



Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара



Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України



**Інститут прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ»
МОН України і НАН України**



Київський національний університет ім. Т. Шевченка



**Товариство з обмеженою відповідальністю
та іноземними інвестиціями "Ай Ес Ді"**

XIII міжнародна науково-практична конференція

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ
(MPZIS-2015)**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

18-20 листопада 2015 року

Дніпропетровськ

Україна

Адреса Оргкомітету:

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
 Кафедра обчислювальної математики та математичної кібернетики
 пр. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна
 телефон: +38056 7451411
 e-mail: info@mpzis.dp.ua
 URL : www.mpzis.dp.ua

**XIII міжнародна науково-практична конференція
 МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ (MPZIS-2015)**

м.Дніпропетровськ, 18-20 листопада 2015 р.

Міжнародний науковий комітет:

I.B. Сергієнко	– академік НАН України, Україна
M.З. Згуровський	– академік НАН України, Україна
Ю.Г. Кривонос	– академік НАН України, Україна
A.O. Чикрій	– чл.-кор. НАН України, Україна
V. Deineko	– професор, Англія
Ю.В. Крак	– професор, Україна
Y. Melnikov	– професор, США
Н.Д. Панкратова	– професор, Україна
A.M. Пасічник	– професор, Україна
M. Polyakov	– основатель компанії Noosphere Ventures USA, Inc, США
P. Pardalos	– професор, США
A.F.del Moral Bueno	– професор, Іспанія

Оргкомітет:

співголови	Поляков Микола Вікторович – чл.-кор. НАН України, ректор Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, д.ф.-м.н.;
	Кісельова Олена Михайлівна – чл.-кор. НАН України, декан факультету прикладної математики ДНУ, д.ф.-м.н.
вчений секретар	Кузенков Олександр Олександрович , к.ф.-м.н.
члени	Н.І. Ободан – д.т.н.; О.Г. Байбуз – д.ф.-м.н.; О.М. Притоманова – к.е.н.; Л.Л.Гарт – к.ф.-м.н.; Т.О. Шевченко – к.ф.-м.н.; Л.І. Лозовська – к.ф.-м.н.; Н.Є. Сегеда – ст.викладач; Н.В. Балейко – пров. інж; Н.Є. Яцечко – пров.інж; О.В. Пелех – лаборант.

Секції

1. Нейронечіткі технології
2. Експертні системи та системи, що навчають
3. Математичне і програмне забезпечення систем штучного інтелекту
4. Інтелектуальні системи прийняття рішень і системи підтримки прийняття рішень у технічних і економічних системах управління та у бізнесі
5. Інженерія знань
6. Розпізнавання образів
7. Використання інтелектуальних систем у навчальному процесі
8. Інформаційні технології обробки даних для прийняття рішень
9. Системний аналіз складних систем різної природи
10. Інформаційні технології в органах державної влади та місцевого самоврядування

ПЕРЕДМОВА

Міжнародна науково-практична конференція «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (МПЗІС), що тринадцять років поспіль традиційно проводиться на базі Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара за участю Інституту кібернетики НАН України ім. В.М. Глушкова, Інституту прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ», Київського національного університету імені Тараса Шевченка є популярним форумом фахівців з прикладної математики, інтелектуальних систем прийняття рішень, системного аналізу, новітніх інформаційних технологій.

Конференція демонструє актуальність проблем розробки, створення та впровадження нового покоління систем управління та обробки інформації - інтелектуальних систем, а також тематики автоматизації управління в умовах прискореного розвитку математичної теорії і застосувань інтелектуальних систем і середовищ, їх широкого впровадження в повсякденну практику. Підтвердженням тому стало як збільшення кількості вчених, наукових шкіл і колективів, які представили свої роботи, так і широта спектру розглянутих у цих роботах проблем.

Мета організації та проведення XIII міжнародної науково-практичної конференції на регулярній основі полягає в забезпеченні науковців, дослідників, практиків, зацікавлених осіб новими можливостями для співпраці, обміну ідеями та пошуку рішень в області сучасних проблем математичного та програмного забезпечення інтегрованих інтелектуальних систем.

