

MONOGRAFIA  
POKONFERENCYJNA

SCIENCE,  
RESEARCH, DEVELOPMENT #24

TECHNICS AND TECHNOLOGY.

*Zakopane*

*29.12.2019 - 30.12.2019*

U.D.C. 004+62+54+66+082

B.B.C. 94

Z 40

**Zbiór artykułów naukowych recenzowanych.**

(1) Z 40 Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej (on-line) zorganizowanej dla pracowników naukowych uczelni, jednostek naukowo-badawczych oraz badawczych z państw obszaru byłego Związku Radzieckiego oraz byłej Jugosławii.

(30.12.2019) - Warszawa, 2019. - 120 str.

ISBN: 978-83-66401-28-0

Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour»

Adres wydawcy i redakcji: 00-728 Warszawa, ul. S. Kierbedzia, 4 lok.103

e-mail: info@conferenc.pl

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Powielanie i kopiowanie materiałów bez zgody autora jest zakazane. Wszelkie prawa do artykułów z konferencji należą do ich autorów.

W artykułach naukowych zachowano oryginalną pisownię.

Wszystkie artykuły naukowe są recenzowane przez dwóch członków Komitetu Naukowego.

Wszelkie prawa, w tym do rozpowszechniania i powielania materiałów opublikowanych w formie elektronicznej w monografii należą Sp. z o.o. «Diamond trading tour».

W przypadku cytowań obowiązkowe jest odniesienie się do monografii.

Publikacja elektroniczna.

«Diamond trading tour» ©

Warszawa 2019

ISBN: 978-83-66401-28-0

**Redaktor naukowy:**

**W. Okulicz-Kozaryn**, dr. hab, MBA, Institute of Law, Administration and Economics of Pedagogical University of Cracow, Poland; The International Scientific Association of Economists and Jurists «Consilium», Switzerland.

**KOMITET NAUKOWY:**

**W. Okulicz-Kozaryn** (Przewodniczący), dr. hab, MBA, Institute of Law, Administration and Economics of Pedagogical University of Cracow, Poland; The International Scientific Association of Economists and Jurists «Consilium», Switzerland;

**С. Беленцов**, д.п.н., профессор, Юго-Западный государственный университет, Россия;

**Z. Ćekerevac**, Dr., full professor, «Union - Nikola Tesla» University Belgrade, Serbia;

**Р. Латыпов**, д.т.н., профессор, Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), Россия;

**И. Лемешевский**, д.э.н., профессор, Белорусский государственный университет, Беларусь;

**Е. Чекунова**, д.п.н., профессор, Южно-Российский институт-филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы, Россия.

**KOMITET ORGANIZACYJNY:**

**A. Murza** (Przewodniczący), MBA, Ukraina;

**A. Горохов**, к.т.н., доцент, Юго-Западный государственный университет, Россия;

**A. Kasprzyk**, Dr, PWSZ im. prof. S. Tarnowskiego w Tarnobrzegu, Polska;

**A. Malovychko**, dr, EU Business University, Berlin – London – Paris - Poznań, EU;

**S. Seregina**, independent trainer and consultant, Netherlands;

**M. Stych**, dr, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, Polska;

**A. Tsimayeu**, PhD, associate Professor, Belarusian State Agricultural Academy, Belarus.

**I. Bulakh** PhD of Architecture, Associate Professor Department of Design of the Architectural Environment, Kiev National University of Construction and Architecture

**Recenzenci:**

**L. Nechaeva**, PhD, Instytut PNPU im. K.D. Ushinskogo, Ukraina;

**М. Ордынская**, профессор, Южный федеральный университет, Россия.

<b>ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТІ В ІГРОВОМУ ДИЗАЙНІ АБО ЧОМУ «РАНДОМ» В ІГРАХ НЕ ПОВИНЕН БУТИ ЧЕСНИМ</b> Бобришев А.Д. ....	7
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РАСПОЗНАВАНИИ ЛИЦ</b> Трибук А.А. ....	10
<b>ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕМИ БАЙЄСА У РОБОЧОМУ ПРОЦЕСІ</b> Глотка В. О. ....	12
<b>РОЛЬ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ У СУЧАСНІЙ МЕДИЦИНІ</b> Олійник А. Є. ....	14
<b>АЛГОРИТМЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ</b> Слостина В.В. ....	16
<b>КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ</b> Тимченко М.И. ....	18
<b>ЗАЧЕМ УЧИТЬ ДИСКРЕТНУЮ МАТЕМАТИКУ?</b> Жилы М. Г. ....	21
<b>ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ СЕРЦЯ НА ОСНОВІ РІВНЯ ХОЛЕСТЕРИНУ ТА ЧАСТОТИ СЕРЦЕВИХ СКОРОЧЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ</b> Сергієнко О.С. ....	23
<b>ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН У ВИДОБУТКУ ДАНИХ</b> Міхєрева В.Я. ....	27
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ АССОЦИАЦИЙ В ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЧАСТНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ</b> Чернонос М. М. ....	29
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ВОДНОТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ КУКУРУДЗЯНОЇ КРУПИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПЛАСТИВЦІВ</b> Кустов І.О., Рибчинський Р.С. ....	31
<b>ПРОБЛЕМА АНАЛИЗА ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ОБЪЕКТОВ СУШКИ И СТРАТЕГИЯ ЕЁ РЕШЕНИЯ</b> Сажин В.Б., Сажин Б.С. ....	35

**ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ КАК  
ОБЪЕКТОВ СУШКИ**

Сажин В.Б., Сажин Б.С. .... 42

**НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА**

Соляник А.Р. .... 49

**STAGES OF DEVELOPMENT OF THE PROBABILITY THEORY**

Borshchova A. V. .... 53

**PARADOXES OF PROBABILITY THEORY**

Kuznetsov R. O. .... 56

**МЕТОД НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ. ЙОГО СУТЬ  
ТА ЗАСТОСУВАННЯ НА ПРАКТИЦІ**

Кравцов Д. О. .... 59

**ОГЛЯД ІСТОРІЇ КОМБІНАТОРИКИ**

Гребенчук Є.С., Олійник О.В. .... 62

**ПАРАДОКС БОРЕЛЯ-КОЛМОГОВОРА**

Емельянова Е. О. .... 66

**FEATURES OF ANOVA**

Суворов Д.С., Олійник О.В. .... 69

**LOW-LEVEL OPTIMIZATION OF PARALLEL ALGORITHMS. SIMD  
COMMANDS**

Vozghryva H. Y., Isaieva E. V. .... 73

**МЕТОД НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ. ЙОГО СУТЬ  
ТА ЗАСТОСУВАННЯ НА ПРАКТИЦІ**

Кравцов Д. О. .... 76

**СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В КОНСТРУЮВАННІ ТА ОЗДОБЛЕННІ  
МУСУЛЬМАНСЬКОГО ЖІНОЧОГО ОДЯГУ**

Шепеля А. О., Білянська М. М. .... 79

**ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ НАВЧАННЯ  
НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

Авербах Д. М. .... 83

**КОМПЛЕКСНЫЙ КРИТЕРИИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ  
В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ**

Федорович А.И., Высоцкий Р.В., Кувшинов Д.В. .... 85

**ЭВОЛЮЦИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Павленко Я. В., Олейник Е. В. .... 87

**АНАЛИЗ И ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Граница А. В. .... 90

**SIMD КОМАНДЫ**

Volokhovskiy V. E. .... 93

**OPENMP SYNC TOOLS**

Freher O. E. .... 97

**REGULAR HEATING METHOD FOR NON-STATIONARY PROCESSES**

Peretiaka N., Boriak K., Manzaruk M., Ivanova M. .... 100

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ ТКАНЕВЫХ ОБОЛОЧЕК ОТ СЖИМАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ**

Датуашвили М. В. .... 103

**COMPUTER MODELLING EMERGENCY SITUATIONS SYSTEMS BASED ON MATHEMATICAL PACK MATHCAD**

Tseshkovskiy N.A. .... 109

**COMPUTER MODELING IN CLIMATE AND WEATHER FORECAST**

Ovchynnykova A.M. .... 115

**COMPUTER MODELING IN EARTHQUAKE FORECAST**

Nikolaichuk A.V. .... 118

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТІ В ІГРОВОМУ ДИЗАЙНІ АБО ЧОМУ «РАНДОМ» В ІГРАХ НЕ ПОВИНЕН БУТИ ЧЕСНИМ

**Бобришев А.Д.**

Студент кафедри програмної інженерії  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**Ключові слова:** ігри; гейм-дизайн; теорія ймовірності; ігровий баланс; монетизація ігор.

**Keywords:** games; game-design; probability theory; game balance; games monetization of games.

Дуже часто, коли людині не щастить у грі ми можемо чути такі слова: «Це нечесно, чому «Рандом» завжди проти мене?!» Гравець каже, що хоче максимально чесного «Рандому», але це не правда. Перш за все люди хочуть отримати задоволення від гри, і питання чесності для них знаходиться на останньому місці. У цій статті Ви дізнаєтесь, в яких ситуаціях і чому варто вдатися до «псевдорандому».

Давайте уявимо таку ситуацію: ми створюємо гру в жанрі RPG, створюємо боса, з якого буде випадати рідкісний предмет з ймовірністю 20%. Далі ми дивимося на статистику і бачимо, що на кожні 5 перемог гравці отримують у середньому 1 такий предмет, але якщо побудувати графік випадання предмета в залежності від кількості спроб, то ми можемо побачити, що деяким гравцям він може випасти з першої спроби, але не всім так щастить, на кожен мільйон гравців буде багато таких, яким предмет випав з 6, 7, або навіть 10 спроби. Звісно, замість задоволення ці люди отримують порцію розчарування, а може навіть перестануть грати.

Така проблема виникає через те, що вірогідність випадання не залежить від кількості спроб для кожного гравця, це означає, що навіть через 100 спроб предмет може не випасти, при цьому на 101 спробу шанс буде таким самим, як і у попередні 100 разів. При цьому більшість людей вважає, що з кожною спробою шанси на випадання все більші. Як же вирішити цю проблему? Це дуже гарне питання. Відповідь на нього дуже проста: треба використовувати «псевдорандом», з його допомогою не міняючи глобальної статистики «1 предмет на 5 спроб», ми зробимо так, що «рандом» буде вести себе так, як думає гравець. Отже треба ввести формулу, за допомогою якої буде розраховуватися шанс випадання предмету на кожну спробу:

$$\text{Chance} = (\text{Max} - \text{Goods}) / (\text{Length} - \text{Tries})$$

Що це означає? Шанс випадання на кожну спробу дорівнює різниці максимальної кількості предметів на кількість спроб(у нашому випадку – 1 предмет на 5 спроб) і кількості предметів, що вже випали, поділеної на

**Таблиця 1 –**  
шанси випадання при різних коефіцієнтах K

	<b>K = 0.9</b>	<b>K = 1</b>	<b>K = 1.1</b>
1 предмет	21 спроба	8 спроба	2 спроба
2 предмет	38 спроба	17 спроба	6 спроба
3 предмет	52 спроба	26 спроба	11 спроба
4 предмет	63 спроба	35 спроба	16 спроба
5 предмет	72 спроба	44 спроба	23 спроба
6 предмет	79 спроба	54 спроба	31 спроба
7 предмет	84 спроба	63 спроба	41 спроба
8 предмет	89 спроба	72 спроба	52 спроба
9 предмет	93 спроба	81 спроба	66 спроба
10 предмет	96 спроба	90 спроба	82 спроба

різницю максимальної кількості спроб до випадання предмета і кількості спроб гравця. У даному випадку  $Max = 1$ ,  $Length = 5$ . Таким чином ми можемо вирахувати, що при першій спробі вірогідність випадання предмету дорівнюватиме  $(1 - 0)/(5 - 0)$ , тобто 20%, а при другій спробі  $(1 - 0)/(5 - 1)$ , тобто вже 25%, а на 5 спробу він дорівнюватиме 100%. При цьому зберігається наш основний принцип «1 предмет на 5 спроб». Коли предмет нарешті випадає, шанс знову падає до початкового.

А тепер давайте перейдемо до більш серйозного питання: а чи можемо ми зробити так, щоб гравець отримував предмет у перші декілька спроб і отримував задоволення від того, що фортуна на його боці. Для цього достатньо додати чарівний коефіцієнт  $k$  до нашої формули:

$$Chance = (Max - Goods)/(Length - Tries) * (k^{(Max - Goods)})$$

Якщо,  $k = 1$ , то нічого не зміниться та наша величина буде рівнорозподіле-

ною, якщо  $k > 1$ , то предмет буде частіше випадати на перших спробах, а якщо  $k < 1$ , то на останніх. Чи обманюємо ми таким чином гравця? Звичайно, так! Але треба додати, що йому від цього стає краще, так само як і нам, бо гравець отримує задоволення і продовжує грати. Давайте зменшимо шанси випадання, щоб розглянути роботу формули у більшому масштабі, наприклад «1 предмет на 10 спроб»(табл.1).

Як же застосувати цей принцип для монетизації? У наш час ігри переходять на систему «казино». Гравці хочуть отримувати преміум-контент. Користуючись принципом «псевдорандому», розробники придумали нову систему: продавати «бокси», з яких може випасти предмет. Таким чином ми отримуємо той самий бінарний вибір «випаде чи ні» та коефіцієнт  $K$  менше 1. Деякі студії пішли далі: вони додали для гравця спеціальну шкалу «успіху». За кожний відкритий бокс



гравець отримує, скажімо, 5 одиниць успіху. Коли шкала заповниться до 100, гравець отримає предмет безкоштовно, але ніяких гарантій того, що предмет випаде впродовж тих 20 спроб, які він зробить до цього. На кінець 2019 року – це одні з найпопулярніших моделей монетизації.

Сподіваюся, у мене вийшло пояснити, чому треба віддавати перевагу

«псевдорандому» і ці знання допоможуть підтримувати високий інтерес гравців до ваших проектів.

#### **Список літератури**

1. Гмурман В.Є..Теорія ймовірностей та математична статистика.Москва: Вища школа, 2003.- 480с.
2. Чесний рандом – нечесний: [Електронний ресурс] // МанжетиГД – Режим доступу: <https://gdcuffs.com/unfr-rndm/> (Дата звертання: 25.12.2019).

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РАСПОЗНАВАНИИ ЛИЦ

---

**Трибух А.А**

Студент

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

---

**Ключевые слова:** нейронная сеть, свертка, искусственный интеллект, машинное обучение, распознавание лиц, глубинное обучение.

**Keywords:** neural network, convolution, artificial intelligence, machine learning, face recognition, deep learning.

Сверточная нейронная сеть (СНС), это одна из архитектур нейросетей, которая активно используется в обработке изображений и распознавании образов. На данный момент изучение СНС – это одно из самых перспективных направлений в области машинного обучения. Поскольку архитектура сверточных нейросетей постоянно улучшается и совершенствуется, что существенно повышает точность распознавания. А это именно то, к чему стремятся все специалисты, работающих в области компьютерного зрения.

Идея использования сверточных нейронных сетей возникла относительно давно. Еще в далеком 1998 году специалист в области компьютерных технологий Ян ЛеКун предложил использовать данный тип нейронных сетей в целях машинного обучения. С помощью своей модели ученый пытался распознать рукописные числа, присутствующие во входном изображении. Данная работа оставалась в тени целых 14 лет вплоть до 2012 года, когда на ежегодных соревнованиях по распознаванию и классификации изображений Image Net данная модель показала наилучший ре-

зультат, а к 2015 году, на аналогичных состязаниях превзошла в этом человека. Именно тогда во всем мире заговорили о сверточных нейронных сетях и начали широко использовать данную технологию.

Теперь поговорим о практическом применении сверточных нейросетей. В наше время, основной областью применения СНС является распознавание лиц. Поэтому о ней хочется поговорить в первую очередь. Технологии по распознаванию лиц на данный момент очень востребованы. Они применяются повсеместно: от современных смартфонов, которые используют FaceID для идентификации пользователя при разблокировке устройства до государственных спецслужб и полиции для поиска людей, которые скрываются от правосудия. В данный момент, специалисты пришли к тому, что для повышения точности распознавания, нужно использовать гибридные модели нейронных сетей. Сейчас практически всегда сверточная нейросеть представляет собой объединение сверточных слоев с разной степенью сжатия изображения и полносвязной нейросети – перцептрона. В данной мо-

дели входящее изображение пропускается через сверточную нейронную сеть и, с помощью специальных фильтров, которые ищут различные признаки на изображении от линий и геометрических примитивов до реальных объектов, сворачивается [1]. Затем уже сжатое изображение пропускается через полносвязный слой перцептрона для того, чтобы классифицировать объект. Таким образом была достигнута очень высокая точность – возможность ошибки менее 1%.

Может показаться, что это великолепный результат. Но на практике человечество столкнулось с серьёзной проблемой. В одном из аэропортов Великобритании была установлена система по определению подозрительных лиц, согласно базам Интерпола с точностью распознавания примерно 99%. В ходе не сложной математики, специалисты подсчитали, что на каждых 100 человек возникала одна ошибка. Кажется, не критично. Но они не учли тот факт, что в день через аэропорт проходило около пятисот тысяч человек. А следовательно 5 тысяч из них система распознала как подозрительные. Это усложнило работу службе безопасности и ухудшило комфорт самих пассажиров. В итоге система была снята.

Исходя из этого примера можно сделать вывод, что для работы с большим потоком данных, нужна точность, стремящаяся к ста процентам. Над этим сейчас ведутся работы и исследования специалистов в области Data Science и машинного обучения по всему миру.

Помимо точности существует еще одна не менее существенная проблема.

С появлением систем по распознаванию лиц, начали разрабатываться разнообразные методы, чтобы обмануть их. Одним из самых интересных из них является метод с подстановкой вместо лица личности, которая не желает быть опознана, лицо совершенно другого человека – так называемый метод Fake Faces. Такой интерес он вызывает потому, что против него, толком не научились бороться. И задача специалистов на сегодня – определить признаки, по которым можно определять фейковое лицо, и с помощью методов искусственного интеллекта, запрограммировать систему для распознания лиц – делать это автоматически.

Сверточные нейронные сети – это мощный инструмент в области компьютерного зрения. И тот факт, что замени, способной составить конкуренцию данной технологии на данный момент не существует, делает данное направление очень востребованным и актуальным. На исследования связанные с CV выделяются значительные суммы. Но самое главное, что эта технология постоянно развивается и совершенствуется. И возможно, очень скоро нас ждет очередной прорыв, который сможет существенно повлиять на человеческое общество.

### Литература:

1. Что такое сверточная нейронная сеть. [Электронный ресурс]
2. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/309508/> (дата обращения: 12.12.2019)
3. CNN in Face Recognition. [Электронный ресурс]
4. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/322392/> (дата обращения: 12.12.2019)

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕМИ БАЙЄСА У РОБОЧОМУ ПРОЦЕСІ

**Глотка В. О.**

Науковий керівник – старший викладач кафедри ПІ

**Олейник О.В.**

(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. ПІ, тел. (050) 778-01-52) e-mail: valeriii.hlotka@nure.ua

Сьогодні питання використання теорема Байєса дуже актуальне питання для дискусій, адже, з одного боку, вона є дуже вірогідною теорією роботи людського мозку за ідеального розкладу, а з іншого – це абстрактне поняття з точки зору середньостатистичної людини, яке можна неправильно трактувати та заплутуватися. Теорема Байєса має середній поріг входження: людині без базових знань математики з перших разів досить важко зрозуміти, як діє теорема.

Як у будь-якому питанні, у даному є фанатичні прибічники теорема, які прагнуть довести, що абсолютно все підвладне їй, та залучити нових прибічників. Їхні висловлювання, як наслідок, можуть збити з толку або дати неточне розуміння питання людині, що цікавиться. Проте існує достатньо матеріалів, щоб об'єктивно оцінити вплив теорема Байєса на наше життя.

Ця теорема дуже корисна для формування правильних переконань та вибору. Її простий математичний запис:

$$P(B|E) = P(B) * P(E|B) / P(E), \quad (1.1)$$

Де  $P$  – ймовірність,  $B$  – переконання,  $E$  – свідчення,  $P(B)$  – ймовірність того, що  $B$  – істинно,  $P(E)$  – ймовір-

ність того, що  $E$  – істинно,  $P(B|E)$  – ймовірність  $B$  у разі істинності  $E$ ,  $P(E|B)$  – ймовірність  $E$  у разі істинності  $B$ .

Розуміння роботи теорема Байєса приходить найшвидше в аналізі конкретних прикладів через алгоритм сприйняття нової інформації людиною. Класичним прикладом є результати аналізів. Коротко: якщо точність аналізів 99% та статистично 1% людей мають даний діагноз, то найбільш ймовірно, що інтуїтивно люди вважають за позитивних результатів аналізів пацієнт хворий приблизно на 99%. Проте фактично прості обчислення дають відповідь 50%. Це впливає з того, що людський мозок схильний прибільшувати ймовірність того, що відповідає його моделі світу, та аналогічно применшувати ймовірність іншого.

Найбільша перевага теорема – незалежність від початкових (апріорних) переконань. Це стає помітно на декількох перевірках теорема на заданому прикладі: з кожним разом результат стає все більш точним через те, що уточнюються вхідні дані. Найбільш поширеним сьогодні прикладом є системи анти-спам. Вони оперують базою даних ключових слів, які дозволяють

розпізнавати спам-повідомлення. Їхній алгоритм передбачає аналіз частотності з'явлення кожного слова у групі нормальних повідомлень або спамних. Байєсовський метод передбачає урахування загальної кількості слів у кожній з груп та умовні ймовірності слів-свідочств. Використовується наступна формула:

$$P_{ai} = F_{ai}/F_a, P_{bi} = F_{bi}/F_b, P(H_A) = A/(A+B), P(H_B) = B/(A+B), (1.2)$$

де  $A = P_{a1} * P_{a2} * \dots * P_{an}$ ,  $B = P_{b1} * P_{b2} * \dots * P_{bn}$ ,  $F_a$  – загальна кількість спам-повідомлень,  $F_{ai}$  – кількість повідомлень зі свідочством  $i$  у групі повідомлень спаму,  $F_b$  – загальна кількість релевантних повідомлень,  $F_{bi}$  – кількість повідомлень зі свідочством  $i$  у групі релевантних повідомлень.

Це не єдиний приклад використання теореми Байєса у процесі роботи. Простим прикладом застосування є оцінка роботи співробітників. Якщо менеджер бачить 2 помилки за місяць у робітника відділу, то він найімовірніше вирішить покарати його будь-яким чином, проте, якщо б він знав, що цей співробітник виконує 4-5 тисяч однотипних операцій щомісяця та припускається помилки не більше 10 разів, його ставлення було б зовсім іншим. Такий співробітник заслуговує на покарання або зауваження, якщо зробить 20 помилок за тиждень, наприклад. Це значне погіршення його показників, та цей факт суттєво

впливає на результат роботи підприємства.

Також тенденція уточнення результатів дає змогу використовувати теорему Байєса у системах штучного інтелекту. Вони функціонують, як людський мозок: будують апріорні гіпотези, перевіряють їхню правдивість та перераховують власні гіпотези у відповідності з результатом. Це дозволяє досягти дуже точних показників на відміну від нашого мислення, бо людині необхідно уявлення про фізичний сенс того, що вона досліджує, а складні обрахунки та проміжкові значення легко збивають з пантелику дослідника. Цей недолік відсутній у автоматичних системах.

Тож у підсумку маємо:

Теорема Байєса сьогодні дуже популярна, адже виявляються все більше байєсівських структур та моделей у навколишньому світі;

Байєсовська теорема дозволяє відкинути недоліки людського мислення у процесі аналізу переконань;

Дана теорема широко використовується в усіх сферах діяльності, зокрема, у роботі: сортування повідомлень, оцінка показників продуктивності, впровадження систем штучного інтелекту для оптимізації робочого процесу та перевірка їхньої ефективності.

### Посилання

1. <http://baguzin.ru/wp/idei-bajesa-dlya-menedzherov/>
2. <https://habr.com/ru/post/404633/>

---

**РОЛЬ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ У СУЧАСНІЙ МЕДИЦИНІ**

---

**Олійник А. Є.**

Науковий керівник – старший викладач кафедри ПП

**Олійник О.В.**

(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. ПП,

тел. (095-013-41-74) e-mail: artem.oliinyk@nure.ua)

---

Сучасна медицина заснована на залежностях, що були отримані здебільшого експериментально. У ході еволюції медичної практики утворилася доказова медицина. Цей термін виник, коли зародився ефективний метод терапії захворювань – ведення протоколу. Доказова медицина з 1980-х отримала новий поштовх розвитку завдяки з'явленню комп'ютерів: вони дали змогу зберігати та обробляти статистичні дані, робити це швидко та надійно. Комп'ютери вирішують найголовнішу проблему взаємодії людини та теорії ймовірності – правильність обчислень, коли вони стають громіздкими та логічно або інтуїтивно незрозумілими. Саме тому медичні дослідження стали значно більш достовірними, та за їхніми результатами можна було будувати прогнози та теорії.

Логіка створення варіантів лікування тієї чи іншої хвороби досить проста та має байєсівський механізм: збираються дані, аналізуються, будуються моделі, що перевіряються на істинність експериментально, а потім доповнюються або корегуються відповідно до результатів тесту. Цей процес дозволяє отримати значну точність обрахунків та будувати більш точні прогнози у схожих випадках.

Математична формула зазначеної теорії Байєса:

$$P(B|E) = P(B) * P(E|B) / P(E), \quad (1.1)$$

де  $P$  – ймовірність,  $B$  – переконання,  $E$  – свідчення,  $P(B)$  – ймовірність того, що  $B$  – істинно,  $P(E)$  – ймовірність того, що  $E$  – істинно,  $P(B|E)$  – ймовірність  $B$  у разі істинності  $E$ ,  $P(E|B)$  – ймовірність  $E$  у разі істинності  $B$ .

Ця формула, незалежно від вхідних даних, дає змогу вирахувати точно ймовірність того, що, наприклад, розроблена концепція лікування спрацює за даного діагнозу. Проте для досягнення більшої точності рекомендується повторити перевірку декілька разів, доповнюючи початковий набір інформації новими свідченнями. Таким чином було сформовано майже усі відомі зараз моделі боротьби з недугами, зокрема, людськими.

Теорія ймовірностей щодня наявна у практиці лікарів, навіть якщо вони не до кінця це усвідомлюють. Її прояви – усе, що ми звикли проробляти майже підсвідомо: орієнтування на рекомендації, аналізування та пошук статистичних даних. Вони – наслідки доказової медицини, що спирається у своїй концепції на доказову базу, яка, у свою чергу, – на теорію ймовірностей.

Дослідження явища геометричної ймовірності призвело до утворення розділу математики: інтегральної геометрії. Остання використовується у різних областях науки, у медицині, зокрема, – для отримання тримірних моделей за їхніми двомірними перерізами.

Ми звикли вважати медицину чимось достовірним та надійним, хоча не викликають здивування помилки у діагнозах або лікуванні, наприклад. Розуміння того, що медична практика заснована на ймовірностях, змінює ставлення до цього. Звісно, небезпечно слідувати неправильним приписам, проте іншого більш ефективного аналогу наразі немає. Це впливає з того, що людина – складний багатогранний механізм, та неможливо (на даному етапі розвитку науки) врахувати усі діючі фактори та передбачити всі варіанти поведінки розробленої моделі. Моделювання використовується для дослідження ймовірного розвитку подій для подальшого впровадження методів у життя.

Легким для розуміння прикладом явного застосування теорії ймовірностей є медична генетика, що спеціалізується на встановленні залежностей між хворобами людей та ймовірними їхніми витоками у генетичній схильності досліджуваних. На розвиток недугів впливають безліч факторів, серед яких екологічна ситуація, образ життя та інші, проте акцент даної галузі саме на генетиці, що впливає з назви.

У дослідженні ознак нащадків відіграють роль гени батьків: припустимо,

набор їхніх спільних ознак – пряме та кучеряве волосся, карі та голубі очі. Цей набір дозволяє отримати 4 різних комбінації нащадків: кароокий або голубоокий з прямим або кучерявим волоссям. У кожного з існуючих варіантів є домінуючі гени. За допомогою теорії ймовірності розраховуються шанси народження дитини з різними ознаками, що дозволяє формувати прогнози. Це – утрируваний приклад, який показує механізми побудови моделей у медичній генетиці. Аналогічним чином аналізуються генетичні схильності до певних хвороб та отримуються результати: чи істотний вплив цього фактору та чи слід його враховувати.

Підсумовуючи, можна сказати, що медицина, якою ми її знаємо сьогодні, базується на теорії ймовірностей та її механізмах дослідження. Елементи теорії ймовірностей оточують нас та процес нашого лікування, зокрема, щодня. Це проявляється у схемі ведення статистики та перевірці гіпотез на практиці з уточненням вхідних даних. Це пояснює нестовідсоткову точність результатів та прогнозування результатів. Проте з розвитком технологій існує тенденція до вдосконалення методів.

#### Джерела посилань:

1. <http://journal.forens-lit.ru/node/182>
2. [https://studbooks.net/2469585/meditsina/primeneniye\\_teorii\\_veroyatnosti\\_matematicheskogo\\_analiza\\_meditsine](https://studbooks.net/2469585/meditsina/primeneniye_teorii_veroyatnosti_matematicheskogo_analiza_meditsine)
3. <http://elib.bsu.by/bit-stream/123456789/97600/1/46-49.pdf>

## АЛГОРИТМЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

---

**Слостина В.В**

Студент Харьковский национальный университет радиоэлектроники

---

**Ключевые слова:** кластеризация, компьютерное зрение, машинное обучение, сегментация изображений.

**Keywords:** clustering, computer vision, machine learning, image segmentation.

Компьютерное зрение на сегодняшний день является, пожалуй, одной из наиболее известных областей машинного обучения. Его активно используют в разнообразных пользовательских приложениях, а также в промышленности. Примеры использования: системы наблюдения и безопасности, беспилотные автомобили, электронная медицина, анализ спутниковых снимков и т.д.

Компьютерное зрение – область, связанная с анализом изображений и видео. С помощью технологий компьютерного зрения мы можем получить полезную информации из фото-, либо же из видеоизображений.

Существует достаточно много задач, связанных с анализом изображений. Примером можно назвать задачу сегментации изображений. Все основные методы, которые позволили бы выделить местоположения объектов на изображении опираются именно на сегментацию [1].

Сегментация изображений – процесс разбиения изображения на множество областей, связанных друг с другом визуально либо семантически (разбиение пикселей на некоторые смысловые группы по некоторым при-

знакам). Результатом сегментации является совокупность сведений об исходном изображении, называемая картой изображения.

Для сегментации изображений в основном используются алгоритмы кластеризации. Кластеризация (или кластерный анализ) – это разделение множества объектов на группы, называемые кластерами. Причем объекты из одной группы сходны между собой по какому-либо критерию и отличаются от объектов других групп. Говоря об изображениях, мы можем разбивать пиксели на группы сходные по цветовому признаку.

Кластерный анализ относится к методам многомерного статистического исследования. То есть имеющаяся выборка данных состоит из элементов многомерного пространства.

Следует также отметить, что кластеризация относится к типу задач обучения без учителя. Это значит, что мы не имеем готовых ответов – у нас нет готовых классов для имеющегося набора данных, они определяются в процессе обучения.

Кластеризация позволяет «понять», определить кластерную структуру



данных, упростить дальнейшую их обработку.

Говоря о практическом применении кластеризации в решении задач сегментации изображений, нужно сказать, что на сегодняшний день существует огромное количество различных алгоритмов. Как правило, реализация этих алгоритмов уже написана. Однако для получения адекватных результатов, а также правильной их интерпретации следует понимать различия между алгоритмами кластеризации, знать в каких ситуациях следует тот или иной алгоритм, а также понимать различные метрики.

Самым известным алгоритмом кластеризации изображений является алгоритм *k*-средних [2]. Этот алгоритм основан на разбиении. Он достаточно прост в реализации и интуитивно понятен. Метод заключается в разбиении *n* объектов на заранее известное число кластеров *k*. В ходе действия алгоритма происходит минимизация средне-квадратического отклонения точек кластеров от центров этих кластеров. Основным минусом алгоритма является то, что нам заранее нужно знать, на какое количество групп следует делить изображение, что в реальных задачах практически невозможно предугадать.

