

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета Кривулина Николая Кимовича на диссертацию Сартасова Станислава Юрьевича на тему «Управление энергопотреблением процессора на основе стохастической оптимизации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Диссертационное исследование посвящено разработке математических методов и программных средств управления энергопотреблением мобильных электронно-вычислительных устройств. Рассматриваются устройства такие, как смартфоны, планшеты, переносные портативные компьютеры, которые имеют систему электропитания на основе использования аккумуляторных батарей. Учитывая ограниченную емкость батарей, проблема оптимизации энергопотребления указанных устройств с помощью встроенных в их операционную систему (ОС) программных модулей представляет значительный интерес. Существующие алгоритмические и программные решения в основном ориентированы на решение задачи управления энергопотреблением устройств, которые оснащены центральным процессором (ЦП), состоящим из одного или нескольких вычислительных ядер одного и того же типа. В то же время, для современных устройств, которые обычно имеют ЦП с гетерогенной архитектурой (с ядрами разного типа), задача эффективного управления энергопотреблением недостаточно изучена и требует развития новых теоретических методов и практических инструментов. Поэтому, тема настоящей работы, направленной на разработку методов оценки и управления энергопотреблением ЦП мобильных устройств на основе применения рандомизированных алгоритмов стохастической оптимизации и программную реализацию алгоритмов, представляется весьма актуальной.

Основные результаты диссертационной работы состоят в следующем. В работе предложена и изучена модель оценки энергопотребления ЦП с гетерогенной архитектурой при условии динамической нагрузки. Разработан и исследован подход к решению задачи динамического управления энергопотреблением ЦП с помощью рандомизированных алгоритмов стохастической оптимизации, которые используются для динамического переключения (регулирования) рабочих частот ЦП в зависимости от текущего состояния вычислительной системы. На основе полученных результатов разработаны встраиваемые в ОС программные модули динамического управления и оптимизации энергопотребления (регуляторы рабочей частоты) ЦП. Проведены тестирование и оценка производительности предложенных решений и их сравнение с существующими регуляторами, которые используют детерминированные алгоритмы. Результаты сравнения показывают перспективность использования рандомизированных алгоритмов стохастической оптимизации для разработки эффективных средств управления энергопотреблением ЦП.

Полученные в диссертационной работе результаты являются новыми, представляют теоретический интерес для развития методов стохастической оптимизации и методов управления энергопотреблением мобильных электронных устройств, а также имеют практическое значение для разработки программного обеспечения мобильных устройств.

Текст работы включает подробный обзор существующих результатов и научно-технической литературы по теме исследования. Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов подтверждаются необходимыми формальными выкладками и численными результатами, апробацией результатов на научных конференциях и публикацией результатов в ведущих научных изданиях. Найденные решения, а также сформулированные на их основе выводы и рекомендации могут найти практическое применение при разработке математического и программного обеспечения мобильных электронных устройств различного назначения.

По тексту работы имеются следующие замечания и комментарии.

1. В тексте имеется некоторое число опечаток и примеров неудачного форматирования. В частности, на с.9 (строки 14-15) вместо «получно» следовало писать «получено». Замеченные опечатки включают: стр.15 (строка 8), «напржении» вместо «напряжении»; с.17 (строка 12), «бессерверной» – «безсерверной»; с.26 (строки 1-2), «использование» – «использование»; с.28 (строка 11), «изменене» – «изменение» («изменения»); с.30 (строки 6-7 снизу) «экспериментельно» – «экспериментально»; с.31 (строка 1), «профилирующе» – «профилирующее» и др.

На с.34 (строка 6) вместо  $I(fi)$  должно быть  $I(f_i)$ .

При формулировке допущения 3 на с.50 (строки 7-8 снизу) математические выражения (равенства, неравенства) записываются друг за другом без отступа, из-за чего их трудно отделить друг от друга, чтобы корректно интерпретировать. См. также формулы на с.51 (строка 1), на с.52 (строки 10-13 снизу) и др.

2. Встречаются обозначения и выражения, смысл которых не определен или не вполне ясен. Например, на с.18 (строки 6-8) аббревиатуры CSWR и ODWR не расшифрованы.

Не совсем понятно, как согласуются обе части формулы на с.32 (строка 5 снизу). В частности, почему выражение в правой части может иметь смысл энергии?

Не ясно какой смысл имеет обозначение  $t$  в формуле (1.3) на с.36. На с.43 (строка 7 снизу) обозначение  $\mu$  не определено. См. также обозначение  $M$  (строка 4 снизу), обозначение  $v^-$  в формуле на с.47 (строка 1 снизу), символ  $\kappa$  на с.52 (строка 9), символы  $U(t)$  и  $I(t)$  в формуле на с.58 (строка 11 снизу).

3. Приведенные на с.69 в таблице 3.1. результаты вычисления средних по пяти измерениям энергопотребления для одного сценария опираются на слишком малый объем выборки и потому могут оказаться не вполне достоверными. Для более адекватного сравнения результатов представляется целесообразным использовать выборки большего объема, а также сопровождать вычисление средних оценкой доверительных интервалов.

4. В работе отсутствуют примеры кодов разработанных программных средств, включение которых в текст работы было бы весьма полезным.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку проведенного исследования. В целом диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая содержит решения научных и практических задач,

имеющих значение для развития методов стохастической оптимизации и методов управления энергопотреблением мобильных электронных устройств, а также их приложений для разработки программного обеспечения мобильных устройств. Оформление диссертации отвечает установленным требованиям. Структура и содержание работы соответствуют поставленным целям и задачам исследования. Основные результаты опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Минобрнауки России, в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, и в других. Результаты апробированы на российский и международных научных конференциях. Исследования по теме диссертации были поддержаны грантом РНФ. На разработанные программные средства получены два акта о внедрении и свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Диссертация Сартасова Станислава Юрьевича на тему: «Управление энергопотреблением процессора на основе стохастической оптимизации» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Сартасов Станислав Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Председатель диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, доцент,  
профессор кафедры статистического моделирования,  
Санкт-Петербургский государственный университет

 Кривулин Н. К.

11.02.2024