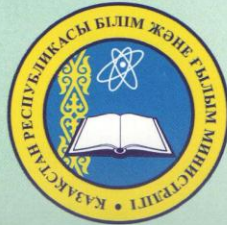


Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі  
Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Казахский национальный педагогический университет имени Абая

Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan  
Kazakh National Pedagogical University named after Abai



профессор Е.Ы. Бидайбековтың 70-жылдығына және  
мектеп информатикасының 30-жылдығына арналған  
«МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ МЕН АҚПАРАТТЫҚ  
ТЕХНОЛОГИЯЛАР БІЛІМДЕ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМДА»  
атты VII Халықаралық ғылыми-әдістемелік конференция

## МАТЕРИАЛДАРЫ

1-2 қазан 2015 жыл

## МАТЕРИАЛЫ

VII Международной научно-методической конференции  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ»,  
посвященной 70-летию профессора Е.Ы. Бидайбекова и  
30-летию школьной информатики

1 - 2 октября 2015 года

## MATERIALS

VII International scientific and methodical conference  
«MATHEMATICAL MODELING AND INFORMATION  
TECHNOLOGIES IN EDUCATION AND SCIENCE»  
dedicated to the 70<sup>th</sup> anniversary of professor Y.Y. Bidaibekov  
and the 30<sup>th</sup> anniversary of school informatics

1 - 2 October, 2015

Алматы, 2015

УДК 004.93'1; 004.932, 004.896

З.Ж. Жанабаев, Е.Т. Кожагулов, Д.М. Жексебай

## НЕЙРОННАЯ СЕТЬ С САМООРГАНИЗУЮЩИМСЯ ЭЛЕМЕНТОМ

Казахстан, Алматы, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

**Введение.** Нейронные сети являются наиболее общим видом реализации интеллектуальных систем. Актуальной задачей является исследование моделей нейронных сетей с помощью современных цифровых приборов - программируемых логических интегральных схем (FPGA), что облегчает структурную реализацию и повышает вычислительную эффективность. Работы [1-7] посвящены моделированию динамики нейронов на основе цифровой техники FPGA. В работах [1-4] приводятся качественные и количественные сравнения FPGA с альтернативными вариантами (к примеру, «xc5v1x330t» в сравнении с Core2/3GHz и GT200/1.2GHz). В случае сложных задач наблюдается явное превосходство по времени и производительности. Так, в работе [5] сделан вывод о том, что реализация на Xilinx Virtex-5 FPGA демонстрирует скорость вычислений в 24,3 раза выше, чем соответствующее программное обеспечение. Ряд новых свойств колебаний нейронов, включая наличие их иерархических уровней, установлено в работе [8]. Например, в отличие от уравнений, использованных в недавних работах [6-7], динамическая система, предложенная в [8], содержит дробные степени переменных. Как известно, варианты FPGA не включают операцию возведения в произвольную дробную степень. Целью работы является поиск возможностей интегрально-схемотехнической реализации масштабно инвариантной модели нейронных сетей, в которой учитывается дробная степень сигнала. Масштабная инвариантность означает самоподобие структурных элементов объекта большого и малого масштаба.

Теоретические основы и методика исследований

Уравнения масштабной инвариантной модели нейронных сетей включают в себя основные свойства нейрона [8]. Мы рассмотрим только три варианта моделирования нейронных сетей. В первом варианте внешнее поле влияет на каждый исследуемый объект как модуляционно - периодический сигнал:

$$V_{i+1}^{(k)} = V_0^{(k)} \left( 1 - F^{(k)}(t) / \sum_{k=1}^N V_i^{(k)} \right)^{-\gamma_k}, \quad (1)$$

где  $V_i$  - потенциал действия нейронов,  $V_0$  - пороговые потенциалы возбуждения,  $k$  - порядковый номер нейрона. Внешнее поле принято в виде модуляционно - периодического сигнала:

$$F(t) = A(1 + B \sin(\Omega t)), \quad (2)$$

где  $A, B, \Omega$  - амплитуда, коэффициент (глубина), частота модуляции нейронных колебаний. Дробные числа  $\gamma_k = D_k - d_k$ , где  $D_k, d_k$  - фрактальные и топологические размерности описания геометрии нейрона с номером  $k$ .