Другой пример алгоритма кластеризации, который позволил бы осуществить сегментацию изображений, это алгоритм *mean-shift* (процедура сред-

него сдвига) [3]. Этот алгоритм относится к классу плотностных непараметрических алгоритмов. Он заключается в определении местоположения максимумов плотности вероятности. В отличие от алгоритма *k-means*, алгоритм *mean-shift* не предполагает то, что нам заранее нужно знать количество кластеров, что является огромным плюсом. Тем не менее, данный алгоритм также имеет недостаток – высокая вычислительная сложность.

Подводя итог, хочу сказать, что существует огромное разнообразие алгоритмов кластеризации, которые можно использовать для обнаружения объектов на изображении. У каждого алгоритма есть свои достоинства и недостатки. Решая конкретную задачу, нужно обязательно провести исследования и определить, какой подход будет наиболее удачным.

### Источники

1. Обзор алгоритмов сегментации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/intel/blog/266347/> (дата обращения: 9.12.2019)
2. Простейшая кластеризация изображений методом *k*-средних. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/165087/> (Дата обращения: 11.12.2019).
3. Рылов С.А., Алгоритм непараметрической кластеризации на основе комбинации сеточного подхода и процедуры среднего сдвига. – Режим доступа: [http://conf.nsc.ru/files/conferences/SDM-2017/416780/\(S1\)RylovSA.pdf](http://conf.nsc.ru/files/conferences/SDM-2017/416780/(S1)RylovSA.pdf) (Дата обращения: 9.12.2019).

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

---

**Тимченко М.И.**

Студент

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

---

**Ключевые слова:** корреляция, корреляционный анализ, коэффициент корреляции.

**Keywords:** correlation, correlation analysis, coefficient of correlation.

На сегодняшний день статистические данные являются важной частью повседневной жизни человека, особенно в таких областях, как социология, экономика, право, медицина и т.д. Люди должны на протяжении всей жизни ориентироваться в потоке информации, который направлен на них, анализировать его и обрабатывать, и в конечном итоге, принимать аргументированные решения в самых различных ситуациях. Примеры использования: анализ экономических ситуаций, парный трейдинг, контроль качества промышленной продукции и т.д.

Корреляция – это термин, который определяет силу взаимосвязи между двумя, численно измеренными, непрерывными величинами, где сильная или высокая корреляция означает, что две или более переменных имеют сильную связь друг с другом, в то время как слабая или низкая корреляция означает, что переменные вряд ли связаны. Корреляционный анализ – это метод статистической оценки, используемый для изучения силы этой взаимосвязи с доступными статистическими данными.[1]

Именно данный тип анализа практичен и полезен, когда нужно установить, существуют ли возможные связи

между переменными. Часто ошибочно думают, что корреляционный анализ определяет причину и следствие; однако это не так, потому как другие переменные, о которых не упоминается в исследовании, могли так же повлиять на результаты.

Если была найдена корреляция между двумя переменными, это означает, что при систематическом изменении в одной переменной, также происходит систематическое изменение в другой; переменные изменяются вместе в течение определенного периода времени. Обнаруженная корреляция, в зависимости от измеренных числовых значений, может быть как положительной, так и отрицательной, так и нейтральной.

Положительная корреляция существует, если одна переменная увеличивается одновременно с другой, то есть высокие числовые значения одной переменной относятся к высоким числовым значениям другой.

Отрицательная корреляция существует, если одна переменная уменьшается, когда другая увеличивается, то есть высокие числовые значения одной переменной относятся к низким числовым значениям другой.

Нейтральная корреляция: две переменные не показывают взаимодействия друг с другом.[2]

Существуют разные типы корреляции в зависимости от количества переменных, используемых при исследовании: простая, частичная и множественная корреляции. В простой корреляции изучаются отношения между двумя переменными; в частичной корреляции изучается более двух переменных, но в этом случае влияние на одну переменную сохраняется постоянным и изучается взаимосвязь между двумя оставшимися переменными; и в множественной корреляции изучаются одновременно три или более переменных. Хотя простая корреляция хороша для понимания простых взаимосвязей между переменными, может показаться, что множественная корреляция даёт результаты лучше в социальных науках. Так происходит частично потому, что социальные явления требуют более сложных методов анализа, так как должны быть рассмотрены с разных точек зрения.

В корреляционном анализе мы оцениваем выборочный коэффициент корреляции выборки – коэффициент корреляции Пирсона – обозначаемый  $r$ . Это измерение корреляции и диапазонов (в зависимости от корреляции), которые колеблются между +1 и -1:

+1 указывает на самую сильную возможную положительную корреляцию;

-1 указывает на самую сильную возможную отрицательную корреляцию.

Данный коэффициент определяет направление и силу линейной связи между двумя переменными. На направление связи указывает знак коэффициента корреляции, а на силу связи указывает величина коэффициента корреляции. С точки зрения направления отношения между одной или несколькими переменными могут быть как положительными, так и отрицательными. Эти отношения, будь то положительные или отрицательные, также могут быть совершенными, сильными, умеренными, слабыми или ложными. При описании силы отношений они могут быть сильными, умеренными или слабыми. Следовательно, чем ближе коэффициент к любому из этих чисел, тем сильнее корреляция данных, которые он представляет. В этой шкале 0 указывает на отсутствие корреляции, поэтому значения, близкие к нулю, выделяют более слабую / более плохую корреляцию, чем значения, близкие к +1 / -1.[3]

Как пример можно привести положительную корреляцию, которая наблюдается в макроэкономике, изучении экономики в целом. Потребительские расходы и ВВП являются двумя показателями, которые представляют собой примеры положительно коррелированных переменных, в которых движение одной переменной вызывает движение другой, чьё отношение выражает причинно-следственную связь. В этом случае потребительские расходы – это переменная, которая влияет на изменение ВВП. Фирмы устанавливают уровни производства на основе

спроса, а спрос измеряется потребительскими расходами. Поскольку уровень потребительских расходов движется вверх и вниз, уровни производства стремятся соответствовать изменению спроса, что приводит к положительной взаимосвязи между двумя переменными.

Подводя итог, хочу сказать, что благодаря корреляционному анализу появляется возможность глубже исследовать взаимосвязи различных явлений и процессов, выявить влияние определённых факторов на результаты какой-либо деятельности, исследовать и корректно оценить сложившуюся ситуацию. Всё это положительно ска-

зывается на осуществлении разных видов деятельности, принятии обоснованных и разумных решений.

#### **Источники**

1. Correlation Analysis in Research: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thoughtco.com/what-is-correlation-analysis-3026696> Дата обращения: 15.12.2019).
2. Introduction to correlation: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/everything-you-need-to-know-about-interpreting-correlations-2c485841c0b8> Дата обращения: 17.12.2019).
3. Корреляционный анализ: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.datuapstrade.lv/rus/spss/section\\_15/](http://www.datuapstrade.lv/rus/spss/section_15/) (Дата обращения: 18.12.2019).

## ЗАЧЕМ УЧИТЬ ДИСКРЕТНУЮ МАТЕМАТИКУ?

**Жилы М. Г.**

студентки группы ПЗПИ-19-2 Факультета «Компьютерных наук» Научный руководитель: Старший преподаватель ПИ Олейник Елена Владимировна Харьковский национальный университет радиозлектроники

**Ключевые слова:** компьютерная дискретная математика, теория графов, теория отношений, Булева алгебра, алгоритм Дейкстра, кванторы.

Многие студенты часто задаются вопросом: «Зачем учить дискретную математику?». Вероятно, они даже не подозревают, насколько часто данный раздел математики применяется при решении различных проблем. Например, в теории графов существует классическая задача поиска самого короткого пути, в котором минимизируется сумма весов ребер, составляющих путь, а именно задача о кратчайшем пути, известная также, как задача о дилижансе или задача о минимальном пути. Различные практические применения данной задачи очень велики, что определяет ее значимость. Например, применение в навигаторе для поиска кратчайшего пути между двумя перекрестками, где в качестве вершин рассматриваются перекрестки, а ребрами являются дороги лежащие между ними. Самый короткий путь будет найден, если сумма длин дорог между перекрестками минимальна. Задать приоритет исследования путей позволяет алгоритм Дейкстры.[1] При определенных модификациях можно, например, создать алгоритм поиска выхода из чрезвычайных ситуаций, учитывая вспомогательные датчики (газа,

пожарные, затопления и другие). Мы убедились в применимости теории графов, однако и другие разделы имеют не меньшее значение. В настоящее время очень важно хранить и обрабатывать большой объем информации, имеющей сложную внутреннюю структуру. Эта информация должна быть представлена в памяти ЭВМ так, чтобы ее было легко извлекать, пополнять и преобразовывать. Рассмотрим один из методов построения баз данных, разработанных в конце 60-х годов и широко используемый в настоящее время. Поскольку представление информации в виде таблиц является удобным и привычным для человека, оно было взято за основу и показано, что любое представление данных сводится к совокупности двумерных таблиц. С математической точки зрения табличное представление данных легко формулируется в терминах отношений, и поэтому к нему применим аппарат теории множеств. Такая модель данных называется – реляционной (relation – отношение). Для работы с реляционной моделью была создана реляционная алгебра. Каждая операция этой алгебры использует одну или

$\forall \varepsilon > 0 \exists N \forall n : n > N \quad |x_n - a| < \varepsilon$ . Обозначение  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n$ .

**Рис 1.1**

несколько таблиц (отношений) в качестве ее операндов и продуцирует в результате новую таблицу, т.е. позволяет «разрезать» и «склеивать» таблицы. Основная идея реляционной алгебры состоит в следующем – поскольку отношения являются множествами, то средства манипулирования отношениями могут базироваться на таких традиционных теоретико-множественных операциях, как объединение, пересечение, разность, декартово произведение, дополненных некоторыми специальными операциями.[2] Не уходя далеко от компьютерных технологий отметим, что и Булева алгебра находит широкое применение в сфере программирования. Существует даже отдельный вид данных boolean, в которых значения обозначаются константами true и false. Данные логические значения можно присваивать, возвращать в функции и т.д. Написав некоторое условие, мы можем его упростить, используя законы данного раздела. Вообще, можно отметить, что вся дискретная математика используется при составлении алгоритмов в программировании. Сам же язык дискретной математики очень удобен, он фактически

стал языком всей современной математики. Например, при составлении математических высказываний используются кванторы, которые относятся к логике предикатов первого порядка. Рассмотрим конкретный пример. Постоянное число  $a$  называется пределом последовательности  $\{x_n\}$ , если для любого сколь угодно малого положительного числа  $\varepsilon > 0$  существует номер  $N$  такой, что все значения  $x_n$ , у которых  $n > N$ , удовлетворяют неравенству  $|x_n - a| < \varepsilon$ . Данное высказывание записывается намного проще благодаря кванторам, см. рис 1.1. Таким образом, нами были приведены некоторые примеры использования дискретной математики. Однако, даже рассмотрев частные случаи применения данного раздела, мы увидели, что дискретная математика имеет огромное значение в разных сферах и то, что ее изучение необходимо для дальнейшего прогресса человечества.

#### Список литературы

1. Ткачев Д. В. Графы и их применение при чрезвычайных ситуациях // Вестник науки и образования, 2019 г.
2. Бондаренко М.Ф., Белоус Н.В., Руткас А.Г. Компьютерная дискретная математика. – Харьков, 2004. – 512 с.

## ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ СЕРЦЯ НА ОСНОВІ РІВНЯ ХОЛЕСТЕРИНУ ТА ЧАСТОТИ СЕРЦЕВИХ СКОРОЧЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ

**Сергієнко О.С.**

Студентка групи ПЗПІ-18-3

Харківський національний університет радіоелектроніки

E-mail: oleksandra.serhiienko@nure.ua

**Ключові слова:** машинне навчання з учителем, прогнозування, лінійна регресія, алгоритм градієнтного спуску.

**Key words:** machine learning with a teacher, forecasting, linear regression, gradient descent algorithm.

**Вступ:** Застосування алгоритмів машинного навчання є досить актуальним на наш час і широко використовується в різних областях діяльності людини, таких як: охорона здоров'я, фінанси, електронна комерція, біологія та інші [1]. Більшу частину завдань машинного навчання поділяють на навчання з учителем і навчання без учителя. У роботі буде безпосередньо розглянуто машинне навчання з учителем, як найбільш поширений і вивчений тип навчання, який передбачає під собою наявність повного набору даних для тренування моделі на всіх етапах її побудови. Розглянуто та обґрунтовано вирішення задачі багатofакторної лінійної регресії.

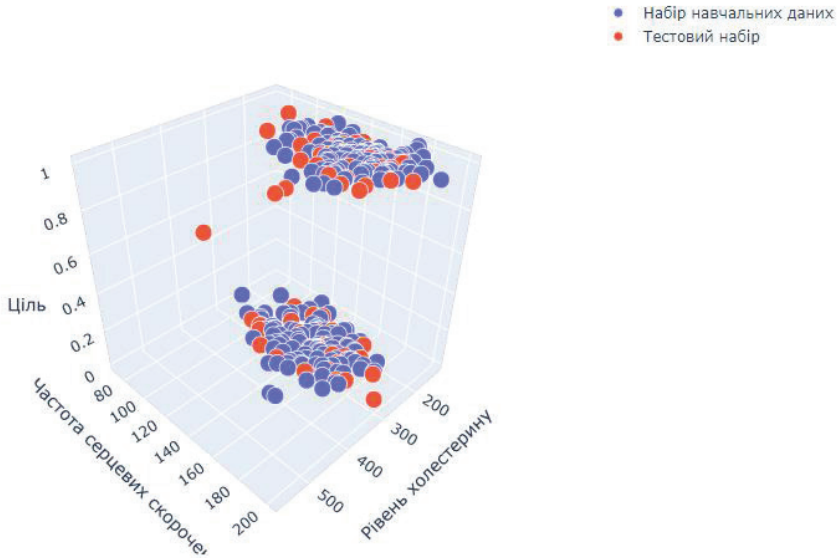
Постановка завдання: Проблема високої смертності від серцево-судинних захворювань є досить значущою, саме тому метою даної роботи є розглянути набір даних, який стосується захворювань серця, та ініціювати й навчити модель лінійної регресії, яка буде спроможна прогнозувати можливість виникнення захворювань серця з ураху-

ванням двох факторів: рівня холестерину та частоти серцевих скорочень.

Викладення матеріалу та результатів: Для дослідження було використано набір даних, який стосується захворювань серця. В даному наборі надана інформація про вік, стать, тип болю в грудях, артеріальний тиск, рівень холестерину, рівень цукру, частоту серцевих скорочень, стенокардію та інші ознаки [2]. В рамках дослідження будуть проаналізовані тільки два фактори: рівень холестерину, а також частота серцевих скорочень, на основі яких будемо ініціювати і тренувати модель лінійної регресії, а згодом прогнозувати можливість виникнення захворювань серця.

Для програмної реалізації було використано мову програмування Python3; командну оболонку для інтерактивних обчислень Jupyter Notebook, яка підтримує Python3; бібліотеки numpy, pandas, matplotlib, pyplot, plotly, plotly.graph\_objs.

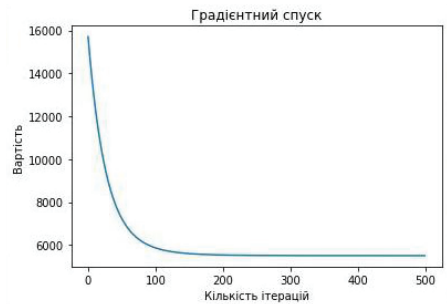
На першому етапі поділяємо дані на 2 набори: набір навчальних даних,



**Рисунок 1** – Візуалізація набору навчальних даних та тестового набору

який буде використано для навчання багатofакторної моделі лінійної регресії, і тестовий, на основі якого буде виконано перевірку правильності роботи моделі (рис. 1).

Далі, ініціюємо модель лінійної регресії і займаємося її навчанням, враховуючи кількість ітерацій, які використовуються алгоритмом градієнтного спуску для знаходження мінімуму функції вартості, розмір кроку градієнтного спуску, а також параметр регуляризації. Для нашої моделі кількість ітерацій складає 500, при такій кількості ітерацій алгоритм буде працювати довше, проте підвищується ймовірність того, що градієнтний спуск зможе досягти мінімуму [3]. Розмір кроку градієнтного спуску склав 0.1, а параметр регуляризації 0. При правильно навченій моделі значення функції вар-



**Рисунок 2** – Графік залежності функції вартості від кількості ітерацій

тості має зменшуватися з кожною наступною ітерацією, якщо ж значення збільшується, то це означає, що градієнтний спуск або не досяг мінімуму функції вартості, або пропустив його. У нашому випадку модель була навчена правильно, що впливає з графіку залежності функції вартості від кількості ітерацій (рис. 2).



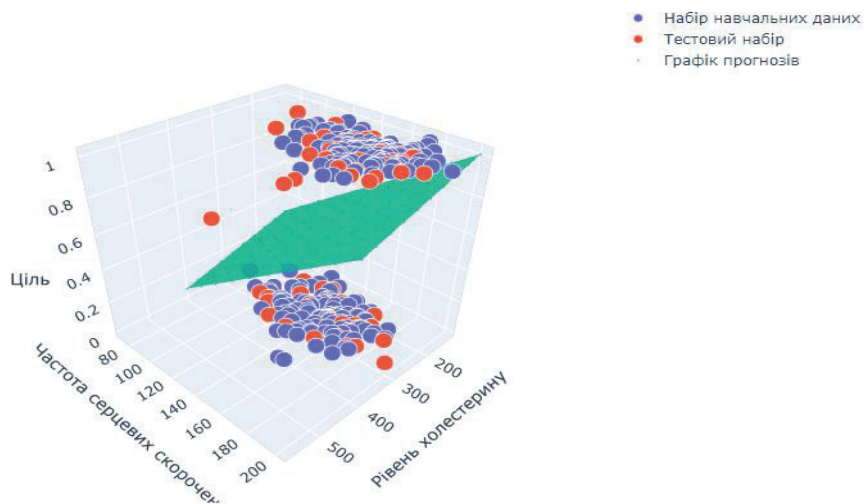


Рисунок 3 – Графік прогнозів моделі

Рівень холестерину	Частота серцевих скорочень	Ціль	Прогнозована ціль	Різниця
0	204	172	1	0.807718 0.192282
1	192	148	1	0.597579 0.402421
2	199	162	1	0.720160 0.279840
3	211	144	1	0.540726 0.459274
4	226	178	1	0.840503 0.159497
5	175	123	1	0.383361 0.616639
6	417	157	1	0.447173 0.552827
7	304	170	1	0.685218 0.314782
8	308	142	1	0.421344 0.578656
9	321	182	1	0.778853 0.221147

Рисунок 4 – Таблиця значень прогнозу

Для того щоб зрозуміти наскільки добре наша модель навчилася, будемо графік її прогнозів щодо набору навчальних даних та тестового набору (рис. 3).

Крім цього, ми також можемо представити таблицю значень прогнозу, яку навчена модель формує для невідомих для нашого набору значень рівня холестерину і частоти серцевих скорочень (рис. 4).

**Висновки:** Отже, у ході роботи за допомогою машинного навчання з учителем ініціювали та навчили модель лінійної регресії прогнозувати можливість виникнення захворювань серця з урахуванням декількох факторів: рівня холестерину та частоти серцевих скорочень. Перевагами такого підходу є досить велика точність про-

гнозів та можливість обробки значної кількості даних, але істотним недоліком є те, що машинне навчання з учителем використовує вже існуючий набір даних, якого може не бути при дослідженні проблеми, що ще не була вивчена на достатньому рівні.

**Список літератури:**

1. Применение машинного обучения и Data Science в промышленности [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/462769/> (Дата звернення: 11.12.2019).
2. Heart Disease UCI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.kaggle.com/ronitf/heart-disease-uci> (Дата звернення: 10.12.2019).
3. Машинное обучение от партнера Stanford [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.coursera.org/learn/machine-learning> (Дата звернення: 28.10.2019 – 18.12.2019).

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН У ВИДОБУТКУ ДАНИХ

Міхерєва В.Я.

Харківський національний університет радіоелектроніки

**Ключевые слова:** видобуток даних, нечіткі множини, нечітка логіка.

**Keywords:** data mining, fuzzy sets, fuzzy logic.

У теперішній час – час, коли людина має доступ до неосяжної кількості даних, коли діяльність багатьох організацій, фірм та компаній заснована на використанні баз даних все частіш виникає необхідність отримання так званих «прихованих» знань із «сирих» даних.

Такий процес як відкриття знань складається з ітеративної послідовності наступних кроків:

- 1) очищення даних;
- 2) інтеграція даних;
- 3) вибір даних;
- 4) перетворення даних;
- 5) видобуток даних;
- 6) оцінка шаблону;
- 7) презентація знань.

Розглянемо таку складову процесу відкриття знань як видобуток даних, який ще називають інтелектуальним аналізом даних [4]. За визначенням, видобуток даних (англ. data mining) – це збиральна назва для позначення сукупності методів виявлення у даних раніше невідомих, нетривіальних, практично корисних та доступних інтерпретацій знань, необхідних для прийняття рішень у різноманітних сферах людської діяльності.

Методи видобутку даних, як звісно, лежать на стику баз даних, статистики та штучного інтелекту. Основу методів ви-

добутку даних складають різноманітні методи класифікації, що засновані на використанні дерев рішень, штучних нейронних мереж, генетичних алгоритмів, еволюційного програмування, асоціативної пам'яті, а також нечіткої логіки.

За допомогою нечітких множин можливе моделювання неточних та якісних знань, а також передача та поводження з невизначеністю на різних етапах. Нечітка логіка здатна підтримувати в розумній мірі міркування людини у природній формі.

Нечітка логіка – це множини булевих логік, що були розширені для обробки концепції «часткових істинних значень», які лежать між «цілком істинними» та «повністю помилковими». З назви випливає те, що це логіка, за основу якої були обрані скоріш приблизні способи міркування, ніж точні.

Важливість нечіткої логіки лежить у тому, що більшість способів міркування людини та особливо міркування здорового глузду по своїй природі мають приблизний характер.

Далі перелічені характеристики нечіткої логіки, що були сформульовані Задером Лотфі:

1) у нечіткій логіці точно міркування розглядається як обмежувальний випадок приблизних міркувань;

2) у нечіткій логіці все залежить від ступеню;

3) будь-яка логічна система може бути нечіткою;

4) знання сприймаються як сукупність пружних або ж, що є рівним, нечітких обмежень на сукупність змінних;

5) припущення розглядається як процес розширення пружних обмежень.

Під нечіткою множиною  $A$  розуміється сукупність упорядкованих пар, складених з елементів  $x$  універсальної множини  $X$  та відповідних ступенів належності  $\mu_A(x)$ :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\},$$

де  $\mu_A(x)$  – функція належності, що вказує, в якому ступеню елемент  $x$  належить нечіткій множині  $X$ . Функція  $\mu_A(x)$  приймає значення у деякому лінійно впорядкованій множині  $M$ . Множину  $M$  – це множина належності, частіше за  $M$  приймається відрізок  $[0,1]$ .

Теорія нечітких множин все більш і більш застосовується в інтелектуальних системах через її простоту та схожість до людського міркування [1].

Розглянемо підхід до «нечіткого» видобутку даних, який полягає в застосування принципу нечіткості в самій побудові моделі. Існує декілька застосувань, обговоримо три з них.

Кластеризація: кластеризація  $k$ -значень є вже звичною технікою добутку даних без наглядку. Цей метод призначає кожне спостереження одному із заздалегідь визначених кластерів  $k$ , що має найближче значення. При нечіткій кластеризації спостереження певною мірою може належати багатьом класте-

рам. Ця часткова приналежність описується функцією належності.

Дерева рішень: дерева рішень часто використовуються для побудови прогностичних моделей. Під час навчання моделей у розщеплення у внутрішніх вузлах зазвичай ґрунтується на дуже суворох правилах. Застосування нечітких множин у цьому випадку дозволяє отримати більшу гнучкість. Замість абсолютного значення можна зробити розбиття на основі нечіткої множини.

Правила асоціації: розробка правил асоціації включає виявлення зв'язків між змінними в наборі даних. Один з найбільш відомих прикладів – це видобуток частих наборів предметів, які найчастіше купується разом. Тобто, так правила, як кожен, хто купує хліб та ковбасу, також купує сир, можуть бути виявлені. Введення нечіткості в цьому випадку може призвести до посилення підтримки правил.

Виявлення ефективних та надійних методів видобутку даних наразі є дуже актуальною задачею. Застосування нечіткої логіки може спростити реалізацію цих багатьох методів, а також зробити їх найбільш результативними.

### Перелік джерел посилань

1. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981. – 208 с.
2. Ягер Р.Р. Нечеткие множества и теория возможностей: Последние достижения. М.: Радио и связь, 1986.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
4. Ситник В.Ф., Краснюк М.Т. Интеллектуальный анализ данных (дейтамайнінг): Навч. Посібник. К.: КНЕУ, 2007. – 376 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ АССОЦИАЦИЙ В ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЧАСТНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

**Чернонос М. М.**

Студентка

Научный руководитель: старший преподаватель кафедры

**ПИ Олейник Е. В.**

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**Ключевые слова:** корреляция, биохимия, непрерывная случайная величина, причинная связь, регрессия

**Keywords:** correlation, biochemistry, continuous random variable, causal connection, regression

Основной проблемой системной биологии является определение вида биохимических взаимодействий из крупномасштабных наблюдений, в таких отраслях, как, например, транскриптомика, протеомика или метаболомика. Для облегчения задачи и предварительной оценки зависимостей элементов генома можно использовать частичный корреляционный анализ. Он позволяет построить приближенные неориентированные графики зависимостей на больших масштабах биохимических данных. Этот подход позволяет разделить прямые и косвенные взаимодействия биохимических соединений, благодаря чему генетическая сеть выводится более наглядным образом.

В качестве индикатора меры связи между непрерывными случайными величинами широко используется коэффициент корреляции Пирсона. Как известно, корреляция – не показатель причинно-следственной связи, так как различные причинно-следственные

связи могут сравнивать одну и ту же пару величин. Но несмотря на то, что корреляционные сети не совпадают с основными причинными сетями, корреляция довольно информативна при ее изучении в наборах генетических данных. Наиболее важной концепцией в данном вопросе является коэффициент частной корреляции.

Коэффициент частной корреляции количественно определяет корреляцию между двумя переменными (например, генная активность) при условной зависимости от одной или нескольких других переменных. Например, что именно является корреляцией  $r_{xyz}$  между переменными  $x$  и  $y$  с условием  $z$ ? Это корреляция между частями  $x$  и  $y$ , которые не связаны с

$z$ . Чтобы получить эти части  $x$  и  $y$ , обе величины подвергаются регрессии по  $z$ . Остатки полученной регрессии являются частями  $x$  и  $y$ , которые не связаны с  $z$ . Корреляция между остатками  $x$  и  $y$  будет частичной корреляцией между  $x$  и  $y$  с условием  $z$ .

Порядок коэффициента частичной корреляции определяется количеством условных переменных. Например,  $r_{xyz}$  является частным коэффициентом корреляции первого порядка, так как обусловлен только переменной  $z$ . Соотношение между двумя переменными оцениваются путем применения условий на всех возможных парах переменных. Если какая-либо из этих пар дает нулевую частичную корреляцию (или корреляцию, существенно не отличающуюся от нуля), этот узел удаляется из корреляционной сети. В результате применения данного алгоритма ко всем узлам поочередно, создается корреляционная сеть, предположительно состоящая из напрямую связанных величин.

В результате применения представленного метода обнаруживается, что подход имеет хорошую статистиче-

скую мощьность и низкий уровень ложных срабатываний даже при наличии шума в данных, а следовательно, может успешно использоваться при исследовании генетических наборов на наличие причинно-следственных цепей связи и корреляционных связей.

### Литература

1. Гмурман В. Е.. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва.: Высшая школа, 2003. – 479с.
2. Sahoo P. Probability and Mathematical Statistics. Louisville.: University of Louisville, 2008. – 689с.
3. Докинз Р. Расширенный фенотип: длинная рука гена. Москва.: АСТ, 2014. – 384с.
4. B. Yang, Y. Wang, P.-Y. Qian. Sensitivity and correlation of hypervariable regions in 16S rRNA genes in phylogenetic analysis. // BMC Bioinformatics. 2016. №17. – Режим доступа: <https://bmcbioinformatics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12859-016-0992-y/> (Дата обращения: 25.12.2019).

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ВОДНОТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ КУКУРУДЗЯНОЇ КРУПИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПЛАСТІВЦІВ

**Кустов І.О.**

к.т.н., старший викладач, Одеська національна академія харчових технологій

**Рибчинський Р.С.**

здобувач

**Ключові слова:** кукурудза, воднотеплова обробка, пропарювання крупи, плющені продукти.

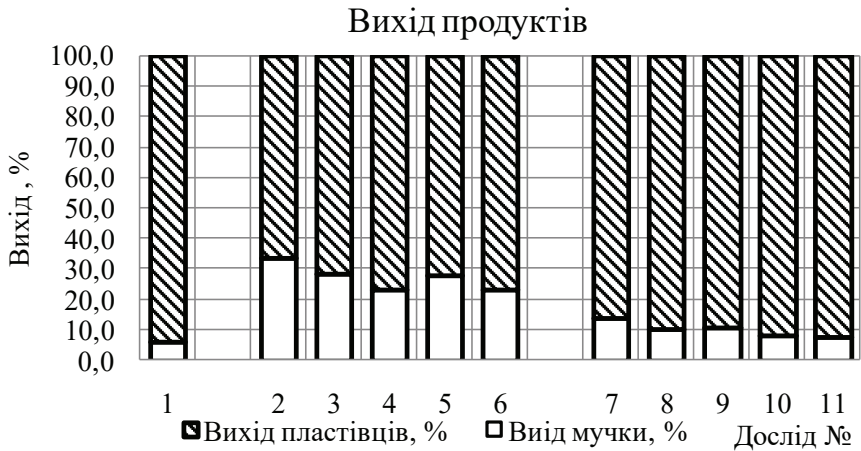
В умовах зростання попиту на сучасні плющені продукти їх виробництво сьогодні здійснюється практично з усіх традиційних видів зернової сировини – пшениці, ячменю, рису, проса, гречки, гороху, при цьому враховуючи відсутність рекомендацій щодо виробництва з них такого виду продуктів зазвичай переробними підприємствами розробляються і затверджуються власні внутрішні технічні умови.

При виробництві злакових та бобових пластівців в якості сировини застосовують в якості сировини цілу або подрібнену крупу для якої після здійснення контрольних операцій застосовують метод ВТО за комбінованою структурою холодного та гарячого кондиціонування, що дозволяє збільшити вологість крупи перед пропарюванням та відповідно більш ефективно проводити зміни технологічних властивостей та хімічного складу при нетривалому пропарюванні крупи.

Відомий спосіб виробництва пшеничних пластівців, що передбачає зволоження пшеничної крупи у три етапи до вологості 27-33 %, її відволоження,

пропарювання та на заключному етапі плющення. При переробці голозерного ячменю в пластівці, перед плющенням проводять зволоження зерна до 26-27 % з наступним його короткочасним відволоженням протягом 4-5 год.

Одним із сучасних способів виробництва плющених продуктів із злакових культур є використання ІЧ-випромінювання. Відомий спосіб виробництва пластівців з кукурудзи який передбачає очищення зерна від домішок, замочування, сушіння ІЧ-променями, обробку ІЧ-променями з подальшим плющенням в пластівці. Сушіння зерна ІЧ-променями проводиться при довжині хвилі 0,9-1,1 мкм і щільності променистого потоку 12-14 кВт / м<sup>2</sup> протягом 2,5-3,0 хв до вологості 30-32%, обробка зерна ІЧ-променями здійснюється при довжині хвилі 0,9-1,1 мкм і щільності променистого потоку 18-20 кВт / м<sup>2</sup> протягом 95-105 с до досягнення зерном температури 160-170 ° С з подальшим плющенням в гарячому стані в пластівці товщиною 0,6-0,7 мм. Сушінні зерна передують замочування у воді при



**Рисунок 1.** – Вплив режимів воднотеплової обробки на зміну виходу плющеного ядра та боршениця (серія 2)

температурі 18-20 ° С протягом 36 годин до кінцевої вологості 38-40%. Товщина отриманих пластівців при застосуванні такої технології переробки складає 0,6-0,7 мм, вихід готового продукту – 97-98%.

