемых данных, и v_l – величина сдвига окна данных для l – интервала аппроксимации, $l = 1, \dots, L$. Полученная таким способом последовательность параметров $\theta_l = \arg \min_{\theta} Q_l(\theta)$ решает задачу аппроксимации.

Литература

1. Кропотов Ю.А., Белов А.А., Проскуряков А.Ю., Холкина Н.Е. Оценивание моделей сигналов и акустических помех в телекоммуникациях аудиообмена // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 3. С. 1-13.

Проскураков А.Ю., Миловидов А.Е.

Муromский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: alexander.prosk.murom@gmail.com

Прогнозирование временных рядов финансовых активов

Помимо применения распознавания и классификации в областях медицины, обработки изображений, сигналов и текстов, множество задач прогнозирования на основе нейронных сетей, связаны со сферой бизнеса и финансов. В настоящее время искусственные нейронные сети (далее ИНС) широко применяются для решения инвестиционных -финансовых задач [1], таких как прогнозирование индекса фондовых бирж, прогнозирование банкротства и классификация корпоративных облигаций. Прогнозирование доходности фондового рынка является важным вопросом в сфере финансов. Это краткосрочные и долгосрочные прогнозы тенденций финансовых, валютных, фондовых рынков, прогнозирование платежеспособного спроса, продаж и выручки, рисков кредитования, фьючерсных контрактов и ряд других.

Любой исследуемый процесс может быть представлен в виде временного ряда. Благодаря этому становится возможным анализировать сам процесс для решения задач распознавания, классификации и предсказания с помощью различных инструментов, включая ИНС [2].

В результате эмпирических тестов различных параметров архитектуры нейронной сети, таких как количество скрытых слоев, количество нейронов во входном и скрытом слоях, была выбрана архитектура, представленная на рисунке 1. Данные параметры влияют на итоговую точность прогноза, однако простое увеличение количества скрытых слоев и нейронов в них не дает существенного прироста эффективности модели, однако значительно увеличивает вычислительную нагрузку.

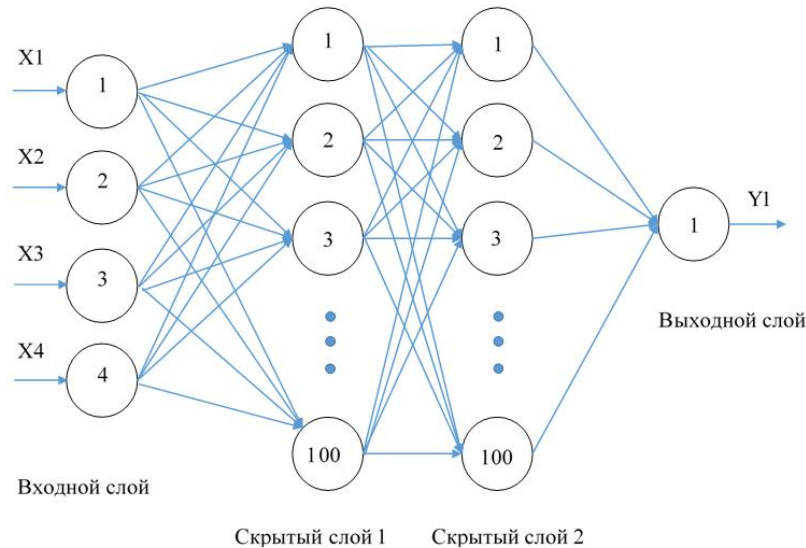


Рис. 1. Архитектура искусственной нейронной сети

Тип нейронной сети – многослойный персептрон прямого распространения. Во входном слое содержится 4 нейрона, два скрытых содержат по 100 нейронов, выходной слой имеет 1 нейрон. Метод обучения нейронной сети – алгоритм обратного распространения ошибки.

Основными гиперпараметрами изменяемыми при обучении нейронной сети являются количество скрытых слоев, количество нейронов в скрытом слое, функция вычисления ошибки (параметр loss), количество эпох при обучении (параметр epochs), метод оптимизации (параметр optimizer), а также параметр batch_size, определяющий, сколько входных векторов будет подано на вход нейронной сети до изменения весовых коэффициентов.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что для решения поставленной задачи прогнозирования финансовых трендов оптимальным является использование архитектуры нейронной сети 4-100-100-1, количество эпох обучения 100, метод оптимизации – Adam, функция вычисления ошибки – Mean Squared Error.

После реализации модели искусственной нейронной сети, можно использовать ее для прогнозирования временных рядов стоимостных показателей финансовых активов [4].

