

VI МІЖНАРОДНА НАУКОВО-
ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
«КОМП'ЮТЕРНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ ТА
ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДНИХ
СИСТЕМ»

VI INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND TECHNICAL CONFERENCE
«COMPUTER MODELING AND
OPTIMIZATION OF COMPLEX
SYSTEMS»

Дніпро, ДВНЗ УДХТУ
4-6 листопада 2020

doi: 10.32434/CMOCS-2020

СЕКЦІЯ 1. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

MATHEMATICAL MODELS IN PURE AND APPLIED MATHEMATICS	14
Andrianov I.	
КВАТЕРНІОННІ ДРОБОВО-РАЦІОНАЛЬНІ КРИВІ	15
Аушева Н.М., Гуменний А.А.	
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ РЕЙКИ ПІД ЧАС ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ	17
Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Подольський Р. В.	
ЧИСЛЕННЫЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	19
Беляев Н.Н., Козачина В.А., Чирва М.В.	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В РАБОЧИХ ЗОНАХ	21
Беляева В.В., Берлов А.В., Гунько Е.Ю.	
КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ХІМІЧНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ ЗАВАНТАЖЕНЬ ШВИДКИХ КОНУСОПОДІБНИХ АДСОРБЦІЙНИХ ФІЛЬТРІВ	23
Бомба А. Я., Климяк Ю. Є.	
ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ГІПЕРКОМПЛЕКСНИХ ОБЧИСЛЕНЬ	25
Боярінова Ю.Є., Каліновський Я.О.	
ВПЛИВ РЕЖИМУ РОБОТИ НАСОСА НА ДИНАМІКУ ЙОГО РОТОРА	27
Вербовий А.Є., Павленко І.В., Неамцу К., Серик М.Л., Яценко А.С.	
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЦІНОУТВОРЕННЯ	29
Владимиров Я. Д., Козир С. В.	
MODEL OF CLUSTER FORMATION	31
Derevianko O.I.	

PROBABILISTIC MODEL FOR COMPUTING TIME DELIVERY IN DISTRIBUTED DATASTORE NETWORK	33
Zholtkevych G.	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРОПРОЧНОСТИ ВЕНЦОВ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ГТД ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ	35
Каиров А. С., Латанская Л. А., Каиров В. А.	
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГЛЕЦЕВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ У БАРАБАНИ-ОХОЛОДЖУВАЧІ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ	37
Карвацький А.Я., Лазарев Т.В., Лелека С.В., Мікульонок І.О., Іваненко О.І., Витвицький В.М.	
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМ ПІДЛОГОВОГО ОПАЛЕННЯ В НЕСТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ	39
Клімов Р. О., Басакін О. О.	
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ	41
Козинский А.А., Николаев М.В., Шуть В.Н.	
ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНІВ, РОЗРОБЛЕНИХ МООВОЮ JAVA НА БАЗІ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ	43
Латанська Л.О., Ковальчук В.І.	
ПОБУДОВА ДОВІРЧОГО ІНТЕРВАЛУ ТА ІНТЕРВАЛУ ПЕРЕДБАЧЕННЯ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА TYPESCRIPT	45
Латанська Л.О., Чебаков Д.В.	
МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПРОЦЕСІВ ГРАФІТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ПЕЧАХ АЧЕСОНА	47
Лелека С.В., Карвацький А.Я, Мікульонок І.О., Іваненко О.І., Витвицький В.М.	

- МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ БАНКОМАТІВ WINCOR NIXDORF PROCASH 2000XE** 49
Макарова Л.М., Абаза Є.В.
- УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ З РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ** 51
Макарова Л.М., Пічугін М.Ю.
- ЗАДАЧА МІНІМАКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ** 53
Михайлова Т. Ф.
- КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ДВОВИМІРНОГО ДРОБОВО-РАЦІОНАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ** 55
Науменко Т.С., Шапка І.В.
- МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ JAVA ТА PHP-ЗАСТОСУНКІВ З ВІДКРИТИМ КОДОМ ЗА БАГАТОФАКТОРНИМИ НЕЛІНІЙНИМИ РЕГРЕСІЙНИМИ МОДЕЛЯМИ** 57
Приходько С. Б., Ворона М. В., Смикодуб Т. Г.
- МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЇХ СТИСНЕННЯ З ВТРАТАМИ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНИХ СТОХАСТИЧНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ** 59
Приходько С. Б., Приходько А. С.
- МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В ВИХРЕВОМ АППАРАТЕ** 61
Соколовская И.Е., Дмитренко А.С.
- КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ РІДИНИ ПРИ ПАДІННІ КРАПЛІ** 63
Харченко О.С., Колісник В.О., Надригайло Т.Ж.
- НОВЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СТАДИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРЕССОВАНИЯ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ГМК** 65
Худяков А.Ю., Ващенко С.В., Баюл К.В.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ БАЛАНСУЮЧОЇ ПЛАТФОРМИ В СЕРЕДОВИЩІ ВІЗУАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	67
Шульгін О.Л., Ляшенко О.А.	

СЕКЦІЯ 2. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБАЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕДУРИ СПРОЩЕННЯ СТРУКТУРИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	70
Бойко С.А., Зеленцов Д.Г.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ КОНТРОЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ	72
Бруяко О.С., Дерев'янок О.І., Фененко Т.М.	
МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФОСФОРИЛЮВАННЯ ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНИХ СОРБЕНТІВ	74
Гасин Б.С., Галиш В.В., Трус І.М., Гомеля М.Д.	
ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСТУ БУДИНКІВ ВІД СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО КОЛЕКТИВНОГО ІНТЕЛЕКТУ	78
Данішевський В.В., Гайдар А.М.	
ОПТИМІЗАЦІЯ ДВОЕТАПНОГО ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛОПРОКАТУ ШЛЯХОМ ФОРМУВАННЯ ЗЛИВКІВ	80
Желдак Т.А., Коряшкіна Л.С.	
ВНУТРЕННИЕ МИНИМУМЫ В МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ	82
Косолап А.И.	
ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ	86
Косолап А. И., Пискун Р. О.	

ОПТИМІЗАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ	88
Луца Є. О., Клімов Р. О.	
ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ДЕТАЛІ ТИПУ КРОНШТЕЙН В САД-СИСТЕМІ КОМПАС-3D	90
Міхеєнко Д.Ю.	
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ РЕЛЕ ДЛЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕРМОАКТИВАЦІЙНОЮ СПЕКТРОСКОПІЄЮ	92
Сніжної Г.В., Василенко О.В., Смирнова Н.А., Івченко С.А.	
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПОРИСТОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ В ВИХРОВОМУ АПАРАТІ	94
Соколовська І.Є., Чумак К.В.	
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕРМООБРОБКИ ПОРИСТОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ВИХРОВОМУ АПАРАТІ ЗА МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	96
Соколовська І.Є., Чумак К.В.	
ПРОЄКТНО-КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ У НАВЧАННІ АНГЛОМОВНОГО АКАДЕМІЧНОГО ПИСЬМА СТУДЕНТІВ МОВНОГО ЗВО	98
Тарнопольський О.Б., Сторожук С.Д.	
АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДАЖІВ В УМОВАХ ПІДПРИЄМСТВА СКЛ ТАНДЕМ	103
Ус С.А., Предко С.В.	
АГЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОЗПОДІЛЕНІЙ ВИРОБНИЧІЙ СИСТЕМІ	105
Федорович О.Є., Прончаков Ю.Л., Западня К.О.	

СЕКЦІЯ 3. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ

ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ НА ЗОБРАЖЕННІ	108
Бацінко М.І., Парамонов А.І.	
КРИТЕРІЇ РОЗБИТТЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА СЕРВІСИ	110
Горбенко О.Ю., Аушева Н.М.	
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR IMAGE-BASED WASTE CLASSIFICATION	112
Нгурунска N.V., Kolomijets O.V., Radiuk P.M.	
МЕТОДИ АПРОКСИМАЦІЇ ФУНКЦІЙ БАГАТЬОХ ЗМІННИХ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОКОНДЕНСОВАНИХ СИСТЕМ	114
Єфремов Д.С., Коротка Л.І.	
РОЗРОБКА ХМАРНОЇ БАЗИ ДАНИХ ГЕНЕТИЧНИХ ЕКСПЕРМЕНТІВ НА ОСНОВІ GOOGLE CLOUD PLATFORM	116
Желізняк В. О., Олевський В. І.	
ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЗАСОБАМИ PYTHON	118
Животкевич О. В., Гнатушенко Вік. В, Фененко Т. В.	
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВІРТУАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА В РЕАЛЬНОМУ ІНТЕР'ЄРІ	120
Завадський К.В., Кодола Г.М.	
ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ФУНКЦІЇ АКТИВАЦІЇ ПРИ НАВЧАННІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	122
Зеленцов Д.Г., Шаптала Т.М.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ЗАДАЧАХ РЕГРЕСІЇ	124
Кульбердієв Б. А., Хорошилов С. В.	

МОДЕЛЮВАННЯ ХАОТИЧНИХ РЕЖИМІВ СИСТЕМИ	126
Кушпінт В.Г., Дерев'янка О.І., Фененко Т.М.	
ПРОЕКТУВАННЯ ДОДАТКУ ФОРМУВАННЯ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ З МАТЕМАТИКИ	128
Лабунець С.О., Кодола Г.М.	
СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ЗАДАЧАХ АВТОНОМНОГО КЕРУВАННЯ	130
Ладик Д. Д., Хорошилов С. В.	
СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО СИМУЛЯТОРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ	132
Лебединець С. В., Хорошилов С. В.	
АЛГОРИТМ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІДЕОЕФЕКТІВ В PINNACLE STUDIO	134
Лісовол Є.К., Дерев'янка О.І., Фененко Т.М.	
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КАРТОГРАФУВАННЯ ЛОКАЦІЙ ТЕРМІНОВИХ ПОДІЙ У МІСТІ ДНІПРО ТА ОБЛАСТІ	136
Органішук О.О., Тарханов Б.С., Гаркуша І.М.	
ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСІБ НА ЗОБРАЖЕННІ З ВІДЕОПОТОКУ ЗА ЇХ ОБЛИЧЧЯМ	138
Парамонов А.І., Якубчук А.Ю., Дикальчук Є.В.	
МОДЕЛЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB АКТИВНОЇ ФАЗИ ПОЛЬОТУ	140
Пліш Д.С., Дерев'янка О.І., Фененко Т.М.	
КЛАСИФІКАЦІЯ ШКІДЛИВИХ ПРОГРАМ ЗАСОБАМИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	142
Плужник А.В., Жульковська І.І., Жульковський О.О.	
РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ	144
Подгребельний В.О., Косухіна О.С.	

ВИКОРИСТАННЯ СВР ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ КЛАСУ «БУРОВІ ТРЕНАЖЕРИ»	146
Потеряйло Л.О., Процюк В.В.,Кравців К.І.	
АВТОНОМНЫЕ КОГНИТИВНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ	148
Прокопчук Ю. А.	
ЗАСТОСУВАННЯ НАВЧАННЯ З ПІДКРПЛЕННЯМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ОРІЄНТАЦІЄЮ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ	150
Редька М.О., Хорошилов С.В.	
ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ В ДОДАТКУ ДЛЯ ІНВЕСТИЦІЙ У ФОНДОВІ РИНКИ	152
Рубльовський К.В., Денисюк О.Р.	
АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НЕРЕГУЛЯРНИХ ЧИСЛОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ З ПЕРЕМІННИМ ТА НЕЧІТКИМ ІНТЕРВАЛОМ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	154
Скалозуб В. В., Мурашов О. В.	
SOFTWARE TOOLKIT FOR TEXT CLASSIFICATION	157
Sydorenko D. V., Korotka L. I.	
ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ДОМЕННОЙ ШИХТЫ	159
Тогобицкая Д.Н., Муравьева И.Г., Белькова А.И., Иванча Н.Г., Лихачев Ю.М.	
МЕТОДИКИ ПРОЕКТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОГО ВІДБОРУ ПЕРСОНАЛУ	161
Тонишева В. О., Коротка Л. І.	
МУЛЬТИАГЕНТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И СИГМА-ПИ-ПАДЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ	163
Федоров Е.Е., Чичужко М.В., Чичужко В.О.	
НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА	165
Харитонов О.О., Ляшенко О.А.	

	10
ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ГОЛОСОВОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ФОНОСКОПІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ	167
Цюрисов Д. М.	
ВИКОРИСТАННЯ ТЕМПОРАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КАУЗАЛЬНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У ПОЯСНЕННЯХ В РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ	169
Чалий С.Ф., Лещинський В.О., Лещинська І.О.	
ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ТА НЕЧІТКОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ У ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	171
Шаповалов А. О., Олевський В. І.	
ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ	173
Шаповалова С.І., Бараніченко О.М.	
СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОМОБІЛЕМ	175
Шевчук Є. І., Хорошилов С. В.	

СЕКЦІЯ 4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АВТОМАТИЦІ, ЕЛЕКТРОНІЦІ, ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ ТА ЕКОНОМІЦІ

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВІДДІЛЕННЯМ ВИЛУГОВУВАННЯ МІДІ З МІДНОГО БРУХТУ	178
Батура Д.О., Мисов О.П.	
РОЗРОБКА АСУ ДІЛЯНКИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА МІДНОГО КУПОРОСУ	180
Батура Д.О., Мисов О.П.	

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШНЕКОВОГО ПОДПРЕСС-СОВЩИКА ВАЛКОВОГО ПРЕССА	182
Баюл К.В., Худяков А.Ю., Ващенко С.В., Солодкая Н.А., Прокудина Э.Б.	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БРИКЕТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СУХИХ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	184
Ващенко С.В., Худяков А.Ю., Баюл К.В.	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ «SMART POWER GRID» В ЕЛЕКТОРОМЕРЕЖАХ	186
Каштан В.Ю., Крайняк М.Ю., Гуца О.В.	
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПРОСТОРОВОГО ВПЛИВУ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ	188
Коба Б.С., Головач Д.Ю., Коротенко Г.М., Сергеева К.Л.	
ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕНСОРІВ НА ПОВЕРХНЕВОМУ ПЛАЗМОННОМУ РЕЗОНАНСІ	190
Коротун А.В., Рева В.І, Луценко О.М., Тітов І.М.	
ГРАНИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СКАНУВАЛЬНОГО ТУНЕЛЬНОГО МІКРОСКОПА	192
Курбацький В.П., Коротун А.В., Погосов В.В.	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ СТРУМИННИМ ПОДРІБНЕННЯМ ЗА АКУСТИЧНИМИ СИГНАЛАМИ РОБОЧИХ ЗОН МЛИНА	194
Музика Л.В., Прядко О.В.	
CONTROL SYSTEM OPERATION ALGORITHM SPEED-REDUCING AND COOLING INSTALLATIONS WITH AN ADVANCING FORECAST	196
Nechyporenko O. V., Voloshaniuk O. Ya.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СТЕРЖНЯ МЕХАНИЗМА УДЕРЖАНИЯ ОПРАВКИ ПРОШИВНОГО СТАНА	198
Рахманов С.Р., Гуляев Ю.Г.	

ДОСЛІДЖЕННЯ NOSQL-ТЕХНОЛОГІЙ СТОСОВНО ОБРОБКИ BIG DATA	200
Руденський Є. О., Дорош Н. Л.	
ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	202
Серневич В. В. , Дорош Н. Л.	
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ ДІЯЛЬНОСТІ КОМПАНІЙ	204
Січко Т.В., Воробей О. О.	
ПЕРЕМЕННОЕ НАГРУЖЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ	206
Старовойтов Э. И.	
ОПТИМАЛЬНЕ АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РЕКТИФІКАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ РУХЛИВИХ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ	208
Шмалько М. Р., Шейкус А. Р.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ДО СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ТЕСТУВАННІ	210
Юрченко Д. М., Дорош Н. Л.	

**СЕКЦІЯ 1.
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ
МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

MATHEMATICAL MODELS IN PURE AND APPLIED MATHEMATICS

Andrianov I.

Institut für Allgemeine Mechanik, RWTH Aachen University Templergraben,
Aachen, Germany

„Mathematics may be compared to a mill of exquisite workmanship, which grinds you stuff of any degree of fineness; but, nevertheless, what you get out depends upon what you put in; and as the grandest mill in the world will not extract wheat-flour from peascod, so pages of formulae will not get a definite result out of loose data“ (Hukley).

So, we must try to put a good grain in mathematical mills. In other words, the adequacy of the mathematical model is no less important than the correctness of the formal mathematical analysis.

The report discusses the definitions of Pure and Applied Mathematics and mathematical model, as well as the points of view on the subject of the classics - Poincaré, Lyapunov, Lord Rayleigh. Examples include problem of truncation, continualization and splashes, Navier-Stokes equations, Kirhhoff's and Bolotin's approximations.

The main conclusion can be formulated as follows. Any correct mathematical model is asymptotic. It includes as an inseparable part the asymptotic estimates and constraints on which it is based. Only in this case it is formulated quite definitely as a mathematical one.

КВАТЕРНІОННІ ДРОБОВО-РАЦІОНАЛЬНІ КРИВІ

Аушева Н.М., Гуменний А.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

В комп'ютерній графіці однією з класичних задач є анімація об'єктів у просторі. Для створення траєкторій руху об'єктів застосовують криві Безьє, дробово-раціональні криві, NURBS-сплайни та інші. Об'єкти не тільки переміщуються вздовж траєкторії, але й можуть виконувати обертання. В цьому випадку виникає проблема інтерполяції кутів, яку не можливо виконати, якщо буде застосована лінійна інтерполяція. Для плавного переходу від одного положення до іншого при русі по анімаційній кривій пропонують застосовувати кватерніони, та будувати анімаційні криві на гіперсфері S^3 [1]. Такі дослідження мають обмежений характер та застосовувались лише для кривих, якими неможливо керувати за допомогою «ваги» точок. Розширення теорії кватерніонів для моделювання такого класу кривих складає актуальну задачу.

Проблематика побудови анімаційних кривих досліджувалась у багатьох роботах. Зокрема, в роботах [2, 3] досліджується побудова кривих із заміною лінійної інтерполяції на сферичну, таким чином крива $f(t) \in R^3$ трансформувалась у криву $f(t) \in SO(3)$, але виникала проблема вираження кривих у замкнутій формі. У роботі [4] було запропоновано криві, для яких було можливо розрахувати першу похідну із певними обмеженнями.

У роботі [1] автори запропонували ввести кумулятивну форму базисної кривої із послідовним трансформуванням її в кватерніонну кумулятивну форму, що дозволило побудувати криві Безьє, B-сплайнів та сплайни Ерміта у просторі S^3 .

Метою дослідження є застосування кумулятивної форми представлення кривих на основі кватерніонів для моделювання анімаційних кривих у дробово-раціональній формі.

Будемо визначати дробово-раціональні криві у вигляді:

$$f(t) = \frac{\sum_{i=0}^n B_{i,n}(t) p_i w_i}{\sum_{i=0}^n B_{i,n}(t) w_i}, \quad (1)$$

де $B_{i,n}(t) = \binom{n}{i} (1-t)^{n-i} t^i$ – поліном Бернштейна, p_i – опорна точка, w_i – вага точки.

Застосуємо підхід з роботи [1] для переходу до кумулятивного базису. Рівняння (1) буде мати вигляд:

$$f(t) = p_0 \tilde{B}_{0,n}(t) + \sum_{i=1}^n \Delta p_i \tilde{B}_{i,n}(t), \quad (2)$$

де $\tilde{B}_{i,n}(t) = \sum_{j=i}^n B_{j,n}(t)$ – кумулятивний базис, $\Delta p_i = p_i - p_{i-1}$.

Після застосування кумулятивного базису, одержується кватерніонне подання кривої:

$$q(t) = q_0^{\tilde{B}_{0,n}} \prod_{i=1}^n \exp(\omega_i \tilde{B}_{i,n}(t)), \quad (3)$$

де $\omega_i = \log(q_{i-1}^{-1} q_i)$.

Зазначимо, що добуток $q_{i-1}^{-1} q_i$ представляє собою кватерніон, що виражає різницю між кватерніонами q_{i-1} та q_i , а формула (4) використовується для сферичної інтерполяції:

$$q^t = \exp(\log(q)t). \quad (4)$$

Для представлення дробово-раціональної функції у вигляді (3) введемо дробову базисну функцію:

$$\hat{B}_{i,n}(t) = \frac{B_{i,n}(t) w_i}{\sum_{i=0}^n B_{i,n}(t) w_i}, \quad (5)$$

де $B_{i,n}(t)$ – поліном Бернштейна.

Дійсно, підставивши $\hat{B}_{i,n}(t)$ у рівняння (1), отримаємо:

$$f(t) = \sum_{i=0}^n \hat{B}_{i,n}(t) p_i. \quad (6)$$

Таким чином, формула (3) залишається актуальною за умови:

$$\tilde{B}_{i,n}(t) = \sum_{j=i}^n \hat{B}_{j,n}(t), \quad (7)$$

при чому $B_{0,n}(t) = 1$.

Проведені дослідження дозволяють моделювати анімаційні криві у дробово-раціональному вигляді та керувати формою такої кривої за допомогою «ваги» точок. Подальші дослідження пов'язані з застосуванням кватерніонних кривих у теорії згинання.

Список літературних джерел

1. Kim, M.-J. A General Construction Scheme for Unit Quaternion Curves with Simple High Order Derivatives/M.-J. Kim, M.-S. Kim, S.-Y. Shin. – Siggraph, 1995.
2. Plenticks, D. Quaternion calculus as a basic tool in computer graphics/D. Plenticks. – The Visual Computer 5, 1, 1989.
3. Schlag, J. Using geometric constructions to interpolate orientation with quaternions/ J. Schlag. – Graphics GEMS II, Academic Press, 1992.
4. Shoemake, K. Animating rotation with quaternion curves/ K. Shoemake. – Computer Graphics, 1985.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ РЕЙКИ ПІД ЧАС ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Бабаченко О. І.¹, Кононенко Г. А.¹, Подольський Р. В.^{1,2}

¹Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, Дніпро, Україна

²Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Вступ. Безпека руху поїздів, безпека громадян і вантажів в значній мірі залежать від якості і стійкості залізничного полотна, зокрема, рейок. В сучасних умовах експлуатації залізничних доріг існує тенденція до збільшення навантаження на вісь при русі важкого транспорту.

Для забезпечення високого опору зношуванню, твердість рейки має бути високою, при чому не лише на поверхні, а й у центральних об'ємах її головки. Згідно EN 13674-1:2011 твердість на глибині 10 мм від поверхні кочення головки – не менше 360–390 НВ. Згідно ДСТУ 4344:2004 твердість на глибині 11 мм – не менше 321 НВ. При цьому однією з вимог ДСТУ 4344:2004 є відсутність структури мартенситу в головці рейки. Структурний стан та механічні властивості визначаються режимами термічної обробки.

Мета. Розробка моделі зміни температури по перерізу в процесі термічного зміцнення для наступного вдосконалення режимів термічної обробки рейок, виготовлених зі сталі, хімічний склад якої відповідає вимогам чинного ДСТУ 4344:2004. Матеріал для досліджень. Сталь марки К76Ф за ДСТУ 4344:2004 виробництва ПАТ «МК «Азовсталь». Результати досліджень. Рейки на підприємствах України піддаються диференційованій термічній обробці – нагрів тільки головки рейки з подальшим прискореним охолодженням з боку поверхні кочення [1].

Результатом моделювання процесу загартування залізничної рейки є графіки зміни температури, які були отримані шляхом рішення методом кінцевих елементів диференціального рівняння теплопровідності (рівняння Фур'є). Для вирішення кожної теплової задачі в ANSYS була написана підпрограма мовою APDL, що дозволяє автоматизувати моделювання.

Результати досліджень [2] були використані як початкові умови для математичного моделювання процесу диференційованої термічної обробки головки рейки при різних схемах подачі охолоджувача (тепловідведення) однобічного і двобічного (рис. 1 і 2).

Як видно з рисунку 2 а, на момент кінця охолодження – 70 сек. при однобічному охолодженні температура на глибині 10 мм висока, що пояснює низькі значення твердості на глибині в головці рейки. При двобічному охолодженні (рис. 2 б) температура на глибині 10...11 мм вже становить 460...480°C, тобто є достатньою для утворення високодисперсної структури перліту, але на глибині 22 мм вона все ще залишається надто високою (680 °C). Це вказує на необхідність коригування способів і режимів ТО рейок в сторону більш інтенсивного охолодження внутрішніх шарів головки рейки.

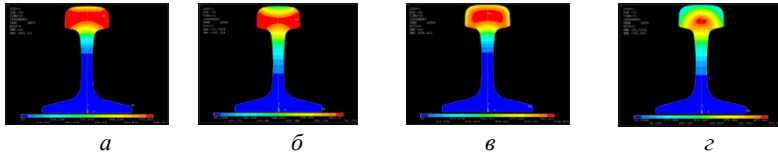


Рисунок 1 – Результати розрахунку за математичною моделлю розподілу температури по перетину рейки: а, в – через 20сек; б, г – після охолодження з поверхні катання (а, б) та з поверхні катання бічних сторін головки рейки (в, г)

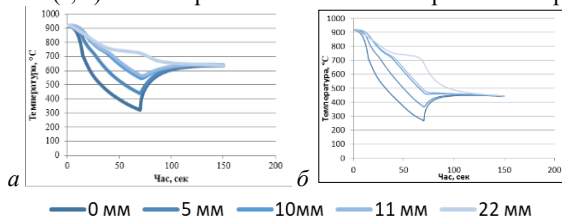


Рисунок 2 – Зміна температури по перетину головки рейки в процесі охолодження з поверхні катання (а), з поверхні катання та бічних сторін головки рейки

Висновки

1. В роботі розроблена математична модель, яка дозволяє прогнозувати зміну температури, швидкостей охолодження по перетину головки рейки в процесі його термічної обробки. Модель може бути використана для визначення необхідних параметрів загартування рейки з метою отримання необхідного структурного стану і комплексу властивостей металу.

2. Показано, що чинна технологія термічного зміцнення не дозволяє отримати твердість осевих ділянок головки рейки на рівні світових аналогів через недостатнє охолодження центральних об'ємів металу: температура металу після загартування становить 680 °С.

3. Встановлено, що для забезпечення твердості в осевих ділянках головки рейки на рівні світових аналогів необхідна розробка нових режимів термічної обробки з більш інтенсивним охолодженням або розробка нових сталей для залізничних рейок, що мають більшу прогартовуваність.

Список використаних джерел

1. Большаков В. И. Технология термической и комбинированной обработки металлопродукции / Большаков В. И., Долженков И. Е., Долженков В. И. – Днепропетровск: Gaudeamus, 2001. – 261 с.

2. Визначення оптимальної швидкості охолодження при термічній обробці залізничних рейок / Бабаченко О.І., Узлов О.В., Пучіков О.В., Хулін А.М., Кононенко Г.А.//Наукові праці 77 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту», 2017, С. 302-304.

ЧИСЛЕННЫЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Беляев Н.Н., Козачина В.А., Чирва М.В.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Днепро, Украина

В настоящее время значительное внимание уделяется разработке численных моделей, предназначенных для расчета процессов очистки сточных вод в различных сооружениях на станциях аэрации. В настоящее время для решения этих задач используются в основном инженерные методики, которые основаны на применении эмпирических зависимостей [1]. Данные методики позволяют очень быстро рассчитать параметры очистных сооружений. Однако, их недостатком является то, что они ориентированы на пропуск конкретных расходов сточных вод. В случае нестационарных режимов, при авариях, данные методики не позволяют получить необходимую информацию. Для расчета эффективности очистки воды в случае нестационарных режимов эксплуатации, а также при разработке новых очистных сооружений, в которых объем сточных вод существенно отличается от того объема, на который ориентированы типовые проекты, необходимо использование более информативных математических моделей. В этой связи, в последнее время значительно усилился интерес к разработке CFD моделей [2-5]. Этот интерес к моделям данного класса также связан с тем, что они позволяют выполнить расчет эффективности очистных сооружений с учетом гидродинамики течения, геометрической формы сооружения, различных режимов эксплуатации.

В работе представляется комплекс численных моделей, созданных для расчета гидродинамики течения и массопереноса в различных сооружениях, которые применяются на станциях аэрации. Разработанные численные модели можно разделить на две группы:

1. Модели, предназначенные для оценки эффективности работы сооружений биологической очистки сточных вод.

2. Модели, предназначенные для оценки эффективности работы очистных сооружений, где доминирующими факторами являются процессы гидродинамики и массопереноса (вертикальные отстойники, горизонтальные отстойники, горизонтальные отстойники с наклонными пластинами, горизонтальные отстойники с комплексом вертикальных пластин).

Для описания работы сооружений биологической очистки сточных вод используются следующие уравнения:

1. Балансовые уравнения, применяемые для расчета сооружений, которые основаны на модели Моно.

2. Двухмерные уравнения переноса субстрата, активного ила, кислорода в сооружениях биологической очистки.

3. Трехмерные уравнения переноса субстрата, активного ила, кислорода в сооружениях биологической очистки.

4. Уравнение для потенциала скорости (уравнения Лапласа). Данные уравнения используются для расчета гидродинамики течения в биореакторах.

Для решения задач второго класса используется:

- 1) модель вихревых течений идеальной жидкости;
- 2) уравнения Навье-Стокса;
- 3) модель потенциального течения;
- 4) уравнение массопереноса, учитывающее конвективный перенос загрязнителя и турбулентную диффузию.

Численное интегрирование моделирующих уравнений переноса активного ила, субстрата, кислорода осуществляется с помощью неявных разностных схем расщепления [2, 3, 5]. Эти схемы представляют собой явные зависимости для расчета концентрации искомых величин.

В работе также представляются результаты серии вычислительных экспериментов по исследованию эффективности работы биореакторов, имеющих сложную геометрическую форму. Также представлены результаты математического моделирования процессов массопереноса в отстойниках различной формы. Отличительной особенностью разработанных численных моделей является быстрота расчета: 5-10 с.

Представленные результаты дают возможность утверждать, что разработанные численные модели позволяют оперативно анализировать процессы массопереноса в очистных сооружениях, для которых отсутствуют нормативные методики расчета.

Список литературных источников

1. Епоян, С.М. До розрахунку горизонтального відстійника з пористою полімербетонною перегородкою систем господарсько-питного водопостачання / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2012. – Вип. 68. – С. 244-248.

2. Беляев, Н.Н. Численное моделирование процесса осветления шахтных вод в горизонтальном отстойнике / Н.Н. Беляев, Е.Ю. Гунько, В.А. Козачина // Геотехнічна механіка. Міжвідомчий збірник наукових праць. – К.: Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, 2014. – № 114 – С. 240-250.

3. Беляев, Н.Н. CFD моделирование процесса формирования осадка в горизонтальном отстойнике / Н.Н. Беляев, В.А. Козачина // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – №3 (81). – С. 222-225.

4. Беляев, Н.Н. Снижение техногенной нагрузки на водоем при сбросе сточных вод за счет повышения эффективности отстойников / Н.Н. Беляев, Л.Ф. Долина, В.А. Козачина // Електромагнітна сумісність і безпека на залізничному транспорті. Науковий журнал. – Д.: ДНУЗТ, 2012. – Вип. №3. – С. 92-97.

5. Беляев, Н.Н. Математическое моделирование массопереноса в горизонтальных отстойниках [монографія] / Н. Н. Беляев, В. А. Козачина. – Д.: Акцент ПП, 2015. – 115 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В РАБОЧИХ ЗОНАХ

Беляева В.В.¹, Берлов А.В.², Гуныко Е.Ю.³

¹Днепропетровский национальный университет имени О. Гончара, Днепропетровск, Украина

²ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», Днепропетровск, Украина

³Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, Украина

В последнее время значительно усилился интерес к прогнозированию последствий в случае аварийных ситуаций на промышленных объектах [1, 2]. В рамках данного класса задач можно выделить эмпирические модели, Гауссовы модели и численные модели. Эмпирические модели составляют основу нормативных методик оценки последствий аварий на химически опасных объектах и транспорте. Эти модели представляют собой совокупность формул, с помощью которых рассчитываются зоны поражения. Однако эмпирические модели не учитывают наличие зданий и других объектов на территории промышленных предприятий, которые могут существенно изменить размеры, форму зон поражения. Гауссовы модели позволяют быстро рассчитать область химического заражения при аварийных выбросах опасных веществ, но также не учитывают влияние зданий на формирование зон поражения. Численные модели представляют собой наиболее эффективный инструмент прогнозирования последствий аварийных ситуаций, сопровождающихся выбросом токсичных веществ [3-5].

В работе представляется комплекс численных моделей, разработанных для решения следующих задач:

1. Оценка риска теплового поражения персонала при аварийных ситуациях на предприятиях, АЗС и т.д.
2. Оценка риска токсичного поражения людей при аварийной эмиссии химически опасных веществ на промышленных объектах и транспорте.
3. Оценка риска поражения персонала при движении ударной волны, образовавшейся при взрыве на объекте.
4. Оценка эффективности применения воды для тушения пожара.

Для решения перечисленных задач используются следующие моделирующие уравнения:

1. Уравнение конвективного переноса тепла.
2. Уравнение массопереноса (двухмерное, трехмерное).
3. Уравнения Эйлера для расчета движения ударной волны.
4. Уравнения Лапласа для моделирования аэродинамики воздушных потоков в условиях застройки.

Для численного интегрирования моделирующих уравнений используются [1, 4, 5]:

1. Неявные попеременно-треугольные разностные схемы.
2. Метод Рундсона.
3. Метод Самарского.
4. Схема условной аппроксимации.

Дополнительно разработана численная модель расчета звукового давления при шумовом загрязнении.

Для решения перечисленных прогнозных задач созданы пакеты компьютерных программ. В качестве языка программирования использовался FORTRAN.

Для применения созданных пакетов программ используется следующая информация:

1. данные о вероятных метеоситуациях в регионе (скорость и направление ветра, состояние атмосферы: конвекция, инверсия и т.д.);
2. интенсивность выброса химически опасных веществ при аварийной ситуации на промышленном объекте;
3. положение зданий и других объектов на территории предприятия;
4. режим эмиссии химически опасного вещества при аварии;
5. режим подачи воды в очаг пожара.

На основе разработанных численных моделей проведена серия вычислительных экспериментов. В качестве объектов возможных аварийных ситуаций выбраны объекты на территории Днепропетровской области. Рассматривались химически опасные объекты, АЗС, железнодорожные станции. При проведении вычислительных экспериментов моделировалось развитие аварийной ситуации, рассчитывалась динамика формирования зон токсичного и термического поражения персонала, рассчитывались уровни риска для объектов.

Представленные результаты компьютерного моделирования показывают широкий рабочий диапазон разработанных численных моделей и возможность расчета аварийных ситуаций, которые невозможно выполнить на основе принятых в Украине нормативных методик.

Список литературных источников

1. Алымов В.Т. Техногенный риск: Анализ и оценка / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасова. – Москва : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 118 с.
2. Беляев Н.Н. Экспресс метод оценки потенциального территориального риска при авариях на транспорте / Н. Н. Беляев, Л. Я. Мунтян // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Наука та прогрес транспорту». – Дніпропетровськ, 2016. – Вип. 1 (61). – С. 30–38.
3. Беляев Н.Н. Прогнозирование загрязнения приземного слоя атмосферы при горении твердого ракетного топлива в хранилище / Н. Н. Беляев, А. В. Берлов // Зб. наук.пр. Нац. гірничого ун-ту. – Дніпропетровськ : Вид-во НГУ, 2013. – № 42. – С.160–167.
4. Беляев Н.Н. Оценка уровня загрязнения атмосферы при аварии на железнодорожном транспорте / Н. Н. Беляев, П. Б. Машихина, Л. Я. Мунтян // Зб. наук. пр.Нац. гірнич. ун-ту.– 2015. – № 48. – С.210–215.
5. Беляев Н.Н. Защита атмосферы от загрязнения при миграции токсичных веществ / Н. Н. Беляев, В. М. Лисняк. – Днепропетровск: ООО «Инновация», 2006. – 150 с.

КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ХІМІЧНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ ЗАВАНТАЖЕНЬ ШВИДКИХ КОНУСОПОДІБНИХ АДСОРБЦІЙНИХ ФІЛЬТРІВ

Бомба А. Я., Климюк Ю. Є.

Національний університет водного господарства та природокористування,
Рівне, Україна

Постійно зростаючі потреби у господарстві в очищеній воді та зростання вартості фільтрувальних матеріалів вимагають проведення досліджень з одного боку більш оптимального використання адсорбентів і збільшення тривалості роботи фільтрів за рахунок вибору їх форми, зокрема, з урахуванням впливу на процес адсорбційної доочистки води зміни температури фільтраційного потоку вздовж висоти фільтру, а з іншого – відновлення фільтраційних властивостей пористих завантажень за рахунок хімічної регенерації для їх повторного використання.

Змодельємо процес хімічної регенерації швидкого конусоподібного адсорбційного фільтру. Вважаємо, що конвективні складові масоперенесення й десорбція переважають над вкладом дифузії й адсорбції. Крім того, у зв'язку зі зміною температури фільтраційного потоку за рахунок десорбційних і адсорбційних процесів враховується вплив температурних ефектів на внутрішню кінетику масопереносу. Таким чином, для області $G = G_z \times (0, \infty)$, де G_z – просторова однозв'язна область ($z = (x, y, z)$), обмежена гладкими, ортогональними між собою по лініях перетину, двома еквіпотенціальними поверхнями S_* , S^* і поверхнею течії S^{**} , відповідна просторова модельна задача складатиметься з рівнянь, що описують рух фільтраційного потоку згідно із законом Дарсі $\vec{v} = \kappa \cdot \text{grad } \varphi$, рівняння нерозривності $\text{div } \vec{v} = 0$ та рівнянь для визначення зміни концентрацій домішок на поверхні адсорбента завантаження і у фільтраційному потоці, температури фільтраційного потоку, коефіцієнта фільтрації та активної пористості вздовж висоти фільтру:

$$\begin{aligned}
 (\sigma \cdot U)'_t &= \text{div}(D \cdot \text{grad } U) - \beta \cdot U + \alpha \cdot C, \quad (\sigma \cdot C)'_t = \text{div}(D^* \cdot \text{grad } C) - \vec{v} \cdot \text{grad } C + \\
 &+ \beta \cdot U - \alpha \cdot C, \quad (\sigma \cdot T)'_t = \text{div}(D^{**} \cdot \text{grad } T) - \vec{v} \cdot \text{grad } T + \gamma \cdot (\beta \cdot U - \alpha \cdot C), \quad \kappa'_t = \\
 &= \mu \cdot U, \quad \sigma'_t = \lambda \cdot U, \quad \text{які доповнюються наступними крайовими і початковими} \\
 &\text{умовами: } \varphi|_{S_*} = \varphi, \quad \varphi|_{S^*} = \varphi^*, \quad \varphi'_n|_{S^{**}} = 0, \quad U|_{S_*} = u^*, \quad U'_n|_{S^*} = 0, \quad U'_n|_{S^{**}} = 0, \\
 &C|_{S_*} = c^*, \quad C'_n|_{S^*} = 0, \quad C'_n|_{S^{**}} = 0, \quad T|_{S_*} = T^*, \quad T'_n|_{S^*} = 0, \quad T'_n|_{S^{**}} = 0, \\
 &U|_{t=0} = u_0^0, \quad C|_{t=0} = c_0^0, \quad T|_{t=0} = T_0^0, \quad \kappa|_{t=0} = \kappa_0^0, \quad \sigma|_{t=0} = \sigma_0^0, \quad \text{де } \varphi = \varphi(x, y, z) \text{ і} \\
 &\vec{v} = \vec{v}(v_x, v_y, v_z) - \text{відповідно потенціал і вектор швидкості фільтрації,} \\
 &0 < \varphi_* < \varphi < \varphi^* < \infty, \quad |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2(x, y, z) + v_y^2(x, y, z) + v_z^2(x, y, z)} \gg 0, \quad \kappa_* -
 \end{aligned}$$

початковий коефіцієнт фільтрації, $\kappa_*^* > 0$, \bar{n} – зовнішня нормаль до відповідної поверхні, $U = U(x, y, z, t)$ і $C = C(x, y, z, t)$ – концентрації домішок відповідно на поверхні адсорбенту завантаження та у фільтраційному потоці, $T = T(x, y, z, t)$ – температура фільтраційного потоку в точці (x, y, z) у момент часу t , $\kappa = \kappa(x, y, z, t)$ – коефіцієнт фільтрації, $\sigma = \sigma(x, y, z, t)$ – активна пористість, D і D^* – коефіцієнти дифузії домішок відповідно на поверхні адсорбенту завантаження та у фільтраційному потоці, $D = \varepsilon \cdot d_0$, $d_0 > 0$, $D^* = \varepsilon \cdot d_0^*$, $d_0^* > 0$, D^{**} – коефіцієнт теплопровідності фільтраційного потоку, $D^{**} = \varepsilon \cdot d_0^{**}$, $d_0^{**} > 0$, β і α – коефіцієнти, які характеризують швидкість масообміну відповідно при десорбції та адсорбції домішок, $\alpha = \varepsilon \cdot \bar{\alpha}$, γ – коефіцієнт, що характеризує швидкість зміни температури фільтраційного потоку за рахунок адсорбційних і десорбційних процесів, μ і λ – коефіцієнти, що характеризують відповідно швидкість зміни коефіцієнта фільтрації і активної пористості завантаження за рахунок десорбції домішок, $\mu = \varepsilon \cdot \bar{\mu}$, $\lambda = \varepsilon \cdot \bar{\lambda}$, $\beta = \beta(x, y, z, t)$, $\bar{\alpha} = \bar{\alpha}(x, y, z, t)$, $\bar{\gamma} = \bar{\gamma}(x, y, z, t)$, $\bar{\mu} = \bar{\mu}(x, y, z, t)$, $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}(x, y, z, t)$ – неперервні обмежені функції, ε – малий параметр ($\varepsilon > 0$), $u_*^* = u_*^*(M, t)$, $u_0^0 = u_0^0(x, y, z)$, $c_*^* = c_*^*(M, t)$, $c_0^0 = c_0^0(x, y, z)$, $T_*^* = T_*^*(M, t)$, $T_0^0 = T_0^0(x, y, z)$, $\kappa_0^0 = \kappa_0^0(x, y, z)$, $\sigma_0^0 = \sigma_0^0(x, y, z)$ – достатньо гладкі функції, узгоджені між собою на лініях перетину поверхонь S_* , S^* і S^{**} області G , $M \in S_*$.

Аналогічно [1] отримано числово-асимптотичне наближення розв'язку відповідної нелінійної сингулярно-збуреної крайової задачі.

Запропонована модель у комплексі з [1] дає змогу шляхом проведення комп'ютерних експериментів дослідити зміну концентрацій домішок у фільтраційному потоці та на поверхні адсорбенту завантаження, зміну температури фільтраційного потоку за рахунок адсорбційних і десорбційних процесів, зміну коефіцієнта фільтрації та активної пористості вздовж висоти фільтру та на їх основі спрогнозувати більш оптимальні варіанти використання адсорбентів і збільшення часу захисної дії швидких конусоподібних адсорбційних фільтрів.

Список літературних джерел

1. Bomba A. Computer prediction of adsorption water purification process in rapid cone-shaped filters / A. Bomba, Yu. Klymyuk, I. Prysiazhniuk // International Scientific and Practical Conference «Modern Problems of Mathematical Modeling, Automated Control and Information Technologies» (14 – 16 November 2019). – Rivne : National University of Water and Environmental Engineering, 2019. – P. 13–16.

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ГІПЕРКОМПЛЕКСНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Боярінова Ю.Є.¹, Каліновський Я.О.²

¹Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут,
Київ, Україна

²Інститут проблем реєстрації інформації НАН України, Київ, Україна

Найчастіше математичне моделювання потребує складних обчислень. Для цього розроблено багато систем комп'ютерної алгебри. Майже всі системи комп'ютерної алгебри мають засоби оперування з комплексними числами в символьному або чисельному виглядах. Деякі з цих систем, а саме: Matlab, Mathcad, Mathematica, Maple, MuPAD та ін. [1,2], мають засоби оперування з обмеженим набором гіперкомплексних числових систем, такими, як комплексні числа, кватерніони, октоніони та деякі інші. Перелік операцій в цих системах невеликий. Для вирішення конкретних задач з використанням гіперкомплексних числових систем (ГЧС) пропонується спеціалізований алгоритмічно-програмний комплекс, який являє собою пакет програм і процедур, створених на основі системи комп'ютерної алгебри Maple. Повний опис цього пакету представлено в[3].

Система комп'ютерної алгебри Maple дозволяє створювати спеціалізовані пакети різних обчислювальних процедур. Таким чином програмний комплекс гіперкомплексних обчислень (ПКГО) являє собою пакет, який можна викликати, приєднувати до програми і транспортувати на інші комп'ютери. З процедур ПКГВ можна формувати програми обчислень, використовуючи засоби алгоритмічної мови Maple.

ПКГО може бути інстальований на будь-якому комп'ютері з операційною системою Windows і системою комп'ютерних обчислень Maple.

Структурно ПКГО складається з наступних підсистем:

- алгебраїчних операцій в ГЧС;
- маніпуляції з ГЧС і таблицями Келі;
- визначення алгебраїчних характеристик Гіперкомплексні виразів;
- зберігання часто вживаних виразів;
- виконання модульних операцій з гіперкомплексні виразами;
- візуалізації і сервісу.

Підсистема виконання алгебраїчних операцій в ГЧС складається з таких процедур: генерації гіперкомплексних чисел, додавання двох гіперкомплексних чисел в списочному вигляді, додавання двох гіперкомплексних чисел в натуральному вигляді, віднімання двох гіперкомплексних чисел в натуральній формі, множення двох чисел у вигляді списку, множення чисел в натуральному вигляді, ділення гіперкомплексних чисел в списочному вигляді, знаходження квадратного кореня з гіперкомплексних чисел в будь-якій формі, вирішення гіперкомплексного

квадратного рівняння, прискореного множення комплексних чисел, прискореного множення дійсно-комплексних чисел $\mathbb{R} \oplus \mathbb{C}$.

Підсистема маніпуляції з ГЧС і таблицями Келі складається з процедур: візуалізації списку ГЧС в таблицю Келі з даним базисом, визначення ідентифікатора базису ГЧС по гіперкомплексному числу в натуральному вигляді, перейменування ідентифікатора базису в гіперкомплексному числі в натуральному вигляді, банк таблиць Келі ГЧС, пошуку таблиці Келі ГЧС по її імені, перегляд всіх ГЧС в натуральному вигляді, транспозиція рядків і стовпців таблиці Келі ГЧС, поповнення банку ГЧС, генерація ізоморфної ГЧС шляхом лінійного перетворення базису, побудова прямої суми двох ГЧС, побудова прямої суми декількох ГЧС, множення розмірності ГЧС, генерація системи рівнянь ізоморфізму двох ГЧС, процедура визначення ізоморфізму двох ГЧС.

Підсистема визначення алгебраїчних характеристик гіперкомплексні виразів складається з наступних процедур: визначення псевдонорми гіперкомплексного числа у списковому вигляді, визначення одиничного елемента ГЧС, побудова спряженого числа, обчислення детермінанта від гіперкомплексних матриць.

Всі процедури ПКГО можна використовувати при написанні програм вирішення різних задач з гіперкомплексними даними на мові програмування Maple. Для цього треба підключити до програми ПКГО у відповідності з нормами Maple та викликати потрібні процедури за їх ідентифікаторами.

Таким чином, створений ПКГО надає користувачу можливість значно скоротити обсяг «ручний» роботи при написанні програм для математичного моделювання різних обчислювальних процесів в умовах застосування гіперкомплексних чисел; використовувати вже готові, налагоджені і протестовані алгоритми і програми обчислень з гіперкомплексними числами, мати оперативний доступ, як до теорії гіперкомплексних числових систем, так і до практичних методів програмування в середовищі символьних обчислень Maple.

Список літературних джерел

1. Клименко В.П., Ляхов А.Л., Гвоздик Д.Н. Современные особенности развития систем компьютерной алгебры, Математичні машини і системи, 2011, № 2, С. 3 - 18.

2. Redfern M., Betounes D. Mathematical Computing: An Introduction in Programming Using Maple, Hattiesburg: Springer-Verlag, 2002, 420 p.

3. Калиновский Я.А., Бояринова Ю.Е., Хицко Я.В. Гиперкомплексные вычисления в MAPLE - К:ИПРИ НАН Украины, 2020, 180с.

ВПЛИВ РЕЖИМУ РОБОТИ НАСОСА НА ДИНАМІКУ ЙОГО РОТОРА

Вербовий А.Є.¹, Павленко І.В.¹, Неамцу К.²,
Серик М.Л.¹, Ященко А.С.³

¹ Сумський державний університет, м. Суми, Україна;

² Технічний університет м. Клуж-Напока, м. Клуж-Напока, Румунія;

³ АТ «Науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут атомного та енергетичного насособудування», м. Суми, Україна

Відцентрові насосні агрегати є одними з найпоширеніших у використанні на промисловому виробництві, зокрема в атомній енергетиці, де основними вимогами до агрегату є вимоги щодо надійності та довговічності [1]. Показником погіршення цих вимог є незадовільний вібраційний стан агрегату, основна причина якого – робота ротора на резонансному режимі, що призводить як до прискореного зношенню окремих елементів машини, так і до виробничих аварій. Тому при дослідженні вібраційного стану агрегату в цілому в першу чергу необхідно оцінювати власні частоти ротора та корпусу.

Насосні агрегати можуть працювати в широкому діапазоні подач. Оскільки жорсткість шпаринних ущільнень пропорційний перепаду напору на них [2], а останній залежить від подачі, то режим роботи насоса напряму впливає на динаміку ротора. Таким чином, метою дослідження є оцінювання залежності власних частот коливань ротора живильного насоса від режиму його роботи (подачі).

Для досягнення поставленої мети у програмному комплексі «ANSYS v 19.1» (ліцензійна угода 1066541) була створена скінченно елементна модель ротора в двох підшипниках ковзання з урахуванням шпаринних ущільнень. Змінюючи подачу насоса і, відповідно, жорсткість шпаринних ущільнень, проводився розрахунок трьох перших власних частот ротора та встановлювались відповідні форми коливань (рис. 1).

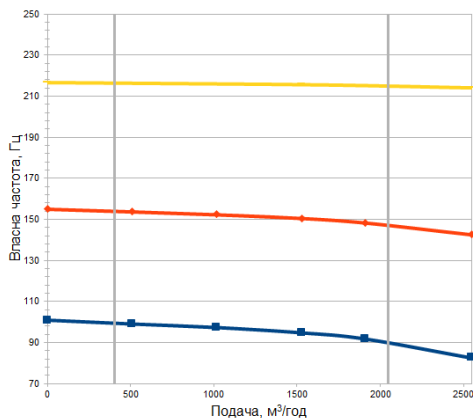


Рисунок 1 – Залежності трьох перших власних частот ротора від подачі насоса

Якщо за базове значення обрати власні частоти коливань ротора живильного насоса на номінальному режимі роботи, то ця залежність виглядатиме так, як показано на рис. 2.

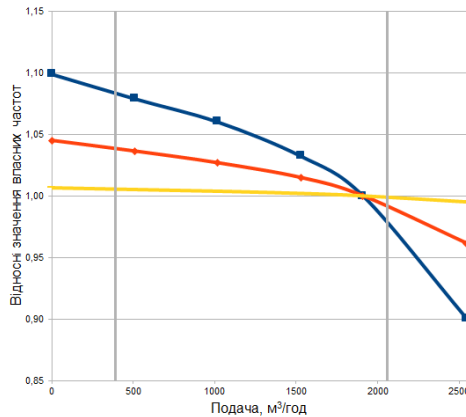


Рисунок 2 – Залежності безрозмірних значень трьох перших власних частот ротора від подачі насоса

Таким чином, із застосуванням методу скінченних елементів було проаналізовано динамічні характеристики ротора живильного насоса, у результаті чого були одержані значення власних частот та форми коливань ротора, залежності абсолютних та відносних власних частот коливань ротора від режиму роботи живильного насоса, зокрема встановлено вплив подачі насоса на динаміку ротора.

Встановлено, що подача насоса найбільш суттєво впливає на першу власну частоту. Вплив режиму роботи насоса на третю та більш високі власні частоти є несуттєвим. Таким чином, при виконанні інженерних розрахунків у випадку жорсткого ротора, необхідно враховувати той факт, що перша власна частота є найбільш чутливою до зміни режиму роботи насоса.

Список літературних джерел

1. Марцинковский В. А., Ворона П. Н. Насосы атомных электростанций. Москва : Энергоатомиздат, 1987. 255 с.
2. Санин А. И., Симоновский В. И. Анализ нелинейных колебаний ротора центробежного насоса. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 18–21 квітня 2017 р.): у 2-х ч. / Ред. кол. : О. Г. Гусак, В. Г. Євтухов. – Суми : СумДУ, 2017. Ч. 1. С. 154.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЦІНОУТВОРЕННЯ

Владимиров Я. Д., Козир С. В.

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Вступ. Оптимальна ціна для товарів кожного магазину розраховується окремо, так як у кожного магазину свій розмір, асортимент, контингент покупців, споживчий попит. Класичний підхід до цінової еластичності використовує тільки два показники: зміну обсягу попиту та зміну ціни товару, але не враховує сезонність та інші фактори. [1].

Постановка проблеми. Побудувати модель формування ціни товару в певному магазині. Вихідними даними даної моделі є ціна магазину на товар. Випадковими вхідними даними є частковий попит на товар, ціна товару у постачальника магазину та курс валюти. Невипадковими вхідними даними є НДС магазину на товари та сезонність товару. Як саме ціноутворення залежить від вказаних вхідних даних: чим вище попит на товари, тим вище ціни цих товарів; збільшення ціни на товар негативно відображається на попиті; ціна товарів у постачальників магазину та курс валюти прямо пропорційні цінам товарів у магазині; НДС є відсотковим параметром, що буде підвищувати ціни. Для спрощення експериментів з даною моделлю НДС буде завжди вважатися 10%, а всі товари будуть вважатися зимовими. (ціна буде збільшуватися в два рази взимку).

Вибір та обґрунтування методу розв'язування. Дана модель має нелінійну поведінку, причинно-наслідкові зв'язки, невизначеність і велику кількість параметрів, що дозволяє імітувати її за допомогою методу імітаційного моделювання. Застосування імітаційної моделі є доцільним для перевірки плановірності припущень, а також для демонстрації кінцевих результатів дослідження для досить повної моделі реальної ситуації. [2].

До уваги взяти наступні недоліки імітаційної моделі:

1. Імітаційна модель не є точною, і ми не в змозі виміряти ступінь цієї неточності. Цей недолік може бути подолане лише частково шляхом аналізу чутливості моделі до зміни певних параметрів [3].

2. Складність оптимізації системи (багатоваріантність розрахунків при наявності імовірнісних перешкод);

3. Ймовірнісна оцінка похибки.

Одиницями модельного часу взято дні. В рамках моделі сезон йде протягом 90 днів кожного року (365 днів). При ініціалізації експерименту сезон починається одразу. Курс валюти визначається на основі випадкового значення за кожний день, що генерується моделлю в діапазоні 20 – 30 грн за долар. Для визначення коефіцієнту, що впливатиме на результуючу ціну, поточний курс ділиться на середній. Для спрощення моделі, ціна товару у постачальника не залежить від курсу валюти.

Формула результуючої ціни:

(Ціна у постачальника * (1.0 + НДС) * Попит на товар * (Курс / Середній курс (за останні 3 місяці))).

Реалізація обраного методу. Вигляд процесу (без схованих агентів), а також результати імітації зображено на рисунку 1.

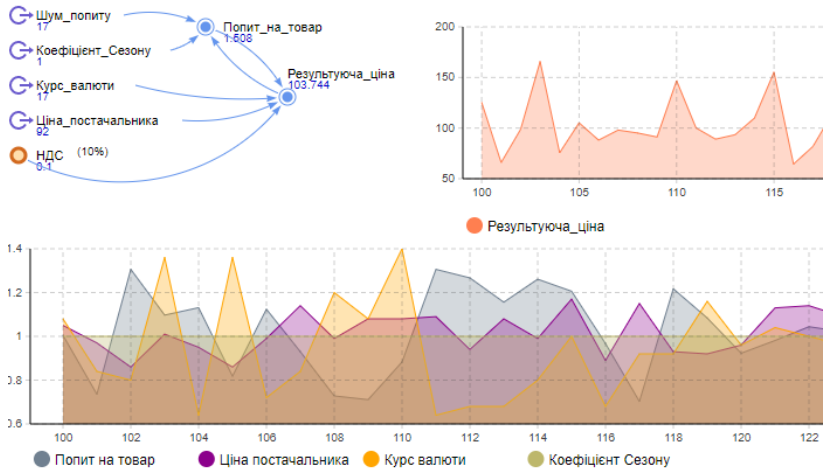


Рисунок 1 – Імітаційне моделювання процесу ціноутворення в середовищі AnyLogic

Висновки. Проведені експерименти показали, що:

- коефіцієнт сезону є найбільш значимим коефіцієнтом у даній моделі (якщо активний);
- результуюча ціна має найменшу залежність від курсу валюти (для більш точного результату треба проводити експеримент більших масштабів, де враховувати кризи та інфляцію валюти).

Список літературних джерел

1. Мікроекономіка. Еластичність попиту та пропозиції [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gx3000.ru/mikroekonomika/elasticnist-porputa-propozicii.html>.
2. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем: учеб. пособие / А.Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. –Норильск: НИИ, 2015. – 135 с.
3. Імітаційне моделювання [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukr.vipreshebnik.ru/entsiklopediya/55-i/3709-imitatsijne-modelyuvannya.html>

MODEL OF CLUSTER FORMATION

Derevianko O.I.

National metallurgical academy of Ukraine

Introduction

On the basis of the principles of molecular dynamics, an imitation model of cluster formations during the creation of films on technology of Physical Vapor Deposition was developed in the work. This model enables to carry out the research of features effect of the characteristics of the injected inert gas flow on the formation of cluster structures.

PVD technology allows to obtain multilayer coatings and coatings with a gradient and is implemented in three stages [1]:

1. Dissociation of the original substance and formation of its particles.
2. Aggregation of particles and creation of cluster formations
3. Deposition of cluster formations and adhesion with the surface.

Main part

The aim of the work is to create an imitation model of aggregation based on the principles of molecular dynamics for studying of motion and interaction of particles in confined space under the conditions of injection of inert gas particles.

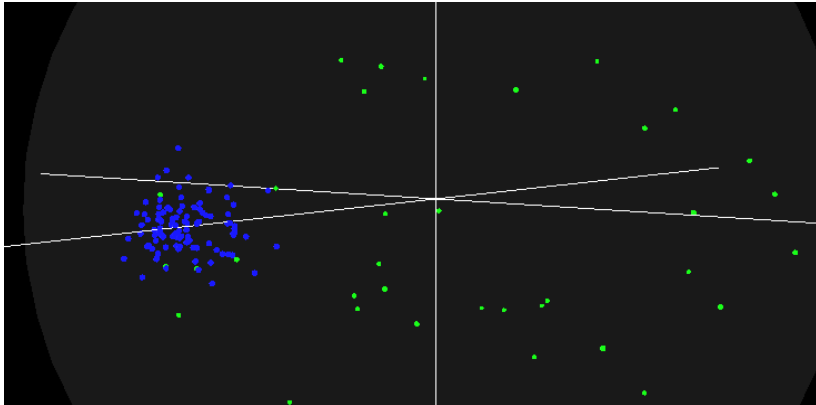


Figure 1 – Injection of inert gas particles (at different angles of observation)

A description of the dynamics of a separate part of the system is taken in the form of the classical hamiltonian system [2] with the interaction between the system's particles with the Morse potential.

The dipole moment in the work is considered in the form of:

$$\mu(r) = Ar \quad (1)$$

Then the equation of controlled particles in the Lagrange form looks like:

$$m\ddot{r} = 2aD(e^{-2\alpha(r-\alpha)} - e^{-\alpha(r-\alpha)}) + Au(t) \quad (2)$$

In the work [3] it is shown that the Morse oscillator (2) under certain conditions of external influence $u(t)$ has a chaotic motion mode. The existence of this mode is connected with the gas phase of the substance.

In addition, there are particles of inert gas in the system, which interact on the principle of an absolutely elastic collision. This stream, having a low temperature, serves as a drain of energy. All particles share the same Boltzmann distribution.

At the beginning of the modeling (Fig. 1) there are particles only of the first kind, which implement chaotic oscillations and have energy which exceeds the energy of dissociation.