Відомий також спосіб виробництва кукурудзяних пластівців який передбачає використання етапу екструзії. Даний спосіб включає приготування суміші з рецептурних компонентів, кондиціонування водяною парою суміші, обробку у варильному екструдері, транспортування екструдату до ріжучого пристрою, різання, формування пластівців і обсмажування. Спочатку здійснюють приготування рецептурної суміші, що складається з води, цукру, солі і солодового екстракту, приготування, розварювання і формування тіста здійснюють в перед кондиціонері і екструдері, причому подачу сировини здійснюють одночасно, додаючи до вихідних компонентів чорницю сушену 1%, висівки пшеничні 30%

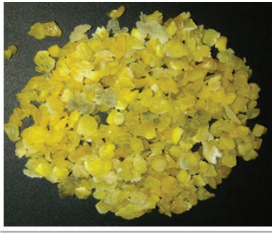
Meta роботи: дослідження впливу режимів етапу воднотеплової обробки (комбінований метод холодного і гарячого кондиціонування) на зміну кількісного виходу плющеного ядра при переробленні кукурудзяної крупи та їх впливу на зміну деяких показників хімічного складу отриманого плющеного ядра.

Предмет досліджень: кукурудзяна крупа №4: вологість – 13,1 %; масова частка золи – 0,58 %; масова частка крохмалю – 71,1 %.

Об’єкт дослідження: режими воднотеплової обробки (зволоження, відволоження, пропарювання), режими плющення.

Умови досліді: крупу без додаткової обробки направляли на пропарювання. Тривалість пропарювання: 2,5,





а)



б)



в)

**Рисунок 2.** – Загальний вид плющеного продукту отриманого при  $P=0,01$  МПа,  $t=10$ хв: а)  $W_p=20$  %; б)  $W_p=22$  %; в)  $W_p=24$  %.

5,0, 7,5, 10,0 та 12,5 хв. Перед плющенням крупу темперували 10 до 50 хв (серія 1). Крупу зволожували до заданої вологості 16 % та відволожували 12 год. Тривалість пропарювання: 2,5, 5,0, 7,5, 10,0 та 12,5 хв. Перед плющенням крупу темперували 10 до 50 хв (серія 2).

Плющення крупи здійснювали на вальцьовому верстаті з гладкими вальцями при робочому зазорі 0,3-0,4 мм;

Технологічно доцільним режимом ВТО для переробки кукурудзяної крупи в пластівці є вологість перед пропарюванням 16 % та тиск пари 0,01 МПа та тривалість пропарювання 10 хв. Пропарювання крупи при такому режимі дозволяє отримувати вихід плющеного ядра на рівні 86-94 %.

За попередньою органолептичною оцінкою плющений продукт отриманий при такому режимі характеризується як дрібні кукурудзяні пластівці (рис. 2 а).

Відсутність етапу попереднього зволоження до 16 %, або зменшення тривалості пропарювання нижче 10 хв, не дозволяє провести зміну фізико-хімічних та технологічних властивостей крупи у повному обсязі, на

що вказує значна кількість борошнця, яка утворюється при плющенні. Окрім цього, при плющенні крупи, підготовленої за такого режиму, від пластівців відколюються частини і кінцевий продукт характеризується несиметричною формою.

Подальше збільшення часу пропарювання вище 12,5 хв, в свою чергу дозволяє збільшити вихід плющеного ядра та зменшити вихід борошнця, однак надмірне знаходження крупи у камері пропарювача приводить до подальшого розмазування крупи, забиття технологічного обладнання, високої вологості пластівців, тому пластівці отримані при такому режимі характеризуються частковим злипанням та неоднорідною крупністю (рис. 2 в).

### Список літератури

1. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. – К., 1998. – 164 с.
2. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Шутенко Є.І. Технологія круп'яного виробництва: навч. посібник / Є.І. Шутенко, С.М. Соц. – К.: Освіта України, 2010. – 272 с.
4. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія

- переробки зерна/ І.Т. Мерко, В.О. Моргун. – Підручник.- Одеса: Друк, 2001. – 348 с.
5. Способ производства хлопьев из зерна кукурузы (кроме лопающейся) [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2507875>
6. Способ производства экструдированных кукурузных хлопьев [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://patents.google.com/patent/RU2567196C1/ru>
7. Kastner, J. Corn: a history / J. Kastner. – New Word City, 2017, 30 p.
8. Буняк, О. В. Удосконалення переробки зерна кукурудзи в крупута екструдовані продукти / О. В. Буняк, С. М. Соц // Зб. тез доп. 79-ї наук. конф. викл. акад., Одеса, 16–19 квіт. 2019 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій ; під заг. ред. Б. В. Єгорова. – Одеса, 2019.

## ПРОБЛЕМА АНАЛИЗА ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ОБЪЕКТОВ СУШКИ И СТРАТЕГИЯ ЕЁ РЕШЕНИЯ

**Сажин В.Б.**

академик, профессор, доктор технических наук,  
директор Российского инвестиционно-инновационного  
Фонда «Научная Перспектива», Москва, Россия

**Сажин Б.С.**

академик, профессор, доктор технических наук,  
советник Российского инвестиционно-инновационного  
Фонда «Научная Перспектива», Москва, Россия

**Ключевые слова:** химия, технология, сушка, дисперсный, сажин

**Keywords:** chemistry, technology, drying, dispersed, sazhin

Сушка – один из наиболее энергоёмких процессов химической технологии, часто определяет товарный вид и потребительские характеристики химических продуктов. Внимание к процессу обусловлено тем, что до 85% потребляемой энергии химического предприятия приходится на сушку, номенклатура подлежащих сушке веществ составляет сотни тысяч наименований и постоянно растёт [1-9; 13; 16]. Не изжито стремление на производстве «подогнать» технологию термообработки нового объекта сушки «под» имеющееся оборудование. Заведомо неэффективное оформление энергетически затратного процесса подрывает конкурентные позиции промышленной площадки и (за счёт завышенной производственной себестоимости) нарушает интересы переработчика и конечного потребителя продукции [17-20; 22; 23; 40-42].

Проведение масштабных исследований для подбора режимно-кон-

структивных параметров промышленного процесса – процесс длительный и затратный (требуется подготовленный персонал, хорошая приборная база и многие месяцы работы) [1; 3; 15; 17; 22; 29].

Попытки организовать региональные исследовательские лаборатории для обслуживания предприятий по анализу характеристик подлежащего сушке химического продукта и подбору для него эффективного гидродинамического режима и конкретной аппаратуры с проведением серии лабораторных исследований и полупромышленных испытаний потерпели неудачу вследствие того, что выделяемый на промежуточном этапе производства подлежащий дальнейшей сушке продукт существенно изменял свои структурные характеристики в первые 15-20 минут после выделения. И даже с организацией экстренной перевозки (в специальных контейнерах и с мерами предосторожности) выделенного

на производстве «свежего» влажного продукта в региональный лабораторный центр, исследователь имел дело с совершенно иным материалом, нежели тот, что был выделен на производстве. Получившая распространение практика проведения исследований в центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) на деле помогала лишь в финансово затратном «освоении» выделенных бюджетных средств, т.к. материал реально успевал изменить структуру и свойства даже за время переноски его из цеха в ЦЗЛ [1; 6; 9].

В 1960-х годах акад. Б.С. Сажин предложил принципиально новую концепцию анализа материалов как объектов сушки. До него научные исследования вопроса существовали параллельно с промышленными реалиями. Поэтому грамотные с точки зрения фундаментальной науки решения либо не могли быть воспроизведены в промышленных условиях, либо при внедрении давали заведомо неприемлемые результаты. Рационализаторские усилия специалистов-производственников заведомо не могли обеспечивать разработку эффективных решений. Так уточнение режимно-конструктивных параметров и доведение до технологического и аппаратного совершенства сушки химического продукта (например, хорошо сыпучего дисперсного материала со связанной влагой) в технологически неэффективном для него гидродинамическом режиме (например, в вальцово-ленточных сушилках или аппаратах типа «венулет») заведомо не

могут сравниться даже с несовершенной (с точки зрения аппаратного оформления и «не доведёнными до ума» режимно-конструктивными параметрами) организацией того же процесса, но в сушилках с выгодной (именно для этого материала) гидродинамикой (скажем, в аппаратах фонтанирующего слоя) [1; 4; 6-10; 37; 40. 41].

Здесь следует заметить, что сказанное выше справедливо в пределах одного и того же технологического уклада. В «советское» время (да и гораздо позднее) страна закупала за валюту аппаратуру, конструкция которой была «заимствована» из российских источников (авторский приоритет был за российскими разработчиками) и зачастую даже «не совсем качественно скопирована с оригинала». Но уровень обработки «рабочих поверхностей» в «импортных» аппаратах устаревшей конструкции был настолько высок, что они были в производственных условиях гораздо выгоднее не только аналогичной серийной продукции «отечественного» машиностроения, но и «отечественных» аппаратов существенно более совершенных (только изготовленных в условиях низкого технологического уклада).

Концепция коренного прорыва в решении проблемы анализа дисперсных материалов Б.С. Сажина предусматривала нижеследующие мероприятия:

– на основании рассмотрения сотен и сотен известных разнообразных характеристик (и свойств) материалов выделить ограниченное число основных [1; 9; 13; 21; 25];

– классифицировать основные характеристики по общим признакам и создать логичную и удобную для анализа классификацию характеристик материалов как объектов сушки [1; 6; 9; 11; 13];

– разработать новую классификацию гидродинамических режимов, увязав её с возможностями и потребностями отечественной промышленности, при этом акцентируя внимание на существующей серийно выпускаемой сушильной технике [1; 3; 4; 6-10; 28; 32; 35; 38-41] (чтобы избежать частой ошибки «революционных преобразователей промышленности», предложения которых (часто – дельные) отвергаются даже без предварительной экспертизы из-за масштабных материальных затрат);

– при разработке классификации гидродинамических режимов включить в неё новые, перспективные режимы, для чего провести дополнительные исследования таких режимов для их научного обоснования и «доводки» до возможности воспроизведения в промышленных образцах на основе существующих производственных мощностей без необходимости выделения дополнительных бюджетных средств [1; 6; 11; 19; 28-30];

– разработать теорию эффективности гидродинамических режимов, предложить и научно обосновать критерии эффективности гидродинамических режимов для разработки инженерных методик и проблемноориентированных пакетов программ для расчёта и сравнительного анализа

эффективности гидродинамических режимов [1; 6; 10; 35; 36; 38; 39];

– из всей совокупности параметров, соответствующих основным характеристикам материалов как объектов сушки выделить и научно обосновать интегральные характеристики (две или одну), которые будут наилучшим образом определять статус материала как объекта сушки, а также однозначно определять местоположение данного материала в классификации;

– разработать стратегию инженерного расчёта процесса сушки и создать проблемноориентированные пакеты программ [6-10; 18; 27; 28; 32]

– разработать формы итоговой классификационной таблицы, таблицы для подбора основного оборудования, таблицы для подбора систем пылеочистки, таблицы для выбора конструкций питателей-дозаторов и др. [1]

– для каждого разряда каждой подгруппы, каждой группы, каждого класса классификации материалов как объектов сушки подобрать специальные модельные материалы, обладающие определённой суммой признаков и свойств [1; 6; 9; 13];

– для каждого выбранного модельного материала провести исследования по анализу характеристик, моделированию кинетики и гидродинамики (с разработкой единой математической модели), по расчёту процесса сушки, выбору эффективного гидродинамического режима (включая исследования на лабораторных, пилотных, полупромышленных и промышленных сушильных установках), по

разработке методик инженерного расчёта режимно-конструктивных параметров сушильных установок (включая эксергетический анализ) [3; 6-9; 11-15; 19; 24; 26; 28; 31; 33; 34; 36; 42].

Указанный комплекс мероприятий выполнен научной школой Б.С. Сажина. Исследования продолжались около 45 лет, в ходе исследований сотрудниками научной школы было защищено более 350 кандидатских и более 70 докторских диссертаций. Разработаны десятки конструкций аппаратов (с подготовкой проектной документации) получено порядка 600 авторских свидетельств на изобретения и патентов СССР, РФ, Франции, ФРГ, Греции, Нидерландов, Исландии, Португалии, Швеции, Италии, Швейцарии, Германии, Испании, Великобритании, Бельгии, США и других стран. Издано более 4000 статей и свыше 100 книг. Получено 5 государственных премий СССР и РФ в области науки и техники и более 10 медалей престижных международных инновационных салонов.

Резюмируя, отметим, что разработанная классификация материалов как объектов сушки на основе существенных классификационных признаков – критического размера пор  $d_{кр}$  и коэффициента адгезионно-аутогезионного взаимодействия  $K_{a-k}$ , где их совокупность строго определяет местоположение материала в классификации. Для каждого места классификации были подобраны удобные для анализа модельные материалы, имеющие нужную совокупность признаков. Для таких материалов были проведены мас-

штабные исследования, включающие подбор эффективного основного и вспомогательного промышленного оборудования (с обязательным проведением полупромышленных и промышленных испытаний).

В настоящее время для любого нового материала достаточно экспериментально получить  $d_{кр}$ , в соответствии с экспертной оценкой, уточнить ранг  $K_{a-k}$ , (который определяется органолептически), определить (на основании этих двух характеристик) место материала в классификации и воспользоваться уже подобранным для этого конкретного места заведомо эффективным промышленным решением [1; 6; 7; 9-13, 16; 20; 22; 25; 29].

### Литература

1. Сажин, Б.С. Научные основы техники сушки / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин. – М.: Наука, 1997. – 448 с.
2. Б.С. Сажин и В.Б. Сажин Установка для сушки дисперсных материалов /А.С. СССР.№ 1025974: 30.06.1983//Бюлл. изобретателя. 9, 24 (72), 1983.
3. Сажин В.Б. Моделирование и расчёт процесса сушки в аппаратах псевдооживленного слоя//Моделирование и оптимизация процессов сушки (Кафаров В.В., Дорохов И.Н.). Итоги науки и техники, выпуск №15. М.: ВИНТИ. 1987. С. 25-42.
4. Запорожец, Е.П. Моделирование процесса сушки твёрдого материала в фонтанирующем слое/ Е.П. Запорожец, Л.П. Холпанов, В.Б. Сажин // ТОХТ, 1997, том 31, №4, с. 638-653
5. Сажин, Б.С. Эксергетический анализ работы промышленных установок / Б.С. Сажин, А.П. Булеков, В.Б. Сажин. – М.: МТИ, 2000. – 297 с.
6. Сажин В.Б. Научные основы техники

- сушки дисперсных материалов при эффективных гидродинамических режимах взвешенного слоя. Дисс ... доктора техн. наук. М.: Изд-во РХТУ, 2000. Т. 1 – 617 с., Т. 2 – 203 с.
7. Сажин, В.Б. Сушка в закрученных потоках: теория, расчёт, технические решения / В.Б. Сажин, М.Б. Сажина. М.: РосЗИТЛП, 2001. – 324 с.
  8. Выбор и расчёт аппаратов с взвешенным слоем / В.Б. Сажин, М.Б. Сажина. М.: РосЗИТЛП, 2001. – 336 с.
  9. B. S. Sazhin and V. B. Sazhin Scientific Principles of Drying Technology /New York -Connecticut-Wallingford (U.K.): Begell House Inc.-2007.-506 PP/
  10. Сажин, Б.С. Сушка в активных гидродинамических режимах/ Б.С. Сажин, В.Б. Сажин, Е.В. Отрубянников и др. // ТОХТ, 2008, том 42, №6, с. 638-653.
  11. Сажин, Б.С. Научные основы термовлажностной обработки дисперсных и рулонных материалов/ Б.С. Сажин, В.Б. Сажин. М.: Химия, 2012. -776 с., ил.
  12. Сажин, Б.С. Математическое моделирование движения газа в сепарационной зоне прямоточного вихревого аппарата на основе (к-е)-модели турбулентности/ Б.С. Сажин, А.В. Акулич, В.Б. Сажин // ТОХТ, 2001, том 35, № 5, с. 472-478.
  13. Сажин В.Б. Научные основы стратегии выбора эффективного сушильного оборудования / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин. М.: Химия, 2013. – 544 с., ил.
  14. Сажин, В.Б. Математическая модель процесса сушки сыпучих продуктов в псевдооживленном слое/ В.Б. Сажин, А.А. Ойгенблик, И.Н. Дорохов, В.В. Кафаров// Промышленная теплотехника, 1985, № 6, т. 7, с. 40-46
  15. Efremov G., Sazhin B., Sazhin V. Calculation of parameters of drying using a combination of microwave and convective heating. Drying' 98, Proc., vol. C, ZITI Edition, Greece, 1998, p. 2129-2133.
  16. Сажин, В.Б. Анализ основных подходов к классификации материалов как объектов сушки/ В.Б. Сажин, М.Б. Сажина, Б.С. Сажин.- Известия вузов: Химия и химическая технология, Том 48, №5, 2005. С. 99-104.
  17. Сажин, В.Б. Оптимизация аппаратурного оформления сушильных процессов в технике взвешенного слоя/ В.Б. Сажин, Б.С. Сажин, М.Б. Сажина и др. //Успехи в химии и химической технологии. – Том XXI.-2007.- №1 (69).- С. 49-65
  18. Время сушки сыпучих продуктов в условиях псевдооживленного слоя /А.А. Ойгенблик, Б.А. Корягин, В.Б. Сажин и др.//Химическая промышленность, №11, 1989. С. 66-72 (866-872).
  19. Drying in Active Hidrodynamic Regimes /B.S. Sazhin, V.B. Sazhin, E.V. Otrubjanikov, and L.M. Kochetov/ Teoretical Foundations of Chemical Engineering, 2008, Vol. 42, No. 6, pp. 837-851. – Pleades Publishing Ltd., 2008.
  20. V. Sazhin & B. Sazhin Innovative implementation strategy of industrial drying processes in a fluidized bed / 21 century: fundamental science and technology VIII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 23-24.01.2014, in 3 vs /Vol. 2 – North Charleston, SC, USA:CreateSpace, 2014, pp. 241 ISBN: 978-1495417696), 154-157 p.
  21. V. Sazhin & B. Sazhin Determination of thermal properties of materials as objects of thermal and humidity processing / «Academic science -problems and achievements III» (Moscow, 20-21, Feb. 2014, North Charleston, SC, USA, 20-21, Feb. 2014): in 3 vv. – Vol. 2.- «SPC Academic», North Charleston, SC, USA 29406, 2014.- 304pp. (ISBN: 978-1496106537). P. 231-236.
  22. V. Sazhin & B. Sazhin Procedure discrimination alternatives in implementing the strategy of choice for efficient drying installation of dispersed materials / «Fundamental science and technology – promising developments IV» North Charleston, SC, USA, September, 29-30, 2014): in 3 vv. Vol. 2. – «SPC Academic», North Charles-

- ton, SC, USA 29406, 2014.- 281pp. (ISBN: 978-1502702210). P.102-106.
23. V. Sazhin & B. Sazhin Methods of increasing the efficiency of production processes for the textile, chemical and allied industries / «Academic science -problems and achievements V» (North Charleston, SC, USA, December, 1-2, 2014): in 3 vv. – Vol. 1.- «SPC Academic», North Charleston, SC, USA 29406, 2014.- 280pp. (ISBN: 978-1505392654). P. 68-71.
  24. V.Sazhin & B.Sazhin Application of exergy analysis to reduce the anthropogenic impact on the industrial environment [article] / «Topical areas of fundamental and applied research V») (North Charleston, SC, USA, December, 22-23, 2014): in 2 vv. Vol. 1. – «SPC Academic», North Charleston, SC, USA 29406, 2015. – 233pp. (ISBN: 978-1-50585-703-0). P. 116-119.
  25. V. Sazhin & B. Sazhin Principles classifying materials as processing objects for the processes of drying and washing [article] / «Fundamental science and technology – promising developments V» (North Charleston, SC, USA, February, 24-25, 2015): in 2 vv. Vol. 1. – «SPC Academic», North Charleston, SC, USA 29406, 2015. – 225pp. (ISBN: 978-1508657552). P. 135-140.
  26. Сажин В.Б., Сажин Б.С. Кинетика массообменных процессов в текстильной и химической отраслях [Текст]/В.Б. Сажин // Международный академический вестник (ISSN: 2312-5519), №1(7), 2015. С. 136-139.
  27. V. Sazhin & B. Sazhin Modeling of drying and washing under the terms of the so-called “balance problems” [article]/ «Fundamental and applied science today V» (North Charleston, SC, USA, March, 30-31, 2015): in 3 vv. Vol. 1. – «SPC Academic», 4900 LaCross Road, North Charleston, SC, USA 29406, 2015.- 216pp. (I-IV+i-vi) (ISBN: 978-1511565684). P. 113-117.
  28. Сажин, В.Б. Оценка эффективного применения гидродинамических режимов взвешенного слоя для реализации тепломассообменных процессов /В.Б. Сажин, Б.С. Сажин // Международный академический вестник (ISSN: 2312-5519), №2(8), 2015. С. 123-128.
  29. Сажин, В.Б. Создание эффективной сушильной установки и разработка промышленного кода: технологическая задача и её решение для материала как объекта сушки / В.Б. Сажин, Б.С. Сажин // Международный академический вестник (ISSN: 2312-5519), №5(11), 2015. С. 99-102.
  30. Оценка эффективного применения гидродинамических режимов взвешенного слоя для реализации тепломассообменных процессов/В.Б. Сажин //Межд. академ. вестник (ISSN: 2312-5519), №2(8), 2015. С. 123-128.
  31. V. Sazhin & B. Sazhin Modeling of drying and washing [article] // Fundamental science and technology – promising developments VII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 1-2.12.2015, Vol. 1. – North Charleston, SC, USA:CreateSpace, 2015, – 278p. P. 112-117.
  32. Сажин, В.Б. Критерии активности гидродинамической обстановки в аппаратах при реализации процесса сушки / В.Б. Сажин, Б.С. Сажин //Международный академический вестник (ISSN: 2312-5519), №6(12), 2015. С. 61-64.
  33. V. Sazhin & B. Sazhin Evaluation of thermodynamic activity in the apparatus of the weighted layer during the heat and mass transfer processes // 21 century: fundamental science and technology VIII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 25-26.01.2016, in 3 vs /Vol. – North Charleston, SC, USA:CreateSpace, 2016, p. 224 ISBN: 978-1523740369), 97-102 p.
  34. V. Sazhin & B. Sazhin Determination of rational acquisition and development of the technical code for drying equipment // Academic science – problems and achievements VIII: Proceedings of the Conference. North Charleston, Feb.,15-16, 2016,



- in 3 vs /Vol. 1 – North Charleston, SC, USA:CreateSpace, 2016, p. 204, ISBN: 978-1530131884, 118-121 p.
35. V. Sazhin & B. Sazhin Problems of selection of standard equipment for efficient drying of materials // Topical areas of fundamental and applied research VIII: Proceedings of the Conference. North Charleston, Mar., 9-10, 2016, in 3 vs / Vol. 1 – North Charleston, SC, USA:CreateSpace, 2016, p. 203, ISBN: 978-1530537464, 96-101 p.
36. V. Sazhin & B. Sazhin Evaluation MFP activity to the swirling flows directed towards each other // Topical areas of fundamental and applied research X: Proceedings of the Conference. North Charleston, Nov., 7-8, 2016, in 2 vs /Vol. 1 – North Charleston, SC, USA:CreateSpace, 2016, p. 163, ISBN: 978-1540404183, 61-63 p.
37. Сажин, В.Б. Моделирование кинетики сушки полидисперсных частиц различной формы (одиночная частица)/ В.Б. Сажин, А.А. Ойгенблик и др. //Исследования по химии и химической технологии минеральных удобрений и сырья для их производства: Сб. науч. тр. М.: МХТИ, 1990. С. 46-50.
38. V.B. Sazhin, B.S. Sazhin Choice of Rational Composition of Drying Installation With Dispersed Material Fluidized Bed. Energy-Saving Technologies for Drying and Hygrothermal Processing. 28-31 May 2002. Proceedings. V.1. Plenary Reports. P. 87.
39. B.S. Sazhin, V.B. Sazhin Policy of A Choice of Rational Auxiliary Equip-ment of Process Drying/Energy-Saving Technologies for Drying and Hygro-thermal Processing. 28-31 May 2002. Proceedings. V.1. Plenary Reports. P. 84.
40. Метод исследования кинетики сушки сыпучих продуктов в псевдоожиженном слое / С.В. Сорокин, В.Б. Сажин // Аппараты с неподвижными и кипящими слоями в хлорной промышленности: Сб. науч. тр. М.: НИИТЭХИМ, 1988. С. 106-111.
41. Сажин В.Б. и др. Макрокинетика и кинетика процессов сушки сыпучих продуктов в псевдоожиженном слое/Сушильное оборудование для химических производств. Сб. науч. тр. (химическое машиностроение). М.: НИИХИМИМАШ.1987. С. 64-72.
42. Сажин, В.Б. Гидродинамическое моделирование сушильных аппаратов в производстве минеральных удобрений / В.Б. Сажин, Н.В. Меньшутина, Э.М. Кольцова и др. // Исследования по химии и хим. технологии минеральных удобрений и сырья для их производства: Сб. науч. тр. М.: МХТИ, 1990. С. 84-88.

## ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ КАК ОБЪЕКТОВ СУШКИ

---

### Сажин В.Б.

академик, профессор, доктор технических наук,  
директор Российского инвестиционно-инновационного  
Фонда «Научная Перспектива», Москва, Россия

### Сажин Б.С.

академик, профессор, доктор технических наук,  
советник Российского инвестиционно-инновационного  
Фонда «Научная Перспектива», Москва, Россия

---

**Ключевые слова:** химия, технология, сушка, дисперсный, сажин

**Keywords:** chemistry, technology, drying, dispersed, sazhin

Расчёт сушильного аппарата предполагает предварительное определение теплофизических характеристик (ТФХ) материала, являющегося объектом сушки [1-12]. Для выбора рационального метода изучения ТФХ можно отталкиваться от представления механизма термовоздействия на исследуемый образец, предполагающего последовательное прохождение определённых фаз. Например, различают характерные тепловые режимы начальный, упорядоченный и стационарный. В частном случае симметричных граничных условий – начальный и упорядоченный. Для начального режима предполагается многофакторность и недетерминированность описания. Для случая установившегося теплового режима (наличие стохастического фактора можно за малостью не учитывать) описание существенно упрощается, т.к. температурная зависимость может быть линеаризована и стратегия расчётов в этом случае (например, для

определения теплофизических характеристик нестационарными методами) основана на определении тангенса угла наклона такой линии к оси абсцисс. Упорядоченный тепловой режим асимптотически подходит к равновесному термодинамическому состоянию (при симметричном распространении тепла) или вписывается в стационарную стадию (при несимметричных краевых условиях), математическое описание которых ещё более упрощается.

Основными теплофизическими характеристиками для расчёта процесса сушки дисперсных материалов являются теплопроводность, теплоёмкость и температуропроводность [12-19; 21-25; 35-38; 40]. В соответствии с новым межгосударственным стандартом (ГОСТ 33160-2014) *теплопроводность*  $\lambda$  [Вт/(м К), Вт/(м °С)] – теплофизическая характеристика материала, отражающая его свойство передавать теплоту за счёт теплопроводности и чис-

ленно равная плотности теплового потока через поверхность, перпендикулярную тепловому потоку в материале при градиенте температуры в  $1 \text{ Вт/К}$  (теплопроводность является коэффициентом пропорциональности в дифференциальном уравнении закона Фурье, а также зависит от химического состава материала, его структуры, плотности, влажности, температуры и др.); *теплоёмкость*  $C$  [Дж/К] – количество теплоты, требуемое для нагревания тела на  $1 \text{ °С}$  (К); *температуропроводность*  $a$  [ $\text{м}^2/\text{с}$ ] – физическая величина, численно равная теплопроводности, делённой на плотность и объёмную теплоёмкость (характеризует свойство материала выравнивать температуру; тела, имеющие большую температуропроводность, нагреваются (охлаждаются) быстрее по сравнению с телами, имеющими меньшую температуропроводность; температуропроводность равна повышению температуры, которое произойдёт у единицы объёма данного вещества, если ему передать количество теплоты, численно равное его теплопроводности,  $\text{Вт}/(\text{м К})$ ; температуропроводность равна плотности теплового потока при градиенте объёмной концентрации внутренней энергии в  $1 \text{ Дж}/\text{м}^3$ )/ $\text{м}=\text{Дж}/\text{м}^4$ ; определения даны для материала однородного и непрозрачного).

Существуют различные методы отдельного и комплексного определения теплофизических характеристик (ТФХ) материалов с использованием нагрева (в широком температурном диапазоне) – от начального до стацио-

нарного. Для изучаемых образцов (им для простоты описания часто придаётся определённая «модельная» форма, например, пластины, цилиндра, шара) необходимо знать вид функции температурного поля, описываемого дифференциальными соотношениями. А также необходимо замкнуть систему уравнений, добавив условия однозначности по фактору времени, геометрические, физические или граничные условия [4; 10-12; 15; 17-18; 20; 39].

Принято разделять экспериментальные методы определения ТФХ на стационарные, нестационарные и комплексные методы.

Стационарные методы основаны на законе теплопроводности Фурье для стационарного теплового потока. При их реализации исследуемому материалу (образцу для эксперимента) придаётся одна из «канонических» форм с понятным (стандартным) математическим аппаратом – пластины, цилиндрической полой трубы, сферической оболочки, внутри которых создаётся соответствующее одномерное температурное поле.

Экспериментальное определение характеристик материалов сопровождается рядом побочных явлений, убрать которые трудно и дорого, а корректно учесть невозможно: утечками тепла через торцы, конвекцией, излучением, скачком температуры на границе твёрдого тела и газа (жидкости). Для устранения тепловых потерь применяются разнообразные охранные нагреватели, кольца, колпачки. При использовании стационарных ме-

тодов исследования в процессе нагрева исследуемых влажных материалов происходит перераспределение влаги, что искажает опытные данные [21-25].

Методы стационарного теплового режима получили широкое распространение благодаря простоте решения уравнения теплопередачи в условиях стационарного теплового потока ( $t=\bar{t}$ ,  $F_0=\bar{F}$ ), проходящего через опытный образец заданных размеров с возникновением при установившемся тепловом режиме перепада температур на изотермических сторонах образца [14-15; 18].

Нестационарные методы определения ТФХ материалов основаны на теории теплопроводности при нестационарном тепловом потоке. Критерии Фурье и Био при нестационарной задаче относятся к теплообмену теплопроводностью, учитывая физические свойства тел и временные характеристики. Число Фурье (или мера тепловой насыщенности тела) численно характеризует нестационарность процесса (чем больше Фурье, тем ближе стенка к полному прогреванию).

В нестационарных методах в зависимости от величины чисел Фурье различают методы начальной стадии ( $F_0 \leq 0,55$ ) и методы регулярного режима ( $F_0 \geq 0,55$ ). Также предлагается ввести общий признак регуляризации процесса нагревания тел – по крайевым условиям, заданным при решении дифференциального уравнения теплопроводности. В общем случае (для широкого диапазона температур от 170 град К до 700 град К) используются методы

монотонного режима. При условиях, близких к «нормальным» – методы регулярного режима первого рода.

Широкое распространение в практике теплофизических измерений получили методы регулярного режима, разработанные Кондратьевым и получившие дальнейшее развитие в работах других исследователей. Методы позволяют определить все три теплофизические характеристики материала за сравнительно непродолжительное время эксперимента. В основу методов регулярного режима положены закономерности второго периода охлаждения или нагревания, характеризующегося постоянным темпом. Распределение температуры по точкам системы зависит не от начального состояния, а от формы, размеров, условий теплообмена на границе и теплофизических характеристик тела [1-2; 4; 8; 10; 21-22; 25-28; 34].

Большие возможности открывают и методы квазистационарного теплового режима, предложенные Лыковым, предполагающие линейное изменение температуры в любой точке тела во времени. Эти методы, позволяющие осуществлять широкотемпературные измерения, можно считать переходными между начальным режимом, последующим нестационарным и стационарными режимами.