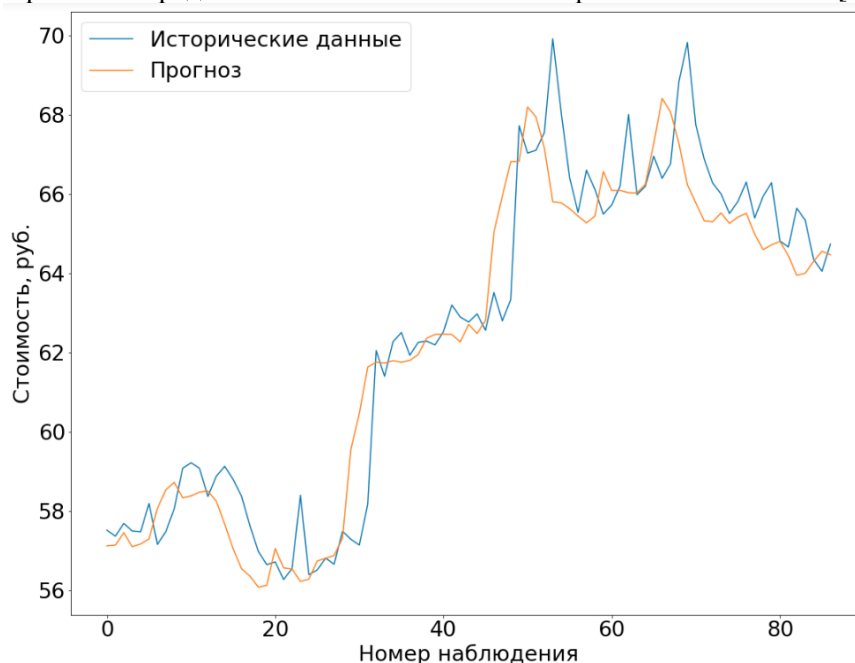


Рис. 2. Результаты прогнозирования курса валютной пары USD/RUB

На рисунке 2 представлено применение разработанной нейросетевой модели прогнозирования на примере временного ряда стоимостных показателей валютной пары доллар США/рубль.

Использование нейронных сетей для анализа финансовой информации является перспективной альтернативой для традиционных методов прогнозирования в силу своей адаптивности.

Поскольку основной задачей на данном этапе исследования является определение среднесрочного тренда, а не точное предсказание ценовых уровней, в качестве недостатка разработанной искусственной нейронной сети можно выделить сложность ее применения для высокочастотного трейдинга и прогнозирования финансовых показателей со временными интервалами (таймфреймы) менее 1 дня [4].

В ходе исследования было установлено, что разработанная модель прогнозирования временных рядов финансовых показателей на базе многослойного персептрона может применяться в качестве как отдельного инструмента для анализа и прогнозирования динамики стоимости биржевых активов, в том числе активов цифровой экономики, так и в качестве дополнения к традиционным методам анализа. Показатель погрешности прогноза составляет от 9 до 32%.

Литература

1. Gudelek, Ugur & Boluk, Arda & Ozbayoglu, Murat. (2017). A deep learning based stock trading model with 2-D CNN trend detection. 1-8. 10.1109/SSCI.2017.8285188
2. Kropotov, Y. A., Proskuryakov, A. Y., & Belov, A. A. (2018). Method for forecasting changes in time series parameters in digital information management systems. *Computer Optics*, 42(6), 1093-1100. doi:10.18287/2412-6179-2018-42-6-1093-1100
3. Proskuryakov, A.Y. Processing and forecasting of time series in systems with dynamic parameters / 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 – Proceedings. WOSUID: WOS:000414282400259.
4. Миловидов А.Е., Кротов Ю.А., Проскуряков А.Ю. Вариативность нейросетевых инструментов в задаче прогнозирования временных рядов финансовых активов // *Инновационные, информационные и коммуникационные технологии*. 2019. №1. С. 103-108.

Проскуряков А.Ю., Савинов С.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: kaf-eivt@yandex.ru*

Минимизация производственного цикла мелкосерийного радиоэлектронного производства полиномиальными эвристическими алгоритмами

Управление процессом эффективного распределения производственных ресурсов во время выполнения операций по изготовлению продукции является ключевым элементом, характеризующий оптимальную организацию производственного цикла.

Одним из возможных методов по уменьшению временных затрат на производственный цикл выступает внедрение автоматизированной системы для осуществления минимизации производственных циклов на предприятии, которая будет производить анализ, разработку и корректировку оперативно-календарного плана. Преимуществом автоматизированной системы является её гибкость подстройки под конкретные производственные требования на момент выпуска продукции. Оперативно-календарный план формируется на основании имеющихся данных о количествах имеющихся ресурсов, нормативной загрузки рабочих станций (рабочих мест). Задачи оперативно-календарного планирования [2] традиционно решаются в системах класса Advanced Planning and Scheduling (усовершенствованное синхронное планирование, далее APS) и Manufacturing Execution System (управления производственными процессами, далее MES). Используемые корпоративные APS и MES системные решения как правило фокусируются на формировании оперативно-календарных планов для крупных промышленных площадок. В таком случае, не учитываются особенности производственной деятельности небольших предприятий, где присутствуют динамические параметры [3] и большой объем мелкосерийной разноплановой продукции.

