

# Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	24
К СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЮ ЕВГЕНИЯ ИВАНОВИЧА МОИСЕЕВА . . .	29
К СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЮ ВЛАДИСЛАВА ШАЙХУЛАГЗАМОВИЧА ШАГАПОВА . . . . .	33
К СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЮ АЛЕКСАНДРА ПАВЛОВИЧА СОЛДАТОВА	40

## Секция 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ

<b>Аганин А.А., Гусева Т.С.</b> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРА СТРУИ ЖИДКОСТИ ПО ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ . . . . .	43
<b>Агишева У.О., Вахитова Н.К., Галимзянов М.Н., Заляева Э.З.</b> ЭВОЛЮЦИЯ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ В ЖИДКОСТИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ПУЗЫРЬКОВЫЕ ЗОНЫ . . . . .	46
<b>Ахметов А.Т., Гималтдинов И.К., Азаматов М.А., Уразгильдин А.А., Кочанова Е.Ю.</b> О ВЛИЯНИИ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ УДАРНЫХ ВОЛН СЛАБОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В НАСЫПНЫХ СРЕДАХ . . . . .	50
<b>Белова С.В., Дударева О.В., Чиглинцева А.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАМЕЩЕНИЯ МЕТАНА УГЛЕ- КИСЛОТОЙ В ГИДРАТНОМ СЛОЕ . . . . .	54
<b>Болотнова Р.Х., Гайнуллина Э.Ф.</b> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛНОВЫХ ТЕЧЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СФЕРИЧЕСКОГО ВЗРЫВА НА ГАЗОВУЮ ОБЛАСТЬ, ОГРАНИЧЕННУЮ ПЕННЫМ БАРЬЕРОМ . . . . .	58
<b>Вдовенко И.И.</b> ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА В ВОДЕ С ПАРО- ГАЗОВЫМИ ПУЗЫРЬКАМИ . . . . .	61
<b>Вдовенко Н.Н.</b> ПРОХОЖДЕНИЕ ПЛОСКОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ПУЗЫРЬКОВЫЙ СЛОЙ . . . . .	64

<b>Борисоглебский И.К., Метусова М.В., Михайленко К.И.</b>	
ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПО КОЛЬЦУ ДИНАМИЧЕСКИХ СТРУКТУР В КАНАЛЕ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ .	169
<b>Викторов С.В.</b>	
ЗАДАЧА О ПОЛЕ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА В СИММЕТРИЧНОЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ . . . . .	172
<b>Викторова Д.В.</b>	
О МЕТОДЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОКАРОТАЖА СУЩЕСТВЕННО-ТРЕХМЕРНОЙ СКВАЖИНЫ В СЛОИСТОЙ СРЕДЕ . . . . .	177
<b>Газизов Р.К., Лукашук С.Ю.</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В НЕОДНОРОДНЫХ ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТЫХ СРЕДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПОДХОДА . . . . .	181
<b>Григорьев И.В.</b>	
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ БУТАДИЕНА . . . . .	184
<b>Джанабекова С.К., Мухамбетжанов С.Т.</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ С УЧЕТОМ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ . . . . .	190
<b>Дышаев М.М.</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ОПЦИОНОВ ПРИ НЕДОСТАТОЧНОЙ ЛИКВИДНОСТИ РЫНКА . . . . .	192
<b>Захарова Г.Р., Викторов С.В.</b>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМЫ ФРАГМЕНТА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ В СЛОИСТОЙ СРЕДЕ . . . . .	195
<b>Иванов А.Н.</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕЙ С ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ СВЯЗЕЙ . . . . .	198
<b>Иващенко Д.С., Сахибгареев Э.Э.</b>	
ПАКЕТ ПОДПРОГРАММ ДЛЯ ЧИСЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМ СКВАЖИННОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ . . . . .	201
<b>Извеков Ю.А., Гугина Е.М.</b>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННО-ГО РИСКА СЛОЖНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ . . . . .	208

**Gazizov R.K., Lukashchuk S.Yu.**

MODELLING OF FILTRATION PROCESSES IN HETEROGENEOUS  
FRACTURED POROUS MEDIA USING FRACTIONAL DIFFERENTIAL  
APPROACH ..... 181

**Grigoryev I.V.**

NUMERICAL STUDY OF BUTADIENE POLYMERIZATION PROCESS 184

**Janabekova S.K., Mukhambetzhano S.T.**

MODELING OF FILTRATION OF A LIQUID IN A POROUS MEDIUM WITH  
THE ACCOUNT OF MASS-EXCHANGE PROCESSES ..... 190

**Dyshaev M.M.**

MODELING OF OPTION PRICING ON ILLIQUID MARKETS ..... 192

**Zakharova G.R., Viktorov S.V.**

MATHEMATICAL MODEL OF THE INVERSE PROBLEM OF  
DETERMINING THE SHAPE OF A FRAGMENT OF A CYLINDRICAL IN  
A LAYERED MEDIUM ..... 195

