

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И.А. БУНИНА»

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ, ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И
КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ,
ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ:
УСТОЙЧИВОСТЬ, СТАБИЛИЗАЦИЯ,
ПУТИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Материалы V Международной научно-практической конференции,
посвященной 70-летию со дня рождения профессора Ю.Н. Меренкова

24 апреля 2019 г.

УДК 51
ББК 32.97
С 34

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина
от 31.01.2019 г., протокол № 1*

Редколлегия:

О.Н. Масина, доктор физико-математических наук, доцент
(Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина);
О. Б. Гладких, кандидат физико-математических наук, доцент
(Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина)

С 34 Системы управления, технические системы: устойчивость, стабилизация, пути и методы исследования: материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения профессора Ю.Н. Меренкова (24 апреля 2019 г.). — Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2019. — 254 с.

ISBN 978-5-00151-026-0

В сборнике представлены материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения профессора Ю.Н. Меренкова, проходившей в ЕГУ им. И.А. Бунина 24 апреля 2019 г. Включенные в сборник материалы посвящены теоретическим аспектам, практическим приложениям и современным тенденциям в области системного анализа, управления и обработки информации, теории устойчивости и стабилизации динамических систем, математического моделирования технических систем с применением комплексов проблемно-ориентированных программ. Рассмотрены возможности применения информационных технологий в сфере образования, научных исследований, технических разработок.

Сборник предназначен научным работникам, преподавателям вузов, аспирантам, магистрантам, студентам.

Материалы опубликованы в авторской редакции.

УДК 51
ББК 32.97

ISBN 978-5-00151-026-0

© Елецкий государственный университет
им. И.А. Бунина, 2019

Содержание

ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ МЕРЕНКОВ (К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)	14
--	-----------

Секция 1. Устойчивость, управление и обработка информации в сложных системах	15
---	-----------

<i>Седова Н. О.</i> Задача устойчивости для уравнений с неограниченным запаздыванием: влияние выбора фазового пространства	15
<i>Анненко А. А., Никитин А. И., Талагаев Ю. В.</i> Нечеткое ремоделирование хаотических систем Спротта	20
<i>Локтев А. А., Запольнова Е. В., Гридасова Е. А., Тальских К. Ю.</i> Модель сегмента плиты основания безбалластного пути	25
<i>Корольков Е. П., Ряднов А. В., Гурбанова Л. Р.</i> Исследование устойчивости решений математической модели движения колесной пары	32
<i>Дружинина О. В., Масина О. Н., Петров А. А.</i> Высокопараллельные алгоритмы обучения для нейросетевых моделей технических систем	37
<i>Игонина Е. В.</i> Основные аспекты цифровой 3D-технологии когнитивного программирования	42
<i>Зайцева И. Н.</i> Программное обеспечение лабораторного практикума по дисциплине «Радиоавтоматика»	44
<i>Дорохин А. Ю.</i> Анализ и особенности аддитивных технологий 3D-прототипирования технических изделий	48
<i>Панин В. В.</i> Применение беспроводных технологий в системе учета электроэнергии	55
<i>Шпагина М. А.</i> Средства обработки и защиты информации в автоматизированных банковских системах	59
<i>Дружинина О. В., Людаговская М. А.</i> Сравнительный анализ информационно-управляющих транспортных систем с интеллектуальными компонентами	62
<i>Лисовский Е. В., Шмелькова А. А.</i> Качественные свойства решений линейных нестационарных динамических систем	66
<i>Ванюшаник И. С.</i> Особенности строительства и ремонта совмещенных (автомобильных и железнодорожных) мостов в особых геологических условиях	70
<i>Дудукин Е. Е.</i> Проблемы применения систем информационного моделирования для объектов инфраструктуры метрополитена	76
<i>Пирогов Д. П.</i> Оценка надежности элементов оборудования дистанционного управления электрической нагрузкой электромеханического комплекса метрополитена	82
<i>Котов П. А.</i> Об устойчивости режима работы трансформатора при включении на постоянное напряжение при наличии конденсатора во вторичном контуре	86