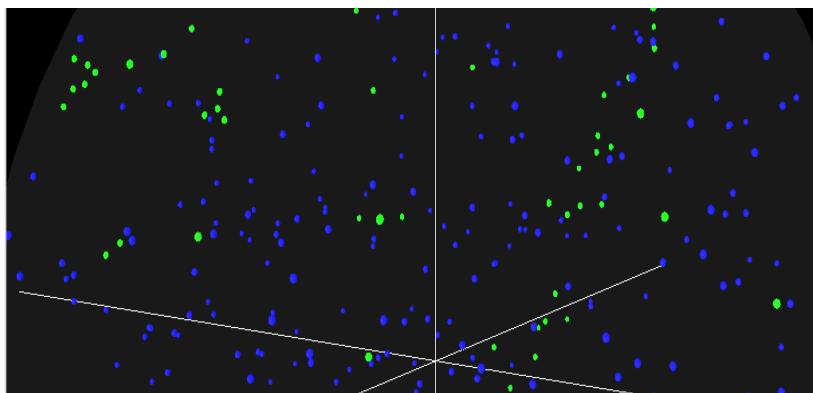


Figure 2 – Creation of clusters (observation at different angles and scales)

Conclusions

The research of the motion of separate particles, which are the part of the formed clusters, have the character of the polyharmonic oscillations, in contrast to the free, which implement chaotic motion. Thus, the forming of the cluster structure is connected to the occurrence of a new phase state of the system.

The influence parameter $u(t)$ is the same for each individual particle (2) and is due to the pressure of inert gas and the speed of its penetration into the system's capacity.

List of references

1. Derevianko O.I. Determine the conditions of dissociation in pvd tecnology// Produkcja i zarzadzanie w przemysle. Seria Metalurgia, nr 56. Poltecnika czestochowska, 2014. – p.359-364.
2. Zaslavsky G. M. The physics of chaos in hamiltonial systems. – London.: Imperial College Press, 2007, - 329p.
3. Lie G., Yuan J-M. Bistable and chaotic behavior in a damped driven Morse oscillator – J.Chem.Phys., vol.84, No.10, 1986, 5486-5493.

PROBABILISTIC MODEL FOR COMPUTING TIME DELIVERY IN DISTRIBUTED DATASTORE NETWORK

Zholtkevych G.

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

For the time being most of software needs a reliable storage that responds in a reasonable amount of time and is growing with every business requirement coming and needs to scale storage horizontally. Though scaling distributed datastores often meets the CAP-theorem [1] as a difficulty to overcome and leads to the need to find as generic as possible solutions that will balance these guarantees for specific business needs and will be applied on the stage of build and design of a distributed storage.

In the article the mathematical model that presents stochastic formula to measure the probability of delivery in a datastore with imperfect partition tolerance and various kinds of data loss. Firstly, the authors propose a mathematical model that will allow to evaluate the probability of delivery in the whole datastore. Thus, the model is defined as:

$$(N, L, \partial, D, r, N_d, l(N_d), n_c), \quad (1)$$

where

N finite set of nodes in a datastore;

L finite set of links in a datastore;

$\partial: L \rightarrow 2^N$ mapping where each link is associated with two adjacent nodes;

D finite set of stored data units;

$r: D \rightarrow 2^N$ mapping that associates each of data unit to a set of nodes that store the replica of this data unit;

N_d finite set of nodes that store the given data unit d ;

$l(N_d)$ the number of nodes that store data unit d ;

n_c the number of nodes in a subset N_d , where all the nodes have

the same version of replica.

The nodes topology in a datastore is usually presented as a graph. In the presented model one message is delivered through the network via some path. Generally, the probability of delivery for every link and uptime of every node are known. Having this as input data, the probability of message delivery and loss through any path in a subset ($P: P_1, \dots, P_n$) from node i to node j is calculated.

$$P_k(loss) = 1 - p_{k1} \cdot \dots \cdot p_{kn} = 1 - \prod_{j=1}^n p_{kj} \quad (2)$$

In a distributed network with a topology graph degree more than 1 there is not the only path a message can be delivered through [2]. Assuming that the message broadcast occurs in parallel through different paths, probabilistic events of such delivery are independent, so the formula for the probability of message delivery through at least one path:

$$P(\text{delivery}) = 1 - \prod_{k=1}^n p_k(\text{loss}) = 1 - \left(\prod_{i=1}^n (1 - \prod_{j=1}^m p_{ij}) \right). \quad (3)$$

If to develop the model and denoting the probabilistic space Ω , that contains two events: a message is delivered through P_k and a message is delivered at least through one path, one obviously can see, that the event A might occur only if B occurs. Then the data loss probability from i to j :

$$1 - \frac{P_k}{p(\text{delivery})} \quad (4)$$

Keeping in mind, that measured time for delivery on every network link also can be given and using the mathematical average formulae [3]:

$$\mu_{ij} = \sum_{k=1}^n t_k \cdot \left(1 - \frac{P_k}{p(\text{delivery})} \right) \quad (5)$$

The result of calculating this formula is a matrix below, that shows average time of delivery for every path combination in a distributed network, from each i to j .

$$\mu = \begin{pmatrix} 0 & 2.5 & 1.2 & 9.72 & 8.7 & 1.8 \\ 2.5 & 0 & 1.7 & 1.6 & 11.6 & 12.26 \\ 1.2 & 1.7 & 0 & 10.96 & 2.4 & 2.9 \\ 9.72 & 1.6 & 10.96 & 0 & 15.36 & 17.61 \\ 8.7 & 11.63 & 2.4 & 15.36 & 0 & 10.54 \\ 1.8 & 12.26 & 2.9 & 17.61 & 10.54 & 0 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Calculated in a such way matrix gives the ability to design the distributed network with knowledge about average measured time for every single delivery. This means that the node's and network link's characteristics can be designed with this knowledge and adjusted to meet specific system needs by adding factors to every needed node or link, that will increase its quality and the measured time of message delivery.

List of references

1. Brewer, E. (2012). CAP twelve years later: How the "rules" have changed. *Computer*, 45(2), pp.23-29.
2. Diestel, R. (2016). *Graph theory*. 5th ed. Heidelberg: Springer-Verlag, pp.5-6.
3. Ross, S. (2007). *Introduction to probability models*. 9th ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, p.38.
4. Rukkas, K., Zholtkevych, G. (2015). Distributed Datastores: Towards Probabilistic Approach for Estimation of Dependability. 11th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications, 1356, pp.523-534.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРОПРОЧНОСТИ ВЕНЦОВ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ГТД ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Каиров А. С., Латанская Л. А., Каиров В. А.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова,
Николаев, Украина

Для прогнозирования повышения надежности и ресурса газотурбинных двигателей важное значение имеет расчетная оценка прочности и надежности их конструктивных элементов. Лопаточный аппарат рабочих колес относится к наиболее нагруженным и напряженным узлам турбин, работающих в сложных эксплуатационных условиях при воздействии интенсивных динамических нагрузок на протяжении всего периода эксплуатации. При длительной работе в лопатках возникают различного рода повреждения.

В данной работе проведены расчетные исследования параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) венцов рабочих лопаток турбомашин при их вынужденных колебаниях. Расчет НДС лопаточного аппарата рабочих колес ГТД представляет собой сложную пространственную контактную задачу с учетом их конструктивных особенностей и влияния температурных полей.

Расчетная методика построена на основе уточненных моделей вынужденных колебаний и процессов деформирования лопаточного аппарата рабочих колес турбомашин с учетом демпфирования [1] и взаимодействия колеблющихся лопаток с потоком газа, что позволяет с высокой степенью точности определить локализацию возникающих напряжений. Лопаточный венец рассматривается как единая деформируемая циклически симметричная система элементов и может быть представлен в виде совокупности секторов, каждый из которых включает в себя собственно лопатку, соответствующий ей сектор диска и демпферную связь либо бандажную полку [2]. В связи со сложностью геометрической формы рабочих лопаток и переменной геометрией их поперечного сечения, наличием охлаждающих каналов и пространственных полей температуры и напряжений используются трехмерные модели.

Для решения задачи применяется метод конечных элементов (МКЭ) с математическим обеспечением [3], основанным на трехмерном моделировании, согласно которому задача после дискретизации сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$[M] \left\{ \frac{d^2 u}{dt^2} \right\} + [C] \left\{ \frac{du}{dt} \right\} + [K] \{u\} = \{F(t)\} \quad (1)$$

где $\{u\}$ – вектор узловых перемещений конечных элементов; $[M]$, $[C]$, $[K]$ – соответственно матрицы масс, демпфирования и жесткости; $\{F(t)\}$ – вектор заданной нагрузки, изменяющейся во времени.

Вектор узловых сил $\{F(t)\}$ включает в себя распределенные по поверхности профиля пера лопатки газодинамические силы с учетом радиальной и окружной неравномерности потока в проточной части газозвдушного тракта ГТД. Зависимость теплового баланса ротора рассматриваемой газовой турбины определяется системой уравнений [4, 5]:

$$[K_T]\{T\} = \{Q\}, \quad (2)$$

где $[K_T]$ – глобальная матрица теплопроводности модели конечных элементов; $\{T\}$ – вектор температур в узлах конечных элементов; $\{Q\}$ – вектор внешней тепловой нагрузки.

Таким образом искомые максимальные динамические напряжения венца рабочих лопаток турбомашин определяются на основе зависимостей (1) и (2) с использованием вычисленных перемещений узлов сектора, что, в свою очередь связано с определением амплитуд его вынужденных колебаний. Не менее важным является и то обстоятельство, что при расчете НДС учитываются не только динамические, но и температурные деформации [4].

Основываясь на исследованиях конструкционного гистерезиса, приведенных в работе [1], и форме контактирующих поверхностей демпферных связей и пера лопатки, при их контакте возможно как полное, так и неполное проскальзывание. В общем случае при проскальзывании контактных поверхностей демпфера и лопатки, а также бандажных полок соседних лопаток относительно друг друга, венец представляет собой модель, в которой элементы связаны пружинной связью заданной жесткости. Варьируя жесткостью пружины, можно получить зависимости для различных условий: от жесткого закрепления до полного проскальзывания [2].

Выводы. В процессе исследований динамических напряжений получены численные результаты, характеризующие влияние конструктивных особенностей, динамических нагрузок, температурных полей и граничных условий на НДС и вибродинамические характеристики. Рассмотрено влияние различных вариантов демпфирования в местах контакта рабочих лопаток ГТД с диском, а также в местах их соединения на колебания и НДС лопаточного венца.

Список литературных источников

1. Воробьев Ю.С. Колебания лопаточного аппарата турбомашин / Ю.С. Воробьев. – Киев: Наук. думка, 1988. – 224 с.
2. Каиров А.С. Колебания и напряженно-деформированное состояние венцов рабочих лопаток турбомашин при нарушении циклической симметрии / А.С. Каиров, С.А. Моргун // Авиационно-космическая техника и технология. – 2013. – № 9. – С. 208–215.
3. Bathe K.J. Numerical methods in finite element analysis / K.J. Bathe. – Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 2006. – 564 p.
4. Kairov A. Use of refined finite elements models for solving the contact thermoelasticity problem of gas turbine rotors / A. Kairov, S. Morhun // Проблемы машиностроения. – 2018. – Т. 21. № 3. – С. 53–68.
5. Самарский А.А. Вычислительная теплопередача / А.А. Самарский, П.Н. Вабицевич. – Москва: Эдиториал, 2009. – 784 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГЛЕЦЕВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ У БАРАБАНО-ОХОЛОДЖУВАЧІ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ

**Карвацький А.Я.¹, Лазарєв Т.В.², Лелека С.В.¹,
Мікульонюк І.О.¹, Іваненко О.І.¹, Витвицький В.М.¹**

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

² Державне Підприємство «Конструкторське Бюро "Південне"»
ім. М. К. Янгеля, Дніпро, Україна

Значна вартість природного газу, а також необхідність дотримання жорстких вимог екологічної безпеки промислових підприємств, спричинюють перехід енергетики та інших галузей промисловості на збільшення використання твердого палива з попередньою його газифікацією та одержанням у результаті синтез-газу, до складу якого входять такі горючі гази як монооксид вуглецю, водень і метан.

Зазначена проблема зумовила появу великої кількості розробок реакторного обладнання для газифікації та досліджень процесів газифікації твердого палива й біомаси, зокрема, числовими методами обчислювальної гідродинаміки. Проте існуючі дослідження не розглядають питання використання діючого промислового пічного обладнання для процесів газифікації твердого палива, а передбачають застосування спеціалізованого обладнання для газифікації твердих вуглецевмісних матеріалів. Крім того, кінетика хімічних реакцій газифікації, що представлена в цих дослідженнях, значно різниться між собою. Це стосується як порядку хімічних реакцій та енергії активації, так і особливо значень та розмірності передекспоненціальних множників кінетичного рівняння Arrhenius, що робить їх використання вельми проблематичним.

Таким чином, питання застосування синтетичного газу, отриманого в результаті газифікації вуглецевмісних матеріалів, у різних галузях промисловості з використанням наявного обладнання є актуальним завданням та потребує ретельного обґрунтування.

Для зменшення витрати природного газу в технології виробництва вуглецевмісного наповнювача авторами запропоновано застосовувати синтез-газ, отриманий у результаті газифікації вуглецевмісних матеріалів в умовах діючих виробництв різних галузей промисловості [1]. Аналіз зазначеного питання було розглянуто на базі виробництва вуглецевмісного наповнювача електродної промисловості, а для генерації синтез-газу передбачалося використовувати модернізоване діюче обладнання барабано-охолоджувача печі, пилову фракцію термообробленого матеріалу, що уловлюється циклонами димососа, а також теплоту матеріалу та димових газів.

Модернізація барабано-охолоджувача полягає в організації системи подачі вуглецевої пилової фракції разом з водяною парою та розведеного гарячими димовими газами повітря, що надходить у процес газифікації частинок матеріалу. Крім того, внаслідок обертання матеріалу в барабані-охолоджувачі утворюється дрібна фракція термообробленого матеріалу, яка

також бере участь у процесі газифікації.

Мета роботи полягала в аналізі доцільності застосування діючого обладнання обертових печей з термооброблення вуглецевмісних матеріалів для одержання синтез-газу з використанням відходів виробництва у вигляді пилової фракції термообробленого нафтового коксу або антрациту.

Для досягнення мети було сформульовано математичну модель процесу газифікації частинок вуглецевмісного матеріалу в континуально-дискретній постановці з використанням глобальних реакцій зазначеного процесу, розроблено числову модель процесу газифікації сипкого вуглецевмісного матеріалу в барабані-охолоджувачі обертової печі у віссиметричному формулюванні, а також обґрунтовано доцільність процесу газифікації вуглецевмісного наповнювача в барабані-охолоджувачі обертової печі та виконано верифікацію розробленої числової моделі.

Авторами було проведено оцінку доцільності застосування діючого обладнання барабана-охолоджувача обертової печі для термооброблення вуглецевмісного наповнювача для одержання синтез-газу з використанням відходів виробництва у вигляді пилової фракції термообробленого нафтового коксу або антрациту. Сформульовано математичну модель процесу газифікації частинок вуглецю в континуально-дискретній постановці, що включає тринадцять глобальних реакцій, з яких чотири – гетерогенні і дев'ять – гомогенні. Розроблено числову модель газифікації пилової фракції вуглецевмісного наповнювача в барабані-охолоджувачі обертової печі у віссиметричному формулюванні. Досліджено збіжність числового розв'язку задачі газифікації за кроком сітки. Встановлено, що розрахункова сітка, яка включає 73620 комірок і 75202 вузлів, призводить до похибки визначення основних параметрів моделі не більше 1–2 %. Виконано верифікацію розробленої числової моделі. Встановлено, що різниця між молярними частками CO і H₂, значення яких одержано за різних програмних продуктів (Fluent, CEA NASA), перебуває в межах (2,8...5,8) %. З використанням розробленої числової моделі процесу газифікації вуглецевмісного наповнювача в барабані-охолоджувачі обертової печі визначено кількісний склад горючих компонентів синтетичного газу за різних вихідних параметрів. Встановлено, що за умов співвідношення O₂/C=(42,7...51,6) % прогнозований кількісний склад горючих газів синтез-газу в молярних частках складає: CO=(32,8...36,9) %, H₂=(17,1...18,4) % і CH₄=(0,03...0,16) %. Показано можливість застосування програми CEA NASA, призначену для оперативних розрахунків рівноважної хімії, для інженерних розрахунків матеріального складу синтез-газу промислового пічного обладнання.

Список літературних джерел

1. Determination of parameters of the carbon-containing materials gasification process in the rotary kiln cooler drum / A. Karvatskii, T. Lazariev, S. Leleka, I. Mikulionok, O. Ivanenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. N 4/8(106). P. 65–76. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210767>.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМ ПІДЛОГОВОГО ОПАЛЕННЯ В НЕСТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ

Клімов Р. О., Басакін О. О.

Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна

Системи опалення необхідні для підтримання комфортних температурних умов в приміщенні для перебування людей, а в деяких випадках сумісно з регулюванням вологості і для проведення технологічних процесів, які пов'язані з підвищеною точністю виготовлення продукції. Широке різноманіття використовуваних систем опалення пов'язане з перевагами та недоліками окремих видів і, відповідно, обмеженнями які накладає споживач [1]. Так в деяких випадках необхідно віддавати перевагу конвекційним системам опалення, а в інших променистим.

Використання підлогового опалення набуває широкого використання не тільки в якості допоміжного, але вже і як основного для приміщень з різними об'ємами та площами. Як правило такі системи характеризуються прокладанням труб в масиві бетону, або стяжки з цементно-піщаного розчину. Сучасний розвиток таких систем характеризується використанням поліетиленових труб, які достатньо довговічні, прості в укладанні, але гірші ніж металеві в теплотехнічному відношенні.

Робота систем підлогового опалення характеризується підтримкою необхідних значень температури поверхні підлоги для забезпечення заданого рівня температури повітря в приміщенні при відповідних тепловтратах в навколишнє середовище [2]. Підтримка заданого рівня температур покладена на датчик термостату, який як правило розташовується між двома сусідніми трубами по центру на глибині їх закладання. Товщина стяжки відіграє велику роль в процесах теплопередачі від теплоносія до внутрішнього повітря, а весь масив може бути використаний як акумулюючий пристрій. При різних кроках укладання трубої системи та товщини стяжки рівень температур датчика для регулювання та підтримки заданого значення температури внутрішнього повітря (або підлоги) може значно відрізнятись. Тому виставивши значення відключення (вмикання) системи на певний не розрахунковий рівень, може призвести до недогріву або переохолодження поверхні.

Моделюванню роботи систем підлогового опалення приділяється велика увага лише в умовах стаціонарної роботи, коли система працює завжди з заданим тепловим навантаженням [2]. Але для використання акумулюючих властивостей масиву бетону та зменшення витрат теплоти на опалення, доцільним є застосування переривчастої подачі підігрітого теплоносія. В даному випадку мають справу з нестаціонарними процесами підведення теплоти та формування температурного поля в перетині підлоги. Прогнозування та визначення конкретних величин часу роботи та простою системи опалення дозволить знайти оптимальні режими для забезпечення найменшої витрати палива при незмінному тепловому комфорті в приміщенні.

Розроблена математична модель нестаціонарної теплопередачі від теплоносія до повітря в системах підлогового опалення дозволяє визначити

температури в характерних точках системи та час її роботи/простою при заданій зміні теплових втрат приміщенням. При цьому основними характеристиками системи є товщина підлоги, розміри труб закладених в масив, відстань між сусідніми трубами та глибина закладання, а також температури теплоносія та необхідна температура повітря.

В дослідженні прийняті ПЕТ труби 16×2 мм, товщина стяжки 100 мм, товщина від поверхні підлоги до верхнього краю труби 70 мм, температура води на подачі 55°C . Результати розрахунків приведені на рис. 1.

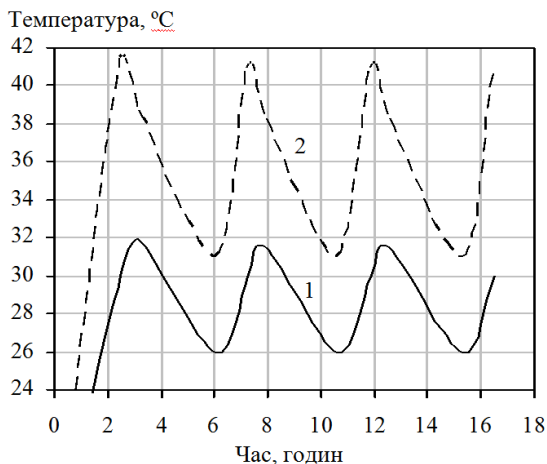


Рисунок 1 – Графік зміни температур за циклами нагрів/охолодження (1 – поверхня підлоги; 2 – точка розташування датчика термостата)

Для даного кроку розташування труб можна отримати рівномірний розподіл температур по поверхні підлоги, а в період охолодження поверхні можна відмітити пошаровий рівномірний розподіл температур від поверхні в глибину стяжки. Температура в зоні розташування датчика при досягненні поверхнею 30°C складає 41°C по рис. 1, а при охолодженні поверхні до 26°C дорівнює 31°C . Температура поверхні підлоги впродовж $\approx 0,6$ год продовжує збільшуватися до $31,8^\circ\text{C}$ при відключенні подачі теплоти (рис. 1), що характеризується акумулюючими властивостями стяжки.

Таким чином, розроблена математична модель дозволяє дослідити нестационарні процеси теплопередачі в підлогових системах опалення та в подальшому оптимізувати їх роботу.

Список літературних джерел

1. Клімов Р.О. Теплоенергетичні системи промислових підприємств / Навчальний посібник. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. – 200 с.
2. Тиатор И. Отопительные системы. – М.: Техносфера, 2006. – 272 с.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ

Козинский А.А., Николаев М.В., Шуть В.Н.

Брестский Государственный Технический Университет, Брест, Беларусь

Показателями эффективности работы общественного транспорта могут быть среднее время ожидания пассажира на остановке, коэффициент заполнения пассажирского транспортного средства, общее количество перевезенных пассажиров и др. Перед нами была поставлена задача разработки модели транспортной системы перевозки пассажиров. Для разработки использована технология Yandex Map JavaScript API [1], язык JavaScript и библиотека JQuery. Интерфейс реализован средствами HTML 5 и CSS 3. Созданная модель позволяет получить статистическую информацию о наполняемости транспортных средств, времени ожидания пассажира на остановке и т.д. Поток пассажиров генерируется с учетом трех типов остановок в зависимости от удалённости до центра города.

В построенной математической модели поток пассажиров определяется распределением Пуассона

$$p(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda} \quad (1)$$

Выполненный анализ позволил определить значение параметра $\lambda = 4$. Для нормализации области значений функции в интервале $[0; 1)$ для области определения $[0; +\infty)$, выходное значение функции необходимо умножить на коэффициент $k = 4,9$. В результате получаем формулу (2):

$$f(x) = 4,9 * \frac{4^x}{x!} e^{-4} \quad (2)$$

В формулах (3), (4) приведена модифицированная функция распределения Пуассона с пиком интенсивности пассажиропотока для интервала времени T часов. На рисунке 1 приведена аппроксимация модифицированного распределения Пуассона в виде непрерывной функции с параметром $T = 8$ часов. Таким образом, параметр T позволяет задавать максимум пассажиропотока в зависимости от времени:

$$f(x) = 4,9 * \frac{4^{m(x)}}{m(x)!} e^{-4} \quad (3)$$

$$m(x) = x - T + 3,5 \quad (4)$$

где x – модельное время в приложении.

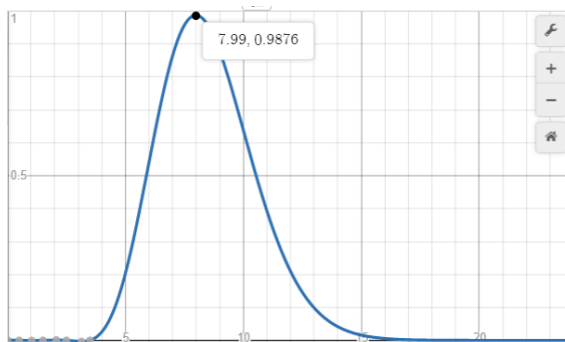


Рисунок 1 – График модифицированного распределения Пуассона

Полученная функция (без смещения по оси ординат) имеет область определения $[0; 1)$. Для увеличения интервала области значений функции (3), достаточно умножить значение функции на разность значений минимального и максимального количества пассажиров. В результате имеем формулу (5):

$$f(x) = (\max - \min) * 4,9 * \frac{4^{m(x)}}{m(x)!} e^{-4} \quad (5)$$

Так как факториал для вещественных чисел не определён, необходимо округлять модифицированное значение аргумента функции, рассчитанное по формуле (5), при условии, что значение является вещественным числом. Рассчитанная модификация аргумента округляется до ближайшего числа, принадлежащего ряду (6). То есть, все целые неотрицательные числа, и эти числа $+0,5$:

$$(t * 0.5 \mid t \in \mathbb{Z}, t \geq 0) \quad (6)$$

где \mathbb{Z} – множество целых чисел. Результат, рассчитанный по формуле (3) округляется до целого числа и определяет число пассажиров, которое генерируется на остановке и зависит от трёх параметров: текущего времени, минимального и максимального числа пассажиров.

Созданное приложение позволяет добавлять транспортные средства для всех городских маршрутов, задавать различные настройки процесса моделирования (“часы пик”, максимальное и минимальное число пассажиров, интервалы генерации пассажиров и другие), посмотреть информацию о вместимости, наполняемости и местоположении транспортных средств. Таким образом, существует возможность моделировать процессы общественного транспорта и использовать результаты для улучшения работы общественного транспорта в отдельно взятом городе.

Список литературных источников

1. JavaScript API Яндекс.Карт – Технологии Яндекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tech.yandex.ru/maps/jsapi/> – Дата доступа: 26.03.2020.

ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНІВ, РОЗРОБЛЕНИХ МОВОЮ JAVA НА БАЗІ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Латанська Л.О., Ковальчук В.І.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Миколаїв, Україна

Найбільший вплив на трудовитрати і вартість розробки програмного забезпечення одного класу має його розмір. Точність оцінок розміру програмних систем визначає точність оцінок вартісних параметрів проекту. Тому методам оцінювання розміру програмного забезпечення приділяється велика увага. Особливо важливо підвищити точність та обґрунтованість оцінок розміру на ранніх етапах життєвого циклу розробки, коли закладається фундамент проекту та розробляється календарний графік робіт[1, 2].

Існує чимало підходів до оцінювання розміру програмного забезпечення. Серед них можна виділити:

- метод конструктивної вартості;
- метод функціонально-бальної оцінки (FPA);
- регресійний аналіз;
- нейронні мережі;
- нечітку логіку;
- експертне оцінювання;
- метод бальної оцінки варіантів використання (UPS);
- комбіновані методи.

Але жоден з перелічених підходів не є достатньо ефективним та універсальним одночасно. Тому задача підвищення точності та достовірності оцінок розміру інтернет-магазинів, розроблених мовою Java на базі мікросервісної архітектури, є актуальною.

У дослідженні для оцінювання розміру програмного засобу використовувався регресійний аналіз. Дану групу методів характеризує досить висока точність оцінок. Однак для калібрування моделей та отримання високої точності необхідна наявність статистичних даних по вже завершеним однотипним проектам [3].

Однією з умов використання лінійного регресійного аналізу є нормальність закону розподілу емпіричних даних. Ця умова виконується не завжди, що в результаті призводить до помилок у розрахунках та негативно впливає на достовірність отриманих результатів. Щоб уникнути цієї проблеми, перед побудовою математичної моделі для негаусівських даних потрібно виконати їх нормалізацію. Для нормалізації можуть бути використані перетворення на основі десяткового або натурального логарифмів, перетворення Бокса-Кокса, перетворення Джонсона та інші.

Нормалізація даних дозволяє перейти до лінійної регресії для нормалізованих даних, для неї побудувати довірчий інтервал та інтервал передбачення традиційним способом, і, застосувавши відповідне зворотне

перетворення, перейти до нелінійної регресії для вихідних даних та отримати для неї границі довірчого інтервалу та інтервалу передбачення [4].

Нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру інтернет-магазинів, розроблених мовою Java на базі мікросервісної архітектури, була побудована на базі двох метрик (кількості рядків коду, кількості класів), які мають негаусовий розподіл. Перевірка нормальності закону розподілу вихідних даних здійснювалася за критерієм Пірсона. В якості нормалізуючого перетворення був обраний десятковий логарифм. Для аналізу викидів застосовувалися квадрат відстані Махаланобіса та його тестова статистика, яка порівнювалася з квантилем розподілу Фішера. Нормалізовані вихідні дані, для яких значення тестової статистики перевищувало квантіль розподілу Фішера, були вилучені.

Також була побудована лінійна регресійна модель без виконання нормалізації (в припущенні про нормальність вихідних емпіричних даних).

Для перевірки адекватності математичних моделей для оцінювання розміру інтернет-магазинів, розроблених мовою Java на базі мікросервісної архітектури, використовували коефіцієнт детермінації R^2 , середню величину відносної похибки MMRE та рівень прогнозування PRED.

Висновки. Для лінійної та нелінійної регресійних моделей отримали прийнятні значення R^2 , MMRE та PRED, які кращі для нелінійної моделі. Також нелінійна регресія має менші ширини довірчого інтервалу та інтервалу передбачення.

У подальших дослідженнях планується побудувати багатофакторну нелінійну регресійну модель для оцінювання розміру інтернет-магазинів, розроблених мовою Java на базі мікросервісної архітектури, та порівняти її з побудованими лінійною та нелінійною однофакторними регресійними моделями.

Список літературних джерел

1. Boehm B.W. Software engineering economics / B.W. Boehm. – Prentice-Hall, 1981. – 320 p.
2. Tan H.B.K. Estimating LOC for information systems from their conceptual data models / H.B.K. Tan, Y. Zhao, H. Zhang // in Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering (ICSE '06), May 20-28, 2006, Shanghai, China. – P. 321 – 330.
3. Котов С.Л. Информационно-аналитическая система оценивания трудозатрат и стоимости создания программных средств / С.Л. Котов, А.А. Демирский // Программные продукты и системы. – 2017. – № 3(30). – С. 469–473.
4. Макарова Л.М. Побудова нелінійної регресійної моделі для оцінювання розміру веб-додатків, реалізованих мовою Java / Л.М. Макарова, Н.В. Приходько, О.О. Кудін // Вестник Херсонского национального университета. – 2019. – № 2(69), ч.1. – С. 145–154.

ПОБУДОВА ДОВІРЧОГО ІНТЕРВАЛУ ТА ІНТЕРВАЛУ ПЕРЕДБАЧЕННЯ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА TYPESCRIPT

Латанська Л.О., Чебаков Д.В.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Миколаїв, Україна

Виконаний аналіз існуючих методів та моделей оцінювання розміру програмного забезпечення на TypeScript показав, що навіть на сьогоднішній день методи та математичні моделі мають ряд недоліків, які не дозволяють в повному обсязі оцінити розмір програмного забезпечення на ранніх стадіях розробки з одночасним урахуванням особливостей мови TypeScript та нелінійних зв'язків між негаусівськими даними. Тому існує необхідність в розробці математичної моделі, яка б покращила достовірність та якість передбачення з урахуванням означених факторів [1].

Нелінійна регресійна модель оцінювання розміру програмного забезпечення на TypeScript розроблялася на основі наступних факторів: X – кількість класів (незалежна величина (предиктор)), Y – кількість строк коду (залежна величина (відгук)). X та Y мають негаусівський розподіл. Це було виявлено шляхом обчислення χ^2 критичного [2].

Для побудови нелінійної регресійної моделі оцінювання розміру програмного забезпечення на TypeScript виконали нормалізацію емпіричних даних (нормалізуюче перетворення – натуральний логарифм). Для отриманих гаусівських даних Z_X , Z_Y побудували лінійну регресію, довірчий інтервал та інтервал передбачення.

Рівняння лінійної регресії має вигляд:

$$\hat{Z}_Y = b_0 + b_1 \cdot Z_X + \varepsilon, \quad (1)$$

де b_0, b_1 – коефіцієнти лінійної регресії, які обчислюються методом найменших квадратів; ε – випадкова помилка.

Довірчий інтервал (confidence interval) – інтервал, через який вихідна функція проходить з певною ймовірністю. Нижня та верхня межі довірчого інтервалу для лінійної регресії (1) обчислюються за формулою [3,4]

$$\hat{Z}_Y \pm t_{\alpha/2, n-2} \cdot S_{Z_Y} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(Z_X - \bar{Z}_X)^2}{\sum_{i=1}^n (z_{xi} - \bar{Z}_X)^2}}, \quad (2)$$

де \hat{Z}_Y – значення, розраховані за рівнянням регресії;

$t_{\alpha/2, n-2}$ – квантіль t -розподілу Стьюдента;

α – рівень статистичної значущості;

n – кількість елементів в вибірці;

S_{Z_Y} обчислюється за формулою

$$S_{Z_Y} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \cdot \sum_{i=1}^n (z_{yi} - \hat{z}_{yi})^2} . \quad (3)$$

Інтервал передбачення (prediction interval) – інтервал, в який потраплять нові точки із заданою ймовірністю. Нижня та верхня межі інтервалу передбачення для лінійної регресії (1) представлені формулою [3,4]

$$\hat{Z}_Y \pm t_{\alpha/2, n-2} \cdot S_{Z_Y} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(Z_X - \bar{Z}_X)^2}{\sum_{i=1}^n (z_{xi} - \bar{Z}_X)^2}} . \quad (4)$$

Шляхом використання зворотнього перетворення отримуємо нелінійну регресійну модель оцінювання розміру програмного забезпечення:

$$\hat{Y} = e^{b_0 + \varepsilon} \cdot X^{b_1} . \quad (5)$$

Застосувавши зворотнє перетворення до нижньої та верхньої меж довірчого інтервалу та інтервалу передбачення, обчислених по (2), (4), отримаємо відповідні межі для нелінійної моделі (5).

Для перевірки адекватності побудованої математичної моделі використовувалися коефіцієнт детермінації R^2 , середня величина відносної похибки MMRE, рівень прогнозування PRED.

Висновки. Подувавши довірчий інтервал та інтервал передбачення нелінійної регресії, ми можемо підвищити надійність оцінювання розміру програмного забезпечення. В подальшому планується розробити програмне забезпечення, яке, використовуючи отримані дослідження, дозволить автоматизувати процес оцінювання розміру програмних систем на ранніх стадіях розробки з одночасним урахуванням особливостей мови TypeScript та нелінійних зв'язків між негаусівськими даними.

Список літературних джерел

1. Котов С.Л. Информационно-аналитическая система оценивания трудозатрат и стоимости создания программных средств / С.Л. Котов, А.А. Демирский // Программные продукты и системы. – 2017. – № 3(30). – С. 469–473.
2. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики / Б.А. Севастьянов. – М.: Наука, 1982. – 256 с.
3. Приходько Н.В. Нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру програмного забезпечення інформаційних систем на базі VB / Н.В. Приходько, С.Б. Приходько // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2018. – № 3. – С. 37–42.
4. Приходько С.Б. Построение доверительного интервала нелинейного уравнения регрессии времени восстановления работоспособности устройств терминальной сети / С.Б. Приходько, Л.Н. Макарова // Наукові праці: науково-методичний журнал. – Вип. 225. Т.237. Комп'ютерні технології. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2014. – С. 73–77.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПРОЦЕСІВ ГРАФІТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ПЕЧАХ АЧЕСОНА

**Лелека С.В., Карвацький А.Я, Мікульонок І.О.,
Іваненко О.І., Витвицький В.М.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Виробництво електродної продукції для застосування в металургійних та електротермічних виробництвах характеризується значною енергоємністю й потребує відповідних заходів з енергозбереження та захисту навколишнього середовища [1].

Сировиною для одержання електродних заготовок є продукти нафтової й кам'яновугільної промисловості: піролізний і крекінговий нафтовий кокс, пековий кокс, кам'яновугільні пеки та смолопеки [2, 3].

Виготовлення вуглеграфітових виробів включає низку технологічних процесів і операцій, зокрема дроблення твердої вуглевмісної сировини, прожарування, охолодження, подрібнення, грохочення та класифікацію, змішування зі зв'язуючим, охолодження, пресування заготовок, випалювання, графітування (за потреби), охолодження та складування готової продукції.

Один з найбільш енергоємних та екологічно небезпечних процесів технології електродної продукції є процес графітування вуглеграфітових заготовок, який здійснюється в електричних печах опору. Сутність графітування полягає у високотемпературній обробці виробів за температури 2500–3000 °С [2, 3]. Якість готової графітованої продукції визначається як рівнем температури в печі графітування, так і рівномірністю властивостей графітованих виробів. Рівномірність температурного поля в печі графітування може бути досягнута правильним вибором пересипкових і теплоізоляційних матеріалів [4]. Потрібно зазначити, що використовувана вуглецева теплоізоляційна шихта відіграє роль не тільки теплоізолятора, але й активного електричного опору.

Натепер у найбільш поширених у промисловості печах графітування Ачесона використовується синтетична теплоізоляційна шихта (до 10 мм), до складу якої входить сирий, графітований коксовий дріб'язок, деревна тирса й пісок. Синтетична шихта має низький коефіцієнт теплопровідності й високий ПЕО, але потребує значних фінансових витрат на її виробництво та очищення забруднень продуктів розкладання (монооксид вуглецю).

Авторами запропоновано більш дешеvu та ефективну однокомпонентну синтетичну теплоізоляційну шихту на основі графітованого коксу.

У результаті математичного моделювання та експериментальних досліджень теплоенергетичного стану промислової печі графітування Ачесона (ПрАТ «Укрграфіт», м. Запоріжжя) було отримано такі результати:

1. На підставі результатів числового аналізу теплоелектричного стану печі Ачесона показано, що однокомпонентну теплоізоляцію доцільно використовувати з вмістом сирого коксового дріб'язку не менше 50 мас. %. У

цьому разі порівняно з використанням синтетичної шихти спостерігається не лише зниження температури заготовок (середньооб'ємна температура по всіх рядах зменшилася з 3470 °С до 3220 °С), а й суттєве вирівнювання температури по осі заготовки (перепад температури по всіх рядах заготовок зменшився на 580 °С).

2. На основі результатів визначення теплофізичних властивостей та числового моделювання температурних полів в об'ємі печі графітування Ачесона підібрано ресурсоенергозберігаючу екологічно ефективну вуглецеву теплоізоляційну шихту, що складається із зерен сирого та графітованого коксу 50/50 % (за мас.) розміром до 2 мм включно.

3. Проаналізовано особливості фізико-хімічних процесів, що проходять у печах випалювання та графітування електродних виробів. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження екологічного стану випалювальних і графітувальних печей. На підставі аналізу отриманих даних встановлено температурні й часові залежності концентрації монооксиду вуглецю на випалювальних і графітувальних печах. Визначено основні джерела утворення монооксиду вуглецю: недоокиснених вуглецевих матеріалів, ароматичних і смолистих речовин зв'язуючого заготовок. Розроблено комплекс заходів, що дають змогу знизити концентрацію викидів монооксиду вуглецю на промисловому пічному обладнанні, які включають зменшення площі контакту димових газів з вуглецевими матеріалами; модернізація графіка випалу; впорскування води і застосування каталізатора за місцем інтенсивного газовиділення; каталітичне окиснення; хімічна нейтралізація; допалювання відхідних газів.

4. Проведено експериментальне дослідження зі встановлення температурної залежності концентрації монооксиду вуглецю під час нагрівання багатокомпонентної та однокомпонентної теплоізоляційної шихти, що дало змогу встановити зниження викидів СО більш ніж на 20 % у разі застосування однокомпонентної шихти на основі кам'яновугільного коксового дріб'язку розміром фракції до 10 мм включно.

Список літературних джерел

1. Assessment of the Effect of Oxygen and Carbon Dioxide Concentrations on Gas Evolution During Heat Treatment of Thermoanthracite Carbon Material / O. Ivanenko, Ye. Panov, N. Gomelia et al. // Journal of Ecological Engineering. 2020. N 21(2): P. 139–149. doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/116326>.

2. Теплоэлектрическое состояние печей графитирования Ачесона / С. В. Лелека, Е. Н. Панов, А. Я. Карвацкий та ін. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 238 с.

3. Теоретично-експериментальні дослідження печей графітування Кастнера / А. Ю. Педченко, Є. М. Панов, А. Я. Карвацький та ін.. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 174 с.

4. Фізичні властивості вуглецевих сипучих матеріалів / Т. В. Чирка, Г. М. Васильченко, Е. Н. Панов та ін. Київ : НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. 152 с.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ БАНКОМАТІВ WINCOR NIXDORF PROCASH 2000XE

Макарова Л.М., Абаза Є.В.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Миколаїв, Україна

Все зростаюче число користувачів банківських пластикових карт дуже вигідно як для банків, так і для держави. Держава отримує прозорість в грошових розрахунках населення, в той час як банки отримують певні відсотки як від суми оплати картою, так і при знятті готівки в банкоматах.

Крім того, за допомогою банкоматів можна не тільки отримувати готівкові гроші, а й сплачувати комунальні послуги, поповнювати рахунки, сплачувати кредити і виконувати інші операції, які раніше можна було виконати тільки в касах та відділеннях банків. Цілодобова безперебійна робота банкоматів і всі вищезазначені функції дозволяють використовувати банківську пластикову карту як ефективний і доступний засіб платежів [1].

Сьогодні лідерами у виробництві та продажу банкоматів на світовому ринку є дві міжнародні компанії – Diebold Nixdorf (після поглинання компанією Diebold свого конкурента Wincor Nixdorf в 2016 році) та NCR FSG. За даними дослідження консалтингової фірми RBR, кількість банкоматів в світі перевищить 3,7 млн. до кінця 2022 року, при цьому середньорічні темпи зростання ринку складуть 2,2% в період до 2022 року [2].

Для безперебійної роботи банкоматів слід забезпечити швидке відновлення їх працездатності, яке залежить від прогнозування та оцінювання часу відновлення працездатності банкоматів. Тобто підвищення достовірності оцінювання часу відновлення працездатності банкоматів є актуальною задачею.

Якщо розглядати банкомат Wincor Nixdorf ProCash 2000xe, то він є монофункціональним банкоматом для встановлення всередині приміщень як в банківських установах, так і в торгових та сервісних точках з великим потоком клієнтів. Відрізняється високою швидкістю роботи, надійністю, функціональністю, вишуканим дизайном. Відповідає міжнародним стандартам безпеки, задовольняє специфікаціям EMV [3].

Час відновлення працездатності банкомата Wincor Nixdorf ProCash 2000xe є випадковою величиною, що не підпорядковується нормальному закону розподілу і залежить від низки факторів, серед яких найбільшу роль відіграють вид відмови в обслуговуванні (помилка) та відстань між центром обслуговування і банкоматом. Пору року не відіграє значної ролі, тому що банкомат призначений для встановлення всередині приміщень.

У загальному вигляді математична модель часу відновлення працездатності банкомату Wincor Nixdorf ProCash 2000xe може бути представлена рівнянням регресії, наведеним у [4]. У разі нормального закону розподілу випадкової величини можна побудувати лінійне рівняння регресії, коефіцієнти якого знаходяться методом найменших квадратів. У цьому

випадку довірчий інтервал та інтервал прогнозування можна отримати з використанням традиційного способу із застосуванням t -розподілу Стьюдента.

Однак, у випадку, коли вихідні емпіричні дані про час відновлення працездатності банкомата Wincor Nixdorf ProCash 2000xe не відповідають нормальному закону розподілу, доцільно використовувати нормалізуюче перетворення, що дозволить перейти від нелінійного рівняння регресії до лінійного рівняння регресії, побудувати для нього довірчий інтервал та інтервал прогнозування, далі повернутися до нелінійного рівняння регресії за допомогою зворотного перетворення [5]. Як показує практика вирішення подібних задач, доцільно будувати рівняння регресії окремо для кожного типу банкомату або виду відмови в обслуговуванні.

В якості нормалізуючого перетворення можна використовувати перетворення на основі натурального або десяткового логарифму, перетворення Джонсона, перетворення Бокса-Кокса або інші. В даному випадку було обрано найпростіше нормалізуюче перетворення – перетворення на основі десяткового логарифму.

Для порівняння було побудоване лінійне рівняння регресії в припущенні про нормальність вихідних емпіричних даних без виконання нормалізації. Для обох рівнянь були побудовані довірчі інтервали та інтервали прогнозування. Для лінійного рівняння регресії нижня границя інтервалу прогнозування має від'ємні значення. Для нелінійного рівняння регресії, побудованого з використанням нормалізуючого перетворення, всі значення нижньої границі інтервалу прогнозування більші нуля.

Виконане порівняння отриманих результатів показало більшу адекватність нелінійного рівняння регресії з використанням нормалізуючого перетворення на основі десяткового логарифму. Далі планується розробка відповідного програмного забезпечення для автоматизації процесу розрахунків.

Список літературних джерел

1. Страхарчук А.Я. Інформаційні системи і технології в банках: Навч. посіб. Рекомендовано МОН / А.Я. Страхарчук, В.П. Страхарчук. – К.: УБС НБУ: Знання, 2010. – 515 с.
2. Global ATM Market and Forecasts to 2025 / Режим доступу: \www/ URL: https://www.rbrlondon.com/wp-content/uploads/2020/05/GA25_Brochure.pdf – 07.09.2020 р. – Загол. з екрану.
3. ProCash 2000xe. Монофункціональний банкомат для установки всередині приміщень / Режим доступу: \www/ URL: https://renome-smart.com/sites/default/files/procash_2000xe_brochure_rus.pdf – 07.09.2020 р. – Загол. з екрану.
4. Bates Douglas M. Nonlinear Regression Analysis and Its Applications / Douglas M. Bates, Donald G. Watts. – NJ: Wiley, 1988. – 365 p.
5. Приходько С.Б. Построение нелинейной регрессионной модели времени восстановления работоспособности устройств терминальной сети / С.Б. Приходько, Л.Н. Макарова // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон: ХНТУ, 2014. – №01 (015). – С.97-102.

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ З РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Макарова Л.М., Пічугін М.Ю.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Миколаїв, Україна

Максимально точне оцінювання необхідних трудових витрат на розробку програмних продуктів є однією з основних проблем при управлінні проектами розробки програмного забезпечення. Існуючі моделі та методи для оцінювання тривалості виконання робіт з розробки програмного забезпечення використовують різні фактори: кількість рядків коду, кількість функціональних точок, кількість сторінок програмно-технічної та користувацької документації, досвід розробників та інші [1].

Важко за короткий термін та в необхідному обсязі отримати інформацію для оцінювання тривалості розробки, оскільки ця інформація може бути недоступною на ранніх етапах розробки проекту. Крім того, більшість існуючих моделей є лінійними, які не враховують нелінійні зв'язки між факторами. Тому виникає необхідність удосконалення математичної моделі для оцінювання тривалості виконання робіт з розробки програмного забезпечення з використанням нормалізуючих перетворень. Така удосконалена модель дасть можливість підвищити достовірність оцінювання тривалості виконання робіт, що робить поставлену задачу актуальною.

Для розв'язання поставленої задачі необхідно зробити такі кроки:

- проаналізувати існуючі алгоритми та методи оцінювання тривалості виконання робіт з розробки програмного забезпечення;
- розробити удосконалену математичну модель для оцінювання тривалості виконання робіт з розробки програмного забезпечення;
- розробити відповідну програму для розрахунку оцінювання тривалості виконання робіт з розробки програмного забезпечення.

Основними методами оцінювання тривалості виконання робіт з розробки програмного забезпечення є експертні, навчально-орієнтовані, алгоритмічні, математичні, статистичні та змішані методи [2]. Найбільш використовувані методи, такі, як COCOMO, COCOMO II, PERT та ISBSG відносяться до алгоритмічних або математично-статистичних.

Методика COCOMO, наприклад, дозволяє оцінити трудомісткість та час розробки програмних проектів різних типів: органічних (organic), напів-розділених (semi-detached), вбудованих (embedded). Але для більш точної оцінки тривалості виконання робіт потрібно застосування великої кількості додаткових даних та коефіцієнтів, що значно ускладнює отримання такої оцінки.

Більш точні оцінки можна отримати, якщо застосовувати нелінійні регресійні моделі, але в цьому випадку вихідні емпіричні дані мають підпорядковуватися нормальному закону розподілу, але на практиці розподіл емпіричних даних трудомісткості та тривалості виконання робіт з розробки

програмного забезпечення відрізняється від нормального закону розподілу. Тому для побудови удосконаленої математичної моделі для оцінювання тривалості виконання робіт з розробки програмного забезпечення буде використано нормалізуюче перетворення, що дасть змогу отримати гаусівські дані, побудувати для них лінійне рівняння регресії, знайти довірчий інтервал та інтервал прогнозування, а потім, використовуючи зворотне до нормалізуючого перетворення, отримати нелінійне рівняння регресії та відповідні інтервали для вихідних емпіричних даних. Таким чином, отримаємо можливість підвищити достовірність оцінювання тривалості виконання робіт з розробки програмного забезпечення [3]. Зазначений підхід дає гарні результати при оцінюванні тривалості виконання робіт з розробки програмного забезпечення з використанням різних технологій розробки, зокрема, гнучкої методології розробки [4].

Для перевірки удосконаленої математичної моделі в якості вихідних емпіричних даних були розглянуті дані 499 проектів з розробки програмного забезпечення, які взяті з відкритого джерела – репозиторію *tera-PROMISE*. В якості випадкової величини x взята трудомісткість в людино-годинах, випадкової величини y – час виконання задач в місяцях (проведено перетворення годин в місяці для порівняння розрахунків з моделями *SOCOMO* та *ISBSG*). Виконане порівняння отриманих результатів показало більшу достовірність удосконаленої математичної моделі з використання нормалізуючого перетворення. Розроблена відповідна програма для автоматизації процесу розрахунків показала свою адекватність та ефективність.

Список літературних джерел

1. Голованова М.А. Оценка трудоемкости работ на ранних стадиях создания программного обеспечения / М.А. Голованова, С.В. Надін // Системи обробки інформації. – Харків, 2014. – № 8 (124). – С.151-156.
2. Temnenco V. Software Estimation, Enterprise-Wide / V. Temnenco // Wide, IBM The Rational Edge. – Vol. June 2007. – Режим доступу: <http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/jun07/temnenco/index.html> – 22.09.2020 р. – Загол. з екрану.
3. Приходько С.Б. Розробка нелінійних регресійних моделей трудомісткості програмних проектів на основі перетворення Джонсона / С.Б. Приходько, А.В. Пухалевич // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2014. – № 2 (2014). – С.76-80.
4. Макарова Л.М. Регресійні моделі тривалості виконання задач з розробки програмного забезпечення для компанії "Micro Logic Corporation" / Л.М. Макарова, Ю.Ю. Панасенко // Інформаційні управляючі системи і технології (ІУСТ-Одеса – 2019) : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (23–25 верес. 2019 р., м. Одеса) / відп. ред. В. В. Вичужанін ; Одес. нац. політех. ун-т. – Одеса: Екологія, 2019. – С.199-201.

ЗАДАЧА МІНІМАКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Михайлова Т. Ф.

Дніпровський національний університет
залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна
Дніпро, Україна

В роботі розглянута задача мінімаксного оцінювання функціоналів для систем з розподіленими параметрами за неповних даних. Запропонована методика розв'язування задачі, що використовує теорію оптимального керування для задач параболического типу [1].

В рамках теорії задач спостереження і керування системами з розподіленими параметрами по неповних даних розглядаються керовані об'єкти, яким притаманні зовнішні збурення, шуми, а також системи в умовах неповних та неточних вимірювань.

В цьому випадку природною є мінімаксна постановка задач [1, 2].

В роботі розглядається математична модель дифузії нейтронів у ядерному реакторі, оцінюється функціонал, визначений на розв'язках системи, що описує цей процес. Але так як в реальних умовах функціонування реактора природними є випадкові перешкоди (як в рівнянні, що описує процес, так і в функції, що спостерігається), то шукається мінімаксна оцінка [2].

Нестационарний процес дифузії нейтронів в ядерному реакторі (з урахуванням загаювальних нейтронів 1-ї групи) можна описати рівнянням [1]

$$\frac{\partial N}{\partial t} = D_0 \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{k_0 - 1}{T_0} N + \frac{k_1 \lambda_1}{T_0} \int_0^\infty N(x, t - \tau) e^{-\lambda_1 \tau} d\tau + f(x, t) \quad (1)$$

з крайовими умовами: $N = N_0$; $N(x, t) \in L_2[(-a, a), (0; \infty)]$ і початковими умовами $N(x, 0) = N_0(x) + f_0(x)$.

Тут: N – густина теплових нейтронів,
 K_0 – коефіцієнт розмноження швидких нейтронів,
 T_0 – час життя теплового нейтрона,
 K_1 – коефіцієнт розмноження загаювальних нейтронів першої групи,
 $1/\lambda_1$ – час життя загаювальних нейтронів 1-ї групи,
 D_0 – коефіцієнт дифузії.

Нехай спостерігається величина:

$$y(t_j) = y_j = \int_{-a}^a c(x) N(x, t_j) dx + \eta_j, \quad j = 1, m \quad (2)$$

де $c(x) \in L_2^m(-a, a)$ – відома функція.

Відносно функцій $f(x, t)$, $f_0(x)$ і $\eta(t)$, які є випадковими перешкодами, припустимо, що вони належать деякій області

$$G = \left\{ f_0; \eta : \left| \int_{-a}^a f_0^2(x) dx + \int_0^t \int_{-a}^a f^2(x, t) dx dt + \sum_{j=1}^n \eta^2 j \right| \leq 1 \right\} \quad (3)$$

Необхідно оцінити функціонал

$$J(N) = \int_{-a}^a l(x)N(x,T)dx; \quad (4)$$

де $l(x)$ – задана кусково-неперервна функція.

Оцінку (4) шукаємо у вигляді

$$J(N) = -\sum_{j=1}^m U_j y_j \quad (5)$$

Одержуємо задачу про знаходження мінімаксної оцінки

$$\min \sup |J(N) - J(N)|^2 \quad (6)$$

$$u_j G$$

Доведено теорему про еквівалентність задачі мінімаксної оцінки функціонала деякій задачі оптимального керування параболічною системою [3]. Застосовуючи необхідні умови оптимальності одержуємо імпульсні керування у вигляді

$$u_j = \sum_{j=1}^m G_{ij} D_j; \quad (7)$$

де $G_{ij} = [I + A_{ij}]^{-1}$ є розв'язком системи рівнянь із матрицею $[A_{ij}]$ та стовпцем вільних членів D_j , рядів Фур'є фундаментальної матриці для задач оптимального керування та обчислення варіації функціонала задачі в силу необхідних умов оптимальності.

Таким чином за допомогою методу мінімаксного оцінювання реалізованого за допомогою чисельних методів [3] знайдено найкращу апіорну оцінку функціонала (5).

Список літературних джерел

1. Єгоров А.І. Оптимальное управление тепловыми и диффузионными процессами. М. Наука, 1986. – 354 с.
2. Наконечный А.Г. Минимаксное оценивание функционалов от решений вариационных уравнений в гильбертовых пространствах. К: КГУ, 1985. – 185 с.
3. Babich Y.A., Michaylova T.F. Approximation of Periodic Functions of Many Variables by Functions of a Smaller Number of Variables in Orlicz Metric Spaces/ Ukrainian Mathematical Journal. – 2019. – Vol. 70, iss. 8. – P. 1319–1325. – DOI: 10.1007/s11253-018-1571-3. (eid=2-s2.0-85057974489, DOI: 10.1007/s11253-018-1571-3/Scopus

КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ДВОВИМІРНОГО ДРОБОВО- РАЦІОНАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

Науменко Т.С., Шапка І.В.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Дніпро, Україна

Останні десятиліття теорія апроксимацій Паде [1] представляє собою інтерес в галузі теорії наближень та обчислюваної математики. Така зацікавленість зумовлена їх різноманітними практичними застосуваннями, що стає можливим завдяки розвитку обчислюваної техніки. Відомо, що апроксимації Паде знаходять своє використання в таких галузях, як нелінійна теорія оболонок, аналіз сигналів, обробка зображень, в задачах розсіювання та ін. Великий інтерес приділяється розширенню класичної теорії наближення дробово-раціональними функціями на різні типи базисних функцій і різні методи побудови апроксимант до наближень типу Паде.

В сучасному світі цифрові технології стрімко розвиваються, постійно зростають об'єми даних, які необхідно зберігати, оброблювати та передавати. Так, наприклад, соціальні мережі працюють з тисячами терабайт даних, у вигляді зображень та відеокліпів. Для зберігання таких об'ємів даних створюються спеціальні дата-центри та використовуються різноманітні алгоритми стиснення. Існує велика кількість алгоритмів стиснення даних. Усі вони мають певні переваги та недоліки і знаходять свої галузі застосування.

Не дивлячись на швидкий розвиток обчислюваних методів, які направлені на зберігання і передачу інформації великих об'ємів, рішення задач механіки оболонок, істотного прогресу в обчисленні таких задач не було. Є декілька причин, чому так відбувається: складність в розв'язку рівнянь стандартними методами, дуже велика кількість необхідних обчислень, труднощі прямого застосування стандартних методів генерації сітки.

Області, де можна застосувати ті чи інші методи наближення функцій і сигналів досить широкі і різноманітні. Вони використовуються як при виконанні математичних розрахунків так і в математичному моделюванні. В даний час найбільш ефективними засобами для обчислення спеціальних математичних функцій є системи комп'ютерної математики. Але з огляду на складність спеціальних функцій їх реалізація в даних пакетах має непрості алгоритми обчислення, що призводить, як правило, до істотних витрат часу на обчислення і перешкоджає застосуванню таких систем в практиці моделювання систем і пристроїв.

На даний час стоїть задача розробки програмного забезпечення, що дозволяє досліджувати, удосконалити та оптимізувати алгоритм стиснення зображень на базі двовимірного дробово-раціонального перетворення. Пропонується новий алгоритм стиснення цифрового зображення [3]. Побудова нового алгоритму стиснення цифрового зображення на базі апроксимації Паде дає можливість різко зменшити кількість параметрів наближень без втрати точності, можливо навіть її зростання. Ця властивість

апроксимації Паде дуже важлива і може бути використана для розробки алгоритмів компресії зображень, а в подальшому для побудови теоретичних основ нового ефективного формату зображення, що може скласти конкуренцію уже існуючим [2]. Розробка будь-якого складного алгоритму практично неможлива без використання методів його моделювання.

Принцип роботи алгоритму стиснення двовимірних сигналів представлена у блок-схемі на рис 1.

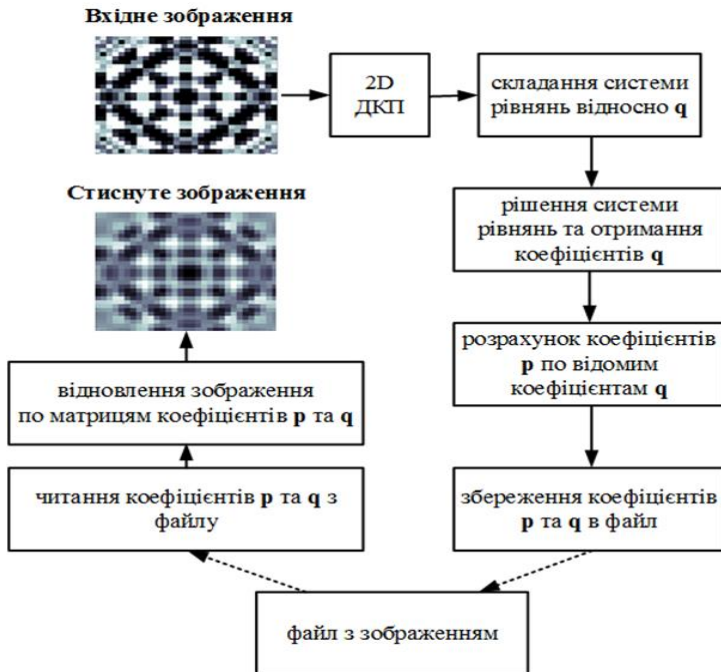


Рисунок 1 – Алгоритм стиску/відновлення зображення

Отже, актуальною є задачі створення нових алгоритмів, які дозволять зменшити витрати на зберігання даних та оцінки стійкості відновлення зображення за умови застосування дробово-раціонального перетворення.

Список літературних джерел

1. Бейкер Дж., Грейвс-Моррис П., Аппроксимации Паде.// пер. с англ. Е.А. Рахманова, С.П. Суетина; ред. А.А. Гончар. – М.:М., 1986. – 502с.
2. Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эдинс. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. // М.: Техносфера. 2006. - 616с
3. В. В. Кириченко. “Аналитический обзор алгоритмов сжатия цифровой информации”. ПФМТ. 2016. № 2(27). 77–83с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ JAVA ТА PHP-ЗАСТОСУНКІВ З ВІДКРИТИМ КОДОМ ЗА БАГАТОФАКТОРНИМИ НЕЛІНІЙНИМИ РЕГРЕСІЙНИМИ МОДЕЛЯМИ

Приходько С. Б., Ворона М. В., Смикодуб Т. Г.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Миколаїв, Україна

Задача оцінювання розміру JAVA та PHP-застосунків з відкритим кодом як і іншого програмного забезпечення (ПЗ) на ранній стадії розробки є важливою, оскільки ця інформація використовується для прогнозування трудомісткості створення ПЗ за допомогою такої відомої моделі як СОСОМО II. Це потребує відповідних математичних моделей для оцінювання розміру ПЗ, у тому числі і JAVA та PHP-застосунків з відкритим кодом. Для оцінювання кількості строк коду інформаційних JAVA та PHP-систем з відкритим кодом відомі лінійні регресійні рівняння в залежності від трьох метрик концептуальної моделі даних у вигляді діаграми класів. Ці рівняння побудовані на основі методів множинного лінійного регресійного аналізу. Але, як відомо, при побудові лінійних регресійних моделей необхідно виконання певних умов, зокрема залишки повинні бути розподілені за нормальним законом, що має місце лише в поодиноких випадках. А це веде до необхідності побудови нелінійних регресійних моделей для оцінювання кількості строк ПЗ із застосуванням відповідних методів [1].