Во втором варианте потенциал действия нейрона зависит только от соседнего нейрона, а модуляционно-периодическое внешнее поле будет влиять лишь на первый нейрон ( $V^{(1)} = F, k \geq 2$ ):

$$V_{i+1}^{(k)} = V_0^{(k)} \left( 1 - V_i^{(k-1)} / \sum_{k=1}^N V_i^{(k)} \right)^{-\gamma_k}. \quad (3)$$

Третий вариант учитывает многослойность нейронных сетей в виде иерархической структуры порядка  $n$ :

$$V_n = f \left( \dots f \left( \frac{V_0}{V_n} \right) \dots \right), f(V_0, V) = V_0 \left( \left| 1 - \frac{F(t)}{V} \right| \right)^{-\gamma}, n = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

где число скобок равно  $n$ ,  $V_{n,i+1}^{(k)}$  находится по формуле (3).

Блок схема структурно-схемотехнической реализации уравнений (1) показана на рисунке (1). Модель состоит из трех взаимосвязанных нейронов (выделенных пунктиром), которым подается внешнее поле модуляционно-периодического характера.

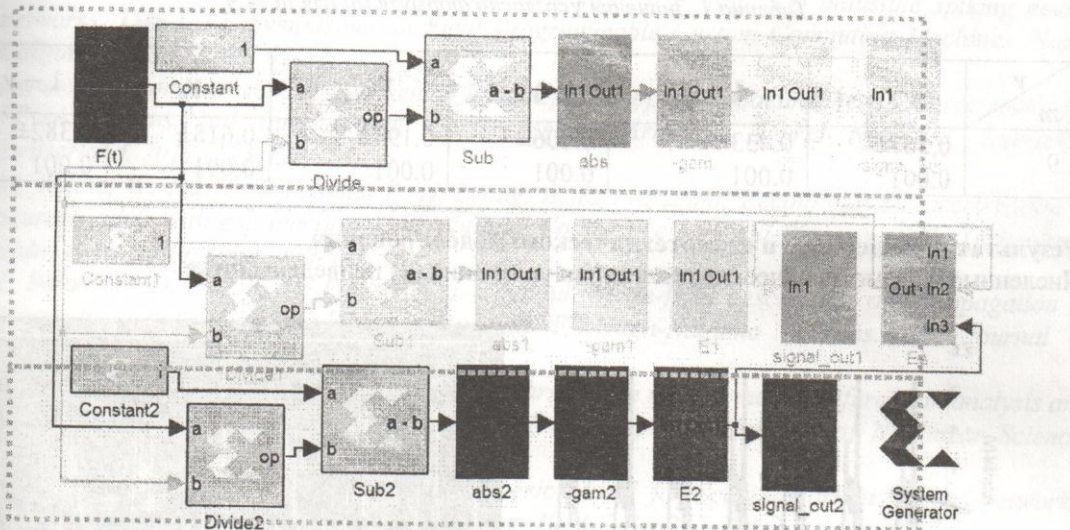


Рисунок 1. Структурная схема реализации на FPGA масштабно-инвариантной модели нейронных сетей по системе уравнений (1).