Секция 2. Математическое моделирование технических систем с применением численных методов и комплексов программ 90

<i>Демидова Т. С., Кулябов Д. С.</i> Принципы выбора моделей глубокого машинного обучения для анализа данных	90
<i>Тараканов А. Ф.</i> О вариантах использования метода штрафных функционалов в игровой динамической задаче принятия решений	96
<i>Апреутесей А. М. Ю., Королькова А. В., Кулябов Д. С.</i> Моделирование алгоритмов DSRED и GRED на языке Modelica	101
<i>Соболев А. А., Демидова А. В.</i> Практические аспекты компьютерной реализации методов машинного обучения	107
<i>Лискина Е. Ю.</i> Исследование траекторий нелинейной системы дифференциальных уравнений, моделирующей динамику рынка труда региона . .	112
<i>Петров Н. П., Петров П. П.</i> Вопросы математического моделирования процессов загрязнения скважин фильтрационными потоками	112
<i>Петрова С. Н., Коржавина Н. В., Маслов М. Р.</i> Моделирование динамических систем с применением секторных нелинейностей и нечетких правил	115
<i>Кузьмин Л. Ю., Дружинина О. В., Фролов А. Ю.</i> Построение линий влияния усилий в ферме смешанным методом с помощью Excel-программы .	119
<i>Тарова Е. Д.</i> Использование средств компьютерной математики для качественного анализа нелинейных математических моделей динамических систем	125
<i>Гладких О. Б.</i> Использование математических пакетов для исследования динамических моделей развития предприятия	129
<i>Васильева И. И.</i> Моделирование физического процесса в висмуте с помощью языка программирования Python	134
<i>Андропова О. Ю.</i> Основные аспекты технологии когнитивного моделирования слабоструктурированных систем	138
<i>Родионов А. В.</i> О способе моделирования динамической системы на основе логико-лингвистического описания ее поведения	141
<i>Киселев Е. Г.</i> Математическое моделирование магнитооптического эффекта в сплавах висмут-сурьма в ультраквантовом пределе магнитного поля	146
<i>Косырев А. А.</i> Использование программного пакета Fuzzy Logic Toolbox для моделирования технических систем управления с неполной информацией	150
<i>Елецких И. А., Елецких К. С.</i> Исследование на устойчивость динамических систем и построение фазовых портретов с помощью математического пакета Maple	155
<i>Оборотов А. В., Кабанов М. А.</i> Применение когнитивного моделирования и искусственного интеллекта для исследования динамических систем . . .	159
<i>Гергега В. А.</i> Влияние толщины ультратонких пленок висмута на подложке из слюды на их гальваномагнитные свойства	167

Секция 3. Технологии и системы программирования. Информационные технологии в науке, технике и образовании 173

<i>Таров Д. А., Тарова И. Н.</i> Методы обеспечения безопасности информационной среды университета	173
--	-----