Для экспериментального определения ТФХ материалов также используют комплексные методы, которые в большинстве случаев основываются на теории начальной и упорядоченной стадии нестационарной теплопрово-

дности. Комплексные методы позволяют определять одновременно из одного эксперимента на одной установке и на одном образце несколько ТФХ в широком интервале температур. Однако, массового распространения комплексные методы пока не получили.

Выводы. Стационарные методы могут быть применены для измерения теплопроводности при условии, если в исследуемых веществах (твёрдые и сыпучие материалы) не происходит химических превращений (как, например, при регенерации сорбентов). Методы непригодны для исследования закономерностей изменения ТФХ в зависимости от температуры, изменения химического состава и порозности. Имеют ограничения, например, позволяют определить коэффициент теплопроводности, а температуропроводность – нет (для её определения применяют методы регулярного режима). Большая длительность исследования становится причиной больших погрешностей в результате миграции влаги под действием температурного градиента [31-33; 41].

Нестационарные методы с точки зрения оперативности, полноты получаемой информации об объектах исследования и простоты реализации экспериментальных установок являются более перспективными. В нестационарных методах исследования теплофизических свойств веществ по сравнению со стационарными снижены требования к тепловой защите, затрачивается меньше времени и тепловой энергии для проведения эксперимента.

К недостаткам нестационарных методов следует отнести трудность оценки соответствия действительных граничных условий в эксперименте с условиями, принятыми в теории. Сами дифференциальные уравнения температурного поля в случае нестационарного режима, по сравнению со стационарным режимом, намного более сложны и в большинстве случаев не решаются аналитически, однако кратковременность процесса и возможность одновременного определения всех трёх теплофизических коэффициентов, пригодность методов для влажных материалов при больших температурных градиентах делают эти методы предпочтительными там, где есть возможность машинной обработки результатов. Основным ограничением методов квазистационарного теплового режима является сложность задания на поверхностях анализируемого материала постоянных и регистрируемых тепловых потоков. К недостаткам наиболее рациональных для анализа дисперсных материалов нестационарных методов регулярного режима относятся сложность аппаратного оформления, зависимость точности определения от коэффициента теплоотдачи, который предполагается либо постоянным, либо равным бесконечности.

Нестационарные методы находят широкое применение благодаря простоте и кратковременности процесса, в результате чего теплофизические характеристики в процессе определения мало зависят от возмущающих

воздействий. Все три теплофизические характеристики, как правило, определяются за один опыт. По этой причине в настоящее время удельный вес теплофизических исследований смещается в сторону методов нестационарного режима и комбинированных методов. Вместе с тем, комбинированные методы пока не получили распространения [1-2; 4; 6; 8-9; 18; 21-22; 25; 27-28; 33; 41].

Привлекательны экспресс-методы теплофизических измерений, кроме того, развитие элементной базы идёт в сторону проведения теплофизических исследований с использованием комплексов АСНИ (автоматизированных систем научных исследований). Причём, создание пакетов прикладных программ и развитие элементной базы определяют интерес к разработке гибких исследовательских комплексов, позволяющих существенно расширить круг решаемых задач, проводя не только теплофизические измерения, но и исследование кинетики процессов сушки и гранулирования, процессов разделения и пылеулавливания [1; 4; 8; 11-14; 20-22; 25; 27-28; 33-34; 37; 41].

### Литература

1. Сажин, Б.С. Научные основы техники сушки / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин. – М.: Наука, 1997. – 448 с.
2. Сажин, Б.С. Научные основы термовлажностной обработки дисперсных и рулонных материалов / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин. М.: Химия, 2012, 776 с., ил.
3. Сажин, Б.С. Эксергетический анализ работы промышленных установок / Б.С. Сажин, А.П. Булеков, В.Б. Сажин. – М.: МТИ, 2000. – 297 с.

4. B. S. Sazhin and V. B. Sazhin Scientific Principles of Drying Technology /New York -Connecticut-Wallingford (U.K.): Begell House Inc.-2007.-506 PP.
5. Сажин, В.Б. Выбор и расчёт аппаратов с взвешенным слоем /В.Б. Сажин, М.Б. Сажина. М.: РосЗИТЛП. 2001. – 336 с.
6. Сажин В.Б. Научные основы стратегии выбора эффективного сушильного оборудования / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин. М.: Химия, 2013. – 544 с., ил.
7. Сажин, В.Б. Сушка в закрученных потоках: теория, расчёт, технические решения / В.Б. Сажин, М.Б. Сажина. М.: РосЗИТЛП, 2001. – 324 с.
8. Сажин В.Б. Научные основы техники сушки дисперсных материалов при эффективных гидродинамических режимах взвешенного слоя. Дисс ... доктора техн. наук. М.: Изд-во РХТУ, 2000. Т. 1 – 617 с., Т. 2 – 203 с.
9. Сажин Б.С. Основы техники сушки /Б.С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
10. Булеков, А.П. Разработка методов расчёта и повышения эффективности энергоёмких процессов отделочного производства / А.П. Булеков, В.Б. Сажин //Успехи в химии и химической технологии. XIII, 5, 1999. С. 12-14.
11. Булеков, А.П. Эксергетическая оценка эффективности установок с активными гидродинамическими режимами / А.П. Булеков и др. // Успехи в химии и хим. технологии, 2011. Т. XXV. №3 (119). С. 108-110.
12. Время сушки сыпучих продуктов в условиях псевдооживленного слоя / А.А. Ойгенблик, Б.А. Корягин, В.Б. Сажин и др. // Химическая промышленность, №11, 1989. С. 66-72 (866-872).
13. Панова А.Ю. Изучение влияния размеров частиц и их теплофизических свойств на величину продольного перемешивания в аппаратах взвешенного слоя / А.Ю. Панова, В.Б. Сажин // Успехи в химии и химической технологии. Т. XVII. № 8 (33). 2003. С. 93-99.

14. Метод исследования кинетики сушки сыпучих продуктов в псевдооживленном слое / С.В. Сорокин, В.Б. Сажин // Аппараты с неподвижными и кипящими слоями в хлорной промышленности: Сб. науч. тр. / ГосНИИхлорпроект. М.: НИИТЭхим, 1988. С. 106-111.
15. Выбор эффективной сушильной установки с взвешенным слоем для дисперсных волокнообразующих и текстильно-вспомогательных материалов / М.Б. Сажина, В.А. Углов, В.Б. Сажин и др. // Известия вузов: Технология текстильной промышленности №5 (274), 2003. С. 98-102.
16. Сажин, В.Б. Анализ основных подходов к классификации материалов как объектов сушки / В.Б. Сажин, М.Б. Сажина, Б.С. Сажин. // Известия вузов: Химия и хим. технология, Том 48, №5, 2005. С. 99-104.
17. Сажин, Б.С. Оценка эффективности работы аппаратов с активным гидродинамическим режимом на основе их энергетических характеристик / Б.С. Сажин, А.П. Булеков, В.Б. Сажин // ТОХТ. 1999. Т. 33. №5. С. 521-527.
18. Сажин, В.Б. Анализ основных характеристик влажных материалов как объектов сушки при рациональном выборе сушильного оборудования / В.Б. Сажин, М.Б. Сажина, Б.С. Сажин. // Известия вузов: Химия и химическая технология, Том 48, №12, 2005. С. 98-104.
19. Б.С. Сажин, Н.Е. Шадрина, В.А. Яцунова // Тепло- и массоперенос, т.10, ч.II. Минск, Изд-во АН БССР, 1974.
20. Математическая модель процесса сушки сыпучих продуктов в псевдооживленном слое / В.Б. Сажин, А.А. Ойгенблик, И.Н. Дорохов и др. // Промышленная теплотехника/АН БССР, 1985, № 6, т. 7, с. 40-46.
21. Сажин, В.Б. Использование микро-процессорного комплекса «ЛДКК-Рефлекс» для исследования кинетики сушки в режиме автоматизированного эксперимента / В.Б. Сажин, И. Селдин, А.А. Ойгенблик и др. // Сб. тр. 7 межд. симпозиума по сушке. Польша. Лодзь. 1991.
22. Сажин, В.Б. Автоматизированная экспресс-диагностика прочностных характеристик элементов конструкций из полимерных композиционных материалов / В.Б. Сажин, И. Селдин и др. // Сб. науч. тр. 6 нац. конф. по механике и технологии композиционных материалов. Болгария. Варна. 1991.
23. Сажин, Б.С. Исследование математической модели процессов сушки на основе системы дифференциальных уравнений сопряжённого тепло – и массообмена применительно к задачам режимно-конструктивной оптимизации / Б.С. Сажин, Ю.М. Ермишин, В.Б. Сажин и др. // Сб. науч. тр. 2 межд. минского форума по тепло-массообмену. Минск, 1992.
24. Сажин, Б.С. Расчёт и интенсификация тепло-массообменных процессов химической технологии в текстильной промышленности / Б.С. Сажин, М.Б. Сажина, В.Б. Сажин и др. // Успехи в химии и хим. технологии. Т. XVII. № 5 (30). 2003. С. 102-107.
25. Сажин, В.Б. Анализ теплопроводности для влажных дисперсных материалов / Сажин В.Б., И. Селдин, О. Селдин. // Успехи в химии и химической технологии. Том XV. 2001, №1. С. 33-37.
26. Сажин, Б.С. Математическое моделирование движения газа в сепарационной зоне прямооточного вихревого аппарата на основе (кт-е)-модели турбулентности / Б.С. Сажин, А.В. Акулич, В.Б. Сажин // ТОХТ. 2001, том 35, № 5, с. 472-478.
27. Сажин, В.Б. Диагностический компьютерный комплекс «НМК-Рефлекс» и его применение для теплофизических исследований // Теплофиз. проблемы пром. Производства / В.Б. Сажин, И. Селдин, О. Селдин // Сб. межд. теплофиз. школы. Тамбов, 1992.

28. Сажин, В.Б. Установка для теплофизического анализа влажных дисперсных материалов импульсным методом плоского источника тепла / Сажин В.Б., I. Seldinas, O. Seldinas // Успехи в химии и хим. технологии. Том XV. 2001, №1. С. 37-41.
29. Сажин, Б.С. Стратегия выбора рационального аппаратно-технологического оформления процесса сушки / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин // Современные энергосберегающие тепловые технологии: Сб. науч. тр. МНПК. Том. 3 Технология сушки, расчёт и проектирование сушильных установок. М.: МГАУ. 2002. С. 6-13.
30. Сажин, В.Б. Оптимизация аппаратного оформления сушильных процессов в технике взвешенного слоя / В.Б. Сажин и др. // Успехи в химии и химической технологии. Том XXI. 2007. №1 (69). С. 49-65
31. Сажин, Б.С. Научные основы сушильной техники с активными гидродинамическими режимами / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин, М.П. Тюрин и др. // Успехи в химии и химич. технологии. Том XXI. 2007. №6 (74). С. 115-123.
32. Сажин, Б.С. Основные проблемы сушки дисперсных материалов, научно-практический анализ и решение / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин // Успехи в химии и химической технологии.- Том XXII.- 2008.- №1 (81).- С. 98-111.
33. Сажин, Б.С. Сорбционная способность и влияние сорбируемой влаги на структуру полиэтилентерефталата / Б.С. Сажин, Л.Б. Дмитриева, В.Б. Сажин // Успехи в химии и хим. технологии.- Том XXII.-2008.- №4 (84).- С. 115-118.
34. Сажин, Б.С. Активность гидродинамического режима как фактор повышения эффективности процесса сушки во взвешенном слое / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин, М.Б. Сажина // Успехи в химии и хим. технологии. Том XXII. 2008. №6 (86). С. 111-119.
35. Сажин Б.С. Проблемы сушки дисперсных материалов. (Проблемный доклад) / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин // Современные энергосберегающие технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) «СЭТТ-2008»: Сб. Науч. тр. 3 МНПК. Т.2. М: ООО «Франтера».-2008. – С. 179-191.
36. Сажин, Б.С. Сушка в активных гидродинамических режимах / Б.С. Сажин, В.Б. Сажин и др. // ТОХТ, 2008, том 42, №6, с. 638-653.
37. Сажин, Б.С. Ресурсосбережение в вихревых аппаратах / Б.С. Сажин, М.П. Тюрин, В.Б. Сажин и др. // Успехи в химии и химической технологии. Т. XXV. 2011. №1 (117). С. 122-124.
38. Сажин, В.Б. Создание эффективной сушильной установки и разработка промышленного кода: технологическая задача и её решение для материала как объекта сушки / В.Б. Сажин, Б.С. Сажин // Международный академический вестник (ISSN: 2312-5519), №5(11), 2015. С. 99-102.
39. Drying in Active Hidrodynamic Regimes /B.S. Sazhin, V.B. Sazhin, E.V. Otrubjannikov etc. // Teoretical Foundations of Chemical Engineering, 2008, Vol. 42, No. 6, pp. 837-851. – Pleades Publishing Ltd., 2008.
40. V.Sazhin & B.Sazhin Application of exergy analysis to reduce the anthropogenic impact on the industrial environment / «Topical areas of fundam. and applied research V») (North Charleston, SC, USA, and December, 22-23, 2014): in 2 vv. Vol. 1. – «SPC Academic», SC, USA 2015. – 233pp. P. 116-119.
41. V. Sazhin & B. Sazhin Determination of thermal properties of materials as objects of thermal and humidity processing / «Academic science -problems and achievements III» (20-21, Feb. 2014): in 3 vv. – Vol. 2. – «SPC Academic», North Charleston, SC, USA 29406, 2014.- 304pp. (ISBN: 978-1496106537). P. 231-236.



## НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА

**Соляник А.Р.**

Студентка

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**Ключевые слова:** нечеткое множество, функция принадлежности, операция, случайная величина, проекция случайного множества.

**Key words:** fuzzy set, membership function, operation, random value, random set projection.

Данная статья посвящена понятию «нечеткое множество». В ней сформулированы основы теории нечетких множеств, а также операции над ними.

Также в статье рассматривается положение о том, что теорию нечетких множеств можно считать частью теории случайных множеств, а значит и частью теории вероятности. Такие рассуждения появились в 60-е года прошлого века, когда теория нечетких множеств начала только зарождаться. Нечеткие множества можно рассматривать как проекции случайных множеств. Это схоже с тем, как за функциями распределения видны случайные величины, на которых основываются данные функции.

### 1. Общие сведения о нечетких множествах

Впервые понятие «нечеткое множество» появилось в статье «Fuzzy Sets» в журнале «Information and control». Данная статья была опубликована профессором информатики Калифорнийского Университета в Беркли Лотфи А. Заде в 1965 году. Это понятие расширило классическое определение множества, допустив, что характери-

стическая функция множества, которую Лотфи Заде назвал функцией принадлежности для нечеткого множества, может принимать не только значения 1 и 0, но и из интервала  $[0, 1]$  [1].

Понятие нечеткого множества обеспечивает возможность математического представления качественных оценок, выражаемых людьми в форме лингвистических значений и нечетких чисел [2].

Нечеткое множество это группа элементов, про которые нельзя точно сказать – есть ли у них определенное отличительное свойство, которое можно использовать при задании нечеткого множества. Введем следующее обозначение:  $\mu(x)$  – степень принадлежности элемента  $x$  к нечеткому множеству, которая представляет обобщение понятия характеристической функции обычного множества. Тогда нечетким множеством  $S$  называется множество упорядоченных пар вида  $S = \{\mu(x)/x\}$ , при этом  $\mu(x)$  может принимать любые значения в интервале  $[0, 1]$  [3]. При этом, значение  $\mu(x) = 0$  означает отсутствие принадлежности к множеству, 1 – полную принадлежность.

Введем понятие функции принадлежности, которая представляет со-

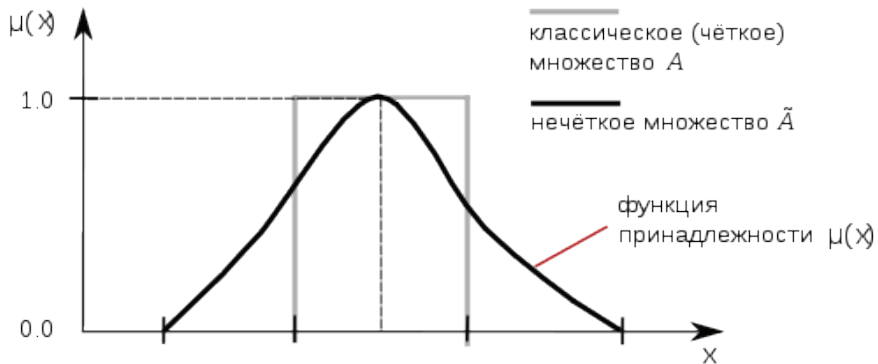


Рисунок 1

бой характеристику нечеткого множества. Функция принадлежности  $\mu_A(x)$  количественно градуирует принадлежность элементов фундаментального множества пространства рассуждения  $x \in X$  нечеткому множеству  $\tilde{A}$ . Значение 0 означает, что элемент не включен в нечеткое множество, а значение 1 описывает полностью включенный элемент. Значения между 0 и 1 характеризуют нечетко включенные элементы.

На рисунку 1 изображен график, на котором можно увидеть изображение функции классического (четкого) множества, а также функцию принадлежности нечеткого.

Мощностью нечеткого множества называется число содержащихся в нем пар. Значение мощности нечеткого множества  $A$  совпадает со значением его проблемной области  $X$ .

Нечеткое множество  $A$ , функция принадлежности которого равна нулю на всей предметной области  $X$ , называется пустым.

Нечеткое множество, все элементы предметной области которого имеют степень принадлежности, равную 1, называется универсальным.

## 2. Операции над нечеткими множествами

Над нечеткими множествами можно выполнять такие операции [4]:

**Включение.** Пусть  $A$  и  $B$  – нечеткие множества на универсальном множестве  $X$ . Говорят, что  $A$  содержится в  $B$ , или  $B$  включает  $A$ , т.е.  $A \subseteq B$ , если  $\forall x \in X \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ . Иногда используют термин «доминирование», т.е.  $B$  доминирует  $A$  при  $A \subseteq B$ .

**Равенство.** Пусть  $A$  и  $B$  – нечеткие множества на универсальном множестве  $X$ . Говорят, что  $A$  и  $B$  равны, т.е.  $A = B$ , если  $\forall x \in X \mu_A(x) = \mu_B(x)$ . В противном случае  $A \neq B$ .

**Дополнение.** Пусть  $A$  и  $B$  – нечеткие множества с множеством принадлежностей характеристических функций  $M = [0;1]$ , заданные на универсальном множестве  $X$ . Говорят, что  $A$  и

В дополняют друг друга, т.е.  $A = \overline{B}$  или  $B = \overline{A}$ , если  $\forall x \in X \mu_A(x) = 1 - \mu_B(x)$ .

Пересечение нечетких множеств  $A$  и  $B$ , заданных на универсальном множестве  $X$ , – это наибольшее нечеткое множество  $A \cap B$ , содержащееся одновременно и в  $A$ , и в  $B$  с функцией принадлежности, заданной следующим образом:  $\forall x \in X \mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x); \mu_B(x))$ .

Объединение нечетких множеств  $A$  и  $B$ , заданных на универсальном множестве  $X$ , – это наименьшее нечеткое множество  $A \cup B$ , включающее как  $A$ , так и  $B$  с функцией принадлежности, заданной следующим образом:

$$\forall x \in X \mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x); \mu_B(x))$$

*Разность* нечетких множеств  $A$  и  $B$ , заданных на универсальном множестве  $X$ , – это нечеткое множество  $A \setminus B = A \cap \overline{B}$  с функцией принадлежности, заданной следующим образом:

$$\forall x \in X \mu_{A \setminus B}(x) = \mu_{A \cap \overline{B}}(x) = \min(\mu_A(x); 1 - \mu_B(x)).$$

### 3. Связь теории нечетких множеств и теории вероятности

Теория нечетких множеств сводится к теории случайных множеств с помощью понятия «проекция случайного множества». Поэтому для начала стоит разобраться, что же такое случайное множество. Но начнем мы со случайной величины. Случайной величиной называется величина, которая в результате опыта может принять то или иное значение, причем неизвестно заранее, какое именно. Примеров таких величин достаточно много, например:

- число попаданий в цель при пяти выстрелах;
- число выпавших очков на игральном кубике;
- число мальчиков среди 10 новорожденных.

Случайное множество – это множество, зависящее от случая. Иными словами, это измеримая функция, отображающая вероятностное пространство в пространство подмножеств некоторого (конечного) множества.

Теперь, когда мы выяснили, что такое случайное множество, вернемся к понятию «проекция случайного множества». Определим некую функцию – вероятность того, что величина принадлежит данному множеству. Выяснится, что данная функция обладает теми же свойствами, что и функция принадлежности нечеткого множества. Поэтому нечеткое множество, соответствующее случайному множеству, называют проекцией данного случайного множества. Исходя из этого, есть все основания полагать, что установленная связь между нечеткостью и вероятностью позволит применить в теории нечеткости методы и результаты, накопленные в теории случайных множеств. А также даст возможность перенести понятия и постановки задач из первой теории во вторую, что послужит развитию обеих.

### Литература

1. Нечеткое множество [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нечёткое\\_множество](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нечёткое_множество) (дата обращения: 25.12.2019).

2. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
3. Нечеткие срезы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bourabai.kz/tpoi/olap01-8.htm> (дата обращения: 25.12.2019).
4. Операции над нечеткими множествами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nrsu.bstu.ru/chap23.html> (дата обращения: 25.12.2019).

---

## STAGES OF DEVELOPMENT OF THE PROBABILITY THEORY

---

**Borshchova A. V.**

Kharkiv National University of Radioelectronics

---

**Keywords:** PROBABILITY THEORY; MATHEMATICS; PROBABILITY THEORY DEVELOPMENT; SCIENCE.

How often do our ideas about random, regular, and impossible differ from probability theory data and statistics? It is common for every person to seek out patterns in events and ascribe to them their own values. So what is real probability?

Probability is a quantitative measure of the feasibility of an event in the presence of uncertainty, that is, in a situation where this event is characterized as possible (which may or may not happen). Probability is one of the most important general scientific and philosophical categories. It is based on the fact that it expresses a measure of the transformation of opportunity into reality in situations of uncertainty.

In science, probability is considered as a quantitative, characterizing stability, the degree of possibility of the occurrence of random events under fixed observation conditions. For example, in the case of classical probability, uncertainty is generated by an experiment (possibly mental) with a finite number of incompatible equally possible outcomes, an event in the implementation of any of a certain group of outcomes (called favorable events), and the probability of an event is defined as the ratio of the number of favorable outcomes to the number of possible outcomes. The source of the occurrence of frequency probability is a real experiment

whose outcome frequencies are statistically stable.

Representations of probability existed a long time ago and related to the characteristic of human knowledge. At the same time, the presence of knowledge that is different from reliable and false is recognized. The impact of the idea of probability on scientific thinking, on the development of knowledge is directly related to the development of probability theory as a mathematical discipline. The origin of the mathematical doctrine of probability dates back to the 17th century, when the foundation was laid for the development of a kernel of concepts that allow a numerical characteristic. Probability has entered the structures of such sciences as physics, genetics, cybernetics, quantum theory, information theory and others. Accordingly, probability represents the stage in the development of science, which is now defined as non-classical science.

The very definition of probability always relies on the formation of the initial mass phenomenon. Huygens wrote in his work "On Calculations in Gambling": "Once regularities are observed in random phenomena, they can be explained, and in the ideal case, predicted". Subsequently, this thesis developed into what we call probability theory – that is, into a mathematical discipline that in an ab-

stract form studies the laws inherent in random phenomena. In the modern presentation, probability theory is based on 4 axioms and several concepts built on direct observation. It allows you to discover and predict new facts theoretically, without direct observation.

The birth date of probability theory is 1654. This year, a well-known nobleman at the French court, the gentleman De Mere addressed Pascal with an angry letter to mathematics. Anger proceeded from the fact that his theoretical calculations of the results of the game of dice were not confirmed in practice. According to De Mere, mathematics is to blame. Pascal found errors in De Merre's reasoning using probability theory.

There are 5 stages of the development of probability theory:

1. Background (until the beginning of the 17th century). The team of Italian scientists Cordano, Tartaglia, Galileo Galilei, all of them solved the problem of "sharing the rate." The essence of the problem: two play – money is put on the line. To take them, you need to win  $n$  – parties. For some reason, the game was interrupted at the moment when the 1st won  $k < n$ , the 2nd  $p < n$  games. How to split a bid?

2. Origin (mid 17th – early 18th century). In the correspondence of Pascal and Fermat, the first concepts of probability arise (probability, mathematical expectation). Huygens wrote the first book in probability. All three, independently of each other, solved the problem of dividing the rate. Pascal has advanced far in combinatorics.

3. Development (beginning of the 18th century – mid-19th century). Here are such names: Jacob Bernoulli, Simpson, Poisson, Buffon, Moir, Laplace, Gauss. The classical definition of probability is brought to the modern level.

4. Russian (mid-19th century – 1933). Russia at that time was the only country where the mathematical foundations of probability theories were seriously cultivated. Chebyshev, Lyapunov, Markov, Pearson, the results of their work stimulated the penetration of probability theory into physics and other sciences.

5. Modern (since 1933). At the beginning of the century, Hilbert and Poincare tried to revive interest in probability theory. Borel, Lebesgue, Kolmogorov in their works removed the contradictions and paradoxes of probability theory, it became an ordinary discipline. Penetrated almost all sciences. Many of its chapters became an independent science.

The mathematical theory of probability has become the general basis around which various interpretations of probability have appeared and subsequently developed. The classical mathematical interpretation of probability, arising from the mathematical analysis of gambling, defines probability as the ratio of the number of favorable chances, or cases, to the number of all equally possible.

Statistical or frequency probability has found wide application in the natural, technical and social sciences, although it does not so much determine probability as it estimates it. Its essential drawback is that it does not apply to individual events and statements.

In logic, probability characterizes the semantic relationship between premises and the conclusion of inductive reasoning. In empirical sciences, a typical example of logical probability is the relationship between a hypothesis and its evidence, the degree of confirmation of which assesses the likelihood of a hypothesis. Opinions differ regarding the quantitative assessment of logical probability: some believe that it can be expressed only in comparative terms (more, less and equal), others in numerical terms.

The problem of the applicability of probabilistic methods is solved in the framework of the development of mathematical theory, the deepening of knowledge in the relevant applied fields, and the comprehension of accumulated experience. Formalization of the concept of

probability and the terms associated with it, as well as the development of the corresponding analytical apparatus and methods for solving applied problems using probabilistic methods, make up the content of the section of mathematics – probability theory and related disciplines: mathematical statistics, random test method, stochastic control theory, acceptance theory decisions and a number of others.

#### **References:**

1. Bernstein S. N. Teorija Verojatnostej [Probability Theory]. GTTI publ. 1935. 367 p.
2. Gnedenko B. V. Kurs teorii verojatnostej [Course in Probability Theory]. Moscow. 1988. 448 p.
3. Gnedenko B. V., Khinchin A. Y. Jelementarnoe vvedenie v teoriju verojatnostej [Elementary introduction to probability theory] Moscow. 1952. 168 p.

**PARADOXES OF PROBABILITY THEORY**

---

**Kuznetsov R. O.**Kharkiv National University of Radioelectronics

---

**Keywords:** PROBABILITY THEORY; MATHEMATICS; PARADOXES; MONTY HALL PROBLEM; BIRTHDAY PROBLEM; THREE PRISONERS PROBLEM.

Probability theory is just one area of mathematics. But it is interesting in that it has a lot of paradoxes. What is meant by the word “paradox”? In this case, this is something that from an intuitive point of view seems to us wrong, impossible, or difficult to understand, but mathematically, if you count, then everything converges and turns out to be true. Consider a couple of interesting paradoxes:

**1) Monty Hall problem**

Number one, of course, should rightfully be the Monty Hall problem or Monty Hall paradox. This paradox, of course, is purely intuitive, and the wrong answers of ordinary people are based on a poor knowledge of probability theory. And so, by the condition of the game, there are three doors in front of the player, one of which has a prize. The player selects one of them without opening. After this, the presenter opens one of the two remaining doors. The host knows which of the doors has a prize, and always opens a door for which there is no prize. Next, the player is invited to change the originally selected door to another, which remains closed. Question: does the player’s chances increase when changing the selected door? Intuitively, changing a door doesn’t work. The prize is either at one door or at another. The situation is symmetrical, and

the probabilities are the same. However, probability theory shows that changing the door doubles the odds of winning.

**2) Birthday problem**

If you take 365 people together, it’s possible that they all have different birthdays. However, out of 366 people there will probably be at least two of those whose birthdays are on the same day. However, if we set ourselves the goal of finding how many people should be, so that with a probability of 99% two of them have the same birthday, then we find that 55 people are enough. At the same time, among 68 people with a probability of 99.9%, at least two have the same birthday.

Such a statement may seem strange and contrary to common sense, since the probability of one being born on a certain day of the year is rather small, and the likelihood of two being born on a particular day is even less, but it is true in accordance with probability theory. Thus, it is not a paradox in the strict scientific sense – there is no logical contradiction in it, and the paradox lies only in the differences between a person’s intuitive perception of the situation and the results of mathematical calculation.

**3) Three prisoners problem**

This paradox is reminiscent of the Monty Hall paradox, but with a more



tragic fate for the main characters. Three prisoners (A, B and C) were sentenced to death and placed in solitary confinement. The governor randomly chooses one of them and gives him a pardon. The overseer knows which of the three is pardoned, but he cannot be divulged. Prisoner A asks the guard to tell him the name of the second prisoner (other than himself) who will be executed for sure: "If B has mercy, tell me that C will be executed. If C is merciful, tell me that B will be executed. And if I am pardoned, toss a coin, and say any of these two names". The warden says that prisoner B will be executed. Should prisoner A be rejoiced?

It would seem yes. Indeed, before receiving this information, the probability of death of prisoner A was  $2/3$ , and now he knows that one of the other two prisoners will be executed – which means that the probability of his execution has decreased to  $1/2$ . But in reality, prisoner A did not learn anything new: if he wasn't pardoned, he would be given the name of another prisoner, and he already knew that one of the two remaining was executed. If he was lucky and the execution was canceled, he will hear the random name B or C. Therefore, his chances of salvation have not changed. Now imagine that one of the remaining prisoners finds out about the question of prisoner A and the answer received. This will change his view of the likelihood of a pardon. If prisoner B overhears the conversation, he finds out that he is definitely executed. And if the prisoner is C, then the probability of his pardon will be  $2/3$ . Why did it happen? Prisoner A received no information, and his

chances of pardon are still  $1/3$ . Prisoner B will certainly not be pardoned, and his chances are zero. So, the probability that the third prisoner will be released is  $2/3$ .

The problems associated with the application of statistical thinking and rational thinking are generally considered in David Kahneman's book "Think slowly, solve fast". Studies by Kahneman and his colleagues showed that a person is prone to make mistakes in situations where even simple mathematical calculations need to be performed, not to mention probability estimates.

Kahnemann introduces the concept of two systems. System 1 – "fast", intuitive, heuristic thinking. A person uses it, for example, to determine mood by facial expression or when assessing a traffic situation when a car is driving. This is an automatic, almost instantaneous reaction, and works in most everyday situations.

System 2 – "slow", rational, mathematical and statistical thinking. This system is connected with effort. A person begins to analyze the situation in order to make a decision. In the case of statistical problems, the correct answer is not obvious. In order to come to it, a person must analyze the data, make calculations and choose the highest values of statistical indicators.

Thus, we can conclude that a person is inclined to ignore or incorrectly use the calculation of probability and statistics when choosing a strategy.

#### References:

1. Gulay T.A., Litvin D.B. Ispol'zovanie matematicheskikh metodov dlja analiza dinamicheskikh svoystv upravljajemogo

- ob'ekta [Using of mathematical methods to analyze the dynamic properties of a managed object]. Moscow, 2012. p. 166–170.
2. Litvin D.B., Gulay T.A., Dolgopolova A.F. Primenenie operacionnogo ischislenija v modelirovanii jekonomicheskikh system [The use of operational calculus in modeling economic systems]. Moscow, 2013. p. 264–265.
  3. Bondarenko D.V., Brajnev S.M., Litvin D.B., Varnavsky A.A. Metod povyshenija tochnosti izmerenija vektornyh velichin [Method for increasing the accuracy of measuring vector quantities]. Moscow, NaukaPark Publ.. 2013. p. 66–69.