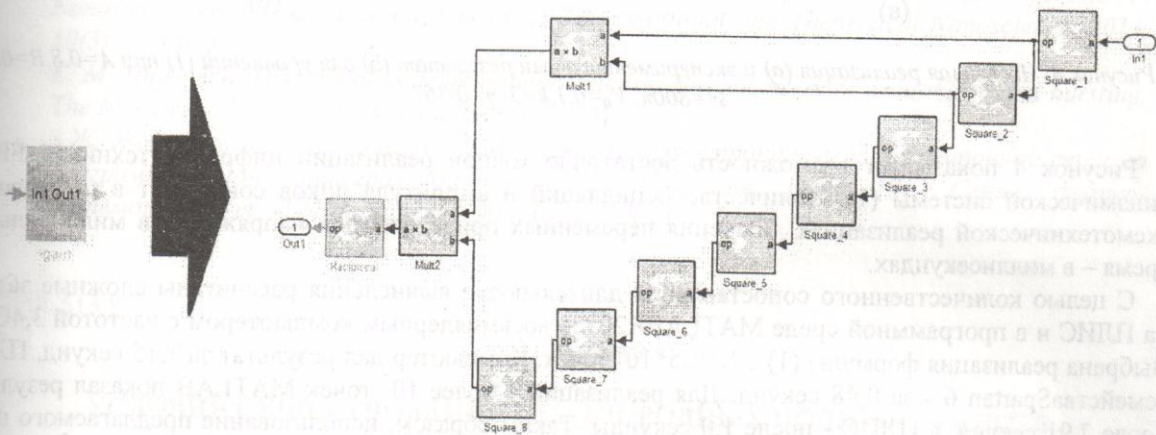


Рисунок 2. Структурная схема блока вычисления произвольной дробной степени

На рисунке 2 показана структурная схема возведения сигнала в произвольную дробную степень на цифровых логических элементах. В устройствах FPGA нет готовых блоков возведения в произвольную дробную степень, предусмотрено только извлечение корня. Алгоритм вычисления на FPGA дробной степени  $\gamma$  запишем следующим образом:

$$\gamma = \sum_{k=1}^m a_k * (2)^{-k}, \quad (5)$$

где  $k$  – номер итерации,  $a_k$  – имеет значения  $\{0,1\}$ . Зная последовательность нужных нам элементов  $a_k$ , можно получить любые дробные степени сигнала  $x$  с желаемой точностью:

$$x^\gamma = \prod_k x^{\gamma_k} = \prod_{k=1}^m x^{a_k * (2)^{-k}}. \quad (6)$$

Более общие модели нейронных сетей рассмотрены использованием интегральной схемотехники FPGA в реальном времени. Нами показана возможность схемотехнического моделирования нейронных сетей, описываемых дробными степенями сигналов, разработана структурная схема блока вычисления дробной степени [12]. Интегральная схемотехника является простым способом реализации сложных задач. При реализации нейродинамических моделей с помощью FPGA достигается эффективность по времени и простота, малогабаритность используемой техники. Время

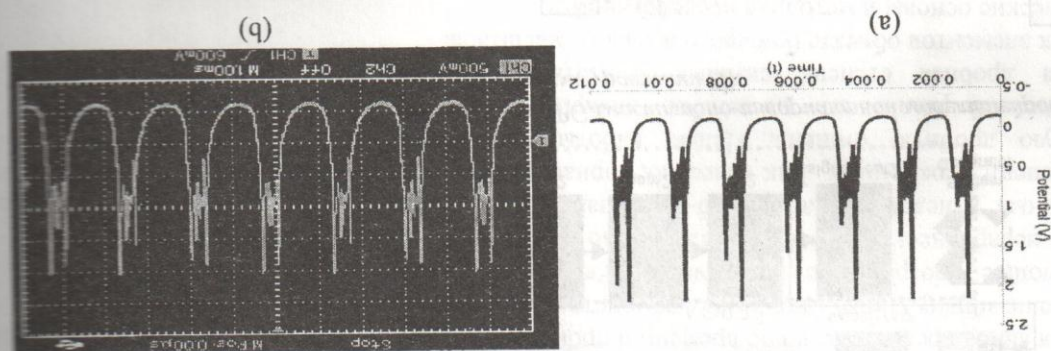
В работе приведены результаты электронно-цифровой реализации различных моделей динамической нейронной сети. Предлагаемая цифровая техника может генерировать различные по структуре сигналы (регулярное и нерегулярное чередование одиночных и пачечных всплесков) согласно терминированию нейронной сети: снайки (одиночные регулярные и нерегулярные всплески по времени), берксы (регулярное и нерегулярное чередование одиночных и пачечных всплесков) согласно терминированию принятым в литературе, например, в [11].

С целью количественного сопоставления длительности вычисления сложных задач на ПЛИС и в программной среде MATLAB2012а восьмиядерным компьютером с частотой 3,4 ГГц выбрана реализация формулы (1) с  $N=1,5 \cdot 10^6$  точек. Компьютер дал результат за 1,15 секунд. ПЛИС семейств Spartan 6 - за 0,48 секунд. Для реализации с более  $10^7$  точек MATLAB показал результат после 7,91 секунд, а ПЛИС - после 1,0 секунд. Таким образом, использование предлагаемого нами алгоритма вычисления на ПЛИС обеспечивает выигрыш по времени обработки порядка  $10^3$  отсчетов около 8 раз.

Динамическая система (1). Количество оцифрованных амплитуд пиков совпадают в цифровой и схемотехнической реализации. Значения переменных приведены для напряжений в милливольтах. Время - в миллисекундах.

Рисунок 4 показывает возможность достаточно точной реализации цифровой техникой FPGA

Рисунок 4. Численная реализация (а) и экспериментальная реализация (б) для уравнений (1) при  $A=0,8, B=0,4, \Omega=800\pi, V_0=0,1, k=3, \gamma=0,567$ .