<i>Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В.</i> Использование виртуального планетария Stellarium при изучении систем небесных координат	177
<i>Скотникова Л. А.</i> Безопасность веб-приложений	181
<i>Ярлыков О. В.</i> Формирование и развитие единой информационной среды в системе «Умный город»	185
<i>Лапунов А. Р.</i> Особенности технологии виртуализации и удаленного администрирования на базе операционной системы Linux	188
<i>Головин Д. А.</i> Использование программного пакета scilab для проведения математических расчетов	190
<i>Опенкин Д. Ю.</i> Виды аппаратных неисправностей компьютера, особенности их проявления и обнаружения	195
<i>Федорин Е. А., Морозов А. В.</i> Разработка программного обеспечения для интерактивного изучения физики с использованием языка JavaScript . .	198
<i>Черномордов С. В.</i> Разработка плагина «Версия для слабовидящих» с применением cms Wordpress	201
<i>Петраков Н. С.</i> Особенности программного обеспечения для создания систем управления базами данных	204
<i>Сухов В. О.</i> О внедрении высокоскоростной системы контентной фильтрации Idesco Selecta в ЕГУ им. И.А. Бунина	207
<i>Мельников М. О.</i> Использование языка программирования Python для визуализации и анализа результатов тестирования	210
<i>Белых А. Е., Пучков М. Ю.</i> Пример программной реализации простейшей математической модели роста числа популяции средствами динамического языка программирования JavaScript	216
<i>Таганчикова А. С.</i> Информационно-коммуникационные средства универсального характера в работе учителя	220
<i>Терехова К. С., Коновалова Т. С.</i> Персональный сайт учителя как средство интенсификации воспитательной работы в школе	223
<i>Палаткина С. И., Шилова Е. Ю.</i> Метод проектов как средство активизации познавательной деятельности младших школьников	227
<i>Дмитриева Д. М.</i> Об использовании интеллектуальных систем в дистанционном обучении	231
<i>Арнаутова Е. А.</i> Основные этапы обучения математическому моделированию	235
<i>Белых А. Е., Мазортов Д. С.</i> О создании приложения «Вычисление логических функций» на C++	238
<i>Симоновская Г. А.</i> Возможности использования информационных технологий при подготовке студентов к практикам	241
<i>Артюшина О. Н., Черноусова Н. В.</i> Потенциал ИКТ в системе проверки математических знаний	243
<i>Белых О. Н.</i> Место информационных технологий на занятиях по математической логике	248
<i>Максимов Д. И.</i> Проектирование клиент-приложения системы электронной коммуникации	251

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ DSRED И GRED НА ЯЗЫКЕ MODELICA

А.М.Ю. Апреутесей¹, А.В. Королькова², Д.С. Кулябов²

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

e-mail: ¹1032152610@pfur.ru, ²akorolkova@sci.pfu.edu.ru,
³yamadharm@gmail.com

Аннотация: В данной работе авторы моделируют алгоритм Random Early Detection (RED), а также такие его модификации, как Double Slope Random Early Detection (DSRED) и Gentle Random Early Detection (GRED). Алгоритм RED позволяет контролировать нагрузку в сети с помощью выборочного случайного отбрасывания пакетов до того, как очередь будет заполнена полностью, в этом случае TCP-подобные протоколы начинают снижать скорость передачи, предотвращая тем самым повторную синхронизацию. При использовании такой случайной потери пакетов в очереди TCP-протоколы быстрее находят подходящую скорость передачи данных и удерживают размер очереди и время задержки на приемлемом уровне. Существование большого числа модификаций классического алгоритма RED связано с проблемой подбора параметров алгоритма (пороговых значений очереди, параметра максимального сброса и т.д.), при которых система функционировала бы стабильно и эффективно. В качестве программного средства моделирования используется среда OpenModelica, математическое моделирование проводится на языке Modelica. На основе полученных результатов в ходе моделирования планируется провести сравнительный анализ трёх алгоритмов при схожих начальных параметрах, выявить преимущества того или иного алгоритма.

Ключевые слова: активное управление трафиком, имитационное моделирование, гибридное моделирование, Modelica

MODELING THE DSRED AND GRED ALGORITHMS USING MODELICA LANGUAGE

Abstract: The goal of this work is to simulate the Random Early Detection algorithm (RED) and its modifications Double Slope Random Early Detection (DSRED) and Gentle Random Early Detection (GRED) in Modelica. RED and its modifications allow to control the network load by selectively discarding packets before the queue is full and TCP-like protocols begin to reduce the transmission rate preventing resynchronization. This selective packet loss helps TCP find the right data rate faster and keep the queue size and latency at the appropriate level. The existence of a large number of modifications of the classical RED algorithm is associated with the problem of selecting the parameters of the algorithm (queue thresholds, maximum drop parameter, etc.) under which the system would function stably and efficiently. The Modelica language is used as the implementation language. Based on the results obtained during the simulation it is planned to conduct a comparative analysis of the three algorithms with similar initial parameters to reveal the advantages of one or another algorithm.