**Ivanov A.N.**

MODELING PROCESSES BASED ON NEURAL NETWORKS WITH  
PSEUDORANDOM DISTRIBUTION OF CONNECTIONS ..... 198

**Ivaschenko D.S., Sakhibgareev E.E.**

THE PACK OF SUBROUTINES FOR PERMANENT DOWNHOLE GAUGES  
DATA PROCESSING ..... 201

**Izvekov Yu.A., Gugina E.M.**

MATHEMATICAL MODELING OF CONSTRUCTIONAL RISK OF  
DIFFICULT MECHANICAL SYSTEM ..... 208

**Ikramov R.D., Mustafina S.A.**

INVESTIGATION OF 7-STAGE BELOUSOV-ZHABOTINKII REACTION  
MODEL ..... 211

**Ishmukhametova A.A.**

MODELING THE ACOUSTIC SIGNALS PASSAGE IN A PERFORATED  
WELL ..... 214

**Kirillov S.A., Kharisov E.I.**

CLUSTER COMPUTING SYSTEMS ..... 217

**Kovalsky A.A., Ivanov D.V., Akhmetov Sh.R., Lazarev Yu.M., Idrisova G.N.**

MODELING OF THE TEMPERATURE FIELD DURING INJECTION OF  
RADIOACTIVE SOLUTIONS INTO THE FORMATION ..... 219

**Kotova T.Yu., Nafikova A.R.**

MODELING OF RADON AND RADIUM DIFFUSIVE TRANSFER PROCESS  
IN MOISTURE SATURATED GROUND ..... 222

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Викторов С.В.* Математическое моделирование геоэлектрических полей в осесимметричных средах со сплайн-аппроксимацией границ. Дисс. ... к.ф.-м.н., Стерлитамак, 2005. 106 с.
2. *Захарова Г.Р., Викторов С.В.* Математическая модель поля точечного источника в слоистом пространстве с деформированным цилиндрическим включением // Электронный научно-практический журнал "Молодежный научный вестник". 2017. № 12 (25).
3. *Захарова Г.Р., Викторов С.В.* Решение обратной задачи восстановления формы деформированного цилиндра в слоистой среде по данным геофизических измерений // Colloquium-journal. 2018. № 1 (12). С. 46–49

УДК 004.032.26

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕЙ С ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ СВЯЗЕЙ

**Иванов А.Н.**

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного  
университета, г. Стерлитамак, Россия;  
saneclubstr@mail.ru

*Приведены и описаны основные архитектуры нейронных сетей, области их применения для решения конкретных задач математического моделирования. С целью обобщения и автоматизации подбора оптимальной архитектуры нейросетей предлагается использование неполносвязной нейронной сети с псевдослучайным распределением синаптических связей. Для описания данного распределения с целью восстановления архитектуры сети вводится новый гиперпараметр — ключ нейросети. Перечислены методики обучения данной сети и её преимущества перед известными ранее нейросетями.*

*Ключевые слова: нейронные сети, моделирование, архитектура сети.*

## MODELING PROCESSES BASED ON NEURAL NETWORKS WITH PSEUDORANDOM DISTRIBUTION OF CONNECTIONS

Ivanov A.N.

Sterlitamak branch of Bashkir State University, Sterlitamak, Russia;  
saneclubstr@mail.ru, mustafina\_sa@mail.ru

*Lists and describes the main architectures of neural networks, their applications for solving specific problems of mathematical modelling. For generalizing and automating the selection of the optimal architecture of neural networks, it is proposed to use an incomplete neural network with a pseudo-random distribution of synaptic connections. To describe this distribution, to restore the network architecture, a new hyperparameter, the neural network key, is introduced. Lists the methods of teaching this network and its advantages over the previously known neural networks.*

*Key words: neural networks, modeling, network architecture.*

Современные тенденции развития науки выдвигают на передний план создание и применение наукоемких технологий. К ним можно отнести междисциплинарные исследования свойств материалов, объектов живой и неживой природы, биологических, социальных, экономических, физико-химических систем и пр. Тщательное изучение объектов вышеприведенных систем и протекающих в них процессов требует построения сложных высоко детализированных моделей. Одним из наиболее эффективных методов реализации подобных моделей являются нейронные сети.

Нейросети представляют собой упрощенную математическую имитацию деятельности нервной системы живых организмов. Элементарной единицей сети является нервная клетка – нейрон, которая имеет множество отростков, связывающих её с другими клетками.