Тому в [1, 2] для оцінювання розміру інформаційних JAVA та PHP-систем з відкритим кодом були запропоновані нелінійні регресійні моделі, які побудовані за допомогою множинного нелінійного регресійного аналізу із застосуванням чотиривимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B на основі трьох метрик діаграми класів, що використовувалися іншими авторами: загальна кількість класів, загальна кількість зв'язків та середня кількість атрибутів на клас. Але для JAVA та PHP-застосунків з відкритим кодом, що не є інформаційними системами, наприклад, таких як різноманітні фреймворки та конвертори, регресійні моделі можуть залежати в тому числі від інших метрик.

В роботі для оцінювання розміру JAVA та PHP-застосунків з відкритим кодом побудовано дві багатофакторні нелінійні регресійні моделі. Для оцінювання розміру PHP-застосунків у тисячах строк коду побудовано трьохфакторну нелінійну регресійну модель в залежності від кількості класів X_1 ; суми середньої кількості класів, на які впливає даний клас (AAC) X_2 і середньої кількості класів, з яких даний клас отримує ефекти (AEC), та середньої кількості методів X_3 на основі чотиривимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B . Для оцінювання розміру JAVA-застосунків побудовано чотирьохфакторну нелінійну регресійну модель в залежності від кількості класів X_1 ; кількості статичних методів (NOSM) X_2 ; метрики, що характеризує відсутність згуртованості методів (LCOM), X_3 та кількості викликів унікального методу в класі (RFC) X_4 на основі п'ятивимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B . При побудові моделей були використані дані із 38 Java-

застосунків та 40 РНР-застосунків розташованих на сайті GitHub. Вибір саме цих факторів був обумовлений тим, що вони не мають проблеми з мультиколінеарністю. Нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру РНР-застосунків записується у вигляді [1]

$$Y = \hat{\phi}_Y + \hat{\lambda}_Y \left[1 + e^{-(\hat{Z}_Y + \varepsilon - \hat{\gamma}_Y) / \hat{\eta}_Y} \right]^{-1}, \quad (1)$$

де ε – гаусівська випадкова величина, $\varepsilon \sim N(0,1)$; $\hat{Z}_Y = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 Z_1 + \hat{b}_2 Z_2 + \hat{b}_3 Z_3$,
 $\hat{b}_0 = 0$, $\hat{b}_1 = 1,05746$, $\hat{b}_2 = -0,0428158$, $\hat{b}_3 = 0,504146$;

$$Z_j = \gamma_j + \eta_j \ln \frac{X_j - \varphi_j}{\varphi_j + \lambda_j - X_j}, \quad \varphi_j < X_j < \varphi_j + \lambda_j, \quad j = 1, 2, 3; \quad \hat{\gamma}_Y = 3,22402,$$

$$\hat{\gamma}_1 = 3,0914, \quad \hat{\gamma}_2 = 0,741344, \quad \hat{\gamma}_3 = 18,3888, \quad \hat{\eta}_Y = 0,673845, \quad \hat{\eta}_1 = 0,652695, \\ \hat{\eta}_2 = 0,880739, \quad \hat{\eta}_3 = 2,08381, \quad \hat{\phi}_Y = 0,054249, \quad \hat{\phi}_1 = -0,023277, \quad \hat{\phi}_2 = 1,52687, \\ \hat{\phi}_3 = -1,25874, \quad \hat{\lambda}_Y = 1057,484, \quad \hat{\lambda}_1 = 8737,832, \quad \hat{\lambda}_2 = 11,7836; \quad \hat{\lambda}_3 = 52797,72.$$

Нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру JAVA-застосунків має вигляд (1) тільки з тією різницею, що до неї входить ще четвертий фактор X_4 , а оцінки параметрів мають інші значення.

Удосконалено трьохфакторну модель нелінійної регресії для оцінювання розміру РНР-застосунків з відкритим кодом в залежності від загальної кількості класів; суми середньої кількості класів, на які впливає даний клас, і середньої кількості класів, з яких даний клас отримує ефекти, та середньої кількості методів на клас на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї S_B . Удосконалено чотирьохфакторну модель нелінійної регресії для оцінювання розміру JAVA-застосунків з відкритим кодом в залежності від загальної кількості класів; кількості статичних методів; метрики, що характеризує відсутність згуртованості методів, та кількості викликів унікального методу в класі на основі п'ятивимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B . Це дозволяє підвищити достовірність оцінювання залежної змінної нелінійної регресії у порівнянні з використанням одновимірних нормалізуючих перетворень. Моделі, що побудовано на основі багатовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї S_B , в порівнянні з іншими регресійними моделями мають більший відсоток прогнозованих результатів, менші середні величини відносної похибки та ширини інтервалу передбачення регресії.

Список літературних джерел

1. Prykhodko N.V., Prykhodko S.B. Constructing the non-linear regression models on the basis of multivariate normalizing transformations. *Electronic modeling*. 2018. Vol. 40. No. 6. P. 101-110. DOI: 10.15407/emodel.40.06.101
2. Prykhodko N.V., Prykhodko S.B. The non-linear regression model to estimate the software size of open source Java-based systems. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2018. No. 3 (46). P. 158-166. DOI: 10.15588/1607-3274-2018-3-17

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЇХ СТИСНЕННЯ З ВТРАТАМИ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНИХ СТОХАСТИЧНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ

Приходько С. Б., Приходько А. С.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Миколаїв, Україна

Вступ. Як відомо [1], методи стиснення з втратами призводять до деякої втрати інформації, а дані, які були стиснуті з використанням методів з втратами, як правило, не можуть бути точно відновлені. В обмін на прийняття цього спотворення при відновленні ми зазвичай отримуємо набагато більш високі коефіцієнти стиснення, ніж це можливо при стисненні без втрат. В [2] для стиснення звукових сигналів, які розглядалися як випадкові, було запропоновано застосувати стохастичні диференціальні рівняння (СДР). Суть представленого в [2] підходу полягає в наступному. Випадковий сигнал або його частина описуються СДР. В результаті рішення задачі параметричної ідентифікації знаходяться коефіцієнти СДР. Замість самого аудіо сигналу зберігається лише інформація про коефіцієнти СДР, часовому інтервалі, крок дискретизації за часом, початкових умовах, включаючи стартове значення генератора псевдовипадкових чисел з рівномірним законом розподілу. Відновлення аудіо сигналу виконується шляхом чисельного рішення СДР з відповідними коефіцієнтами і початковими умовами. Зауважимо, що розглянуте в [2] лінійне СДР 2-го порядку не завжди призводить до задовільних результатів відновлення аудіо сигналів, особливо при великих коефіцієнтах стиснення. Це в першу чергу пов'язано з тим, що розподіл ординат звукового сигналу істотно відрізняється від нормального. Тому виникає потреба в удосконаленні зазначеного підходу шляхом застосування математичного моделювання випадкових сигналів на основі нелінійних СДР.

Основний матеріал. Для поліпшення якості відновлення випадкових сигналів після стиснення пропонується застосувати попередню нормалізацію їх ординат так, як, наприклад, це робиться в [3]. Для цього використовується перетворення Джонсона сім'ї S_U , яке є біктивним і не призводить до додаткової втрати інформації. Для відновлення випадкових сигналів чисельне рішення СДР перетворюється за допомогою зворотного перетворення Джонсона сім'ї S_U . Відзначимо, при реалізації зазначеного стиснення випадкових сигналів необхідний також метод моделювання значень випадкової величини з розподілом Гаусу за значеннями випадкової величини з рівномірним розподілом без відбраковування останніх. В якості такого методу застосовується метод запропонований в [4]. Розглянуто приклад стиснення випадкового сигналу $x(t)$, що описується нелінійним СДР

$$\ddot{x} + 2\alpha_z \dot{x} + b_z^2 (\gamma + \eta \operatorname{Arsh}(\tilde{x})) \frac{\lambda}{\eta} \left(\sqrt{1 + \tilde{x}^2} \right) - \dot{x}^2 \tilde{x} / [\lambda (1 + \tilde{x}^2)] =$$

$$= 2b_z \frac{\lambda}{\eta} \sqrt{D_z \alpha_z (1 + \tilde{x}^2)} n(t), \quad (1)$$

де $\tilde{x} = (x - \varphi) / \lambda$; $n(t)$ – білий шум; γ , η , φ та λ – параметри перетворення Джонсона сімейства S_U $z = \gamma + \eta \operatorname{Arsh}(\tilde{x})$; D_z – дисперсія $z(t)$; $b_z^2 = \alpha_z^2 + \beta_z^2$; α_z і β_z – відповідно коефіцієнт загасання і середня частота кореляційної функції нормалізованого випадкового процесу $z(t)$, що описується СДР $\ddot{z} + 2\alpha_z \dot{z} + b_z^2 z = 2b_z \sqrt{D_z \alpha_z} n(t)$.

Велике стиснення випадкового сигналу $x(t)$ досягається за рахунок зберігання параметрів нелінійного СДР (1) замість зберігання ординат сигналу $x(t)$. Поновлення випадкового сигналу $x(t)$ відбувається шляхом чисельного рішення нелінійного СДР (1) за методом Ейлера.

В роботі окрім СДР (1) також розглядається математичне моделювання випадкових сигналів на основі нелінійного СДР 8-го порядку, побудова якого для перетворення Джонсона сім'ї S_U , наведена у [3]. Це нелінійне СДР 8-го порядку у тому числі дозволяє реалізовувати стиснення мовних сигналів. Зауважмо, що мовні сигнали є негаусівськими випадковими процесами, ординати яких добре нормалізуються за допомогою перетворення Джонсона сім'ї S_U . Як і для СДР (1), велике стиснення мовних сигналів досягається за рахунок зберігання параметрів нелінійного СДР 8-го порядку замість зберігання ординат мовних сигналів. Поновлення мовних сигналів відбувається шляхом чисельного рішення нелінійного СДР 8-го порядку за методом Ейлера.

Висновки. В роботі запропоновано удосконалений метод стиснення з втратами випадкових сигналів шляхом їх математичного моделювання на основі нелінійних СДР із застосуванням попередньої нормалізації ординат випадкових сигналів за допомогою біективного перетворення Джонсона сім'ї S_U , що дозволяє підвищити якість їх відновлення при великих коефіцієнтах стиснення.

Список літературних джерел

1. Pu I.M. Fundamental Data Compression. – Elsevier, 2006. – 246 p.
2. Приходько С.Б. Сжатие звука на основе стохастических дифференциальных уравнений второго порядка. Вестник ХГТУ. 2002. № 2 (15). С. 386-388.
3. Приходько С.Б. Применение нормализующих преобразований для построения математических моделей нелинейных стохастических дифференциальных систем. Электронное моделирование. 2011. № 2 (33). С. 13-23.
4. Приходько С.Б. Моделювання гаусівських випадкових величин із використанням перетворення Джонсона із сім'ї S_U . Інформатика та математичні методи в моделюванні. 2015. № 1 (5). С. 92-97.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В ВИХРЕВОМ АППАРАТЕ

Соколовская И.Е., Дмитренко А.С.

Днепропетровский государственный технический университет, Каменское,
Украина

Сушка материалов в вихревом аппарате происходит в период их витания в аппарате в результате их взаимодействия с воздушными потоками. Очевидно, чем более длительный данный процесс, тем он эффективнее.

Прямое экспериментальное изучение движения материалов в вихревых аппаратах осложняется нелинейностью и нестационарностью процесса. Однако характеристики траекторий движения частиц в вихревом аппарате могут быть определены путем численного моделирования с учетом имеющихся расчетных полей скоростей газовой фазы, полученных в предыдущем исследовании [1].

В процессе сушки диаметр частиц изменяется, что влияет на силу их взаимодействия с газовой фазой. Имеющиеся экспериментальные данные свидетельствуют об увеличении диаметра рассматриваемых частиц при увеличении температуры (рис.1) [2]. Таким образом, для определения траекторий вводимых частиц необходимо одновременно рассчитывать их температуру.

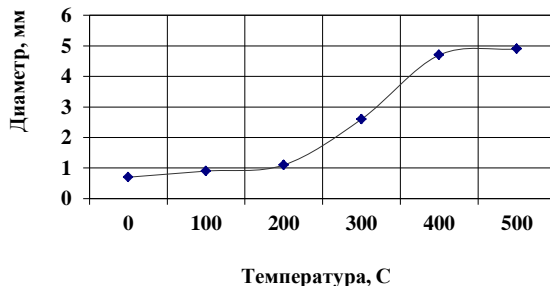


Рисунок 1 - Зависимость диаметра частицы d от температуры T

Расчет траектории движения частиц в разных условиях изучался многими авторами [3, 4]. В отличие от указанных работ в данной работе движение рассчитано для трехмерного поля скоростей, полученного в работе [1] для условий сушки в вихревом аппарате с учетом переменных размера частицы, ее плотности и массы.

Проведена серия тестовых расчетов модели [1], свидетельствующая о её качественной адекватности рассматриваемому процессу.

Конкретная траектория частицы существенно зависит от места её попадания в объем вихревого аппарата и определяется, в основном, (помимо силы тяжести) вихревыми газовыми потоками. Так, увлекаясь газом, частица

может совершать винтовое движение (рис.2 (а)) до момента её выхода из аппарата. Однако численные эксперименты показывают достаточно нерегулярный характер движения частиц. Так в расчетах наблюдалось как траектории с участками стационарного витания (рис.2 (б)), так и достаточно интересные варианты возможных движений частиц, как, например, вариант, представленный на рис.2 (в). Частица под действием силы тяжести и газовых потоков может в целом двигаться вниз, а затем, попадая в восходящие потоки, снова определенное время двигаться в верхнем направлении. В конце концов, она, всё же, покидает объем аппарата.

Изучение большого количества результатов расчетов позволяет, всё же, (не смотря на нерегулярность траекторий частиц) сделать качественный вывод о том, что в целом частицы, которые попадают в вихревой аппарат ближе к боковой стенке, дольше витают в его объеме, а, следовательно, и дольше подвергаются сушке, что предпочтительнее с технологической точки зрения.

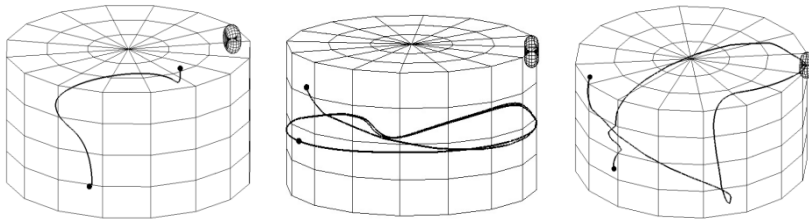


Рисунок 2 – Траектории движения частицы:
 а – винтообразная траектория частицы,
 б – часть траектории квазистационарного витания частицы,
 в – сложная нерегулярная траектория частицы

Список литературных источников

1. Математическая модель газодинамики в вихревом аппарате. Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки). Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2012. – Випуск 1(18). – С. 123-128.
2. Соколовська І.Є. Дослідження кінетики теплової обробки пористого теплоізоляційного матеріалу. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)/ Кам'янське: ДДТУ. – 2018. - Випуск 2 (33). - С.63-66.
3. Гутри Р.И.Л. Физико-химические и гидродинамические аспекты легирования расплавов методом вдувания порошков // Гутри Р.И.Л. - М.: Металлургия, 1982. №80. - С. 75-92.
4. Огурцов А.П., Самохвалов С.Е. Численные методы исследования гидродинамических и тепломассопереносных процессов сталеплавильного производства. – К.: Наукова думка, 1993. – 220 с.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ РІДИНИ ПРИ ПАДІННІ КРАПЛІ

Харченко О.С., Колісник В.О., Надрігайло Т.Ж.

Дніпровський державний технічний університет

Вступ. У багатьох сферах науки і техніки є досить важливими течії з вільною поверхнею. При вирішенні великої кількості інженерних задач з гідродинамічною частиною виникає необхідність визначати розташування поверхні розділу середовищ. Точне обчислення таких поверхонь можливо або експериментальним шляхом, або чисельними методами.

Математична модель. Ефективним методом опису динаміки середовищ з вільною поверхнею є консервативний ейлерів метод (КЕМ) [1]. Його основна ідея полягає у тому, що вся розрахункова область вважається заповненою стратифікованим за густиною газорідним середовищем. За величиною густини цього середовища в елементарному об'ємі можна судити про частку рідини в ньому. Розташування вільної поверхні визначається лініями рівної густини середовища. Область інтегрування розбивається на три зони: рідинну, вакуумно-рідинну і вакуумну. Оскільки з часом розбивка розрахункової області на зони змінюється, масо спряжену задачу з рухомими границями. У даному підході передбачена можливість опису динаміки вакуумно-рідкої зони, що є істотною його особливістю і дозволяє при чисельному розв'язанні забезпечити консервативність різницевої схеми.

Результати. Перевірка адекватності методу КЕМ було здійснено на прикладі задачі вільного падіння краплі в ємність з рідиною. Початкове розміщення рідини показано на рисунку 1.

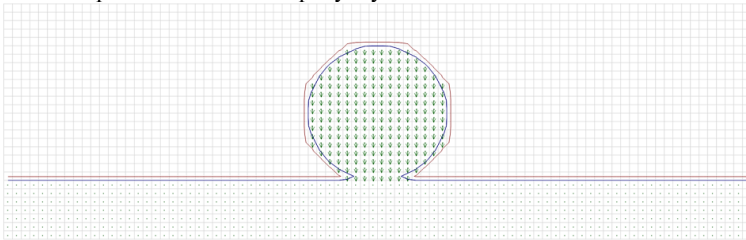


Рисунок 1 – Вихідна конфігурація краплі та рідини в ємності

При ударі краплі та рідини можна побачити короноподібний сплеск, з гребня якого відриваються дрібні краплі, вони рухаються за параболічними траєкторіями у напрямку до стінок ємності (рис. 2). Сплеск розпадається в момент руйнування краплі при ударі об дно ємності (рис. 3). Основна маса рідини рухається в напрямку бокових стінок ємності, а потім вгору вздовж них. Краплі, які досягають стінок, рухаються під дією сили тяжіння вниз.

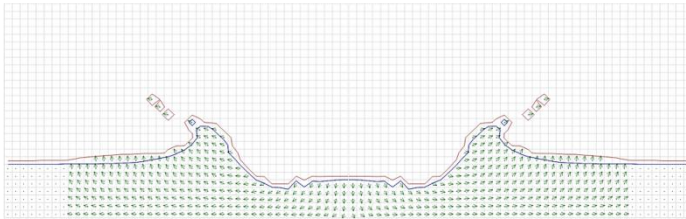


Рисунок 2 – Короноподібний сплеск та відрив крапель рідини

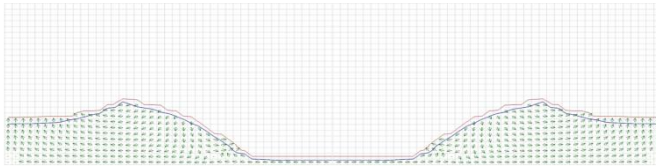


Рисунок 3 – Руїнування краплі при ударі об дно ємності

Після розпаду короноподібного сплеску на поверхні рідини виникає хвиля, що рухається до бокових стінок, поки не зіткнеться з ними. Спостерігається утворення хвилі зворотного руху рідини в напрямку осі симетрії одночасно з продовженням руху решти рідини в напрямку стінок ємності (рис. 4). При схлипуванні цієї хвилі в центрі ємності виникає осьовий сплеск .

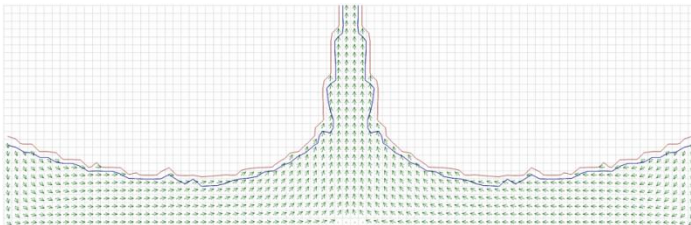


Рисунок 4 – Утворення хвилі зворотного руху рідини в напрямку осі симетрії

Висновки. У даній роботі розглянуто ефективний метод моделювання динаміки вільної поверхні. Розроблено комп'ютерну програму на мові програмування C# у середовищі MS Visual Studio 2017. Дану програму можна використовувати для моделювання задач, в яких описується динаміка рідини з вільною поверхнею.

Список літературних джерел

1. Огурцов А.П., Самохвалов С.С. Математичне моделювання теплофізичних процесів у багатофазних середовищах - К. «Наукова думка» 2001. – 410 с.

НОВЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СТАДИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРЕССОВАНИЯ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ГМК

Худяков А.Ю., Ващенко С.В., Баюл К.В.

Институт черной металлургии им. З.И. Некасова НАН Украины (ИЧМ),
Днепр, Украина

Брикетирование и возвращение в технологический передел мелкофракционных отходов предприятий горно-металлургического комплекса (ГМК), позволяет уменьшить потребность металлургии в рудных и топливных ресурсах, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду в промышленных регионах и освободить для сельского хозяйства земельные площади, занятые отвалами и шламохранилищами. Как показывает накопленный в Институте черной металлургии НАНУ опыт разработки технологий и оборудования для брикетирования сырья и промышленных отходов [1-2], одной из актуальных научных задач является разработка модели, пригодной для математического описания процесса прессования с учетом действия различных деформационных механизмов. Подобная модель позволит оценивать влияние различных технологических факторов на поведение шихт в ходе отдельных стадий прессования и будет полезна при разработке мероприятий по оптимизации технологий брикетирования мелкофракционных материалов ГМК.

Процесс прессования мелкофракционного материала может быть представлен в виде последовательности из трех взаимно пересекающихся стадий, ассоциирующихся с определенным диапазоном давлений и доминирующими деформационными механизмами: 1) стадия структурной деформации сыпучего тела; 2) стадия упругопластических деформаций частиц; 3) стадия упругой деформации компактного тела. Необходимость описания процесса прессования шихты в качестве совокупности последовательных этапов требует применения соответствующего показателя степени уплотнения. Показатель относительного удлинения по Генке, записанный в терминах

плотности имеет вид: $\int_{\rho_0}^{\rho} \frac{d\rho}{\rho}$. Известно, что профиль кривой прессования,

построенной по Р.В. Хеккелю в координатах $P - \ln\left(\frac{1}{1-D}\right)$, позволяет выделить три участка, имеющих форму, близкую к линейной, и отождествляемых с тремя стадиями процесса прессования. С учетом предполагаемого линейного характера связи между давлением и уплотнением в пределах отдельных стадий, зависимость между относительным приращением давления и степенью уплотнения записывается в виде:

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = k \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{d\rho}{\rho}, \quad (1)$$

где P_0, ρ_0 – начальные значения давления и плотности, соответственно, для данной стадии прессования.

Решив дифференциальное уравнение (1) и выполнив необходимые преобразования, получаем стадийное уравнение прессования:

$$P = P_{bc} \left(\frac{\rho}{\rho_{bc}} \right)^a, \quad (2)$$

где P_{bc} , ρ_{bc} – давление и плотность, значения которых соответствуют граничному условию (bc – boundary condition) для данной стадии прессования. Постоянный безразмерный коэффициент a является показателем прессования, который отражает интенсивность прироста давления по мере уплотнения шихты.

На рис. 1 представлен пример идентификации трех стадий уплотнения на кривой прессования концентрата марганцевой руды Темиртауского ЭМК (Казахстан) при помощи разработанной модели.

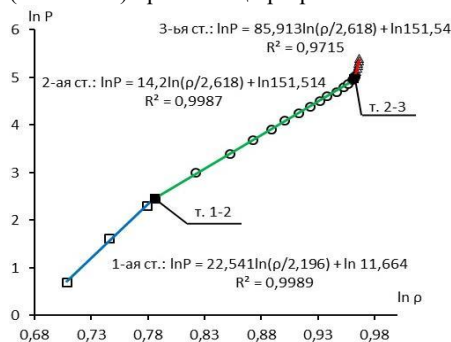


Рисунок 1 – Идентификация стадий процесса прессования концентрата марганцевого ЭМК Темиртауского

Оценка точности описания стадий процесса прессования, выполненная для более чем 60 шихт из мелкофракционных материалов ГМК, показала, что среднее арифметическое значения коэффициента детерминации находится в пределах 98-99%, а диапазон вариации к-та R^2 составляет 1,8-6,1%.

Высокая достоверность аппроксимации экспериментальных данных и соответствие интерпретации обнаруженных при анализе характерных точек кривой прессования имеющимся в настоящее время

представлениям об особенностях механизмов уплотнения порошковых систем, позволяют считать стадийное уравнение (2) пригодным для моделирования и изучения отдельных стадий прессования мелкофракционных материалов ГМК.

Список литературных источников

1. Khudyakov A. Yu. Analysis of known dependencies and construction of new compaction equations for fine materials of the mining and metallurgical complex / A.Yu. Khudyakov, S.V. Vashchenko // Refractories and Industrial Ceramics. – 2020- Vol. 60 (6) – p.618-626.
2. Ващенко С. В. Исследование условий и механизмов формирования прочностных связей в прессовках при брикетировании мелкофракционных шихтовых материалов / С. В. Ващенко, Б. Н. Маймур, В. И. Петренко и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. — Днепропетровск.: ИЧМ НАНУ, 2015. – Вып.30. – С. 343 – 357.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ БАЛАНСУЮЧОЇ ПЛАТФОРМИ В СЕРЕДОВИЩІ ВІЗУАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Шульгін О.Л., Ляшенко О.А.

ДВНЗ «Український держаний хіміко-технологічний університет», Дніпро,
Україна

Ефективність застосування засобів і методів автоматизованого проєктування при виконанні інженерно-технічних і конструкторських розробок багато в чому визначається якістю попереднього опрацювання майбутнього виробу. Основні інструментарії математичного моделювання – системи комп'ютерної математики – надають інженеру достатньо можливостей для реалізації моделей, але, в той же час, не завжди задовольняють інтерес дослідника в отриманні даних моделювання в реальному часі з використанням тривимірної візуальної динамічної компоненти моделі [1].

Колісні платформи знаходять широке застосування в багатьох областях діяльності людини, розробка систем управління такими об'єктами є затребуваною задачею [2]. Серед існуючих колісних платформ можна виділити двоколісні балансуючі платформи. На відміну від чотириколісних, вони можуть мати більшу висоту, зберігаючи при цьому більшу маневреність та стійкість. Основний інтерес вони представляють для розробників систем автоматичного управління, оскільки це відмінний приклад нестійких систем, і їх дослідження дозволяє відпрацювати різні регулятори і методи управління, які потім можуть бути застосовані до інших об'єктів.

Для підвищення якості автоматичного управління двоколісними балансуючими платформами, можливості більш детального дослідження їх роботи та побудови графіків перехідних процесів в певних умовах, які складно створити в реальності, пропонується розробити модель балансуючої платформи в середовищі візуального моделювання. Для цього необхідно отримати математичну та тривимірну моделі балансуючої платформи, а також розробити відповідне програмне забезпечення в середовищі візуального моделювання.

В якості середовища візуального моделювання для розробки 3D-моделі та програмного забезпечення балансуючої платформи запропоновано скористатися середовищем розробки комп'ютерних ігор Unity, основними перевагами якого є наявність візуального середовища розробки, кросплатформеність та модульна система компонентів, за допомогою якої конструюються ігрові об'єкти. Для розробки скриптів в Unity використовується мова програмування C#.

Для отримання математичної моделі розглянемо балансуючу платформу як зворотний маятник з точкою підвісу на колесі (рисунок 1). Задача управління – стабілізація маятника у вертикальному положенні та повернення коліс до початкового положення. Для спрощення розрахунків знехтуємо тертям, пружністю всіх елементів, а також вважатимемо, що колеса знаходяться в точковому контакті з поверхнею і рухаються по цій поверхні без ковзання і поперечного зсуву.

На рисунку 1: m_p – маса маятника, m_w – маса колеса, L – довжина маятника, r – радіус колеса, θ – кут між маятником та вертикальною прямою, φ – кут повороту колеса відносно його початкового положення, M_k – момент двигуна.

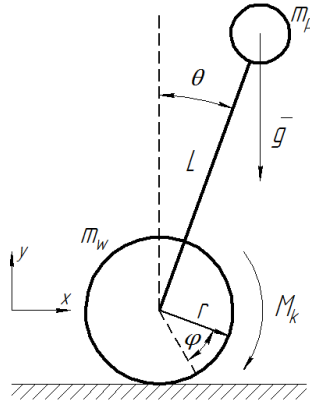


Рисунок 1 – Зворотний маятник з точкою підвісу на колесах

Рівняння руху зворотного маятника, зображеного на рисунку 1, можна представити у наступному вигляді:

$$r \cos(\theta) L m_p \ddot{\theta} + r^2 (m_p + 2m_w) \dot{\phi} - r \sin(\theta) \theta^2 L m_p = M_k \quad (1)$$

$$\ddot{\phi} \cos(\theta) L m_p r - m_p g L \sin(\theta) + 2m_p L^2 \ddot{\theta} = 0 \quad (2)$$

Автоматичне управління моделлю балансуєчої платформи може бути реалізовано з використанням різних регуляторів, серед яких найбільш поширеними і придатними для керування такими об'єктами є ПД, лінійно-квадратичний та нечіткий регулятор. Алгоритми, що описують рух балансуєчої платформи та алгоритми автоматичного керування реалізуються у вигляді скриптів, з використанням мови програмування C# в середовищі Unity.

Створена таким чином модель балансуєчої платформи дозволить більш детально дослідити її роботу на поверхнях з різним рельєфом та реакцію на зовнішні впливи з використанням різних алгоритмів автоматичного керування. Отримана математична модель може бути застосована під час вибору оптимального алгоритму автоматичного управління балансуєчою платформою для отримання і оцінки графіків перехідних процесів та більш точного розрахунку параметрів налаштувань регуляторів.

Список літературних джерел

1. Трохова Т.А. Компьютерное моделирование динамических объектов с использованием среды разработки компьютерных игр Unity // Агротехника и энергообеспечение. – 2018. – №1(18). – С. 100–107.
2. Шадрин Г.К., Порубов Д.А., Шадрин М.Г. Синтез алгоритма управления движением двухколесного робота методом компенсации динамики объекта и возмущений // Автоматика и программная инженерия. – 2017. – №4(22). – С. 10–17.

**СЕКЦІЯ 2.
МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ
ОПТИМІЗАЦІЇ**

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБАЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕДУРИ СПРОЩЕННЯ СТРУКТУРИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Бойко С.А., Зеленцов Д.Г.

Український державний хіміко-технологічний університет

В сучасному світі технології та програмне забезпечення розвиваються з великою швидкістю. Для вирішення задач із самих різноманітних сфер: від логістичних до медичних – використовують штучні нейронні мережі, які базуються на математичній моделі та на програмному та апаратному втіленні в конкретній задачі. Організація та функціонування штучних нейронних мереж за принципом нагадують біологічні нейронні мережі, в які організовуються нервові клітини живого організму. Більшість розробок, які стосуються нейронних мереж, працюють за принципом чорної скриньки. Вони дають можливість задати вхідні та вихідні параметри, але розглянути приховані шари нейронної мережі та подробиці її функціонування неможливо. Ця проблема є особливо актуальною для задачі зі зменшення розмірності нейронної мережі за допомогою оберненої матриці Гессе. Неможливість побачити на практиці деталі роботи даного алгоритму є значною проблемою при вивченні студентами нейронних мереж.

В якості демонстраційного прикладу роботи алгоритму розглядалася нейронна мережа, що апроксимує функцію двох змінних:

$$f(x, y) = (y - x^2)^2 + (1 - x)^2, \quad (1)$$

на множині $D: x \in [0;2]; y \in [0;3]; f(x, y) \in [0;17]$.

Для ілюстрації роботи алгоритму зменшення розмірності нейронної мережі на основі зворотної матриці Гессе, змінимо початкові умови. Додамо до задачі третю змінну $z \in [0;3]$. Таким чином будемо вважати, що шукана функція залежить від трьох змінних: $f(x, y, z)$.

Для навчання нейронної мережі було використано метод Флетчера-Рівса.

Для побудови оберненої матриці H^{-1} використовується алгоритм, що базується на застосуванні рекурентної формули для обчислення матриці Гессе.

$$H(n) = \sum_{k=1}^n \xi(k)\xi^T(k) = H(n-1) + \xi(n)\xi^T(n), \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

де $\xi(n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \frac{\partial F(w, x(n))}{\partial w}$ – вектор розмірності $W \times 1$, який був введений для спрощення запису.

Для обчислення часткової похідної $\frac{\partial F}{\partial w}$ використовуються скінченно-різницеві формули.

Застосувавши до (2) лему про інвертування матриць (рівність Вудбуррі) можна отримати формулу вигляду:

$$H^{-1}(n) = H^{-1}(n-1) - \frac{H^{-1}(n-1)\xi(n)\xi^T(n)H^{-1}(n-1)}{1 + \xi^T(n)H^{-1}(n-1)\xi(n)} \quad (3)$$

Початкове наближення матриці $H^{-1}(0)$ можна знайти у вигляді:

$$H^{-1}(0) = \delta \cdot E, \quad (4)$$

де E – одинична матриця, δ – додатне число.

При такому початковому наближенні $\det\{H^{-1}(0)\} > 0$.

Згідно з методом зменшення розмірності нейронної мережі з використанням оберненої матриці Гессе, з ШНМ вилучаються ваги, що відповідають найменшому ступеню опуклості. Значення ступеня опуклості (елементи Лагранжіана) для кожної із синаптичних ваг розраховуються за формулою (5):

$$S_i = -\frac{w_i^2}{2[H^{-1}]_{i,i}}. \quad (5)$$

Значення ступеня опуклості вважаються достатньо малими для видалення відповідного елемента, якщо вони менше ніж похибка, що була отримана при навчанні мережі на попередньому кроці. Після вилучення частини зв'язків відбувається донавчання мережі, при цьому кількість варійованих параметрів зменшується з 26-ти до 24-х. Після донавчання оновленої мережі, процес спрощення її структури за методом на основі оберненої матриці Гессе повторюється.

В результаті спрощення структури мережі ваги всіх зв'язків, які поєднують нейрон вхідного шару, який відповідав змінній z , з наступним шаром, прийняли нульові значення. Таким чином, даний елемент може бути вилучено із мережі. Як було показано раніше, змінна z була додана до функції (1) штучно, вона дійсно не впливає на значення функції, і результати роботи методу відповідають очікуванням.

Результати наведеного чисельного експерименту доводять можливість застосування розглянутого методу в модельній задачі, проте метод спрощення структури ШНМ і розроблене на його основі програмне забезпечення можуть бути застосовані для визначення оптимальної структури нейронної мережі в широкому класі задач, зокрема, апроксимації функцій багатьох змінних.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ КОНТРОЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Бруяко О.С., Дерев'янюк О.І., Фененко Т.М.

Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Існує два основних види випробувань на надійність. Один з них — визначальні випробування, мета яких є оцінка показників надійності, яка використовується в подальшому в при апостеріорному аналізі надійності. Завдання такого виду найчастіше використовують для компонентів радіоелектронної апаратури або для великосерійних виробів.

На випробування встановлюється N ідентичних виробів. Вироби, що відмовили не замінюються. Закінчується випробування з появою r -го відмовлення ($r \leq N$). В результаті випробувань отримуємо вибірку розміру r моментів відмов t_1, \dots, t_r . З цієї вибірки обчислюємо оцінку максимальної правдоподібності невідомого показника надійності — середнього часу безвідмовної роботи.

При випробуванні без заміни виробів, що відмовили, інтенсивність потоку відмов буде зменшуватися в процесі випробувань в міру зменшення числа виробів, що не відмовили. Якщо на початку випробувань інтенсивність сумарного потоку відмов дорівнює $N\lambda$, то після $(i - 1)$ -го відмовлення ця інтенсивність буде дорівнювати $\lambda_i = (n - i + 1)\lambda$. Введемо замість моментів

відмов інтервали часу між відмовами $t_i > t_{i-1}$
 $y_i = t_i - t_{i-1}, \quad i = 1, \dots, r, \quad t_0 = 0.$

Тоді замість вихідної вибірки t_1, \dots, t_r отримуємо вибірку y_1, \dots, y_r , елементи якої представляють незалежні випадкові величини з експоненціальними розподілами, така вибірка неоднорідна. Вибірковому значенню y_i , яке представляє випадкову тривалість між $(i - 1)$ -м и i -м відмовленнями, відповідає інтенсивність відмовлень λ_i , отже,

$$\lambda_i = (N - i + 1)/T_{cp}. \quad (1)$$

Запишемо функцію правдоподібності вибірки y_1, \dots, y_r

$$W_r = (y_1, \dots, y_r \mid T_{cp}) = \prod_{i=1}^r \frac{N - i + 1}{T_{cp}} \exp\left(-\frac{N - i + 1}{T_{cp}} y_i\right) \quad (2)$$

і логарифм функції правдоподібності

$$\ln W_r = (y_1, \dots, y_r \mid T_{cp}) = \sum_{i=1}^r \left[\ln \frac{N - i + 1}{T_{cp}} - \frac{N - i + 1}{T_{cp}} y_i \right] \quad (3)$$

Обчислюючи похідну по T_{cp} від функції і прирівнюючи її до нуля, отримуємо рівняння максимальної правдоподібності

$$\frac{d \ln W_r}{dT_{cp}} = -\frac{r}{T_{cp}} + \frac{1}{T_{cp}^2} \sum_{i=1}^r (N-i+1) y_i = 0 \quad (4)$$

Рівняння має єдине рішення - оцінку максимальної правдоподібності середнього часу безвідмовної роботи

$$T_{cp} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r (N-i+1) y_i. \quad (5)$$

Тепер можна від величин y_i перейти до початкових величин t_i . Отримуємо наступне

$$\begin{aligned} T_{cp} &= \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r (N-i+1)(t_i - t_{i-1}) = \frac{1}{r} \left[\sum_{i=1}^r (N-i+1)t_i - \sum_{i=0}^{r-1} (N-i)t_i \right] = \\ &= \frac{1}{r} \left[\sum_{i=1}^{r-1} t_i + (N-r+1)t_r \right] \end{aligned} \quad (6)$$

Розглянемо контрольні випробування на надійність, метою яких є перевірка відповідності середнього часу безвідмовної роботи пристрою для певних технічних умов. Технічними умовами задається величина T_0 середнього часу безвідмовної роботи. Висуваються дві гіпотези: $H_0 : T_{cp} = T_0$ та $H_1 : T_{cp} < T_0$. Якщо вірна гіпотеза H_0 , то пристрій приймається, а якщо вірна гіпотеза H_1 , то він бракується. За результатами випробувань необхідно прийняти або спростувати гіпотезу H_0 (рішення γ_0 або γ_1).

Імовірність помилки першого роду (ризик постачальника або ризик виробника) дорівнює $\alpha = P\{\gamma_1 | H_0\}$. Імовірність помилки другого роду (ризик споживача або ризик замовника) $\beta = P\{\gamma_0 | H_1\}$.

Аналіз формул для перевірки відповідності показників надійності заданим технічним умовам показав можливість створення алгоритму, який дає можливість перевірки відповідності показників надійності технічним умовам за результатами контрольних випробувань.

Список літературних джерел

1. Левин Б.Р., Теория надежности радиотехнических систем: Математические основы Учеб. пособие для вузов — М.: Советское радио, 1978г. — 264 с.
2. Быков М.Ф., Воронцов В.Н., Задорин Ю.Ф., Контроль качества и испытания РЭА на надежность — Ленинград, 1988г. — 79 с.

МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФОСФОРИЛЮВАННЯ ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНИХ СОРБЕНТІВ

Гасин Б.С.¹, Галиш В.В.^{1,2}, Трус І.М.¹, Гомеля М.Д.¹

¹ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна

² Інститут хімії поверхні О.О. Чуйка
Національної академії наук України, Київ, Україна

На сьогоднішній день високий рівень забруднення природних водойм промисловими стічними водами призвів до катастрофічної ситуації, за якої вміст йонів важких металів в найбільших водних об'єктах України за останні 10–15 років збільшився в десятки та сотні разів. На сьогодні в країні склалась ситуація, коли велика кількість стічних вод підприємств різних галузей промисловості скидаються практично без очистки [1].

Тому розробка ефективних методів видалення йонів важких металів зі стічних та природних питних вод є вкрай важливою та актуальною задачею.

Очищення стічних вод, що містять сполуки важких і кольорових металів, можна здійснювати різними способами. В даний час для очищення застосовують хімічні, фізико-хімічні, фізичні методи, в тому числі такі, як зворотній осмос, нанофільтрація, електрокоагуляція, сорбція і т.д. [2, 3].

Одним з найбільш ефективних, дешевих та простих в реалізації методів видалення важких металів з вод різного походження є адсорбція. Процес адсорбції найбільше залежить від величини площі контакту адсорбенту з розчином, характеристик адсорбенту, адсорбату та розчину, в якому реалізується процес.

Застосування різноманітних сорбентів забезпечує високу ефективність видалення йонів важких металів в широких діапазонах початкових концентрацій. З іншого боку, сорбція є досить економічним методом, особливо враховуючи можливість використання різноманітних природних матеріалів та відходів в якості сорбентів [4, 5].

В процесі виконання науково-дослідної роботи було проведено модифікування подрібненої шкаралупи волоського горіху різного фракційного складу. В результаті процесу модифікування фракцій вихідного матеріалу з розмірами 0,5–1,0 мм (фракції А), 1,0–0 1,5 мм (фракція Б), а також 1,5–2,0 мм (фракції В) з використанням як модифікатору ортофосфорної кислоти, було одержано порошкоподібні лігноцелюлозні матеріали [6, 7].

В роботі було досліджено вплив концентрації ортофосфорної кислоти на такі показники лігноцелюлозних сорбентів, як вихід, статична обмінна ємність за Na^+ та ефективність поглинання метиленового синього. Хімічне модифікування шкаралуп волоського горіху проводили протягом 60, 120 та 180 хв.

Для визначення оптимальних умов одержання фосфорильованих сорбентів були виконані експериментальні дослідження відповідно до плану повного факторного експерименту (ПФЕ) типу 2².

Ідентифікацію і статистичну перевірку математичних моделей процесу фосфорилування шкаралуп волоського горіху для показників y_i та багатокритеріальну оптимізацію на основі отриманих моделей було виконано з використанням комп'ютерного забезпечення.

Для відтворення експериментальних даних як математичну модель було використано поліном другого порядку, яка для двох незалежних змінних має вигляд:

$$y_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2$$

де y_i – показники лігноцелюлозних біосорбентів; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ – коефіцієнти математичної моделі; x_1 і x_2 – значення факторів.

Оптимізацію технологічних параметрів процесу одержання фосфорилуваних сорбентів виконано методом багатокритеріальної оцінки з використанням узагальненої функції бажаності Харрінгтона. Значення параметрів y_i переводили у відповідні бажаності (d_1, d_2, d_3). Для цього використовували шкали бажаності в інтервалі від 0 до 1, тобто від «дуже погано» ($d = 0,20 - 0,00$) до «дуже добре» ($d = 1,00 - 0,80$). Узагальнену функцію бажаності розраховували як середнє геометричне за формулою:

$$D = \sqrt{d_1 d_2 d_3}$$

Для визначення оптимальних значень параметрів модифікування шкаралуп волоського горіху фосфорною кислотою були обрані однобічні профілі бажаності Харрінгтона. Пошук оптимуму узагальненої функції бажаності було здійснено методом сканування з кроком 0,001.

Як фактори, що впливають на показники сорбентів, були обрані наступні змінні (x_i): x_1 – концентрація кислоти, %; x_2 – тривалість модифікування, хв. Змінними функціями (y_i) були встановлені наступні показники сорбентів: y_1 – вихід сорбенту, %; y_2 – ефективність поглинання метиленового синього, %; y_3 – статична обмінна ємність за натрієм, %.

Початкові дані для складання матриці планування експерименту ПФЕ типу 2^2 наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Рівні та інтервали варіювання факторів x_i

Фактор	Нижній рівень	Верхній рівень
Концентрація кислоти x_1 (%)	5	75
Тривалість модифікування x_2 (хв)	60	180

За результатами експерименту були розраховані математичні моделі процесу фосфорилування шкаралуп волоського горіху за різних значень концентрації ортофосфорної кислоти та тривалості модифікування.

Обробку експериментальних даних та параметричну ідентифікацію одержаних математичних моделей проводили за методом найменших квадратів. Рівняння регресії, що адекватно описують процес модифікування

шкаралупи волоського горіху фосфорною кислотою, одержано з урахуванням критеріїв Кохрена і Фішера.

Одержані рівняння регресії мають наступний вигляд.

Вихід сорбенту, %:

$$y_1 = 98,084 - 0,0377x_1 - 0,101x_2 - 0,0013 x_1x_2 - 0,0005x_{12} + 0,0003x_{22};$$

Ефективність поглинання метиленового синього, %:

$$y_2 = 25,25 - 0,1589x_1 + 0,0128x_2 + 0,0021x_1x_2 + 0,0012x_{12} - 0,00069x_{22};$$

Статична обмінна смність, мг-екв/г:

$$y_3 = 0,937 + 0,0051x_1 + 0,0051x_2 + 0,000077x_1x_2 + 0,00023x_{12} - 0,00014 x_{22}.$$

Оцінку одержаних математичних моделей виконано з урахуванням критеріїв Стюдента (t-критерій). Значення t-критеріїв для кожного коефіцієнта відповідного рівняння регресії та висновок про значимість наведено в табл. 2. Табличне значення t-критерію для рівня значимості $q=0.1$ та числа ступеня вільності $f=9$ складає 1,83.

Задача пошуку оптимальних значень параметрів проведення модифікування шкаралупи волоського горіху фосфорною кислотою є багатокритеріальною. Тому для знаходження компромісного оптимального рішення було вирішено застосувати об'єднання критеріїв (показників якості) з використанням узагальненої функції бажаності. Шкалу бажаності по кожному з показників y_i наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Значення t-критеріїв для коефіцієнтів рівнянь регресії

Коефіцієнти рівняння регресії	Математичні моделі		
	t-критерій (висновок про значимість)		
b_0	728,35 (значимий)	241,29 (значимий)	16162 (значимий)
b_1	113,19 (значимий)	86,956 (значимий)	51,229 (значимий)
b_2	35,381 (значимий)	41,371 (значимий)	17,899 (значимий)
b_3	13,381 (значимий)	32,059 (значимий)	2,456 (значимий)
b_4	14,849 (значимий)	23,664 (значимий)	3,029 (значимий)
b_5	11,382 (значимий)	2,211 (значимий)	5,523 (значимий)
b_6	7,131 (значимий)	0,73 (не значимий)	2,082 (значимий)

Розраховані та експериментальні значення y_i в точці оптимуму також наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Шкала бажаності для показників сорбентів та результати оптимізації

Показник y_i	Шкала бажаності		Значення в точці оптимуму	
	Дуже добре	Дуже погано	Розрахункове	Експериментальне
$Y_1, \%$	92,8	74,4	80,1	80,8
$Y_2, \%$	42,2	24,9	35,2	36,0
$Y_3, \text{мг-екв/л}$	1,93	1,22	1,76	1,74

За результатами розрахунків було встановлено, що оптимальними параметрами процесу є концентрація кислоти 54,8 % та тривалість 120 хв. Саме для цих технологічних параметрів узагальнена функція бажаності Харрінгтона характеризується максимальним значенням, яке становить 0,7612.

Список літературних джерел

1. Trus I., Radovenchuk I., Halysh V., Skiba M., Vasylenko I., Vorobyova V., Hlushko O., Sirenko L. 2019. Innovative Approach in Creation of Integrated Technology of Desalination of Mineralized Water. *Journal of Ecological Engineering*. 20(8), 107–113.
2. Гомеля М. Ефективність вилучення іонів важких металів з розведених розчинів іонообмінним методом / М.Гомеля, В.Іванова, І.Трус // *Технічні науки та технології*. – 2017. – № 4 (10). – С. 154-162.
3. Гомеля М.Д. Застосування баромембранних методів в процесі очищення води від іонів важких металів / М.Д. Гомеля, В.П. Іванова, І.М. Трус, Є.С. Булгаков // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2018. – № 3 С. 23-27.
4. Трус І.М. Використання сорбентів на основі магнетиту для очищення води від іонів важких металів / І.М. Трус, М.Д. Гомеля, Т.В. Крисенко, К.С. Сенькова // *Технічні науки та технології*. – 2019. - № 4(18). – С. 175-182.
5. Ковальчук А. Фосфорилювання шкаралуп волоських горіхів для підвищення ефективності очищення водних розчинів / А. Ковальчук, Т. Почечун, В. Галиш, І. Трус // *Технічні науки та технології*. – 2018. - № 2(12). – С. 236-244.
6. Білявський С.А., Сарахман Р.Б., Галиш В.В., Трус І.М. Оптимізація технології одержання сорбентів з відходів рослинного походження // *Екологічні науки*. – 2018. - № 21. – С. 212-217.
7. V. Halysh, I. Trus, M. Gomelya, I. Trembus, V. Pasalskiy, N.a Chykun, G. Trokhymenko, I. Remeshevsk. Utilization of Modified Biosorbents Based on Walnut Shells in the Processes of Wastewater Treatment from Heavy Metal Ions. *Journal of Ecological Engineering*. – 2020. – № 21(4) . – P.128–133.

ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСТУ БУДИНКІВ ВІД СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО КОЛЕКТИВНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Данішевський В.В., Гайдар А.М.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва
та архітектури», Дніпро, Україна

Вступ. Поширеним засобом захисту будівель і споруд від сейсмічних впливів є встановлення демпферів сухого тертя. Такі пристрої характеризуються простотою конструкції, низькою вартістю, зручністю експлуатації та обслуговування [1]. Важливою задачею є визначення властивостей демпферів та місць їх розташування у будівлі. З математичної точки зору, це задача нелінійної оптимізації, для розв'язання якої можуть використовуватись різні підходи. Останніми роками інтенсивно розвиваються методи штучного колективного інтелекту [2]. Одним із таких методів є метод рою частинок (МРЧ) [3]. Дана робота присвячена розвитку МРЧ для визначення місць оптимального розташування демпферів сухого тертя у каркасних багатоповерхових будинках.

Основний матеріал. Розглянуто 2D модель багатоповерхового будинку, каркас якого складається з вертикальних колон та горизонтальних ригелів. У конструкцію встановлено три демпфера. У випадку горизонтального сейсмічного навантаження переміщення будинку визначаються головним чином згинальними деформаціями колон, тоді як поздовжніми деформаціями елементів каркасу можна знехтувати. Відповідно до цього припущення, розрахункову схему прийнято у вигляді вертикального консольного стрижня із зосередженими масами, які розташовані на рівні перекриттів та можуть переміщуватись у горизонтальному напрямку. Частоти та форми власних коливань запропонованої спрощеної моделі добре узгоджуються із частотами та формами коливань вихідної конструкції, які було визначено у програмному комплексі «ЛІРА-САПР».

Проведено декілька серій динамічних розрахунків. Сейсмічне навантаження модельоване випадковим Гауссівським процесом у вигляді суперпозиції гармонічних хвиль із різними частотами та випадково заданими фазами. Спектральну густину потужності землетрусу визначено за моделлю [4, 5], максимальне пікове прискорення ґрунту прийнято рівним 0.4g. Систему диференціальних рівнянь, що описують рух конструкції, інтегровано чисельно методом Рунге-Кутти. Програмну реалізацію виконано у системі комп'ютерної алгебри з відкритим кодом Mathematica.

Досліджено дві цільові функції: абсолютні переміщення поверхів та відносні перекоси між поверхами. При розв'язанні задач оптимізації за допомогою МРЧ використано популяції із 16 частинок; кількість необхідних ітерацій в усіх випадках не перевищувала 10. Для мінімізації переміщень поверхів знайдено оптимальне розташування демпферів на поверхах 1, 3, 4, а для мінімізації перекосів – на поверхах 1, 2, 3. В останньому випадку також

було досягнуто найменших прискорень поверхів, що робить такий варіант кращим.

Результати розрахунків наведено на рис. 1. Штрихові лінії відповідають конструкції без демпферів, а суцільні – знайденому оптимальному розв'язку.

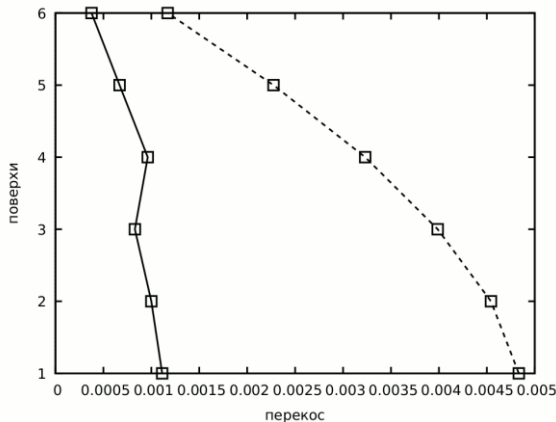


Рисунок 1 – Відносні перекося поверхів під дією сейсмічного навантаження

Висновки. Аналіз одержаних результатів свідчить, що оптимальне розміщення демпферів сухого тертя у багатоповерховому каркасному будинку дозволяє досягти зменшення переміщень поверхів до 45%, перекося до 50% та прискорень до 70%. Розвинутий метод розв'язання задач нелінійної оптимізації за допомогою МРЧ може бути ефективно застосований для розв'язання широкого кола задач оптимального проектування будівель та споруд.

Список літературних джерел

1. Soong T.T., Dargush G.F. Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering. – Chichester, New York: Wiley, 1997. – 368 pp.
2. Simon D. Evolutionary Optimization Algorithms: Biologically-Inspired and Population-Based Approaches to Computer Intelligence. – Hoboken, New Jersey: Wiley, 2013. – 784 pp.
3. Eberhart R., Shi Yu., Kennedy J. Swarm Intelligence. – Morgan Kaufmann, Elsevier, 2001. – 512 pp.
4. Tajimi H. A statistical method of determining the maximum response of a building structure during an earthquake // Proceedings of the 2nd World Conference in Earthquake Engineering, Tokyo, Japan. – 1960. – P.781–797.
5. Kanai K. An empirical formula for the spectrum of strong earthquake motions // Bulletin of the Earthquake Research Institute. – 1961. – V.39. – P.85–95.

ОПТИМІЗАЦІЯ ДВОЕТАПНОГО ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛОПРОКАТУ ШЛЯХОМ ФОРМУВАННЯ ЗЛИВКІВ

Желдак Т.А., Коряшкіна Л.С.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро,
Україна

Вступ. Проблема мінімізації витрат металу в прокатному виробництві традиційно вирішується на етапах розкроювання готової продукції та (частково) розкроювання зливків на заготовки. Актуальною вбачається побудова такого плану формування зливків, який би дозволяв на наступних операціях розкроювати заготовки і готову продукцію з них з мінімумом можливих обрізків, мінімізуючи тим самим витратний коефіцієнт металу.

В попередніх дослідження показано [1], що ключовим фактором, який визначає величину втрат при розкроюванні прокатної продукції, є розмір зливків, які потім розкроюються на передільні заготовки, а також величина угару в розігрівальних печах та наявність додаткового обрізу, пов'язаного з неякісним прокатування зливка.

Основний матеріал. Розмір передільних заготовок для кожного виду готової продукції залежить від мірності штанг, на які буде розкроюватись готова продукція, та печі, в якій заготовки розігрівають перед прокаткою. Наприклад, якщо фасонний прокат або труба відвантажується залізничним транспортом в стандартних вагонах, вона розкроюється на довжину 12 або 11,7 метрів. В разі транспортування автомобільним транспортом може використовуватись розкроювання на 9 або 6 метрів.

Аби виготовити з кожної заготовки цілу кількість мірної готової продукції, заготовки повинні мати певну оптимальну довжину, яка передбачає з урахуванням закону збереження маси металу мінімальну кількість обрізків при розкроюванні. Для передільної заготовки існує верхня і нижня межа довжини, яка визначається конструкцією прокатного стану.

При побудові моделі прийняті наступні припущення:

1) можна заздалегідь оцінити кількість блюмів певного перерізу, яку необхідно використати для виготовлення продукції за планом (за вимогами);

2) між виливницями і блюмами встановлена однозначна відповідність, тобто відомо, з якої виливниці метал розкатується у блюм заданого перерізу;

3) кожна передільна заготовка розкроюється на штанги тільки одного розміру, при цьому поділ здійснюється з урахуванням наперед розрахованої оптимальної довжини передільної заготовки для кожного виду продукції, тобто для кожної довжини передільної штанги. Як правило, така довжина одна, але для деяких видів готової продукції може бути й декілька.

Деякі перетини блюмів передбачають виготовлення не одного виду готового виробу, а кількох. Це дозволяє, комбінуючи довжини передільних заготовок в різній кількості, максимально використовувати всю довжину отриманого блюма. Задача полягає в розподілі наявного металу між зливками так, щоб розкрій отриманих з них слябів на передільні заготовки забезпечував

мінімальну кількість обрізків на цьому етапі. Іншими словами, потрібно мінімізувати кількість металу, з якого виробляється продукція за замовленням.

Довжина n – того блюму після прокатки обчислюється за формулою:

$$l_n = \frac{q_n}{a_n c_n \rho}, \quad n = \overline{1, N} \quad (1)$$

де ρ – густина металу, a_n, c_n – розміри перерізу блюму, мм.

Позначимо через $x_m^{p,n}$ кількість заготовок довжини $length_m^p$, яку отримаємо після розкрою n – того блюму. Кількість цих змінних визначається так: якщо величина $\sigma_{nm} = \sum_i h_{im} d_{in}$ (можливість виготовити з блюму n готовий виріб m) дорівнює 1, то їй відповідають чотири змінні, що можуть мати лише цілі невід'ємні значення. Коли $\sigma_{nm} = 0$, змінної $x_m^{p,n}$ не існує.

Тоді математична модель задачі мінімізації кількості металу для виготовлення замовлення може бути записана так: потрібно знайти такі значення величин q_n і $x_m^{p,n}$ для $m = \overline{1, M}$, $p = \overline{1, 4}$ і $n = \overline{1, N}$, за яких функція

$$Z(q, x) = \sum_{n=1}^N \left(l_n - \sum_{m=1, M: \sigma_{nm}=1} \left(\sum_{p=1}^4 length_m^p \cdot x_m^{p,n} \right) \right) \quad (2)$$

приймала б мінімальне значення і виконувались би наступні умови:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_m \leq Q; \quad (3)$$

$$\sum_{n=1}^N x_m^{p,n} \geq N - zag_m^p \text{ для } m = \overline{1, M}, \quad p = \overline{1, 4}; \quad (4)$$

$$\sum_{m=1, M: \sigma_{nm}=1} \left(\sum_{p=1}^4 length_m^p \cdot x_m^{p,n} \right) - \frac{q_n}{a_n c_n \rho} \leq 0 \text{ для } n = \overline{1, N}; \quad (5)$$

$$q_{\min} \leq q_n \leq q_{\max} \text{ для } n = \overline{1, N}; \quad (6)$$

$$x_m^{p,n} \geq 0 \text{ та } x_m^{p,n} - \text{цілі для } p = \overline{1, 4}, \quad m = \overline{1, M} \text{ та } n = \overline{1, N}: \sigma_{nm} = 1 \quad (7)$$

Висновки. Аналогічна модель з урахуванням певних технологічних припущень може бути побудована для будь-якого прокатного виробництва, що передбачає два переділи початкових зливків. Викладений підхід може бути застосований для оптимізації виробництва труб, коліс, фасонного прокату та іншої прокатної продукції. Побудована модель є задачею частково цілочисельного лінійного програмування. Для її розв'язування можна застосувати або методи відсікань Гоморі, або комбінаторні методи, або ж евристичні алгоритми.

Список літературних джерел

Желдак, Т.А. Оптимальне одновимірне розкоровання матеріалу у прокатному виробництві / Т.А. Желдак, Д.М. Гаранжа // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. – № 4. – с. 43-46.

ВНУТРЕННИЕ МИНИМУМЫ В МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ

Косолап А.И.