Keywords: active queue management, simulation, hybrid modeling, Modelica

Введение

Алгоритм активного управления очередью (Active Queue Management, AQM) с алгоритмом управления типа Random Early Detection (RED) используется для контроля и предотвращения перегрузок в очередях маршрутизаторов [1,2]. RED позволяет регулировать интенсивность потока с помощью выборочного сброса пакетов до того, как очередь будет заполнена полностью. Если очередь маршрутизатора почти пуста, то все поступающие в систему пакеты принимаются. По мере заполнения очереди и в результате превышения ее некоторого порогового значения начинает работать функция сброса пакетов. Это заставляет протоколы, подобные TCP, снижать скорость передачи и предотвращает повторную синхронизацию параметров соединения. Существует множество модификаций RED, которые улучшают те или иные характеристики данного алгоритма [3]. В качестве программного средства моделирования предлагается использовать язык Modelica [4], а конкретно его реализацию. Modelica поддерживает непрерывную и гибридную (непрерывно - дискретную) парадигмы. В рамках гибридного подхода дискретная система записывается в непрерывном виде, а события принимают вид дискретных переходов.

Моделирование алгоритма DSRED

В работе [5] описан алгоритм DSRED, в котором между минимальным и максимальным порогами очереди вводится дополнительное значение $q_{mid} = 0,5(q_{max} - q_{min})$. Переменные α и β регулируют наклон функции на первом и втором сегментах соответственно. Переменная γ выступает селектором режимов для настройки функции сброса.

Функция вероятности сброса пакетов в DSRED имеет вид:

$$p(\hat{q}) = \begin{cases} 0, & \hat{q} < q_{min}, \\ \alpha (\hat{q} - q_{min}), & q_{min} \leq \hat{q} < q_{mid}, \\ 1 - \gamma + \beta (\hat{q} - q_{mid}), & q_{mid} \leq \hat{q} < q_{max}, \\ 1, & \hat{q} \geq q_{max}. \end{cases} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{2(1 - \gamma)}{q_{max} - q_{min}}, \quad \beta = \frac{2\gamma}{q_{max} - q_{min}}. \quad (2)$$

Программа, написанная на языке Modelica, отражает поведение функции сброса пакетов (1) и трех основных параметров системы [3,9]: $w(t)$ (среднего размера TCP окна), $q(t)$ (среднего размера очереди), $\hat{q}(t)$ (экспоненциально взвешенного скользящего среднего длины очереди).

Далее представлен фрагмент кода, описывающий поведение параметров системы с управлением по RED (Листинг 1).

Листинг 1: Изменение основных параметров системы RED

```
der(w) = wAdd(w, wmax, T) - w * delay(w, T) * delay(p, T) /
(2 * delay(T, T));
der(q) = qAdd(pre(q), w, T, C, N, R);
der(q_avg) = wq * C * (q - q_avg);
when w <= 1.0 then reinit(w, 1.0);
end when;
when q >= R then reinit(q, R);
```

end when;

Функция сброса пакетов $p(\hat{q})$, отличающая алгоритм DSRED от классического RED, описана следующим образом (листинг 2).

Листинг 2: Функция сброса пакетов в алгоритме DSRED

```
p = if q_avg < thmin * R then 0.0
    elseif q_avg >= thmin * R and q_avg < thmid * R
    then alfa * (q_avg - thmin * R)
    elseif q_avg >= thmid * R and q_avg < thmax * R
    then 1 - gamma + betta * (q_avg - thmin * R)
    else 1.0;
```

Ниже представлен фрагмент листинга, описывающий ограничение роста TCP-окна (листинг 3).

Листинг 3: Ограничение роста окна

```
function wAdd
    input Real wIn, wmax, T;
    output Real wOut;
algorithm
    wOut := if noEvent(wIn > wmax) then 0 else 1 / T;
end wAdd;
```

Зададим соответствующую функцию для изменения мгновенной длины очереди (листинг 4).