## МЕТОД НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ. ЙОГО СУТЬ ТА ЗАСТОСУВАННЯ НА ПРАКТИЦІ

**Кравцов Д. О.**

Студент Харківський національний університет радіоелектроніки

**Анотація.** В даній статті розповідається про метод найменших квадратів – математичний метод, що використовується для вирішення певного класу задач. Приводяться приклади його застосування в різних областях, зокрема в системах пошуку різноманітної інформації.

**Ключові слова:** метод найменших квадратів, математична статистика, регресійний аналіз, система пошуку.

**Keywords:** the method of least squares, mathematical statistics, regression analysis, search engine.

Метод найменших квадратів (МНК) досліджувався цілою групою математиків досить тривалий час. Він удосконалювався впродовж майже ста років, але його початок поклали Адрієн-Марі Лежандр і Карл Гаусс. Гаусс уперше застосував даний метод у 1795 р., а Лежандр незалежно відкрив та опублікував його під сучасною назвою у 1805 р. Роботи Маркова А. А. на початку XX століття дозволили віднести метод найменших квадратів до теорії оцінювання математичної статистики, де він має важливе значення.

Свого найширшого застосування даний метод набув у регресійному аналізі, зокрема для оцінки параметрів лінійної регресії, що широко застосовується в математичній статистиці і економетриці. Також, МНК використовується для розв'язку систем лінійних рівнянь.

Розглянемо простий приклад, коли потрібно використовувати МНК. На рис. 1 зображено три точки:  $(-1; 0)$ ,  $(0,$

$1)$  і  $(1, 0)$ . Дані точки не лежать на одній прямій. Необхідно знайти таку пряму, яка найщільніше б прилягала до цих точок. Іншими словами, необхідно знайти числа, які приблизно розв'язують несумісну систему, що складається з трьох лінійних рівнянь з двома невідомими:

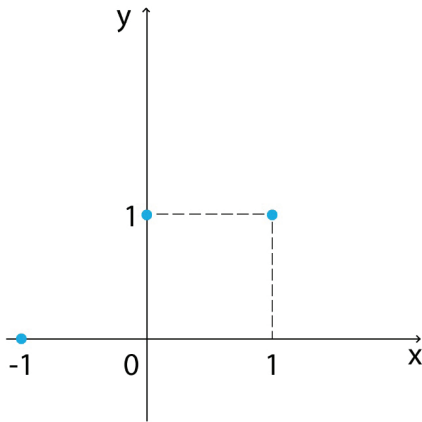
$$\begin{cases} -a + b = 0 \\ b = 1 \\ a + b = 0 \end{cases}$$

Суть МНК – зробити якомога меншою суму квадратів похибок між правою і лівою сторонами цієї системи, тобто знайти мінімум функції:

$$f(a, b) = (a - b)^2 + (1 - b)^2 + (-a - b)^2$$

Оскільки похибки можуть бути додатними, а можуть бути від'ємними, необхідно рахувати не просто їх суму, а суму їх квадратів.

Знайшовши мінімум функції через обчислення часткової похідної від функції щодо, необхідно прирівняти їх до нуля та отримати систему двох рів-



**Рисунок 1**

нянь з двома невідомими. Розв'язком отриманої системи і є шукані коефіцієнти прямої.

Цей приклад є тривіальним застосуванням МНК за його призначенням. Однак метод можна використовувати і в багатьох інших областях.

Сьогодні, більшість систем, в яких наявна функція пошуку інформації, пропонують користувачу схожі запити, якщо за результатами пошуку нічого не знайдено. Наприклад, користувач деякої системи бажає знайти статтю за її темою, але вводить в поле пошуку рядок з помилкою. За допомогою МНК можна знайти статті з найбільш схожою назвою. Для цього потрібно знайти суми квадратів похибок порядкових номерів кожної літери в рядку запиту для всіх назв статей, наявних у системі. Статті, які мають найменшу таку суму, найбільше відповідають запиту користувача.

Розглянемо, що собою являє похибка порядкового номеру літери. Нехай є

рядок запиту користувача – слово «віз» і рядок потенційного результату пошуку – слово «вісь». Порядковий номер літери «в» в обох рядках дорівнює одиниці, тому помилка в цьому випадку:

$$1 - 1 = 0$$

Аналогічно з літерою «і»:

$$2 - 2 = 0$$

Тобто похибка – це різниця між порядковим номером літери в рядку потенційного результату та порядковим номером літери в рядку запиту. Для літери «з» ситуація дещо інакша, оскільки дана літера відсутня в слові «вісь». В такому разі за похибку доцільно брати кількість літер рядку потенційного запиту, тобто число чотири для даного випадку.

Такий алгоритм є нестандартним використанням МНК, натомість, він може бути корисним у будь-яких системах, які надають можливість пошуку інформації. Аналогічним шляхом можна будувати системи, що дозволяють здійснювати пошук за зображеннями, відбитками пальців. Головне – визначити, що є похибкою в контексті даного набору інформації.

Отже, метод найменших квадратів можна використати у багатьох областях, де потрібна обробка даних, їх оцінювання та прогнозування, через що він є одним із найважливіших у теорії ймовірностей та математичній статистиці взагалі.

### Література

1. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Высшая школа, 2003, – 480 с.

2. Метод наименьших квадратов, безошибочно и быстро!: [Электронный ресурс]. 2010-2019. – Режим доступа: [http://mathprofi.ru/metod\\_naimenshih\\_kvadratov.html](http://mathprofi.ru/metod_naimenshih_kvadratov.html) (Дата звернення: 10.12.2019).
3. [http://mathprofi.ru/metod\\_naimenshih\\_kvadratov.html](http://mathprofi.ru/metod_naimenshih_kvadratov.html) (Дата звернення: 10.12.2019).
4. Метод наименьших квадратов: [Электронный ресурс]. 2008-2019. – Режим до-  
ступу: <https://refdb.ru/look/1514465.html> (Дата звернення: 10.12.2019).
5. Основы линейной регрессии: [Электронный ресурс]. 2012-2019. – Режим доступа: <http://statistica.ru/theory/osnovy-lineynoy-regressii/> (Дата звернення: 10.12.2019).

**ОГЛЯД ІСТОРІЇ КОМБІНАТОРИКИ**

---

**Гребенчук Є.С.**

студентка,  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
Кафедра програмної інженерії,  
група ПЗП-18-6

**Олійник О.В.**

старший викладач кафедри програмної інженерії,  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
Кафедра програмної інженерії,

---

**Ключові слова:** комбінаторика, математика, алгебра, історія.

**Keywords:** *combinatorics, Math, Algebra, History.*

Комбінаторика – це розділ елементарної алгебри, в якому вивчаються деякі операції над скінченними множинами і розв’язуються задачі, пов’язані з цими операціями [1]. В даному розділі вивчаються комбінації та перестановки предметів, а саме – способи та кількість способів розміщень або комбінацій предметів.

Комбінаторика застосовується в багатьох досить різних областях, а не обмежується тільки математичними науками, як це може здатися на перший погляд – програмування, хімія, фізика, лінгвістика, генетика, інформатика, біологія, астрологія, криптографія, настільні ігри тощо. Стосовно математики, спектр використання комбінаторики в цій області є дуже широким. Формули комбінаторики застосовують у задачах пов’язаних з теорією ймовірностей, у розв’язанні задач теорії графів, у дискретній математиці і т.п.

Виходячи з того, що комбінаторика настільки поширена, можна зробити припущення, що вона виникла досить

давно. І це припущення є абсолютно вірним – перші зачатки використання комбінаторики, яка ще не була відповідним розділом математики і не вивчалася як наука взагалі, з’явилися з появою настільних ігор ще у Стародавньому Єгипті. Однією з найстаріших настільних ігор є давньоєгипетська гра сенет, поширена в 35 ст. до н.е. [2]. Пізніше з’явилися й інші ігри – нарди, китайська го, доміно, шахи, шашки та інші. Незважаючи на різні правила цих ігор, їх об’єднує те, що перемагає той, хто краще знає різні виграшні поєднання та комбінації і вміє уникати програшних [3].

Ще одна з давніх згадок про близькі до комбінаторики питання – магічний квадрат Ло Шу. За легендою, китайський імператор, прогулюючись біля річки, помітив черепаху. Її панцир був розділений на дев’ять частин, на кожній з яких були намальовані крапки (рис.1). Імператор порахував їх кількість у кожній частині, отримавши таблицю чисел від одного до дев’яти, і

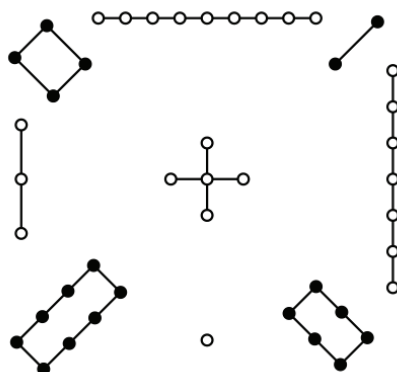
---

виявилось, що сума чисел по діагоналі, вертикалі чи горизонталі завжди одна й та ж [4].

В Індії «вчені вивчали комбінації у зв'язку із застосуванням їх у поезії, науці про структуру вірша й поетичних добутоків» [5]. Наприклад, при підрахунку можливих поєднань наголошених і ненаголошених складів стопи. Вважається, що саме індійці першими відкрили біноміальні коефіцієнти: «Класична задача комбінаторики: «скільки існує способів витягти  $m$  елементів з  $n$  можливих» згадується в сутрах, починаючи приблизно з 4 ст. до н.е. Індійські математики першими відкрили біноміальні коефіцієнти і їх зв'язок з біномом Ньютона. У 2 ст. до н.е. індійці вже знали, що сума всіх біноміальних коефіцієнтів степеню  $n$  дорівнює  $2^n$ » [6].

У Древній Греції також були знайдені елементи застосування комбінаторики, але даних про це дуже мало. Відомо, що античні греки висловлювали свої думки щодо кількості тверджень, які можна отримати з десяти аксіом. Так, Хрісіпп вважав, що більше мільйона, а Гіппарх казав, що «зі стверджувальних аксіом можна скласти 103049 сполучень, а якщо додати до них заперечувальні – 310952» [3]. Вважається, що пізніше, греки використовували свої знання про комбінаторику при своїх подальших дослідженнях чисел та нумерології.

Отже, перші «дзвіночки» комбінаторики з'явилися ще в античні часи. Розвиток комбінаторики став більш активним у часи середньовіччя – в За-



«Зображення Ло Шу» **рисунок 1**

3 17 ст. починають з'являтися теоретичні відомості саме про комбінаторику. В 1665 році з'явився «Трактат про арифметичний трикутник» Блеза Паскаля, в якому вперше було використано термін «сполучення» (combination). Поява терміну «комбінаторика» вперше зустрічається в роботі Лейбніца «Міркування про комбінаторне мистецтво» в 1666 р. Так, цей розділ математики починають розглядати як самостійну науку. В 1713 році була опублікована книга Якоба Бернуллі «Мистецтво передбачення», в якій було вжито терміни «перестановка» (permutation) та «розміщення» (arrangement), а також «було вказано формули для кількості розміщень з  $n$  елементів по  $k$ , було виведено вирази для степеневих сум» [7; 3]. Згодом, Леонард Ейлер вивчав елементи комбінаторики і розглянув у своїх працях ряд задач та тогочасних проблем у цій області.

В кінці 18 ст. вчені комбінаторної школи Гінденбурга спробували

побудувати загальну комбінаторну теорію, використовуючи нескінченні ряди. Вони вивчили велику кількість перетворень рядів за допомогою різних математичних дій [8]. Проте ця спроба так і не стала успішною перед усім через недостатню, на той час, кількість важливих задач, які змогли б стати фундаментом теорії.

В 19 ст. комбінаторика розглядалася з геометричної точки зору – «вперше з'явився термін «геометрична конфігурація» в лекціях з проєктивної геометрії професора університету в Страсбурзі Рейе (1882 г.)» [8]. Також було сформовано і доведено ряд геометричних теорем комбінаторики.

В 20 ст. – комбінаторика вивчалася з алгебраїчної точки зору. Важливим моментом є те, що батьком сучасної комбінаторики вважається угорський вчений Пал Ердеш, який увів у комбінаторику ймовірнісний аналіз.

Так, комбінаторика за свою довгу історію формування, набула власних методів досліджень і стала самостійною наукою. Історію її створення було досліджено і розглянуто в багатьох джерелах, проте, на мою думку, найбільш розгорнуто, докладно і цікаво (з тих джерел, що я вивчила) відобразив математик Н.Я. Віленкін в своїй книзі «Популярна комбінаторика». Він освітив не тільки історію комбінаторики ще з давніх часів, а й запропонував читачеві познайомитися з відповідними комбінаторними задачами. Також, досить детально та не менш повно про комбінаторику як науку написав математик К.О. Рибніков у книзі «Комбіна-

торний аналіз; нариси історії». Анотація до книги повністю відображає, про що йдеться в книзі: «Серія нарисів про причини, обставини, способи і шляхи формування теоретичних основ комбінаторного аналізу в другій половині 20-го століття» [9].

Отже, комбінаторика – насправді дуже давня наука з довгим та постійним розвитком, наслідком якого стало її широке застосування у різних галузях сучасного світу.

### Література

1. Тичинська Л.М., Черепашук А.А.. Теорія ймовірностей. ч. 1. Історичні екскурси та основні теоретичні відомості: навчальний посібник. Вінниця.: ВНТУ, 2010.– 112 с.
2. Сенет: [Електронний ресурс] // Вікіпедія – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сенет> (Дата звертання: 11.12.2019)
3. Виленкин Н. Я.. Популярная комбинаторика. Москва.: Наука, 1975.– 208с.
4. Магический квадрат Ло Шу: [Електронний ресурс] // [cherepahi.info](https://cherepahi.info) – Режим доступу: <https://cherepahi.info/hob/v-mifologii/371-magicheskij-kvadrat-lo-shu> (Дата звертання: 11.12.2019)
5. Швай О.Л.. Комбінаторні задачі: навчальний посібник для студентів вищ. навч. закл.. Луцьк.: СНУ імені Лесі Українки, 2018.– 142 с.
6. Amulya Kumar Bag. Binomial theorem in ancient India. Indian J. History Sci., 1:68-74, 1966
7. История комбинаторики: [Електронний ресурс] // Вікіпедія – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/История\\_Комбинаторики](https://ru.wikipedia.org/wiki/История_Комбинаторики) (Дата звертання: 13.12.2019)
8. Соколова С.В.. Дискретная математика. Комбинаторика: методические указания для студентов экономических специаль-



ностей всех форм обучения. Юрга.: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2011..– 32 с.

9. Рыбников К.А. Комбинаторный анализ. Очерки истории. Учебн. пособие. Москва.: Изд-во Механико-математического факультета МГУ, 1996..– 125 с.

## ПАРАДОКС БОРЕЛЯ-КОЛМОГОРОВА

Емельянова Е. О.

Студентка

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**Ключевые слова:** парадокс Бореля, условная вероятность, распределение случайных величин.

В теории вероятностей парадокс Бореля-Колмогорова (также известный как парадокс Бореля) представляет собой парадокс, относящийся к условной вероятности относительно события с нулевой вероятностью (называемого нулевым множеством). Назван в честь французского математика Эмиля Бореля и советского математика Андрея Колмогорова.

Парадокс заключается в том, что условное распределение относительно такого события неоднозначно, если только оно не рассматривается как наблюдение от непрерывной случайной величины. Кроме того, существует различие в методе определения этой случайной величины.

Рассмотрим канонический пример данного парадокса. Будем полагать, что случайная точка равномерно распределена по поверхности предполагаемой «Земли», имеющей форму сферы. Сравним следующие два условные распределения:

Долгота ( $X$ ), учитывая тот факт, что наблюдаемая точка находится на большом круге вдоль экватора (широта  $Y = 0$ ).

Широта ( $Y$ ), учитывая, что наблюдаемая точка находится на нулевом меридиане (долгота  $X = 0$ ).

Условное распределение в первом случае является равномерным на интервале  $(-\pi; \pi)$ . Парадокс возникает во втором случае.

Исходя из симметричности фигуры, большой круг, проходящий через нулевой меридиан, аналогично большому кругу вдоль экватора, должен быть равно-

мерно распределен, в данном случае на интервале  $(-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2})$ .

Заметим, что широта и долгота – независимые случайные переменные, поэтому условное распределение во втором случае равно предельному распределению широты с плотностью:

$$p_Y(y) = \frac{1}{2} \cos y, y \in \left(-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right),$$

и, значит, распределение не является равномерным.

Теперь, предположив, что условное распределение вероятностей для величин  $Y$  при гипотезе, что  $X$  лежит на меридианном круге, должно быть равномерным, получаем противоречие.

В случае (1), указанном выше, условная вероятность того, что долгота  $X$  принадлежит множеству  $E$ , учитывая, что  $Y = 0$  можно записать как:

$$P(X \in E | Y = 0).$$

Элементарная теория вероятности предполагает, что это можно представить в виде:

$$\frac{P(X \in E \text{ and } Y = 0)}{P(Y = 0)},$$

Видно, что при  $P(Y = 0) = 0$  выражение не определено. Теория меры множества предоставляет способ определения условной вероятности, используя семейства событий:

$$R_{ab} = \{Y : a < Y < b\}$$

которые представляют собой горизонтальные кольца, состоящие из всех точек с широтой, лежащей в пределах от  $a$  до  $b$ .  $R_{ab}$  может использоваться для построения функции:

$$f_E(Y) = P(X \in E | Y = y),$$

которая определена в точке  $f_E(0)$ .

Разрешение парадокса заключается в том, что в случае (2), функция  $P(Y \in F | X = x)$  определяется с использованием семейства событий:

$$L_{ab} = \{X : a < X < b\}$$

которые являются вертикальными зонами сетки координат (англ. lunes), состоящими из всех точек, долгота которых лежит в пределах между  $a$  и  $b$ . Точки  $P(X | Y = 0)$  и  $P(Y | X = 0)$  обеспечивают распределение вероятностей на большом круге, однако одна из них определяется с использованием колец, а другая с помощью зон сетки координат. Таким образом, неудивительно, что выбор широты и долготы имеют разные распределения.

Понятие условной вероятности в отношении изолированной гипотезы, вероятность которой равна 0, недопустимо. Можно получить распределение вероятности широты на меридианном круге, только если рассматривать этот круг как элемент разложения всей сферической поверхности круглых меридианов с заданными полюсами.

Продемонстрируем данный парадокс на примере. Предположим, что функции условной плотности не являются инвариантными при преобразовании ко-

ординат условной переменной. Рассмотрим две непрерывные случайные вели-

чины  $(U, V)$  с совместной плотностью  $p_{UV}$ . Пусть  $W = \frac{V}{g(U)}$  для некоторой

положительной непрерывной функции  $g$ . При изменении переменных плот-

ность  $(U, W)$  составляет:

$$p_{UW}(u, w) = p_{UV}(u, w g(w)) \left| \frac{\partial(u, v)}{\partial(u, w)} \right| = p_{UV}(u, w g(w)) g(w)$$

$W = 0$  тогда и только тогда, когда  $V = 0$ , поэтому можно сделать ошибочный вывод о том, что условное распределение  $U$  должно быть одинаковым при каждом из этих событий, однако:

$$p_{[U|V]}(u|w=0) \propto p_{UV}(u, 0)g(w),$$

тогда как

$$p_{[U|V]}(u|v=0) \propto p_{UV}(u, 0),$$

которые не равны, если  $g$  не постоянна.

### Список использованной литературы

1. Jaynes E.T. Probability Theory: The Logic of Science. Cambridge University Press, 2003, pp. 467-470.
2. Колмогоров А.Н.. Основные понятия теории вероятностей. Москва, 1936, с. 50-51.
3. Pollard David. A User's Guide to Measure Theoretic Probability. Cambridge University Press, 2002, pp. 122-123.

---

## FEATURES OF ANOVA

---

**Суворов Д.С.**

студент,

Харківський національний університет радіоелектроніки,

Кафедра програмної інженерії,

група ПЗП-18-6,

**Олійник О.В.**

старший викладач кафедри програмної інженерії,

Харківський національний університет радіоелектроніки,

Кафедра програмної інженерії

---

**Keywords:** probability theory, analysis of variance, mathematical statistics, research, null hypothesis, factors, influence, comparison

Analysis of variance (ANOVA) is one of the types of analysis in mathematical statistics that allows you to identify the presence of dependence of some value on one or more factors [1].

Generally, it may seem strange that this method is called analysis of variance, since the essence of the method is to compare the means. However, in fact, we are comparing sample variances. For the first time, the concept of this method was proposed by the famous English statistician and biologist Sir Ronald Fisher in 1920. And initially, analysis of variance was designed to analyze data from experiments, and was considered the only method that would correctly investigate causal relationships.

Using this method, the equality of averages in several general populations with a normal distribution is checked.

In other words, the method of analysis of variance is used to determine whether a certain (or some) qualitative independent variable affects one quantitative dependent variable.

In such a model, there is an assumption that some variables may be causes (factors; independent variables), while others may be consequences (dependent variables).

The main objective in the ANOVA is the comparison of variances. By dividing variances into several sources, it becomes possible to compare variances that are caused by group difference and intra-group variability.

At the beginning of the analysis of variance, a certain null hypothesis is put forward, which states that the averages are equal in several groups. When stating such a hypothesis, it is assumed that the variance estimate associated with intra-group variability approaches the inter-group variance estimate. As a result of the analysis of variance, either the null hypothesis is accepted as true, or it is rejected and an alternative hypothesis is accepted, indicating that an independent variable (factor) affects the value of the dependent variable (consequence).

The key point in the analysis of variance is the comparison of the components

**Table 1**  
Data for ANOVA

Research number	Graduation factor (lesson number)		
	First	Second	Third
1	51	50	70
2	44	53	54
3	47	60	66

of the variance with each other using the F-test Fisher [2]. With the help of this, it is possible to determine whether the factor nevertheless affects some value.

For research using the method of ANOVA, it is necessary to have three or more samples and at least two gradations of the factor.

Why is analysis of variance used nevertheless, and what cases is it appropriate to apply it in?

Analysis of variance is appropriate in many tasks that are related to the manufacturing sector. This may be, for example, a study of the influence of several factors on the work capacity of an employee (for example, a programmer). That is, a certain number of people work at some enterprise, while the working conditions (lighting, humidity, temperature, monitor size, etc.) are different. To determine the effect of these conditions on the employee's performance (let it be the number of orders completed per unit time), analysis of variance can be used. Moreover, in addition to determining the relationship of factors affecting working capacity, such an analysis will be able to show which of the factors has the greatest influence.

In general terms, the tasks that can be processed by this type of analysis can be formulated as follows: with the help of

some studies, the unevenness of a certain process or the quality of a certain product is established. However, in this case, the data do not indicate the main causes of process inconsistency or product quality. In other words, there is some desired value of the investigated quantity, which must be achieved. And in order to do this, it is necessary to determine how and how much each factor affects the value, so as to make the deviation from the desired as small as possible [3].

However, it should be considered that in order to use this approach and, in particular, the method of analysis of variance, it is necessary to verify that the data sample has a normal distribution. Such a check can be done graphically by constructing, for example, a frequency histogram of the data and comparing it with a histogram of the normal distribution. Either verification can be achieved by conducting formal tests, such as the Shapiro-Wilk test, or Anderson-Darling, or others.

To illustrate the use of the method of analysis of variance we give an example. Our task will be to determine the influence of the lesson that the student needs to come to for the time during which the student gets to the university.

The data were obtained empirically as a result of repeated experimental measurements.

**Table 2**

Data for ANOVA with group average

Research number	Graduation factor (lesson number)		
	First	Second	Third
1	51	50	70
2	44	53	54
3	47	60	66
Group average, gr	47,33	54,33	63,33

This analysis is one-way (only the sequence number of the lesson in the schedule affects time). To continue the analysis, it is proposed to build a table for the visual perception of information (table 1). This table contains the gradations of the factor in the columns and the numbers of studies in the rows, at the intersection there is the time in minutes for which the student gets to the university.

First of all, according to the method of analysis of variance, it is necessary to formulate a null hypothesis with a significance level of  $\alpha = 0.05$ : the effective attribute for all gradations of the factor is the same. The next step will be to calculate group averages (table 2).

With such group averages, the total average is 55.

Next, it is necessary to calculate the general sum of squared deviations of group averages from the total average and the factor sum of squared deviations of group averages from the total average, as well as the residual amount (pic. 1).

$$S_{gen} = 602; S_{fact} = 386; S_{resid} = 216$$

**Picture 1** – Three sums

And the last step in our analysis of variance will be the comparison of factor and residual variances using the Fisher test.

As a result, we get the value 5.36. This value is called the observed Fisher value. Now, in order to answer the question and accept or reject the null hypothesis, it is necessary to compare the obtained criterion with the tabular one at  $\alpha = 0.05$  pic. 2).

To determine the required value, it is necessary to find out the values of degrees of freedom for this analysis. They are equal to 2 and 6, respectively. Thus:

$$F_{table} = 5,14$$

**Picture 2** – Tabular Fisher value

And the last: we compare the values of the table and the observed Fisher criterion (pic. 3).

$$F_{table} < F_{observed}$$

**Picture 3** – Comparing Fisher criteria

Having obtained such a result, we can reject the null hypothesis and say that for different values of the factor, different values of the resultant attribute take place. In other words, the serial number of the lesson that the student needs to come to affects the time it takes him to get to the university.

Using this method of analysis of variance, it is possible to analyze not only the influence of one factor on a certain characteristic, but also their combination. In this case, it is possible not only to unam-

biguously determine whether a factor affects, but also to find out how factors interact with each other and how much each of them affects some value

### References

1. Дисперсионный анализ: [Электроний ресурс] // Википедия – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дисперсионный\\_анализ](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дисперсионный_анализ) (Дата звертання: 02.12.2019).
2. Критерий Фишера: [Электроний ресурс] // MachineLearning.ru – Режим доступа: [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Критерий\\_Фишера](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Критерий_Фишера) (Дата звертання: 02.12.2019).
3. Дисперсионный анализ: [Электроний ресурс] // MachineLearning.ru – Режим доступа: [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Дисперсионный\\_анализ](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Дисперсионный_анализ) (Дата звертання: 02.12.2019).



---

## LOW-LEVEL OPTIMIZATION OF PARALLEL ALGORITHMS. SIMD COMMANDS

---

**Vozghryva H. Y.**

**Isaieva E. V.**

Scientific leader – senior lecturer of

Software Engineering department *Oliinik O.V.*

Kharkiv National University of Radioelectronics

(61166, Kharkiv, Lenin Avenue, 14, faculty of computer science,

e-mail: hanna.vozghryva@nure.ua

elvira.isaieva@nure.ua

---

Currently, a huge number of tasks require high system performance. Physical limitations do not allow infinitely increasing the number of transistors on the processor chip. The geometrical dimensions of transistors cannot be physically reduced, since when exceeding the possible allowable sizes, phenomena begin to appear that are not noticeable with large sizes of active elements - quantum size effects begin to strongly affect. Transistors start to work incorrectly.

Thus, in order to increase the power of computer systems, one has to look for other ways. This is the use of multiprocessors, multicomputers. This approach is characterized by a large number of processor elements, which leads to independent execution of subtasks on each computing device.

There are many ways to increase the efficiency of systems and all are quite different. One of such methods is the use of vector processors, which significantly increase the speed of calculations. Unlike scalar processors, which process one data element per instruction (SISD), vector processors are capable of processing several data elements

(SIMD) per instruction. Most modern processors are scalar. But many of the tasks they solve require a large amount of computation: video, sound processing, graphics, scientific calculations and much more. To speed up the computation process, processor manufacturers began to integrate additional streaming SIMD extensions into their devices.

Accordingly, with a certain programming approach, it became possible to use vector processing of data in the processor. Existing Extensions: MMX, SSE, and AVX. They allow you to use additional processor capabilities for accelerated processing of large data arrays.

The main representatives of the SIMD class: vector processors, matrix processors and processors with VLIW architecture.

Matrix processors have no analogy with vector ones. A matrix processor is an array of processors with a single stream of instructions. A large source data array is divided into parts that are subject to identical processing. Each processor of the array processes the corresponding part of the data, executing a single stream of instructions.

A promising representative of the SIMD class is the VLIW architecture. One instruction in such a command system is a tuple of several RISC instructions, which are independent according to each other. The VLIW processor does not need to check the tuple instructions to identify structural dependencies, data dependencies, or control dependencies. Now these functions are assigned to the compiler. The processor can immediately go to the execution phase.

Blocks such as dynamic scheduler, reservation stations, etc., are abolished here. Released resources (transistors) are redistributed to improve system performance (cache sizes, BTB and TLB buffers increase). Thus, the processor and the compiler provide a good level of concurrency of commands. One of the most powerful VLIW processors is Intel Itanium 2.

SSE (Eng. Streaming SIMD Extensions, streaming SIMD-extension of the processor) is a SIMD (Eng. Single Instruction, Multiple Data, One instruction - a lot of data) a set of instructions. The SSE includes eight 128-bit registers and a set of instructions in the processor architecture. SSE technology was first introduced in Pentium III in 1999. Over time, this instruction set has been improved by adding more complex operations. Eight (in x86-64 - sixteen) 128-bit registers were added to the processor: from `xmm0` to `xmm7`.

SSE technology in C++ is implemented by low-level instructions, presented in the form of pseudo-code, which reflect assembly instructions. So, for example,

the command `__m128 __mm_add_ps (__m128 a, __m128 b)`; converted to the assembler instruction `ADDPS operand1, operand2`. Accordingly, the command `__m128 __mm_add_ss (__m128 a, __m128 b)`; will be converted to the `ADDSS` instruction `operand1, operand2`. These two commands do almost the same thing: they add up the elements of the array, but in slightly different ways. `__mm_add_ps` stacks the entire register with the register.

Other commands are arranged on the same principle, such as subtraction, division, square root, minimum, maximum and other operations.

To write a program, you can manipulate 128-bit registers like `__m128` for float, `__m128d` for double, and `__m128i` for int, short, char. At the same time, you can not use arrays of type `__m128`, but use the given pointers of the array float to type `__m128*`.

In this case, several working conditions should be taken into account:

- Float data loaded and stored in an `__m128` object must have 16-byte alignment
- Some built-in functions require that their argument be of type integer constants, due to the nature of the instruction
- The result of arithmetic operations acting on two NAN arguments is not defined.

C++ implementation:

```
#include "iostream"
#include "xmmintrin.h"
int main()
{
    const auto N = 8;
    alignas(16) float a[] = { 41982.0,
```

```
81.5091, 3.14, 42.666, 54776.45, 342.4556,
6756.2344, 4563.789 };
    alignas(16) float b[] = { 85989.111,
156.5091, 3.14, 42.666, 1006.45,
9999.4546, 0.2344, 7893.789 };
```

```
    __m128* a_simd = reinterpret_
cast<__m128*>(a);
    __m128* b_simd = reinterpret_
cast<__m128*>(b);

    auto size = sizeof(float);
    void *ptr = _aligned_malloc(N * size,
32);
    float* c = reinterpret_
cast<float*>(ptr);

    for (size_t i = 0; i < N/2; i++, a_
simd++, b_simd++, c += 4)
        __mm_store_
ps(c, __mm_add_ps(*a_simd, *b_simd));
        c -= N;

    std::cout.precision(10);
    for (size_t i = 0; i < N; i++)
        std::cout <<
c[i] << std::endl;

    _aligned_free(ptr);

    system("PAUSE");
    return 0;
}
```

- `alignas (#)` - the standard portable way for C++ to define custom alignment of variables and user types. Used in C++ 11 and supported by Visual Studio 2015. You can use another option - `__declspec (align (#))` declarator. Data management tools for alignment during static memory allocation. If alignment with dynamic selection is necessary, use `void * _aligned_malloc (size_t size, size_t alignment)`;

- Then convert the pointer to the array `a` and `b` to type `__m128 *` using `reinterpret_cast`, which allows you to convert any pointer to a pointer of any other type.

- After, dynamically allocate the aligned memory using the already men-

tioned above function `_aligned_malloc (N * sizeof (float), 16)`;

- We select the number of necessary bytes based on the number of elements, taking into account the type dimension, and 16 is the alignment value, which should be a power of two. And then a pointer to this piece of memory is reduced to another type of pointer, so that you could work with it taking into account the dimension of type `float` as an array.