ГВУЗ Украинский государственный химико-технологический университет, г.
Днепр, Украина

Оптимизация – это выбор наилучших решений, поэтому она практически используется во всех областях знаний и их приложениях. Это экономика и финансы, управление, технологические процессы, проектирование, информатика, искусственный интеллект и многое другое. В настоящее время оптимизация является достаточно обширной областью исследований. Опубликована энциклопедия оптимизации на 4646 страницах [1]. Последние достижения в области локальной оптимизации приведены в книгах [2, 3], а в области глобальной детерминированной оптимизации в книге [4]. В области глобальной оптимизации получило развитие стохастическое направление [5]. Однако это направление почти исчерпало себя. Поэтому поиск эффективных методов оптимизации для сложных систем остается актуальной и в настоящее время.

Существует два подхода к решению оптимизационных задач. Это построение оптимизационных моделей и разработка алгоритмов оптимизации. При первом подходе мы можем использовать для решения задач оптимизации весь арсенал методов, многие из которых реализованы в компьютерные программы. Число разработанных методов достаточно большое и поиск новых эффективных методов продолжается. При втором подходе нам необходимы алгоритмы оптимизации, которые разрабатываются без построения оптимизационной модели. Такие алгоритмы разработаны для очень узкого класса задач. Причем очень часто эти алгоритмы не дают наилучших решений. Для многих задач таких алгоритмов попросту нет. Однако алгоритмы часто быстрее решают задачу оптимизации, что очень важно в системах реального времени, и они используются при решении оптимизационных задач, даже если не дают наилучших решений. Во многих других случаях предпочтительнее построение оптимизационной модели и использование готовых компьютерных программ для их решения.

Задачи оптимизации можно разделить на четыре класса по их сложности. Самым простым есть класс линейных моделей. Такие задачи сегодня могут решаться с миллионами неизвестных. Также простыми являются задачи выпуклой оптимизации. Качественно более сложными являются дискретные и мультимодальные задачи. Дискретные модели не сложно преобразовать к мультимодальным. Большинство прикладных задач в различных областях знаний являются дискретными либо мультимодальными. Однако не смотря на все усилия исследователей для решения этих классов задач не разработаны эффективные методы. И сегодня поиск таких методов продолжается. Эффективным средством оказалась квадратичная регуляризация, которая позволяет преобразовать общую задачу оптимизации

$$\min\{f_0(x) \mid f_i(x) \leq 0, i = 1, \dots, m, x \in E^n\}, \quad (1)$$

где x - искомый n -мерный вектор (точка) евклидова пространства E^n , к следующей задаче

$$\max\{\|x\|^2 \mid x \in S\}, \quad (2)$$

где $\|x\|^2$ – квадрат евклидовой нормы вектора, а S – выпуклое множество, которое определяется следующим образом

$$S = \{x \mid g_i(x) \leq 0, i = 0, 1, \dots, m\} = \{f_0(x) + s + (r-1)\|x\|^2 \leq d, f_i(x) + r\|x\|^2 \leq d, i = 1, \dots, m\}.$$

Показано, что решение задачи (2) лежит на границе выпуклого множества S . Задача (2) содержит переменную d , которую необходимо определить. Она определяется методом дихотомии до достижения равенства $r\|x\|^2 = d$.

Если задача (1) мультимодальная, то преобразованная задача (2) может быть унимодальной. В таком случае, для ее решения можно использовать эффективные методы локальной оптимизации и полученное решение будет совпадать с решением задачи (1). В некоторых случаях, если задача (2) мультимодальная, ее также легко преобразовать к унимодальной задаче. Это будет в случаях, когда выпуклое множество S является прямоугольным параллелепипедом, правильным многогранником, вписанным в шар многогранником и в других случаях.

Проверка унимодальности задачи (1) является сложной задачей, за исключением случаев, когда все функции $f_i(x)$ являются выпуклыми или квазивыпуклыми. Но задача (1) может быть унимодальной и для невыпуклых функций, но проверка этого условия является сложной задачей. Рассмотрим при каких условиях задача (2) будет унимодальной. Если задача (2) мультимодальная, то соединим два ее локальных максимума кратчайшей дугой, принадлежащей границе выпуклого множества. Тогда на этой дуге существует точка минимума функции $\|x\|^2$. Это следует из непрерывности функций задачи, между двумя максимумами будет лежать, по крайней мере, один минимум. Минимум на дуге мы будем называть *внутренним минимумом* задачи (2). Таким образом, задача (2) мультимодальна тогда и только тогда, когда она не содержит внутренних минимумов. Если задача (2) мультимодальная, то она может содержать множество внутренних минимумов. Тогда достаточно найти один внутренний минимум, который будет означать, что задача мультимодальная. Если же задача поиска внутреннего минимума не имеет решения, то задача (2) унимодальна. Так как понятие внутреннего минимума новое, то существующие методы не находят эти методы и требуют соответствующей модификации.

Рассмотрим функции Лагранжа задачи (2)

$$\|x\|^2 + \sum_{i=0}^m y_i g_i(x),$$

где y_i – множители Лагранжа. В точке минимума градиент функции Лагранжа равен нулю, а множители Лагранжа неотрицательные. Для точек внутренних минимумов множители Лагранжа будут отрицательные. Используем это свойство для модификации прямо-двойственного метода внутренней точки для поиска точки внутреннего минимума. Для этого преобразуем функцию Лагранжа к виду

$$L(x,y,z,v) = f(x) - \mu \sum \ln(x_i) - \mu \sum \ln(z_i) + \mu \sum \ln(v_i) + \sum y_i (g_i(x) + z_i) + \nu y.$$

Для поиска внутреннего минимума необходимо решить нелинейную систему уравнений

$$\nabla L(x,y,z,v) = 0.$$

Эта система уравнений решается методом Ньютона. Метод Ньютона строит последовательность итераций, на каждой из которых решается следующая система линейных уравнений

$$\begin{bmatrix} G(x,y) & A^T(x) & 0 & -I \\ A(x) & 0 & I & 0 \\ 0 & Z & Y & 0 \\ -V & 0 & 0 & -Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ \Delta v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\nabla f(x) - A^T(x)y + \mu X^{-1}e - Ve \\ -g(x) - z \\ \mu e - YZ \\ -XV - \sigma \mu e \end{bmatrix},$$

где $G(x,y) = 2 + \nabla^2 g(x)^T y + \mu X^{-2} e$, а $A(x) = \nabla g(x)$, $X = \text{diag}(x_1, \dots, x_{n+1})$, $Y = \text{diag}(y_0, \dots, y_m)$, $Z = \text{diag}(z_0, \dots, z_m)$, $V = \text{diag}(v_0, \dots, v_m)$.

Решение линейной системы используем для перехода в следующую точку

$$\begin{aligned} x^{k+1} &= x^k + \alpha_k \Delta x^k, \\ y^{k+1} &= y^k + \alpha_k \Delta y^k, \\ z^{k+1} &= z^k + \alpha_k \Delta z^k, \\ v^{k+1} &= v^k + \alpha_k \Delta v^k. \end{aligned}$$

Параметр α выбирается так, чтобы $z^{k+1} \geq 0$.

Используя рассмотренный метод для решения задачи

$$\min\{\|x\|^2 \mid g_i(x) \leq 0, i = 0, 1, \dots, m\}, \quad (3)$$

мы либо найдем точку внутреннего локального минимума, либо такой точки не существует, а это означает, что преобразованная задача (2) будет унимодальной. Если задача (2) мульдимодальная и найдена точка локального максимума задачи (2), то точка внутреннего минимума задачи (3) может указывать направление возрастания целевой функции $\|x\|^2$ и переходу к лучшему локальному максимуму задачи (2).

Часто простое смещение допустимой области задачи (1) позволяет получить унимодальную задачу (2). В этом случае, задача (2) будет иметь вид

$$\max\{\|x\|^2 \mid f_0(x-h) + s + (r-1)\|x\|^2 \leq d, f_i(x-h) + r\|x\|^2 \leq d, i = 1, \dots, m\}, \quad (4)$$

где параметр $h > 0$ означает величину смещения допустимой области. Это связано с тем, что при смещении выпуклой допустимой области кривизна ее поверхности не меняется, а кривизна сферы $\|x\|^2 = R$ убывает. Учитывая то, что в точках внутреннего минимума кривизна данной сферы больше кривизны поверхности допустимой области, то при ее смещении точек внутреннего минимума будет меньше или их не будет совсем. Это будет означать, что задача (4) унимодальна.

Выводы. В настоящее время разработаны эффективные методы для решения унимодальных задач, т.е. задач в которых точка локального минимума является единственной. Сведение сложных мультимодальных задач к унимодальным существенно упрощает решение задачи. Проверка унимодальности задачи в общем случае является достаточно сложной задачей. В работе эта проблема решается с использованием квадратичной регуляризации и поиска внутреннего минимума в преобразованной задаче. Для этого модифицируется эффективной прямо-двойственный метод внутренней точки.

Список литературных источников

1. Encyclopedia of Optimization / editors C.A. Floudas, P.M. Pardalos. Springer, 2009. 4646 p.
2. Luenberger D.G., Ye Y. Linear and nonlinear programming. Springer, 2008. 546 p.
3. Nocedal J., Wright S.J. Numerical optimization. Springer, 2006. 685 p.
4. Tuy H. Convex Analysis and Global Optimization. 2nd ed., Springer-Verlag, 2016. 511 p.
5. Kenneth V.P., Storn R.M., Lampinen J.A. Differential Evolution. A Practical Approach to Global Optimization. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. 542 p.

ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ

Косолап А. И., Пискун Р. О.

ГВУЗ Украинский государственный химико-технологический университет, г.
Днепр, Украина

В последние годы увеличение быстродействия вычислительной техники обеспечивается созданием параллельных вычислительных систем. Эти системы состоят из множества процессоров, каждый из которых работает на обычной частоте, но вычислительная мощность такой системы на много выше отдельно взятого процессора. Уже сегодня продаются вычислительные системы, состоящие из десятков тысяч процессоров [1]. Задачи прогнозирования погоды, моделирования воздушных потоков, обтекающих крыло самолета, моделирования процессов мировой экономики или раскрытия механизмов взаимодействия лекарственных средств с рецепторами мозга, задачи искусственного интеллекта и много других требуют больших вычислительных мощностей. Для решения этих задач требуется одновременная и эффективная работа множества процессоров. Такая работа будет эффективной только при условии равномерной загрузки всех процессоров вычислительной системы. Модель мультикомпьютеров может быть реализована с использованием физически отдельных процессоров, нескольких ядер на одном процессоре или комбинации этих технологий. Мультипроцессор – это компьютерная система, в которой два и более процессора имеют полный доступ к общей оперативной памяти. При создании мультипроцессорных систем возникают две проблемы, техническая и программная. Программная реализация возложена на операционную систему.

Мультипроцессорные операционные системы в основном выполняют функции обычных операционных систем. Они обрабатывают системные вызовы, осуществляют управление памятью, предоставляют файловую систему и управляют устройствами ввода-вывода. Тем не менее есть ряд областей, где они выполняют уникальные функции. Эти области включают синхронизацию процессов, управление ресурсами и планирование. Будем исходить из того, что многопроцессорная система состоит из m процессоров и n заданий, известно также время выполнения t_i i -го задания. Будем предполагать, что все процессоры имеют одно и тоже быстродействие. Рассмотренный ниже алгоритм можно обобщить и на многопроцессорные системы с разными по быстродействию процессоры. Далее известный объем оперативной памяти v_i i -го задания, который требуется для его выполнения. Необходимо распределить все задания по процессорам, чтобы они были выполнены за минимальное время, и при этом не была превышена область оперативной памяти размера V . Для рассмотренной задачи можно построить оптимизационную модель с булевыми переменными. Однако решение такой задачи потребует значительного машинного времени, от десятков минут до

нескольких часов в зависимости от размерности задачи. Обычно в операционных системах реализуются быстрые алгоритмы.

Будем решать рассмотренную задачу в два этапа. На первом этапе равномерно распределим задания по процессорам, а на втором этапе произведем сортировку заданий для каждого процессора таким образом, чтобы минимизировать объем оперативной памяти данными заданиями в каждый момент времени их выполнения. Для распределения заданий по процессорам упорядочим их в порядке убывания их времен выполнения. Разобьем полученную последовательность времен последовательно на группы по m заданий. Получим матрицу времен выполнения, последняя строка которой может содержать нули. Далее нечетные строки матрицы запишем в обратном порядке. Тогда полученная матрица определит разбиение заданий по процессорам (каждый столбик задания соответствует процессору). Следующий шаг определение процессора с минимальной и максимальной загрузкой. Путем перестановки элементов соответствующих столбцов матрицы минимизируем разность времен их работы по модулю. Этот процесс продолжаем до тех пор, пока минимизация станет невозможной. Многочисленные эксперименты показали, что такое распределение заданий по процессорам лучше, чем полученное по математической модели. Очевидно, что элементы столбцов матрицы можно менять местами и при этом время выполнения всех заданий меняться не будет, но будет меняться загрузка оперативной памяти.

На втором этапе алгоритма рассмотрим соответствующую матрицу объемов оперативной памяти и произведем в ней аналогичное упорядочение заданий, при котором суммы строк этой матрицы будут различаться минимально.

Была разработана программа, реализующая данный алгоритм. Ее работу покажем на небольшом примере

t_i	5	4	8	12	10	16	6	11	9	14	18	20
v_i	11	15	19	8	6	12	18	17	10	7	9	16

Эти задания необходимо выполнить на трехпроцессорной вычислительной системе. В результате работы программы мы получаем две матрицы. Время решения составило доли секунды.

4	12	6	15	8	18
20	18	16	16	9	12
11	5	14	17	11	7
10	9	8	6	10	19

Список литературных источников

1. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. 3-е изд. Питер, 2015. 1120 с.

ОПТИМІЗАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ

Луста Є. О., Клімов Р. О.

Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна

Стиснене повітря знаходить широке використання на підприємствах, а зменшити витрату повітря на пневматичних приладах можна шляхом його підігріву [1]. Найчастіше підігрів проводять в теплообмінниках кожухотрубного типу. Для збільшення площі теплообміну між гріючим середовищем та повітрям використовують оребрені труби, які дозволяють значно зменшити займаний підігрівачем об'єм [1-3]. На конструктивне виконання підігрівача впливають дуже багато факторів, а важливість впливу кожного з них може суттєво відрізнятись. Всі переваги підігрівача можуть бути виражені критерієм оптимальності. Немаловажною характеристикою теплообмінних апаратів є об'єм займаний ними. Найчастіше виникають обмеження по займаному об'єму апарату, або по різним геометричним його розмірам, що викликане компонованням компресорних станцій, або споживчих об'єктів.

Для постановки експерименту з визначення такого конструктивного виконання теплообмінного апарату, яке забезпечує найменше значення займаного ним об'єму, обрано центральний композиційний план другого порядку [1]. Дослідженню підлягають наступні фактори: x_1 – кількість рядів труб поперечно потоку (n); x_2 – довжина однієї трубки (l_1). За функцію відгуку прийнятий загальний об'єм теплообмінника y_2 , м³.

Проводячи дослідження впливу прийнятих параметрів на загальний об'єм апарату для розмірів труб та параметрів потоків у відповідності до рівнянь [1] та з урахуванням значущості коефіцієнтів регресії, була отримана математична модель досліджуваного процесу

$$\hat{y}_2 = (12,973 - 0,528x_1 + 0,738x_2 + 0,427x_1x_2 + 0,805x_1^2) \cdot 10^{-3}. \quad (1)$$

Порівняння розрахункового та табличного значень критерію Фішера $F < F_{cr}$ показує, що рівняння моделі (1) адекватне істинній залежності з довірчою ймовірністю 95 %. Аналізуючи отримане рівняння (1) видно, що найбільший вплив на загальний об'єм теплообмінника має фактор x_1 (кількість їх розташування поперечно потоку теплоносія), особливо значення коефіцієнту при x_1^2 , але є також нівелюючий ефект викликаний від'ємним значенням коефіцієнту при x_1 . Вплив довжини однієї трубки поперек потоку повітря має вторинне значення на об'єм теплообмінника так само як і на загальну довжину його трубок. Досягнути зменшення загального об'єму апарату можна збільшенням їх кількості поперечно потоку та зменшуючи довжину однієї трубки. Тим самим, збільшення кількості труб поперечно потоку призводить до більшого ефекту в зниженні об'єму теплообмінника ніж відповідне зменшення довжини однієї трубки. Сумісний вплив двох факторів лише додає вагомості зміні окремих значень факторів.

Перетворюючи рівняння (1) в розмірний вигляд можна отримати

$$V = (17,423 - 4,389n - 0,58l_1 + 2,135nl_1 + 0,805n^2) \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3. \quad (2)$$

Підставляючи значення кількості трубок та довжини трубки поперечно потоку в рівняння (2) можна визначити загальний об'єм теплообмінника. Дане рівняння в достатньо простому вигляді дозволяє проаналізувати вплив основних параметрів на знаходження мінімальної величини V при задалегідь заданому значенні одного з параметрів.

Загальний вид отриманої моделі приведено на рис. 1. Аналізуючи рис. 1 видно, що мінімального об'єму апарату можна досягнути при збільшенні кількості рядів трубок поперечно потоку та з відповідним зменшенням довжини однієї трубки.

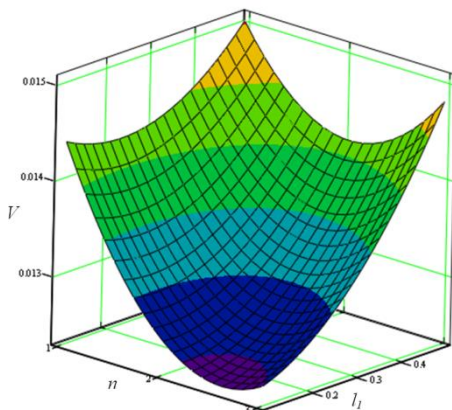


Рисунок 1 – Залежність загального об'єму теплообмінника від кількості трубок та їх довжини поперечно потоку

За допомогою розробленої методики визначення оптимальної конструкції підігрівачів за таким параметром як мінімальний займаний об'єм, можливо в достатньо простій постановці проаналізувати чисельні значення загального об'єму підігрівача при різних поєднаннях приведених факторів та оптимізувати його конструкцію.

Список літературних джерел

1. Клімов Р.О. Оптимізація конструктивного виконання теплообмінних апаратів. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки). Кам'янське: ДДТУ, 2020. Вип. 1(36). С.88-93.
2. Клімов Р.О. Теплоенергетичні системи промислових підприємств: навч. посіб. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. 200с.
3. Кунтыш В.Б. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения. СПб.: Энергоатомиздат, 1992. 280с.

ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ДЕТАЛІ ТИПУ КРОНШТЕЙН В САД-СИСТЕМІ КОМПАС-3D

Міхєєнко Д.Ю.

«Донбаська державна машинобудівна академія», Краматорськ

Зниження маси і збільшення питомої міцності конструкцій - найважливіші завдання, що стоять сьогодні перед конструкторами усього світу. Рішення даних проблем безпосередньо пов'язане з завданням пошуку оптимальних геометричних параметрів проєктованого виробу [1]. В даний час для вирішення цього завдання використовуються методи топологічної оптимізації (ТО).

Топологічна оптимізація - це синтез форми і внутрішньої структури виробу з оптимальним розподілом матеріалу в заданому обмеженому просторі (просторі проєктування) з урахуванням всіх розрахункових випадків, а також конструкційних і технологічних обмежень.

Два основні підходи в проєктуванні при застосуванні топологічної оптимізації:

- синтез силових схем (коли невідомий вигляд майбутнього виробу);
- оптимізація існуючих конструкцій (необхідно «вичавити» з конструкції максимум).

В даний час відомі наступні основні методи ТО: SIMP (твердий ізотропний матеріал з пеналізацією) [3], ESO (еволюційна структурна оптимізація) [4] і Level-Set (метод встановлення рівня) [5] і їх різні комбінації. Дані методи мають особливості, але в той же час тісно пов'язані між собою.

До недавнього часу це були або спеціалізовані програмні засоби (solidThinking Inspire, TOSCA Structure), або потужні САЕ-системи (Abaqus ATOM, ANSYS). Але для конструктора було б більш зручно проводити топологічну оптимізацію за допомогою програмних засобів для автоматизації проєктування (САД-системи). Можливості топологічної оптимізації вже мають наступні САД-системи: NX, Solid Edge, CATIA, Autodesk Inventor, Autodesk Fusion 360. Провідна САД-система КОМПАС-3D [5] та її KE модуль АРМ FEM отримали опцію топологічної оптимізації у версії 2018.

В якості прикладу розглянемо процес топологічної оптимізації деталі типу кронштейн (рисунок 1а). Перед початком топологічної оптимізації бажано провести статичний аналіз міцності кронштейну.

При проведенні топологічної оптимізації треба вказати матеріал деталі, умови закріплення та зовнішні навантаження. Величину навантажень встановлюють орієнтуючись на результати попередніх статичних аналізів міцності – внутрішні напруження від прикладених навантажень не повинні перевищувати безпечних значень.

Крім того для проведення топологічної оптимізації необхідно визначити цільову функцію і критерій (максимізація жорсткості, мінімізація маси), а також вказати необхідні обмеження (за обсягом (масі), по напруженням, по мінімальній / максимальній товщині стінок, симетрія, штампування)

Також треба вказати площини відносно яких кронштейн буде зберігати симетрію. Є можливість вибрати одну, дві, або три площини.

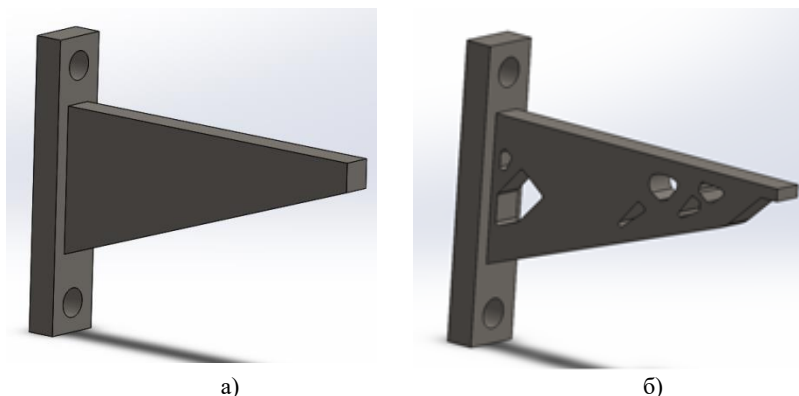


Рисунок 1 – Кронштейн до (а) та після топологічної оптимізації (б)

Результат топологічної оптимізації представлений в вигляді мережі кінцевих елементів. Її можна використовувати для переробки форми деталі. Для цього використовують стандартні засоби КОМПАС-3D для роботи з тривимірною геометрією. Перероблений кронштейн показаний на рисунку 1 б).

В якості перевірки проводять повторний статичний аналіз міцності. Результати епюр напружень та запасу міцності повинні показати, що міцність оптимізованої деталі забезпечена.

Таким чином, САД-система КОМПАС-3D набула можливості проведення топологічної оптимізації як і інші сумчасті САПР. Тому її можна рекомендувати для виконання конструкторських робіт з використанням топологічної оптимізації

Список літературних джерел

1. Гнездилов С.Г., Шубин А.Н. Принципы рационального проектирования элементов машин с использованием методов топологической оптимизации // Строительные и дорожные машины. 2016. № 2. С. 44–49.

2. Bruns T. A reevaluation of the SIMP method with filtering and an alternative formulation for solid–void topology optimization // Structural and Multidisciplinary Optimization. – 2005. – December. – Vol. 30, iss. 6. – P. 428–436.

3. Jikai Liu, Yongsheng Ma. A survey of manufacturing oriented topology optimization methods // Advances in Engineering Softwar. – 2016. – August. – P. 161–175.

4. Liu Z., Korvink J., Huang R. Structure topology optimization: fully coupled level set method via FEMLAB // Structural and Multidisciplinary Optimization. – 2005. – June. – Vol. 29, iss. 6. – P. 407–417.

5. Никонов Вячеслав КОМПАС-3D: создание моделей и 3D-печать. – СПб.: Питер, 2020. — 208 с.: ил..

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ РЕЛЕ ДЛЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕРМОАКТИВАЦІЙНОЮ СПЕКТРОСКОПІЄЮ

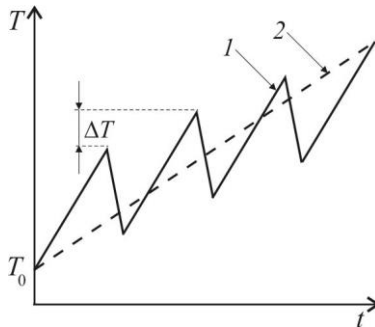
Сніжної Г.В.¹, Василенко О.В.¹, Смирнова Н.А.¹,
Івченко С.А.²

¹ Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

² ТОВ АСУ Інжиніринг, Запоріжжя, Україна

Вступ. Сучасні дослідження напівпровідників і функціональних діелектриків методами термоактиваційної спектроскопії (термостимуляція, термоочистка та ін.) неможливі без використання систем автоматичного керування (САК), за допомогою яких здійснюється програмований вплив на об'єкт дослідження, збирання та аналіз даних. Задачі вимірювання в таких САК покладається на інформаційно-вимірюючу систему (ІВС), яка є ієрархічно вкладеною системою САК. Базовою складовою ІВС та САК є контролери, наприклад, промислові логічні контролери (ПЛК). ПЛК спрощують процес керування, дозволяють гнучко розширювати можливості та навіть змінювати сам план експериментів, без зміни електричної схеми керування. Однак, ПЛК є досить складними та дорогими об'єктами і для дослідних цілей можна використовувати програмовані інтелектуальні реле (ІР), які, порівняно із ПЛК, мають значно меншу вартість, але й менші функціональні можливості, зокрема, об'єм оперативної пам'яті та кількість каналів вводу-виводу.

Розробка концепції та структури САК. Термоактиваційна струмова спектроскопія широко застосовується для визначення параметрів електрично активних дефектів в напівпровідниках і діелектриках. Метод фракційного нагрівання є послідовним розвитком режиму лінійного нагрівання (рис. 1). Оскільки при фракційному нагріванні крива термостимульованого струму $I(T)$ розкладається на набір початкових ділянок, то їх обробка (визначення енергії активації та частотного фактору) способом початкового підйому значно спрощується.



T_0 – початкова температура, ΔT – крок фракції

Рисунок 1 – Режим фракційного (крива 1) і лінійного (пряма 2) нагрівання

САК побудовано на базі пристроїв easyFamily, використано програмне забезпечення Eaton Automation [1]. Структурну схему наведено на рис. 2.

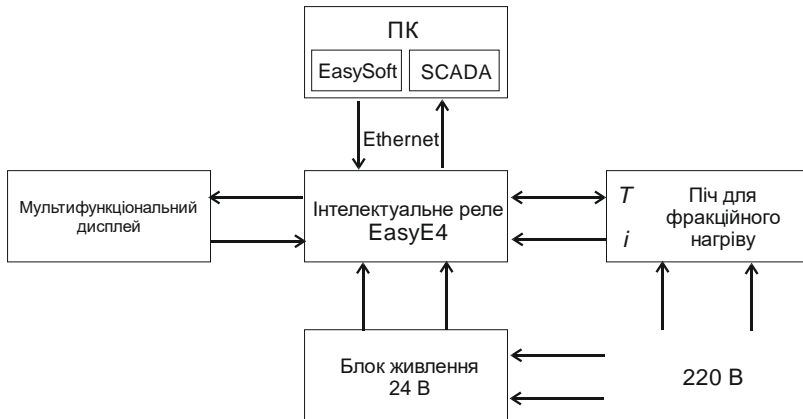


Рисунок 2 – Структурна схема САК на базі easyE4

Ядром системи є реле easyE4, яке забезпечує: реалізацію програмованої зміни температури пічки (фракційний нагрів, рис.1, крива 1); вимірювання температури зразка та термостимульованого струму (наприклад струму деполаризації); зв'язок із SCADA тощо. Програмування реле здійснюється мовою релейних діаграм (LD) у середовищі EasySoft на персональному комп'ютері, зв'язаному із реле через Ethernet кабель. Також на ПК в режимі реального часу в SCADA Trace Mode 6 виводяться результати вимірювання (струм, температура). На мультифункціональний дисплей виводиться інформація про поточний стан системи. САК спроектовано спільно співробітниками кафедри «Мікро- та наноелектроніка» НУ «Запорізька політехніка» та АСУ Інжиніринг [2].

Висновки. Маючи універсальні функціональні блоки, такі як ПД-регулятор, математичні функції, широтно-імпульсну модуляцію, можливість розширення дискретних і аналогових входів/виходів, організація мережі easyNet тощо робить реле easyE4 універсальним та потужним пристроєм для вирішення завдань керування дослідженнями в IBC.

Запропонований підхід побудови IBC дозволяє не тільки автоматично і точно керувати актуатором (пічкою) із одночасною візуалізацією результатів в SCADA, але й отримати додаткову інформацію про властивості досліджуваних матеріалів, варіюючи швидкість нагріву і охолодження, крок фракції.

Список літературних джерел

1. EasyFamily [Electronic resource]. – Access mode: <http://ua.automation.com/content/eaton-easye4>
2. Поставка, монтаж електротехнического оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://asuzp.prom.ua/>

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПОРИСТОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ В ВИХРОВОМУ АПАРАТІ

Соколовська І.Є., Чумак К.В.

Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна

Для теплового захисту енергетичних установок в промисловості використовуються різні пористі теплоізоляційні матеріали. Властивості цих матеріалів і область їх застосування залежать від хімічного складу, теплофізичних характеристик компонентів і способу їх виробництва.

Нами було проведено ряд експериментів з дослідження теплофізичних властивостей пористих матеріалів при різних термічних режимах їх обробки, в яких матеріал нагрівався при різних температурах, вологості і часу, які змінювались в заданих діапазонах [1,2].

Після обробки результатів експериментів отримана наступна модель залежності:

$$Y_1 = 1101,3 - 252 X_1 - 344 X_2 + 16,7 X_3 - 164 X_1^2 + 634,4 X_2^2 - 1,6 X_3^2 - 235,6 X_1 X_2 - 43,9 X_1 X_3 + 30,6 X_2 X_3 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,046 + 0,005 X_1 - 0,004 X_2 - 0,012 X_3 + 0,026 X_1^2 + 0,031 X_2^2 + 0,023 X_3^2 - 0,001 X_1 X_2 + 0,012 X_1 X_3 - 0,005 X_2 X_3 \quad (2)$$

де X_k ($k=1;2;3$) – кодовані значення факторів.

Для перевірки значущості відмінності від нуля отриманих коефіцієнтів моделей за результатами чотирьох повторних дослідів в нульовій точці ($X_1 = X_2 = X_3 = 0$) значення Y_1 : 1346, 1259, 1389, 1166; і Y_2 : 0,076; 0,071; 0,087; 0,071; була знайдена дисперсія помилки дослідів. Після обчислення за формулою:

$$s^2 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^4 (Y_i - \bar{Y})^2, \quad (3)$$

Отримано $S_1=98,78$ і $S_2=0,0075$.

В результаті отримаємо значення для щільності та теплопровідності відповідно: для лінійних ефектів 0,961 і 0,007; для квадратичних ефектів 1,525 і 0,011; для парних ефектів взаємодії чинників 1,125 і 0,008, кожен ефект факторів вважається значущо відмінним від нуля, якщо відповідний йому модуль коефіцієнта, що стоїть при ньому в моделі, більше порога значимості для даного ефекту, для лінійних ефектів більше 94,98, для квадратичних ефектів більше 150,7, для ефектів взаємодії фактів більше 111,1.

В результаті для значущо впливаючих факторів і їх ефектів взаємодії були отримані наступні моделі, для їх кодованих значень:

$$Y^E_1 = 1100,1 - 252 X_1 - 344 X_2 - 164 X_1^2 + 634,4 X_2^2 - 235,6 X_1 X_2, \quad (4)$$

$$Y^E_2 = 0,046 - 0,012 X_3 + 0,026 X_1^2 + 0,031 X_2^2 + 0,023 X_3^2 + 0,012 X_1 X_3 \quad (5)$$

В ході досліджень встановлено такі закономірності. Найбільш сильний вплив на щільність готового теплоізоляційного матеріалу [7] має час термообробки матеріалу в печі. Причому, чим він більший, тим менша щільність матеріалу. Це пояснюється тим, що в заданому температурному

діапазоні протягом досліджуваного періоду часу в матеріалі відбувалися процеси зневоднення і зміцнення каркасу. Якби ми істотно (за діапазоном вимірювання) підвищили вологість сировинної заготовки, то в цьому випадку матеріал був би менш щільним і цей фактор став би домінуючим. Але при цьому міцність готового матеріалу не відповідала б споживчим якостям. Температура також обернено впливає на щільність. Ці залежності відображені в рівнянні (4), (5) відповідними коефіцієнтами і знаками при них. На теплопровідність впливає крім названих чинників і вологість сировинної заготовки. Причому, чим вище вологість, тим менше значення набуває теплопровідність, що також кількісно відображає рівняння (5) для Y^E_2 .

Перевірка адекватності отриманої моделі істинної залежності проводилась за критерієм Фішера - отримані значення $F_{P1}=5,704$ і $F_{P2}=5,8$, що менше табличного значення $F_{ТАБЛ} = (0,05; 9; 3)=8,812$. Так як $F_p < F_{ТАБЛ}$, то отримані моделі адекватні істинній залежності і з вірогідністю 0,95 вона може використовуватися для аналізу і прогнозу залежності щільності і теплопровідності від температури, часу впливу, вологості матеріалу в області близькою до області проведення експерименту.

Виходячи з отриманих залежностей теплопровідності від щільності матеріалу (рис. 1) можливо зробити висновок про те, що з збільшенням щільності росте і значення коефіцієнту теплопровідності матеріалу. Тобто для отримання матеріалу з найкращими теплоізоляційними властивостями необхідно досягати меншої щільності матеріалу, але при цьому і з необхідною тривкістю.

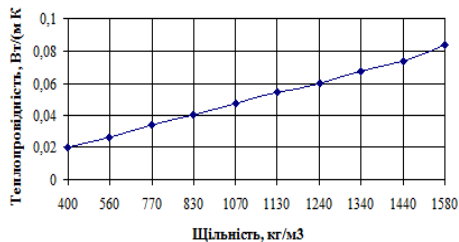


Рисунок 1 – Залежність теплопровідності від щільності матеріалу при температурах $T=100..500^{\circ}\text{C}$

Список літературних джерел

1. Соколовська І.Є. Дослідження кінетики теплової обробки пористого теплоізоляційного матеріалу. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)/ Кам'янське: ДДТУ. – 2018. - Випуск 2 (33). - С.63-66.
2. Соколовська І.Є. Чумак К.В. Оптимізація процесу виробництва пористого теплоізоляційного матеріалу в вихровому апараті. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)/ Кам'янське: ДДТУ. – 2020. - Випуск 1 (36). - С.93-98.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕРМООБРОБКИ ПОРИСТОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ В ВИХРОВОМУ АПАРАТІ ЗА МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Соколовська І.Є., Чумак К.В.

Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна

Область застосування теплоізоляційних матеріалів безпосередньо залежить від теплофізичних і механічних властивостей самого матеріалу, які також пов'язані між собою. Для виявлення впливу характеристик термічних режимів обробки на механічні властивості оброблюваного матеріалу будувалася математична модель процесу термічної обробки пористого матеріалу [1-2]. В якості показників процесу, що характеризують поведінку матеріалу при деформації і руйнуванні від дії зовнішніх навантажень, були взяті модуль пружності Y_1 і міцність матеріалу Y_2 . В якості факторів, що характеризують термічний режим обробки, були взяті температура термічного процесу X_1 , час термічного впливу X_2 , вологість матеріалу X_3 і пористість матеріалу X_4 .

Після проведених розрахунків за алгоритмом методу [3] були отримані наступні квадратичні моделі залежностей Y_1 і Y_2 від досліджуваних факторів X_k , $k=1, \dots, 4$:

$$Y_1 = 0,376 - 0,053X_1 - 0,064X_2 + 0,005X_3 + 0,0009X_4 - 0,020X_1^2 - 0,025X_2^2 + (1) \\ + 0,042X_3^2 - 0,003X_4^2 - 0,043X_1X_2 + 0,005X_1X_4,$$

$$Y_2 = 0,05 - 0,0058X_1 - 0,0089X_2 + 0,0008X_3 + 0,0006X_4 - 0,0046X_1^2 - (2) \\ - 0,0051X_2^2 + 0,004X_3^2 - 0,0038X_4^2 - 0,0003X_1X_2 - 0,0015X_1X_3 + 0,0003X_1X_4 - \\ - 0,0004X_2X_3 + 0,0009X_2X_4 + 0,0041X_3X_4,$$

де X_1, X_2, X_3, X_4 – кодовані значення факторів [3]:

X_1 – температура термічного процесу ($T_{-1}=100^\circ\text{C}$; $T_0=300^\circ\text{C}$; $T_{+1}=500^\circ\text{C}$);

X_2 – час термічного впливу ($t_{-1}=1\text{c}$; $t_0=3\text{c}$; $t_{+1}=5\text{c}$);

X_3 – вологість матеріалу ($\varphi_{-1}=30\%$; $\varphi_0=45\%$; $\varphi_{+1}=60\%$);

X_4 – пористість матеріалу ($\psi_1=60\%$; $\psi_2=70\%$; $\psi_3=80\%$);

Y_1 – модуль пружності, МПа;

Y_2 – міцність, МПа.

Для перевірки залежності впливу факторів і їх взаємодій на показники, а також адекватності, були розраховані оцінки дисперсії помилок спостережень для S_1^2 і S_2^2 , відповідно для Y_1 і Y_2 . Для цього кожного показника в «нульовий» точці $X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = 0$ були проведені чотири повторних досвіду. Їх результати для значень Y_1 : 0,300; 0,358; 0,347; 0,319, для значень Y_2 : 0,023; 0,034; 0,024; 0,026.

В результаті при розрахунку за формулою оцінки дисперсії помилки спостереження:

$$S^2 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^4 (Y_i - \bar{Y})^2, \quad (3)$$

де Y_i - спостережуване значення показника Y в i -му повторному досвіді, а \bar{Y} - середнє значення Y в «нульовій» точці.

В результаті розрахунків оцінки дисперсії помилки спостереження були отримані наступні результати: $S_1^2=0,0007$ і $S_2^2=0,0000025$. В результаті розрахунків за наведеної вище формулою «пороги значущості» для оцінок коефіцієнтів склали для рівня значущості $\alpha = 0,05$, для показника Y_1 $0,021$; $0,033$; $0,023$, для показника Y_2 $0,004$; $0,0056$; $0,004$. Для рівня значимості $\alpha = 0,1$ для Y_1 $0,014$; $0,020$; $0,015$; для Y_2 $0,003$; $0,0042$; $0,003$.

Для визначення оптимального режиму термічної обробки складалася функція Лагранжа:

$$L = Y_2 + \lambda(Y_1 + X_5 - 0,45) . \quad (4)$$

Для визначення оптимальних значень X_i , $i=1, \dots, 5$ отримана система рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial X_1} = -0,0058 - 0,0092X_1 + \lambda(-0,53 - 0,4X_1 - 0,43X_2) = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial X_2} = -0,0089 - 0,0102X_2 + \lambda(-0,64 - 0,5X_2 - 0,43X_1) = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial X_3} = 0,0041X_4 + 0,84 \cdot \lambda \cdot X_3 = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial X_4} = 0,0041X_3 = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial X_5} = \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0,374 - 0,053X_1 - 0,064X_2 - 0,02X_1^2 - 0,025X_2^2 + 0,042X_3^2 - 0,043X_1 \cdot X_2 + X_5 - 0,45 = 0 \end{cases} \quad (5)$$

В результаті рішення даної системи рівнянь отримана стаціонарна точка функції Лагранжа в кодованих значеннях змінних X_i : $X_1 = -0,63$; $X_2 = -0,87$; $X_3 = 0$; $X_4 = 0$; $X_5 = 0,076$; $= 0$; в натуральних величинах: $X_1 = 174^\circ$; $X_2 = 1,3$ сек., $X_3 = 45\%$, $X_4 = 70\%$. Точковий прогноз показників за отриманими моделям для даного термічного режиму обробки пористого матеріалу склав: значення модуля пружності дорівнює $0,413$, значення міцності матеріалу на стиск дорівнює $0,056$. Таким чином, основним фактором, що визначає міцність теплоізоляційного пористого матеріалу, є тривалість термічної дії.

Список літературних джерел

1. Чураев Н.В. Физикохимия процессов массопереноса в пористых телах. – М.: Химия, 1990. - 272с.
2. Соколовська І.Є. Чумак К.В. Оптимізація процесу виробництва пористого теплоізоляційного матеріалу в вихровому апараті. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)/ Кам'янське: ДДТУ. – 2020. - Випуск 1 (36). - С.93-98.
3. Хартман К. и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. – М.: Мир, 1977. – 552с.

ПРОЄКТНО-КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ У НАВЧАННІ АНГЛОМОВНОГО АКАДЕМІЧНОГО ПИСЬМА СТУДЕНТІВ МОВНОГО ЗВО

Тарнопольський О.Б., Сторожук С.Д.

Університет імені Альфреда Нобеля, м. Дніпро, Україна

Навчання англomовного письма є однією з головних задач англomовної підготовки студентів мовних ЗВО – майбутніх викладачів англійської мови, перекладачів та прикладних лінгвістів. Це обумовлено тим, що саме писемне мовлення чим далі, тим більше стає провідною формою міжнародного спілкування англійською мовою як мовою глобальної/планетарної комунікації, особливо коли йдеться про комунікацію професійну, перш за все наукову. Основною складовою у формуванні навичок та вмінь англomовного письма студентів мовних ЗВО є навчання їх письма академічного (тобто написання академічних есе), оскільки саме оволодіння таким письмом є провідним шляхом для того, щоб навчитися писати англійською мовою найскладніші види професійних наукових документів, таких як наукові статті, тези, тексти доповідей тощо. Це навчання тільки починає серйозно досліджуватися в українській методиці, а використання проєктно-комп'ютерної технології для нього ще не досліджувалося зовсім.

Сказане обумовило обрання названої проблеми предметом розгляду в доповіді. У ній аналізується розроблена проєктно-комп'ютерна технологія, яка базується на 12 етапах розвитку у студентів навичок та вмінь написання академічних есе трьох виділених піджанрів («особистісна думка», «за та проти», «проблема і рішення»). Усі етапи розподіляються на етапи офф-лайн та етапи змішаної офф-лайн – он-лайн і суто он-лайн навчальної роботи і включають:

1. *Офф-лайн*. Інструктаж викладача перед початком виконання проєктного завдання усією групою студентів.

2. *Офф-лайн та он-лайн*. Планування тими, хто навчаються, своєї проєктної роботи через загальногрупове обговорення та збір матеріалів для цієї роботи. Таке обговорення передбачає призначення «дослідників» – окремих студентів або малих груп для збирання необхідної для проєкту інформації через Інтернет-пошук. Тим же «дослідникам» пропонується обрати і обґрунтувати тему письмової роботи, яка буде писатися усією групою. Їм також доручається підготовка вправ для опанування іншими студентами інформації, здобутої «дослідниками» через Інтернет-пошук. Нарешті, у функції цих студентів входить і підготовка видів навчальної діяльності для обговорення та опрацювання теми, обраною для написання есе усією групою.

3. *Офф-лайн*. Представлення «дослідниками» зібраної інформації всій групі (презентація), її обговорення та опрацювання учасниками проєкту через виконання вправ, запропонованих тими ж «дослідниками».

4. *Офф-лайн*. Обрання теми для написання есе на основі пропозицій «дослідників». Обговорення та змістовний аналіз оптимальних шляхів інтерпретації обраної теми.

5. *Офф-лайн та он-лайн*. Розподіл усієї групи студентів на малі групи для обговорення у цих малих групах, як слід писати есе за обраною темою; за цим слідує індивідуальне написання кожним членом малої групи першої чернетки есе через використання текстового редактора; написання супроводжується взаєморецензуванням та взаємокоментуванням (через електронну пошту), після чого в текстовому редакторі пишеться друга чернетка і так далі до здійснення передостаннього індивідуального саморедагування.

6. *Он-лайн*. Передання через електронну пошту усіх написаних творів призначеним «редакторам». У їх число обов'язково входять ті, хто виступали як студенти-«дослідники» та збрали початкову інформацію для виконання проекту, а також (по черзі) декілька інших студентів. «Редактори» проводять у текстовому редакторі фінальну анонімну (не знаючи прізвищ авторів робіт, які перевіряються) перевірку, рецензування, коментування та оцінювання творів, що вони отримали.

7. *Он-лайн*. Фінальне саморедагування у текстовому редакторі кожним автором свого есе для усунення недоліків, виявлених «редакторами» (див. попередній етап);

8. *Он-лайн*. Передання через електронну пошту усіх написаних творів викладачеві, який, використовуючи текстовий редактор, перевіряє їх та оцінює для себе (без повідомлення студентам своїх висновків та оцінки), а потім розміщує усі роботи (анонімно, без називання авторів кожної з робіт) на спеціально створеному блозі.

9. *Он-лайн*. Читання усіма студентами групи, а також студентами інших груп, які у той же період проходять проєктно-комп'ютерне навчання, усіх виставлених на блозі анонімних робіт і оцінювання цих робіт онлайн з використанням наданої на тому ж блозі таблиці оцінювання.

10. *Он-лайн*. Виявлення найкращої/их роботи/іт за результатами онлайнного студентського оцінювання і встановлення рейтингу всіх інших робіт (виконується одним зі студентів).

11. *Офф-лайн*. Загальногрупове обговорення результатів проєктно-комп'ютерної роботи. Це обговорення веде викладач та керівник проєкту і у ньому викладач оприлюднює своє оцінювання кожного з написаних есе; всі учасники спільно обговорюють враження та зауваження щодо виконання проєкту взагалі. Проводиться остаточне визначення трьох найкращих робіт з урахуванням оцінок не тільки учасників проєкту, але й викладача.

12. *Он-лайн*. Розміщення трьох найкращих робіт на веб-сторінці кафедри, щоб з ними могли ознайомитися бажачі.

Модель навчального процесу з навчання написання англійського академічного есе того чи іншого піджанру в двотижневому циклі занять з використанням у ньому проєктно-комп'ютерної технології наводиться у вигляді таблиці 1.

	<p>опрацювання учасниками проекту аспектів написання есе певного піджанру</p> <p>4. Обрання теми для написання есе на основі пропозицій «дослідників», обговорення шляхів інтерпретації теми.</p> <p>5. Етап, пов'язаний з практичним написанням студентами есе певного піджанру</p>	<p>30 хв.</p> <p>20 хв.</p> <p><i>Усього за заняття:</i> 80 хв. ПКР/0 хв. ЗАР; 100% ПКР/0% ЗАР</p>		<p>взаєморецензування, взаєморедагування та взаємооцінювання усіх написаних творів</p>	<p><i>Усього:</i> 120 хв. ПКР/60 хв. ЗПР; 62,5% ПКР/37, 5% ЗПР</p>
III	<p>7. Фінальне саморедагування кожним автором свого есе і надсилання його викладачеві</p>	<p>До 15 хв.</p> <p><i>Усього за заняття:</i> 15 хв. ПКР/65 хв. ЗАР; 18,75% ПКР/81,25% ЗАР</p>	III	<p>8. Перевірка студентських робіт викладачем «для себе» та розміщення цих робіт на блозі</p> <p>9. Читання та оцінювання усіма студентами розміщених на блозі письмових робіт одногрупників</p> <p>10. Підрахунок результатів студентського оцінювання робіт одним із учасників проекту для виділення найкращих робіт і встановлення рейтингу робіт</p>	<p>Для етапу 8 часові витрати не підраховуються, оскільки стосуються тільки викладача</p> <p>До 40 хв.</p> <p>Для етапу 10 часові витрати не підраховуються, (стосуються тільки одного</p>

					студента) Усього: 40 хв. ПКР/120 хв. ЗГР; 25% ПКР/75 % ЗГР
IV	11. Загальногрупове обговорення та оцінювання результатів виконання проєкту	До 20 хв. Усього за заняття: 20 хв. ПКР/60 хв. ЗАР; 25% ПКР/75% ЗАР	IV	12. Оприлюднення кращих есе на веб-сторінці кафедри	Для етапу 12 часові витрати не підраховуються
Загальні витрати часу на ПКР в двотижневому проєктно-комп'ютерному циклі занять:		В аудиторній роботі: 145 хв. з 320 хв. чотирьох двогодинних аудиторних занять (45,3%)	У позааудиторній роботі: 220-280 хв. з 480 хв., що заплановані на позааудиторну роботу після перших трьох двогодинних занять (58,33%)		

В розробленій технології повно та органічно сполучаються усі базові характеристики навчання англomовного письма через проєктну навчальну діяльність студентів та навчання цього письма через використання комп'ютерної техніки та навчальної діяльності он-лайн. Результативність створеної технології була доведена у проведеному експериментальному дослідженні.

АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДАЖІВ В УМОВАХ ПІДПРИЄМСТВА СКЛ ТАНДЕМ

Ус С.А., Предко С.В.

НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

На сьогоднішній день ринок дуже стрімко змінюється і вимагає своєчасного реагування, швидкого прийняття рішень. Здійснювати це можна тільки на базі актуальної інформації, її ретельного аналізу і прогнозування. Метою дослідження є аналіз і прогнозування обсягів реалізації продукції в умовах СКЛ ТАНДЕМ.

СКЛ Тандем – товариств з обмеженою відповідальністю, є одним з найбільших молодих виробництв домашнього взуття для жінок, чоловіків та дітей. За останні роки популярними стали соціальні мережи, дошки оголошень та месенджери, які використовують для покупок товарів. Тому для дослідження були обрані продажі в Інстаграм-магазині.

Дослідження включало проведення аналізу продажів та виявлення товарів, що забезпечують основні грошові надходження; виявлення товарів, що мають стійкий попит; проведення прогнозу продажів на три місяці та на рік. Вихідними даними були дані про продажі в Інстаграм-магазині за 2018-19 роки.

Аналіз продажів проводився за допомогою ABC та XYZ аналізу. Було виявлено, що невелика частина усього асортименту - шість позицій, приносить підприємству 80% загальної суми продажів, тому необхідно прослідкувати, щоб товари були на складі в достатній кількості, адже попит на них великий. Будь-які перебої в кількостях цих позицій можуть обернутися величезними втратами прибутку і клієнтів. Також на підприємстві знаходяться одинадцять позицій, що приносять лише 5,3%, тому було рекомендовано поступово скоротити ці позиції, але не всіх позицій і не відразу, адже прибравши всі товари цієї групи компанія ризикує суттєво знизити відвідуваність інтернет-магазину, адже асортимент спорожніє.

Крім того було виявлено, що більшість товарів продається не регулярно, товари зі стійким попитом відсутні. Тому необхідно якомога частіше нагадувати покупцям про цю продукцію (реклама, пости, конкурси).

Для складання прогнозу на три місяці був застосований метод ковзного середнього, оскільки він дозволяє врахувати останні зміни і тенденції попереднього періоду. Результати прогнозування показано на рис. 1.

Оскільки при аналізі даних було виявлено сезонні зміни у продажах (рис. 2.), довгострокове прогнозування проводилось із урахуванням сезонності. Прогнозування тренду проводилось на основі поліному третього ступеню, сезонність враховувалась адитивною компонентою.

На основі проведених досліджень були сформульовані рекомендації для СКЛ ТАНДЕМ, що дозволило підвищити якість управління компанією і ефективність її роботи.



Рисунок 1 – Прогнозування продажів за допомогою методу ковзного середнього

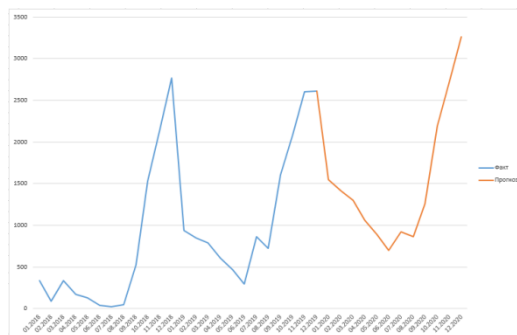


Рисунок 2 – Прогнозування продажів на 2020 рік

Список літературних джерел

1.Беленов О.Н., Бугаєва Т.М. Типологія методів управління асортиментом продукції / О.Н. Беленов, Т.М. Бугаєва // Сучасна економіка: проблеми і рішення. – 2010. – № 1. – 69 с.

2.Мойсенко І. Є. Фінансове планування на підприємстві / І. Є. Мойсенко // Фінанси України. – 2000. – № 9. – 258 с.

3.Тищенко О. М. Моделювання оцінки та прогнозування фінансової стійкості підприємства / О. М. Тищенко, Л. О. Норік // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2009. – № 640 : Проблеми економіки та управління. – 415 с.

АГЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОЗПОДІЛЕНІЙ ВИРОБНИЧІЙ СИСТЕМІ

Федорович О.Є., Прончаков Ю.Л., Западня К.О.

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Вступ. Конкурентне середовище на ринках виробництва та споживачів високотехнологічної продукції вимагає виробників оптимізувати можливі витрати при створенні нових виробів на стадії формування портфелю замовлень. Особливу увагу приділяється логістиці транспортних перевезень вантажів, що пов'язано з розподіленістю сучасного виробництва та великими витратами на транспортування та проміжне складування. Різноманітність транспортного середовища (автомобільний, залізничний, авіаційний, морський транспорт) вимагає пошуку раціональних маршрутів виходячи з набору суперечливих показників (час, витрати, ризики тощо). Тому актуальна тема запропонованого докладу, у якому ставиться та вирішується науково-прикладна задача пошуку раціональних маршрутів у різноманітному транспортному середовищі на основі агентного моделювання вантажоперевезень для забезпечення безперебійної роботи розподіленої виробничої системи [1].

Основний зміст. Предметом дослідження в доповіді є організація логістичних взаємодій у розподіленому віртуальному виробництві високотехнологічної продукції [2]. Метою роботи є розробка метода пошуку раціональних маршрутів в різноманітній транспортній мережі з урахуванням часу (строків), витрат та ризиків. Вирішуються наступні задачі: дослідження логістичних взаємодій в розподіленому віртуальному виробництві високотехнологічної продукції (авіабудування, автомобілебудування та інш.). Логістичні взаємодії здійснюються в різноманітній транспортній мережі, яка пов'язує окремі технологічні процеси високотехнологічного виробництва. Аналізуються особливості логістики, пов'язані з віртуалізацією виробництва при формуванні нового портфелю замовлень [3]. Визначаються постачальники матеріалів, сировини, комплектуючих, які розташовані у вузлах різноманітної транспортної мережі й є джерелом вантажів, які транспортуються у розподіленому віртуальному виробництві. Для оцінювання можливих маршрутів руху вантажів у різноманітній транспортній мережі було введено показники часу (строки доставки вантажів), витрати на перевезення та ризики. Цілеспрямований пошук раціональних маршрутів руху здійснюється за допомогою запропонованого алгоритму генерування та руху числових «хвиль» в різноманітній транспортній мережі. Побудована імітаційна модель, за допомогою якої моделюється процес розповсюдження числових «хвиль» за допомогою планування та реалізації подій, пов'язаних з надходженням вантажів, що перевозяться у вузли різноманітної транспортної мережі. Розроблено алгоритм моделювання руху заявок до сусідніх вузлів по відношенню до вузла, що розглядається, різноманітної транспортної мережі. Враховані глухо кутові вершини та можливі паралельні шляхи різних типів транспортування, що поєднують сусідні вершини. Побудований алгоритм

включає дві фази моделювання: досягнення «фінішного» вузла, та зворотна фаза, пов'язана з визначенням маршруту руху. Алгоритм пошуку є універсальним та дозволяє знаходити маршрути з мінімальним часом руху вантажів, витратами та ризиками. Запропоновано пошук компромісного маршруту, який задовольняє суперечливим критеріям часу, витрат та ризиків. Метод пошуку раціональних маршрутів оформлено у вигляді агентної імітаційної моделі. В докладі використовуються наступні методи: системний аналіз для формування топології структури різномірної транспортної мережі; теорія графів для представлення потоків та маршрутів руху вантажів; імітаційне моделювання для генерування та руху числових «хвиль»; оптимізація маршрутів, заснована на імітаційному моделюванні; багатокритеріальна оптимізація для пошуку раціональних маршрутів; агентне моделювання для формування маршрутів руху в різномірній транспортній мережі.

Висновки. В докладі наведені результати дослідження, яке пов'язане з формуванням логістичних транспортних зв'язків у розподіленому віртуальному підприємстві при плануванні нових замовлень. Враховується можливість функціонування віртуального підприємства в різномірній транспортній мережі, з допомогою якої забезпечується формування матеріальних потоків для виконання виробничого замовлення з нового портфелю замовлень. Запропоновано оригінальний алгоритм пошуку раціональних маршрутів руху вантажів, заснований на формуванні та русі числових «хвиль» у різномірній транспортній мережі. Універсальність методу пов'язана з можливістю пошуку раціональних маршрутів, як за часом, так і за витратами й ризиками. Метод засновано на імітаційному подійному моделюванні у вигляді агентної моделі. Викладений метод доцільно використовувати на початкових етапах планування нових замовлень у розподіленому віртуальному виробництві, коли необхідно організувати логістичну транспортну інфраструктуру для реалізації руху матеріальних потоків у вигляді вантажів матеріалів, сировини та комплектуючих для випуску високотехнологічної продукції.

Список літературних джерел

1. Федорович, О. Е. Логистика выполнения портфеля заказов высокотехнологической продукции развивающегося виртуального предприятия [Текст] / О. Е. Федорович, Ю. Л. Прончаков // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2016. – № 3 (130). – С. 99-102.
2. Федорович, О. Е. Методы и модели исследования виртуальных производств, ориентированных на выпуск высокотехнологической продукции [Текст] / О. Е. Федорович, К. О. Западня, О. А. Гайдено // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2017. – № 1 (136). – С. 54-59.
3. Федорович О. Е., Гайдено О. А., Пуйденко В. А. Планирование грузоперевозок в условиях повышенных рисков [Текст] / О. Е. Федорович, О. А. Гайдено // *Авиационно-космическая техника и технология*, 2017, № 6 (141), С.98-102.

СЕКЦІЯ 3.
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМП'ЮТЕРНІ
СИСТЕМИ

ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ НА ЗОБРАЖЕННІ

Бацінко М.І., Пармонов А.І.

Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, Україна

Одним з найбільш відчутних результатів антропогенної діяльності є утворення відходів, серед яких відходи пластмас займають особливе місце в силу своїх унікальних властивостей. Для вирішення цього питання створюються заводи по переробці сміття. Але одна з основних проблем, що стоять перед організаторами виробництв з переробки полімерних відходів – це ідентифікація і подальше сортування зібраних відходів за типами і видам полімерів. Задля цього потрібні спеціальні апаратно-програмні засоби для розподілу відходів по класам на основі їх зображень. Наприклад, пошук різних типів відходів на фото-відеозображеннях конвеєрної стрічки зі сміттям.

В роботі пропонується результати роботи на цю задачу у вигляді програмного засобу ідентифікації пластикових відходів на зображенні. Для розробки застосовано мову програмування Python, а для створення саме бізнес логіки програми використовувалися наступні її бібліотеки [1-3]:

- Tensorflow – основна бібліотека для великої кількості технік машинного навчання.

- Pandas – бібліотека для аналізу та маніпулювання даними.

- NumPy – бібліотека для підтримки великих багатовимірних масивів і матриць, разом з великою збіркою високорівневих математичних функцій для операцій з цими масивами.

- Keras – відкрита нейромережева бібліотека, яка представляє високорівневий, інтуїтивніший набір абстракцій, який робить простим формування нейронних мереж.

- Matplotlib – бібліотека для візуалізації даних двовимірною 2D графікою.

При розробці програмного засобу було побудовано модель штучної нейронної мережі. В ході виконання роботи було ініціалізовано нову модель на базі архітектури RetinaNet. В якості бекбоуна було задіяно FPN, що працює поверх переднавченої згорткової моделі глибокого навчання ResNet50.

Для навчання нейронної мережі було створено власний набір даних, який складається з 268 розмічених зображень. При підготовці набору даних потрібно було вирізати зображення з пластиком різних форм та під різними кутами, а потім виконати їх розмітку. Для розмітки зображень було застосовано програмний засіб VGG Image Annotator. VIA працює у веб-браузері і не потребує установки та налаштування. Воно завантажує обрані зображення і користувач, після створення і налаштування анотацій, вручну виділяє на кожному зображенні об'єкти, по відповідним класам, які нейронна мережа має виявити після навчання.

На вхід програмного засобу подається зображення, на якому необхідно виявити пластикові відходи. Кожне зображення обробляється нейронною мережею, яка ідентифікує та виявляє місцезнаходження пластикових відходів

на зображенні та визначає вірогідність відношення об'єкта на зображенні до класу пластикових відходів .