При решении задач календарного планирования находят применение эвристические методы [3]. Однако методы, применяемые для построения алгоритмов такого типа, значительно зависят от специфики задачи применяемой производственной деятельности и области применения, радиоэлектронной, металлообрабатывающей, химической и т.п.

Сформировать оперативно-календарный план, который включал бы в себя обработку всех особенностей производственной деятельности достаточно сложно и поэтому предварительно решать задачу по построению последних целесообразно с применением комплексных методов. После этого производится выборка наиболее приемлемого решения согласно экспертным оценкам с учетом критериев оптимальности. Эвристические методы оперативно-календарного планирования имеют в своем составе принцип организации плана технологического процесса [4], не используя, при этом, возможность перебора всех возможных вариантов (или частичного перебора). Таким образом, в процессе использования данных методов формируется решение, обрабатывающее большинство производственных критериев, и формируется оперативно-календарный производственный цикл, который позволяет максимально загрузить производственные мощности, тем самым обеспечить повышение быстродействия и увеличить объем выпускаемой продукции за единицу времени [5].

Для исследования вопросов по составлению оперативно-календарного плана мелкосерийного производства с наименьшим производственно-технологическим циклом рассматриваются различные методы формирования структуры организации производств [8] рассматриваются методы оценки временных затрат построением графов [7], которые учитывают наличие сложных технологических комплексов и изделий со значительным числом технологических операций при изготовлении.

При проведении сравнительных исследований различных мелкосерийных производств, созданных по различным методам, при исследовании оперативно-календарных планов мелкосерийных производств с сокращенными производственными циклами были рассмотрены методы построения производств по алгоритмам табуированного поиска [4], генетического

алгоритма, алгоритма роевого интеллекта или алгоритма пчелиного роя, данные о проведенных исследованиях приведены в таблице 1.

Таблица 1 – сравнительные данные длительности производственного цикла от вида модели организации производства.

Число операций	Генетический алгоритм		Табуированный поиск		Алгоритм муравьиной колонии		Алгоритм роевого интеллекта	
	Время техн. цикла, мин	Время расч. плана, с	Время техн. цикла, мин	Время расч. плана, с	Время техн. цикла, мин	Время расч. плана, с	Время техн. цикла, мин	Время расч. плана, с
5	23	9	33	7	19	10	17	12
25	58	16	67	11	61	15	63	18
50	124	44	145	35	103	61	116	57
100	249	141	278	163	248	145	226	120
200	436	285	474	469	417	321	403	317
400	1128	887	1203	901	953	976	908	938

Согласно экспериментальным данным из табл.1 можно сделать вывод, что алгоритм муравьиной колонии и алгоритм роевого интеллекта являются наиболее производительными по критерию выполненных технологических операций за единицу времени. Таким образом, эвристические алгоритмы позволяют учесть факторы конкретной производственной области и сформировать наиболее эффективную карту загруженности производственных мощностей.

Литература

1. Антонов, А. М. Основы современной организации производства / А. М. Антонов. - М.: ИНФРА-М., 2004. – 432 с.
2. Никитин, А.В. Управление предприятием с использованием информационных систем/ А.В. Никитин. - М.: ИНФРА-М, 2007. - 188 с.
3. Proskuryakov, A.Y. Processing and forecasting of time series in systems with dynamic parameters //2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 – Proceedings.
4. Коноплев, А.Н. Алгоритм оперативно-календарного планирования мелкосерийного производства // Коноплев А.Н., Кропотов Ю.А.// Автоматизация в промышленности, 2013-№11.- С52-55.
5. Елисеев В.Г., Козырева Н.А. Алгоритм построения расписания загрузки производственных ресурсов// Новые промышленные технологии. 2009. №1. С.13-16.
6. Лазарев, А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М.:МГУ, 2011 г., 224.
7. Еремеев, А.В. Генетический алгоритм с турнирной селекцией как метод локального поиска.// Дискретный анализ и исследование операций – 2012.- № 2 (Т. 19).- С. 41–53.
8. Козловский В.А., Маркина Т.В., Макаров В.Н. Производственный и операционный менеджмент: учебник. - СПб.: Специальная литература, 1998. -366 с.