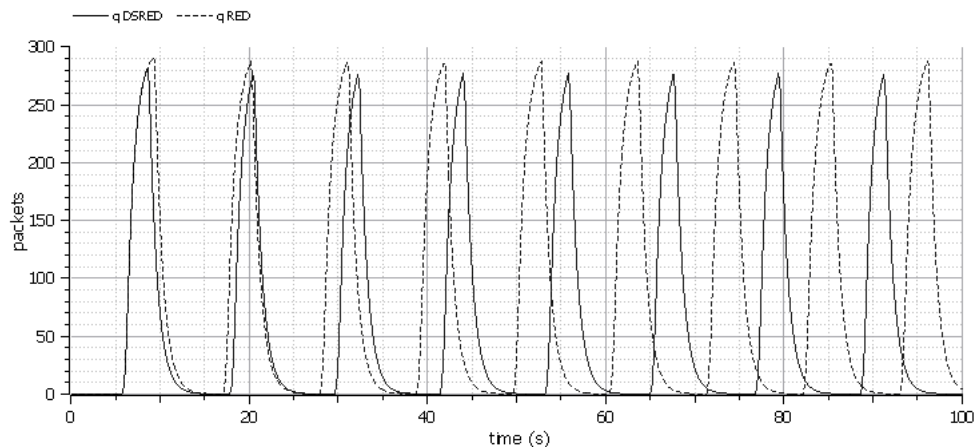


Рис. 1. Поведение функции среднего размера очереди $q(t)$ в алгоритмах DSRED и RED при $\gamma = 0,8$, $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,6$, $p_{max} = 0,2$

Листинг 4: Изменение мгновенной длины очереди

```
function qAdd
    input Real q, w, T, C, N, R;
    output Real qOut;
protected
```



```

Real q1, q2;
algorithm
  q1 := N * w / T - C;
  q2 := q + q1;
  qOut := if (q2 > R) then R - q elseif (q2 > 0) then q1 else -q;
end qAdd;
    
```

В качестве изменяемых начальных параметров системы выступают th_{min} (нормализованный нижний порог очереди), th_{max} (нормализованный верхний порог очереди), p_{max} (максимальная вероятность сброса пакетов).

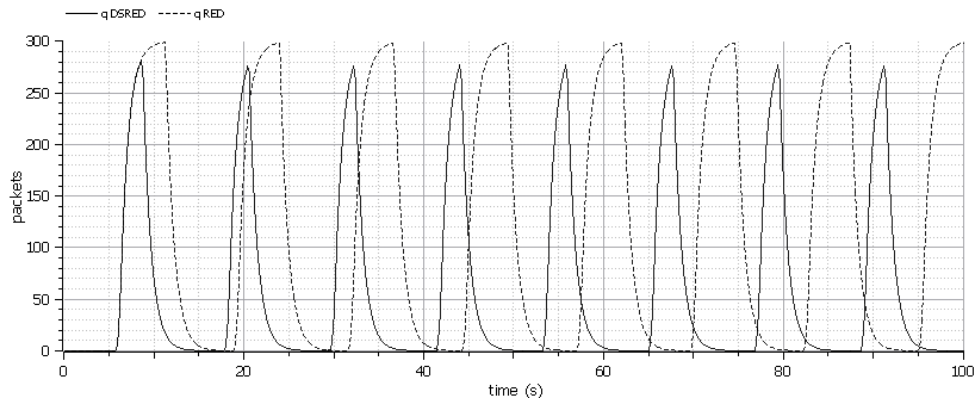


Рис. 2. Поведение функции среднего размера очереди $q(t)$ в алгоритмах DSRED и RED при $\gamma = 0,8$, $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,6$, $p_{max} = 0,01$