На виході користувач отримує оброблене вхідне зображення (рис. 1), на якому прямокутниками локалізовано виявлений пластик, а також текстову інформацію стосовно кожного зображення: назву класу, до якого нейронна мережа віднесла зображення і відсоток вірогідності правдивості даного висновку.

```
File ghg.jpg:
Object №1 = 71.1% plastic
File img5e0e352bc4f43.jpg:
Object №1 = 79.7% plastic
File img5e0e352bc4f43.jpg:
Object №2 = 66.2% plastic
```



Рисунок 1 – Приклад вихідних даних

Для перевірки коректності роботи навченої нейромережі було проведено комп'ютерний експеримент, в якому були використані тестові дані, які не були до цього задіяні в навчанні. В результаті експерименту на тестових даних нейромережа в цілому вдало і коректно виявила шукані об'єкти. Але були і негативні спроби, коли нейромережа не змогла виявити на зображенні взагалі нічого чи отримували спірні результати. Аналіз експериментів показав, що побудована нейромережа не чітко виявляє об'єкти, якщо їх на зображенні більше одного і має ймовірність взагалі не виявити об'єкт. Для того, щоб мінімізувати хибні результати роботи необхідно поповнити датасет більшою кількістю зображень ситуацій, з якими виникають проблеми пошуку об'єктів на зображенні.

Натомість, за результатами експериментів можна прийти до загального висновку, що дана модель показала досить гарний рівень розпізнавання, незважаючи навіть на відносно невеликий набір для навчання.

Подальше робота пов'язана з розширенням навчальної вибірки та інтеграцією до апаратної платформи конвеєрної стрічки з відеоспостереженням.

Список літератури

1. Introduction to Python Deep Learning with Keras [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://machinelearningmastery.com/introduction-python-deep-learning-library-keras/>

2. What is TensorFlow? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.infoworld.com/article/3278008/what-is-tensorflow-the-machine-learning-library-explained.html>

3. A Quick Introduction to the NumPy Library [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://towardsdatascience.com/a-quick-introduction-to-the-numpy-library-6f61b7dee4db>

КРИТЕРІЇ РОЗБИТТЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА СЕРВІСИ

Горбенко О.Ю., Аушева Н.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського, Київ, Україна

Проектування архітектури розподілених систем для високонавантажених обчислень є одним із найважливіших етапів створення програмного забезпечення. Наприклад, для побудови розподіленої системи для обробки та трансформації тривимірних моделей необхідно спроектувати архітектуру програмного забезпечення таким чином, щоб система була масштабованою, мала високий рівень відмовостійкості та низький показник часу реакції системи.

Одним із можливих способів досягнення перелічених вище властивостей може бути модуляризація системи на максимально ізольовані частини, що дозволило б масштабувати окремі модулі системи. Модуляризація – це поділ компонентів інформаційної системи на множину окремих підкомпонентів [1]. Перевагами такого розбиття є повторне використання компонентів у інших системах, можливість до ізоляції помилок та можливість до ефективного управління обчислювальними ресурсами, необхідними для ефективної роботи системи.

Недоліками концепту розбиття системи на незалежні сервіси є складність побудови каналів комунікації між модулями та необхідність створення систем для управління та моніторингу.

У роботі [2] Річардсон К. виокремлює проблему некоректної декомпозиції системи. У випадку проектування системи з компонентами, які мають занадто високу зв'язність, отримуємо систему, яка має недоліки монолітних і розподілених систем.

Фаулер М. та Ньюман С. пропонують виявляти залежності між компонентами до етапу розбиття системи на модулі [3, 4].

Декомпозована на сервіси система може мати ускладнення за часом, якістю подальших змін та ефективністю використання ресурсів порівняно із системою, що залишається у вигляді монолітної системи. Це спонукає до дослідження основних принципів структуризації компонентів системи та виокремлення критеріїв поділу системи на незалежні сервіси.

Одним із основних принципів структуризації компонентів системи є принципи групи SOLID [5]. За принципами SOLID система повинна бути розподілена на незалежні компоненти, що надає можливість створення модулів вищого рівня, які, у свою чергу, використовують модулі нижчого рівня в процесі своєї роботи. І тільки після аналізу взаємозв'язків між функціональними модулями системи отримуємо можливість до розподілу системи на незалежні сервіси [6].

Таким чином, можемо зробити висновок, що для поділу системи на окремі сервіси необхідно проаналізувати компоненти системи та взаємозв'язки між ними. У випадку великої кількості взаємозв'язків необхідно розділити

модулі на множину більш ізольованих компонентів, таким чином, створивши додаткові рівні декомпозиції.

Систему можна представити у вигляді графу компонентів різних рівнів декомпозиції. Найнижчий рівень декомпозиції системи – це інструкції процесора. Інструкції процесора можуть бути агреговані у системну функцію. Набір функцій можна розглядати у якості компонента системи або класів в розрізі об'єктно-орієнтованого програмування. Набір класів може бути агрегований у бібліотеки або модулі, що також є компонентами, але на вищому рівні декомпозиції, ніж інструкції процесора. Найвищим рівнем декомпозиції системи є виконувані одиниці системи – сервіси. Сервіси, що комунікують між собою формалізують систему. Таким чином, кожен елемент із вищеозначених рівнів декомпозиції є компонентом, що, в розрізі системи, знаходиться на певному рівні (прошарку) декомпозиції.

Таким чином, можна виокремити такі формальні критерії оцінки поділу монолітного сервісу на множину незалежних сервісів, що визначають коректність поділу системи:

1. Компоненти нижчого рівня декомпозиції не залежать в процесі своєї роботи від компонентів вищого рівня. Після побудови діаграми залежності компонентів необхідно отримати ациклічну однонаправлену структуру - дерево, у якому сервіси вищого рівня декомпозиції залежать від сервісів нижчого рівня, і ніяк навпаки.

2. Компоненти відповідальні за максимально атомарну функціональну одиницю системи (принцип SRP Дж. Мартіна [6]) та не надають інтерфейсів, що не пов'язані із функціональною задачею компонента.

Як висновок, було проаналізовано основні переваги та недоліки розподілу системи на незалежні сервіси та було виокремлено критерії та можливі шляхи до розподілу монолітної системи на множину незалежних сервісів. В результаті аналізу було визначено, що основним критерієм розподілу системи на сервіси є аналіз взаємозв'язків між компонентами системи та вирішення проблем великої зв'язності компонентів за рахунок додавання нових прошарків декомпозиції системи.

Список літературних джерел

1. David, Parnas, On the criteria to be used in decomposing systems into modules. / Springer, 1972. – 479-498.
2. Richardson, Chris. Microservices patterns. / Manning Publications Company, 2018. – 544 с.
3. Newman, Sam. Building microservices: designing fine-grained systems. / O'Reilly Media, Inc., 2015. – 251с.
4. Microservices – R. Fowler. Режим доступу до ресурсу: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>
5. Nijhof, Mark. SOLID Software development is not a Jenga game / Lean Publishing, 2014. – 25 с.
6. Martin, Robert. Clean architecture: a craftsman's guide to software structure and design / Prentice Hall, 2018. – 400 с.

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR IMAGE-BASED WASTE CLASSIFICATION

Hrypynska N.V., Kolomiets O.V., Radiuk P.M.

Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine

In recent decades, solid waste management in large cities has become a challenging issue because of the increasing amount of waste daily generated by citizens and enterprises. Modern computer vision and deep learning methods may facilitate the automatic detection and classification of waste for further recycling. This study proposes designing a deep learning architecture based on convolutional neural networks for solid waste classification tasks. We trained our model and compared it with other deep architectures that are recognized in the classification tasks. As a result of experiments, the combined Inception-ResNet model achieved the best classification accuracy.

Nowadays, city dwellers encounter a decline in available natural resources in urban areas and experience various environmental problems. The cities' ecology suffers from the amount of garbage that is generated daily [1]. The average European makes 517 kilos of waste per year, of which just a small percentage is recycled [2]. Most garbage segregation is performed manually, which leads to diverse health problems. The manual process of recycling is also time-consuming and requires huge taxes from citizens [3]. Therefore, there is an urgent task to establish effective recycling of accumulated waste. These solutions might reduce environmental pollution and solve the problem of improving citizens' lives.

The presented in this study approach adopts a supervised method to classify several types of waste depicted on images: glass, paper, cardboard, and plastic. Fig. 1 shows the general scheme of the waste image classification process.

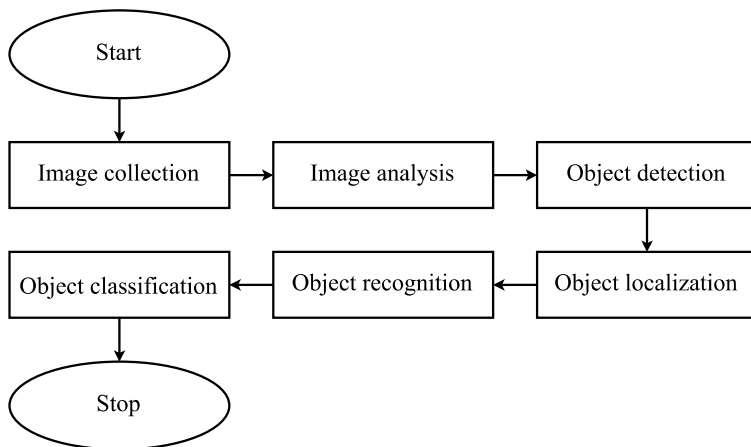


Figure 1 – Flow chart of the system for the waste image classification

The training of the neural networks was conducted on the current TrashNet dataset [4]. The benchmark dataset comprises 2,527 images and split into 501 images of glass, 594 of paper, 403 of cardboard, 482 of plastic, 410 of metal, and 137 general trash.

The original collection of images was randomly partitioned into three subsets: training, validation, and test. All the subsets have the same rate of classes. As the number of images is small, we used 80% of them for training, 10% for validation, and 10% for tests. We adopted a 5-fold cross-validation strategy by creating randomly five training, test, and validation datasets. Moreover, the training sample is increased through the data augmentation technique. The results given in this subsection correspond to the average of the five runs of the test datasets. Table 1 compares our best results, achieved by the ResNet model, with other deep learning models applied to waste classification.

Table 1 – The comparison of convolutional neural networks for waste classification

Architecture	Accuracy
GarbeNet (CNN)	0.871
AlexNet	0.645
GoogleNet	0.783
The proposed architecture	0.875

According to table 1, the proposed model surpasses all the other architectures. Eventually, we evaluated several CNN architectures for the automatic classification of waste. In our experiments on the TrashNet dataset, the best classification results were achieved with a proposed ResNet architecture with 87.5% of average accuracy.

Our further work will be devoted to generating realistic synthetic images with multiple types of garbage, which can be used to train our models and test them with real images that combine several waste classes.

List of reference

- 1.Brinez L.J.C. Automatic waste classification using computer vision as an application in Colombian high schools / L.J.C. Brinez, A. Rengifo, M. Escobar // Proceedings of the 6th Latin-American Conference on Networked and Electronic Media (LACNEM-2015). – IET, 2015. P. 1–5.
- 2.Sudha S. An automatic classification method for the environment / S. Sudha, M. Vidhyalakshmi, K. Pavithra // Proceedings of 2016 IEEE TIAR. – IEEE, 2016. – P. 26–34. <https://doi.org/10.1109/TIAR.2016.7801215>
- 3.Sakr G.E. Comparing deep learning and support vector machines for autonomous waste sorting / G.E. Sakr, M. Mokbel, A. Darwich, M.N. Khneisser, A. Hadi // Proceedings of 2016 IEEE IMCET. – IEEE, 2016. – P. 207–212.
- 4.Yang M. Classification of trash for recyclability status. / M. Yang, G. Thung // CS229 Project Report. – Stanford Inc., 2016.

МЕТОДИ АПРОКСИМАЦІЇ ФУНКЦІЙ БАГАТЬОХ ЗМІННИХ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОКОНДЕНСОВАНИХ СИСТЕМ

Єфремов Д.С., Коротка Л.І.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро,
Україна

Експеримент завжди був основою наукових досліджень в області хімії та хімічної технології. Йде час, ускладнюється експеримент, зростає об'єм інформації, що одержують в результаті їх проведення.

На сучасному етапі розвитку гірничодобувних технологій важливим є намір відмови від промислового застосування тротилу та тротилових вибухових речовин. Ця проблема може бути вирішена за допомогою створення та застосування безпечних технологій нітратних енергоконденсованих систем (ЕКС) [1]. Ці системи мають високий рівень безпеки застосування та поведінки, так як складаються з невибухових компонентів.

Промислове застосування створеної технології виявило необхідність корегування технологічних параметрів (кількості та концентрації поризуючого розчину) в залежності від механіко-міцностних характеристик гранул вхідної сировини (аграрної селітри – АС).

Задача оптимізації технологічних параметрів передбачає моделювання процесу модифікації, що дозволить прогнозувати параметр відносної динамічної міцності гранул кінцевого продукту в залежності від характеристик вхідної сировини та технологічних параметрів. Зауважимо, що основними вхідними параметрами є динамічна міцність гранул сировини (x_1), кількість поризуючого розчину (x_2) та масова концентрація поризуючого розчину (x_3). За результатами досліджень було встановлено, що цільовий параметр міцності модифікованих гранул (вихідний параметр – y) змінюється з часом (x_4) та набуває оптимальних значень ($y=97-99,8$ %) на сьому-восьму добу після виготовлення.

Складність вирішення поставленого завдання полягає в тому, що вхідний параметр, в свою чергу, залежить від ряду факторів, як вже зазначалося, визначення яких в умовах технології ЕКС ускладнене або неможливе.

Для досягнення мети пропонується використання обчислювального інтелекту, зокрема, штучних нейронних мереж (НМ). Такий підхід обумовлений тим, що отримання аналітичної моделі, наприклад, за допомогою регресійного аналізу, повного факторного експерименту, тощо, не є необхідним. Достатньо отримати імітаційну модель, яка дозволяє апроксимувати функцію у багатьох змінних. Як відомо, нейронні мережі є універсальним апроксимуючими системами. Початкові значення ваг та коефіцієнт навчання НМ було обрано згідно рекомендацій [2, 3].

Особливістю застосування нейронних мереж є те, що мережа здатна надавати адекватне значення функції, яка апроксимується, проте не надає в аналітичному вигляді саму функцію.

Задля оцінки роботи нейронної мережі порівняємо отримані результати з результатами при виконанні регресійного аналізу, зокрема: множинної регресії. Регресійний аналіз використовується в тому випадку, якщо відношення між змінними можуть бути виражені кількісно у виді деякої комбінації цих змінних. Отримана комбінація використовується для передбачення значення, що може приймати цільова (залежна) змінна, яка обчислюється на заданому наборі значень вхідних (незалежних) змінних.

Найважливішими умовами побудови багатофакторної моделі зв'язку є достатня кількість одиниць у сукупності (як мінімум у 8 разів більше, ніж число факторів) та відсутність мультиколінеарності факторів (близького до функціонального зв'язку між ними).

Порівняння результатів роботи нейронної мережі із результатами регресійного аналізу наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння результатів

Експериментальне значення	Значення, отримане нейронною мережею	Значення, отримане регресійним аналізом
99,60	99,480	99,1100
99,89	99,761	99,3400
97,97	97,752	99,1350
98,41	98,724	99,1440
98,43	98,659	99,0086
98,44	98,676	98,9996
98,45	98,683	98,9174

Порівнюючи результати нейронної мережі та регресійної моделі, переконаємось, що нейронна мережа краще узагальнює.

Слід зауважити, що ретельна підготовка вхідних зразків у достатній мірі сприяла тому, що різні мережі навчались за достатньо невелику кількість епох незалежно від функції активації, заданого кроку навчання та заданої похибки. Як показали результати перевірки та тестування спроектованої та «навченої» НМ, її узагальнюючі можливості повністю задовольняють очікуванням.

Список літературних джерел

1. Коваленко І.Л. Технологія модифіцирования аграрной аммиачной селитры в производстве энергоконденсированных систем / І.Л. Коваленко, Д.В. Киященко // Science and education a new dimension. Natural and technical sciences. 2015. III (8), Issue 73. P. 107-110.

2. Коваленко І.Л. Застосування нейронних мереж для оптимізації технології енергоконденсованих систем / І.Л. Коваленко, Л.І. Коротка // Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2017. – С. 60-63. (DOI: 10.32434/СМОС-2017)

3. Коротка Л.І. Аналіз нейромережевих моделей в задачах оптимізації технології енергоконденсованих систем / Л.І. Коротка // Математичне моделювання. – 2018. – №1(38). – С. 69-76.

РОЗРОБКА ХМАРНОЇ БАЗИ ДАНИХ ГЕНЕТИЧНИХ ЕКСПЕРМЕНТІВ НА ОСНОВІ GOOGLE CLOUD PLATFORM

Желізняк В. О., Олевський В. І.

Український державний хіміко-технологічний університет

В умовах боротьби з епідемією COVID-19 великого значення набувають спільні зусилля науковців щодо вивчення генотипів популяцій тварин та людини. Створення міжнародних колаборацій з цих питань потребує організації віддаленого роздільного доступу одних членів спільноти до результатів експериментальних досліджень інших членів з можливістю обробки даних та їх поширення. Найбільш зручними у такому випадку є хмарні бази даних. Хмарні обчислення – це спосіб керування ІТ-ресурсами, що прийшов на зміну локальним машинам і приватним центрам обробки даних з віртуальної інфраструктурою [1].

Метою диплома є створення бази даних з роздільним доступом користувачів у хмарному середовищі Google. Програмний продукт представляє собою базу даних, що зберігає у собі результати експериментів синтезу білків та надає можливість користувачам мати онлайн-доступ до усіх даних, переглядати та редагувати інформацію експериментів, здійснювати пошук експериментів по даті та особливим маркерам. Обсяг бази даних надає можливість зберігати до 15 гігабайт даних. Зовнішній вигляд проекту, що розробляється, представляє собою адміністративну панель керування, на якій розташований ряд вкладок та посилань, за допомогою яких можна керувати вмістом бази даних і надавати необхідні права за запитом.

З точки зору хмарних технологій вперше застосовується роздільний доступ користувачів до однієї інформаційної бази. Доступ до бази даних надається за спеціальним ключем, реалізація цього методу надає можливість розділяти користувачів за рівнем прав та захищати базу даних від несанкціонованого доступу.

Завдяки розміщенню бази даних в хмарі користувачі отримують доступ до віртуальних обчислювальних і мережних ресурсів, а також до ресурсів зберігання даних, наданих в Інтернеті віддаленим постачальником [2].

Звичайно, хмарні обчислення підходять не для всіх додатків, тому знадобилося додаткове налаштування інтерфейсу бази для перенесення ІТ-операцій з локальної інфраструктури в хмару, що дає вагомні переваги, серед яких наступні.

– Мобільність: користувач не прив'язаний до певного робочого місця. Вся інформація доступна з будь-якого пристрою, підключеного до інтернету [2].

– Гнучкість: з хмарою користувач отримує доступ до потужних технологічних можливостей, що дозволяє реалізовувати роздільний доступ до даних та їх хмарну обробку [1]. Завдяки цьому база швидко розгортається та має доступ до необхідних ресурсів.

– Простота використання і обслуговування: завдяки хмарним обчисленням розгортання ресурсів і оновлень виконується автоматично і стандартизовано. Це підвищує доступність, а також виключає неузгодженість і потребу в оновленнях вручну [2].

– Ціна: скорочення витрат на придбання дорогих потужних комп'ютерів, серверів, немає потреби оплачувати роботу ІТ-фахівця для обслуговування локального дата-центру [1].

– Потужність: високий рівень технологічності обчислювальних потужностей, який надається користувачу, дозволяє зберігати, аналізувати і обробляти дані. Необхідні інструменти для роботи надаються автоматично веб-сервісом [2].

Для створення програмного продукту було обрано платформу Google Cloud Platform, яка має набір необхідних додатків, серед яких App Engine – служба, за допомогою якої споживач отримує доступ до використання інформаційно-технологічних платформ: операційних систем, систем управління базами даних, зв'язного програмного забезпечення, засобів розробки і тестування [1]. На рисунку 1 зображено макет панелі керування програмного продукту.

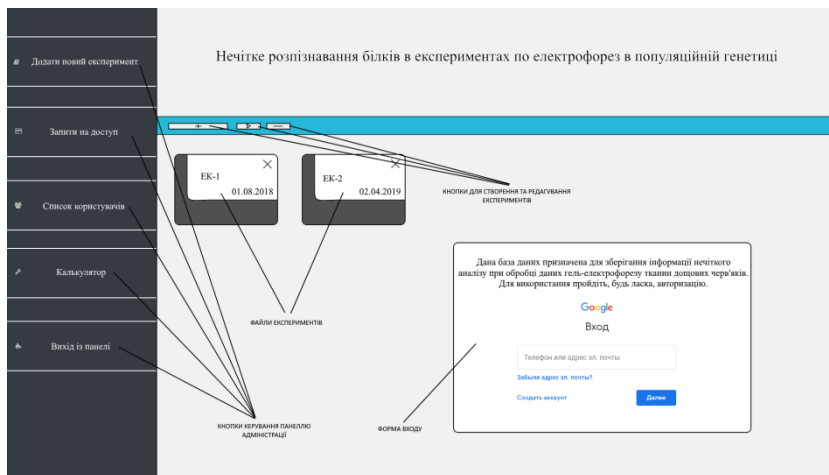


Рисунок 1 – Макет панелі керування базою даних

Список використаних джерел

1 Преимущества облачных технологий [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sistyle.ru/blog/item/30-clouds-advantages/>

2 Yu.B. Olevska, V.I. Olevskiy, O.V. Olevskiy, Using of fuzzy mathematical models in automated systems for recognition of high molecular substances / AIP Conference Proceedings. – 2025(1). – 2018. – paper 060003, 9p., doi: <https://doi.org/10.1063/1.5064911>

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЗАСОБАМИ PYTHON

Животкевич О. В., Гнатушенко Вік. В, Фененко Т. В.

Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Глибоке навчання (ГН) – підмножина методів машинного навчання (МН), в яких застосовуються штучні нейронні мережі (ШНМ) [1]. Слово «глибокий» має на увазі наявність великого числа шарів в ШНМ, але його інтерпретація з часом змінювалася. Якщо кілька років тому вважалося, що 10 шарів досить, щоб називати мережу глибокою, то тепер глибокою зазвичай називається мережа, яка містить сотні шарів.

Розроблено програмний засіб (ПЗ) для аналізу результатів розпізнавання образів з використанням алгоритмів глибокого навчання. Використано дистрибутив Anaconda, в тому числі бібліотеки Keras і TensorFlow та мова і бібліотека Python [2,3].

За допомогою ПЗ можливо розпізнавання даних, які є набором зображень, отримати результати у наявному вигляді, провести порівняльний аналіз результатів розпізнавання алгоритмами глибокого навчання.

Функціональність ПЗ перевірено на тестових даних. Використано набір з 60000 зображень для навчання моделі і окремий набір з 10000 зображень - для її перевірки. Кожне зображення належить одному з 10 класів [4].

На рисунку 1 показано вікно для перегляду даних. Передбачено зміну елементу перегляду, Таким чином можливо перейти до кожного зображення, як навчального так і тестового набору даних, та побачити, до якого класу воно віднесене.

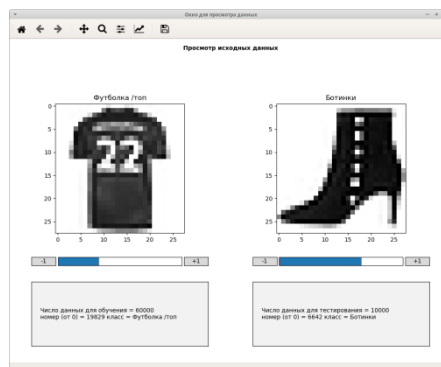


Рисунок 1 – Елементи набору даних навчання і тестування

Використання ПЗ, який розроблено, дозволяє оцінити якість розпізнавання. На рисунку 2 виведено матрицю відповідності. По діагоналі матриці розташовані цифри, які показують кількість вірних результатів розпізнавання. Таким чином можливо візуально оцінити якість розпізнавання.

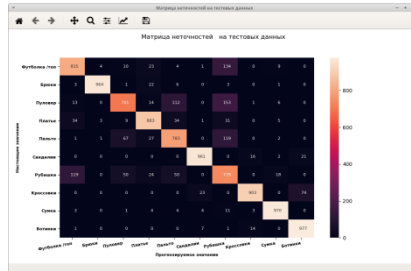


Рисунок 2 – Матриця відповідності розпізнавання

Для оцінки точності інтерес представляють кількісні результати помилок, які наведені на рисунку 3.

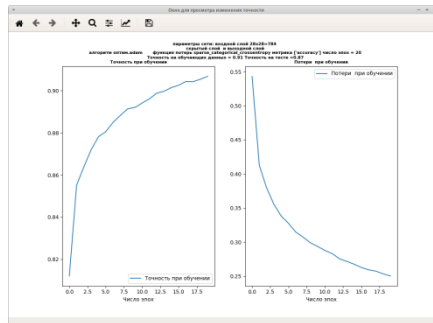


Рисунок 3 – Оцінка точності при навчанні

Розроблений програмний засіб для проведення розпізнавання алгоритмами глибокого навчання, який має зручний інтерфейс і наочність результатів.

Список літературних джерел

1. Антонио Джулли, Суджит Пал. Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow/Пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 294с.
2. Плас Дж. Вандер. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 576 с.
3. Data science technology. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://www.anaconda.com/>
4. Жерон, Орельен. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем./Пер. с англ. – СПб.: ООО "Альфа-книга, 2018. – 688 с.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВІРТУАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА В РЕАЛЬНОМУ ІНТЕР'ЄРІ

Завадський К.В., Кодола Г.М.

ДВНЗ «Український держаний хіміко-технологічний університет», Дніпро,
Україна

У широкому сенсі доповнена реальність являє собою процес перегляду реального світу і віртуальних об'єктів одночасно, де віртуальна інформація накладається, вирівнюється і інтегрується в фізичному світі. У літературі з людино-машинної взаємодії доповнена реальність знаходиться в безперервному діапазоні інтерфейсів від «реальності» до віртуальної реальності «повного занурення» (рис 1).

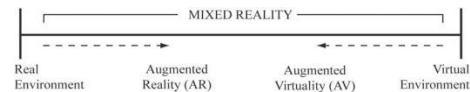


Рисунок 1 - Діапазон технологій змішаної реальності

Істотною відмінністю доповненої реальності від віртуальної є збереження фізичного світу як контексту, в якому представлені віртуальні об'єкти і з яким вони взаємодіють. Віртуальна реальність повністю абстрагується від фізичного світу, щоб помістити користувача повністю у віртуальний світ. Віртуальна реальність використовує спеціальні позиційні трекери з дисплеями (окуляри віртуальної реальності), які динамічно оновлюють видимий користувачем простір у віртуальному середовищі. Важливо розуміти, що доповнена реальність повністю змінює парадигму, і в підсумку віртуальні об'єкти розміщуються в реальному оточенні користувача [1].

Таким чином, доповнена реальність – це технології, що дозволяють доповнювати зображення реальних об'єктів різними об'єктами комп'ютерної графіки, а також поєднувати зображення, отримані від різних джерел комп'ютерного середовища: відеокамер, акселерометрів, компасів і т.д. Схема середовища доповненої реальності представлена на рис. 2.

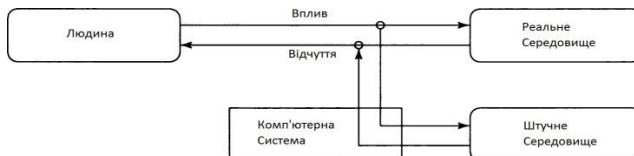


Рисунок 2 – Схема середовища доповненої реальності

На відміну від «віртуальної реальності», яка передбачає повністю штучний синтезований світ (відеоряд), доповнена реальність припускає інтеграцію віртуальних об'єктів у природні відеосцени.

Рональд Азума виділив ряд ознак, якими має володіти доповнена реальність [2]:

- комбінування реального та віртуального світу;
- інтерактивність;
- тривимірне представлення об'єктів.

Один з найбільш важливих аспектів при створенні систем доповненої реальності – це створити відповідний інтуїтивно зрозумілий інтерфейс між користувачем і віртуальними об'єктами в системі. Матеріальні інтерфейси підтримують пряму взаємодію з реальним світом, з використанням реальних фізичних об'єктів та інструментів.

Людина основну частину інформації про зовнішній світ отримує через зоровий канал та вельми ефективно обробляє, аналізує, а також інтерпретує отриману інформацію ззовні. Тому одразу постало питання, як можна реалізувати подібну систему обробки відеоданих для обчислювальної техніки.

Технології доповненої реальності використовуються в достатньо популярних областях науки та техніки, таких як підвищення продуктивності, контроль виробничого обладнання, системи управління рухомим апаратами, біомедичні дослідження, підвищення якості виробів, що випускаються, автоматизація процесів і багато інших. Більше того, успіх сучасного бізнесу в основному залежить від якості пропонованої продукції. А для забезпечення якості необхідний візуальний контроль.

Для візуалізації віртуального об'єкту в реальному інтер'єрі використовується, наприклад такий додаток, як Spark AR [3]: технологія, яка дозволяє використати доповнену реальність у соціальних мережах Facebook та Instagram. За допомогою фотограмметричного метода, камера смартфона отримує проєційні данні з реального інтер'єру для побудування тривимірних об'єктів. Загальна риса цього метода – видача результатів пошуку у вигляді «хмари» крапок, що описують поверхню об'єкта або системи взаємопов'язаних об'єктів. Хмара крапок – це набір вершин у тривимірній системі координат. Дані вершини, як правило, визначаються координатами X, Y і Z і, як правило, призначені для подання зовнішньої поверхні об'єкта.

Отже ціль дослідження показати на практиці як можна використати технології доповненої реальності, в різних областях життєдіяльності людини та, як інтерактивно можна зв'язувати віртуальні об'єкти та реальні.

Список літературних джерел

1. Joseph Rozier. Hear&There: An Augmented Reality System of Linked Audio / Joseph Rozier, Karrie Karahalios, Judith Donath // Online Proceedings of the ICAD. – 2009. – P. 10.
2. Ronald T. Azuma A Survey of Augmented Reality // In Presence: Teleoperators and Virtual Environments. – 1997. – No 4. – P. 355–385.
3. Spark AR [Електронний ресурс] : інформаційний веб-сайт. – Режим доступу : <https://sparkar.facebook.com/ar-studio/>– Заголовок з екрана.

ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ФУНКЦІЇ АКТИВАЦІЇ ПРИ НАВЧАННІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Зеленцов Д.Г., Шаптала Т.М.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Дніпро, Україна

Нейронні мережі на сьогодні є дуже важливою частиною екосистеми комп'ютерних наук. Ідея зародилася у 40х роках ХХ сторіччя, після досягнень в області нейрології і вивченню роботи мізків живих істот. Саме завдяки вивченню функціонування мозку були створені перші моделі побудови та методи навчання нейронних мереж. У 2-й половині 50х років ХХ сторіччя вже були побудовані елементарні, працюючі нейрони – перцептрони, які змогли підтвердити можливість теоретичних моделей.

В загальному вигляді штучний нейрон має структуру[1] показану на рисунку 1:

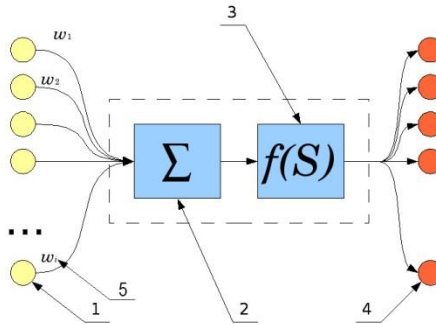


Рисунок 1 – Схема штучного нейрона

1. Нейрони, вихідні сигнали яких надходять на вхід;
2. Суматор вхідних сигналів;
3. Обчислювач функції активації;
4. Нейрони, на входи яких подається вихідний сигнал даного;
5. Ваги вхідних сигналів.

У процесі створення штучних моделей нейронних мереж та поглиблення знань в області нейрології та нейропсихології було виявлено дуже важливу деталь. А саме те, що біологічно-природні нейронні мережі мають дуже не гнучку функцію активації яка має назву “сходінка” або ж функція Хевісайда [2] яка в дискретній формі виражається:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ 1, & x \geq 0, \end{cases} \quad (1)$$

Та графік функції має вигляд:

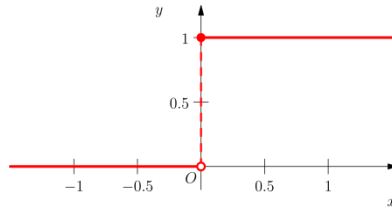


Рисунок 2 – Графік функції Хевісайда

Дослідження підтвердили, що ця функція не є ефективною; принаймні коли в нейронній мережі не багато нейронів, як наприклад у мозку людини, що створює великі обмеження за рахунок відсутності достатньо потужного обчислювального апаратного забезпечення, навіть на сьогодні.

Таким чином дослідження спрямувались у пошук інших функцій активації і сьогодні їх є дуже багато. Вони мають різні характерні риси та набори переваг й недоліків, деякі з них мають прямі зв'язки з конкретними методами навчання. Також взявши на увагу те, що справжній стрибок у розвитку нейронних мереж можна вважати початок ХХІ сторіччя, завдяки появі достатньої обчислювальної потужності в апаратному забезпеченні.

Таким чином можна зробити висновок, що одним із головних показників ефективної роботи нейронної мережі є вибір функції активації, так як це безпосередньо один із центральних компонентів самої ідеї нейрона. Також це підтверджує досвід, як попередніх досліджень починаючи з 40х років ХХ сторіччя, так і досвід світових лідерів ринку ІТ технологій таких як Google, Amazone та інших.

Тому питання пошуку оптимальної функції активації є досі актуальним, та потребує глибокого вивчення. На початку створення ідеї штучного нейрона правильно підібрана функція активації вже показала свою значимість, а пошук та систематизація підходів для пошуку оптимальної функції в залежності від типу задачі, методу навчання та архітектури мережі в цілому може надати можливість ще більше підвищити ефективність як процесу навчання нейронної мережі, так і точності її роботи.

Список літературних джерел

1. Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов «Нейрокомпьютеры», МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 г., ISBN 5-7038-2554-7

2. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. — М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 656 с. — ISBN 5-7038-2189-4 (Т. 1)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ЗАДАЧАХ РЕГРЕСІЇ

Кульбердієв Б. А., Хорошилов С. В.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний
університет», Дніпро, Україна

Нейронні мережі – потужний метод моделювання, що дозволяє відтворювати складні нелінійні залежності. Здатність до моделювання нелінійних процесів, роботи з зашумленими даними і адаптивність дають можливість застосовувати нейронні мережі для вирішення широкого класу завдань. В останні кілька років на основі нейронних мереж було розроблено багато програмних систем для застосування в таких питаннях, як прогнозування і оцінка економічних параметрів, наприклад, стану підприємства, кредитоспроможності позичальника, ймовірності банкрутства підприємства, контроль за інвестиціями, розміщення позик і т.д. Нейронні мережі навчають на прикладах [1]. Навчання нейронної мережі – це процес, в якому параметри нейронної мережі настраюються за допомогою моделювання середовища, в яку ця мережа вбудована. Тип навчання визначається способом підстроювання параметрів. Розрізняють алгоритми навчання з учителем і без вчителя [2].

Алгоритм навчання діє методом зміни або вагів (тобто сили зв'язків між вузлами), або виходів нейронної мережі, або структури нейронної мережі, прагнучи до мінімальних похибок або енергії, ґрунтуючись на навчальних даних.

Процес навчання з учителем є пред'явлення мережі вибірки навчальних прикладів. Кожен зразок подається на входи мережі, потім проходить обробку всередині структури нейронної мережі, обчислюється вихідний сигнал мережі, який порівнюється з відповідним значенням цільового вектора, що представляє собою необхідний вихід мережі. Потім за певним правилом обчислюється похибка, і відбувається зміна вагових коефіцієнтів зв'язків всередині мережі в залежності від обраного алгоритму.

При навчанні без учителя навчальну множину складається лише з вхідних векторів. Навчальний алгоритм підлаштовує ваги мережі так, щоб виходили узгоджені вихідні вектори, тобто щоб пред'явлення досить близьких вхідних векторів давало однакові виходи. Процес навчання, отже, виділяє статистичні властивості навчальної множини і групує подібні вектори в класи. Для навчання нейронних мереж без вчителя застосовуються сигнальні метод навчання Хебба і Ойа [3].

Постановка задачі. Ціль навчання нейронної мережі полягає в визначенні вектора синаптичних ваг ω , при якому функція похибки мережі обчислюється за формулою (1):

$$E(\omega) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i(\omega) - t_i)^2 \rightarrow \min, (1)$$

де n – кількість навчальних зразків;

$\sum_{i=1}^n (y_i(\varpi))$ – отриманий вихід нейронної мережі;

t_i – еталонний вихід нейронної мережі.

Якщо функція активації нейронної мережі являється неперервною, тобто величина функції похибки неперервно залежить від значення будь-якого вагового коефіцієнта, то для навчання нейронної мережі можуть бути використані градієнтні методи, а задача навчання може бути сформована, як задача безумовної багатовимірної оптимізації (2):

$$E(\varpi) \rightarrow \min, \varpi \in R. \quad (2)$$

Використано три методи навчання нейронної мережі, заснованих на властивостях градієнту: метод градієнтного спуску, метод найшвидшого спуску, метод пов'язаних градієнтів. Апроксимація функції для пов'язаних градієнтів виконується за допомогою формули (3):

$$s^{-j} = r^{-j} + \beta^j \cdot s^{-j-1}, \quad (3)$$

де r^{-j} – резидуальна похибка;

β^j – множник масштабування, який знаходиться за допомогою формули:

– Полака-Ріб'єра (3.1):

$$\beta^j = \frac{\nabla E(\omega^{0j}) \cdot (s^{-j} - s^{-j-1})}{s_{j-1}^{-T} \cdot s^{-j-1}} \quad (3.1)$$

– Флетчера-Рівза (3.2):

$$\beta^j = \frac{s_j^t \cdot s^{-j}}{s_{j-1}^{-T} \cdot s^{-j-1}} \quad (3.2)$$

Розглянуто особливості застосування цих методів до ряду практичних завдань, зокрема особливості вибору гіперпараметрів. Зроблено висновки щодо недоліків та переваг цих методів, а також надано рекомендації до застосування цих методів.

Список літературних джерел

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. [Текст] / С. Хайкин. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006 – 1104 с.

2. Калан, Р. Основные концепции нейронных сетей [Текст] / Р. Калан. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 287 с.

3. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд. [Текст] / Круглов В. В., Борисов В. В.; стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 382 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ХАОТИЧНИХ РЕЖИМІВ СИСТЕМИ

Кушніт В.Г., Дерев'янюк О.І., Фененко Т.М.

Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Однією з проблем дослідження нелінійних динамічних систем є експоненціальна чутливість системи до малих збурень, яка виявляє наявність в системі детермінованого хаосу. При цьому мала зміна біфуркаційного параметра призводить до якісної зміни поведінки фазових траєкторій системи, тобто до нерегулярної хаотичної динаміки.

Нелінійні детерміновані системи, що складаються з небагатьох простих компонентів, можуть вести себе неупорядочено, хаотично. Хаотичні системи чутливі до малих впливів, як початкових, так і у всіх точках руху.

Для виявлення динамічної нестационарності часових рядів з наступним її аналізом часовий ряд поділяється на короткі відрізки, такі, що оператор еволюції в кожному з них можна вважати сталою величиною. Серед різних підходів до виміру відхилень між сегментами найбільш часто використовуються різні міри розходження між розподілами точок часового ряду у фазовому просторі: наприклад, L_1 – відхилення, χ^2 – критерій та інші.

Однак такі методи, дають подвійний результат: вони вказують, чи відбулися зміни в системі, але не подають інформацію про момент (час) переходу. Існують методи кількісної оцінки відхилення, що показують розходження між еволюційними операторами. Серед них: нелінійна крос-помилка прогнозу [4] та евклідова відстань між векторами коефіцієнтів динамічних моделей, побудованих для різних сегментів часового ряду [1].

Суть розглянутого в даній роботі методу складається у розбитті фазового простору на сегменти (комірки) та обчисленні відвідуваності фазової траєкторії системи цих сегментів. Таким чином, у фазовому просторі розглядається n -вимірний гіперкуб. Далі для визначення динамічних змін необхідно скласти матрицю відхилень між комірками гіперкуба (розмірність якого визначається кількістю параметрів системи, обраних для аналізу), елементи якої (покладаємо що кожна комірка матриці нумерується одним індексом) обчислюються за наступною формулою:

$$L_{ij} = \sum_{k=1}^p (U_{ik} - U_{jk}), \quad i, j = 1, \dots, n, \quad (1)$$

де n – кількість інтервалів,

p – кількість точок часового ряду,

U_{ik} – кількість відвідувань k -го сегменту i -го інтервалу.

Для динамічного аналізу оцінюємо матрицю відхилень між попередніми та наступним інтервалом у динамічному режимі та виводимо результат на матрицю повернень. Момент зміни будь якого параметра моделі відображається різкою зміною на діаграмі повернень.

У якості тестового прикладу, розглянемо застосування даного підходу для визначення моменту зміни одного з параметрів у системі Лоренца, при

переході від хаотичної динаміки до стійкого граничного циклу.

Модель Лоренца у 3-вимірному вигляді є:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \delta(y - x), \\ \dot{y} &= rx - y - xz, \\ \dot{z} &= -bz + xy.\end{aligned}\quad (2)$$

Хаотичний режим реалізується за умови $\delta = 10$, $r = 89$, $b = \frac{8}{3}$.

Чисельно інтегруючи систему (2), у момент часу $t=1000$ збільшуємо значення параметра r , при цьому траєкторія системи через певний проміжок часу лягає на граничний цикл (рис. 1). Зміна динамічного режиму візуально простежується лише через значний проміжок часу після зміни параметру r .

Для індикації моменту зміни у динамічному режимі у роботі проведено комп'ютерне моделювання, у динамічному режимі будується матриця відхилень, яку у наочному представляється градаціями сірого кольору у залежності від величини L_{ij} , що розраховується за формулою (1).

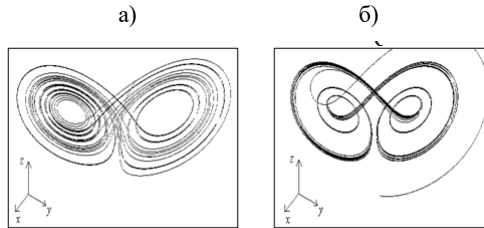


Рисунок 1 – Атрактор системи Лоренца при $\delta = 10$, $b = \frac{8}{3}$,
(а) $r=89$, (б) $r=91,745$

У якості висновку зазначимо, що виділення квазістаціонарних ділянок має цінність і для побудови моделі. При моделюванні бажано використовувати увесь наявний часовий ряд, щоб одержати більш достовірні оцінки параметрів, але у випадку нестационарності модель з постійними параметрами є неадекватною.

Список літературних джерел

1. Gribkov D, Gribkova V. Learning dynamics from nonstationary time series: analysis of electroencephalograms // Phys Rev E. – 2000. – v. 6. – p. 6538-6545.
2. Hively L.M., Gaily P.C., Protopopescu V.A. Detecting dynamical change in nonlinear time series // Phys. Lett. A. – 1999. – v. 258. – p. 103-114.

ПРОЕКТУВАННЯ ДОДАТКУ ФОРМУВАННЯ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ З МАТЕМАТИКИ

Лабунець С.О., Кодола Г.М.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Дніпро, Україна

Впровадження нових інформаційних технологій в навчальний процес школярів дозволяє покращити знання та вміння школярів за рахунок отримання інформації з електронних джерел інформації.

Метою розробки програмного продукту є створення алгоритмів формування тестових завдань, що дозволяють: створювати набори різноманітних задач різних сфер математики, отримувати рішення цих задач, демонструвати ці задачі користувачеві аби він їх вирішував, а після цього зміг зберегти свої результати у локальній базі даних додатку або у зручному форматі на свій комп'ютер. При цьому додаток повинен бути веборієнтованим.

Проектування таких алгоритмів є відправною точкою створення програмного продукту, адже саме на етапі проектування відбувається закладання фундаменту майбутньої програми. Для проектування використовується об'єктно-орієнтований підхід з використанням UML-діаграм.

Було прийнято рішення розпочати проектування з визначення ключових модулів програми, які будуть відповідати за створення, вирішення, а також демонстрацію та збереження завдань. Наступна діаграма класів відображає перелік пакетів та їх модулів проекту, що розробляється (рис. 1).

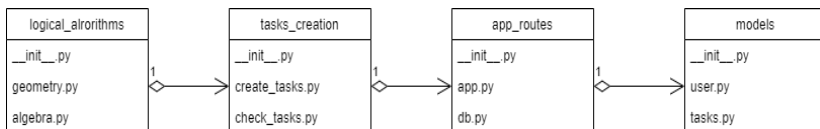


Рисунок 1 – Діаграма класів

Таким чином, пакет *logical_algorithms* містить модулі для вирішення завдань із розділів алгебри та геометрії, пакет *tasks_creation* містить у собі модулі для створення необхідних наборів завдань, пакет *app_routes* містить шляхи для користувача, за якими він проходить по додатку сторінка за сторінкою, отримуючи на екран відповідну задачу, вирішуючи її та надаючи відповідь, відповідь перевіряє додаток на стороні сервера, а також пакет *models*, який містить у собі опис бази даних та її таблиць, де зберігається така інформація, як дані авторизації користувачів, та набори завдань, які було створено, а також необхідні методи для реалізації функцій авторизації та зберігання інформації про проходження тестових завдань.

Використовуючи результати проектування можна переходити до реалізації програмного продукту.

Оскільки додаток повинен бути веборієнтованим, то для розробки було обрано мову програмування Python, яка підтримує безліч парадигм, оптимізована для забезпечення високої продуктивності програмістів, читабельності коду та якості програмного забезпечення, а також фреймворк для створення веборієнтованих додатків Flask, систему управління базами даних MSSQLServer і модуль для роботи з двигуном системи управління базою даних SQLAlchemy. Для відображення інтерфейсу системи буде зверстано декілька вебсторінок за допомогою мов HTML та CSS.

Як було зазначено вище, коли користувач створює запит на проходження завдань, додаток створює декілька наборів різних завдань із різних сфер математики, включаючи такі задачі, як знаходження значення необхідного параметру (сторони, ребра тощо) геометричної фігури, знаходження коренів квадратного рівняння або побудова графіку функції. Рівень підготовки школярів за допомогою цього сервісу залежить від математичних задач, які цей сервіс у змозі вирішити та запропонувати користувачеві.

Розроблений макет сторінки з питаннями поділяє її на декілька питань однієї тематики, тобто, наприклад, містить 4-5 однотипних завдань (рис. 2).

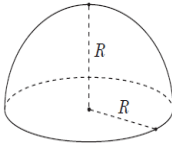
1 Скоротіть дріб $\frac{a+4}{16-a^2}$

$a-4$
 $\frac{1}{4-a}$
 $\frac{1}{a-4}$
 $4-a$

2 При яких значеннях змінної алгебраїчна дріб має сенс? $\frac{3x^2}{x^2+3}$

при всіх, окрім 0
 при всіх
 при всіх, окрім 3
 при всіх, окрім -3

3 Укажіть формулу для обчислення об'єму V півкулі радіуса R .



$V = 4\pi R^2$
 $V = \pi R^3$
 $V = \pi R^2$
 $V = \frac{2}{3}\pi R^3$

Рисунок 2 – Макет сторінки додатку

Сторінка з результатами має відобразити максимально детальну інформацію про задачі, які було запропоновано користувачеві, а також інформацію про вирішення цих задач користувачем, щоб він зміг оцінити рівень своїх знань у тому чи іншому модулі тесту.

СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ЗАДАЧАХ АВТОНОМНОГО КЕРУВАННЯ

Ладик Д. Д., Хорошилов С. В.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро, Україна

Останнім часом в світі постійно зростає інтерес до безпілотних автомобілів – до машин, які можуть безпечно їздити по дорогах загального користування без участі людини. Такими автономними автомобілями керує комп'ютер і датчики, об'єднані в єдину систему автономного керування.

При створенні таких автономних систем потрібно вирішувати наступні завдання:

1. Сприйняття інформації та локалізація об'єктів,
2. Планування маршруту високого рівня,
3. Арбітраж поведінки або планування маршруту низького рівня,
4. Розробка контролерів руху.

Саме вирішенню першого завдання присвячена ця робота.

Методи глибокого навчання особливо добре підходять для виявлення та розпізнавання об'єктів у 2D-зображеннях та 3D-хмар точок, отриманих від відеокамер та пристроїв LiDAR (технологія визначення об'єктів за допомогою лазера) відповідно. В цей час ще невизначено який з цих сенсорів краще застосовувати для цих задач. Наприклад, Tesla® та Waymo®, дві компанії, що ведуть розробку технологій автономного керування, мають різні філософії по відношенню до їх основного датчика сприйняття. Tesla намагається використовувати тільки системи камер, проте технології керування Waymo більше покладаються на датчики Lidar. Обидва ці підходи мають переваги та недоліки. Але враховуючі те, що камера – це досить дешевий та доступний пристрій, саме інформація, отримана с камер використана для обробки в цій роботі.

Для вирішення завдання були застосовані згорткові нейронних мережі (ЗНМ) та рекурентні нейронні мережі (РНМ), які є найпоширенішими методологіями глибокого навчання, що застосовуються для автономного керування.

ЗНМ використані для обробки просторової інформації у вигляді зображень, і можуть розглядатися як екстрактори ознак зображення та універсальні нелінійні апроксиматори функцій.

ЗНМ імітує функціонування вентрального потоку, в якому знаходяться різні ділянки мозку, чутливі до специфічних особливостей у зоровому полі. Клітини мозку в зоровій корі активуються різкими переходами в зоровому полі зору, так само, як і детектор країв виділяє різкі переходи між сусідніми пікселями на зображенні. Ці краї далі використовуються у мозку, щоб апроксимувати частини об'єкта і, нарешті, оцінити абстрактні уявлення об'єктів.

ЗНМ параметризується своїм ваговим вектором $\theta = [W, b]$, де W - набір ваг, що регулюють між нейронні зв'язки, а b - набір значень зміщення нейронів.

Набір ваг W організований як фільтри зображення, з коефіцієнтами, засвоєними під час тренування. Згорткові шари всередині ЗНМ використовують місцеві просторові кореляції пікселів зображення для навчання фільтрів згортки, що інваріантні до зміщення та фіксують дискримінантні особливості зображення.

Серед методів глибокого навчання РНМ особливо ефективні при обробці даних часової послідовності, таких як аудіо або відеопотоки. Вони відрізняються від звичайних нейронних мереж тим, що містять залежний від часу цикл зворотного зв'язку у своїй комірці пам'яті.

Основною проблемою при використанні класичних РНМ є зникаючий градієнт, який зустрічається під час навчання. Сигнал градієнта може ставати дуже малим внаслідок використання множення великої кількості разів, стільки, скільки застосовується часових кроків. Тому, традиційні РНМ не підходять для фіксації довгострокових залежностей в даних послідовності. Якщо мережа дуже глибока, або розглядаються довгі послідовності, градієнт виходу мережі буде важко передати назад, щоб вплинути на ваги у попередніх шарах. При зникненні градієнту ваги мережі не оновлюються ефективно, що закінчується дуже малими значеннями ваги. На відміну від традиційних РНМ, мережі з довгостроковою та короткостроковою пам'яттю (ДСКС) вирішують проблему зникаючого градієнта, застосовуючи три елемента, які керують входом, виходом і станом пам'яті. Мережі ДСКС можуть використовуватися як нелінійні апроксиматори функцій для оцінки часових залежності в даних послідовностей.

Розглянуто задачі розпізнавання дорожніх знаків та сигналів світлофорів на зображеннях. У якості функції втрат для цілей класифікації зображень використано перехресну ентропію та негативну \log -ймовірність.

Задача оптимізації при навчанні вирішувалася за допомогою варіантів стохастичного градієнтного спуску (SGD) та алгоритму зворотного поширення для помилок, а саме Adam та AdaGrad.

Проаналізовано переваги на недоліки застосованих методів для розглянутих задач.

Список літературних джерел:

1. Гудфеллоу Я., Бенджо І., Курвилль А. Глибоке обучение = Deep Learning. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 652 с. – ISBN 978-5-97060-554-7.
2. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глибоке обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с. – ISBN 978-5-496-02536-2.
3. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. – 2015. – V. 521, No 7553. – P. 436 – 444.

СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО СИМУЛЯТОРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ

Лебединець С. В., Хорошилов С. В.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро, Україна

Нейронні мережі - одна з найдивовижніших парадигм програмування, коли-небудь винайдена. У традиційному підході програмування ми говоримо комп'ютеру, що робити, розбиваючи великі проблеми на безліч дрібних, точно визначених завдань, які комп'ютер може легко виконувати. Навпаки, у нейронній мережі ми не говоримо комп'ютеру, як вирішити нашу проблему. Натомість він дізнається на основі даних спостережень, з'ясувавши власне рішення розв'язаної проблеми [1].

Відомо, що навчання нейронних мереж при вирішенні реальних задач є складною задачею, успішність вирішення якої у значною мірі залежить від майстерності та досвіду розробника мережі. Для розробки та навчання нейронних створено багато спеціалізованого програмного забезпечення, але воно потребує суттєвих зусиль для його ефективного використання.

Використання таких веб-технологій як `convent.js`, `keras.js` та `Tetensorflow.js` дозволяє розробляти та навчати нейронні мережі одразу в браузері з можливістю візуалізації процесу навчання та результату роботи мережі без необхідності завантаження додаткових бібліотек, крім цього можливе збереження та завантаження раніше навчених моделей. Недоліком такої реалізації є обмежений набір функцій активації які є у бібліотеці та обмеження щодо зміни архітектури нейронної мережі.

В роботі розглянуті основні класи задач машинного навчання, а саме навчання комп'ютерної програми або алгоритму поступового поліпшення виконання поставленого завдання. Симулятор дозволяє отримати досвід для наступних задач машинного навчання (рис. 1): навчання з учителем, навчання без вчителя і навчання з підкріпленням [2].

Навчання з учителем виглядає наступним чином, маючи дані у вигляді прикладів з мітками, ми можемо подавати алгоритму їх один за іншим, чекати прогнозу і давати зворотний зв'язок: передбачив він правильно чи ні. Згодом алгоритм навчиться наближатися до точного прогнозу відносин між прикладами і їх мітками. Будучи повністю навченим, алгоритм зможе спостерігати приклад, який ніколи раніше не зустрічався і передбачати вірну мітку для нього. Отже, навчання з учителем часто описується як орієнтоване на завдання: алгоритм сфокусований на одному єдиному завданні. Цей тип машинного навчання можна зустріти у таких додатків як: правильний підбір реклами, класифікація спаму, розпізнавання облич.

При навчанні без вчителя дані не мають позначок. Замість цього алгоритм отримує в своє розпорядження дуже багато даних і інструментів для розуміння їх властивостей. Завдяки цьому він може навчитися групувати і

організувати старі дані в нові таким чином, щоб людина (або інший інтелектуальний алгоритм) зміг зрозуміти їх зміст.

Типи машинного навчання



Рисунок 1 – Розглянуті типи машинного навчання

Навчання без вчителя цікаве тим, що переважна більшість даних в цьому світі немає міток. Оскільки навчання без вчителя засноване на даних і їх властивості, ми можемо сміливо стверджувати, що воно виходить від даних. Результати навчання без вчителя контролюються даними і способом їх подання. Ось деякі області, де ви можете зіткнутися з навчанням без учителя: системи рекомендацій, угруповання проблем користувачів.

Навчання з підкріпленням схоже на навчання на помилках. Помістіть алгоритм навчання з підкріпленням в будь-яке середовище і на початку він буде робити багато помилок, однак ми будемо подавати алгоритму позитивний або негативний сигнал, який зв'яже його поведінку з позитивним або негативним результатами. Таким чином ми можемо поліпшити наш алгоритм, віддаючи перевагу хорошій поведінці, а не поганого. Згодом алгоритм навчання з підкріпленням навчиться робити менше помилок, ніж раніше. Використовується у таких галузях: відеоігри, промислове моделювання, управління ресурсами.

Проаналізовано та визначено переваги і перспективи використання веб-технологій для реалізації нейромережових методів. Відзначено архітектури нейронних мереж, перспективних для даного завдання та запропонована їх веб-реалізація.

Список літературних джерел

1. Neural Networks and Deep Learning [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>
2. What are the types of machine learning? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://towardsdatascience.com/what-are-the-types-of-machine-learning-e2b9e5d1756f>.

АЛГОРИТМ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІДЕОЕФЕКТІВ В PINNACLE STUDIO

Лісовол Є.К., Дерев'янка О.І., Фененко Т.М.

Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Проведемо дослідження геометричного «виду» корекції як стабілізації відео з метою видалення тремтіння камери.

Існує два методи рішення цієї проблеми:

- апаратна стабілізація (під час зйомки),
- програмна стабілізація (постобробка).

Етапи програмної стабілізації відео у Pinnacle Studio:

1. Згладжування траєкторії - Optimal Camera Path
2. Видалення motion blur
3. Video completion

Згладжування траєкторії ставить перед собою наступні завдання: визначити траєкторію руху камери, побудувати нову траєкторію, що зберігає плавні навісні рухи камери, і усунути тремтіння.

Ідея алгоритму полягає у наступному:

Замінити траєкторію камери на ту, яка містить лише ділянки з постійною координатою, швидкістю або прискоренням:

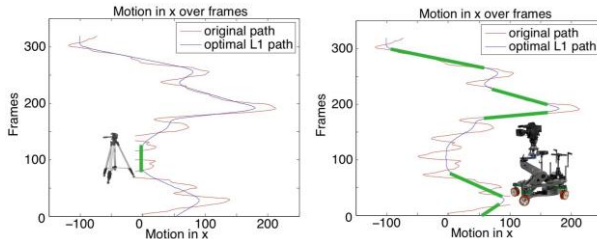


Рисунок 1 – Зміна ділянок камери

Мінімізуючий функціонал

$$\theta(P) = \omega_1 |D(P)|_1 + \omega_2 |D^2(P)|_1 + \omega_3 |D^3(P)|_1 \quad (1)$$

За всіма B_t , з улаштуванням: C – оригінальна траєкторія камери;

P – згладжувана траєкторія; F_t – перетворення кадру I_{t-1} в I_t ;

$C_t = F_1 F_2 \dots F_t$; $P_t = C_t B_t$; B_t – стабілізуюче перетворення;

D – диференціюючий оператор; W – вага.

При цьому з'являється наступна проблема: при стабілізації змінюється траєкторія руху камери, тому Motion blur, пов'язаний зі старим рухом, виглядає неприродно.

Ідея алгоритму: замінити розмиті пікселі більш чіткими із сусідніх кадрів

- розглянемо ділянку відео, в якій сцена значно не змінюється,
- для кожного кадру із цієї ділянки порахуємо міру відносної розмитості по загальній області перекриття

$$b_t = \frac{1}{\sum_{P_t} \left\{ ((f_x * I_t)(P_t))^2 + ((f_y * I_t)(P_t))^2 \right\}} \quad (2)$$

де f_x і f_y – фільтри-похідні в напрямках x та y ,

- якщо $\frac{b_{t'}}{b_t} > 1$, то кадр t' рахується більш розмитим, ніж t .

Введемо міру похибки

$$E_{t'}^t(P_t) = \left| I_{t'}(T_{t'}^t P_t) - I_t(P_t) \right| \quad (3)$$

У результаті

$$\hat{I}_t(P_t) = \frac{I_t(P_t) + \sum_{t' \in N} \omega_{t'}^t(P_t) I_{t'}(T_{t'}^t P_t)}{1 + \sum_{t' \in N} \omega_{t'}^t(P_t)} \quad (4)$$

Відео A і B візуально співвіднесені, якщо будь-який просторово-часовий блок із A може бути знайдений в B .

Якщо S – вхідна послідовність, а $H \in S$ – просторово-часова діра, то для вирішення задачі заповнення H новими даними H^* так, щоб послідовність, що отримується S^* , була як можна більш візуальною, обумовлена з $T = S / H$.

Міра узгодженості:

$$Coherence(S^* | T) = \sum_{p \in S^*} \max s(W_p, W_q) \quad (5)$$

p, q – просторово-часові точки (x, y, t) ,

W_p, W_q – блоки, які вміщують p, q ,

$s(W_p, W_q)$ – міра схожості двох блоків.

Переваги алгоритму: універсальність. Можна видаляти цілі кадри з послідовності, якісне відновлення зберігається навіть при швидкому русі.

Недоліки алгоритму: низька швидкість на великих зонах заповнення.