In many cases, vectorization gives a 4-8 × increase in performance. Complex algorithms will require ingenuity. With little effort, we can get as much performance from the system as possible, utilizing all possible hardware resources.

In many cases, the compiler cannot recognize the possibility of efficiently applying vector operations. Some compilers (for example, Intel C / C++ Compiler) support special directives, with which the programmer can give the compiler additional information about the code, contributing to its vectorization. For example, a directive may indicate to the compiler that iterations of a certain loop are independent of each other and can be performed in parallel.

### Bibliography

1. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ. Руководство/Энтони Уильямс. : ДМК Пресс, 2016.
2. Низкоуровневая оптимизация параллельных алгоритмов:
3. <https://habr.com/ru/post/274605/>
4. Архитектура и опер вычислительных систем: <http://www.lib.unn.ru/students/src/PCS.pdf>

## МЕТОД НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ. ЙОГО СУТЬ ТА ЗАСТОСУВАННЯ НА ПРАКТИЦІ

**Кравцов Д. О.**

Студент Харківський національний університет радіоелектроніки

**Анотація.** В даній статті розповідається про метод найменших квадратів – математичний метод, що використовується для вирішення певного класу задач. Приводяться приклади його застосування в різних областях, зокрема в системах пошуку різноманітної інформації.

**Ключові слова:** метод найменших квадратів, математична статистика, регресійний аналіз, система пошуку.

**Keywords:** the method of least squares, mathematical statistics, regression analysis, search engine.

Метод найменших квадратів (МНК) досліджувався цілою групою математиків досить тривалий час. Він удосконалювався впродовж майже ста років, але його початок поклали Адрієн-Марі Лежандр і Карл Гаусс. Гаусс уперше застосував даний метод у 1795 р., а Лежандр незалежно відкрив та опублікував його під сучасною назвою у 1805 р. Роботи Маркова А. А. на початку ХХ століття дозволили віднести метод найменших квадратів до теорії оцінювання математичної статистики, де він має важливе значення.

Свого найширшого застосування даний метод набув у регресійному аналізі, зокрема для оцінки параметрів лінійної регресії, що широко застосовується в математичній статистиці і економетриці. Також, МНК використовується для розв'язку систем лінійних рівнянь.

Розглянемо простий приклад, коли потрібно використовувати МНК. На рис. 1 зображено три точки:  $(-1; 0)$ ,  $(0, 1)$  і  $(1, 0)$ . Дані точки не лежать на одній прямій. Необхідно знайти таку

пряму, яка найщільніше б прилягала до цих точок. Іншими словами, необхідно знайти числа, які приблизно розв'язують несумісну систему, що складається з трьох лінійних рівнянь з двома невідомими:

$$\begin{cases} -a + b = 0 \\ b = 1 \\ a + b = 0 \end{cases}$$

Суть МНК – зробити якомога меншою суму квадратів похибок між правою і лівою сторонами цієї системи, тобто знайти мінімум функції:

$$f(a, b) = (a - b)^2 + (1 - b)^2 + (-a - b)^2$$

Оскільки похибки можуть бути додатними, а можуть бути від'ємними, необхідно рахувати не просто їх суму, а суму їх квадратів.

Знайшовши мінімум функції через обчислення часткової похідної від функції щодо, необхідно прирівняти їх до нуля та отримати систему двох рівнянь з двома невідомими. Розв'язком отриманої системи і є шукані коефіцієнти прямої.

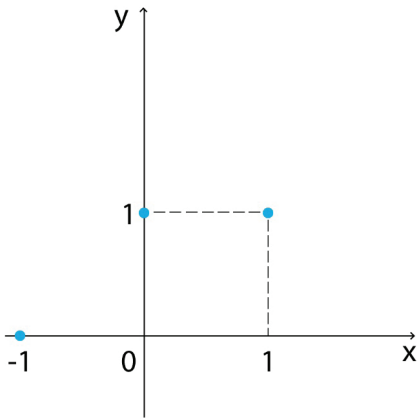


Рисунок 1

Цей приклад є тривіальним застосуванням МНК за його призначенням. Однак метод можна використовувати і в багатьох інших областях.

Сьогодні, більшість систем, в яких наявна функція пошуку інформації, пропонують користувачу схожі запити, якщо за результатами пошуку нічого не знайдено. Наприклад, користувач деякої системи бажає знайти статтю за її темою, але вводить в поле пошуку рядок з помилкою. За допомогою МНК можна знайти статті з найбільш схожою назвою. Для цього потрібно знайти суми квадратів похибок порядкових номерів кожної літери в рядку запиту для всіх назв статей, наявних у системі. Статті, які мають найменшу таку суму, найбільше відповідають запиту користувача.

Розглянемо, що собою являє похибка порядкового номеру літери. Нехай є рядок запиту користувача – слово «віз» і рядок потенційного результату пошуку – слово «вісь». Порядковий

номер літери «в» в обох рядках дорівнює одиниці, тому помилка в цьому випадку:

$$1 - 1 = 0$$

Аналогічно з літерою «і»:

$$2 - 2 = 0$$

Тобто похибка – це різниця між порядковим номером літери в рядку потенційного результату та порядковим номером літери в рядку запиту. Для літери «з» ситуація дещо інакша, оскільки дана літера відсутня в слові «вісь». В такому разі за похибку доцільно брати кількість літер рядку потенційного запиту, тобто число чотири для даного випадку.

Такий алгоритм є нестандартним використанням МНК, натомість, він може бути корисним у будь-яких системах, які надають можливість пошуку інформації. Аналогічним шляхом можна будувати системи, що дозволяють здійснювати пошук за зображеннями, відбитками пальців. Головне – визначити, що є похибкою в контексті даного набору інформації.

Отже, метод найменших квадратів можна використати у багатьох областях, де потрібна обробка даних, їх оцінювання та прогнозування, через що він є одним із найважливіших у теорії ймовірностей та математичній статистиці взагалі.

### Література

1. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Высшая школа, 2003, – 480 с.
2. Метод наименьших квадратов, безошибочно

- бочно и быстро!»: [Электроний ресурс]. 2010-2019. – Режим доступу:
3. [http://mathprofi.ru/metod\\_naimenshih\\_kvadratov.html](http://mathprofi.ru/metod_naimenshih_kvadratov.html) (Дата звернення: 10.12.2019).
  4. Метод наименьших квадратов: [Электроний ресурс]. 2008-2019. – Режим до-  
ступу: <https://refdb.ru/look/1514465.html> (Дата звернення: 10.12.2019).
  5. Основы линейной регрессии: [Электроний ресурс]. 2012-2019. – Режим доступу: <http://statistica.ru/theory/osnovy-lineynoy-regressii/> (Дата звернення: 10.12.2019).

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В КОНСТРУЮВАННІ ТА ОЗДОБЛЕННІ МУСУЛЬМАНСЬКОГО ЖІНОЧОГО ОДЯГУ

**Шепеля А. О.**

Магістрантка

Київський національний університет технологій та дизайну

**Білянська М. М.**

Доктор педагогічних наук, доцент, доцент кафедри професійної освіти в сфері технологій та дизайну

Київський національний університет технологій та дизайну

***Анотація.** У статті розглядаються особливості базового вбрання для сучасної мусульманської жінки. Зроблено огляд дизайнерських рішень у створенні весільних суконь та розкрито основні методи оздоблення одягу.*

**Ключові слова:** мусульманська сукня, оздоблення одягу, весільна сукня.

***Annotation.** The article deals with the features of basic attire for a modern Muslim woman. An overview of design decisions in the creation of wedding dresses is made and the basic methods of decoration of clothes are revealed.*

**Keywords:** muslim dress, decor of clothes, wedding dress.

За даними звіту The Future of World Religions: Population Growth Projections, на теперішній час в Україні проживає близько 1 млн. мусульман, що становить 2% населення. У 2050 р. ці показники складатимуть прогнозовано 1,3 млн. осіб (3,7% населення) [1]. З огляду на це, виникає потреба у перегляді стандартів одягу для жінок ісламського віросповідання. Оскільки канони мусульманської релігії доволі суворі, а жінкам надто в умовах активного способу життя досить складно знайти одяг, котрий задовольнив би їх потреби і водночас відповідав вимогам релігії. Мусульманська релігія забороняє жінкам носити відкритий одяг. Відкритими для жінок можуть бути лише долоні, ступні ніг та обличчя, водночас жінкам дозволено

в жіночому колективі та у колі родини носити вбрання, яке підкреслює їх красу. Не зважаючи на строгість вбрання, воно володіє певним магнетизмом, тому його хочеться розглядати та вивчати.

Вбрання мусульманських жінок характеризується вільним кроєм і великою кількістю драпіровки, розмаїтою кольоровою гамою та легкістю струмливих тканин, великою кількістю декору – вишивка золотими нитками, бісер, стрази, мережива та ін. На Заході провідні модельєри вже давно випускають колекції одягу «муслім-лук», що користується популярністю у модниць незалежно від віросповідання [2].

Помилково вважають, що весь гардероб мусульманської модниці обмежується паранджею. Але це далеко не



Рис. 1. Муна



Рис. 2. Джелаба



Рис. 3. Абайя



Рис. 4. Буркіні



а)

б)

в)

г)

д)

е)

е)

Рис. 5. Види палантинів

так, тому пропонуємо розібратися у видах вбрання.

Основою гардеробу є «муна» – базова довга однотонна сукня трапецеоподібного крою з довгими завуженими рукавами, що передає витончену грацію та жіночну величність (рис 1.).

«Джелаба» – довга сукня вільного крою з широкими рукавами, іноді з капюшоном, яка має свої яскраві акценти у вигляді кольорових принтів, розкішних елементів декору (рис. 2).

«Абайя» нагадує ошатний халат, який одягають в храм або на інші урочисті заходи. Виготовляється з дорогих якісних матеріалів, розшита золотом, бісером, стразами, іноді дорогішим камінням (рис. 3).

Завдяки сучасним дизайнерам в мусульманському гардеробі досить не так давно з'явився «Буркіні» – костюм для

плавання, спортивний костюм з брюками вільного крою та кофтою, довжина якої нижче лінії стегон. Костюм закриває все тіло, крім дозволених частин (рис. 4).

Обов'язковим елементом мусульманського вбрання є палантин, який прокриває голову жінки (рис. 5):

«Шейла» – довгий прямокутний шарф, котрим вільно обгортають голову та кладуть на плечі.

б) «Хіджаб» – традиційна арабська хустка, якою покривають волосся, шию і частину плечей, залишаючи відкритим обличчя.

в) «Хіджаб аміра» складається з двох частин: одна щільно облягає голову, а друга у вигляді шарфа, одягається зверху.

г) «Хімар» – накидка довжиною до лінії галії, що закриває волосся та плечі, з прорізом для обличчя.





Рис. 6. Мусульманські весільні сукні

д) «Чадра» – легке жіноче покривало білого, синього або чорного кольору, що закриває фігуру жінки з голови до ніг, залишаючи відкритим обличчя.

е) «Нікаб» – головний убір, що закриває обличчя, з вузьким прорізом для очей.

є) «Паранджа або Бурка» – найбільш суворий мусульманський одяг, що являє собою халат з сіткою, що закриває обличчя [ 3].

Окремо можна виділити весільну мусульманську сукню. Мусульманська традиційна весільна сукня – це одяг, який також закриває всі частини тіла дівчини, але загальний вигляд сукні є розкішним завдяки коштовним тканинам та декору. Обмежень у кольорі сукні східної нареченої немає. Однак перевагу надають світлій і яскравій палітрі кольорів, оскільки вони додатково підкреслюють ніжність дівчини (рис. 6).

Весільне вбрання можна поділити на два види:

- **строгий варіант сукні**, що підкреслює скромність, покірність і відданість чоловікові. Така сукня повністю закри-

ває тіло, її оздоблення майже не помітне, прикраси та вишивка означають щастя в сімейному житті і плодючість. Незважаючи на всю суворість, такі строї є елегантними;

- **нарядні сукні** закриті повністю, однак мають насичену кольорову гаму та велику кількість елементів декору: яскрава вишивка, намистини і стрази, барвисте мереживо. У такому вбранні дівчина буде відповідати всім правилам ісламу, водночас виділятиметься з-поміж інших [4].

Оздоблення одягу є одним із важливих факторів його виготовлення. На теперішній час існує велика кількість видів оздоблення одягу різними методами та з використанням сучасних технік і матеріалів. Оздоблення одягу можна поділити на постійне (складки, строчки, тасьма, бейка, кант, оборка, рюш, кант, вишивка, мережка, бахрома, стрази, аплікація) і змінне (коміри, манжети, пояси, жабо).

Одним з яскравих оздоблень є розшивання сукні стразами. Для вдалого оздоблення важливим правилом є підбір їх кольору і розміру, а також гра-

мощність у розробці візерунку. Стрази бувають з отворами для їх пришивання, на клейовій основі та імітація натуральних кристалів.

Підбір стразів починають з вибору кольору. Він повинен бути на 2-3 тони світлішим або темнішим за основний колір одягу. Під темну сукню обирають контрастний колір стразів. Перед декором викладають приблизний візерунок і тільки після цього їх починають пришивати. Пришивні стрази мають певні переваги над клейовими, оскільки їх можна без пошкодження для тканини видалити і перешити. Після багаторазового прання пришивні стрази не обсіпляться і візерунок не втратить свого вигляду. Пришивання стразів можна виконувати як ниткою в тон тканини, так і прозорою монопниткою.

Отже, асортимент вбрання, за допомогою якого мусульманські жінки намагаються підкреслити свою красу, невеликий. Потребує впровадження

розробка моделей та конструювання одягу для мусульманських жінок, який би прикривав тіло і водночас підкреслював жіночу красу.

### Список літератури

1. The Future of World Religions: Population Growth Projections, 2010-2050 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.pewforum.org/2015/04/02/religious-projections-2010-2050/>
2. Пять зигзагов мусульманской моды: соблазняют, скрывая [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://www.mk.ru/social/2019/05/09/pyat-zigzagov-musulmanskoj-mody-soblaznyat-skryvaya.html> (Дата обращения: 09.05.2019).
3. Мусульманская мода: Это как? [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://www.buro247.ua/fashion/expert/muslim-fashion-overview.html> (Дата обращения: 31.08.2016).
4. Мусульманські весільні сукні. Моделі, фасони, яке краще купити [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vseznayko.com/moda/musulmanski-vesilni-sukni-modeli-fasoni-yake-krashhe-kupiti/> (Дата звернення: 18.03.2019).

## ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Авербах Д. М.

Студент Харківський національний університет радіоелектроніки

**Ключові слова:** генетичні алгоритми, нейронні мережі, відбір, схрещування, мутація.

**Keywords:** genetic algorithms, neural networks, selection, crossover, mutate.

Останнім часом спостерігається різке збільшення інтересу до нейронних мереж, які вже сьогодні успішно застосовуються в різних галузях людської діяльності – медицині, бізнесі і техніці. Нейронні мережі широко використовуються для вирішення таких важливих завдань, як прогнозування, класифікація, розпізнавання образів, аналіз текстів, семантичний пошук і управління складними системами.

При навчанні нейронної мережі з невірно підібраними даними виникає таке явище, як перенавчання. Також для отримання потрібного результату від мережі потрібно постійно обирати потрібну топологію, що потребує значних затрат часу від розробника. Для спрощення розробки доцільно використати генетичні алгоритми, які генерують можливі варіації нейронних мереж з різними топологіями, які з кожним поколінням вирішують поставлене завдання краще.

Генетичний алгоритм відноситься до стохастичним методам і заснований на принципі природного еволюційного відбору. Ідея генетичних алгоритмів запозичена у живої природи і складається в моделюванні еволюційного процесу, кінцевою метою якого є отри-

мання оптимального рішення складної комбінаторної задачі. [1]

Генетичні алгоритми працюють по аналогії з системами існуючими в живій природі. Вони оперують з сукупністю «особин», що представляють собою закодовані рішення задачі, подібно до того, як генетичний код кодує фенотипічні властивості організмів. Пристосованість особини оцінюється за допомогою спеціальної функції, званої функцією придатності. [2] Найбільш пристосовані отримують шанс схрещуватися і давати потомство. Таким чином, пристосованість нового покоління в середньому вище попереднього. [3]

Найважливішою властивістю нейронних мереж є їх здатність навчатися на основі даних навколишнього середовища і в результаті навчання підвищувати свою продуктивність. Підвищення продуктивності відбувається з часом відповідно до певних правил. Навчання нейронної мережі відбувається за допомогою інтерактивного процесу коригування синоптичних ваг і порогів. В ідеальному випадку нейронна мережа отримує знання про навколишнє середовище на кожній ітерації процесу навчання.[4]

Генетичний алгоритм складається з п'яти фаз:

Створення початкової популяції – створення випадковим чином деякої первинної популяції.

Оцінка функцією придатності – аналіз кожної особини та виставлення їй балів для подальшого відбору.

Відбір – відбирання найкращих генотипів на основі балів виставлених функцією придатності.

Схрещування – створення нової особи за допомогою схрещення двох хромосом-батьків.

Мутація – зміна одного або декількох бітових значень у хромосомі. Мутація відбувається для підтримки різноманітності в популяції та запобігання передчасного зближення. Коефіцієнт мутації не повинен перевищувати 10%.

Протягом усього часу роби генетичного алгоритму розмір популяції залишається не змінюваним. Розмір популяції впливає на якість вирішення поставленої задачі.

У генетичному алгоритмі використовується критерій зупинки, що дає гарантію на збіжність алгоритму. Одним з критеріїв є відсутність змін в пристосованості популяцій. Іншим критерієм є досягнення заданої пристосованості.

Використання генетичного алгоритму для навчання нейронних мереж мають такі переваги:

– генетичні алгоритми можна застосовувати до даних різного виду, причому це застосування носить незалежний характер;

– можна знаходити універсальні рішення;

– ефективне паралельне навчання;

Основним недоліком генетичних алгоритмів для навчання нейронних мереж є необхідність в великих обчислювальних ресурсах. Через це його широко використовують великі компанії. А при вирішенні простих задач використовують інші методи, наприклад метод зворотного поширення помилки.

Отже, використання генетичного алгоритму для навчання нейронних мереж доцільно при вирішенні складних задач, що не можуть бути вирішені за допомогою простих методів, наприклад діагностики захворювань.

### Література

1. Матренин П.В. Методы стохастической оптимизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/307963525\\_Metody\\_stohasticeskoj\\_optimizacii](https://www.researchgate.net/publication/307963525_Metody_stohasticeskoj_optimizacii) (Дата звертання: 22.12.2019).
2. Darrel Whitley. A Genetic Algorithm Tutorial, 1993. – 1-2с.
3. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. – 2-е изд. – М: Физматлит, 2006. – С. 320.
4. Горбань А.Н., Обучение нейронных сетей, Спб.: «Параграф», 1990. с. 78.

## КОМПЛЕКСНЫЙ КРИТЕРИЙ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

**Федорович А.И., Высоцкий Р.В., Кувшинов Д.В.**

Магистр, магистр, кандидат технических наук

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

**Ключевые слова:** выборка измерений, непараметрическая статистика, критерий, вероятностные характеристики, сдвиг, масштаб.

**Keywords:** sampling of measurements, nonparametric statistics, criterion, probabilistic characteristics, shift, scale.

Сравнение двух выборок измерений в задачах наблюдения (мониторинга) за состоянием технических объектов и технологических процессов имеет своей целью обнаружение изменений статистических закономерностей путем оценки параметров сдвига и масштаба. Эта задача решалась путем проведения вычислительных экспериментов на моделях случайных величин с различными законами распределения вероятности и параметрами, характеризующими сдвиг и масштаб выборок измерений. Исследовались случайные величины с симметричными и асимметричными законами распределения вероятности.

Путем проведения вычислительных экспериментов исследовано влияние объема измерений и видов законов распределения вероятностей двух выборок с равными математическими ожиданиями и дисперсиями на статистические закономерности критерия Буша-Винда.

Исследовалась эффективность критерия Буша-Винда путем сравнения решающих правил распознавания, оптимальных – правила Неймана-Пирсона и полученных при использовании предло-

женного критерия. Рассматривались две выборки нормальных случайных величин с различными математическими ожиданиями и равными дисперсиями.

Решающее правило обнаружения сдвига второй выборки относительно первой при использовании критерия Буша-Винда получим на основании следующих знаний. Если выборки не имеют сдвига и у них равные дисперсии, то критерий Буша-Винда при длине выборки больше 20 это случайная величина с законом распределения хи-квадрат с четырьмя степенями свободы. Порог сравнения в этом случае зависит только от величины допустимой вероятности принятия оптимального решения о сдвиге.

Статистика критерия Буша-Винда при сравнении неоднородных выборок.

Известно, что если две исследуемые выборки случайных величин имеют одинаковые законы распределения вероятностей и одинаковые параметры сдвига и масштаба, то независимо от вида этих законов критерий Буша-Винда как случайная величина имеет закон распределения хи-квадрат с четырьмя степенями свободы [2].

Для однородных выборок математическое ожидание и дисперсия показателя Буша-Винда равны 4 и 8 соответственно. По результатам экспериментов оценки математических ожиданий и среднеквадратичные отклонения несколько меньше теоретических значений 4 и 2,83).

При изменении сдвига в 2 раза среднее значение показателя увеличилось с 3,68 до 19,21 примерно в 5 раз), среднеквадратичное значение изменилось примерно в 1,8 раза. При увеличении масштаба в 2 раза, среднее значение изменяется с 3,62 до 9,46 в 3 раза), среднеквадратическое значение практически не изменилось (2,58 и 2,89). При одновременном изменении сдвига и масштаба в 2 раза эти показатели увеличились в 3 и 1,5 раза.

Поскольку релеевское и экспоненциальное распределения являются однопараметрическими, то при изменении значения параметра в 2 раза одновременно изменяется сдвиг и масштаб. Для экспоненциального распределения значение показателя и дисперсии также увеличивается в 2 раза. Для релеевского распределения значения показателя изменяется в 3 раза, а его дисперсия в 2 раза.

## **Выводы**

1. Критерий Буша-Винда как показатель однородности выборок случайных величин может использоваться для оценки степени неоднородности измерений при неизвестных законах распределения вероятности и их параметров в задачах мониторинга технических объектов.

2. Критерий Буша-Винда является случайной величиной и моделью его статистических закономерностей может служить закон распределения хи-квадрат при сравнении как однородных, так и неоднородных выборок измерений.

3. Для неоднородных выборок число степеней свободы закона хи-квадрат зависит от размеров сравниваемых выборок и степени различия их параметров, и его значение примерно равно среднему значению.

4. На основе исследования вероятностных характеристик обнаружения изменений статистических закономерностей выборок измерений установлено снижение эффективности эмпирического решающего правила по сравнению с оптимальным как плату за незнание законов распределения вероятностей случайных величин: вероятность обнаружения уменьшается с 0,98 до 0,89 и 0,9 при длинах выборок от 30 до 100.

## **Список использованной литературы**

1. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика/ А.И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТ ЛИТ, 2006. – 816 с.
2. Малайчук В.П., Мозговой А.В. Математическая дефектоскопия: Монография. – Днепропетровск: Системные технологии, 2005, – 180 с.
3. Малайчук В.П., Лысенко Н.А., Федорович А.И. Критерии непараметрической статистики Клотца и Буша-Винда в задачах периодического контроля технических объектов.// Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Выпуск 2 (67) – Днепропетровск, 2010.-с.198-205.

## ЭВОЛЮЦИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Павленко Я. В.**

студент группы ПЗПИ-18-9

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**Олейник Е. В.**

научный руководитель,

старший преподаватель кафедры Программной инженерии

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**Ключевые слова:** нейронная сеть, автоматизация, нейроны, память, эволюция.

На протяжении многих веков мировой истории человечество накапливало ценный опыт, обучалось и развивалось. Человек сталкивался с многими проблемами в своей повседневной жизни. Чтобы упростить своё существование ему требовалось найти подходы к решению той или иной задачи, применить логику, найти обходные пути или автоматизировать работу.

Это произвело к эволюции как самого человека, так и подходов к решению задач. Со временем стало известно, что даже самые простые изобретения существенно упрощают жизнь.

Например, появление всего лишь обычного калькулятора или его более раннего аналога – «счетов» привело к значительному увеличению продуктивности и упрощению умственного труда человека.

Одно простое изобретение внесло огромный вклад в культуру жизни и увеличило влияние на развитие технологий. А ведь оно лишь помогает быстро делать несложные математические расчеты.

За последние века человечество совершило много полезных изобретений и открытий в различных областях науки. Например, были существо улучшены математические теории, появились новые оптимальные формулы и подходы к решению трудоемких математических задач. Великая теорема Ферма, которая не поддавалась к решению математиков на протяжении почти четырёх тысячелетий, была доказана в 1994 году британским математиком Эндрю Уайлсом [1].

Однако, хоть все открытые методы, технологии и изобретения упрощали работу, они были не совершенны и требовали помощи человека.

Например, все тот же калькулятор, хоть это он и помогал вычислять арифметические команды, считать цену товара у кассы магазина, но он не мог полностью выполнять весь цикл работы. Для этого требовался человек, его голова, которая управляла калькулятором. Также, например, для того чтобы узнавать лица ранее знакомых людей на улице спустя много лет, вычис-

лительные приборы не годились. Распознавать образы был способен только человек.

Вектор развития технологий изменился. Теперь исследователи ещё больше стремились перенести все функции человека в электронику и кибернетику, возросла значимость теории вероятности. Начался период роботизации и биоинженерии. Даже была освоена замена больного сердца на искусственное, но так и не удалось создать мозг похожий на человеческий.

Именно в идеях разработки схемы, подобной биологическому мозгу, способного к самообучению и расчету вероятности событий, лежит начало нейронных сетей.

Такие сети состоят из «нейронов» напоминающих и копирующих работу настоящего человеческого мозга. В сети может присутствовать параллельная работа, так как «нейрон» определяет собой некий вычислительный процесс.

С помощью нейронных сетей можно решать задачи, ранее не возможные для искусственных технологий. Они могут распознавать образы. По сути, искусственная нейронная сеть обучается, благодаря вычислению весовых коэффициентов матрицы.

В период обучения алгоритм сети проводит выбор оптимального решения с помощью определенных функций.

Работает такая система следующим образом: на вход нейронов поступают сигналы, которые суммируются, при этом учитывается значимость каждого

входа (синоптический вес), после выходящие сигналы передаются другим нейронам, вес каждой связи может быть положительным или отрицательным, эти связи по сути являются «памятью сети» [2]. Собственно именно такие модели сети очень похожи на работу мозга. Они могут распознавать образы на основе решений задач классификации.

Разумеется, хоть они имеют одинаковую идею, у них разная «память», а значит они разные.

Для корректного выполнения решения задачи нейронную сеть необходимо обучить. Нужно подавать на вход информацию, и если сеть не правильно выполнила свою задачу: алгоритм обратного распространения ошибки вычисляет вклад каждой связи в конечный результат и изменяет их значимость [3]. Таким образом через многие попытки сеть удаётся обучить.

Современные нейронные сети могут обыгрывать чемпионов мира по шахматам, покеру, распознавать образы. Так же, совсем недавно появились сети которые, например, могут через камеры видеонаблюдения определить, когда покупатель берет или ставит на полку товар, и в случае если покупатель хочет совершить покупку, то он просто должен взять товар с полки магазина, а алгоритмы, управляемые нейронной сетью фиксируют это и автоматически снимут требуемую сумму с карты (при условии, что карта, и личность были заранее идентифицированы, например, при входе в магазин). Существуют также сети, которые



могут находить фотографии похожих людей из огромной базы или прямо из сети интернет [4]. Хотя нейронные сети появились совсем недавно, они сумели получить широкое распространение и могут применяться почти везде. Например, в игре на бирже, при распознавании текстов и распространения таргетированной рекламы в интернете, в системах видеонаблюдения, машинном переводе, в поисковых системах.

В будущем нейронные сети войдут во все сферы жизни человека, они значительно упростят работу, а также полностью автоматизируют множество процессов, вытеснят огромную массу ненужных профессий, например, продавцов и консультантов, получать консультацию различных видов посредством общения с голосовыми помощниками. Они также помогут более просто верстать сайты, например,

можно будет просто нарисовать макет сайта в графическом редакторе, запустить нейросеть, которая на его основе, напишет код для отображения сайта, включая графические аспекты.

Хотя будущее и туманно, точно ясно, что нейронные сети меняют философию восприятия информации и вектор развития технологий в сторону автоматизации всего и вся. Включая, как простые, так и сложные, казавшиеся невыполнимыми задачи, нейронные сети значительно продвинули прогресс общества.

#### **Литература**

1. Саймон Сингх Великая теорема Ферма, МЦНМО, 2000 – 286 с.
2. Тарик Рашид Создаем нейронную сеть, СПб, Альфа-книга, 2017 – 274 с.
3. Короткий С. Нейронные сети: Алгоритм обратного распространения, СПб, 2002 – 328 с.
4. Саймон Хайкин Нейронные сети. Полный курс, Вильямс, 2016 – 1104 с.

## АНАЛИЗ И ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

---

**Граница А. В.**

студент группы ПЗПИ 18-10 Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники E-mail: andrii.hranytsia@nure.ua

---

**Ключевые слова:** методы кластеризации; кластерный анализ; метод k-средних; метод k-медиан; рак легких; рак молочной железы.

**Keywords:** clustering methods; cluster analysis; k-means clustering; k-median clustering; lung cancer; breast cancer.

В современном мире одной из основных причин смертности людей являются онкологические заболевания. Численность больных раком насчитывает более 32 миллионов человек. С каждым годом количество онкобольных только растёт. Ведущие онкологи прогнозируют, что количество случаев заболевания раком во всем мире в ближайшие 20 лет увеличится приблизительно на 70%. Наиболее распространенные онкологические заболевания среди мужчин рак легких, а среди женщин рак молочной железы. Раннее выявление рака способствует наиболее легкому лечению и на много увеличивает шанс полного выздоровления. В настоящее время для более быстрой диагностики используют все больше вычислительной техники и различных алгоритмов помогающих определить онкологические заболевания. Используя алгоритмы кластеризации можно диагностировать различные заболевания.

В данном исследовании используются методы кластеризации для диагностики рака молочной железы и выявления рака легких у больного

путем кластерного анализа изображений полученных при компьютерной томографии.

Кластерный анализ – многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы [1]. Кластеризация объектов является важной областью исследований и практического применения в различных областях, в том числе распознавания образов, статистики и медицины [2].

Для обнаружения рака молочной железы будет использован метод кластеризации k-средних. Чтобы провести исследования, диагностики рака молочной железы, будет использована база данных WBCD, состоящая из 683 случаев из которых 444 доброкачественных и 239 злокачественных, подготовленная доктором Уильямом Вольбергом Университета Висконсина. База данных WBCD включает в себя классификацию каждого случая, является ли опухоль доброкачественной или злокачественной [2]. Всего в базе

данных содержится девять симптомов, значение каждого симптома колеблется от 1 до 10, а также определен статус класса доброкачественный – 2, либо злокачественный – 4 [3].

Основные этапы кластеризации K-средних для WBCD:

Определить количество кластеров. Для данного случая требуется два кластера, так как набор данных имеет два класса, то есть кластер для доброкачественных случаев и кластер для злокачественных случаев.

Определение центра кластера. Центры кластера определяем случайным выбором двух экземпляров.

Определение меры расстояния. В качестве метрики используется Евклидово расстояние.

Обновление центров. Когда все случаи в базе данных группируются в кластеры, алгоритм объявляет об окончании цикла, а затем обновляет каждый центр путем усреднения точки, принадлежащей этому кластеру.

Определение критерия остановки. Предлагаемый алгоритм останавливается, когда все экземпляры располагаются в кластерах постоянно, другими словами, экземпляры не передаются из кластера в другой.

В результате выполнения данного алгоритма удалось добиться успеха в классификации базы данных на 96%, что говорит о хорошей точности и возможности применения метода для диагностики рака молочной железы.

Используя компьютерную томографию и метод k-медиан появляется возможность выявлять рак легких на ран-

них стадиях. В сегментации медицинских изображений точность имеет первостепенное значение, поскольку речь идет о человеческих жизнях. На первом этапе проводится предварительная обработка изображения с целью уменьшить шумы, и улучшить качество изображения перед исследованием. Второй этап заключается в применении метода k-медиан, после этого часть опухоли извлекается из сегментированных результатов и сравнивается с ручной экстракцией [4]. В результате на выходе получается изображение с извлеченной опухолью.