Результаты численного и схемотехнического моделирования численные и схемотехнические реализации уравнений (2) приведены ниже.

$\gamma$	$\gamma_1$	$1 - \gamma_1$	$\gamma_2$	$1 - \gamma_2$	$\gamma_3$	$1 - \gamma_3$
9	$0,567 \pm 0,001$	$0,433 \pm 0,001$	$0,806 \pm 0,001$	$0,194 \pm 0,001$	$0,618 \pm 0,001$	$0,382 \pm 0,001$

Таблица 1. Значения  $\gamma$  согласно формуле (6) для  $m = 9$ .

Из таблицы 1 видно, что для описания различных типов нейронных колебаний (сигналы «берксы» динамической меры, оно следует из теории для  $\gamma_1, \gamma_2$ .

Числа  $\gamma_1, \gamma_2$  являются, соответственно, нормированными неположительными значениями информации и энтропии - критериями самоорганизации. Известное число Фибоначчи ( $\gamma_3$ ) является «золотым сечением»:  $\gamma_1 = 0,567, 1 - \gamma_1 = 0,433, \gamma_2 = 0,806, 1 - \gamma_2 = 0,194, \gamma_3 = 0,618, 1 - \gamma_3 = 0,382$ .

Для выявления типов физических явлений достаточно использовать значения  $\gamma$  с точностью до 1%. Так, в работе [9] показано, что хаотические процессы с скейлинговыми закономерностями, какими являются нейронные колебания в определенных интервалах параметров, классифицируются

для реализации моделей нейронных сетей могут быть применены для создания искусственных нейронных сетей, отличающихся от существующих аналогов максимальной близостью к системе биологических нейронов, что является перспективной задачей в этом направлении.

- 1 H. Soleimani, A. Ahmadi, M. Bavandpour. Biologically inspired spiking neurons: Piecewise linear models and digital implementation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 2012, 59(12): 2991-3004.
- 2 R. K. Weinstein, R. H. Lee. Architectures for high-performance FPGA implementations of neural models. *Journal of Neural Engineering*, 2006, 3(1): 21-34.
- 3 D. B. Thomas, W. Luk. FPGA accelerated stimulation of biologically plausible spiking neural networks. *17th IEEE Symposium on Field Programmable Custom Computing Machines*, Napa, California, USA, 2009: 45-52.
- 4 FPGA systems. 22nd International Conference on Artificial Neural Networks, Lausanne, Switzerland, 2012: 113-120.
- 5 M. Wildie, W. Luk, S. R. Schultz, P. H. Leong, A. K. Fildjela. Reconfigurable acceleration of neural models with gap junctions. *International Conference on Field-Programmable Technology*, Sydney, Australia, 2009: 439-442.
- 6 J. Baladron, D. Fiaschi, O. Fagnier, J. Touboul. Mean-field description and propagation of chaos in networks of Hodgkin-Huxley and FitzHugh-Nagumo neurons. *The Journal of Mathematical Neuroscience*, 2012, 2(1): 10.
- 7 M. Storace, D. Linaro, E. de Lange. The Hindmarsh-Rose neuron model: bifurcation analysis and piecewise-linear approximations. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 2008, 18(3): 033128.
- 8 Z. Zh. Zhanabaev, Y. T. Kozhagulov. A Generic Model for Scale-Invariant Neural Networks. *Journal of Neuroscience and Neuroengineering*, 2013, 2(3): 267-271.
- 9 Z. Zh. Zhanabaev, T. Yu. Grevisheva. Fractal properties of nanostructured semiconductors. *Physica: Condensed Matter*, 2007, 391(1): 12-17.
- 10 Z. Zh. Zhanabaev, T. Yu. Grevisheva, T. B. Damegulova, G. S. Assanov. Optical Processes in Nanostructured Semiconductor. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 2013, 10(3): 673-678.
- 11 E. M. Izhikevich. *Динамические системы в нейронауке: геометрия возбудимости и взрывчатости*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2010.
- 12 З.Ж. Жанабаев, Е.Т. Кожгаулов, Д.М. Жексебай. Электронная модель нейронной сети на программной интегральной схеме // *Известия НАН РК. Серия физико-математическая*. - Vol. 2. Number 300 (2015), 110-115.