На сегодняшний день известны различные архитектуры нейронных сетей: одно- и многослойные перцептроны, самоорганизующиеся карты Кохонена, свёрточные сети, когнитроны и пр. Каждая из указанных архитектур обладает преимуществом при решении определенного круга задач. Так, например, в задачах аппроксимации обычно применяют перцептроны и сети RBF, в кластеризации — самоорганизующиеся карты и сети Кохонена, сети адаптивного резонанса. Стоит отметить, что для решения каждого типа задач применяется целый спектр нейронных сетей, при этом нет однозначно эффективных ней-

росетей — для решений близких задач наиболее точные решения могут давать сети различной архитектуры. Поиск типа нейронной сети и её настройка остаются на усмотрение исследователя.

Отличительной особенностью каждой такой сети является принцип образования связи между нейронами. Следует отметить, что данные принципы являются искусственными и лишь в некоторой степени имитируют связанность нейронов в нервной системе. Так, в человеческом мозге каждый нейрон может быть связан с различным количеством других клеток, число которых может варьироваться в интервале от 5 до 10000. При этом не наблюдается строгой закономерности при образовании парных связей — в разных участках мозга она различна и носит по большей части случайный характер.

Для решения задачи поиска оптимальной архитектуры нейронных сетей предлагается использовать нейронные сети, в которых связанность нейронов подчинена вероятностному характеру. Стоит отметить, что в ходе случайной расстановки связей могут быть получены все прочие архитектуры нейронных сетей — от перцептронов до глубоких сетей.

Применение нейронных сетей со случайными связями требует хранения дополнительных сведений о связанности нейронов, а также ведёт к усложнению их реализации. Нами предложены нейросети с псевдослучайным распределением связей. Для описания такой сети, кроме числа входных и выходных нейронов и их общего количества, вводятся дополнительные гиперпараметры — ключ сети и связанность. Под связанностью понимается количество входов каждого из нейронов. Ключ участвует в алгоритме формирования связей (1, 2).

$$x = (key + i + j * s) * iter, \quad i = 1..s, j = 1..n, iter = 1 \quad (1)$$

$$k = 1 + hash(x) \bmod n \quad (2)$$

Для нахождения  $i$ -ой входной связи  $j$ -го по счету нейрона с нейроном под номером  $k$  вычисляется порядковый номер связи в сети (где  $s$  — связанность) и к нему прибавляется ключ. Полученное значение будет уникальным для каждого из нейронов. Далее из хэша полученного числа вычисляется остаток от деления на общее число нейронов в сети  $n$ . В качестве алгоритма взятия хэша могут применяться разнообразные хэш-функции, результат которых может быть представлен в числовой форме и распределение значений которых близко к равномерному. Например, может применяться алгоритм MD5 от

строкового представления аргумента, который возвращает целочисленный результат в шестнадцатеричном формате.

Результат работы хэш-функции на конечном числовом поле носит псевдослучайный характер. При заданном размере нейронной сети  $n$ , а также значений связности  $s$  и ключа  $key$ , каждый нейрон имеет однозначные входные связи от других нейронов. В случае, если полученная связь между нейронами уже существует, то счётчик *iter* увеличивается на 1 и поиск связи осуществляется заново.

Для обучения данных сетей могут применяться алгоритмы обучения полносвязных или рекуррентных сетей.

Данный подход позволяет упростить хранение нейронной сети и её развёртывание, а также автоматический поиск оптимальной архитектуры путём перебора значений ключа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-47-020068 и проекта № 13.5143.2017/8.9, выполняемого вузом в рамках государственного задания Минобрнауки РФ.

Работа выполнена под руководством проф. Мустафиной С.А.

УДК 004.67

## **ПАКЕТ ПОДПРОГРАММ ДЛЯ ЧИСЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМ СКВАЖИННОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ**

**Иващенко Д.С.<sup>1</sup>, Сахибгареев Э.Э.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ООО «РН-УфаНИПИнефть», г. Уфа, Россия;

<sup>2</sup> Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия;

IvaschenkoDS@ufanipi.ru, dfdslotus@gmail.com

*В данной работе рассматривается реализация алгоритмов обработки данных систем погружной скважинной телеметрии. Основные результаты приведены в качестве графиков с исходными и обработанными значениями сигнала.*

*Ключевые слова: численные алгоритмы, обработка данных, система скважинной телеметрии*

Научное издание

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ И СМЕЖНЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ

Труды международной научной конференции  
25 – 29 июня 2018 г., г. Стерлитамак

Оригинал-макет изготовлен в СФ ГАНУ ИСИ РБ

Компьютерная верстка: С.Н. Сидоров

*Лицензия на издательскую деятельность  
ЛР № 021319 от 05.01.99 г.*

Подписано в печать 7.06.2018 г. Формат 60 × 84/16.

Усл. печ.л. 22,1. уч. -изд. л. 24,0

Тираж 200 экз.

Изд. № . Заказ

*Редакционно издательский центр  
Башкирского государственного университета  
450076, РБ, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.*

*Отпечатано на множительном участке  
Башкирского государственного университета  
450076, РБ, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.*