Метод k-медиан является вариацией метода k-средних для задач кластеризации, где для определения центра кластера вместо среднего вычисляется медиана [4]. Кластеры образованные этим методом более компактны. Основные шаги алгоритма следующие:

Выбрать случайные кластерные центры.

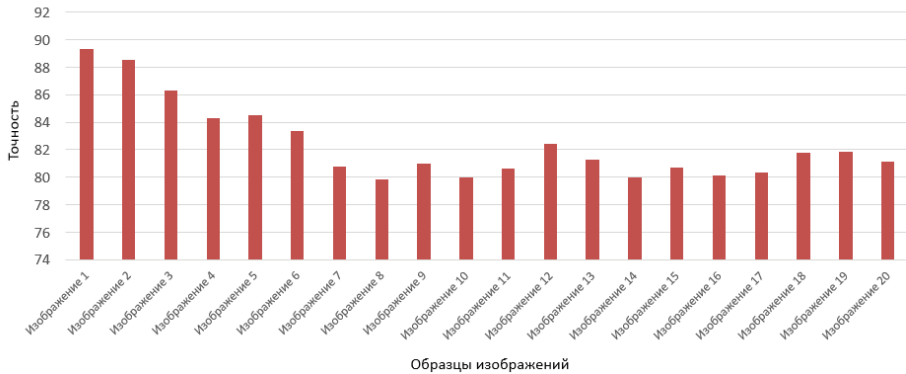
Рассчитать евклидово расстояние.

Каждый пиксель назначить соответствующему кластеру, где евклидово расстояние минимальное.

Как только все пиксели будут разделены по кластерам требуется пересчитать новый центр кластера, используя медианное значение вместо квадратной формулы.

Повторить шаги с 2 по 4 для некоторого количества итерация или пока не будет выполнено определенное условие.

При проведении исследования взяты 20 изображений компьютерной то-



**Рисунок 1.** Результаты точности метода k-медиан

мографии с раком легких разных стадий. Используя методы реализованные с помощью MATLAB-кодирования был проведен анализ точности алгоритма, которая составила 82.4% (рис. 1).

В этом исследовании различные алгоритмы кластеризации были оценены для диагностирования онкологических заболеваний и обнаружение опухоли путем компьютерной томографии. Методы кластеризации демонстрируют высокий процент успеха классификации различных объектов, но для применения этих методов в медицине требуется очень высокая точность, так как от этого зависит человеческая жизнь, поэтому для получения более надежных результатов и повышения производительности существует возможность оптимизации методов кластеризации с помощью различных алгоритмов одним из которых, является правильный подбор начальных центров кластеризации.

### Литература

1. Кластерный анализ [Электронный ресурс] // Википедия: Свободная энциклопедия. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7) дата обращения: 16.12.2019)
2. Рузибаев О.Б., Эшметов С.ДЖ. Исследование и анализ алгоритмов на основе нечеткого метода k ближайших соседей с применением различных метрик при диагностике рака молочной железы // Наука и мир. 2016. № 5. С. 102-107.
3. Данилова И.И. Применение метода кластеризации для диагностики онкологического заболевания // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». 2017. Т.1. С. 1-6.
4. Lung Cancer Detection Using Image Segmentation by means of Various Evolutionary Algorithms [Электронный ресурс] // Computational and Mathematical Methods in Medicine, Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/cmmm/2019/4909846/> (дата обращения 16.12.2019)

## SIMD КОМАНДЫ

**Volokhovskiy V. E.**

Scientific leader – senior lecturer of

Software Engineering department **Oliinik O. V.**

Kharkiv National University of Radioelectronics

(61166, Kharkiv, Lenin Avenue, 14, faculty of computer science,

Phone (057)702-14-65), e-mail: vitalii.volokhovskiy@nure.ua

**Ключевые слова:** SIMD команды, классификация Флинна.

SIMD – принцип компьютерных вычислений, позволяющий обеспечить параллелизм на уровне данных. Один из классов вычислительных систем в классификации Флинна.

Название данного типа команд представляет собой аббревиатуру от Single Instruction Multiple Data – буквально «одна инструкция – много данных». В отличие от обычных команд, оперирующих двумя числами, SIMD-команды обрабатывают сразу две группы чисел (в принципе их можно называть групповыми командами). Операнды таких команд обычно представлены в одном из упакованных форматов.

Классификация Флинна (SISD; SIMD – векторные, матричные, – ассоциативные, систолические, – VLIW; MISD; MIMD).

Идея SIMD-обработки была выдвинута в Институте точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева в 1978 году в рамках проекта «Эльбрус-1». С 1992 года команды типа SIMD становятся неотъемлемым элементом АСК микропроцессоров фирм Intel и AMD, Поводом послужи-

ло широкое распространение мультимедийных приложений. Видео, трехмерная графика и звук в ЭВМ представляются большими массивами данных, элементы которых чаще всего обрабатываются идентично. Так, при сжатии видео и преобразовании его в формат MPEG один и тот же алгоритм применяется к тысячам битов данных. В трехмерной графике часто встречаются операции, которые можно выполнить за один такт: интерполирование и нормировка векторов, вычисление скалярного произведения векторов, интерполяция компонентов цвета и т. д. Включение SIMD-команд в АСК позволяет существенно ускорить подобные вычисления.

SIMD-компьютеры состоят из одного командного процессора (управляющего модуля), называемого контроллером, и нескольких модулей обработки данных, называемых процессорными элементами. Управляющий модуль принимает, анализирует и выполняет команды. Если в команде встречаются данные, контроллер рассылает на все процессорные элементы команду, и эта команда выполняется

на нескольких или на всех процессорных элементах. Каждый процессорный элемент имеет свою собственную память для хранения данных. Одним из преимуществ данной архитектуры считается то, что в этом случае более эффективно реализована логика вычислений. До половины логических инструкций обычного процессора связано с управлением выполнением машинных команд, а остальная их часть относится к работе с внутренней памятью процессора и выполнению арифметических операций. В SIMD-компьютере управление выполняется контроллером, а «арифметика» отдана процессорным элементам.

Первой на мультимедийный бум отреагировала фирма Intel, добавив в систему команд своего микропроцессора Pentium MMX 57 SIMD-команд. Название MMX (MultiMedia eXtention – мультимедийное расширение) разработчики обосновывали тем, что при выборе состава новых команд были проанализированы алгоритмы, применяемые в различных мультимедийных приложениях. Команды MMX обеспечивали параллельную обработку упакованных целых чисел. При выполнении арифметических операций каждое из чисел, входящих в группу, рассматривается как самостоятельное, без связи с соседними числами. Учитывая специфику обрабатываемой информации, команды MMX реализуют так называемую арифметику с насыщением: если в результате сложения образуется число, выходящее за пределы отведенных под него позиций, оно заменяется наиболь-

шим двоичным числом, которое в эти позиции вмещается. Ограничения MMX: Нет чисел с плавающей запятой, регистры MMX совмещены с регистрами математического сопроцессора. Нельзя одновременно использовать MMX и сопроцессор).

Следующим шагом стало создание новых наборов SIMD-команд, работающих также с операндами, представленными в виде упакованных чисел с плавающей запятой. Такие команды в соответствующих приложениях повышают производительность процессора примерно вдвое. Первой подобную технологию в середине 1998 года предложила фирма AMD. Это мультимедийное расширение включало в себя 21 SIMD-команду и получило название 3DNow!. Расширение 3DNow! в дополнение к SIMD-обработке целочисленной информации типа MMX позволяло оперировать парой упакованных чисел в формате с плавающей запятой. • 3DNow (позволяет оперировать с новым типом данных – парой упакованных чисел в формате с плавающей точкой). Эти числа занимают по  $2 * 32$  бита в 64-х битовых регистрах MMX. В систему команд добавлена 21 новая инструкция, большая часть которых предназначена для обработки упакованных чисел с плавающей точкой).

Инструкции технологии 3DNow! предназначены для ускорения обработки 3D в приложениях. Процессор может выполнять по две инструкции технологии 3DNow! за такт. Все инструкции технологии 3DNow! работа-

ют с теми же регистрами, что и инструкции технологии MMX.

Полугодом позже фирма Intel ввела в свои микропроцессоры так называемые потоковые SIMD-команды, обозначив их аббревиатурой SSE – Streaming SIMD Extension (потоковая обработка по принципу «одна команда – много данных»). Сначала это были 70 команд в микропроцессоре Pentium III. Команды дополняли групповые целочисленные операции MMX и расширяли их за счет групповых операций с 32-разрядными вещественными числами.

Принцип – одновременная обработка нескольких элементов данных в одной команде.

Расширение SSE (Streaming SIMD Extension) С процессором Intel Pentium III впервые появилось расширение SSE. Это расширение работает с независимым блоком из восьми 128-битных регистров XMM0–XMM7. Каждый регистр XMM представляет собой четыре упакованных 32-битных вещественных числа с одинарной точностью. Команды блока XMM позволяют выполнять как векторные (над всеми четырьмя значениями регистра), так и скалярные операции (только над одним самым младшим значением). Кроме команд для работы с блоком XMM в расширение SSE входят и дополнительные целочисленные команды для работы с регистрами MMX, а также команды управления кэшированием. В архитектуре x86-64 число регистров XMM было увеличено до 16-ти: XMM0–XMM15.

Команды SSE делятся на 4 категории:

- SIMD-команды для данных одинарной точности с плавающей запятой (SPFP-команды);
- Дополнительные SIMD-команды для целочисленных данных;
- Команды управления кэшированием;
- Команды сохранения и восстановления компонент состояния процессора.

Потоковое Расширение SIMD (Streaming SIMD Extensions (Single Instruction, Multiple Data – одна команда, несколько элементов данных)) это обобщающее название всех новых возможностей процессора Pentium III, что созданы для повышения производительности в мультимедиа и информационных приложениях. Эти нововведения (которые включают новые регистры, типы данных, и команды) объединяются с выполняемой моделью SIMD для повышения быстродействия приложений. Применение новых SIMD-команд значительно увеличивает производительность приложений, обрабатывающих данные с плавающей запятой, или приложений, которые в основном используют алгоритмы с интенсивными вычислениями, выполняющие повторяющиеся операции над большими массивами простых, отрицательных элементах данных. Также от SSE выигрывают приложения которым нужен постоянный доступ к большим размерам данных.

Такие операции широко используются для обработки изображений, звуковых сигналов и в других приложениях. Для выполнения этих операций в

состав процессоров введены специальные блоки, реализующие соответствующие наборы команд, которые в различных типах процессоров (Pentium, Athlon) получили название MMX (Milti-Media Extension) – Мультимедийное расширение; SSE (Streaming SIMD Extension) – Поточковое SIMD-расширение; «3D – Extension» – Трёхмерное расширение.

### **Bibliography**

1. SIMD команды: [https://studopedia.su/3\\_33126\\_SIMD-komandi.html](https://studopedia.su/3_33126_SIMD-komandi.html).
2. SIMD параллелизм. Основные классы SIMD компьютеров. <https://megaobuchalka.ru/12/24092.html>.
3. SIMD: <https://intel.fandom.com/ru/wiki/SIMD>.
4. Орлов С. А., Цилькер Б. Я. Об66 Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2011. – 688 с.: ил.



---

Informatics, computer engineering and automation

## OPENMP SYNC TOOLS

---

**Freher O. E.**

Scientific leader –

senior lecturer of Software Engineering department *Oliinik O.V.*

Kharkiv National University of Radioelectronics (61166,

Kharkiv, Lenin Avenue, 14, faculty of computer science,

Phone (057)702-14-65), e-mail: [oleh.freher@nure.ua](mailto:oleh.freher@nure.ua)

---

**Keywords:** Threads, compiler directives (OpenMP), message transfer mechanism in parallel programming.

Parallel programming is used when a sequential program needs to reduce its execution time, or when a serial program, due to the large amount of data, ceases to fit in the memory of one computer. The direction of development in the field of high-performance computing is precisely aimed at solving these two problems: creating powerful computing systems with a large amount of RAM on the one hand and developing the corresponding software on the other.

The development of parallel programs (PP) consists of three main stages: Decomposition of the task into subtasks. It is ideal that these subtasks work independently of each other (the principle of data locality). Sharing data between subtasks is an expensive operation, especially if it is sharing over a network. Distribution of tasks by processors (virtual processors). In some cases, the solution to this issue can be left to the discretion of the software execution environment. Writing a program using some kind of parallel library. The choice of library may depend on the platform on which the program will be executed, on the required level of

performance and on the nature of the task itself.

For the most part, all computing complexes and computers are divided into three groups: Systems with distributed memory. Each processor has its own memory and cannot directly access the memory of another processor. When developing programs for such systems, the programmer must explicitly specify the entire communication system (Message Passing). Libraries: MPI, PVM, Shmem (Cray only). Systems with shared (shared) memory. A processor can directly access the memory of another processor. Processors can sit on one bus (SMP). Shared memory can be physically distributed, but then the cost of accessing the remote memory can be very high and this should be considered by the software developer.

OpenMP is a mechanism for writing parallel programs for systems with shared memory. Consists of a set of compiler directives and library functions. Allows you to easily create multi-threaded applications in C / C ++, Fortran. It is supported by hardware manufacturers (Intel, HP, SGI, Sun, IBM), compiler developers (In-

tel, Microsoft, KAI, PGI, PSR, APR, Absoft).

OpenMP provides the following synchronization constructs: critical – critical section atomic – atomicity of the barrier operation – synchronization point master – a block that will be executed only by the main thread. There is no implicit synchronization at the end of the block.ordered – execute a block in the given sequence flush – immediately dump shared variable values into memory.

Critical sections can be named or unnamed. In various situations, improves performance. According to the standard, all critical sections without a name will be associated with one name. Using the critical directive, we can specify a section of code that will be executed by only one thread at a time. If one of the threads started executing a critical section with the given name, then the other threads that started executing the same section will be blocked. They will wait in line. As soon as the first thread completes the execution of the section, one of the blocked threads will enter it. The choice of the next thread that will execute the critical section will be random.

Atomic operation has much less overhead. Where possible, he takes advantage of hardware, such as atomic increment operations; in this case, there is no need to lock / unlock when entering / exiting a line of code, it simply does an atomic increment, which, as the hardware reports, cannot intervene. The pluses are that the overhead is much lower, and one thread in an atomic operation does not block any (other) atomic operations that may occur.

The disadvantage is the limited set of operations that atomic supports.

A barrier is one of the primitives of synchronization. It is created on a number of threads. When the first thread completes its work, it remains to wait at the barrier and waits until the rest of the threads have completed their work.

As soon as exactly as many streams accumulate at the barrier as the barrier was created, all flows that wait at the barrier continue to work.

Synchronization of the master type is used to determine the structural block of the program, which will be performed exclusively in the main thread (parallel thread with a zero number) from the entire set of parallel threads. This building block follows the directive

```
#pragma omp master
```

in programs written in C / C ++. In Fortran programs, master synchronization is set as follows:

```
c$omp master  
<structured block >  
c$omp end master
```

Synchronization of the ordered type is used to determine the threads in the parallel area of the program, which are executed in the order corresponding to the serial version of the program.

```
c$omp parallel default (shared) private (I, J)
```

```
c$omp do ordered  
do I = 1, N  
do J = 1, M  
Z(I) = Z(I) + X (I, J) * Y(J, I)  
enddo  
c$omp ordered  
if (I<21) then
```

```
print*, 'Z (,I) = ', Z (I)
endif
c$omp end ordered
enddo
```

Synchronization of the flush type is used to update the values of local variables listed as arguments to this command in RAM. After executing this directive, all the variables listed in this directive have the same value for all parallel threads.

The principle of operation of synchronization can be described as follows. When initializing a set of parallel processes in the program, a control point is set (similar to the control point in the debugger), in which the program expects the completion of all generated parallel processes. Note that until all parallel processes have completed their work, the program cannot continue to work beyond the synchronization point. And since all modern high-performance processors are conveyor-type processors, the high com-

plexity of the synchronization procedure becomes clear.

Indeed, until all parallel processes are completed, the program cannot begin preparing the loading of processor pipelines. This is what leads to large losses during synchronization of processes, similar to losses during the operation of conditional statements in a regular sequential program.

### Bibliography

1. Загрузка и синхронизация в OpenMP: <https://www.intuit.ru/studies/courses/1112/232/lecture/6025>.
2. Методичное пособие «Параллельное программирование на OpenMP»: <http://ccfit.nsu.ru/arom/data/openmp.pdf>.
3. Barbara, Chapman Using OpenMP – Portable Shared Memory Parallel Programming / Barbara Chapman. – Moscow: World, 2007.
4. Antonov, A. S. Parallel programming technologies MPI and OpenMP / A. S. Antonov. – Moscow: St. Petersburg. [et al.]: Peter, 2012.

## REGULAR HEATING METHOD FOR NON-STATIONARY PROCESSES

---

**Peretiaka Nataliia,**

Candidate of technical sciences

**Boriak Kostiantyn,**

Doctor of technical sciences, Associate professor

**Manzaruk Mariia,**

Senior Lecturer

**Ivanova Mariia,**

6th year Student

Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality, Ukraine

---

**Keywords:** passive method of thermal non-destructive testing, pace of heating, rate of heating

In conditions of increasing requirements for the energy efficiency of technologies, it becomes relevant to address the inertia of the thermal method of non-destructive testing.

There are various non-destructive testing methods – magnetic, electric, eddy current, radio wave, thermal, optical, radiation, acoustic [1]. Their use is determined by the conditions conducting and properties of the controlled object.

Thermal non-destructive testing is used for registration temperature changes in the defective zone. The advantage of the method is the ability to identify incipient physical problems – chips, cracks and other mechanical damage. The passive method of thermal control is effective for determining the quality of assembly of mechanical components, identifying malfunctions of mechanisms due to lubrication defects and other non-mechanical defects [2].

The main disadvantage of the thermal method for assessing the technical condi-

tion is a slow response to malfunctions. It takes a long time for the control object to enter the control mode.

This feature of the method is based on the laws of the thermal behavior of solids upon heating. A solid of any shape goes through three stages of heating. In the first stage of disordered heating, the thermal behavior of a solid is determined by the initial conditions. In the second stage of regular heating, the heating temperature varies exponentially with time. In the third stage of stationary heating, the body takes the same temperature at all points and thermal equilibrium sets in.

All existing methods for conducting thermal control of friction units are based on measurements in the stationary heating stage. In the normative documents indicate the temperature of the maximum permissible heating of the mechanical components and the time for the measurements.

The heating rate is established, which characterizes the output of the test object

to the stationary heating stage – the fluctuations in the temperature difference do not exceed 2 °C in 4 hours [3]. It takes a long time for the control object to enter the stationary heating mode. Carrying out thermal control causes additional electricity consumption to ensure the nominal operating mode of the mechanical unit.

Today, the method of regular heating has begun to develop actively [4]. It is based on the determination of the pace of heating of the body:

$$m = \frac{\ln \vartheta - \ln \vartheta_e}{\Delta \tau} = \text{const} \quad (1)$$

where  $\vartheta$  – object temperature, °C;  $\ln \vartheta_e$  – ambient temperature, °C;  $\Delta \tau$  – time, minutes.

The heating pace characterizes the growth rate of excess body temperature. In regular heating mode, the temperature is exponentially dependent on time. With a logarithm, the exponential dependence becomes linear. The moment of time at which the logarithm of the excess temperature of any point changes according to the law of a straight line determines the beginning of the stage of regular heating. The slope of the line graph determines the heating pace. The use of the method of regular heating by the heating pace makes it possible to quickly make a decision on the technical condition of the object until the temperature stabilizes.

The studies of the authors of this article were aimed at studying the thermal behavior of heterogeneous objects during an unsteady heating process by the method of regular heating. Field experiments

were carried out to study the heating temperature of the bearing assemblies of the technological equipment of the tin-can workshop of the Odessa cannery.

Direct measurements of the heating temperature of the surface of the bearing assemblies were carried out by the pyrometric thermal method. Based on the data obtained, the heating pace is calculated by the formula (1). The results of the heating pace of the SMV press bearings are shown in Figure 1.

From graph (fig. 1) it can be seen that the function does not acquire a linear dependence and has bends. Therefore, it is not possible to reliably determine the time interval of the regular mode and the angle of the graph. The indicated shortcomings of the regular heating method for non-stationary processes are confirmed by the studies of the authors [5].

The results of field experiments showed that the use of the method of regular heating by the parameter of the heating pace does not allow to make an operational assessment of the technical condition of rolling bearings. Based on the theory of regular heating, the authors developed an experimental methodology for assessing the technical condition of rolling bearings using the method of passive thermal non-destructive testing. It is proposed to determine the operational state of the bearing assembly by the parameter of the heating rate in the stage of the regular heating mode. This technique allows us to solve the problem of inertia of the thermal method by reducing the time spent on control [6].

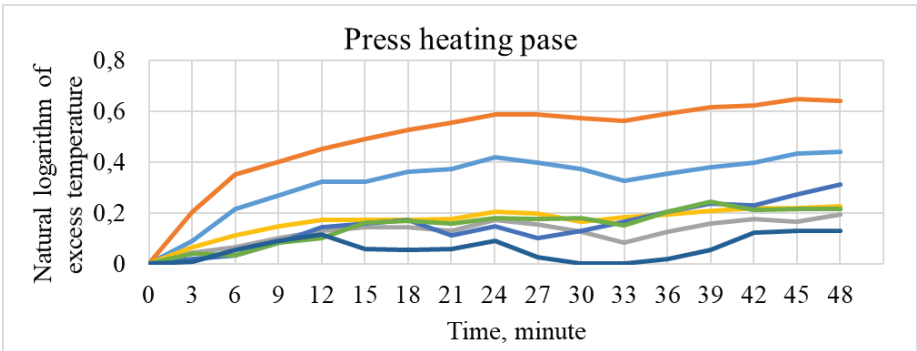


Figure 1. Press SMV Bearing Heating Speed

**References**

1. ДСТУ 2865-94. Контроль неруйнівний. Терміни та визначення; надано чинності: з 01.01.1996. К.: Український науководослідний інститут технології машинобудування (УкрНДІТМ), 2014. 55 с.
2. Wael M. A Passive Thermography Approach to Bearing Condition Monitoring. JOJ Material Sci. 2017. № 1(4). Pp. 1-7.
3. ДСТУ ІЕС 60706-3:2008. Ремонтпридатність устаткування. Частина 3. Перевірка, збір, аналіз і подання даних (ІЕС 60706-3:2006, IDT); надано чинності: з 2010-01-01 зі скасуванням ГОСТ 20831-75). – К.: Держспоживстандарт України, 2010. 24 с.
4. Фокин В.М., Чернышов В.Н. Неразрушающий контроль теплофизических характеристик строительных материалов. М.: Издательство Машиностроение-1, 2004. 212 с.
5. Филиппов В.И. Применение методов регулярного теплового режима для определения теплофизических характеристик пищевых продуктов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. №3. С. 22 – 30.
6. Перетяка Н.О., Боряк К.Ф. Вдосконалення методу теплового контролю шпіндельних опор настільних вертикально-свердильних верстатів // Колективна монографія трудов міжнародної конференції «Наука, дослідження, розвиток / Science, research, development. (29.12.2018 – 30.12.2018) – Belgrade (Serbia). 2018. Т.12. С 25 – 33.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ ТКАНЕВЫХ ОБОЛОЧЕК ОТ СЖИМАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ

**Датуашвили Мерб Важаевич**

Профессор, к.т.н., Академический доктор.

Государственный университет Ак. Церетели, Грузия

*В статье рассмотрены вопросы изменений геометрических размеров многослойных тканевых оболочек при сжатии по толщине. Научной новизной работы является определение величины полной деформации многослойных тканевых оболочек в зависимости от усилия сжатия и количества циклов нагружения по разработанной методике. Результаты проведенных исследований дают возможность в начальной стадии проектирования определить параметры технологических процессов изготовления многослойных тканевых оболочек требуемой толщины и объемной плотности.*

**Ключевые слова:** Швейное изделие; Тканевые мембраны; текстильные изделия.

**Keywords:** Sewing product; Tissue membranes; textile products.

В качестве критерия оценки изменения геометрических размеров многослойных оболочек выбрана величина деформации сжатия по толщине. Регулирование геометрических размеров и объемной плотности во многом зависит от технологических процессов изготовления многослойной тканевой оболочки и сборки самого изделия. Наиболее доступным способом создания армированных структур является способ прошивки слоистых материалов с помощью швейного оборудования.[1;2]

В качестве критерия оценки изменения геометрических размеров оболочки выбрана величина деформации сжатия по толщине, т.к. при создании армирующего каркаса необходимо обеспечить требуемую толщину при определенной величине объемной плотности. Объектом исследования являются многослойные оболочки из стеклоткани с поверхностной плотностью 250 г/м<sup>2</sup>.

Испытания по определению изменения толщины при сжатии проводились по разработанной методике на установке ВРМХС, предназначенной для определения жесткости пластмасс на изгиб.

Для многослойных оболочек диапазон давлений, при которых проводились исследования выбран с учетом нагрузок, которые испытывает многослойная оболочка под действием рабочих органов технологического оборудования,

применяемого для прошивки. По результатам исследований, проведенных на рабочем оборудовании, установлено, что усилие прижатия прошиваемой многослойной оболочки к рейке изменяется в течение цикла работы машины и зависит от массы звеньев прижимного устройства, приведенной к стержню лапки, податливости пружины лапки и податливости сшиваемых деталей. Исходя из этих данных, образцы многослойных оболочек испытывались при значениях давления 100, 300, 600, 900, 1200 КПа.

На первом этапе работы было рассчитано количество слоев, при котором во время технологической обработки оболочки толщина достигает требуемое значение  $4,9 \pm 0,1$  мм при объемной плотности  $1 \pm 0,2$  г/см<sup>3</sup>.

Условная объемная плотность многослойной оболочки может быть рассчитана по формуле

$$\gamma = \frac{Mn}{h} \quad (1)$$

Где М – поверхностная плотность слоя оболочки, г/см<sup>2</sup>; n- количество слоев, шт ; h- толщина оболочки, см.

Установлено, что требуемых параметров можно достичь с помощью многослойной оболочки из 18,19,20,21,22 слоев [5].

С целью определения требуемого количества измерений, обеспечивающего достоверность результатов, при заданной нагрузке были исследованы различные образцы многослойной оболочки. Как показывают статические результаты, для получения гарантированной относительной ошибки среднего арифметического, не превышающей 5%, достаточно провести 6 измерений.

Так как в условиях изготовления многослойных оболочек изменение толщины зависит в основном от действующей нагрузки, необходимо установить математическую зависимость толщины от сжимающей нагрузки для всех случаев.

Пусть  $H_1$  – толщина оболочки;  $H$  – толщина при давлении  $P$ . Тогда при изменении давления на величину  $\Delta P$  произойдет изменение толщины на величину  $\Delta H$ . Считая эти зависимости нелинейными, получим уравнение:

$$-\Delta H = K \Delta P (H_1 - H)^\beta \quad (2)$$

приводящее при  $\Delta P \rightarrow 0$  к дифференциальному уравнение:

$$-dH = K (H_1 - H)^\beta dp \quad (3)$$

где  $K$  и  $\beta$  – некоторые коэффициенты пропорциональности, определяемые материалом. Решая это уравнение, получим:

$$-\int \frac{dH}{(H_1 - H)^\beta} = K \int dp \Rightarrow (H_1 - H)^{1-\beta} = -KP + C \Rightarrow H = H_1 + (KP + C)^{\frac{1}{1-\beta}} \quad (4)$$



Эти соображения приводят нас к следующему виду зависимости  $H$  от  $P$ :

$$H = C + BP \quad (5)$$

где  $A, B, C$  – некоторые действительные числа.

Учитывая свойства материала, величин  $H$  и  $H_{пр}$  носят случайный характер, поэтому точно определять из уравнения (4) параметры  $A, B, C$  не представляется возможным.

В связи с этим была поставлена следующая задача. Величины  $A, B, C$  находили методом наименьших квадратов, т.е. минимизировалась величина

$$L = \sum_{i=0}^m \left( \overline{H}_i - BP^A - C \right)^2 / \sigma_i^2 \rightarrow \min \quad (6)$$

где  $\overline{H}_i$  – среднее значение толщин  $H$  при давлении  $P = P_i$

$$\overline{H}_i = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 H_{ij} \quad \text{где } H_{ij} \text{ значение } H \text{ при давлении } P_i \text{ в } j\text{-измерений,}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 \left( H_{ij} - \overline{H}_i \right)^2 \quad \text{– среднее квадратичное отклонение.}$$

Модель (6) является нелинейной и представляет собой довольно сложную задачу [6.7], для ее решения использовалась модификация программы “PRGBL

10”. Были получены оценки  $\hat{A}, \hat{B}, \hat{C}$  параметров  $A, B, C$ . 95% доверительные интервалы для  $A, B, C$  имеют вид:

$$A: \hat{A} \pm \sigma_A t_{95\%} = \hat{A} \pm 3,18 \sigma_A$$

$$B: \hat{B} \pm 3,18 \sigma_B, \quad C: \hat{C} \pm 3,18 \sigma_C,$$

Где  $\hat{\sigma}_A, \hat{\sigma}_B, \hat{\sigma}_C$  – оценки асимптотических стандартных отклонений находились как и величины  $K_{AC}, K_{AB}, K_{BC}$  с помощью коэффициентов матрицы, обратной к матрице, определяемой вторыми частными производными:

$$\frac{\partial^2 L}{\partial A^2}; \frac{\partial^2 L}{\partial B^2}; \frac{\partial^2 L}{\partial C^2}; \frac{\partial^2 L}{\partial A \partial B}; \frac{\partial^2 L}{\partial A \partial C}; \frac{\partial^2 L}{\partial B \partial C}$$

и оценкой для дисперсии  $\hat{\sigma}^2$ .

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \left( \overline{H}_i - \hat{B} P^{\hat{A}} - \hat{C} \right)^2}{m - 3}$$

$t_{95\%} = 3,18$  (из таблицы Стьюдента по числу степеней свободы)

Стандартное отклонение для  $\overline{H}(p) = \hat{B} P^{\hat{A}} + \hat{C}$  находилось следующим образом:

$$\begin{aligned} \sigma_{\hat{H}}^2(p) &= \sigma^2 \left( \hat{B}P^A + \hat{C} - BP^A - C \right) = \\ &= \sigma^2 - \left( \hat{C} - C + \left( \hat{B} - B \right) P^A + BP^A \left( 1 - P^{\left( A-A \right)} \right) \right) \end{aligned} \quad (7)$$

Далее, так как 95% доверительный интервал достаточно мал, то последним слагаемым можно пренебречь и таким образом

$$\sigma_{\hat{H}}^2(P) = \sigma_B^2 P^{A^2} + 2K_{BC} P^A \quad (8)$$

Эта величина служит для определения средней толщины изделия при давлении P. Например, прибавленным 95% доверительным интервалом для среднего значения H при давлении P будет:

$$\hat{H}(P) \pm 3,18\sigma_{\hat{H}}(P) = \left( \hat{H}(P) - 3,18\sigma_{\hat{H}}(P) \hat{H}(P) + 3,18\sigma_{\hat{H}}(P) \right)$$

Для проверки адекватности модели использовалась статистика [8],

$$F_0 = M_{SA} / M_{SW} \quad (9)$$

$$\text{гд } M_{SA} = \sum_{i=1}^m \left( \hat{H}_i - \hat{H}(P_i) \right)^2 / (m-2) ; M_{SW} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{\sigma} \left( \hat{H}_i - \hat{H}_i \right)^2 / 5$$

средние квадраты разброса относительно регрессии и внутри групп

Если  $F_0 < F_{0,95}(m-3,5)$  То Нулевая гипотеза Но «модель адекватная» принимается при уровне значимости 0,05. Значения  $F_{0,95}(v_1, v_2)$  находятся из таблиц Фишера [3].

Исходя из этих зависимостей, результаты испытаний обрабатывались методами математической статистики. Ошибка опыта не превышало 5%, что свидетельствует о достаточно хорошей воспроизводимости испытаний и является подтверждением высокой точности используемой установки.