Список літературних джерел

- Авер М. 2 в 1: Видеомонтаж и создание DVD. Pinnacle Studio 10. Русская версия + Видеокурс: Учеб. пособие. Триумф, 2006.
- Александров А. Pinnacle Studio 10. Видеомонтаж и создание DVD. Триумф, 2006.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КАРТОГРАФУВАННЯ ЛОКАЦІЙ ТЕРМІНОВИХ ПОДІЙ У МІСТІ ДНІПРО ТА ОБЛАСТІ

Органішук О.О., Тарханов Б.С., Гаркуша І.М.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро,
Україна

В сучасному світі велике значення має інформація. Своєчасно отримана інформація про певні події, може певним чином вплинути на життя людини. На даний час швидко розвиваються інформаційні служби швидкого повідомлення. Так, наприклад, з 2007 року департамент інформаційних технологій та телекомунікацій міста Нью-Йорку (США) запустив безкоштовну послугу, яка дозволяє отримувати різноманітну інформацію про надзвичайні події у місті – Notify NYC (<https://www1.nyc.gov/>). В останній мобільній версії додатку під платформу Google Android можна отримувати наступні різновиди повідомлень: з надзвичайних ситуацій, порушення масових перемішень людей, повідомлення зі шкідл, аварійне призупинення паркувань, серйозні порушення руху транспорту, повідомлення по напрямку охорони здоров'я (у тому числі про локації із заражень COVID-19), локації зі значущими подіями, повідомлення про стан погоди.

Концепція створення фрагменту інформаційної системи картографування локацій термінових подій у місті Дніпро та області (надалі ІС) взята за основу з системи Notify NYC.

Головна мета проекту – розробити клієнт-серверний додаток, що надасть змогу кінцевому користувачу отримувати повідомлення про надзвичайні події у місті Дніпро та області з використанням картографічної основи.

При розробці вирішується ряд завдань, головні з яких наступні.

1. Розробка мережевої програмної інфраструктури обміну повідомленнями між серверною та клієнтською частинами.
2. Визначення вхідних інформаційних ресурсів, від яких серверна частина буде отримувати інформацію про певні події та реалізація отримання з них інформації.
3. Визначення географічних координат подій (якщо таке можливо).
4. Розробка бази даних (БД) подій, їх структурування, групування.
5. Розробка клієнтського додатку з певним інтерфейсом для візуалізації подій з БД серверу.

Робота виконується у рамках комплексного дипломного проекту на кафедрі інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Національного технічного університету “Дніпровська політехніка”.

Структурна схема ІС, що розробляється представлена на рисунку 1.

В якості основних інформаційних ресурсів планується використовувати: dnepr.info, most-dnepr.info, dnepr.express, dp.informator.ua, gorod.dp.ua, dv-gazeta.info, www.056.ua, а також інші можливі. Щоб не було правових порушень по використанню інформації з цих ресурсів, в БД

передбачена відповідна можливість збереження посилання на первинне джерело інформації, яке також надається користувачеві при наданні певних повідомлень. Клієнтська частина працює під операційною системою Google Android, та розроблена як додаток з підтримкою картографічної основи. Поверх карти будуть відображатися мітки з посиланням на певні події, які надійшли з сервера.

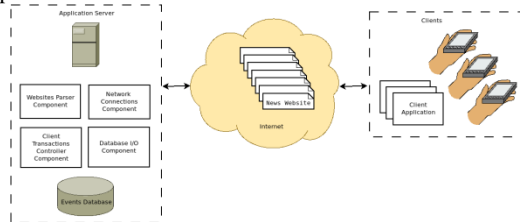


Рисунок 1 – Структурна схема ІС

Серверна частина оформлена у вигляді набору компонент, що працюють спільно у складі серверного додатку.

Певну частину аналізу займає компонент Websites Parser, який періодично за деяким квантом часу збирає інформацію з зазначених інформаційних ресурсів новин та складає відповідні посилання у базу даних подій Events Database. Процес так званого парсингу сайтів є складним, оскільки різні ресурси новин містять різну розмітку гіпертексту. Інша складність полягає у процесі аналізу текстів повідомлень у визначенні місця події. Тобто робота цього компоненту включає певні алгоритми смислового інтелектуального аналізу, які направлені на виявлення локації події.

Якщо в новині описана подія відбулась на деякій вулиці міста, то можна за допомогою потрібного запиту до сервісу Google Maps [1] отримати координати умовної середини цієї вулиці на карті. Якщо зазначено тільки місто, то на жаль координати події та карта буде показувати тільки місто з зазначеною межею. Якщо в повідомленні зазначений тільки район та назва міста, то на карті буде окреслений тільки вказаний район, до якого відноситься певна подія.

Компонент Network Connections відповідає за встановлення з'єднання з клієнтами. Якщо зареєстрований раніше в системі користувач не є активним, то в такому разі сервер відправляє до нього відповідне push-повідомлення. В якості основного протоколу обміну між сервером та клієнтом планується використовувати WebSocket, який є повнодуплексним протоколом та працює поверх TCP-з'єднання [2].

Список літературних джерел

1. Raj Amal W. Learning Android Google Maps. – United Kingdom: Packt Publishing Limited, 2015. – 356 p. ISBN 10: 1849698864, ISBN 13: 9781849698863.

2. Danny Coward. Java WebSocket Programming. – McGraw-Hill Education, 2013. – 284 p. ASIN: B00DRC96W6.

ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСІБ НА ЗОБРАЖЕННІ З ВІДЕОПОТОКУ ЗА ЇХ ОБЛИЧЧЯМ

Парамонов А.І., Якубчук А.Ю., Дикальчук Є.В.

Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, Україна

Протягом останніх кількох років розпізнавання обличчя займало значну увагу і оцінювалося як одне з найбільш перспективних застосувань у галузі аналізу зображень. Сьогодні розпізнавання обличчя – це зручна і практична функція ідентифікації без пароля. Цей засіб можна використовувати як для контролю допуску на об'єкт, так і для моніторингу присутніх людей шляхом їх ідентифікації через камери.

Оскільки відеопоток можна уявити як множину зображень, то задача розпізнавання обличчя розглядається саме для зображень. Алгоритм роботи технології розпізнавання осіб складається з двох етапів: ідентифікації та верифікації. Тобто спочатку на зображенні знаходиться обличчя, а потім це обличчя вже у кості «набору параметрів» порівнюється із існуючими в базі для встановлення особистості.

В роботі пропонується програмна система розпізнавання людей по зображенням з камер (із прямих трансляцій), використовуючи методи машинного навчання та глибокого навчання.

Програмна система має класичну клієнт-серверну архітектуру у вигляді тонкого клієнту. Для написання програмного засобу застосовано мову програмування Python. Також при написанні коду було задіяно наступні бібліотеки [1,2]:

- Tensorflow – відкрита програмна бібліотека для машинного навчання від Google для вирішення завдань побудови і тренування нейронної мережі з метою автоматичного знаходження та класифікації образів, досягаючи якості людського сприйняття.

- NumPy – бібліотека для підтримки великих багатовимірних масивів і матриць, разом з великою збіркою високорівневих математичних функцій для операцій з цими масивами.

- OpenCV – бібліотека алгоритмів комп'ютерного зору з відкритим кодом, використовується для обробки зображень та чисельних алгоритмів загального призначення.

- Pickle – модуль що реалізує потужний алгоритм серіалізації і десеріалізації об'єктів Python. Модуль широко застосовується для збереження і завантаження складних об'єктів в Python.

- Dlib та Scikit-learn – бібліотеки для реалізація алгоритмів машинного навчання і аналізу даних.

- Keras – відкрита нейромережева бібліотека на мові Python. Являє собою надбудову над фреймворками DeepLearning4j, TensorFlow і Theano.

Послідовність обробки кожного з зображень така:

1. Виявлення обличчя – виділяється обличчя людини на зображенні.
2. Виявлення рис обличчя – система має знайти опорні точки на обличчі, які визначають індивідуальні характеристики.

3. Нормалізація обличчя – проводяться додаткові перетворення зображення (усунення нахилу голови, корекція кольору обличчя і так далі) з метою отримання чіткого фронтального знімка.

4. Виділення функцій та обчислення дескриптора. Дескриптор – це набір характеристик, що описують обличчя незалежно від сторонніх чинників. Аналізуються спеціальні локальні ознаки, що характеризують, наприклад, текстуру певних областей на обличчі. Зіставлення різних дескрипторів дозволяє оцінити, чи належать два отриманих зображення обличчя до однієї і тієї ж людини.

5. Перевірка або ідентифікація – порівнюється отриманий вектор особи (цифровий шаблон) з наявними в базі особами.

Для знаходження обличчя використовуються алгоритми розпізнавання з бібліотеки OpenCV. Програма фіксує відео з камери, витягує кожен кадр відео та передає його як екземпляр зображення. На кожному кадрі система виявляє всі грані на зображенні, всі обличчя виявляються за допомогою методу HOG (гістограма орієнтованих градієнтів) [3]. Для вирішення проблеми орієнтації обличчя в різних напрямках з різною інтенсивністю світла використовується метод оцінки орієнтирів обличчя. Він витягує набір певних точок (званих орієнтирами) з обличчя і навчає алгоритм машинного навчання передбачати ці точки на будь-якому обличчі. Для розпізнавання обличчя застосовується модель глибокого навчання FaceNet [4] яка розраховує 128 ознак які якісно визначають саме обличчя. Задачі завантаження, обробки та маніпулювання даними повністю виконує бібліотека NumPy. Щоб знайти в базі даних відомих людей, які мають найближчі виміри до тестового зображення, використовується класифікатор SVM. Класифікатор SVM навчений приймати числові виміри обличчя з зображення та визначати найближче ім'я схожої людини.

Програма показала досить малий процент загублених або не розпізнаних обличчя, але це все через невеличку вибірку для навчання. Подальше дослідження результатів експерименту дозволить виявити слабкі місця та покращити якість розпізнавання та ідентифікації осіб на зображеннях.

Список літературних джерел

4. What is TensorFlow? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.infoworld.com/article/3278008/what-is-tensorflow-the-machine-learning-library-explained.html>

5. A Quick Introduction to the NumPy Library [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://towardsdatascience.com/a-quick-introduction-to-the-numpy-library-6f61b7dee4db>

6. Histograms of Oriented Gradients [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www2.cs.duke.edu/courses/fall15/compsci527/notes/hog.pdf>

7. Dhairya Kumar Introduction to FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://medium.com/analytics-vidhya/introduction-to-facenet-a-unified-embedding-for-face-recognition-and-clustering-dbdac8e6f02>

МОДЕЛЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB АКТИВНОЇ ФАЗИ ПОЛЬОТУ

Пліш Д.С., Дерев'янюк О.І., Фененко Т.М.

Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Фахівцями в галузі аерокосмічної техніки на базі ядра пакета Simulink була розроблена бібліотека блоків Aerospace Blockset, призначена для моделювання динаміки аерокосмічних об'єктів [1]. До складу бібліотеки входить сім розділів:

- 1) Equations of Motion (Рівняння руху);
- 2) Propulsion (Двигун);
- 3) Actuators (Привод, кермові машинки);
- 4) GNC (Регулятори керування рухом);
- 5) Environment (Середовище);
- 6) Transformations (Перетворення);
- 7) Animation (Анімація).

У якості основної (базової) системи координат тут прийнята система декартових (взаємно ортогональних) осей X_e, Y_e, Z_e , пов'язана з поверхнею Землі. При цьому передбачається, що вісь Z_e спрямована вниз, до центра Землі. Дві інші осі лежать у площині обрїю. Земля передбачається нерухомою, що не обертається в просторі й плоскою. Звідси слїдує, по-перше, що система земних осей X_e, Y_e, Z_e у цих умовах є також і інерціальною, по-друге — що за допомогою бібліотеки Aerospace можна вивчати рух поблизу поверхні Землі лише на невеликій відстані від початкової точки й протягом невеликого проміжку часу, коли кривизною поверхні й обертанням Землі в просторі можна зневажити.

Друга система координат, X_b, Y_b, Z_b , за замовчуванням має початок у центрі мас O літального апарату (надалі ЛА). Вісь X_b спрямована по поздовжній осі ЛА до носа, вісь Y_b , перпендикулярна їй, лежить у площині крила й спрямована вправо (якщо дивитися із хвоста на ніс ЛА), вісь Z_b перпендикулярна площині крила й спрямована вниз.

Проекції вектора V швидкості ЛА на осі X_b, Y_b, Z_b позначаються u_b, v_b, w_b відповідно, проекції вектору ω абсолютної кутової швидкості ЛА — p, q і r , а проекції вектора M моменту зовнішніх сил, що діють на ЛА, — L, M і N .

Кути Ейлера, використовувані в бібліотеці, складаються з кутів рискання ψ (yaw), тангажу θ (pitch) і крену φ (roll). Кут рискання являє собою кут відхилення в площині обрїю поздовжньої осі X_b ЛА від напрямку

осі X_e земної системи координат. Кут тангажу - це кут підйому поздовжньої осі ЛА над площиною обрїю, а кут крену є кутом повороту корпусу ЛА навколо його поздовжньої осі.

Оснoву будь-якої моделі аерокосмічного об'єкта становить блок 6DoF (6 Degree of freedom). Даний блок розраховує обертання пов'язаної з тілом системи координат (X_b, Y_b, Z_b) відносно пов'язаної із Землею системи координат (X_e, Y_e, Z_e) . Початок пов'язаної з тілом системи координат перебуває в центрі ваги тіла (рисунок 1). Передбачається, що тіло абсолютно тверде, у блоці не враховується взаємний силовий вплив один на одного окремих елементів тіла. Земна система координат вважається інерціальною.

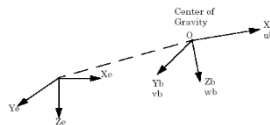


Рисунок 1 - Взаємне розташування систем координат

Моделі створені за допомогою бібліотеки блоків Aerospace Blockset дозволять проектувальникові, знаючи зовнішні впливи, оцінити в часі такі параметри спроектованого їм космічного апарата як: зміна кутової орієнтації відносно інерціальної системи координат; зміна кутових швидкостей руху; переміщення зв'язаної системи координат відносно інерціальної системи координат; зміни лінійних швидкостей.

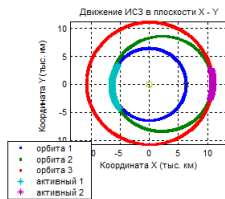


Рисунок 2 – Випадок руху КА по круговій орбіті з наступним переходом на нову кругову орбіту

Список літературних джерел

1. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс. – К.: Издательская группа ВНУ, 2005. – 512с.

КЛАСИФІКАЦІЯ ШКІДЛИВИХ ПРОГРАМ ЗАСОБАМИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Плужник А.В., Жульковська І.І., Жульковський О.О.

Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна

Незважаючи на те, що Internet робить життя зручним, він також надає нові можливості для шахрайства. Зловмисники використовують шкідливі програми для здійснення фінансових шахрайств або крадіжки приватної інформації користувачів.

Кількість зареєстрованих атак щороку збільшується. PandaLabs повідомляють [1], що зареєстрували і проаналізували 14,9 млн зразків шкідливого програмного забезпечення (ПЗ) у 2019 р. Поширення шкідливих програм із постійно зростаючою швидкістю представляє серйозну загрозу у постінтернет-світі. Виявлення та класифікація шкідливих програм стала однією з найважливіших проблеми в галузі кібербезпеки. Із постійно зростаючим ризиком «нападу», тягар лежить на дослідниках безпеки щодо розробки нових методів виявлення шкідливого ПЗ та розробка нових механізмів протидії останньому.

Об'єктом даного дослідження є новий метод класифікації шкідливих програм оснований на нейронних мережах та графічному представленні виконуваного файлу.

В роботі виконано статичний аналіз PE-файлів (Portable Executable) для операційної системи (ОС) Windows. Вибір ОС пов'язано з величезною популярністю даної системи. PE-формат же є стандартом виконавчих файлів і бібліотек. Потрібно зазначити, що шаблон алгоритму проектування статичного аналізу шкідливого ПЗ може бути застосовано і до інших платформ.

Задача полягає в дослідженні ефективності методу класифікації шкідливих програм на основі машинного навчання з використанням представлення виконавчого файлу графічно.

Проблема виявлення та класифікації шкідливих програм є дуже складною задачею і не існує ідеального підходу до її вирішення. З цієї причини розробники антивірусних систем покладаються на гібридні підходи, які використовують традиційні сигнатурні, евристичні та машинні методи навчання.

До таких підходів також належить новий метод до класифікації шкідливих програм, заснований на роботі, виконаній Натарай та ін. [2], яка подає ідею представляти шкідливе ПЗ як зображення у градаціях сірого. Ця ідея базується на спостереженні, що зображення різних зразків шкідливих програм з одного сімейства здаються схожими, тоді як зображення зразків шкідливих програм, що належать до іншого сімейства, відрізняються. Більше того, якщо старе шкідливе ПЗ повторно використовується для створення нового ПЗ, отримані результати будуть дуже схожими у візуальному представленні.

Експеримент складався з декількох етапів: збору шкідливих файлів PE-формату, розмічення їх по сімействах за допомогою антивірусної системи,

конвертування зразків у зображення, навчання моделі нейронної мережі та її тестування.

Збір зразків шкідливих програм відбувався на ресурсах Malshare, VirusShare, VirusTotal. Було зібрано близько 60 тис. виконавчих файлів. Потім з колекції видалено дублікати шкідливих програм за допомогою порівняння хешу MD5 (Message Digest 5 – 128-бітний алгоритм хешування, розроблений професором Рональдом Л. Рівестом [3]) кожного файлу. В кінцевій вибірці залишилось близько 40 тис. зразків.

Під час дослідження було використано дві моделі нейронних мереж – CNN Convolutional Neural Network та ResNet (Residual Network), які добре себе зарекомендували при розпізнанні та класифікації зображень.

Для навчання зображення шкідливих програм приводяться до загального розміру 32x32. Набір даних, що включає зразки з 20 сімейств вірусів, було розділено на 30106 зразки, що використовуються для навчання, та 14829 – для перевірки.

Спочатку для класифікації було використано згорткову нейронну мережу, що складалася з чотирьох шарів – двох згорткових та двох повноз'язних, що дало точність 95,24%. Результати можуть покращитись зі збільшенням кількості шарів, але CNN страждає від проблеми зникнення градієнта, тому було вирішено перейти до ResNet, бо ResNet вирішує проблему зникаючого градієнта і дає кращі результати, ніж CNN по відношенню до класифікації зображень.

Для експерименту використовувалась 18-шарова ResNet, що складається з 17 згорткових та одного повноз'язного шару. Це дало точність 98,206%.

Як очікувалось, залишкові мережі ResNet дали покращення точності у порівнянні з CNN та попередніми роботами [2].

Більшість методів класифікації шкідливих програм вимагають запуску шкідливого ПЗ для фіксації його поведінки або використання методів дизасемблювання для прогнозування його поведінки. Виконання шкідливого ПЗ та його дизасемблювання займають багато часу та мають високі вимоги до обчислень. З допомогою графічного представлення виконуючого файлу можна схожих результатів але зі значно меншим використанням ресурсів.

Отже основні результати роботи полягають у подальшому розвитку методів класифікації шкідливих програм, а також прокладають шлях до застосування сучасних методів машинного навчання в їх аналізі.

Список літературних джерел

1. Panda Security launches its Threat Insights Report 2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pandasecurity.com/mediacenter/pandasecurity/threat-insights-report-2020/>
2. L. Nataraj, S. Karthikeyan, G. Jacob, B. Manjunath, (2011). Malware Images: Visualization and Automatic Classification. In Proceedings of International Symposium on Visualization for Cyber Security.
3. R. Rivest. The MD5 Message-Digest Algorithm // Request for comments. – Internet Engineering Task Force, 1992. – 21p.

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Подгребельний В.О., Косухіна О.С.

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна

Проблема побудови оптимальних маршрутів через задану множину точок на площині чи у просторі виникає у багатьох сферах людської діяльності. Задача комівояжера – одна з найвідоміших задач комбінаторної оптимізації. Вона полягає у пошуку можливого найоптимальнішого маршруту, що проходить через задані точки хоча б по одному разу з наступним поверненням у початкову позицію. В цих умовах вказується критерій оптимальності маршруту і відповідні матриці відстаней. Як правило, вказується, що маршрут повинен проходити через кожну точку тільки один раз [1]. Зважаючи на актуальність, існує багато алгоритмів розв'язування задачі комівояжера. В дуже багатьох випадках ця задача використовується для демонстрації роботи того чи іншого методу.

Задача комівояжера може бути сформульована як цілочислена введенням бульових змінних [1]:

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{якщо маршрут включає переїзд з міста } i \text{ до міста } j \\ 0, & \text{якщо маршрут не включає переїзд з міста } i \text{ до міста } j \end{cases} \quad (1)$$

Якщо C – матриця відстаней між містами, то цільова функція і система обмежень мають вигляд:

$$\begin{aligned} \min Z &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij}, \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1, \quad j = \overline{1, n}, \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}, \\ x_{ij} &\in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (2)$$

Нехай u_i – номер кроку на якому відвідали місто i . Доповнимо нашу модель умовою, яка забезпечить зв'язність циклу:

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n-1, \quad i = \overline{2, n}, \quad j = \overline{2, n}, \quad i \neq j, \quad u_i \in R, \quad (3)$$

При розбитті на кластери початкові центри обираються випадковим чином серед усіх координат пунктів туру і відповідно знаходяться найближчі пункти до кожного з k кластерів, які об'єднуються. Для розрахунку відстаней між пунктами використовується формула гаверсінусів, яка є окремим випадком більш загальної формули сферичної тригонометрії.

Після того як початкові кластери сформовані, перераховуються центри кластерів. Спочатку обчислюються загальні суми відстаней усіх точок кластеру до центру, після чого розраховуються відстані від кожної точки до усіх інших точок у кластері. Якщо сума відстаней від деякої точки менша за суму відстаней до усіх точок від центру, то точка з найменшою загальною

відстанню стає новим центром і кластери знов перераховуються. Процедура виконується до тих пір, поки центри не будуть змінюватись [2].

Для початку пошуку шляху генеруємо початкову популяцію. Далі відтворюється вся нова популяція допустимих рішень, шляхом вибору кращих представників попереднього покоління, схрещування їх і отримання безлічі нових особин. Це нове покоління буде містити більш високе співвідношення характеристик, якими володіють кращі члени попереднього покоління. В підсумку, популяція буде сходиться до оптимального рішення задачі.

Для розв'язання поставленої задачі було побудовано програмний продукт у програмному середовищі Microsoft Visual Studio.Net на мові програмування C#. Головне вікно програми містить такі компоненти:

- карта міста на якій відображаються усі пункти маршруту;
- розмір популяції – розмір списку маршрутів які аналізує генетичний алгоритм;
- вірогідність мутації – вірогідність у відсотках (чи відбудеться мутація маршруту);
- розмір групи – розмір робочої групи, у яку випадковим чином обирається вказане число маршрутів.
- максимальна кількість циклів;
- сусіди – для кожної точки знаходиться вказане число найближчих сусідів;
- шанс вибору сусіда – ймовірність вибору наступного міста маршруту зі списку сусідів поточної точки при формуванні маршруту для початкової популяції. Початкові маршрути формуються відповідно до принципу жадібного алгоритму;
- вікно для корекції генератора випадкових чисел;
- шлях до файлу – можна вибрати шлях до .xml файлу який містить координати пунктів;
- кількість кластерів – дозволяє вказати кількість кластерів;
- кнопки для відкриття файлу, відображення точок, очищення форми та початку розрахунку найкоротшої відстані;
- вивід на екран кількості точок, ітерації на якій був знайдений оптимальний маршрут.

З результатів чисельних експериментів виявлено, що застосування методів кластерного аналізу може суттєво зекономити час для подолання маршруту великої довжини групою об'єктів. Але при зростанні кількості кластерів оптимальність результату може зменшуватись, це зумовлено тим, що якщо кластери містять невелику кількість міст відвідання, то це може не задовольняти навіть мінімальні потреби загальної групи. Тому був знайдений баланс між економією часу і задоволенням основних потреб.

Список літературних джерел

1. Моисеев Н.Н., Иванилова Ю.П., Столярова Е.М. Методы оптимизации –М: «Наука», 1978, 352 с.
2. Шумейко А.А., Сотник С.Л. Интеллектуальный анализ данных (Введение в Data Mining). — Днепропетровск: Белая Е.А., 2012. – 212 с.

ВИКОРИСТАННЯ CBR ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ КЛАСУ «БУРОВІ ТРЕНАЖЕРИ»

Потеряйло Л.О., Процюк В.В.,Кравців К.І.

Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Процес буріння є нелінійним, нестационарним, параметрично невизначеним стохастично-хаотичним динамічним об'єктом керування, що функціонує за умов апіорної та поточної невизначеності щодо структури та параметрів, перебуває під впливом зовнішніх збурень і розвивається у часі [2]. Проблеми часто виникають при бурінні кількох кілометрів через різні геологічні формації. Проблеми безпеки виникають на кожному етапі. Принципам буріння можна навчити традиційними методами, але безпеці та реагуванню на події важко навчити в таких форматах. Доступ до експертів з метою вирішення проблем та набуття знань обмежений.

Бурова техніка – це область застосування, в якій систематичне зберігання та ситуаційне повторне використання минулого конкретного досвіду забезпечують значну підтримку бурового персоналу на різних рівнях.

Міркування на основі конкретних випадків (CBR) визначається як галузь штучного інтелекту (ШІ), що займається вирішенням проблем шляхом повторного використання минулого досвіду. CBR дозволяє використовувати конкретні знання досвіду, конкретних проблемних ситуацій. CBR застосовується і в різних сферах нафтогазової техніки, а саме при проєктуванні розробки родовищ, виробничому машинобудуванні, петрофізиці.

Сучасні практики машинного навчання дають перспективні вказівки для реалізації проєктів у нафтогазовій галузі. CBR має застосування при реалізації інженерних рішень щодо класу систем «Бурові тренажери». Важливо підкреслити, що CBR також є підходом до поступового та стійкого навчання. Навчання є останнім кроком у циклі CBR.

При побудові сучасних тренажерів буріння для імітації механіки буріння використовується обчислювальна модель для фізики бурильної колони, а інформаційною основою тренажерів буріння є система побудована на основі історичних даних та даних моделювання, що відповідає інформації, що надійшла та діям, здійсненим спеціалістами буріння, і використовує ці дані для формування рішень, що призводять до ефективного процесу буріння. Важливою метою при побудові тренажера є оцінка точності та реалістичності розробленої системи.

Основною цільовою функцією оптимізації буріння є швидкість проникнення (ROP) обчислена з використанням параметрів буріння як вхідних даних (вага на долоті, швидкість обертання, швидкість потоку та міцність гірської породи). Однак, успішною моделлю тренажера можна вважати, використання якого призведе до оптимізації таких параметрів буріння як мінімізація відхилення від запланованої траєкторії свердловини, мінімізація, максимізація коефіцієнту корисної дії та інших.

Оптимізація буріння в реальному часі, керована даними, є складною через обмеження часу роботи. Це сприймається як недолік для моделей, керованих даними, оскільки їх функціональна форма невідома, що ускладнює їх оптимізацію. Симуляція розглядається як з'єднувальна ланка між знаннями, що містяться в активованих наборах даних, і здатністю до швидкого вивчення попередньо отриманих ідей та експертного досвіду стосовно наведених статистичних оцінок даних [3].

З допомогою метазнань здійснюється перевірка відповідності між фактами і предикатами, індуктивний висновок фактів із правил, висновок правил із інших правил. В побудованій моделі при достатній кількості структурних компонентів можна виконувати передбачення невідомих фактів і знань шляхом перенесення їх з одних об'єктів на інші, з огляду на подібність між цими об'єктами.

Обов'язковим є виконання таких умов:

- 1) відповідність одержаних каротажних кривих теоретичним положенням;
- 2) відповідність лабораторних досліджень керну результатам випробовувань;
- 3) відповідність висновків про продуктивність геофізичних досліджень свердловини результатам випробовування [1].

Традиційно виділяють наступні типи архітектури тренажера: повна симуляція, часткова симуляція, повна симуляція.

До задач, які на сьогоднішній день не повністю вирішені при реалізації проектних рішень побудови тренажерів відноситься формування адекватної бази даних. Коли виникає нова проблема, прецедент формується та зберігається у базі даних прецедентів, яка буде використана для процедури міркувань. Тому відкритими є питання критеріїв, що стосуються суб'єктивності визначення важливості епізодів та доцільності занесення прецедентів до бази. Організація та вдосконалення даних виявляються важливими компонентами ефективного керованого даними процесу.

Тренажери можна виділити в окремий клас інструментів та обладнання у буровій промисловості, який може оптимізувати процес буріння. Оптимізація технологічних процесів буріння може бути досягнута побудовою тренажерних систем з використанням СВР.

Список літературних джерел

1. Гобир Л.М. Ймовірна оцінка результатів інтерпретації даних та параметрів геофізичних досліджень / Гобир Л.М., Вовк Р.Б., Потеряйло Л.О., Шекета В.І. // Всеукраїнський щоквартальний науково-технічний журнал "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ". – 2018. – №3(68). – С. 46-59.

2. Семенцов Г. Н., Гутак О.В. Моделювання та ідентифікація процесу буріння для задач оптимізації управління: монографія / Г.Н. Семенцов, О.В. Гутак – Одеса: Купрієнко СВ, 2014 – 295 с.: іл., табл.

3. Чесановський М.С. Особливості контролю параметрів процесу буріння в контексті підтримки прийняття релевантних рішень / Чесановський М.С., Шекета В.І., Процюк В.В. // Всеукраїнський щоквартальний науково-технічний журнал "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ". – 2018.

АВТОНОМНЫЕ КОГНИТИВНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ

Прокопчук Ю. А.

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ, г. Днепр, Украина

Введение. Исследования в области автономных когнитивных динамических / технических систем (Cognitive Technical Systems – CTS; Socio-Cognitive Technical Systems – SCTS; Cognitive Dynamic systems - CDS) сосредоточены на разработке машин, роботов и систем, которые способны автономно воспринимать окружающую среду и взаимодействовать с ней, как живое существо. В докладе рассматривается математическое и программное обеспечение критически важных автономных целенаправленных систем, для которых важна гибкость в условиях ограниченных ресурсов и радикальной неопределенности, но неприемлемы отказы функционирования. Обосновывается необходимость глубокой интеллектуализации критических систем космического назначения [1].

Для CTS необходимо быстро и качественно обрабатывать большие объемы данных, выявлять сложные связи и зависимости, а по алгоритмам, близким к человеческому мышлению, вырабатывать варианты решений, чтобы специалисты могли быстро сделать выбор нужных действий [1 - 4]. Эта область исследований включает в себя, в частности, такие области: ИИ, киберфизические системы, платформы SenseMaking, технологию цифровых двойников, Cognitive Operational Systems (COS), VR/AR, инженерно нейроморфных систем, (космическую) робототехнику, ML, компьютерное зрение, HMI, когнитивное моделирование и т.д. Примеры CTS: IBM Watson IoT. CIMON - первый ИИ-ассистент в космосе (использует Watson); экспериментальный КА Deep Space 1 (как часть программы НАСА «Новое Тысячелетие»); Cooperative and Cognitive Architectures for Satellite Networks. Примером аэрокосмической компании, разрабатывающей спектр CTS, является Intuitive Machines (USA). PhD автора (1987 г.) посвящена разработке шагающих роботов для исследования других планет.

В 2020 году NASA разработало семнадцать отдельных дорожных карт технологических областей (Taxonomy Areas – TX) приоритетного развития на следующие 15 лет («NASA Technology Taxonomy») [2]. Среди них: TX10: Autonomous Systems (This new area covers technologies that (in the context of robotics, spacecraft, or aircraft) enable the system to operate in a dynamic environment independent of external control).

Основной материал. В докладе обсуждается новая методология построения когнитивной операционной системы (COS CTS), которая основана на парадигме предельных обобщений [3]. Методология включает машину анализа и интеграции данных, имитирующую человеческую интуицию. Основой COS является «искусственный коннектом - когнитом» CTS, который обеспечивает тотальный аудит, диверсификацию и прогноз информационных потоков. Основная задача COS CTS – обеспечить максимальную гибкость, скорость реакции и живучесть в условиях ограниченных ресурсов и

радикальной неопределенности (когда неизвестны статистические закономерности) [1, 3].

Предложена методология формирования перспективных распределенных систем управления и диагностики для СТС космического назначения на основе реконфигурируемой и самонастраивающейся COS [1, 4]. Такой подход позволяет решать чрезвычайно сложные задачи в режиме реального времени и в сотрудничестве с людьми. Иного подхода к управлению сложностью и реализации полной автономии нет.

Одним из результатов разработки темы «Cognitive Dynamic systems» явились концепты: «Многомасштабный символический образ ДС» и «Многомасштабное фазовое пространство ДС». Спецификой данных концептов является мульти-физичность или принцип «масштабная относительность» (на каждом масштабном уровне используется собственная физическая модель, суррогатная модель). Важным направлением исследований является «Физика Разума» - поиск фундаментальных законов Универсума, которые обуславливают создание или возникновение Модели Мира когнитивного агента/ассистента (множество связанных когнитивных элементов/архитектур, которое отвечает за активное создание многомерных моделей реальности в процессе решения задач разного уровня сложности). К числу базовых законов относятся самоорганизация, квантовая нелокальность и запутывание, синхронизация в ансамбле осцилляторов.

В рамках общей темы «Математическая теория когнитивных систем» подготовлена монография «Интуиция: опыт формального исследования». Разработка новой теории когнитивного компьютерного моделирования, основанной на когнитивных функциях компьютерных технологий, позволит проводить исследование поведения динамических систем в условиях глубокой неопределенности, выходя за рамки классических моделей, методов вычислительной математики и вычислительных технологий. Основное внимание будет уделено построению методологии когнитивного компьютерного моделирования как новой парадигмы компьютерной математики, теоретические и прикладные предпосылки которой продиктованы резким ростом сложности задач управления и требованием информационно-системной безопасности сложных систем.

Список использованных источников

1. Prokopchuk Y., Ryzhkov I., Savonik O., Samoilov S. Cognitive technical systems - a strategic resource of programs for the colonization of planets. Proceedings of the 7th International Conference "Space Technologies: Present and Future" (Dnipro, Ukraine). Dnipro: Yuzhnoye SDO. 2019. P. 193.

2. 2020 NASA Technology Taxonomy:
<https://techport.nasa.gov/view/taxonomy>

3. Прокопчук Ю.А. набросок формальной теории творчества. Монография. - Днепр : ГВУЗ «ПГАСА», 2017. - 452 с.

4. Алпатов А.П., Прокопчук Ю.А., Сарычев А.П., Хорошилов С.В. Системный анализ и управление сложными системами в условиях неопределенности. Днепропетровск : ИТМ НАНУ, 2015. 196 с.

ЗАСТОСУВАННЯ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ОРІЄНТАЦІЄЮ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Редька М.О., Хорошилов С.В.

Інститут технічної механіки НАНУ України та ДКА України, м. Дніпро, Україна

Система керування орієнтацією та стабілізації (СКОС) грає важливу роль у процесі функціонування сучасних космічних апаратів (КА), так як від її характеристик багато в чому залежить можливість виконання цільових задач, покладених на КА. При розробці СКОС широко використовуються методи теорії керування, які передбачають наявність точної математичної моделі об'єкта керування (ОК).

Розробка СКОС із використанням методів штучного інтелекту має потенціал вирішити проблему керування КА в умовах невизначеності. Інтелектуальна система керування може мати можливість покращення характеристик по мірі накопичення даних про особливості функціонування конкретного об'єкта.

Серед різноманітних методів штучного інтелекту, в останній час особливий інтерес вчених та практиків направлено на навчання з підкріпленням (НЗП) [1]. Ці методи найбільш близько імітують можливості людини вдосконалювати свою поведінку для досягнення довгострокових цілей по мірі накопичення нового досвіду.

Метою роботи є розробка ефективного алгоритму інтелектуального керування КА на базі методів навчання із підкріпленням.

В ході роботи оцінено можливість використання НЗП для керування кутовим рухом КА на прикладі модельної задачі. Зроблено припущення, що на етапі розробки системи керування відома деяка наближена (номінальна) модель динаміки КА, яка відрізняється від реальної як значенням її параметрів, так і деякою динамікою, що не моделюється. З використанням цієї номінальної моделі, синтезовано базовий алгоритм керування, достатній для виконання КА деякого початкового переліку задач.

Розроблювана інтелектуальна система керування виконує послідовно наступні дії:

1. Збір даних про особливості динаміки КА;
2. Уточнення моделі динаміка КА з використанням отриманих даних;
3. Покращення алгоритму керування КА з використанням уточненої моделі.

Приведені вище дії повторюються до тих пір, поки забезпечується покращення якості керування. Кінцевою задачею є отримання таких алгоритмів, які максимально наближаються по якості до оптимального керування, синтезованого з використанням точної математичної моделі ОК.

Синтезовано лінійний та нелінійний регулятори за допомогою простору станів. Траєкторії руху КА під керуванням нелінійного регулятора розглядаються як еталонні у рамках розглянутої задачі.

Для оцінки якості керування використано квадратичний критерій, який враховує точність керування та затрати на керування.

При вирішенні задач керування із використанням НЗП прийнято, що система керування навчається, аналізуючи результати своїх дій. Ці результати оцінюються по скалярному сигналу (підкріпленню), який отримується від ОК, і з яким взаємодіє система керування. Сигнал підкріплення, який можна трактувати як вартість, дозволяє інтелектуальній системі керування змінювати свої алгоритми керування, враховуючі досягнення довгострокової цілі. Алгоритм НЗП реалізовано із використанням моделі ОК. Така модель повинна описувати перехід ОК із початкового стану ід дією керування у наступний стан. Особливістю НЗП із використанням моделі є те, що при навчанні використовується інформація не про реальні переходи ОК під дією керуючих впливів, а аналогічні дані, отримані за допомогою моделі. При такому підході, якість отриманих результатів визначається точністю використаної при навчанні моделі ОК. У зв'язку з цим, для вирішення розглянутої задачі, використано таку модель ОК, яка має потенціал для уточнення - статистичну модель, яка базується на понятті гаусових процесів.

В якості алгоритму знаходження оптимального керування із використанням НЗП, обрано алгоритм ітерацій закону керування, який має кращу збіжність у порівнянні з іншими алгоритмами, однак він програє їм з точки зору ефективності навчання (потребує більше даних для навчання). Враховуючи те, що при навчанні використовується модель, а не реальні переходи ОК, цей фактор не є визначальним. Суть цього алгоритму полягає у позмінному уточненні функції вартості і закону керування.

Такий алгоритм може бути реалізовано із використанням двох модулів – критика та виконавця. У цьому випадку, критик формує на виході оцінки функції вартості, а виконавець – керуючі впливи.

Критик та виконавець реалізовано у формі багатопарових нейронних мереж із прямим поширенням сигналів, які апроксимують відповідно функцію вартості та закон керування.

Досліджено стійкість алгоритму керування. Для встановлення стійкості було використано апарат функцій Ляпунова. У якості кандидата функції Ляпунова, обрано функцію вартості. Слід зазначити, що використана у роботі модель динаміки містить невизначеність. Тому, оцінки функції Ляпунова також будуть мати деяку невизначеність.

Зроблено висновки про подальше покращення запропонованого алгоритму шляхом використання іншого методу навчання критика.

Список літературних джерел

1. Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement learning: an introduction. MIT press, 1998. – 338 p.
2. Хорошилов С.В., Редька М.О. Інтелектуальне керування орієнтацією космічних апаратів із використанням навчання з підкріпленням // Технічна механіка. – 2019. – Вип. 4. – С. 29–43.

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ В ДОДАТКУ ДЛЯ ІНВЕСТИЦІЙ У ФОНДОВІ РИНКИ

Рубльовський К.В., Денисюк О.Р.

ДВНЗ «Український держаний хіміко-технологічний університет», Дніпро,
Україна

Сьогодні усі великі брокери та банки надають доступ до торгівлі цінними паперами за допомогою програмних додатків. Розробка серверної частини додатку для торгівлі цінними паперами є однією з найважливіших частин у наданні можливості торгівлі для користувачів.

Розвиток фондових ринків проходить зараз з дуже великою швидкістю. Країни, що розвиваються, відкривають свої біржі, та чимало нових трейдерів та інвесторів з цих країн приєднуються до торгівлі на фондових ринках. Також ринки розвинених країн відкривають свої двері до нових учасників.

Всі ці чинники значно збільшують попит на сервіси, що є посередниками між біржами, брокерами та приватними учасниками системи фондових торгів.

У той же час такі сервіси – існуючі та ті, що тільки проектується – повинні витримувати велике навантаження, та працювати без перебоїв під час пікових торгових сесій [1]. А те, що вони оперують з досить чутливими даними – фінансами – ставить досить жорсткі рамки щодо тих технологій та архітектурних схем, які мають бути в основі таких сервісів.

Основні вимоги щодо таких сервісів з точки зору їх проектування такі:

- 1.Цілісність та збереження даних. Фінансова інформація ніколи не повинна бути загубленою, адже довіра до сервісу впаде до нуля;
- 2.Можливість витримувати пікові навантаження та нарощувати обчислювальні можливості сервісу під час пікових навантажень;
- 3.Розробка нових програмних компонентів та додавання нової функціональності не повинні зупиняти критичні частини додатку;
- 4.Сервіс повинен бути доступний 24/7 – тобто бути спроектованим таким чином, щоб вихід із строю окремих його компонентів не призводив до зупинки всього додатку;
- 5.Час відклику на запити не повинен перевищувати критичної для користувачів відмітки[2];

У світі розробки програмного забезпечення існують два основних типу архітектури – монолітна архітектура[3] та мікросервісна[4] архітектура.

Монолітна архітектура проектування програмного забезпечення передбачає, що програмне рішення знаходиться в одному компоненті та працює на одному сервері. Цей підхід історично є первісним по відношенню до мікросервісної архітектури, також моноліт значно простіше розробити та запустити. Серед переваг моноліту слід зазначити простоту, швидкість розробки та розгортання, краща продуктивність. Недоліками цього типу архітектури є обмежена гнучкість, сильна зв'язаність компонентів та важкість підтримки кодової бази, що має тенденцію сильно розростатись.

Концепція мікросервісної архітектури, на відміну від монолітної, полягає в тому, що кожна логічна частина всього додатку виноситься в окремих сервіс, що розгортається на окремому сервері.

Серед переваг мікросервісів – легкість в супроводі, повторне використання, більш висока надійність та технологічна гетерогенність. Серед недоліків – складність в управлінні, великі первісні затрати на розробку та вищий в порівнянні з монолітом час відклику на мережеві запити, адже протоколи між сервісної взаємодії працюють повільніше, ніж внутрішні виклики в моноліті.

Враховуючи усі вимоги до додатку для роботи на фондовому ринку, система має бути спроектована на основі мікросервісів з самого початку. Індустріальним стандартом для розробки таких додатків є мова Java та фреймворк Spring Cloud.

Додаток для інвестицій у фондові ринки повинен мати наступні функціональні складові, винесені в окремі мікросервіси:

- клієнтський кабінет (Client) – це сайт, який бачить користувач, і через який він може виконувати придбання та продаж цінних паперів;
- сервіс рахунків (Account Service) – це сервіс, на якому йде обробка заявок на придбання або продаж цінних паперів;
- сервіс статистики (Statistics Service) – відповідає за збір статистичних даних для подальшого аналізу та відображення у клієнтському кабінеті;
- сервіс котирувань (Quotation Service) – акумулює та видає поточні ціни на цінні папери;

Також ми маємо низку мікросервісів, що повинні бути створені фреймворком Spring Cloud. Серед них:

- Zuul (API Gateway) – сервіс, що дозволяє визивати інші мікросервіси так, ніби вони знаходяться на локальному комп'ютері;
- Config Service – сервіс конфігурацій, що зберігає конфігурації;
- Monitor Dashboard – сервіс візуалізації статусу мікросервісу;
- Service Discovery – сервіс, що зберігає та видає динамічні адреси інших сервісів за запитом;

Вимоги до проектування додатку для торгівлі на фондовому ринку найбільш повним чином виконуються за допомогою мікросервісної архітектури. Структура окремих сервісів дозволяє безболісно масштабувати компоненти додатку, а також робить його відказостійким під час пікових навантажень.

Список літературних джерел

1. Martin Kleppmann. *Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems*. O'Reilly Media, 2017. 616p.
2. Henry H.Liu. *Software Performance and Scalability: A Quantitative Approach*. Wiley, 2009. 375p.
3. Rodolpho Machado. *Monolithic Architecture*. Prestel Pub, 1995. 168p.
4. Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman. *Software Architecture in Practice*. Addison-Wesley, 2013. 620p.

АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НЕРЕГУЛЯРНИХ ЧИСЛОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ З ПЕРЕМІННИМ ТА НЕЧІТКИМ ІНТЕРВАЛОМ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Скалозуб В. В., Мурашов О. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка
В. Лазаряна, Дніпро, Україна

Процеси у складних системах можуть мати високий ступень невизначеності певних характеристик. Через це для таких систем на практиці можливо отримання лише нерегулярних у часі послідовностей даних: через різні за величинами, а також за категоріями даних інтервали (детерміновані, нечіткі величини (НВ) ін.). При цьому суттєвою є умова нерівномірності інтервалів контролю параметрів та можливість їх подання як детермінованими, так і НВ. Нерівномірність ускладнює і навіть унеможлиблює моделювання та аналіз таких процесів, зокрема загальновідомими методами. Головними завданнями, які вирішуються за такими послідовностями (нерівномірні та нечіткі за часом часові ряди - НЧР) спостережень являються: прогнозування максимального (нечіткого) періоду до події, які відповідають заданим вимогам, а також визначення певних закономірностей зв'язків між заданими величинами.

У роботі представлено та досліджено властивості нової категорії нечітких моделей, призначених для аналізу НЧР. Для моделювання НЧР нами був запропонований новий підхід, заснований на спеціальній сепарабельній формі обліку часових інтервалів між рівнями часового ряду (ЧР) [2]. При сепарабельній формі моделі ЧР нерівномірні (або нечіткі) інтервали виділяються у окрему складову моделі НЧР. Вони є однією окремою складовою вектору характеристик процесів. Ця складова моделюється окремо, коли враховуються лише послідовності величин часових інтервалів. На результати моделювання таких інтервалів «накладаються» результати моделювання інших характеристик у відповідності до порядку їх розміщення у початкових НЧР. Такий комплекс параметрів визначає у моделі НЧР як значення нового моменту виникнення чергової події спостережуваного процесу, так і характеристики процесу.

Для аналізу та прогнозування НЧР з рівномірним інтервалом спостережень нами застосовується квантильна регресія [2], яка є розширенням класичної оцінки найменших квадратів умовного середнього. Формування квантильної моделі (КМ) складається з трьох кроків: -1) визначення області значень U , яку розбивають на U_n рівних інтервалів; -2) утворення групи нечітких логічних відносин вищого порядку [2, 3] з використанням тут трикутну функцію належності; - 3) для групи нечітких логічних відносин прогнозування значень рівнів з використанням умов третього порядку. Для аналізу локальних тенденцій НЧР використовується поняття «Тренд» та параметр k (каппа), за яким класифікують напрями тренду. Вибір k виконується методом спроб, що істотно впливає на загальну придатність

методу. «Тренд» визначає напрямок локальної послідовності рівнів НЧР, напрямок тренду розраховується відповідно до (1) – (2)

$$\begin{aligned} \text{а)} & ((y_{n-1} - y_{n-2}) - (y_{n-2} - y_{n-3})) > k_2 \\ \text{б)} & ((y_{n-1} - y_{n-2}) - (y_{n-2} - y_{n-3})) = [k_1, k_2] \\ \text{в)} & ((y_{n-1} - y_{n-2}) - (y_{n-2} - y_{n-3})) < k_1 \end{aligned} \quad (2)$$

де

n – поточний рівень ітерації; y_n – значення нечіткої часової послідовності; k – параметр «каппа». Умова (1) – а) визначає тенденцію зростання, (1) – б) це спадання, (2) – збереження поточних рівнів НЧР. На відміну від [2] нами використано інтервал для k [1].

Розрахунок k_1 та k_2 у (2) виконується відповідно $k_1 = k - \Delta k$, $k_2 = k + \Delta k$, при цьому Δk – це 0.05 від значення параметру «каппа».

Для тенденцій (1) – (2) наступні рівні послідовностей розраховуються відповідно до (3).

$$\begin{aligned} \text{а)} & \\ t_j &= \frac{2}{\frac{0.25}{m_{j-1}} + \frac{1}{m_j} + \frac{0.75}{m_{j+1}}} \\ \text{б)} & \\ t_j &= \frac{2}{\frac{0.75}{m_{j-1}} + \frac{1}{m_j} + \frac{0.25}{m_{j+1}}} \\ \text{в)} & \\ t_j &= \frac{2}{\frac{0.5}{m_{j-1}} + \frac{1}{m_j} + \frac{0.5}{m_{j+1}}} \end{aligned} \quad (3)$$

При цьому у (3) значення m_{i-1} , m_i , m_{i+1} є не центрами інтервалів квантилів U_n , а середні для пари величин (центр U_n , випадкове число в U_n). Дослідження показали чисельну ефективність модифікацій алгоритмів з характеристиками (1) – (3).

Засобами процедур КМ з достатньою точністю виконуються дослідження НЧР з рівномірним інтервалом між спостереженнями. Для дослідження та прогнозування НЧР з перемінним та нечітким інтервалом між спостереженнями використовується гіпотеза сепарабельності процесів, яка дозволяє виділити часову складову у окрему модель та дослідити послідовності з перемінним кроком. Аналіз нечітких характеристик НЧР (значення рівнів показника процесу, нечіткий інтервал ін.) виконується у рамках КМ стандартною процедурою дискретизації нечітких величин з використанням α -рівнів.

У доповіді приведено приклади чисельної реалізації нерегулярних і нечітких моделей процесів НЧР [4]. Наведено дані технологічних та інших процесів категорії НЧР. Зокрема – експлуатації та обслуговування парків електричних двигунів стрілочних переводів - ЕД. На основі даних про характеристики ЕД, які зберігаються в їх індивідуальних моделях, визначаються нечіткі періоди до можливої відмови при експлуатації. На основі таких прогнозних даних визначається раціональна черговість обслуговування груп ЕД. При цьому вирішується важливе завдання щодо переходу від обслуговування ЕД за нормативом до обслуговування парків ЕД на основі оцінок параметрів поточного стану.

Список літературних джерел

1. Скалозуб В.В. Методи інтелектуального моделювання процесів з перемінним інтервалом спостережень та упорядкування «з вагою» / В.В. Скалозуб, Б.Б., Білий, О.О. Галабут, О.В. Мурашов // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – 2020. – Выпуск 5 (132). – С. 83-98.
2. Koenker, R. Quantile Regression, Cambridge University Press, NY-2005. – 326 p.
3. Huarng K., “Heuristic models of fuzzy time series for forecasting,” Fuzzy Sets and Systems, vol. 123, issue 3, 2001a, pp. 369-386.
4. Скалозуб В.В. Нечітка сепарабельна модель для аналізу та прогнозування параметрів нерегулярних послідовностей станів технологічних процесів / В.В. Скалозуб, О.В. Мурашов // «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» 32 науково-практична конференція, 24-25 жовтня 2019, м. Харків, УкрДУЗТ. – С. 56-57.

SOFTWARE TOOLKIT FOR TEXT CLASSIFICATION

Sydorenko D. V., Korotka L. I.

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

The complexity of the formal description of the natural language and its processing leads to the division of this process into separate stages. Different software tools can be used to build application systems for extracting information from texts, and the number of tools supporting creation of application systems is quite large [1].

The purpose of this study is to process texts and classify them. Without loss of generality and for certainty, five categories are considered: business, entertainment, political, sports, or technical. Texts of BBC News for 2004-2006 are used as multivariate data sets, representing a total of 2225 articles. To achieve this goal, we will consider a number of measures that will help to achieve it.

The process of natural language processing implies as one of the first steps - text tokenization, which is useful, including in machine learning. To unify the methods of text processing, it is necessary to perform its normalization, which contributes to the quality of text processing [1-2]. This series of operations allows you to bring the text to the so-called "refined" kind: all words are given in one case, punctuation marks are removed, abbreviations are decoded, numbers are given to their text spelling, etc.

The next stage of natural language processing is the removal of words (stop words) that do not carry any semantic load. They are also called "noise" words. Stop words have long been used in search engine algorithms. For example, in English they are articles, in Russian - interjections, unions, etc.

The next series of steps aimed at text processing are stemming and lemmatization. The first group allows to distinguish the linguistic basis of the word, and the second, close to the first, - to the semantic canonical form of the word, namely: infinitive for the verb, nominative case of the singular - for nouns and adjectives. The latter is a more complex operation compared to the first.

For the final stage the work with word corpuses is carried out. The corpus is used exclusively for hypothesis testing, training and statistical linguistic analysis.

The software toolkit was implemented on an interpreted object-oriented Python programming language. Used to process the natural language, the libraries are listed below.

For lemmatization, the `nlk.stem` library and its class, `WordNetLemmatizer`, are used. A separate python script (`preprocessing_helper.py`) was written which contains all functions used for text processing. The collection of documents (texts) of news has been transformed into a TF-IDF matrix. `Sklearn.feature_extraction.text` library and `TfidfVectorizer` class are used for this purpose. The Main Components Method (PCA) is used to reduce the data dimension (source sample) with the least information loss. The machine learning method of data visualization is used to select two main vectors: t-distributed attachment of stochastic proximity (t-SNE). `Sklearn.manifold` library and `TSNE` and `sklearn.decomposition` classes and `PCA` classes are used. 40% of its initial size is taken as a sample. After selecting the main components, the k-means clustering method is applied.

Fragments of the software implementation are presented in Figures 1-2.

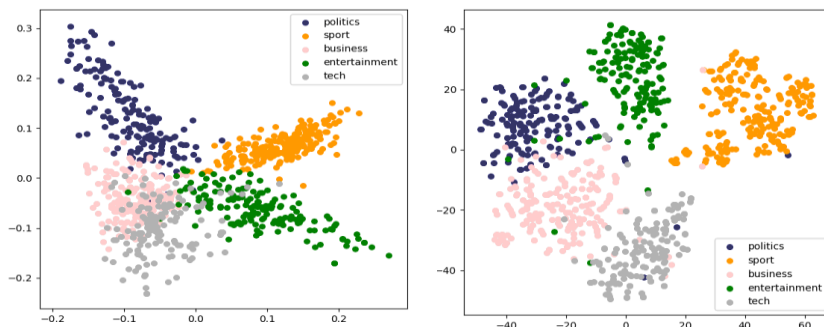


Figure 1 – Clustering results using methods of TF-IDF, tsne and kmeans

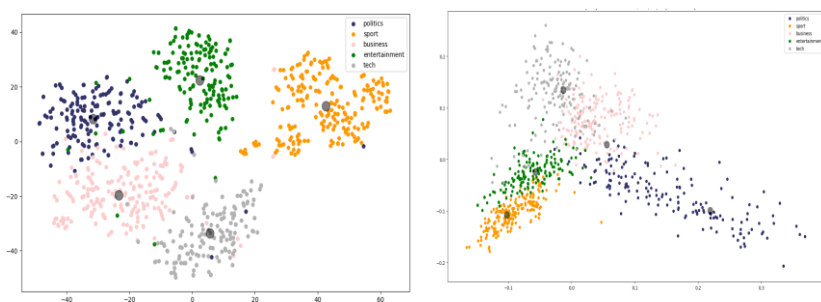


Figure 2 – Clustering results using methods TF-IDF, pca and k-means

The implemented program toolkit allows to define the category of entered text among those specified above.

List of references

1. Avtomaticheskaya obrabotka tekstov na estestvennom yazyke i analiz dannyh : ucheb. posobie [Automatic processing of natural language texts and data analysis: textbook. Allowance] / Bolshakova E.I., Voroncov K.V., Efremova N.E., Klyshinskij E.S., Lukashevich N.V., Sapin A.S. – M.: Izd-vo NIU VShE, 2017. 269 s. (in Russian)

2. Zelentsov D. G., Korotkaya L. I. Tehnologii vyichislitel'nogo intellekta v zadachah modelirovaniya dinamicheskikh sistem: monografiya. [Technologies of computational intelligence in tasks of dynamic systems modeling: monograph] / D. G. Zelentsov, L. I. Korotkaya // – Dnepr: Balans-Klub, 2018. – 178 s. (in Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.32434/mono-1-ZDG-KLI>

ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ДОМЕННОЙ ШИХТЫ

**Тогобицкая Д.Н., Муравьева И.Г., Белькова А.И.,
Иванча Н.Г., Лихачев Ю.М.**

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАНУ, Днепр, Украина

В связи с определяющей ролью доменной шихты в формировании продуктов плавки и обеспечении высоких технико-экономических показателей в Институте черной металлургии НАНУ разрабатывается экспертная система выбора оптимального состава многокомпонентной доменной шихты на основе закономерностей физико-химических превращений с учетом распределения компонентов в доменной печи.

Информационно-математическое обеспечение системы включает:

– базы экспериментальных и технологических данных о показателях доменной плавки;

– комплекс математических и физико-химических моделей для описания процессов доменной плавки и оценки технологических свойств железорудных материалов, металлического и шлаковых расплавов;

– программные средства обработки и анализа многомерных данных, методы прикладной статистики и многокритериальной оптимизации.

Структурно система состоит из подсистем, которые включают отдельные функциональные блоки. Основными комплексами являются: «Базы данных», расчетный и модельный модули, блок формирования технологических ограничений и принятия решений по выбору оптимального состава шихты.

Комплекс «Базы данных» содержит информацию о показателях загружаемой шихты (железорудные и углеродсодержащие материалы, различные добавки, показатели технологического режима и продуктов плавки).

Модельная подсистема включает следующие основные модели:

– «Модель распределения шихты», позволяющая определить распределение компонентов шихтовых материалов в зонах сечения колошника [1].

– «Физико-химическая модель шихты» для оценки поведения железорудных материалов в печи, включающая физико-химические модели расчета высокотемпературных свойств железосодержащих материалов: температур начала и конца размягчения, плавления и капельного течения, содержания FeO в первичном шлаковом расплаве в зависимости от содержания параметров химического состава и стехиометрии шихты [2];

– Модель «Система Металл-Шлак», включающая расчет свойств первичного шлака и прогнозирование состава и свойств продуктов плавки на основе методики физико-химического моделирования структуры и свойств металлургических расплавов и процессов их взаимодействия [2];

– Модель «Определение формы и положения пластичной зоны в доменной печи».

В расчетной подсистеме осуществляется расчет критериев оценки газодинамического режима доменной плавки, формы и положения пластичной зоны.

Функционирование подсистемы формирования технологических ограничений обеспечивается информацией, поступающей от модельного блока, в частности, комплексной модели распределения компонентов шихты в зонах печи. Формализация и обоснование системы технологических ограничений, предопределяющих эффективность выбора состава шихты, осуществляется по результатам обобщения технологической практики и имеющихся требований к условиям и характеристикам протекания процесса плавки. В разрабатываемой системе учитываются «статические» и «динамические» ограничения. В частности, к «статическим» относятся: ограничение допустимого количественного состава компонентов шихты, стабилизация показателя качества шихты в заданных пределах, обеспечение заданных свойств первичного и конечного шлака. Динамические ограничения генерируются на основании математического моделирования протекания процессов плавления и восстановления шихтовых материалов в высокотемпературных зонах доменной печи и анализа свойств образующихся расплавов.

В подсистеме принятия решений по выбору оптимального состава шихты осуществляется решение оптимизационной задачи выбора состава многокомпонентной шихты путем нахождения компромисса между принятыми критериями оптимальности и технологическими ограничениями.

Разрабатываемая экспертная система оптимизации состава шихты является логическим развитием ранее разработанной интеллектуальной системы поддержки принятия решений по управлению доменной плавкой [3], что позволит существенно повысить возможности и интеллектуальный технологический потенциал интегрированной системы. Это обеспечит генерацию научно и технологически обоснованных рекомендаций и корректирующих мероприятий по управлению процессом доменной плавки путем направленного изменения компонентного состава загружаемых шихтовых материалов.

Список литературных источников

1. Complex Mathematical Model of the Distribution of Multicomponent Charge in a Blast Furnace / [N.G. Ivancha, I.G. Murav'eva, E.I. Shumel'chik, V.I. Vishnyakov, Yu.S. Semenov] – Metallurgist, May 2018, Volume 62, Issue 1–2, pp. 95–100.

2. Приходько Э.В., Прогнозирование физико-химических свойств оксидных систем / Э.В. Приходько, Д.Н. Тогобицкая, А. Ф. Хамхотько, Д.А. Степаненко – Днепропетровск: Пороги, 2013. – 339 с.

3. Создание интеллектуальных систем поддержки принятия решений по управлению доменной плавкой. Новые подходы / И.Г. Муравьева, Д.Н. Тогобицкая, Ю.С. Семенов, Н.Г. Иванча, А.И. Белькова, Е.И. Шумельчик, Д.А. Степаненко. – К.: Наук. думка, 2019. – 272с.

МЕТОДИКИ ПРОЕКТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОГО ВІДБОРУ ПЕРСОНАЛУ

Тонишева В. О., Коротка Л. І.