В конференції приймають участь понад 200 науковців з різних країн. Помітною і значущою подією стала участь у конференції великого числа молодих вчених, аспірантів, магістрантів і студентів. Тематика доповідей охоплює проблеми ідентифікації складних систем, застосування нейрокомп'ютерних мереж, нейронних інформаційних технологій, нейронечітких моделей представлення та обробки знань; теоретичні та прикладні питання системного аналізу, використання сучасних інформаційних технологій в органах державної влади та місцевого самоврядування. Велика кількість доповідей присвячена проблемам моделювання, алгоритмізації, теорії функцій, статистики, моніторингу, експертних систем програмування, оптимізації. Представлені наукові результати свідчать про зростання рівня фундаментальних та прикладних досліджень і розробок в напрямку штучного інтелекту, а також в суміжних з ним областях.

Оргкомітет бажає всім учасникам конференції цікавих доповідей, плідних дискусій, професійних зустрічей.

Оргкомітет

ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ МОВЛЕННЯ

Андрєєв В.А., scrubava@gmail.com, Земляна С.В., szemlyanaya@mail.ru
Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

Мета: розробити програмне забезпечення, що розпізнає і друкує на екрані текст, надиктований користувачем програми.

Постановка задачі: проаналізувати існуючі алгоритми для розпізнавання мовлення та обрати один для реалізації проекту.

Алгоритм динамічної трансформації часової шкали – алгоритм, що дозволяє знайти відповідність між часовими послідовностями. В рамках даної теми використовується для визначення того, як два речових сигнали представляють одну й ту ж початкову промовлену фразу [1].

Визначення відстані між двома часовими рядами потрібно для того, щоб визначити їх подобу та класифікацію. Таким ефективним виміром є евклідова метрика. Але вона має суттєвий мінус: якщо два часових ряди – однакові, але один з них несуттєво зміщений у часі, то евклідова метрика може показати, що ряди відрізняються один від одного. DTW-алгоритм був створений для того, щоб подолати цей недолік і представити наглядний вимір відстані між рядами, не дивлячись як на глобальні, так і на локальні зсуви по часовій шкалі.

Марковські моделі. В основі прихованої марковської моделі лежить кінцевий автомат, що складається з N -станів, що називаються прихованими. Переходи між станами в кожний дискретний момент часу не є детермінованими, а проходять в узгодженні з вірогіднісним законом та описуються матрицею вірогідностей переходів. Певний стан моделі відповідає певній стаціонарності спостережуваного сигналу на обмеженому часовому інтервалі [2]. З'являється проста фізична інтерпретація ПММ: розглядається процес, котрий скачкоподібно змінює свої характеристики.

Плюсом ПММ є можливість обробки послідовностей і сигналів різної довжини, що є складним при роботі з нейронними мережами зокрема.

Штучні нейронні мережі – це апаратні або програмні засоби, що моделюють роботу людського мозку [3].

Нервова система людини складається з величезної кількості елементів, що називаються нейронами, з'єднаних між собою ниткообразними відростками – дендритами. Збудження або гальмування (збудження зі знаком мінус) передається від нейрона до нейрона по дендритам, де ті приймають сигнали в точках з'єднання, синапсах. Прийняті синапсом вхідні сигнали передаються по тілу нейрона, де вони сумуються. Якщо рівень збудження більший за деяку порогову величину, збудження передається з тіла нейрона в вихідну точку, аксон, звідки по дендритам переходить до інших нейронів [4]. Цей процес покладений у роботу штучних нейронних мереж.

Основу мережі, як правило, складають однотипні елементи, що імітують роботу біологічного нейрона. Кожен з нейронів в кожен момент часу знаходиться, як і біологічний нейрон, в деякому поточному стані. Він має групу однонаправлених вхідних зв'язків синапсів, що йдуть від входу до виходу або від інших нейронів. Крім того він має один однонаправлений вихідний зв'язок-аксон.