УДК 513.83

А.Х. Жораев

## УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ ПОДПРОСТРАНСТВ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ

Кыргызстан, Ош, Кыргызско-Узбекский университет

### 1. Обзор и постановка проблемы

Известно понятие **однородного** пространства – множества  $X$  вместе с заданным на нем транзитивным действием некоторой группы  $G$ . Более точно, задана такая группа  $G$  биективных преобразований (автоморфизмов)  $g: X \rightarrow X$ , что для любых двух элементов  $x_1, x_2 \in X$  существует такое  $g \in G$ , что  $g(x_1) = x_2$ . В этом случае любые два элемента (вместе с положением в пространстве) неразличимы. Различные обобщения этого понятия рассмотрены в [1]. Все они связаны с различными преобразованиями пространства в целом. Поэтому в [2] предложены более общие понятия.

<b>А.Ш.Акыш</b> - О сходимости метода расщепления для одной модели уравнения Больцмана.....	267
<b>А.Ашыралыев, А.М.Сарсенби</b> - Об устойчивости смешанной задачи для уравнения параболического типа с инволюцией.....	272
<b>Б.Б.Ахметов, А.И.Иванов, П.С.Ложников, К.Мукапил</b> - Использование коэффициентов корреляции высоких порядков при многомерном статистическом анализе рукописных образов.....	276
<b>А.А.Ахметова, С.А.Нугманова</b> - Алгоритм на основе открытых ключей.....	279
<b>Ж.Д.Байшемиров, А.Т.Рахымова, Т.Фархадов</b> - Математическое моделирование полимерного заводнения.....	282
<b>Э.А.Бакирова, Н.Б.Искакова</b> - О применении сплайн-аппроксимации для численного решения линейной краевой задачи интегро-дифференциальных уравнений Фредгольма.....	285
<b>С.Н.Боранбаев, А.Б.Нурбеков</b> - Разработка информационной системы для моделирования функционирования отраслей промышленности Республики Казахстан.....	289
<b>A.S.Berdyshev, КН.КН.Imomnazarov</b> - On the nonlinear one-dimensional mathematical model of poroelasticity.....	293
<b>Ш.Билал</b> - Интегральное неравенство типа Харди.....	297
<b>Г.С.Джарасова</b> - Математикалық логика арқылы бағдарламалардың дұрыстығын дәлелдеу.....	301
<b>D.S.Dzhumabaev</b> - Numerical method to solve a linear boundary value problem for fredholm integro-differential equation with impulse effects.....	304
<b>З.Ж.Жанабаев, Е.Т.Кожагулов, Д.М.Жексебай</b> - Нейронная сеть с самоорганизующимся элементом.....	308
<b>А.Х. Жораев</b> - Условия существования неоднородных подпространств топологических пространств.....	311
<b>М.А.Жумартов, Р.К.Манатбаев, А.М.Сатымбеков, А.К.Тулелбергенов, Ж.Р.Уалиев</b> - О разработке численного моделирования взаимодействия ветротурбины и ее отдельных элементов с воздушным потоком.....	314
<b>С.С.Жуматов</b> - Колебательные свойства программного многообразия систем управлений с разрывными нелинейностями.....	319
<b>Ж.К.Жээнтаева</b> - Асимптотика решений систем линейных разностных уравнений с переменными коэффициентами.....	323
<b>Ш.С.Закиров, М.А.Ахметжанов</b> - Модальное управление.....	325
<b>Н.С.Заурбеков, Э.К.Абдылдаев, Н.Д.Заурбекова</b> - Математическое моделирование процесса деформирования откосов на эквивалентных материалах с помощью метода конечных элементов.....	327
<b>А.А.Исахов</b> - Оценка ареала распространения нефтяного пятна по акваторию северного каспийского моря с помощью методов математического моделирования.....	331
<b>Т.У.Исламгожаев, А.И.Елеусинов, С.К.Джолдасбаев</b> - Управление системой видеонаблюдения для слежения за движущимся объектом.....	335
<b>Г.М.Кененбаева, Аскаркызы Лира</b> - Эффекты и явления в теории динамических систем.....	340
<b>Б.З.Кенжегулов, С. Б. Жубанова, Г. А. Нурманова</b> - Численное исследование влияния длины участков теплоизоляции, подведенных тепловых потоков, происходящих теплообменов и осевой растягивающей силы на удлинение стержня ограниченной длины.....	344