ДВНЗ «Український держаний хіміко-технологічний університет», Дніпро,
Україна

Професійний відбір є міждисциплінарною науковою проблемою. По суті профвідбір має на увазі поглиблену діагностику та профконсультацію з метою відбору кандидатів на конкретні посади або місце навчання чи перенавчання. Головним завданням профвідбору є створення науково обгрунтованого висновку щодо профпридатності індивіда до конкретної трудової діяльності з урахуванням його здібностей з одного боку та потреб і умов виробництва – з іншого. Тож, цей процес можна розглянути як спеціально організоване дослідження з метою виявлення ступеня психофізіологічної й соціально-психологічної придатності кандидата до тієї чи тієї роботи за допомогою науково обгрунтованих методів [1].

Виявлення профпридатності здійснюється шляхом спеціально організованої трудової експертизи, що охоплює різні напрями, які є взаємозалежними один від одного.

Профвідбір має визначити певний рівень професійної придатності особи – відповідність її можливостей, якостей та властивостей характеру та змісту визначеної діяльності, що забезпечує достатньо високий та надійний рівень виконання цієї діяльності [1].

У роботі розглядаються особливості діяльності інженера з контролю якості програмного забезпечення. Як відомо, QA-інженер (з англ. Quality Assurance engineer – інженер із забезпечення якості) це фахівець із функціонального тестування програмного забезпечення на етапі його розробки. На відміну від інженера-тестувальника програмного забезпечення (ПЗ) він не займається тестуванням уже готового продукту, а працює над формуванням процесів тестування на етапі розробки ПЗ, що, врешті-решт, і забезпечує якість ПЗ.

Для визначення ступеня профпридатності інженерів з контролю якості ПЗ, тобто їх відповідність певній посаді на підприємстві чи в організації, було визначено та описано ті позиції, що застосовуються в компанії. Кадровими службами компанії визначено вимоги до кандидатів: біографічні, медичні, фізіологічні особливості, професійна освіта, перелік документів (дипломи, сертифікати, ліцензії, патенти тощо), стаж роботи, рівень професійного досвіду, володіння іноземною мовою, конкурентні навички та вміння в сфері тестування та контролю якості ПЗ, особистісні та інтелектуальні якості, що сприяють продуктивності роботи.

Головними аспектами є: абітурієнт – людина, яка ще не має кваліфікації та досвіду роботи в цій сфері, але є кандидатом на навчання; кандидат у стажери – студент або випускник, що навчається за відповідною спеціальністю, проте не має ніякого практичного досвіду в сфері тестування якості ПЗ; стажер – той, хто має відповідну освіту та проходить стажування за

МУЛЬТИАГЕНТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И СИГМА-ПИ-ПАДЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Федоров Е.Е., Чичужко М.В., Чичужко В.О.

Черкасский государственный технологический университет, Черкассы,
Украина

В настоящее время важную роль в электронной коммерции начинают играть мультиагентные системы. При реализации таких систем возникает проблема недостаточной эффективности мультиагентного взаимодействия. Для решения этой проблемы в данной работе предлагается вместе с традиционными механизмами обмена информацией на основе спецификаций FIPA использовать нечеткую логику и искусственные нейронные сети, которые позволяют оценить степень истинности запрашиваемой информации.

В спецификации языка контента FIPA SL допустимы следующие выражения с операторами *all*, *any*, *iota*, которые используются для запросов информации:

1. Выражение (*iota* ?x (p ?x)) идентифицирует элемент *x* для которого предикат *p(x)* является истинным. Например, (*iota* ?x (FatherOf ?x (Man :name "Bill"))) идентифицирует *x* для которого предикат *FatherOf(x, (Man :name "Bill"))* является истинным, т.е. отец, у которого ребенком является мужчина с именем "Bill".

2. (*all* (sequence ?x1 ... ?xn) (p ?x1 ... ?xn)) – идентифицирует все *x* из последовательности *x1, ..., xn* для которых предикат *p(x)* является истинным. Например, (*all* ?x (WorksFor ?x (Company :name "Telecom Italia"))) идентифицирует все *x* для которых предикат *WorksFor(x, (Company :name "Telecom Italia"))* является истинным, т.е. всех людей, которые работают в компании "Telecom Italia".

3. (*any* (sequence ?x1 ... ?xn) (p ?x1 ... ?xn)) – идентифицирует любой *y* из последовательности *x1, ..., xn* для которого предикат *p(y)* является истинным. Например, (*any* ?x (WorksFor ?x (Company :name "Telecom Italia"))) идентифицирует любой *x* для которых предикат *WorksFor(x, (Company :name "Telecom Italia"))* является истинным, т.е. любого человека, который работает в компании "Telecom Italia".

Подобные выражения могут быть использованы для нечеткой логики.

Например, если первый агент получает от второго агента запрос, который содержит (*iota* ?x (gauss ?x)), то первый агент вычисляет степень

истинности как значение функции принадлежности $\mu_{\tilde{A}}(x) = \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right)$.

Например, если первый агент получает от второго агента запрос, который содержит (*all* (sequence ?x1 ... ?xn) (gauss ?x1 ... ?xn)), то первый агент

вычисляет степень истинности в виде $\prod_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}_i}(x_i)$, $\mu_{\tilde{A}_i}(x_i) = \exp\left(-\frac{(x_i - m_i)^2}{2(\sigma_i)^2}\right)$

Например, если первый агент получает от второго агента запрос, который содержит (any (sequence ?x1 ... ?xn) (gauss ?x1 ... ?xn)), то первый агент вычисляет степень истинности в виде $1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_i}(x_i))$,

$$\mu_{\tilde{A}_i}(x_i) = \exp\left(-\frac{(x_i - m_i)^2}{2(\sigma_i)^2}\right).$$

Следующим шагом может стать использование подобных выражений для предложенной авторами двухслойной сигма-пи-паде нейронной сети, основанной на нечеткой логике и моделирующей нечеткий вывод.

Скрытый слой содержит модифицированные сигма-пи нейроны (на вход нейронов поступают значения функций принадлежности, вместо суммы 2^n произведений используется только одно произведение, а в случае оператора any используется вычитание из 1) и вычисляет условия нечетких правил.

В случае оператора all скрытый слой представлен в виде

$$a^k = w^k \prod_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}_i^k}(x_i), \quad \mu_{\tilde{A}_i^k}(x_i) = \exp\left(-\frac{(x_i - m_i^k)^2}{2(\sigma_i^k)^2}\right), \quad k \in \overline{1, M}, \quad (1)$$

где w^k – весовой коэффициент, M – количество нечетких правил

В случае оператора any скрытый слой представлен в виде

$$a^k = w^k \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_i^k}(x_i))\right), \quad \mu_{\tilde{A}_i^k}(x_i) = \exp\left(-\frac{(x_i - m_i^k)^2}{2(\sigma_i^k)^2}\right), \quad k \in \overline{1, M} \quad (2)$$

Выходной слой содержит модифицированный паде-нейрон (числитель и знаменатель паде-нейрона является суммой модифицированных сигма-пи нейронов (на вход нейронов поступают значения функций принадлежности умноженные на выход нейронов предыдущего слоя, вместо суммы 2^n произведений используется только одно произведение, используется вычитание из 1), а весовые коэффициенты паде-нейрона определены в виде $v1^r = m^r$, $v2^r = 1$). Выходной слой представлен в виде

$$y = \frac{\sum_{r=1}^M v1^r \left(1 - \prod_{k=1}^M (1 - a^k \mu_{\tilde{B}^k}(m^r))\right)}{\sum_{r=1}^M v2^r \left(1 - \prod_{k=1}^M (1 - a^k \mu_{\tilde{B}^k}(m^r))\right)}, \quad \mu_{\tilde{B}^k}(z) = \exp\left(-\frac{(z - m^k)^2}{2(\sigma^k)^2}\right) \quad (3)$$

Предложенная сигма-пи-паде нейронная сеть понижает вычислительную сложность традиционных сигма-пи нейронов.

Программные агенты, использующие сигма-пи-паде нейронную сеть, были реализованы на языке Java в программной среде NetBeans, используя пакет JADE, который поддерживает спецификацию языка контента FIPA SL.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА

Харитонов О.О., Ляшенко О.А.

ДВНЗ «Український держаний хіміко-технологічний університет», Дніпро,
Україна

При розробці експертних систем використовуються різні технології їх побудови. Зокрема, в роботі [1] представлено приклади застосування реляційної та нереляційної моделей даних для побудови бази знань експертної системи з використанням семантичної мережі. В роботі [2] для реалізації експертної системи було застосовано засоби логічного програмування. Крім того, існує багато вдалих прикладів застосування нейромережевого підходу для побудови експертних систем. Комбіноване використання експертної системи і апарату штучних нейронних мереж (ШНМ) забезпечує необхідну гнучкість і самонавчання на основі знань, в той же час, отримані від експертів знання дозволяють істотно спростити структуру нейронних мереж, зменшити число нейронів і зв'язків в мережі. Наприклад, медичні нейромережеві експертні системи проявили себе як серйозний суперник традиційних експертних систем, складаючи конкуренцію кваліфікованим експертам [3].

Дана робота присвячена розробці нейромережевої експертної системи з діагностики несправностей, пов'язаних з персональним комп'ютером, шляхом отримання від користувача емпіричних даних про стан роботи електронної обчислювальної машини, таких як «синій екран смерті» чи нездатність розпізнавати USB комп'ютером. Залежно від типу спостережуваної проблеми, кожна задача має свої значення, які відповідають за можливе пошкодження тією чи іншою мірою пов'язаною з компонентами персонального комп'ютера, що встановлюються експертом та є необхідним джерелом інформації для ШНМ.

Реалізована програма використовує алгоритм зворотного поширення в якості метода навчання багатосарового перцептронну, який відноситься до методів навчання з учителем, тому вимагає, щоб в навчальних прикладах були задані цільові значення, джерелом яких є експертна система.

Розробка нейромережевих експертних систем передбачає застосування основних етапів розробки програмного продукту.

Першим етапом у створенні експертної системи, заснованої на нейронних мережах, є визначення важливих атрибутів, необхідних для вирішення цієї проблеми. Відбувається формування і накопичення бази даних об'єкта у вигляді прикладів, що описують конкретну задачу предметної області.

Другий етап полягає у побудові інтелектуальної моделі об'єкта шляхом імпортування даних з бази даних в модуль роботи зі ШНМ. Крім того, здійснюється вдосконалення моделі об'єкта на основі отриманих даних. Удосконалення моделі відбувається до певної міри компетентності, яка визначається експертом предметної області.

Третім етапом є класифікація. Побудована інтелектуальна модель здатна самостійно класифікувати інформацію, що надходить в базу даних.

Реалізація здійснюється шляхом розробки спеціалізованого програмного комплексу згідно схеми, представленої на рисунку 1 [4].

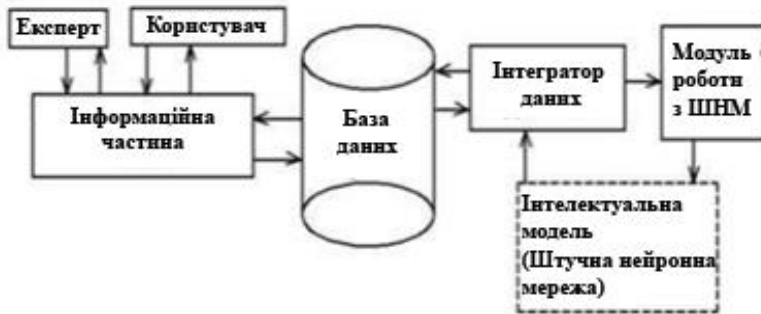


Рисунок 1 – Загальне функціонування роботи програмного комплексу

Розглядаючи концепцію і ефективність застосування апарату штучних нейронних мереж в експертних системах можна зробити висновок, що даний напрямок є актуальним і перспективним. Метою дослідження було показати на практиці функціонування розробленої технології, при якій відбувається побудова нейромережевої експертної системи, що дозволить вирішувати конкретну задачу в заданій предметній області.

Розроблена експертна система, побудована на нейромережевих технологіях, забезпечує підтримку прийняття рішень користувача при діагностиці персонального комп'ютера і оцінці стратегічних можливостей, наприклад, в якості термінового звернення до спеціаліста чи можливістю проявити індиферентність до самостійної заміни визначеного компоненту.

Поставлена задача є актуальною для дослідження в області інформаційних систем та може бути застосовувана як звичайними користувачами, так і спеціалістами з діагностики несправностей, пов'язаних з персональним комп'ютером.

Список літературних джерел

1. Солодка Н.О., Поліщук Є.О., Ляшенко О.А. Використання графової та реляційної моделей даних при розробці експертних систем // Вісник ХНТУ. – 2018. – № 4(67). – С.246-251.

2. Ляшенко О.А., Данилов К.И. Проектирование и программная реализация средствами Visual Prolog экспертной системы, основанной на логике // Обчислювальний інтелект – 2011 (результати, проблеми, перспективи): 10-13 травня 2011 р.: матеріали I Міжн.наук.-техн.конф. – Черкаси: Маклаут, 2011. – С. 336.

3. Крутлов В.В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 382 с.

4. Арзамасцев А.А., Неудахин А.В. Методика разработки экспертных систем, использующих в качестве интеллектуального ядра ИНС-модели // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2008. Т. 13. Вып. 2-3. С. 219-222.

ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ГОЛОСОВОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ФОНОСКОПІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ

Цюрисов Д. М.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Миколаїв,
Україна

Ідентифікація (ототожнення) особи за мовленням дозволяє вирішувати чимало прикладних задач у різноманітних областях людського життя. Ефективність застосувань системи ідентифікації залежить від оцінювання багатьох параметрів, які досі не достатньо вивчено. Залишаються відкритими питання вибору елементів ідентифікації на різних рівнях, тощо.

У криміналістиці експертиза матеріалів і засобів відео-звукозапису – це фоноскопічна експертиза. Вид криміналістичної експертизи, при якій проводиться ідентифікація диктора за параметрами мовлення, ідентифікація апаратури, за допомогою якої здійснено запис (у тому числі чи є запис оригінальним), виявлення ознак монтажу.

Перелік питань, що розглядаються у процесі судової експертизи відеозвукозапису наведено у [1]. Серед яких «ототожнення досліджуваної особи з конкретною особою за ознаками мовлення». Відповідно до [2] затверджено перелік рекомендованої науково-технічної та довідкової літератури, що використовується під час проведення судових експертиз на території України, у тому числі і при фоноскопічній експертизі.

Наразі, у процесі ототожнення особи використовують спектральні акустичні ознаки мовленнєвого сигналу на основі перетворення Фур'є і вейвлет-спектра, кепстральних коефіцієнтів, їх похідних у часі у вигляді векторів дійсних чисел. Найчастіше використовуються наступні акустичні ознаки: перцептуальні коефіцієнти лінійного передбачення; мел-частотні кепстральні коефіцієнти (Mel Frequency Cepstral Coefficient); лінійно-частотні кепстральні коефіцієнти. Найбільш поширеними методами класифікації моделей є: векторне квантування, гаусівські суміші, приховані марківські моделі та метод опорних векторів.

Метод векторного квантування полягає у розподіленні усього простору ознак на ділянки, в яких сконцентровані акустичні ознаки диктора. Об'єм інформації необхідний для описання моделі цим методом компактний, але на якість ідентифікації сильно впливає ступінь деталізації. Відносно інших методів висока ймовірність помилки 1-го роду.

Моделі на основі гаусівських сумішей продовжують ідею векторного квантування, але класи в просторі ознак описуються у вигляді багатомірного ймовірнісного розподілу, що усуває недолік деталізації квантування.

Метод прихованих марківських моделей визначає модель послідовності станів, яким відповідає розподіл ймовірностей появи в даному стані, а також матриці ймовірностей переходів. Оскільки ідентифікаційні характеристики особи найчастіше приховані у короткочасних ділянках фонем і між фонемних переходів, то необхідності використання ланцюгів станів відпадає. Ланцюгами

станів можливо описати як моделі фонем так і послідовності (слова) і цілі речення при переході на синтаксичний рівень.

Метод опорних векторів дозволяє визначити в багатомірному просторі ознак розміщення гіперплощини, яка є рівновіддаленою від крайніх (опорних) векторів двох протилежних класів.

Оскільки акустичні ознаки в різній мірі характеризують індивідуальність мовлення особи, то для підвищення якості ідентифікації, як правило, використовують декілька ознак, що отримуються на основі різних уявлень сигналу. Наприклад, системи в яких використовуються одночасно мел-частотні кепстральні коефіцієнти і лінійно-частоті кепстральні коефіцієнти.

За результатами проведення експертизи неможливо дати висновок за умови непридатності представлених на експертизу зразків, крім того, коли результати вирішення задачі ідентифікації, отримані при використанні різних методів (аудитивного, лінгвістичного, акустичного) суперечать один одному [3]. Непридатність представлених спірних фонограм може полягати у високому рівні шуму, накладення мовлення декількох співрозмовників та інше.

Висновки. Зазначені вище методи найчастіше використовуються при проведенні експертизи відеозвукозапису, проте основною проблемою, що виникає у процесі ідентифікації за цими методами, є варіативність мовленнєвого сигналу, пов'язана із вимовою особи на запису, різні оточуючі умови запису, шуми та інші. Перспективним напрямками дослідження є: пошук нових інформативних ознак стійких до завад, розробка нових вирішальних правил, мінімізація похибок, створення баз для тестування систем ідентифікації з різноманітними особливостями мовлення, розроблення методів, які можливо використовувати в умовах високого рівня шуму, тощо.

Список літературних джерел

1. Наказ Міністерства юстиції України від 08.10.1998 № 53/5 «Про затвердження Інструкції про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень та Науково-методичних рекомендацій з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень».

2. Наказ Міністерства юстиції України від 24.02.2011 № 605/5 «Про внесення змін до наказу Міністерства юстиції України від 30.07.2010 № 1722/5».

3. Криміналістика. Частина I : Вступ до курсу криміналістики.

Криміналістична техніка : навч. посіб. / Б. Є. Лук'янчиков, С. Д. Лук'янчиков,

С. Ю. Петряев. – Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2017. – 374 с.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕМПОРАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КАУЗАЛЬНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У ПОЯСНЕННЯХ В РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Чалий С.Ф., Лещинський В.О., Лещинська І.О.

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Рекомендаційні системи спрощують вибір споживача у ситуаціях широкого спектру пропозицій товарів, інформації, послуг. Для того, щоб користувачі довіряли запропонованим рекомендаційною системою результатам, останні доповнюють поясненнями. Пояснення деталізує причини формування запропонованих рекомендацій, що дає можливість представити процес прийняття рішень у рекомендаційній системі у зрозумілому для користувача вигляді [1].

Існуючі підходи до формування пояснень в інтелектуальних системах орієнтовані на спрощене представлення алгоритмів роботи таких систем [2]. Таке спрощення дає можливість відобразити узагальнені каузальні зв'язки, які забезпечили формування запропонованого рекомендаційною системою рішення на основі вхідних даних від користувача. Виділені каузальні зв'язки можуть бути представлені як явно в текстовому, та і неявно, у візуальному форматі вигляді. Однак існуючі підходи до побудови пояснень враховують переважно статичні причинно-наслідкові зв'язки та не приділяють достатньо уваги темпоральній динаміці каузальних залежностей. В той же час, узагальнення принципів побудови каузальних залежностей з урахуванням темпорального аспекту дає можливість представити пояснення щодо роботи інтелектуальної системи із заданим ступенем деталізації згідно поточних потреб споживача, що і свідчить про актуальність теми даної роботи.

Метою роботи є узагальнення принципів побудови темпорального представлення каузальних зв'язків з тим, щоб сформувати опис процесу функціонування рекомендаційної системи для пояснення з урахуванням змін потреб користувачів у часі.

Виконаний аналіз підходів до побудови пояснень в рекомендаційних системах, зокрема, свідчить про важливість відображення каузальних залежностей щодо послідовності кроків з прийняття рішень при формуванні рекомендацій для користувача. Кожна з цих залежностей має такі темпоральні властивості: задає послідовність прийняття рішень у часі; визначає вплив послідовності дій з прийняття рішень на отриману рекомендацію з урахуванням актуальності цього результату на визначеному інтервалі часу. З урахуванням наведених властивостей, при побудові причинно-наслідкових залежностей для формування пояснень з урахуванням темпорального аспекту пропонується використовувати такі принципи: принцип ймовірності каузальних залежностей між діями з отримання результату рекомендаційної системи; принцип інформаційного зв'язку між станами рекомендаційної системи.

Згідно першого принципу, при формуванні пояснень застосовуються узагальнені залежності, ймовірність використання яких залежить від цільового

періоду часу. Узагальнена залежність для кожного користувача u_k встановлює зв'язок $r_{i,j}^k$ між парою фактів f_i^k та f_j^k . Темпоральний аспект відображає істинність цієї залежності лише на окремих інтервалах часу. Наприклад, після перегляду користувачем сторінок з товаром певного типу (факт f_i^k) певний період часу $T_{i,j}^k$ буде істинним факт f_j^k інтересу k – користувача до цієї групи товарів. Узагальнена залежність $r_{i,j}$ для групи користувачів має ймовірнісний характер, оскільки періоди $T_{i,j}^k$ залежать як від сезонних, загальних для всіх користувачів, так і від персональних факторів. Таким чином, перший принцип дає можливість відібрати залежності для побудови пояснення за ймовірністю їх актуальності у визначений період часу.

Другий принцип задає порядок визначення істинності фактів f_i^k на визначеному інтервалі часу. Кожен факт визначається через кон'юнкцію умов, які характеризують поточний стан інтелектуальної системи. Умови задаються через набуття відповідним параметром системи заданого значення. При формуванні умов відбираються лише суттєві для побудови пояснення параметри рекомендаційної системи.

Запропоновані принципи створюють умови для побудови пояснень щодо рекомендацій на базі ймовірнісного виводу на темпоральних правилах.

Список літературних джерел

1. Aggarwal, C. Recommender Systems. – New York: Springer, 2017. – 498 с.
2. Chalyi, S. The concept of designing explanations in the recommender systems based on the white box [Текст] / S. Chalyi, V. Leshchynskyi, I. Leshchynska // Control, navigation and communication systems, 2019. – Vol. 3 (55). – P. 156-160.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ТА НЕЧІТКОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ У ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Шаповалов А. О., Олевський В. І.

Український державний хіміко-технологічний Університет

Математичні методи дослідження дозволяють вченим одержувати якісні і розумні результати в природних науках. Сучасні математичні методи доказової біології істотно впливають навіть на питання світогляду [1]. Разом з цим, актуальність віддаленої роботи через COVID-19 є незаперечною у час нинішньої пандемії. Інтернет повністю змінює принцип роботи кожного підприємства. Хмарні сервіси Google стають все популярнішими, тому розробка технології зберігання та нечіткої обробки даних у хмарному середовищі Google є актуальною.

Метою диплома є розробка технології зберігання та нечіткої обробки даних електрофорезу білків у хмарному середовищі Google. Програмний продукт, який розміщується на Firebase від Google, представляє собою програму на вході якої набір файлів, що відповідає одному експерименту синтезу білків, на виході – результат обробки експерименту, який записується в другий файл (рис. 1).

Описати файли:	0	Вхідні файли: 010001 (текстовий файл) / 010002 (максимальний файл) / 010003 (графічний файл)	Назив файлу: 010001 / 010002 / 010003	Якості точок, уривань по ширині, для шкали	010001	графічний	#_CODE_ScalePointGo
		Описати файл: «Якості точок, уривань по ширині, для шкали»		010002	текстовий	#_CODE_ScalePointTo	
		Якості точок, уривань по ширині, для розширеної форми»		010003	графічний	#_CODE_FFPointGo	
		Описати файл: «Якості точок, уривань по ширині, для розширеної форми»		010004	текстовий	#_CODE_FFPointTo	
Норми по порядку:	01.0	010001	Норми по порядку	Якості точок, уривань по ширині, для розширеної форми»	010001	графічний	#_CODE_FPointGo
Називати і код інтерпретативних даних:	01.0	010001	Етюд над визначенням першого описання в назві кожного файлу, систематичного коду експерименту	Описати файл: «Якості точок, уривань по ширині, для розширеної форми»	010001	текстовий	#_CODE_FPointTo
Описати зображення:	01.0	графічний	#_CODE_ScanPointGo	Модель шкали ScanGo	010001	графічний	#_CODE_ScanGo
				Модель шкали Memo	010002	графічний	#_CODE_Memo
Описати файли «Описати зображення»:	01.0	мультимедійний	#_CODE_ScanPointToGo	Модель шкали Disp	010003	графічний	#_CODE_Disp
Масштаби маркерів на графіку:	01.0	графічний	#_CODE_MarkerScanGo	Модель шкали текстовий файл	010004	текстовий	#_CODE_(називаюване шкали)_scale
Масштаби маркерів:	01.0	мультимедійний	#_CODE_MarkerMemoTo	Розширена бета – перелічне кількість файлів (столько, сколько бетах):	010005	графічний	#_CODE_Pve(називаюване бетах)_Go
Ілюстрації по три чи чотири дані:	01.0	графічний	#_CODE_EperimentGo	Описати файл: «Розширена бетах – перелічне кількість файлів (столько, сколько бетах):»	010006	доповідь	#_CODE_(називаюване бетах)_ddp
Описати файли «Ілюстрації по три чи чотири дані»:	01.0	мультимедійний	#_CODE_EperimentTo	Алгоритми – перелічне кількість файлів (столько, сколько бетах):»	010007	мультимедійний	#_CODE_Alpha_Pve(називаюване бетах)_Go
Описати файли «Ілюстрації шкали»:	01.0	графічний	#_CODE_ScaleGo	Сравнение бетах со шкали – графічний файл – перелічне кількість файлів (столько, сколько сравнений):»	010008	графічний	#_CODE_Scomp(називаюване бетах)_with scale(дополнительная информация):»
Якості точок, уривань по ширині, для шкали:	010009	графічний	#_CODE_ScalePointGo	Сравнение бетах со шкали – текстовий файл – перелічне кількість файлів (столько, сколько сравнений):»	010010	мультимедійний	#_CODE_Scomp(називаюване бетах)_with scale(дополнительная информация):»
Описати файли «Якості точок, уривань по ширині, для шкали»:	010011	мультимедійний	#_CODE_ScalePointTo	Поточне сравнение бетах – перелічне кількість файлів (столько, сколько сравнений):»	010012	графічний	#_CODE_Scompare(називаюване бетах)_with scale(називаюване бетах)_дополнительная информация):»
Якості точок, уривань по ширині, для розширеної форми:	010013	графічний	#_CODE_FFPointGo	Описати файл: «Поточне сравнение бетах – перелічне кількість файлів»	010014	мультимедійний	#_CODE_Scompare(називаюване бетах)_with scale(називаюване бетах)_дополнительная информация):»
Описати файли «Якості точок, уривань по ширині, для розширеної форми»:	010015	мультимедійний	#_CODE_FFPointTo				

Рисунок 1 – Опис файлів, що використовуються у роботі програми.

Розроблено систему на основі програми FANSPREL [2], що зберігає дані та надає можливість обробити результати експериментів електрофорезу білків з будь-якого підключеного до Інтернету пристрою. Доступ до продукту надається зареєстрованим користувачам (рис. 2).

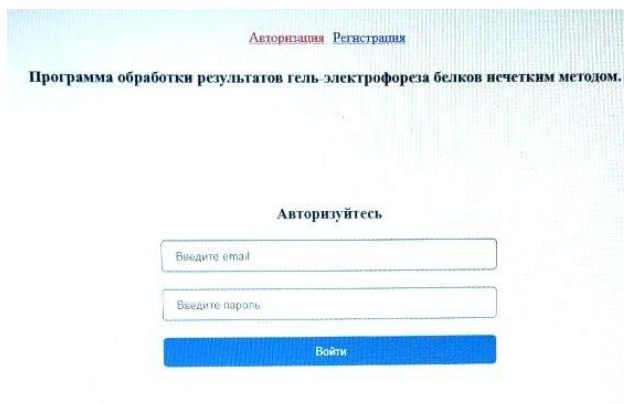


Рисунок 2 – Интерфейс системи обробки даних.

Для створення програмного продукту було обрано платформу Google Cloud Platform, яка має набір необхідних додатків, серед яких Firebase – модель надання хмарних обчислень, одне з VaaS-рішень (Backend as a Service), яке дає розробнику масу можливостей. Це і сервер, і база даних, і хостинг, і аутентифікація в одній платформі. Так, Firebase Realtime Database надає розробникам API, який синхронізує дані додатки між клієнтами і зберігає їх в хмарному сховищі.

Завдяки розміщенню продукту в хмарі користувачі отримують доступ до віртуальних обчислювальних і мережних ресурсів, а також до ресурсів зберігання даних, наданих в Інтернеті віддаленим постачальником. Хмарні обчислення вибрано за їх вагомі переваги, серед яких наступні.

- Зниження потреби в підтримці і програмному забезпеченні. Хмарні обчислення, як правило, не вимагають чисельного ІТ-персоналу, оскільки зникає потреба в управлінні програмним забезпеченням. Хмарні сервіси не вимагають потужних комп'ютерів, не потрібно часто оновлювати техніку.

- Можливість працювати в будь-якому місці і в будь-який час. Хмарне програмне забезпечення дозволяє співробітникам працювати з дому, полегшуює співпрацю з людьми, які перебувають за межами країни.

- Безкоштовність для звичайного користувача і для програміста.

Список використаних джерел:

1 Yu.B. Olevska, V.I. Olevskiy, O.V. Olevskiy, Using of fuzzy mathematical models in automated systems for recognition of high molecular substances / AIP Conference Proceedings. – 2025(1). – 2018. – paper 060003, 9p., doi: <https://doi.org/10.1063/1.5064911>

2. Комп'ютерна програма «Система нечіткого аналізу результатів електрофорезу білків (FANSPREL)» /Олевський В.І., Олевська Ю.Б., Олевський О.В. // Авторське право і суміжні права. – Бюлетень № 57, 25.02.2020. - № 96330.– С. 509.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТРАЕКТОРІЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ Шаповалова С.І., Бараніченко О.М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

На сьогоднішній день відбувається стрімкий розвиток виробничої техніки. Навіть невеликі підприємства мають змогу придбати верстати з ЧПУ, які дозволяють підвищити якість деталей та швидкість їх виготовлення. Однак, на етапі створення правильної траєкторії обробки часто допускаються помилки, що призводить не лише до зниження продуктивності виробничого процесу, але і до псування матеріалу, виведення з ладу обладнання та травмування персоналу. Саме тому розробка методів автоматизованого створення траєкторій обробки деталей є актуальною та має практичне значення.

У роботі [1] автори описали концепцію нового покоління промисловості – «Industry 4.0», яка базується на інтелектуально-орієнтованому виробництві. У статті було показано, що завдяки використанню цього підходу не лише зростає продуктивність та гнучкість виробництва, але і підвищується якість вихідної продукції. Це ж, в свою чергу, дозволяє також підвищити надійність та безпеку виробництв. Однак, зазначена концепція потребує коректної реалізації багатьох складових технологічного процесу, зокрема, підвищення точності обробки виробів на верстатах з ЧПУ.

Вирішенню цієї проблеми присвячено роботу [2]. Автори наголошують на тому, що з ростом складності деталей, які, наприклад, обробляються сьогодні на промислових металообробних центрах, вирішувати задачу підвищення точності стандартними методами стає неможливо або недоцільно. Для вирішення цієї проблеми пропонується узагальнена схема діагностування та введення оперативної корекції, яка базується на інтелектуальних алгоритмах.

Однак вирішення задачі раціонального руху робочого інструменту залишається не визначеним у багатьох випадках, що породжує необхідність подальших досліджень у даній сфері.

Задача визначення оптимальної траєкторії обробки деталей полягає в побудові траєкторії, яка дозволяє провести обробку матеріалу з найвищою точністю, продуктивністю та безпекою при заданих розміщенні об'єктів, що обробляються, додаткових пристроїв (лещата, паралелі, прижими, тощо) та особливостей верстату (оптимальні зони обробки, захисні пристрої, характеристики ріжучого інструменту, тощо).

На рисунку 1 показано приклад простої задачі вирізання трьох деталей з листового матеріалу. В залежності від умов обробки траєкторія може відрізнятися. Так, якщо на вакуумному столі обробляється матеріал без великого навантаження, то порядок обробки визначає найменший час. Однак, якщо обробка пов'язана з великими навантаженнями (наприклад сталевий лист, зафіксований по периметру прижимами), то необхідно враховувати, що

початкова обробка деталі №3 може призвести до значного зменшення утримуючого зусилля, що в свою чергу спричинить виривання заготовки та травмування персоналу.

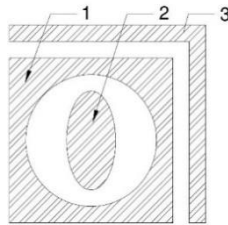


Рисунок 1 – Приклад типового креслення для задачі оптимізації траєкторії обробки

Існуючі методи автоматичної побудови траєкторій обробки здебільшого базуються на критеріях мінімізації відстані або часу руху робочого інструменту. Застосування такої концепції можливе лише на простих задачах, які на практиці майже відсутні. Створення траєкторії обробки сотні різноманітних об'єктів на сьогоднішній день є стандартною розповсюдженою задачею. Якщо спеціаліст самостійно, без використання спеціальних засобів створює траєкторію обробки, значно підвищується імовірність помилок.

В даному дослідженні було застосовано поєднання методів розв'язання задачі оптимізації побудови траєкторії з застосуванням експертних правил. Ці правила враховують нештатні ситуації, такі як виривання заготовки, резонанс робочого інструменту, наїзди на перешкоди, тощо. Тестова вибірка складалась з 50 креслень, кожне з яких містило від 5 до 30 деталей з листового матеріалу. Результати отримувались у вигляді рекомендацій щодо виправлення коду. Аналіз результатів показав, що більше 50% нештатних ситуацій було визначено системою. Це підтвердило ефективність використаного підходу.

Висновки:

1. Аргументовано необхідність інтелектуалізації систем технологічної підготовки виробництва для верстатів з ЧПУ.
2. Представлено задачу створення оптимальної траєкторії обробки деталі.
3. Представлено підхід до розв'язання поставленої задачі. Доведено його ефективність на тестовій вибірці.

Список літературних джерел

1. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0 / Ray Y. Zhong, Xun Xu, Eberhard Klotz, Stephen T. Newman // Elsevier Engineering. – 2017. – №3(5). – P. 616–630. DOI: 10.1016/J.ENG.2017.05.015.
2. Nekrasov, R. Y., Lasukov, A. A., Starikov, A. I., Soloviev, I. V., & Bekareva, O. V. (2016). Intellectual Control System of Processing on CNC Machines. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 127(1), [012047]. DOI: 10.1088/1757-899X/127/1/012047.

СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОМОБІЛЕМ

Шевчук Є. І., Хорошилов С. В.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Дніпро, Україна

В цей час великий інтерес у світі прикуто до автономних транспортних засобів, які можуть пересуватися без допомоги водія. Серцем таких засобів є комп'ютерна система, яка спеціалізується на задачах автономного керування, працює за допомогою відповідно програмного забезпечення та здійснює автоматизовану обробку даних. Розробка та відпрацювання таких систем на реальних автомобілях є складною задачею, що потребує багато коштів. Тому для створення та дослідження таких технологій доцільно використовувати більш дешеві роботомобілі [1].

Основу безпілотної платформи складають два мотора, що дозволяють машині рухатися в потрібних напрямках і з потрібною швидкістю. Роль очей виконує ширококутова USB-камера, яка передає зображення дорожньої обстановки перед моделлю, що рухається, на бортовий мікрокомп'ютер, ядро системи комп'ютерного зору.

Розроблено програму, яка виконує аналіз кожного прийнятого кадру відеопотоку, що дозволяє стежити за розміткою дороги, розпізнавати дорожні знаки, сигнали світлофорів та видавати необхідні команди бортовому контролеру. Програма подає робочі напруги на контакти, з'єднані з мотором і сервоприводом передніх коліс, управляє світловими приладами, отримує дані з бортових датчиків [2].

Стереомікрофони і зовнішня звукова карта з динаміком («вуха» і «мова») доповнюють систему комп'ютерного зору і створюють можливості для голосової взаємодії людини і роботомобіля.

Роботомобіль створено на базі плат Arduino, який є ефективним засобом розробки програмованих електронних пристроїв. Arduino – це відкрита програмована апаратна платформа для роботи з різними фізичними об'єктами і є простою платою з мікроконтролером, а також спеціальним середовищем розробки для написання програмного забезпечення мікроконтролера. Arduino може використовуватися для розробки інтерактивних систем, керованих різними датчиками і перемикачами. Такі системи, у свою чергу, можуть управляти роботою різних індикаторів, двигунів і інших пристроїв.

Для створення системи комп'ютерного зору використані методи машинного навчання. Новий проєкт команди TensorFlow Lite - TensorFlow Lite Мікро дозволяє використовувати Arduino, в тому числі і для машинного навчання.

Для вирішення завдання класифікації зображень застосовано згорткову нейронну мережу (ЗНМ, англ. convolutional neural network, CNN, ConvNet). ЗНМ - це клас глибинних штучних нейронних мереж прямого поширення, який успішно застосовувався до аналізу візуальних зображень [3].

У згорткових нейронних мережах шари згортки і субдескрипції складаються з декількох «рівнів» нейронів, які називаються картами ознак (feature maps), або каналами (channels). Кожен нейрон такого шару з'єднаний з невеликою ділянкою попереднього шару, так званим рецептивним полем. У разі зображення, карта ознак є двовимірним масивом нейронів, або просто матрицею. Інші вимірювання можуть бути використані, якщо на вхід приймається інший вид даних, наприклад, аудіо дані (одновимірний масив) або об'ємні дані (тривимірний масив).

В шарі згортки кожній карті ознак відповідає одне ядро згортки, також зване фільтром. Кожен нейрон в якості свого вихідного значення здійснює операцію згортки або взаємної кореляції зі своїм рецептивним шаром.

З точки зору машинного навчання існують методи, які можна використовувати, щоб пристосувати моделі нейронних мереж до пристроїв з обмеженим обсягом пам'яті, таким як мікроконтролери. Одним з ключових методів є квантування ваг з плаваючою комою до 8-розрядних цілих чисел. Це також призводить до прискорення інференції і можливості застосування моделей нейронних мереж на пристроях з більш низькою тактовою частотою.

Для розробки робомобіля використано наступні компоненти:

- Arduino UNO R3 та кабель USB;
- Плата розширення L293D Motor Driver Shield;
- Bluetooth-модуль HC-06;
- Датчик DHT11;
- Два двигуна FC-280PC 12В;
- Комплект корпусу машинки Smart Car Chassis;
- З'єднувальні дроти для Arduino;
- Конектори 6 та 8 pin.

Розроблений робомобіль є прикладом того, як можна легко об'єднати в собі кілька технологій в простому пристрої, при цьому зрозумілому для спеціалістів низького рівня і готовому до використання в будь-якому напрямку, витративши небагато коштів для поглиблення в сучасне цифрове життя.

Список літературних джерел

1. Дудюк Д. Л. Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, М.М. Мисик – Магнолія плюс, 2005. – 278 с.
2. Системы управления роботов / Под редакцией В.К. Стеклова. – К. : Техніка, 1993. – 200с.
3. Fei-Fei Li, Andrej Karpathy, Justin Johnson. 2016. CS231n Convolutional Neural Networks for Visual Recognition. URL:<https://cs231n.github.io/convolutional-networks>. Accessed: 25 Sep. 2019.

СЕКЦІЯ 4.
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В
АВТОМАТИЦІ, ЕЛЕКТРОНІЦІ,
ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ ТА
ЕКОНОМІЦІ

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВІДДІЛЕННЯМ ВИЛУГОВУВАННЯ МІДІ З МІДНОГО БРУХТУ

Батура Д.О., Мисов О.П.

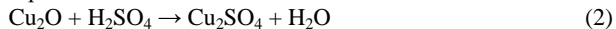
ДВНЗ «Український держаний хіміко-технологічний університет», Дніпро,
Україна

В даній роботі представлена комп'ютерна модель вилуговування міді. Технологічно даний процес відбувається у такий спосіб: необхідну кількість міді завантажують в реактор вилуговування і безперервно зрошують маточним розчином, що надходять з реактора окислення. В нижню частину реактора окислення подається кисень. Парова фаза, що утворилась в результаті окислення відводиться в атмосферу. З реактора окислення гарячий розчин безперервно циркулює в реактор вилуговування тим самим забезпечує збільшення концентрації міді до значення, необхідного в кінцевому розчині сульфату міді. При цьому протікають три реакції, що йдуть послідовно:

— кисень окисляє мідь до оксиду міді (I) по реакції:



— оксид міді (I) розчиняється в сірчаній кислоті з утворенням іонів одновалентної міді по реакції:



— сульфат міді (I) в розчині дуже швидко окислюється киснем і в присутності сірчаної кислоти утворює сульфат міді по реакції:



На швидкість вилуговування впливає: температура, концентрація, сірчаної кислоти, концентрація кисню, концентрація мідного купоросу, інтенсивність перемішування, кількість міді. Підвищення температури розчину діє на процес розчинення міді в двох протилежних напрямках. З одного боку, з підвищенням температури швидкість розчинення міді зростає. З іншого боку, з підвищенням температури розчину при атмосферному тиску, розчинність кисню в ньому зменшується і приблизно при 95°C кисень досягає мінімуму, що веде до зниження швидкості окислення і розчинення міді. При збільшенні концентрації сірчаної кислоти знижується розчинність кисню в розчині, а отже, знижується швидкість розчинення міді. Більш концентрована сірчана кислота володіє сильнішим окислювальним властивістю і вплив кислотності позначається менш помітно. Інтенсивність перемішування призводить до пропорційного зростання швидкості процесу. [1]

Врахувати значення всіх цих параметрів на практиці дуже складно, тому основною ідеєю є створення моделі процесу.

Метою даної роботи є моделювання процесу вилуговування міді для подальшого знаходження оптимуму на її основі, розробка SCADA системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні основні завдання:

— розробити комп'ютерну модель процесу вилуговування міді та випробувати модель в роботі;

— розробити на основі змодельованого процесу SCADA систему.

Створення комп'ютерної моделі (рис. 1) здійснювалося за допомогою пакета CHEMCAD, що дозволило багаторазово скоротити витрати на розробку моделей в порівнянні з некомп'ютерними методами моделювання та проведенням натурних випробувань. Дані отримані в CHEMCAD передаються через OPC-сервер в пакет SIMP Light, в якому була розроблена SCADA-система (рис. 2).

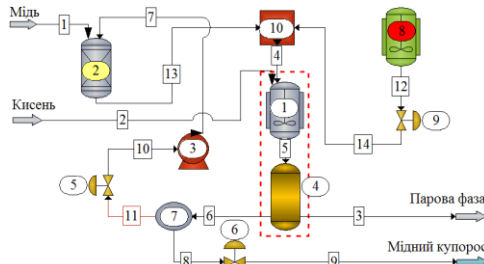


Рисунок 1 – Модель процесу вилугування міді:

1, 4 — реактор окислення; 2 — реактор вилугування; 3 — насос; 5, 6, 9 — клапан; 7 — ділянок; 8 — ємність з 20 % розчином кислоти; 10 — змішувач.

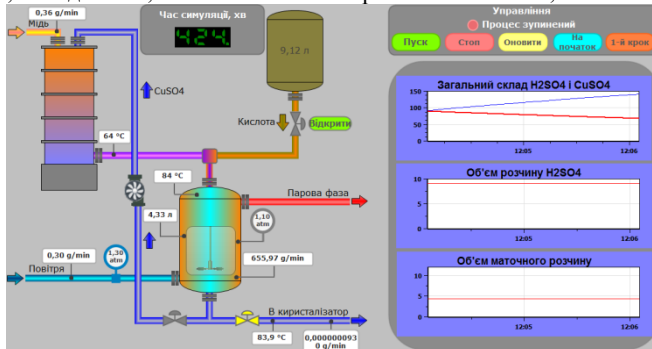


Рисунок 2 – SCADA-система вилугування міді

Таким чином в результаті проведеної роботи було створено модель вилугування міді в пакеті CHEMCAD, з якої можливо проводити експерименти для подальшої оптимізації процесу, встановлений зв'язок через OPC-сервер з пакетом SIMP Light, розроблена SCADA-система.

Список літературних джерел

1. Лебедь А. Б. Получение солей сульфата меди и никеля сернокислого на ОАО «Уралэлектромедь»: учебное пособие / А. Б. Лебедь, Л. Ф. Акулич, С. С. Набойченко; [под общ. ред. С. С. Набойченко]. — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. — 136 с. — ISBN 978-5-7996-1390-7.

РОЗРОБКА АСУ ДІЛЯНКИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА МІДНОГО КУПОРОСУ

Батура Д.О., Мисов О.П.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро,
Україна

В даній роботі представлено модель ділянки кристалізації мідного купоросу. Технологічний процес відбувається так, в вакуум-кристалізатор заливається гарячий розчин CuSO_4 , вмикається вакуум-насос та мішалка. У міру зниження тиску в апараті розчин скипає і внаслідок випаровування частини розчинника охолоджується до температури, що відповідає температурі кипіння при даному розрідженні. Парова фаза, що утворилась відводиться в атмосферу. Після охолодження розчину до кінцевої температури в апараті поступово підвищують тиск до атмосферного і одну частину суспензії відводять на фільтр, а іншу назад у кристалізатор для пришвидшення утворення кристалів. Відфільтровані кристали мідного купоросу подаються на апарат для промивання, а потім в сушарку, де видаляється зайва волога при температурі 90 °С. Продуктом процесу кристалізації є мідний купорос який відповідає формулі $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Фактори, що впливають на процес вакуум-кристалізації: температура, розчинні домішки, кислотність розчину, концентрація мідного купоросу, інтенсивність перемішування, розрідження. З підвищенням температури розчинність мідного купоросу у воді збільшується. Якщо гарячий насичений розчин мідного купоросу охолодити, то його розчинність зменшується, і він викристалізовується з розчину. Чим нижче температура, до якої охолоджують розчин, тим більша кількість мідного купоросу виділяється у вигляді кристалів. Домішки, присутні в розчині, роблять різний вплив на швидкість утворення центрів кристалізації, одні з них значно скорочують індукційний період кристалізації і різко підвищують швидкість, інші діють як поверхнево-активні речовини адсорбуються на поверхні мікрозародків і підвищують стійкість пересичених розчинів. Чим концентрованіше розчин, тим більша кількість мідного купоросу викристалізовується при охолодженні до однієї і тієї ж температури. Кислотність розчину не повинна перевищувати 80 г/л бо це погано впливає на кількість випадаючих кристалів і на їх величину. Якщо кристалізацію проводити без перемішування розчину і при повільному охолодженні, то утворюються великі кристали. При швидкому охолодженні і перемішуванні розчину утворюються дрібні кристали. [1]

Врахувати всі ці фактори на практиці складно, тому основною ідеєю є створення моделі процесу.

Метою даної роботи є моделювання ділянки кристалізації мідного купоросу для подальшого знаходження оптимальних параметрів на її основі та розробка SCADA системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні основні завдання:

— розробити комп'ютерну модель ділянки кристалізації мідного купоросу та випробувати модель в роботі;

— розробити на основі змодельованого процесу SCADA систему.

Програмний пакет CHEMCAD дозволяє створювати, аналізувати і оптимізувати різні варіанти технологічного оформлення виробничих процесів. За допомогою нього створено комп'ютерну модель, що дозволить без значних матеріальних і часових витрат проводити дослідження процесу. Таке дослідження має величезне значення для проектування, так як дозволяє врахувати вплив багатьох факторів. Модель ділянки кристалізації зображена на рис. 1. Отримані дані в CHEMCAD передаються через OPC-сервер для створення SCADA-системи в пакеті SIMP Light. SCADA-система зображена на рис. 2.

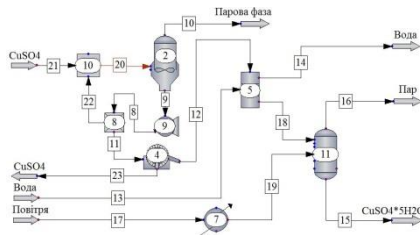


Рисунок 1 – Модель ділянки кристалізації мідного купоросу
 2 — вакуум-кристалізатор; 4 — фільтр; 5 — пристрій для промивки;
 7 — теплообмінник; 8 — дільник; 9 — насос; 10 — змішувач; 11 — сушарка.

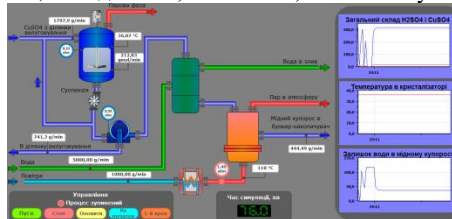


Рисунок 2 – SCADA-система ділянки кристалізації

Таким чином в результаті проведеної роботи розроблено модель ділянки кристалізації мідного купоросу в програмному пакеті CHEMCAD, з якої можливо проводити дослідження для знаходження оптимального процесу, встановлений зв'язок через OPC-сервер з пакетом SIMP Light та створена SCADA-система.

Список літературних джерел

1. Лебедь А. Б. Получение солей сульфата меди и никеля сернокислого на ОАО «Уралэлектромедь»: учебное пособие / А. Б. Лебедь, Л. Ф. Акулич, С. С. Набойченко ; [под общ. ред. С. С. Набойченко]. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2015. — 136 с. — ISBN 978-5-7996-1390-7.

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШНЕКОВОГО
ПОДПРЕССОВЩИКА ВАЛКОВОГО ПРЕССА**
**Баюл К.В.¹, Худяков А.Ю.¹, Ващенко С.В.¹, Солодка Н.А.²,
Прокудина Э.Б.¹**

¹ Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины (ИЧМ),
Днепр, Украина

² ГВУЗ Украинский государственный химико-технологический университет

С каждым годом расширяется сфера применения валковых прессов, для брикетирования все новых шихт [1-4]. В связи с этим задача создания метода определения рациональных параметров шнековых подпрессовщиков валковых прессов является актуальной задачей.

На рис. 1 представлена структура алгоритма разрабатываемого метода. Основными отличительными элементами предложенного алгоритма являются принятые условия оценки применимости шнекового подпрессовщика.

Для определения условий использования шнекового питателя для предварительного уплотнения шихты в валковом прессе приняты условия:

– гравитационная подача

$$K_{y_{roll,max}} \geq K_{y_{br,max}} \quad (1)$$

– шнековый подпрессовщик

$$K_{y_{roll,max}} \leq K_{y_{br,max}} \quad (2)$$

где $K_{y_{roll,max}}$ – максимально возможный коэффициент уплотнения шихты в межвалковом пространстве:

$$K_{y_{roll,max}} = 1 + \left((D_0 \cdot (1 - \cos \alpha_0)) / H_{br} \right) \quad (3)$$

где D_0 – приведенный диаметр валков пресса, мм; H_{br} – толщина брикета на линии центров валков, мм; α_0 – максимальный угол прессования, определяемый условиями захвата шихты валками.

$K_{y_{br,max}}$ максимальный коэффициент уплотнения шихты:

$$K_{y_{br,max}} = \rho_{picn} / \rho_{bulk} \quad (4)$$

где ρ_{picn} – пикнометрическая (истинная) плотность частиц шихты, г/см³; ρ_{bulk} – насыпная плотность шихты, г/см³.

Для оценки эффективности принятой конструкции шнека предложено следующее условие:

$$p_{max} \geq 10 \cdot p_{pc} \quad , \quad l_{scr} \leq 5 \cdot S_{scr} \quad (5)$$

Если условия (5) не выполняются необходимо выполнить оценку и анализ отклонения и произвести корректировку величины эффективного угла наклона α_e и длины l_{scr} шнека.

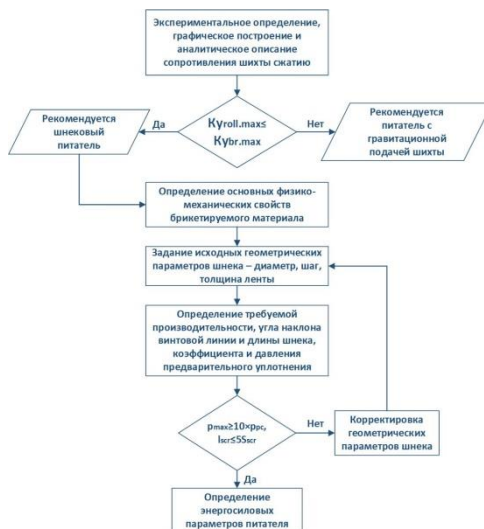


Рисунок 1 – Структурная схема алгоритма определения рациональных параметров шнекового подпрессовщика валкового пресса

Представленный алгоритм является составной частью метода определения рациональных параметров шнековых подпрессовщиков валковых прессов для брикетирования мелкофракционных сырьевых материалов.

Список литературных источников

3. Khudyakov A. Yu. Analysis of known dependencies and construction of new compaction equations for fine materials of the mining and metallurgical complex / A.Yu. Khudyakov, S.V. Vashchenko // *Refractories and Industrial Ceramics*. – 2020- Vol. 60 (6) – p.618-626.
4. Bembenek M.:Badania i perspektywy nowych obszarów stosowania pras walcowych. *Przemysł Chemiczny*, t. 96 nr 9, 2017, 1845–1847.
5. Ващенко С. В. Исследование условий и механизмов формирования прочностных связей в прессовках при брикетировании мелкофракционных шихтовых материалов / С. В. Ващенко, Б. Н. Маймур, В. И. Петренко и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр.* — Днепропетровск.: ИЧМ НАНУ, 2015. – Вып.30. – С. 343 – 357.
6. Baiul, K.V. Synthesis of Roller Press Rational Design for Composite Solid Fuel Production. *Probl. Reg. Energetics* 2019, 2, 103–116.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БРИКЕТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СУХИХ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ващенко С.В., Худяков А.Ю., Баюл К.В.

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины (ИЧМ),
Днепр, Украина

Основным критерием выбора технологических режимов брикетирования является получение качественных брикетов, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к металлургическому сырью. Одним из основных требований к брикетам является их высокая механическая прочность. Брикетуемое сырье должно противостоять ударным и истирающим нагрузкам, имеющим место непосредственно в металлургических агрегатах, а также при транспортировке и перегрузках. Разработка методов прогнозирования и количественной оценки прочности брикетов из различных видов материалов на разных стадиях уплотнения позволит управлять процессом получения брикетов, усовершенствовать процессы их производства, повысить эффективность прессового оборудования, а также обеспечить качество брикетов необходимое для использования их в различных технологических пределах [1 - 3].

В рамках развития результатов, полученных ранее сотрудниками Института черной металлургии (ИЧМ), направленных на разработку аналитических методов прогнозирования прочностных характеристик в процессе прессования мелкофракционных материалов [4], авторами изучены механизмы межфазных взаимодействий в сыпучих средах, что позволило сформировать теоретические представления об образовании прочностных связей в брикетах за счет адгезионного сцепления, на основании которых предложены локальные модели адгезионных процессов для двух базовых схем межчастичного взаимодействия: «частица+частица», «частица+жидкая фаза+частица» [5]. Для каждой локальной модели установлены разновидности одновременно протекающих адгезионных процессов, их характер и сочетание, а также обоснованы факторы и показатели, которые определяют возникновение и интенсивность протекания адгезионного сцепления.

В условиях лабораторной базы ИЧМ проведены экспериментальные исследования, позволяющие оценить характер и степень влияния выбранных факторов, обуславливающих протекание адгезионных процессов, на изменение прочностных характеристик прессовок. По результатам экспериментальных исследований для схемы межчастичного взаимодействия «частица + частица» установлены и описаны аналитическими выражениями зависимости прочностных характеристик прессовок от интегральных показателей формирования адгезионных связей с учетом приложенных давлений прессования, которые легли в основу предложенного метода прогнозирования прочностных характеристик брикетов, полученных из

мелкофракционных материалов с нулевой влажностью в технологическом диапазоне давлений брикетирования от 50 до 220 МПа.

Метод прогнозирования прочностных характеристик прессовок, полученных из материалов с нулевой влажностью, предусматривает:

1. Определение средневзвешенного значения пикнометрической плотности материала ($\rho_{\text{пикн}}$) исходя из его химического и минералогического состава.

2. Определение принадлежности материала к конкретной группе систематизации, к которой он относится.

3. Экспериментальное определение насыпной плотности материала (ρ_0) и коэффициента уплотнения прессовки при $P=220$ МПа (K_{y220}).

4. Аналитическое определение плотности ($\rho_{\text{пр}220}$) и пористости прессовки ($\Pi_{\text{пр}220}$), полученной при $P=220$ МПа.

5. Аналитическое определение прочности прессовки при $P=220$ МПа ($\sigma_{\text{пр}220}$) в соответствии с установленной зависимостью $\sigma_{\text{пр}220}=f(\Pi_{\text{пр}220})$ для определенной группы систематизации материалов.

6. Аналитическое определение углового коэффициента линейной функции (a) в соответствии с установленной зависимостью $a=f(\Pi_{\text{пр}220})$ для определенной группы систематизации материалов.

7. Определение коэффициента линейной функции (b) согласно аналитическому выражению: $b = \sigma_{\text{пр}220} - 220 \times a$.

8. Получение аналитического выражения $\sigma_{\text{пр}}=a \times P+b$, отражающего зависимость прочности прессовки от давления прессования.

Предложенный метод позволяет расчетно-аналитическим путем с достаточно высокой точностью определить достигаемую прочность брикетов, что может быть успешно использовано при разработке технологии производства брикетов и создании прессового оборудования.

Список литературных источников

1. Vashchenko S.V. Selecting the Batch Composition in Briquetting. / S.V. Vashchenko, A.Yu. Khudyakov, K.V. Baiul, Yu.S. Semenov // Steel in Translation. Allerton Press, Inc.- 2018- Vol. 48 (8) – p.509-512.

2. Khudyakov A. Yu. Analysis of known dependencies and construction of new compaction equations for fine materials of the mining and metallurgical complex / A.Yu. Khudyakov, S.V. Vashchenko // Refractories and Industrial Ceramics. – 2020- Vol. 60 (6) – p.618-626.

3. Baiul K. Selection of rational surface configuration for roller press tires / Baiul K., Solodka N., Khudyakov A. et al. // Powder Metall Met Ceram – 2020- Vol. 59, Nos. 1-2 – p. 9-20.

4. Ващенко С. В. Исследование условий и механизмов формирования прочностных связей в прессовках при брикетировании мелкофракционных шихтовых материалов / С. В. Ващенко, Б. Н. Маймур, В. И. Петренко и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. — Днепропетровск.: ИЧМ НАНУ, 2015. – Вып.30. – С. 343 – 357.

5. Ващенко С.В. Создание локальных моделей адгезионного сцепления частиц при брикетировании / Ващенко С.В., Худяков А.Ю., Баюл К.В., Семенов Ю.С. // Сталь. - 2019. - № 5. - С. 4 – 8.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ «SMART POWER GRID» В ЕЛЕКТОРОМЕРЕЖАХ

Каштан В.Ю., Крайняк М.Ю., Гуца О.В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Активне впровадження новітньої цифрової техніки останнього покоління для автоматизованого управління об'єктами дозволило розробити нові технології самодіагностики, аналізу і звіту. Це дозволило створити системи управління і контролю всього технологічного циклу та управління підстанціями в режимі реального часу. З іншої сторони розвиток даних технологій збільшує попит на електричну енергію. Тому актуальним залишається питання підвищення ефективного енергозабезпечення і розвитку альтернативних джерел електроенергії. [1]. В даній роботі пропонується розглянути можливості застосування елементів сучасних «розумних» технологій з метою підвищення загального рівня інтелектуалізації локальних електричних мереж.

Технологія «SMART POWER GRID» (SPG), також звана інтелектуальною електричною або електромережею – це вдосконалення електромережі 20 століття. Вперше термін Smart Grid зустрічається в опублікованій групі вчених з IEEE в журналі «Computer Applications in Power, IEEE» статті «Grids get smart protection and control» [2]. Пізніше до терміну повернувся М. Burt [3] в статті, присвяченій аналізу ситуації, що склалася після аварії в енергосистемі в США і Канаді в 2003 р. Він зауважує, що багато операторів, які працювали над усуненням наслідків аварії, визнали: більші можливості моніторингу мережі допомогли б знайти джерело збою і відновити енергосистему значно швидше.

Традиційні електромережі для передачі електроенергії використовують від декількох центральних генераторів до великої кількості користувачів або споживачів. Технологія SPG використовує двосторонні потоки електроенергії для створення автоматизованої та розподіленої вдосконаленої мережі доставки енергії. В таблиці 1 наведено порівняння між існуючими мережами та SPG.

Таблиця 1 – Порівняння між існуючою і " SMART POWER GRID" мережами.