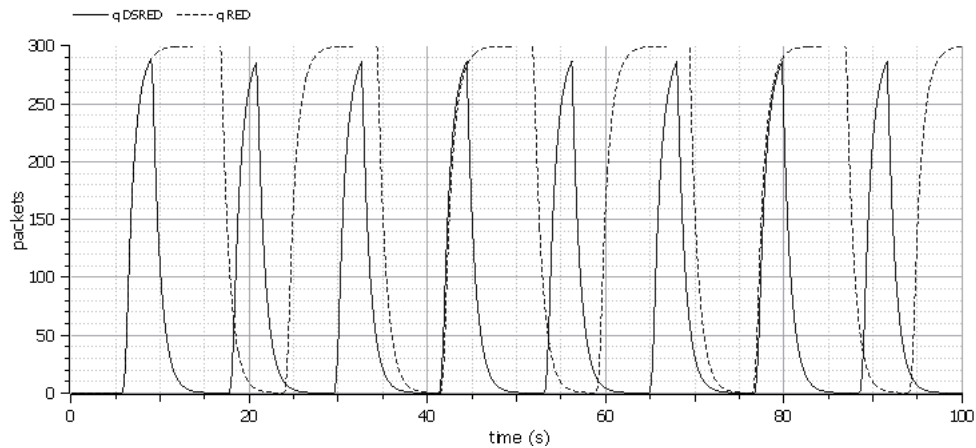


Рис. 3. Поведение функции среднего размера очереди $q(t)$ в алгоритмах DSRED и RED при $\gamma = 0,8$, $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,9$, $p_{max} = 0,01$

В результате моделирования были получены графики, отражающие улучшение поведения функции среднего размера очереди $q(t)$ в алгоритме DSRED по сравнению с RED при некоторых параметрах. Рисунок 1 демонстрирует, что при начальных параметрах $\gamma = 0,8$, $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,6$, $p_{max} = 0,2$ в DSRED амплитуда и частота колебаний очереди незначительно уменьшились, что положительно влияет на характер поведения системы. При начальных параметрах $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,6$, $p_{max} = 0,01$, амплитуда колебаний $q(t)$ в DSRED также незначительно меньше, чем

при классическом RED (рис. 2). Однако частота колебаний функции среднего размера очереди в DSRED увеличилась, по сравнению с данной функцией в RED (рис. 2), что, наоборот, негативно отражается на системе. Результаты, отраженные на рисунке 3, показывают, что при $\gamma = 0,8$, $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,9$, $p_{max} = 0,01$ в DSRED амплитуда колебаний размера очереди незначительно уменьшается, а частота увеличивается. При увеличении нижнего порога очереди функция $q(t)$ при RED в процессе колебаний достигает своего максимального значения и какое-то время удерживается на этой отметке, при использовании же DSRED $q(t)$ не достигает максимально возможного значения (рис. 3), что говорит о более устойчивом характере поведения параметров системы.

Моделирование алгоритма GRED

В алгоритме GRED [10] функция сброса пакетов $p(\hat{q})$ имеет вид

$$p(\hat{q}) = \begin{cases} 0, & \hat{q} < q_{min}, \\ \frac{\hat{q} - q_{min}}{q_{max} - q_{min}} p_{max}, & q_{min} \leq \hat{q} < q_{max}, \\ \frac{\hat{q} - q_{max}}{q_{max}} (1 - p_{max}) + p_{max}, & q_{max} \leq \hat{q} < 2q_{max}, \\ 1, & \hat{q} \geq 2q_{max}. \end{cases} \quad (3)$$

В GRED в рабочем диапазоне от q_{min} до q_{max} находится стандартная функция сброса RED. Дополнительный сегмент нужен для обеспечения более плавного поведения функции сброса за пределами рабочего диапазона.

Фрагмент программы, представленный ниже (листинг 5) описывает поведение функции сброса пакетов $p(\hat{q})$ (3).