Обработка данных позволила получить графическую зависимость (рис.1) толщины многослойной оболочки от давления и уравнения регрессии для всех исследуемых образцов.

Превышение табличного значения критерия Фишера над расчетным позволяет сделать вывод об адекватности полученных уравнений регрессии.

Анализ кривых зависимости толщины образцов от величины давления свидетельствует об их идентичности. В начальный период приложения нагрузки происходит значительная деформация оболочки, а затем при увеличении нагрузки деформация постепенно затухает. Т.е. характерно наличие двух

Таблица 1

Рекомендуемая величина сжимающей нагрузки (кПа) для получения требуемой толщины оболочки

Требуемая толщина, мм	Величина нагрузки (кПа) при количестве слоев				
	18	19	20	21	22
4,9±0,1	660 ÷ 831	755 ÷ 956	840 ÷ 1058	957 ÷ 1204	1159 ÷ 1467

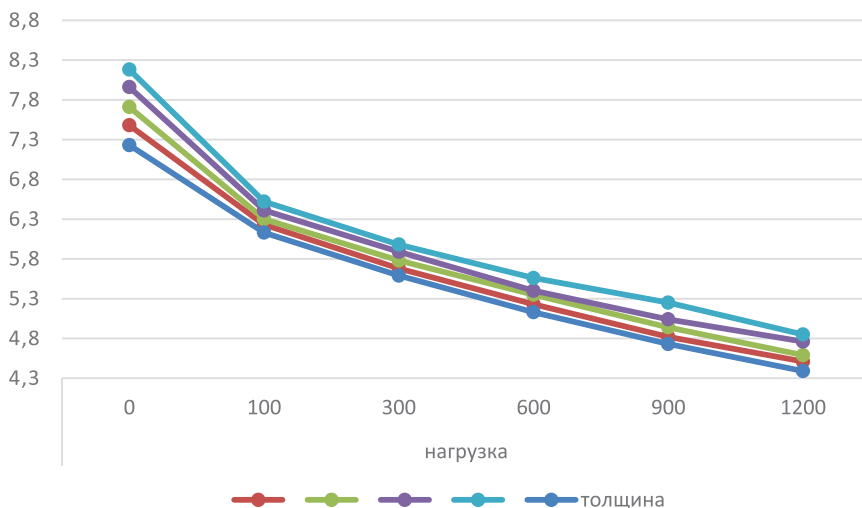


Рис. 1. Зависимость толщины образцов от сжимающей нагрузки после трех циклов сжатия

участков: первый – нагрузка вызывает значительное уменьшение толщины материала; второй – уменьшение толщины идет незначительно.

Так как на практике возникает необходимость получения многослойной оболочки с заданными значениями толщины, при определенном значении объемной плотности, допустимые отклонения которых не должны превышать соответственно  $\pm 0,1$  мм и  $\pm 0,02$  г/см<sup>3</sup>, на основе полученных результатов (рис.1) были определены рекомендуемые величины сжимающей нагрузки на пакет для получения требуемых параметров в процессе изготовления (табл.1). А в табл.2 представлены величины объемной плотности исследуемых образцов в зависимости от величин сжимающей нагрузки.

В результате проведенных исследований и обработки результатов установлено, что при проектировании многослойных оболочек из стеклоткани поверхностной плотностью 250 г/м<sup>2</sup> и толщиной  $4,9 \pm 0,1$  мм, с объемной плотностью  $1 \pm 0,02$  г/см<sup>3</sup> рекомендуется использовать оболочки, состоящие из 20 слоев, при сжимающей нагрузке 840-1058 кПа.

**Таблица 2**

Значения объемной плотности (г/см<sup>3</sup>) оболочек в зависимости от сжимающей нагрузки

Требуемая объемная плот- ность, г/см <sup>3</sup>	Значение объемной плотности при сжимающей нагруз- ке, кПа				
	660 ÷ 831	755 ÷ 956	840 ÷ 1058	957 ÷ 1204	1159 ÷ 1467
1±0,02	0,9-0,94				
1±0,02		0,95-0,99			
1±0,02			1-1,04		
1±0,02				1,05-1,09	
1±0,02					1,1-1,14

### Список литературы

1. Curtis P.T., Bishop S.M. Composites. 1984.-259.
2. Датуашвили М.В., Сергеева Н.И., Долидзе Н.А. Исследование возможности дополнительного армирования многослойных тканевых оболочек методом прошивки. ENG. NEWS. №2. 2007. стр. 160.
3. Фишер Р. Статические методы для исследователей. Пер. с англ. Госстатиздат. Москва. 1958.
4. Мортон В.Е., Хелп В.И. Механические свойства текстильных волокон. Пер. с англ. Легкая индустрия. Москва.1971.-184 стр.
5. Датуашвили М.В.,Базаев Е.М., Пospelота А.П. Исследование деформационных процессов в многослойных оболочках из тканей. Швейная промышленность №3. Москва.1993.43-45 стр.
6. Дрейнер Н.,Смит Г.Прикладной регрессионный анализ. Пер. с англ. Мир. Москва.1975.
7. Крамер Г. Математические методы статистики. Пер. с англ. Мир. Москва.1975.
8. Курош А.Г. Курс высшей алгебры. Наука. Москва.1975. 430 стр.

## COMPUTER MODELLING EMERGENCY SITUATIONS SYSTEMS BASED ON MATHEMATICAL PACK MATHCAD

---

**Tshchkovskiy N.A.**

Student of Kharkiv National University of Radio Electronics

---

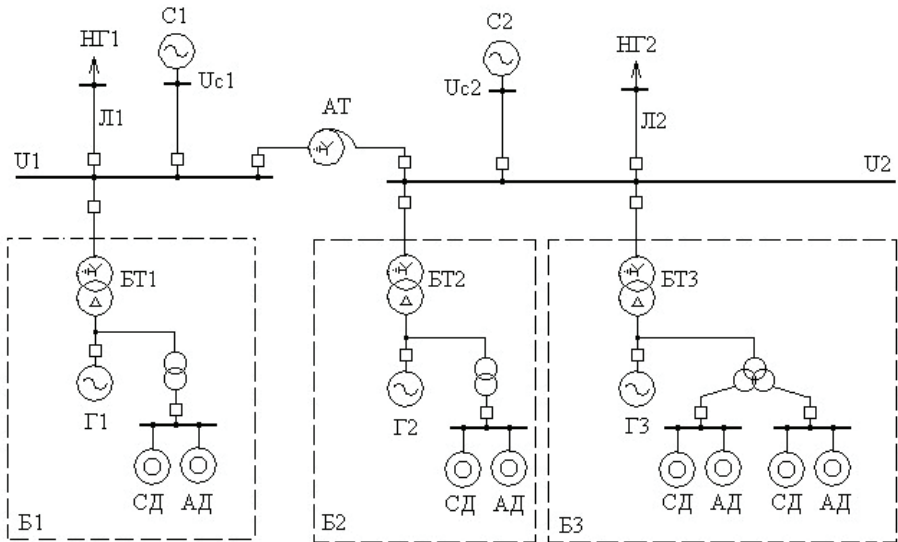
**Keywords:** computer modeling, power plant, emergency situation.

### Topicality

Many enterprises and energy companies raise the issue of reequipping an outdated base (modernization of electric networks and appliances 20 years ago). It implies the use of new security systems that have enhanced functionality and a high level of reliability. Protective systems are an essential part of the whole mechanism, since they prevent accidents from occurring, thereby saving money on repairs. Computer simulation allows you to simulate the normal operation of the system and emergency situations that can occur in it and, based on the results obtained, design protective devices. The following functions are implemented in relay protection devices: three-level maximum current protection, protection against earth faults and zero sequence currents, protection of maximum and minimum voltage, automatic frequency unloading, automatic acceleration when the circuit breaker is turned on, redundancy of the circuit breaker failure and automatic switching on of the reserve, two times or one-time automatic restart.

Depending on the complexity of the system under consideration, the processes being analyzed, the range of tasks to be solved, various approaches are applied in the development of mathematical models of electrical objects. Existing models can be divided into several classes: Exact models based on complete remote controls, taking into account many factors, design features of elements, changing parameters when changing modes, etc. Such models are usually developed for individual machines or simple schemes. They require accurate initial data, complex calculations and do not allow to study the behavior of the electrical system as a whole. Models for calculations in complexly configured networks with a large number of nodes that implement the classical model when the dynamic properties of generators in the remote control are taken into account by the damper moment. Such models are based, as a rule, on simplified differential or algebraic equations written for a single-line circuit, because of which it is impossible to observe phase quantities, to analyze asymmetric and swing modes. In addition, such models make it possible to obtain ultra-transient and steady-state effective values of values at short circuit, but they do not make it possible to analyze instantaneous values.

---



«Scheme of a simulated power plant» **figure 1**

**Modeling object**

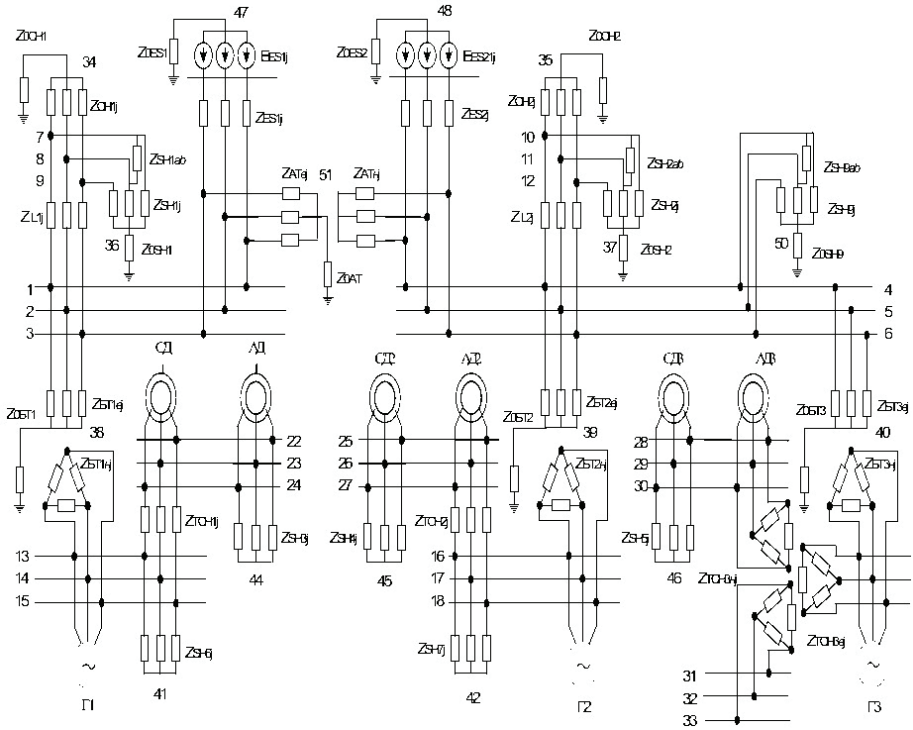
As an object of modeling, we will consider a block power plant, a typical circuit of which is shown in Fig. 1 where accepted following designations: БТ1, БТ2, БТ3 – block transformers; C1 C2 – electrical systems; Л1, Л2 – typical lines; Г1, Г2, Г3 – generators; СД – synchronous motors; АД – asynchronous motors.

The equations for determining the stresses in the nodes are written on the basis of the first Kirchhoff law for the derivatives of currents in the coordinates a, b, c for each node and in general form in matrix form are:

$$AB = E + PZ, \tag{1}$$

where A is the matrix of nodal inverse inductances; B is the vector of nodal stresses; E is the vector of the rate of change of the master nodal currents; P is the diagonal matrix of attenuation coefficients of the branches connected to the nodes; Z is the column vector of the currents of circuit elements connected to the node. In fig. 2 shows a circuit similar to the circuit of Fig. 1, but in a three-phase image ( $j = a, b, c$ ), where the following notation is used: it contains the total number of nodes  $n = 11 \cdot 3 + 18 = 51$ . A 3-phase scheme for nodes 1–33 and 1-phase is adopted zero sequence diagram for nodes 34–51: 34, 35 – load lines Л1, Л2; 36, 37 – places of short circuits on Л1, Л2; 38, 39, 40 – БТ1, БТ2, БТ3 neutrals; 41, 42, 43 – output Г1, Г2, Г3; 44, 45, 46 – sections of the CH; 47, 48 – systems C1, C2; 49, 50 – places of short circuits on bus systems U1, U2; 51 – neutral AT.

In this case, equations (1) take the form (2):

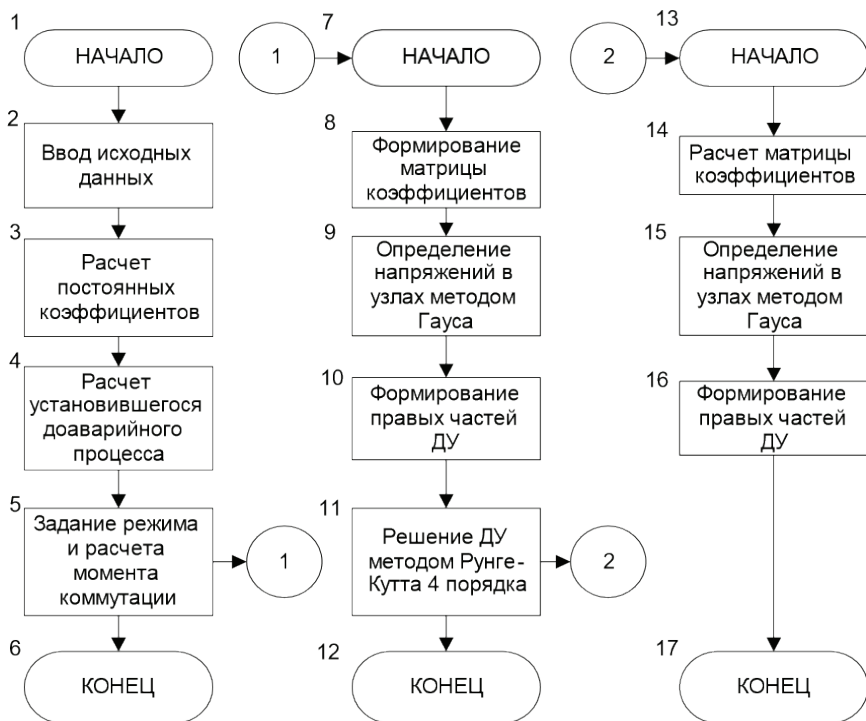


«Scheme of a simulated power plant» figure 2

$$\begin{pmatrix}
 \Lambda_{a1} & \Delta\Lambda_{ab1} & \Delta\Lambda_{ac1} & : & \Delta\Lambda_{ad1} & \Delta\Lambda_{ab1l} & \Delta\Lambda_{ac1l} & : & \\
 \Delta\Lambda_{ab1} & \Lambda_{b1} & \Delta\Lambda_{bc1} & : & \Delta\Lambda_{bd1} & \Delta\Lambda_{b1l} & \Delta\Lambda_{bc1l} & : & \\
 \Delta\Lambda_{ac1} & \Delta\Lambda_{bc1} & \Lambda_{c1} & : & \Delta\Lambda_{cd1} & \Delta\Lambda_{bc1l} & \Delta\Lambda_{cd1l} & : & \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\
 \Delta\Lambda_{ad1} & \Delta\Lambda_{ab1l} & \Delta\Lambda_{ac1l} & : & \Lambda_{d1} & \Delta\Lambda_{abd} & \Delta\Lambda_{acd} & : & \Delta\Lambda_{ad0m} \\
 \Delta\Lambda_{ab1l} & \Delta\Lambda_{b1l} & \Delta\Lambda_{bc1l} & : & \Delta\Lambda_{abd} & \Lambda_{b1} & \Delta\Lambda_{bcd} & : & \Delta\Lambda_{b0m} \\
 \Delta\Lambda_{ac1l} & \Delta\Lambda_{bc1l} & \Delta\Lambda_{c1l} & : & \Delta\Lambda_{acd} & \Delta\Lambda_{bcd} & \Lambda_{c1} & : & \Delta\Lambda_{c0m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\
 \Delta\Lambda_{ad0l} & \Delta\Lambda_{b0l} & \Delta\Lambda_{c0l} & : & : & : & : & : & \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\
 : & \Delta\Lambda_{a0m} & \Delta\Lambda_{b0m} & \Delta\Lambda_{c0m} & : & : & : & : & 
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 B_{a1} \\
 B_{b1} \\
 B_{c1} \\
 \dots \\
 B_{d1} \\
 B_{b1} \\
 B_{c1} \\
 \dots \\
 B_{0m}
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 E_{a1} \\
 E_{b1} \\
 E_{c1} \\
 \dots \\
 E_{d1} \\
 E_{b1} \\
 E_{c1} \\
 \dots \\
 E_{0m}
 \end{pmatrix}
 +
 \begin{pmatrix}
 P_{a1} Z_{a1} \\
 P_{b1} Z_{b1} \\
 P_{c1} Z_{c1} \\
 \dots \\
 P_{ad} Z_{ad} \\
 P_{bl} Z_{bl} \\
 P_{cl} Z_{cl} \\
 \dots \\
 P_{0l} Z_{0l}
 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

where  $l = 1, 2, \dots, 11$ ;  $m = 34, 35, \dots, 51$ ; matrix A includes intrinsic (A) and mutual ( $\Delta\Lambda$ ) inverse inductances, and has a size of  $51 \times 51$ .

For the calculation of short-circuit currents in complex electrical networks of energy systems and power systems, integrated programs V-VI-1 – V-VI-50P2 have



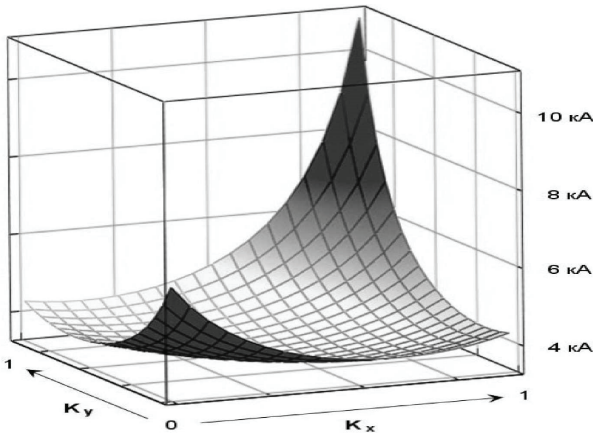
«Block diagram of the algorithm for generating a mathematical model of a power plant» **figure 3**

been developed. [1-2] The basis of the programs is work with the basic mathematical model of the network, which allows you to work with circuits of up to 3000 electrical nodes. When calculating transients in the power system, sections are allocated with circuits of up to 100 nodes, which represent the basic model of the district. It is for the basic model of the region, containing its own and mutual resistances and voltage of the nodes before the accident, that the transients are calculated, and the rest of the power system is equivalent to the region under consideration.

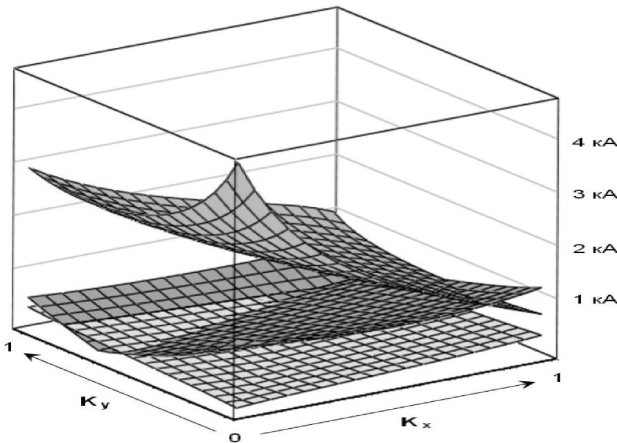
According to the program, the following types of calculations can be performed: multivariate calculations of short circuits and non-phase disconnections of branches for the purpose of relay protection in areas of a complex electric network automatically allocated by a computer. Any types of short-circuit can be calculated – three-phase, two-phase, two-phase short-circuit to ground and single-phase.

To calculate the dynamic stability of complex power systems, programs IV-2 – IV-4 have been developed. In these programs, the calculation of the quasistationary electric regime on the PP interval was carried out by the Gauss-Seidel iterative method,





«Earth fault current at the fault points, depending on the location of the fault points on the lines, phase C is shorted to ground on the first line, phase A is closed to the second line» figure 4



«The fault current in the lines, depending on the location of the fault points on the lines, depending on the location of the fault points on the lines: A – red, phase B – yellow, phase C – green (phase 1 is shorted to ground on phase 1, 2- oh line – phase A)» figure 5

modified taking into account the characteristics of the task of generating units. Modeling of ARV generators and dynamic load characteristics in combination with the volume of tasks to be solved (up to 70 nodes, 25 generators) fully satisfied the requirements of practice and created the possibility of industrial use of the program.

For the analysis of transients and quasi-steady-state modes in electrical systems, the study of the laws of regulation and the properties of control systems of switching equipment, as well as the laws of regulation of the excitation of rotating machines, the PITM[3] computer complex was created.

The composition of the studied electrical systems may include: transformers and autotransformers, reactors, rotating electrical machines with various excitation control systems, AC and DC power lines, switching devices and devices

(valves, arresters, switches, etc.), elements of electrical systems, which can be represented by design circuits of resistors, inductances, capacitors, ideal switches, emf and current sources, ideal transformers. The computer complex has continuous and discrete models of typical elements that form expandable libraries and are activated by the task of numerical material. The calculation scheme of the investigated electrical

system is generated automatically according to user-entered information about the connections of the external poles of typical elements.

To study transients in the considered system, a computer program can be used, the block diagram of which is shown in Figure 3 [4].

In this paper, to solve the problem of computer simulation of emergencies, it is proposed to use the mathematical package Mathcad 13.

Below are the results of computing the system using Mathcad in graphical form:

### **Bibliography**

1. Электрические машины. Копылов И.П.- М.: Энергатамиздат, 1986. – 360 с.
2. Алгоритмизация расчетов переходных процессов в автономных электроэнергетических системах. Кетнер К.К., Козлова И.А., Сендюрев В.М. – Рига: Зинатне, 1981. – 166 с.
3. Математическое моделирование электродвигателей собственных нужд электрических станций. Учебное пособие. Сивокобыленко В.Ф., Костенко В.И. – Донецк: ДПИ, 1979. – 110 с.
4. Математическое моделирование электростанции для анализа переходных процессов и оценки поведения устройств релейной защиты. Межекова М.А.– 68 с.

---

## COMPUTER MODELING IN CLIMATE AND WEATHER FORECAST

---

**Ovchynnykova A.M.**

Student of Kharkiv National University of Radio Electronics

---

**Keywords:** computer modeling, mathematics, weather, forecast, environment, nature.

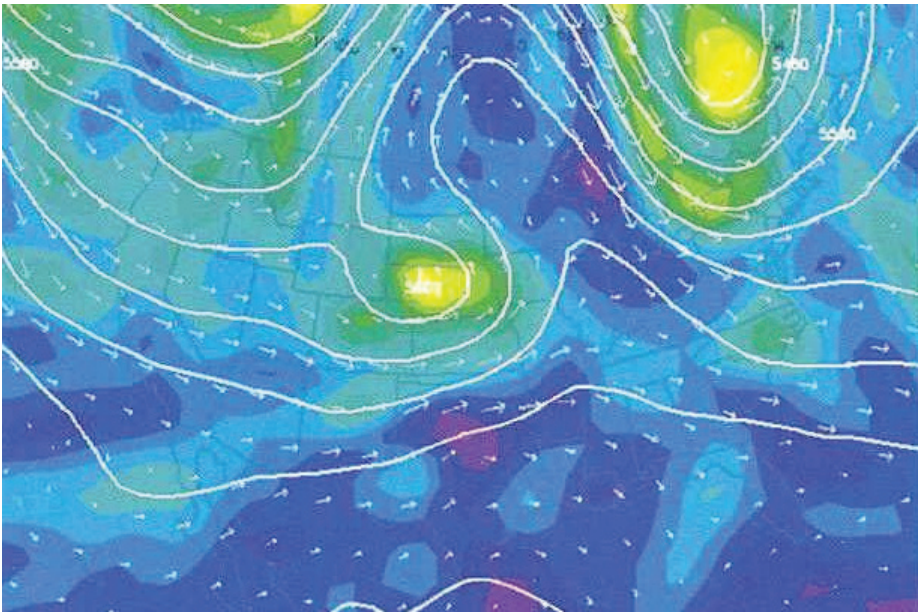
At the beginning of the XX century scientists came to the conclusion that weather can be predicted using mathematical equations. But these equations were so complicated that it was almost impossible to verify the theory. The computer coped with this task, and currently the most complicated weather models are widely used by national services. Computer modeling has become the foremost weather forecaster tool. Some models allow you to make a very detailed forecast for one to two days for a limited area, while others give a less detailed forecast, but for one to two weeks.

Many countries are developing highly sophisticated models that can handle an ever-increasing flow of data. Weather models use a huge number of mathematical equations necessary to calculate the possible behavior of the atmosphere and oceans. Some of them describe air currents, others – the formation, movement and disappearance of clouds of all types and the likelihood of rain, snow or hail. The equations should take into account many variables that affect the formation of the weather. Only with the help of computer simulation of the circulation of the entire atmosphere of the Earth, taking into account all the other (optical, aero-

sol, chemical, etc.) processes that affect it, it is possible to solve the problems of climate modeling and weather forecasting. Mathematical modeling is improved every year thanks to the expansion of the global meteorological network of observations and the most modern computer technologies.

The combination of bright colors, lines and arrows allows you to show several weather parameters on the map at the same time. This allows weather forecasters to see the combination and mutual influence of various factors – (img. 1).

When modeling the processes occurring in the atmosphere, it is necessary to make an incredible amount of calculations. For this, weather forecasters need the most powerful and fastest computing machines. Such supercomputers are used in world meteorological centers. The leader in the list of 500 most powerful computing systems of the planet Earth Simulator (Japan), which is able to operate with models with a grid spacing of only about 10 km. This makes it possible to simulate climatic processes with an unprecedented level of detail, for example, to observe local cyclones and hurricanes in the early stages of their formation. At present, forecasting by an ensem-



«Weather parameters» image 1

ble, that is, by a group of forecasts, allows to automatically obtain information on the probabilities of meteorological events in relation to the needs of users. Similar technologies are being improved more and more.

Forecasts with lead times exceeding several hours are almost always based entirely on numerical weather prediction (NWP). NWP models represent the atmosphere on a three-dimensional grid. Only meteorological systems that are several times greater than the grid spacing can be predicted accurately, and therefore phenomena of smaller scales are described only approximately, using statistical and other methods. Such limitations in NWP models have a particular impact on detailed forecasts of local weather elements such as clouds and fog, as well as

extreme events such as heavy rainfall and peak gusts. Forecasters know that the quality of some forecasts is affected by the presence of areas with very poor data coverage. Therefore, it is necessary to constantly improve observing systems and methods for accounting and processing information in NWP models. Since ancient times, human activity has relied on a certain climatic «norm» for a certain time of the year. Unfortunately, the current weather does not always coincide with the average. Advance information about what awaits us in the upcoming season is extremely important, especially for agriculture. At a seasonal forecasting scale, hydromet centers use a number of special techniques. Currently, such forecasts are prepared using both statistical schemes and dynamic models.

The statistical approach is based on the detection of repeating patterns in the climate: the wet period follows the dry period, the cold period follows the hot period. The main tools for dynamic forecasting are combined models – those that include both the atmosphere and other important environments, especially the ocean.

Computer models are widely used in the study of climate change in time and space. There is a certain predictability of temperature and precipitation anomalies for periods up to several seasons. It is possible due to repeated interactions between

the atmosphere, oceans and land surface at the scale of a given season. At the same time, it is necessary to take into account in these models how polar ice, atmospheric pollution, and deforestation affect long-term climate changes.

### **Bibliography**

1. Марчук Г.И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. – М.: Гидрометеоиздат, 1974.
2. Дымников В.П. Компьютерные модели земных процессов // Наука в России N 3, 2004 г. – С. 5-9
3. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы – М.: Наука, 1977 – 439с.

## COMPUTER MODELING IN EARTHQUAKE FORECAST

---

**Nikolaichuk A.V.**

Student of Kharkiv National University of Radio Electronics

---

**Keywords:** computer modeling, mathematics, weather, forecast, environment, nature.

Unfortunately, in society has created wrong stereotype about the area of modern technologies. Often is a sign of identity between seismology and forecast earthquakes, however, these two science and technology differ from each other well as far as, for example, physics semiconductors and computer calculations.

Although physics semiconductors important to create chips modern computers, but to the programming and generally to technology work on the computer she has no relationship. Also and seismology – only science, studying the structure of the Earth with the help of seismic waves and consequences impacts seismic waves. Forecast earthquakes is practical technology information on future earthquakes.

In fact, the knowledge of seismology (science about the dimensions of seismic events) does not imply any specific knowledge in the field of forecast. So it is in practice, which shows that today no seismologist cannot predict the earthquake with any high statistical accuracy.

For a successful predict earthquakes necessary whole technological system collection and processing of geophysical specific information, in other words, the service forecast earthquakes. This service is similar to the service of the weather

forecast, already mastered by humanity.

It requires a large number of stations collection seismic forecast (geophysical) information, optional seismological character, system operational collection of this information on the basis of modern means of telecommunications, powerful computer funds processing incoming data systems modeling, analysis and display tectonic process, that is the process of the movement of the depths of the earth.

On the basis of received information and her computer processing experts on the forecast can give the one or another kind of seismic forecast.

The need arises not at all in the forecast earthquakes, and the forecast destructive earthquakes, leading to human victims and economic losses.

On our planet happen millions of small earthquakes annually. Their register only devices. Strong earthquakes very little, but they can lead to a disastrous consequences with numerous victims.

In connection with a maximum of the moon-solar tide occurring in the second half of the night, major earthquake for which this factor is often the trigger, occur at night, when people are inside their homes and sleep, and therefore their homes be for them deadly a trap. It is seen



«Earthquake aftermath in Hajchensk » **image 1**

as the percentage of the dead when earthquakes under the wreckage of houses (order 99%), as well as for example, a good forecast made in China in 1975 before the quake in Hajchensk (img. 1) which happened February 4th the magnitude of  $M_s = 7.3$  when population in the night earthquake was forbidden to be in the premises, and all the people were saved, while the house more than a million residents were destroyed.

This is probably the only an example of a successful practical forecast, when really was prevented the death of 100 – 200 thousand people.

Unfortunately, the feature of human psychology is that people prefer not to think about such a rare catastrophic events, as the earthquake, war and epidemic, but this the consequences of these events not be less tragic.

Apparently therefore, the problem forecast earthquakes and the preparation of the population to such events not paid proper attention neither side of the authorities, no on the part of the population.

Task of the prediction is a warning of the population of probability devastating earthquake a certain magnitude and intensity of concussion soil in the fact or another place in certain “temporary windows”, that is an indication of a certain threat temporary period for this site that will give people additional chance to the survival.

In connection with natural feature tectonic process, that is the movement of the depths of the earth, the unavailability direct observation of this movement, the unavailability direct measurement mechanical stress in the depths of the earth, forecast earthquakes is based on the indi-

rect harbingers an upcoming earthquake. These harbingers can wear a long-term, the medium or short-term character. That is one harbingers can occur over the years, but not carry information on exact time earthquake, other appear for a few hours and minutes before the main destructive push, but often not provide information about the power and place. Such harbingers, as a rule, it is difficult to use, if you do not have a preliminary information from more long-term of harbingers.

The forecast earthquakes, as always probabilistic, as well as the weather forecast, can be reliable only in the case when used a complex geophysical data and produced necessary modeling of the process of preparing the earthquake.

It is convenient to divide the types of forecast for temporary ordinal the ranking, which corresponds to a different, independent types of harbingers. Then becomes possible almost to carry out the prediction in a certain time window when the seismic forecast information is in short supply, and you can also to determine the appointment of each type of forecast.

### **Bibliography**

1. Семинский К.Ж. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Тектонофизический аспект. Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал «Гео», 2003. 244 с.
2. Вращения и деформации земной поверхности в Байкало-Монгольском регионе по данным GPS-измерений / А.В. Лухнев [и др.] // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, №7. С. 785-793.
3. Справочник по геофизике / пер. с англ. М., 1965. 356 с.