Існуючі мережі	SPG
Електромеханічна	Цифрова
Одностороння комунікація	Двохстороння комунікація
Централізоване покоління	Розподілене покоління
Невелика кількість датчиків	Датчики на всій поверхні
Ручний моніторинг	Самоконтроль
Ручне відновлення	Самовідновлення
Обмежений контроль	Поширений контроль

Крім автоматизованого управління процесу передачі і розподілу електроенергії важливим завданням є діагностичний моніторинг стану основного силового і вторинного устаткування. Мета діагностики основних виробничих фондів - на основі визначення стану електрообладнання максимально використовувати фактичний ресурс і запобігти аварійним відмовам обладнання. У розподільній мережі Smart передбачається система управління, яка буде аналізувати її роботу, використовуючи диспетчерські центри, які візьмуть на себе управління змінюється ситуацією, такий наприклад, як відмови устаткування або відключення ліній. Така система могла б використовуватися, щоб управляти комутаційними апаратами, що привело б до зміни витрат на розвиток мереж і підвищення їх надійності. Прикладом реалізації мережі Smart для ліній електропередачі напругою 10-20 кВ може служити пристрій IntelliRupter PulseCloser. Застосування даного апарату значно зменшить ушкоджує ефект від включення лінії на існуюче коротке замикання.

Проведені дослідження показують значне зниження витрат на виробництво електроенергії. Компанія «Сіменс» надала звіт, згідно з яким Європа може заощадити до 45 млрд євро в наступні десять років, якщо модернізує системи енергопостачання. США, Китай, Мексика оголосили про готовність збільшити фінансування програм з розвитку розумних мереж електропостачання. В Ірландії модернізація мереж і поява «розумних лічильників» отримали сильну підтримку від споживачів, і держава продовжує інвестиції в вивчення розумних мереж.

Процес впровадження технологій SPG для української електроенергетики спричинить наступні принципові зміни в порівнянні з існуючим станом енергосистеми, а саме перехід від централізованих методів генерації і передачі електроенергії до розподілених з можливістю управління об'єктами енерговиробництва і топологією мережі в будь-якій точці, в тому числі на рівні споживача; використання SPG-технологія забезпечить перспективні можливості самовідновлення енергосистеми та ефективність роботи режиму експлуатації основних фондів; розвиток інтелектуальної електромережі та аналітичних інструментів для підтримки реалізації рішень в режимі реального часу, тощо.

Таким чином, для України технологію мережі SPG необхідно розглядати насамперед як напрямок розвитку розподільних мереж для зниження втрат в них і підвищення автоматизації.

Список літературних джерел

1. Mohanty S.P. Everything you wanted to know about smart cities: the internet of things is the backbone / S.P Mohanty, U. Choppali, E. Kougiianos. IEEE Consum Electron Mag 2016;5:60–70.

2. Vu K. Grids get smart protection and control / K.Vu, M. M. Begovic, D. Novosel. IEEE Computer Applications in Power, 1997.

3. Burr M.T. Reliability demands drive automation investments / M. T. Burr. Public Utilities Fortnightly, Technology Corridor department, 2003, no. 1.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПРОСТОРОВОГО ВПЛИВУ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Коба Б.С., Головач Д.Ю., Коротенко Г.М., Сергєєва К.Л.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Забруднення атмосферного повітря внаслідок діяльності промислових підприємств, викидів автотранспорту та ін., що у більшості випадків призводить до виникнення надзвичайних ситуацій або хронічних захворювань серед населення, є актуальною проблемою для більшості індустріально-промислових регіонів України [1]. Станом на 2019 рік сумарний обсяг викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення становив 2459,5 тис. т. [2]. Надмірне техногенне навантаження та викиди у атмосферу шкідливих речовин (таких як H_2S , O_2 , CO , CO_2 , Cl_2 , HCN , NH_3 , NO_2 , NO , PH_3 , SO_2 та ін.) сприяє накопиченню небезпечних реагентів у організмах дітей та дорослих і, таким чином, створює ризик безпеки здоров'ю населення [3].

Метою роботи є розробка інформаційної технології для своєчасного виявлення ділянок підвищеного ризику впливу забруднювачів атмосферного повітря на основі математичної моделі розподілу концентрацій шкідливих речовин.

В основу розробленої технології покладено існуючі моделі сумісного визначення ризиків здоров'ю людини від атмосферних забруднень – ризику миттєвих токсичних ефектів R_t і ризику хронічної інтоксикації R_x [4]:

$$R_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\alpha + \beta \lg(C/MPC_t)} \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy, \quad (1)$$

$$R_x = 1 - \exp\left[-0,174 \cdot \left(\frac{C_x}{MPC_x \cdot K}\right)^\beta \cdot t\right], \quad (2)$$

де

α і β – параметри моделі;

C і C_x – поточна концентрація забруднювача в атмосферному повітрі та її поточне середньодобове значення;

MPC_t і MPC_x – відповідно гранична допустима максимальна разова і середньодобова концентрація забруднювача, mg/m^3 ;

y – параметр інтегрування;

β – коефіцієнт токсичності забруднювача;

t – час впливу забруднювача на людину;

K – коефіцієнт моделі.

Технологія оцінки ризиків впливу шкідливих речовин в атмосферному повітрі на здоров'я населення складається з наступних етапів:

– вимірювання концентрацій забруднюючих речовин у контрольних точках та оперативне внесення інформації у базу даних;

- попередня обробка даних – формування часових рядів;
- оцінка ризиків R_t та R_x (формули 1 та 2);
- побудова просторового розподілу оцінок ризиків з використанням методів геостатистичного аналізу і просторового моделювання;
- районування території та виявлення зон підвищеного впливу забруднюючих речовин;
- довгостроковий моніторинг й оцінка динаміки миттєвої та хронічної дії забруднювачів на здоров'я людей.

Для моделювання просторового розподілу ризиків з урахуванням рельєфу місцевості та особливостей міської забудови побудовано цифрову модель місцевості фрагменту зони можливих ризиків небезпечних викидів на території м. Черкаси (рис. 1). Модель побудовано за векторними даними OpenStreetMap (openstreetmap.org), растром висот SRTM 90m DEM (srtm.csi.cgiar.org) з використанням геоінформаційних програмних продуктів ESRI ArcGIS – ArcMap і ArcScene.

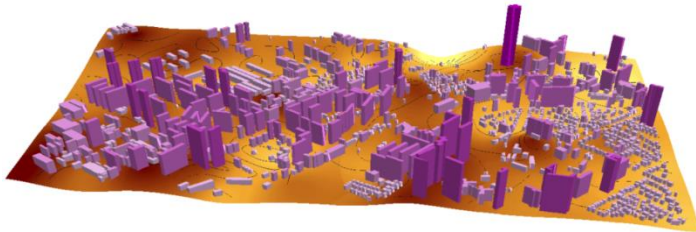


Рисунок 1 – Цифрова модель місцевості фрагменту території м. Черкаси

Практичне використання розробленої інформаційної технології дозволить оперативно виявляти та відображати у просторі небезпечні ділянки і рівні забруднення атмосферного повітря (стані забрудненої атмосфери) урбанізованих територій на основі даних про поточні концентрації забруднювачів.

Список літературних джерел

1. Статистичний щорічник України за 2018 рік. Житомир: ТОВ «БУК-ДРУК», 2019. – 482 с.
2. Збірник "Україна у цифрах, 2019". К.: Державна служба статистики України, 2020. – 46 с.
3. Тарасова В.В. Вплив забруднення атмосферного повітря на стан здоров'я населення / В.В. Тарасова // Агросвіт. – 2013. – № 16. – С. 24-28.
4. Pospelov V. Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants / V. Pospelov, V. Andronov, E. Rybka, O. Krainiukov, N. Maksymenko, R. Meleshchenko, Y. Bezuhla, I. Hrachova, R. Nesterenko, A. Shumilova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – Vol 4. – No 10 (106) . – P. 37-44.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕНСОРІВ НА ПОВЕРХНЕВОМУ ПЛАЗМОННОМУ РЕЗОНАНСІ

Коротун А.В.¹, Рева В.І.¹, Луценко О.М.¹, Тітов І.М.²

¹ Національний університет «Запорізька політехніка»,
Запоріжжя, Україна

² UAD Systems, Запоріжжя, Україна

У теперішній час актуальним для метрологічних потреб екології, хімії біології, медицини є детектування надмалої кількості речовини та адаптування до аналізу великої номенклатури різноманітних біологічних та хімічних об'єктів. Одним із підходів до розв'язання цих проблем є застосування хімічних та біологічних сенсорів, де в якості чутливих елементів використовують металеві наночастинки, в яких має місце явище поверхневого плазмонного резонансу (ППР). Для оптимального (за розмірами та матеріалом) вибору наночастинок використовують таку їх характеристику як спектральна добротність – FOM [1]. Цю характеристику визначають як безрозмірне відношення між чутливістю до показника заломлення середовища та швидкістю релаксації.

Спектральна добротність чутливого елементу сенсора може досить складно залежати як від розмірів (радіуса) чутливого елементу, так і матеріалу, з якого він виготовлений. Тому метою роботи є дослідження розмірної залежності спектральної добротності наночастинок різних металів з метою оптимального вибору чутливого елементу для сенсора на ППР.

Згідно із вищенаведеним визначенням співвідношення для FOM чутливого елементу сенсора на ППР у вигляді сферичної металевої наночастинки має вигляд

$$\text{FOM} = \left| \frac{1}{\gamma_{\text{eff}}} \frac{\partial \omega_{sp}}{\partial \bar{n}} \right|, \quad (1)$$

де \bar{n} – показник заломлення середовища, а ефективну швидкість релаксації можна записати як

$$\gamma_{\text{eff}} = \gamma_{\text{bulk}} + \gamma_{\text{rad}} + \gamma_{\text{surf}}. \quad (2)$$

Тут γ_{bulk} – швидкість релаксації у 3D-металі; γ_{rad} та γ_{surf} – швидкості радіаційної та поверхневої релаксації.

Частота поверхневих плазмонів

$$\omega_{sp} = \sqrt{\frac{\omega_p^2}{\tau^\infty + 2\bar{n}^2} - \gamma_{\text{eff}}^2}. \quad (3)$$

Тоді чутливість до показника заломлення

$$\frac{\partial \omega_{sp}}{\partial \bar{n}} = - \frac{1}{\sqrt{\frac{\omega_p^2}{\tau^\infty + 2\bar{n}^2} - \gamma_{\text{eff}}^2}} \left[\frac{2\bar{n}\omega_p^2}{(\tau^\infty + 2\bar{n}^2)^2} + \gamma_{\text{eff}} \frac{\partial \gamma_{\text{eff}}}{\partial \bar{n}} \right]. \quad (4)$$

Враховуючи, що $\gamma_{\text{bulk}} = \text{const}$ та отримуючи вирази для $\gamma_{\text{rad}}(R)$ і $\gamma_{\text{surf}}(R)$ граничним переходом від випадку біметалевої наносфери [2]

$$\gamma_{\text{rad}}(R) = \frac{2V}{3\pi} \left(\frac{\omega_p}{c} \right)^3 \frac{v_F}{R}, \quad \gamma_{\text{surf}}(R) = \frac{3}{4} \frac{v_F}{R}, \quad (5)$$

отримуємо

$$\frac{\partial \gamma_{\text{eff}}}{\partial \bar{n}} = \frac{\partial \gamma_{\text{rad}}}{\partial \bar{n}} = -\frac{2V}{3\pi^2} \left(\frac{\omega_p}{c} \right)^3 \frac{v_F}{R}. \quad (6)$$

Підставляючи співвідношення (2) – (6) у вираз (1), можна розрахувати розмірну залежність FOM для чутливого елементу сенсора на ППР у вигляді металевої наносфери (рис. 1)

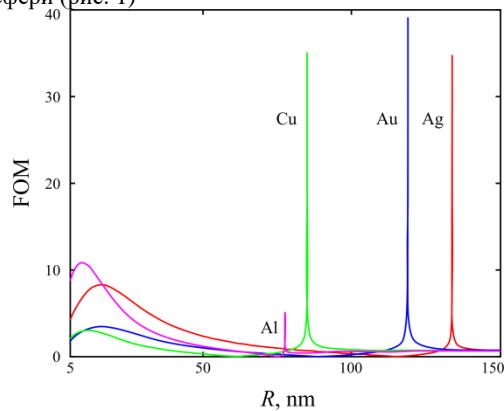


Рисунок 1 – Розмірна залежність FOM для чутливих елементів із різних металів

Одержані чисельні результати для вибраних металів вказують на існування двох максимумів FOM: для «малих» чутливих елементів ($R \sim 10$ нм, максимуми з великим уширенням) та для «великих» чутливих елементів ($R \sim 100$ нм, гострі піки з малим уширенням). Оскільки простіше за все виявляти зсув ППР для вузьких ліній, то в якості чутливих елементів доцільно використовувати саме «великі» наночастинки. Щодо металів, з яких виготовляють плазмонні наночастинки, то найкращим із них є Au, оскільки величина спектральної добротності для цього металу є найбільшою.

Список літературних джерел

1. Grigorchuk N. I. Sensitivity of surface plasmon resonances in spheroidal metal nanoparticles // *Eur. Phys. J. B*, 2014. V. 87. P. 252.

2. Коротун А. В., Погосов В. В. К расчету оптических характеристик и размерных сдвигов поверхностных плазмонов сферических биметаллических наночастиц // *ФТТ*, 2021. Т. 63, №1. С. 120.

ГРАНИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СКАНУВАЛЬНОГО ТУНЕЛЬНОГО МІКРОСКОПА

Курбацький В.П., Коротун А.В., Погосов В.В.

НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

Сканувальний тунельний мікроскоп (СТМ) є одним з найбільш поширених приладів нанометрології. Він дає змогу виявити особливості кристалічної будови поверхні різних матеріалів, її шорсткість з нанометровим розділенням, вивчати віруси, молекули ДНК [1]. Між зондом та зразком прикладають напругу зміщення V . Коли зонд наближається до поверхні зразка на відстань приблизно 1 нм, електрони починають тунелювати через проміжок між ними. Сила тунельного струму I змінюється залежно від відстані z між зондом і зразком, і цей сигнал використовують для формування контрасту зображення.

Для тунельного струму користуємось наближеною формулою

$$I \approx I_0 \exp(-2\kappa z), \quad (1)$$

де I_0 – струм при торканні зонду поверхні зразка ($z=0$), $\kappa \equiv \sqrt{2mU_0}/\hbar$, U_0 – висота потенціального бар'єру, яка приблизно дорівнює характерному значенню роботи виходу 5 eV (eV набагато менше цієї величини і складає кілька десятків електрон-вольта), e – заряд електрона, m – його маса, \hbar – стала Планка. Зазвичай I_0 дорівнює кільком мікроамперам.

Факторами, що впливають на роздільну здатність СТМ в напрямку z , є: 1) забрудненість поверхні зразка; 2) неконтрольовані коливання вістря зонду; 3) шуми у пристрої. З них перші два принципово можуть бути усунені, тому граничну роздільну здатність СТМ в напрямку z визначають шуми.

Чутливість зонда в нормальному до зразка напрямку

$$K \equiv \left| \frac{dI}{dz} \right| = 2\kappa I. \quad (2)$$

Граничне розділення в цьому напрямку δ_z дорівнює

$$\delta_z = \frac{\sqrt{\delta I^2}}{K} = \frac{\sqrt{\delta I^2}}{2\kappa I}, \quad (3)$$

де $\sqrt{\delta I^2}$ – середня величина флуктуацій струму. Розрахуємо спектральну густину флуктуацій струму у тунельному контакті.

Тунельний контакт моделюємо паралельними опором R і смістю C , приєднаними до джерела флуктуацій струму V зробленому нами припущенні (1) щодо вигляду тунельного струму для опору контакту маємо формулу

$$R \approx R_0 \exp 2\kappa z, \quad (4)$$

де $R_0 \approx 10^5$ Ом. Для типового значення $z = 0.3$ нм отримуємо $R \approx 100$ МОм. Спектральна густина теплових флуктуацій тунельного струму

$$S_T(\omega) = 4k_B T \operatorname{Re}(1/Z(\omega)) = 4k_B T / R, \quad (5)$$

де $Z(\omega)$ – імпеданс контакту, T – температура, k_B – стала Больцмана. За температури $T = 300$ К для $z = 0.3$ нм $S_T(\omega) \cong 10^{-28}$ А²/Гц.

Ще одне джерело флуктуацій струму виникає в зв'язку з випадковим характером тунелювання електронів крізь потенціальний бар'єр (дробовий шум). Спектральна густина дробового шуму в контактi

$$S_{sh}(\omega) = 2eI. \quad (6)$$

За формулою (1) знаходимо, що значення тунельного струму I за ширини бар'єру $z = 0.3$ нм дорівнює кільком наноамперам. Йому відповідає спектральна густина дробового шуму $S_{sh}(\omega) \cong 10^{-27}$ А²/Гц, яка приблизно на порядок більша за спектральну густину теплового шуму.

Смуга частот $\Delta\nu$ приладу визначається часом накопичення інформації, тобто часом τ експозиції ділянки зразка, яка відповідає одному пікселю зображення. Для оцінок приймемо $\tau = 10^{-4}$ с, $\Delta\nu \approx 1/\tau = 10^4$ Гц. Для середньої величини шумових флуктуацій тунельного струму маємо оцінку

$$\sqrt{\delta I^2} = \sqrt{S_{sh}(\omega)\Delta\nu} \approx 3 \cdot 10^{-12} \text{ А}. \quad (7)$$

За формулою (3) знаходимо граничне розділення СТМ у нормальному до поверхні зразка напрямку: $\delta_z \approx 10^{-3}$ Å.

На роздільну здатність у площині xy впливає, перш за все, точність позиціонування зонду. Важливе значення має також геометрія вістря зонду. Але ані перший, ані другий фактори не визначають граничне розділення. Зокрема, в принципі можна виготовити зонд з одним атомом на самому кінці вістря.

Щоб зрозуміти, що саме обмежує роздільну здатність СТМ у повздовжньому напрямку, треба відмовитись від простої одновимірної моделі тунельного контакту, якій відповідає вираз (1) для тунельного струму. Навіть у випадку вістря з одним атомом, коли хвильова функція електронів провідності є досить сильно локалізованою, вона все ж таки помітно відмінна від нуля у значній за атомним масштабом області біля поверхні зразка. Можна казати, що вістря збирає тунельний струм з цієї області, тобто прилад усереднює рельєф поверхні зразка у її межах. Як показали чисельні розрахунки, розмір такої області складає приблизно 4 Å. Дві точки поверхні зразка, відстань між якими менша, розрізнятися не будуть.

Таким чином, доведено, що гранична роздільна здатність СТМ у нормальному до поверхні зразка напрямку дорівнює приблизно 10^{-3} Å. Границя роздільності у повздовжньому напрямку потребує подальшого уточнення.

Список літературних джерел

1. Тузяк О. Я., Курляк В. Ю. Основи електронної та зондової мікроскопії. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. 296 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ СТРУМИННИМ ПОДРІБНЕННЯМ ЗА АКУСТИЧНИМИ СИГНАЛАМИ РОБОЧИХ ЗОН МЛИНА

Музика Л.В., Прядко О.В.

Інститут технічної механіки НАНУ і ДКАУ, Дніпро, Україна

Аналіз останніх результатів досягнень і публікацій з автоматичного керування роботою струминних млинів і контролю продуктів подрібнення дозволяє виділити невирішену задачу, яка полягає в автоматичному визначенні оптимального завантаження струминного млина в сенсі підтримки максимальної продуктивності в процесі його роботи по акустичним сигналам в зоні подрібнення. Тому встановлення нових закономірностей зміни акустичних сигналів зони подрібнення в залежності від режиму подрібнення і дисперсності матеріалу та розробка методу автоматичного керування продуктивністю струминного млина і якістю отриманого продукту є актуальним науковим завданням.

Мета роботи – підвищення продуктивності струминних млинів та якості продукту подрібнення на основі автоматичного керування ступеня завантаження млина та крупності продукту за параметрами акустичних сигналів робочих зон подрібнення.

На базі дослідження замкнутого циклу процесу струминного подрібнення виявлено технологічні характеристики, що впливають на продуктивність процесу. Розроблена нелінійна регресійна модель, яка пов'язує технологічні параметри з продуктивністю млина, показала, що переважний вплив рівня завантаження помольної камери на продуктивність млина в цілому, при цьому дослідження взаємного впливу факторів підтвердив висновок переважного впливу завантаження [1]. Виконане моделювання об'єкта керування показало, що контроль процесу завантаження млина дозволяє підняти продуктивність млина [2]. Обґрунтовано використання акустичних сигналів робочих зон струминної установки подрібнення для керування режимами процесу та розроблено методу визначення відхилення режиму подрібнення від оптимального за допомогою аналізу параметрів акустичних сигналів робочої зони процесу, що дозволяє на основі попереднього аналізу характеристик сигналів оцінювати продуктивність млина.

Аналіз експериментальних даних показав, що в процесі струминного подрібнення режими недовантаження або перевантаження млина, які призводять до зниження його продуктивності, визначаються відхиленням потужності акустичних сигналів робочої зони млина на 20% від потужності сигналів при

робочому режимі, що стало основою ідентифікації робочого режиму подрібнення та контролю необхідних параметрів об'єкта керування.

Експериментально встановлено, що акустичні сигнали в протилежних граничних відносно ефективності подрібнення режимах завантаження млина (розвантаження і перевантаження, так званий технологічний «завал») мають різницю у значенні середньої амплітуди більш ніж 2-4 рази. Це відмічено для лабораторного і промислового млина. Тому контролювати параметри об'єкту керування можна за величиною нормованої середньої амплітуди акустичних сигналів робочих зон млина. Для розробки системи керування продуктивністю млина встановлено зв'язок відносної потужності акустичних сигналів з продуктивністю і рівнем завантаження камери.

На основі встановлення квадратичної залежності параметрів акустичних сигналів від завантаження камери млина розроблено спосіб керування роботою бункера завантаження та створено пристрої для реалізації способу.

Система автоматичного керування процесом подрібнення заснована на побудованій моделі процесу подрібнення, моделі керованого бункера завантаження, результатах акустичного моніторингу процесу й ідентифікації параметрів робочого режиму. В якості регульованого параметра системи керування використана зміна концентрації масопотоків в зоні подрібнення. Основним збурюючим впливом при подрібненні є зміна наповненості потоків матеріалом, що веде до зміни заповнення камери подрібнення. Сигнал завдання формується на основі моделювання масопотоків з урахуванням технологічних умов (параметрів енергоносія, режиму класифікації), властивостей і крупності початкового матеріалу, а також результатів аналізу акустичних сигналів робочих зон подрібнювальної установки.

Розроблено новий метод автоматичного керування продуктивністю струминного млина за акустичними сигналами зони подрібнення, що полягає в контролі завантаження млина і якості продуктів подрібнення в умовах зміни режимів процесу і крупності сировини. Розроблено алгоритми роботи системи автоматичного керування завантаженням млина, програмне та технічне забезпечення її реалізації, імітаційну модель роботи системи керування.

Список літературних джерел.

1. Музыка Л.В., Прядко Н.С., Стрельников Г.А. Управление массопотоками в замкнутом цикле измельчения // Scientific Bulletin of National Mining University, № 4. – 2019. – С. 5 – 10.

CONTROL SYSTEM OPERATION ALGORITHM SPEED-REDUCING AND COOLING INSTALLATIONS WITH AN ADVANCING FORECAST

Nechyporenko O. V., Voloshaniuk O. Ya.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

The peculiarity of such industries as energy and chemical industry is that the relatively low frequency of emergencies in them is combined with the severe consequences of each accident or catastrophe. The more accurately and sooner an energy or chemical management system can track and respond to an emergency, the less likely it is to be damaged. But the speed of the control system always has physical limitations caused by the inertia of calculations and the formation of command signals, and the inertia of actuators, especially large, and those that operate with high pressure, temperature and other energy parameters.

High-speed reduction and cooling units (SHRCU) are used in the schemes of power units to reduce the pressure and reduce the steam temperature to the specified parameters. From the moment of receipt of an alarm signal and to an exit of a contour of SHRCU on the maximum mode time from several seconds to tens of seconds is required, depending on technical execution and system parameters. The minimum possible operating time of the mechanical components of the SHRCU system is one or more orders of magnitude higher than the maximum allowable reaction time required of it under operating conditions. The situation is especially critical in nuclear energy, where processes develop over time in the hundredth and even thousandths of a second.

Analysis of the literature [1-3] showed that there are virtually no solutions that can qualitatively improve the performance of the SHRCU in an emergency situation. And it does not take into account that the abrupt increase in energy can have a devastating effect on consumers SHRCU.

The aim of the study is to develop a control strategy and algorithm for the operation of the SHROU system, which would reduce or reduce to zero the time delay (for the occurrence of an emergency) the process of preparing consumers for steam flow and minimize the growth rate of steam energy.

When modeling any technical system with controlled (adjustable) operating parameters, it is necessary to take into account the characteristics of the control (regulation) system: software algorithms, computer performance, calculation error, sensitivity thresholds and operating ranges of sensors, inertia and operating parameters. mechanisms that most significantly affect the parameters of the entire system in real operation [4].

After analyzing the general control scheme of SHRCU, we see that it is reactive. Delayed response of the system entails negative and sometimes catastrophic consequences. The solution here may be to switch from reactive to active system management. Physically, this can be implemented in such a way that the longest preparatory operations will be started before the emergency occurs.

Emergencies are divided into two categories: those that have a pre-failure state and those that do not. The failure condition can be detected by existing sensors

and algorithms. The parameters of the workflow and the state of the system itself are still within acceptable limits, but the dynamics of change of these parameters with a sufficient degree of probability indicates the possibility of an emergency in the near future. Situations without a failure condition occur instantly, or their failure condition is hidden and cannot be detected. The difference between these types of events is quantitative and is determined by the amount of time before their occurrence. In turn, pre-failure states are divided into those that can be detected by the own tools of the SHRCU, and those that can be detected by external means - with the transfer of the parameters to the SHRCU.

It is assumed that the studied system is equipped with its own system of self-monitoring and diagnostics, capable of recognizing the pre-failure state of the structure and transmit its parameters to other consumers. This system offers a fundamentally new control strategy for the SHRCU system, as well as other technical systems for similar purposes, which require a rapid response. It is proposed instead of reactive control, with the generation of command signals after an emergency, to move to active control, i.e. control by anticipatory forecast. It should be based on the detection of a pre-failure state of the system, which is a set of system parameters that with a certain degree of probability indicates the possibility of an emergency during a given, finite period of time. The only criterion for determining the pre-failure state is the total energy of the steam flow, which is calculated from the measurements of the flow rate, partial pressure and temperature of superheated steam.

Therefore, the problem of reaction rate of the steam control system in the energy generating industry and chemical industry is considered. The strategy of process management according to the advanced forecast is offered. As a criterion, the moment of onset of the pre-failure state is proposed, which is calculated by comparing the current value of the total energy of steam calculated according to the readings of the sensors with its maximum allowable value. A variant of the control system algorithm is proposed. Areas of further development are the study of the interaction of control systems SHRCU and the main (for example, energy generating) system.

List of references

1. Imamova L. M. O tselesoobraznosti zamenyi reduksionno-ohladitel'noy ustanovki turbinoy s tselyu povysheniya effektivnosti ispolzovaniya para / L. M. Imamova, R. M. Saitov // Symbol of Science, International Scientific Journal. – №11-3, 2016. – P. 68-72.
2. Bulanin V. A. Algoritm analiza energoeffektivnosti istochnika teplosnabzheniya / V. A. Bulanin // Bulletin of BSTU. V.G. Shukhova. – № 9, 2019. – P. 54-62.
3. Novikov S. I. Optimizatsiya avtomaticheskikh sistem regulirovaniya teplo-energeticheskogo oborudovaniya / S. I. Novikov. – Novosibirsk: NGTU Publishing House. – Part 1, 2006. – 108 p.
4. Antroshenko Yu. K. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya AES: uchebnoe posobie / Yu. K. Antroshenko, E. V. Ivanova. – Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2014. – 81 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СТЕРЖНЯ МЕХАНИЗМА УДЕРЖАНИЯ ОПРАВКИ ПРОШИВНОГО СТАНА

Рахманов С.Р.², Гуляев Ю.Г.¹

¹НПП «Восток Плюс»

²Национальная металлургическая академия Украины

Введение. Пути интенсификации технологического процесса производства и повышения качества труб указывают на совершенствование конструкции прошивных станов трубопрокатных агрегатов (ТПА). Очевидно, получение научно обоснованных предложений по модернизации оборудования прошивных станов и совершенствование технологического процесса производства труб возможно на основе установления влияния различных параметров и технологических особенностей на поведение механической системы и качество готовой продукции.

Постановка задачи. Объектом исследования является механизм удержания оправки прошивных и раскатных станов ТПА [1]. При реализации технологических процессов производства труб на прошивных станах в стержне, удерживающем оправку, возникают значительные по величине и изменяющиеся во времени динамические нагрузки. Это обуславливает отклонение формы стержня от прямолинейной, что значительно усиливает виброактивность стержневой системы и отрицательно воздействует на процесс прокатки. Влияние во времени массы трубной заготовки, перемещающейся в процессе прошивки вдоль стержня, значительно усложняет динамические процессы на прошивном стане ТПА. Виброактивность стержневой системы в ходе реализации требуемых технологических процессов эквивалентно передаются на оправку. Это приводит к неконтролируемому пережеванию оправки в пережиме рабочих валков, увеличению уровня разностенности гильз и в конечном итоге к ухудшению качества прокатываемых труб.

Цель работы. Создание алгоритма расчета силовых параметров процесса прошивки гильзы с учетом параметров технологического инструмента, формирующих динамическую устойчивость функционирования стержневой системы механизма удержания оправки. Исследование динамики механической системы «стержневая система – трубная заготовка» с учетом энергосиловых параметров очага деформации, что позволит оценить динамическое состояние стержневой системы с оправкой в течение всего технологического процесса прокатки труб и на этой основе решить задачу по модернизации выходной стороны прошивных станов ТПА.

Метод решения задачи. В известных математических моделях процесса поперечно-винтовой прокатки используют следующий алгоритм проведения вычислений: определяют значения параметров процесса (частные обжатия по стенке, ширина зоны контакта металла с валком, скорость и степень деформации, сопротивление деформации, удельное нормальное давление на контакте металла с валком и др.) в узловых точках очага деформации (как правило, – перед носком оправки, в пережиме валков и в конце конуса

раскатки [2, 3], или только в пережиме валков [5]); усредняют полученные значения по длине очага деформации; по усредненным значениям параметров рассчитывают основные энергосиловые характеристики процесса прошивки (полное давление металла на валки, момент и мощность прокатки, давление металла на линейки, осевое давление на оправку и пр.).

Выводы.

1. Приведены результаты вибродиагностики центрователя №3 механизма удержания оправки прошивного стана №1 ТПА 350 при прокатке гильзы $\varnothing 282 \times 50$ мм, сталь 20.

2. Разработан алгоритм расчета силовых параметров процесса прошивки трубной заготовки на прошивном стане ТПА с учетом параметров калибровки оправок, формирующих динамическую устойчивость стержневой системы механизма ее удержания.

3. Изложена методика построения динамической и математической моделей стержня механизма удержания оправки прошивного стана с учетом калибровки оправки.

3. Получено дифференциальное уравнение движения стержня оправки для выбранной динамической модели механической системы прошивного стана ТПА.

4. Уточнена динамика механической системы, что служит исходным материалом для решения задач анализа состояния виброактивности механизма удержания оправки прошивных станов ТПА 350 на процессы прокатки труб.

5. Для снижения уровня виброактивности стержня рекомендовано выбрать и назначить рациональные калибровки оправок и режимы прокатки гильз моделированием динамики системы на соответствующих этапах проектирования технологических процессов.

6. Предложена схема модернизации механизма удержания оправки прошивного стана №2 ТПА 350 с шестью центрователями открытого типа с удлиненными роликами $L=300-350$ мм с автоматизированным гидроприводом на базе пропорциональной гидравлики.

Список литературных источников

1. Оклея Л. Н. Качество горячекатаных труб. – М.: Металлургия, 1986. – 144 с.
2. Потапов И.Н., Коликов А.П., Друян В.М. Теория трубного производства: Учебник. – М.: Металлургия, 1991. – 424 с.
3. Обработка металлов давлением: Учебник / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилкин, С.В. Самусев. – М.: Издательский дом МИСиС, 2008. – 960 с.
4. Шевакин Ю.Ф., Глейберг А.З. Производство труб: Учебник. – М.: Металлургия, 1968. – 440 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ NOSQL-ТЕХНОЛОГІЙ СТОСОВНО ОБРОБКИ BIG DATA

Руденський С. О., Дорош Н. Л.

Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Технології організації та управління даними використовуються у програмному забезпеченні, яке обробляє і готує всі види структурованих і неструктурованих даних для аналізу. В теперішній час актуальними стали NoSQL технології на відміну від реляційних (SQL). Такий підхід спрямований на реалізацію моделей баз даних, відмінних від традиційних реляційних [1].

В роботі проведено дослідження щодо використання будь-якої моделі даних для обробки Big Data [2]. Визначальними характеристиками для великих даних є, крім їх фізичного обсягу, і інші, що підкреслюють складність завдання обробки і аналізу цих даних. Набір ознак VVV (volume, velocity, variety – фізичний обсяг, швидкість приросту даних і необхідності їх швидкої обробки, можливість одночасно обробляти дані різних типів) був вироблений з метою вказати на рівну значимість управління даними по всім трьом аспектам.

Розроблено веб-додаток для роботи з великими даними.

Традиційний стек технологій для побудови веб-додатків – це LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP), то сучасний підхід до побудови веб-додатків заснований на стеку технологій MEAN (Mongo, Express, Angular, Node).

В роботі використано СУБД MongoDB. Якщо в традиційних реляційних БД основними компонентами є двовимірні таблиці то в MongoDB – тематичні колекції (сутності), які складаються з документів, що включають в себе набір текстових полів в форматі JSON, тобто пар: ключ-значення. У MongoDB застосовується організація даних, яка не потребує опису схеми бази даних [1]. Тому MongoDB добре працює з наборами даних (колекціями і документами), які не пов'язані між собою, її можна використовувати у Web додатках, що забезпечують високу продуктивність. і необмежені горизонтальне масштабування колекцій даних.

З точки зору обробки Big Data в основу технологій покладені два основних принципи: 1 – розподіленого зберігання даних; 2 – розподіленої обробки, з урахуванням локальності даних [3].

Розподілене зберігання вирішує проблему великого обсягу даних, дозволяючи організувати сховище з довільного числа окремих простих носіїв. Зберігання може бути організовано з різним ступенем надмірності, забезпечуючи стійкість до збоїв окремих носіїв.

Розподілена обробка з урахуванням локальності даних означає, що програма обробки доставляється на обчислювач, що знаходиться якомога ближче до даних. Це принципово відрізняється від традиційного підходу, коли обчислювальні потужності і підсистема зберігання розділені і дані повинні бути доставлені на обчислювач.

Найбільш відомим, проектом в області Big Data є Apache Hadoop [4]. В даний час на ринку інформаційних систем і програмного забезпечення синонімом Big Data є технологія Hadoop.

Для паралельної обробки Big Data часто використовують модель обчислень MapReduce [4]. Відповідно до підходу MapReduce (Рисунок1) обробка даних складається з двох кроків: Map і Reduce. На кроці Map виконується попередня обробка даних, яка здійснюється паралельно на різних вузлах кластера.

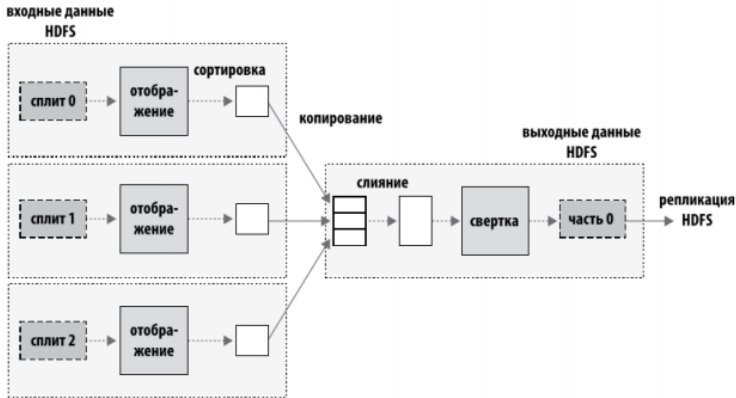


Рисунок .1 – Концептуальна модель MapReduce

В якості платформи для розподілених обчислень в рамках моделі MapReduce була обрана платформа Apache Hadoop, як найстабільніша відкрита реалізація на поточний момент .

Проведено порівняльний аналіз проектування і розробки реляційних та NoSQL-даних. Використано MySQL та MongoDB Проаналізовано інформаційні моделі представлення даних великих обсягів та показано їх обмеження. Розглянуті особливості NoSQL-баз даних та принципи перетворення даних в інші формати при обробці великих даних.

Список літературних джерел

1. Эрик Редмонд, Джим. Р. Уилсон. Семь баз данных за семь недель. Введение в современные базы данных и идеологию NoSQL. Под редакцией Жаклин Картер / Пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 384с.
2. Силен Дэви, Мейсман Арно, Али Мохамед. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. – СПб.: Питер, 2017. – 336с.
3. Жерар Тель. Введение в распределенные алгоритмы. –М .: МЦНМО, 2009. – 616с.
4. Том Уайт. Hadoop. Подробное руководство. – СПб .: Питер, 2013 – 672с.

ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Серневич В. В. , Дорош Н. Л.

Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Будь-який програмний засіб (ПЗ) повинний чітко і правильно виконувати поставлені перед ним завдання. Для такої мети спочатку необхідно визначити якість програмного засобу, його відповідність вимогам, які заявлені, а потім провести заходи тестування щодо розробки [1,2].

Повний життєвий цикл розробки ПЗ складається з фаз, кожна з яких включає одну або декілька ітерацій.

Початок: 1 – формуються бачення і кордони проекту; 2 – створюється економічне обґрунтування; 3 – визначаються основні вимоги, обмеження і ключова функціональність продукту; 4 – створюється базова версія моделі прецедентів; 5 – оцінюються ризики. При завершенні початкової стадії оцінюються можливості виконання завдання, що передбачає угоду зацікавлених сторін про продовження проекту.

Проектування. На етапі проектування проводиться аналіз наочної області і побудова архітектури ПЗ. Це включає: документування вимог (у тому числі детальний опис для більшості прецедентів); архітектуру ПЗ (яка буде спроектована, реалізована і протестована); оновлене економічне обґрунтування і оцінки термінів і вартості, які уточнені. Успішне виконання фази проектування означає досягнення віхи архітектури життєвого циклу.

Побудова. Під час цієї фази відбувається реалізація більшої частини функціональності продукту. Фаза «Побудова» завершується першим зовнішнім релізом ПЗ і віхою початкової функціональної готовності.

Впровадження. Під час фази «Впровадження» створюється фінальна версія ПЗ і передається від розробника до замовника. Це включає програму бета-тестування, навчання користувачів, а також визначення якості продукту. У випадку, якщо якість не відповідає очікуванням користувачів, або критеріям, які означені у фазі «Початок», фаза «Впровадження» повторюється знову. Виконання всіх цілей означає досягнення віхи готового продукту і завершення повного циклу розробки.

Перелічимо основні види тестування: автоматичне та ручне; динамічне та статичне; функціональне, регресійне, тестування процесу роботи, тестування чорної і білої скриньки.

Тестування – один з найважливіших етапів контролю якості ПЗ. Автоматичне тестування є його складовою частиною. Воно використовує системи для перевірки виконання тестів, що допомагає скоротити час тестування і спростити його процес. Недолік ручного тестування ще й у тому, що результати виконання тестів не зберігаються і їх важко повторити заново. Автоматичні тести дозволяють спростити процес ручного тестування, зробити його найбільш зручним і точним. Для автоматизації тестування існує велика кількість додатків. Проте автоматичні тести не можуть повністю замінити ручне тестування. Автоматизація всіх випробувань – дуже дорогий процес, і тому автоматичне тестування є лише доповненням ручного тестування. Як

найкращий варіант використання автоматичних тестів - регресійне тестування.

В роботі проведено дослідження видів тестування веб-порталу спеціалізованої інформації, вимоги до якого сформульовані згідно рекомендаціям [3]. Тестування здійснюється на основі вимог, які визначені і наведені на рисунку 1.

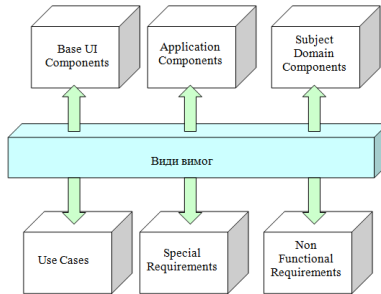


Рисунок 1 – Види вимог до ПЗ спеціалізованої інформації

Вимоги, які представлені, є необхідними для розробки ручного тестового сценарію і є базовими для уявлення про правильну роботу ПЗ, що у свою чергу дозволяє здійснити розробку всеосяжних тестових сценаріїв.

Список літературних джерел

1. ISO/IEC TS 25011:2017. Information technology – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Service quality models [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://www.iso.org/standard/35735.html> (дата звернення 20.09.2020).

2. Тестування програмного забезпечення [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F (дата звернення 10.09.2020).

3. Вигерс Карл, Бити Джой Разработка требований к программному обеспечению. 3-е изд., дополненное/Пер. с англ. – М. : Издательство «Русская редакция» ; СПб. : БХВ-Петербург, 2014. – 736 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ ДІЯЛЬНОСТІ КОМПАНІЙ

Січко Т.В., Воробей О. О.

Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця,
Україна

Цільову аудиторію сучасних компаній цікавить інформація про наявні товари, їх ціни, відгуки стосовно якості, рівня обслуговування та ін. Основним джерелом перерахованої інформації є веб-сайт компанії, розміщений в мережі Інтернет [1]. Поєднання перерахованих вище факторів призвело до різкого зростання кількості довідкових сайтів, спрямованих на представлення інформації споживачам, покупцям, клієнтам різноманітних послуг як в Україні, так і за кордоном. Для представлення об'єктивної інформації стосовно тієї чи іншої компанії є визначення їх рейтингу на довідкових сайтах. Показовим прикладом є всеукраїнський довідковий сайт <https://20.ua/vn> (ТОП 20), що стрімко розвивається та потребує впровадження аналітичних засобів для підвищення його конкурентоспроможності серед інших довідкових сайтів.

На сьогодні сайт ТОП 20 завойовує свою популярність у різних містах України, що можна підтверджується статистикою (Гугл – аналітика) стосовно переглядів

Відмінність довідкових сайтів полягає у принципі ранжування компаній. У статті запропоновано застосування рейтингу Ело для ранжування компаній на сайті ТОП 20.

На українському ринку довідкових ресурсів, таких як: <https://list.in.ua/>, <https://www.ua-region.com.ua/>, <https://catalog.ub.ua/> використовується наступна система ранжування компаній: «хто більше оплатив – той має першість». Ця система є не об'єктивною. Майже усі сайти сучасних довідкових систем розроблені за спрощеною системою організації сторінок, такої як <https://www.bitrix24.ua/> адже вона зручна для продажів. Це не дає змогу сайтам проводити математичні обрахунки в кодї сторінки [2].

Тим часом як сайт <https://20.ua/vn> для ранжування компаній застосовує рейтинг Ело, суть якого полягає в наступному [3]. В основу рейтингу Ело покладено інтегрований показник, який включає у себе: кількість відгуків користувачів, загальну оцінку компанії, пакет послуг, що придбала компанія (від 1 до 5), термін реєстрації на сайті.

Розглянемо формулу обчислення інтегрованого рейтингу компаній, в основу якої покладено рейтинг Ело. Обчислення стосуються балів рейтингу компанії А по відношенню до компанії В.

Формула виглядає наступним чином:

$$\varepsilon_A = \frac{n}{k + t \left(\frac{R_A - R_B}{1} \right)} \quad (1)$$

Де,

ϵ_A - результируючий інтегрований рейтинг компанії А;

n - кількість компаній у категорії;

k - оцінка рейтингу компаній за шкалою від 1 до 5;

t - оцінка за відгуками;

R_A - інтегрований рейтинг компанії А;

R_B - інтегрований рейтинг компанії В.

У якості прикладу розглянемо рейтинг лікарень у м. Вінниця на сайті <https://20.ua/vn>. Компанія А – це Подільський центр зору, а компанія В – це медичний центр Фармоза.

У категорії «Приватні клініки» знаходиться 35 компаній, рейтинг компаній на довідковому сайті ТОП 20 наступний рис. (1): компанії А = 4,6, компанії В = 4,1.

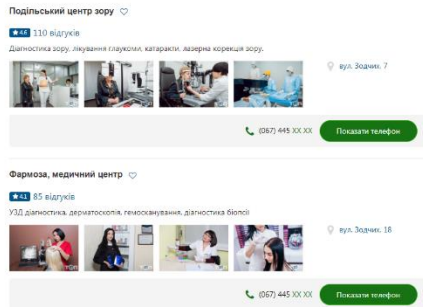


Рис. 1. Ранжування компаній за рейтингом Ело

На основі розглянутого можна зробити висновок, що підвищення якості об'єктивного ранжування підприємств на довідкових сайтах є перспективним напрямком дослідження, результати якого сприятимуть підвищенню ефективності роботи та цінності подібних ресурсів.

Список літературних джерел

1. Січко Т.В., Юрчук Б.О. Розробка веб-додатку туристичної фірми // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2018. – №4. – С.166-172.

2. Січко Т.В., Литвинюк В. С. Особливості створення веб-додатків та веб-сайтів за допомогою технології bootstrap 4 // Прикладні інформаційні технології: матеріали всеукр. наук.-практ.ї конф. для студентів, аспірантів та молодих вчених. зб. наук. пр. – Вінниця, ДонНУ імені Василя Стуса.– 2020. – С. 111-113.

3. Правила расчёта рейтинга на сайте: веб-сайт. URL: https://chessland.com/modules.php?name=Encyclopedia&op=list_content&eid=3

ПЕРЕМЕННОЕ НАГРУЖЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

Старовойтов Э. И.

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

Для несимметричных по толщине упругопластических трехслойных пластин с жестким наполнителем кинематические допущения основаны на гипотезе «ломаной» нормали [1]. Деформации малые. На внешний слой пластины действует распределенная силовая нагрузка $p(r)$, $q(r)$, и тепловой поток плотностью q_t . Через $w(r)$ обозначен прогиб пластины. На торце предполагаем наличие жесткой диафрагмы. Температурное поле считаем известным.

Для связи напряжений и деформаций используются физические уравнения состояния теории малых упругопластических деформаций Ильюшина:

$$\begin{aligned} \sigma_{ij}^{(k)} &= 2G_k(T_k) f^{(k)}(\varepsilon_u^{(k)}, T_k) \varepsilon_{ij}^{(k)}, \\ \sigma^{(k)} &= 3K_k(T_k)(\varepsilon^{(k)} - \alpha_k T_k) \quad (k=1, 2; \quad i, j = x, y, z). \end{aligned} \quad (1)$$

Соответствующая система разрешающих дифференциальных уравнений равновесия будет нелинейной. Для ее решения применяется метод упругих решений. Согласно этому методу прогиб будет [2]:

$$\begin{aligned} w^{(n)} &= \frac{1}{b_3} \left[b_2 \left(\frac{C_2^{(n)}}{\beta} I_0(\beta r) + \int \psi_r^{(n)} dr \right) - \right. \\ &\left. - \int \left(\frac{a_3}{a_1} L_2^{-1}(p' - p_\omega^{(n-1)}) - L_3^{-1}(q' - q_\omega^{(n-1)}) \right) dr + \frac{C_5^{(n)} r^2}{4} + C_4^{(n)} \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь n – номер приближения, величины $p_\omega^{(n-1)}$, $h_\omega^{(n-1)}$, $q_\omega^{(n-1)}$ – "дополнительные" внешние нагрузки, учитывающие физическую нелинейность материалов слоев, на первом шаге полагаются равными нулю, а в дальнейшем вычисляются по результатам предыдущего приближения

Пусть, начиная со времени $t = t_1$, воздействие температурного поля прекращается, а внешние силы изменяются так, что во всех точках пластически деформируемых областей тела происходит разгрузка и последующее знакопеременное нагружение силами $p''(r)$, $q''(r)$. Температура пластины $T_1(z)$ остается постоянной и равной ее значению перед разгрузкой. Предел пластичности в точках пластины зависит от температуры и изменяется по ее толщине $\sigma_y''(T_1(z))$. Обозначим соответствующие напряжения, деформации и перемещения через σ_{ij}'' , ε_{ij}'' , u_i'' . Для них физические уравнения состояния запишем следующим образом

$$\sigma_{ij}'' = 2G \varepsilon_{ij}'' f''(\varepsilon_u'', \varepsilon_1', T_1, a_k''), \quad \psi(r) \sigma'' = 3K \varepsilon'' \quad (3)$$

где $f''(\varepsilon_u'', \varepsilon_1', T_1, a_k'')$ – функция пластичности при повторном знакопеременном нагружении.

Сложность краевой задачи для величин с двумя штрихами заключается в зависимости искомого решения от точки разгрузки $(\varepsilon_1', \sigma_1')$. Рассмотрим одну возможность уйти от этих трудностей. Для величин перед началом разгрузки сохраним обозначения σ_{ij}' , ε_{ij}' , u_i' . Введем разности для момента времени $t > t_1$:

$$s_{ij}^* = s_{ij}' - s_{ij}'', \quad \vartheta_{ij}^* = \vartheta_{ij}' - \vartheta_{ij}'' \quad (4)$$

Для величин со звездочками примем уравнения состояния

$$s_{ij}^* = 2G\vartheta_{ij}^* f^*(\varepsilon_u^*, \varepsilon_1', I_1, a_k^*), \quad \sigma^* = 3K\varepsilon^* \quad (5)$$

где $f^*(\varepsilon_u^*, \varepsilon_1', T_1, a_k^*)$ – новая универсальная функция, описывающая нелинейность диаграммы деформирования в осях $\sigma^* \square \varepsilon^*$.

Уравнения равновесия, граничные условия и соотношения Коши для величин $\sigma^*, \varepsilon^*, u^*$ будут подобны, приведенным при нагружении из естественного состояния. Если теперь предположить, что функцию f^* в любой точке кривой деформирования можно приблизить функцией f' , т. е. описать таким же аналитическим выражением только с другими параметрами a_k^* , то мы уйдем от зависимости f^* от ε_1' :

$$f^* = f'(\varepsilon_u^*, T_1, a_k^*) \quad (6)$$

Сравнивая соотношения для пластины при нагружении из естественного состояния и соотношения для величин со звездочками отмечаем, что они совпадают с точностью до обозначений. Поэтому, решение краевой задачи для величин со звездочками можно получить из приведенного решения путем некоторых замен. Искомое перемещение при повторном знакопеременном нагружении определяется из разностного соотношения: $u_i'' = u_i' - u_i^*$. Полученный результат можно распространить на случай любого n -го циклического нагружения, в том числе при нейтронном облучении [3].

Список литературных источников

1. Старовойтов, Э.И. Напряженно-деформированное состояние трехслойной круговой пластины, связанной со сложным основанием / Э.И. Старовойтов, А.Г. Козел // Компьютерне моделювання: аналіз, управління, оптимізація. – 2018. – № 2 (4). – С. 73-80.
2. Starovoitov, E.I. Thermal Force Loading of a Physically Nonlinear Three-Layer Circular Plate / E.I. Starovoitov, Yu. M. Pleskachevskii, D.V. Leonenko // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – Vol. 93, No. 3. Pp. 554–564. 2020.
3. Starovoitov, E.I. Deformation of a three-layer rod with a compressible core in a neutron flow / E.I. Starovoitov, D.V. Leonenko // International Applied Mechanics. – 2020. – Vol. 56, № 1. – P. 81–91.

ОПТИМАЛЬНЕ АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РЕКТИФІКАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ РУХЛИВИХ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ

Шмалько М. Р., Шейкус А. Р.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Дніпро, Україна

Процес ректифікації – один із основних процесів хімічної, нафтопереробної, харчової та багатьох інших галузей промисловості. З його допомогою забезпечується поділ однорідних рідинних сумішей на складові компоненти. В якості об'єкта керування розглядається ректифікаційна колона для поділу бінарної суміші метанол-вода, що досліджена в [1]. В роботі вказано регульовані параметри процесу, визначено номінальний режим роботи колони, проведено моделювання статичних режимів і розроблено алгоритми статичної оптимізації процесу.

Підвищення досягнутих техніко-економічних показників можливе застосуванням рухливих керуючих впливів, що використовуються додатково разом із традиційними. В [2] доведено якісний характер впливу рухливих дій на показники стаціонарних режимів роботи колони. Однак, при широкому висвітленні питань статичної оптимізації процесу використанням рухливих впливів, в літературі відсутні дослідження з оптимізації динамічних режимів роботи колони. Актуальним завданням є синтез оптимальної автоматичної системи рухливого керування процесом ректифікації.

Мета – підвищення техніко-економічних показників, а також показників якості керування ректифікаційною колоною шляхом синтезу системи оптимального автоматичного керування процесом ректифікації, в якій використовуються рухливі керуючі впливи.

Для досягнення мети вирішено наступні задачі:

1. Проведено ідентифікацію об'єкта керування – ректифікаційної колони – за графіками перехідних процесів і одержано передавальну функцію за каналом «рухливий керуючий вплив – температура на контрольній тарілці».

2. Виконано синтез автоматичної системи рухливого керування і визначено оптимальні за інтегральним критерієм параметри налаштування регулятора з врахуванням необхідного показника коливальності.

3. Проведено моделювання роботи синтезованої системи, визначено показники якості керування і порівняно їх з показниками системи, що використовується. Здійснено оцінку ефективності застосування рухливих керуючих впливів при автоматичному керуванні процесом ректифікації.

При вирішенні задач обрано рухливий керуючий вплив, що полягає в перерозподілі живлення між двома контактними пристроями. Дана дія має неперервний в просторовій області апарату характер. В цьому випадку при малих збуреннях для синтезу системи рухливого керування придатні методи дослідження лінійних систем.

З метою одержання непарно-симетричних статичних характеристик пропонується наступний зміст коефіцієнта перерозподілу q . Початковому

режиму відповідає нульове значення q і перерозподіл живлення в рівних частках

$$q = \frac{F_2 - F_1}{F}, \quad (1)$$

де F – загальна витрата живлення, кмоль/год; $F_1 = F(1-q)/2$ і $F_2 = F(1+q)/2$ – витрати нижнього і верхнього потоків живлення відповідно, кмоль/год.

Величина рухливого керуючого впливу q приймає значення в діапазоні від -1 (увесь потік живлення спрямовується на нижню з обраних тарілок) до 1 (живлення надходить тільки на верхній контактний пристрій).

За методикою [3] для перерозподілу обрано 9-й і 12-й контактні пристрої колони. Розрахунок статичних характеристик показав, що перерозподілом живлення між вказаними тарілками можливо компенсувати відхилення температури на контрольній тарілці при збуреннях за витратою, складом і температурою живлення, величини яких складають до 5% від їх номінальних значень.

За динамічною моделлю [4] одержано графіки перехідних процесів в колоні при стрибкоподібних змінах керуючої величини – коефіцієнта перерозподілу, а також основних збурень на процес: витрати, складу і температури живлення. Одержані криві розгону апроксимовано динамічними характеристиками аперіодичних ланок і одержано передавальні функції об'єкта за каналами керування і збурень.

Розроблено алгоритми розрахунку оптимальних параметрів регулятора, що реалізує рухливий вплив. Обрано ПІ-закон керування, оптимізацію проведено за інтегральним критерієм. Обмеження на запас стійкості і інтенсивність загасання коливань в системі враховано кореневим показником коливальності, що склав 0,366.

Проведено моделювання роботи системи керування з традиційними керуючими діями і системи з додатковим рухливим впливом. Доведено скорочення часу регулювання і зменшення динамічних похибок у випадку застосування синтезованої оптимальної системи рухливого керування. Одночасно з цим спостерігається підвищення продуктивності процесу.

Список літературних джерел

1. Анисимов И. В. Математическое моделирование и оптимизация ректификационных установок / И. В. Анисимов, В. И. Бодров, В. Б. Покровский – М.: Химия, 1975. – 216 с.
2. Белоброва Е. В. Автоматическое управление тепломассообменными процессами с подвижными распределенными регулирующими воздействиями / Е. В. Белоброва, А. Р. Шейкус, В. И. Корсун // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 5/2 (71). – С. 51 – 55.
3. Sheikus A. R. Distillation process optimization using continuous mobile control actions by redistributing the feed flow / A. R. Sheikus // Advanced Information Systems. – 2019. – 3 (3). – P. 30–36.
4. Шейкус А. Математичне моделювання динамічних режимів процесу ректифікації при застосуванні рухливих керуючих впливів / А. Шейкус // Automation of Technological and Business Processes. – 2020. – 11(4). – С. 55-67.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ДО СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ТЕСТУВАННІ

Юрченко Д. М., Дорош Н. Л.

Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

Тестування програмного забезпечення (ПЗ) представляє інтерес в багатьох сферах діяльності людини, таких як: медицина, військова промисловість та різні сфери бізнес діяльності людини. Тому потреба у вирішенні завдань тестування ПЗ виникає при створенні практично кожного програмного продукту. При цьому підходи до їх вирішення можуть істотно відрізнятися в залежності від характеристик ПЗ, що підлягає тестуванню [1,2].

В ході виконання роботи було розгорнено веб-сайт на базі Google Cloud Platform з використанням CMS Opencart та системами управління базами даних. Веб-додаток має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, для створення інтерфейсу сайту було використано бібліотеки Opencart [3]. Також завдяки використанню фреймворку, веб-додаток має високу надійність в роботі та забезпечує необхідну безпеку від несанкціонованого доступу, таких як SQL-ін'єкції, XSS, CSRF ті інше.

На основі ключової бізнес-логіки даного веб-додатку було спочатку написано мануальні тест-кейси, а потім з використанням мови програмування Python та бібліотеки Selenium було їх автоматизовано.

При ручному тестуванні (manual testing) тестувальники вручну виконують тести, не використовуючи ніяких засобів автоматизації. Ручне тестування – самий низькорівневий і простий тип тестування, які не потребують великої кількості додаткових знань.

Автоматизоване тестування передбачає використання спеціального програмного забезпечення (крім тестованого) для контролю виконання тестів і порівняння очікуваного фактичного результату роботи програми. Цей тип тестування допомагає автоматизувати часто повторювані, але необхідні для максимізації тестового покриття завдання. Існує кілька основних видів автоматизованого тестування. Деякі було використано в роботі:

- автоматизація тестування коду (Code-driven testing) – тестування на рівні програмних модулів, класів і бібліотек (фактично, автоматичні юніт-тести);

- автоматизація тестування графічного інтерфейсу користувача (Graphical user interface testing) – спеціальна програма (фреймворк автоматизації тестування) дозволяє генерувати користувальницькі події – натискання клавіш, кліки мишкою, і відслідковувати реакцію програми на ці дії – чи відповідає вона специфікації;

- автоматизація тестування API (Application Programming Interface) – програмного інтерфейсу програми. Тестуються інтерфейси, призначені для взаємодії, наприклад, з іншими програмами або з користувачем.

На рисунку 1 проілюстровано склад автоматизованого тестування.

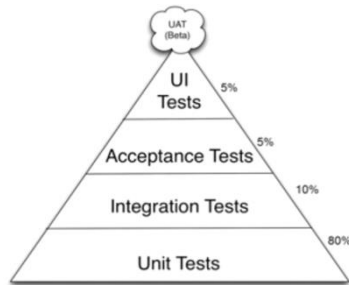


Рисунок 1 – Склад автоматизованного тестування

З плюсів автоматизованного тестування можна виділити:

- швидкість виконання (для великих проектів проходить швидше, ніж при ручній перевірці);
- дешевизна (при багаторазовому використанні дешевше, ніж ручне);
- універсальність (перевірка в важкодоступних місцях);
- циклічність (виконуються чітко поставлена мета – на що було запрограмовано);
- невтомність (робота по ночах, запуск в призначений час).

З недоліків:

- розробка (велика кількість часу витратиться на написання і налагодження тестів);
- витрати на підтримку і створення - розробка і модифікація авто-тестів більш затратна, коли проект досить складний і часто оновлюється;
- покриття (авто-тести не можуть покрити повною мірою візуальне відображення GUI);
- одноманітність - тести працюють завжди однотипно – це не завжди погано, але дозволяє припустити помилку, яку може помітити людина;
- пропуск дрібних недоліків;
- перевірка на яку не налаштовані авто-тести не охоплюють весь проект - можна упустити дрібні помилки.

Обидва види тестування мають як переваги, так і недоліки. Комбінація обох - ідеальний спосіб отримати від тестування максимальний результат.

Список літературних джерел

1. DOU. [Електронний ресурс] – URL: <https://dou.ua/lenta/articles/salary-report-qa-june-2019/> (дата звернення 20.09.2020).
2. Документація Opencart. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: <http://forum.opencart-russia.ru/threads/soderzhanic.5/> (дата звернення 20.09.2020).
3. Opencart theme and module development. Rupak Nepali. – М. – Birmingham. – 83 с.