Листинг 5: Функция сброса пакетов в алгоритме GRED

```
p = if q_avg < thmin * R then 0.0
elseif q_avg >= thmin * R and q_avg < thmax * R
then ( ( q_avg - thmin * R ) * pmax ) /
( thmax * R - thmin * R )
elseif q_avg >= thmax * R and q_avg < 2 * thmax * R
then ( ( q_avg - thmax * R ) * ( 1 - pmax ) ) /
( thmax * R ) + pmax
else 1.0;
```

При $p_{max} > 0,9$ различия в поведении систем, работающих по RED и GRED, практически не наблюдаются. Результаты моделирования при $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,6$, $p_{max} = 0,01$ (рис. 4) отражают, что амплитуда $q(t)$ при GRED практически не изменилась по сравнению с RED, а частота колебаний увеличилась. При использовании GRED система ведет себя стабильнее, так как колебания $w(t)$ в GRED не достигают нулевого значения, в отличие от системы по RED (рис. 5). При увеличении промежутка длины очереди, например при параметрах $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,9$, $p_{max} = 0,01$, амплитуда колебаний незначительно меньше по сравнению с этой же функцией в RED (рис. 6). Более выраженный пример уменьшения амплитуды колебаний в системе GRED отражает рисунок 7: средний размер TCP-окна в GRED колеблется в пределах от 8,7 до 17,5 пакетов, в классическом RED функция $w(t)$ колеблется в пределах от 0,13 до 19,4, демонстрируя преимущества алгоритма GRED при данных начальных параметрах.

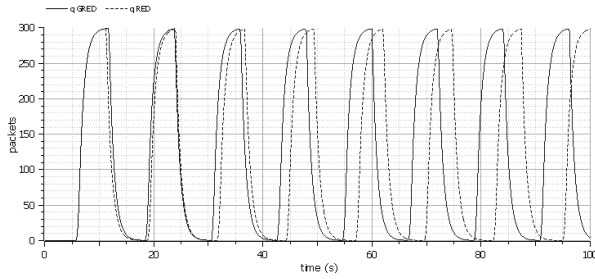


Рис. 4. Поведение функции среднего размера очереди $q(t)$ в алгоритмах GRED и RED при $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,9$, $p_{max} = 0,01$

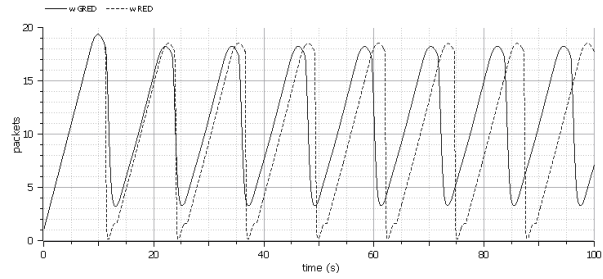


Рис. 5. Поведение функции среднего размера TCP-окна $w(t)$ в алгоритмах GRED и RED при $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,6$, $p_{max} = 0,01$

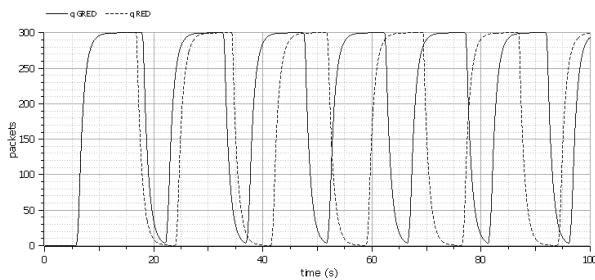


Рис. 6. Поведение функции среднего размера очереди $q(t)$ в алгоритмах GRED и RED при $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,9$, $p_{max} = 0,01$

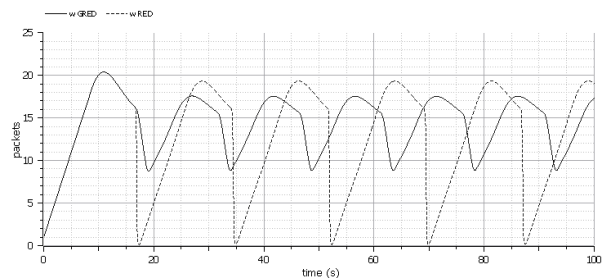


Рис. 7. Поведение функции среднего размера TCP-окна $w(t)$ в алгоритмах GRED и RED при $th_{min} = 0,25$, $th_{max} = 0,9$, $p_{max} = 0,01$

Заключение

В данной работе были описаны принципы функционирования таких модификаций алгоритма RED, как DSRED и GRED, приведены математические модели данных алгоритмов, в среде OpenModelica на языке Modelica было выполнено моделирование систем с управлением, работающих по данным алгоритмам, и получены результаты, демонстрирующие, что при некоторых начальных параметрах амплитуда или частота колебаний среднего размера очереди может быть уменьшена. Системы, функционирующие по DSRED и GRED, в основном демонстрировали незначительное уменьшение амплитуды колебаний параметров $q(t)$ или $w(t)$, что говорит о положительном влиянии на характер поведения системы, однако частота колебаний в большинстве случаев увеличивалась. При увеличении промежутка длины очереди, на котором действует функция сброса пакетов, алгоритм DSRED делал поведение функции $q(t)$ более стабильным, уменьшая ее амплитуду, а в системе по GRED характер поведения функции среднего размера очереди менялся незначительно, однако графики функции $w(t)$ демонстрировали более стабильное поведение системы, чем при меньших максимальных пороговых значений очереди.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по Программе повышения конкурентноспособности РУДН «5-100» среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2016–2020 гг.

Литература

1. S. Floyd , V. Jacobson, Random Early Detection gateways for congestion avoidance // IEEE/ACM Transactions on Networking, – 1993. – Vol. 1, №4. С. 397-413.
2. V. Misra , W.-B. Gong , D. Towsley, Stochastic Differential Equation Modeling and Analysis of TCP-Window Size Behavior. – 1999. – Vol.99.
3. А.В. Королькова, Д.С. Кулябов, А.И. Черноиванов, К вопросу о классификации алгоритмов RED // Вестник РУДН, серия «Математика. Информатика. Физика». — 2009. — № 3. — С. 34-46.
4. P. Fritzson, Introduction to Modeling and Simulation of Technical and Physical Systems with Modelica, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2011.
5. B. Zheng , M. Atiquzzaman, DSRED: A New Queue Management Scheme for the Next Generation Internet // IEICE TRANS. COMMUN. — 2006. — Vol. E89-B, No 3.
6. А.В. Королькова, Д.С. Кулябов, Математическая модель динамики поведения параметров систем типа RED // Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика». — 2010. — № 2(1). — С. 54-64.
7. Iannaccone G., May M., Diot C. Aggregate Traffic Performance with Active Queue Management and Drop From Tail // SIGCOMM Comput. Commun. Rev. — 2001. — Vol. 31, No 3. — Pp. 4–13. — ISSN 0146- 4833.

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

А. А. Соболев¹, А. В. Демидова²

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

e-mail: ¹1032152618@pfur.ru, ²demidova-av@rudn.ru

Аннотация: В данной работе рассматриваются различные библиотеки машинного обучения для работы с нейронными сетями. Правильный выбор фреймворка обеспечивает быструю и удобную работу и может повысить производительность нейронной сети. Целью данной работы является изучение и сравнительный анализ существующих популярных фреймворков для работы с нейронными сетями на примере решения задачи распознавания цифр.

Ключевые слова: нейронные сети, машинное обучение, фреймворк, Keras, Scikit-learn, MNIST

PRACTICAL ASPECTS OF COMPUTER IMPLEMENTATION OF MACHINE LEARNING METHODS

Abstract: This paper discusses various frameworks for working with neural networks. Choosing the right library can improve the performance of the neural network. The aim of this work is to study the existing popular frameworks for working with neural networks and their application to solve the problem of digit recognition.

Keywords: neural networks, machine learning, framework, Keras, Scikit-learn, MNIST.