Для написання проекту був обраний метод, що використовує нейронні мережі, так як алгоритм динамічної трансформації часової шкали менш точний за інші, а штучні нейронні мережі легше піддаються навчанню.

Бібліографічні посилання

- 1. Hinton, G., Deng, L., Yu, D., Dahl, G. E., Mohamed, A. R., Jaitly N.** Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups / *Signal Processing Magazine*. - 2012. - 29(6). - С. 82-97.
- 2. Jurafsky D., Martin J.H.** Speech and language processing / Prentice Hall. - 2008. - 2nd edition.
- 3. Mohri, M., Pereira, F., & Riley, M.** Speech recognition with weighted finite-state transducers / Springer Berlin Heidelberg. - 2008. - С. 559-584.
- 4. Кендалл М.Дж., Стьюарт А.** Багатовимірний статистичний аналіз і часові ряди. – 1976. – С. 736.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОРТИВНИХ ПОДІЙ

Апкарян В.О., victor.apkarian@gmail.com, **Білобородько О.І.,** oxanab@ukr.net
Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

Останнім часом спорт приваблює все більшу кількість людей, акумулює значні фінансові, матеріальні та інтелектуальні ресурси, і поступово перетворюється на важливий елемент економіки. Прогнозування результатів спортивних змагань саме по собі є важливим завданням, складовою основи букмекерського бізнесу. Велика кількість любителів спортивних ігор типу футболу, хокею, баскетболу та інших, де між собою змагається пара команд, рано чи пізно проявляли інтерес до прогнозування їх виходу, займаючись цим систематично або нерегулярно, при цьому намагаючись не тільки довіряти своїй інтуїції, а й виробити якийсь алгоритм, що дозволяє правильно передбачити результат тієї чи іншої гри в максимальній кількості випадків, витрачаючи значну частку свого робочого часу на складання прогнозів.

Актуальність вирішення проблеми полягає у автоматизації прогнозування результатів футбольних змагань для оптимізації матеріальних затрат та затрат робочого часу. Статистичний прогноз футболу – це метод, який використовують в спортивних ставках, щоб передбачити результат матчу з футболу. Мета прогнозування полягає у тому, щоб перевершити прогнози букмекерів, які пропонують для споживачів свої прогнози на результат футбольних матчів.

Для обробки різноманітних статистичних даних по футбольним матчам було налагоджено віртуальний виділений сервер з налаштованою СУБД SQLite, передбачено можливість переходу на більш потужну СУБД PostgreSQL. Для наочного перегляду збережених статистичних даних та ймовірних результатів футбольних подій було розроблено і налагоджено веб-середовище за допомогою веб-фреймворку Bottle і ORM Peewee. Веб-сайт

дозволяє у реальному часі передивлятися і робити висновки щодо ефективності обраних методів на минулих матчах.

Найважливішим етапом прогнозування є формування набору значущих показників. Було сформульовано декілька різних гіпотез, для кожної з них значущими є певні характеристики з загального набору: результати останніх матчів кожної команди окремо, результати спільних матчів; рівень атаки і захисту; коефіцієнти букмекерів на перемогу домашньої чи гостьової команди, нічий, кількості голів; ліга, чемпіонат тощо). Наприклад, одна з найпростіших гіпотез, яка є складовою для комплексних гіпотез, базується тільки на атакуючих і захисних навичках обох команд, отриманих із статистичних джерел, і надає результати з двох непересічних множин – яка команда переможе (домашня чи гостьова) і чи буде забито принаймні один гол (рис. 1). Кожна гіпотеза представлена окремою сторінкою веб-сайту.

Soccer ANALYZER Start date: 01.09.2015 Completion date: 30.09.2015 Filters by predictions: ☒ P1 ☒ P2 ☒ Goal

18.09.2015

Kickoff	Match	League	% TO 1.5	% TO 2.5	Prediction	Odds	RP	Score
2015-09-18 11:30	Balestier Khalsa vs Geylang United	S-League (Singapore)	5 of 5 7 of 10 8 of 10	4 of 5 5 of 10 5 of 10	P1		0	2 : 2
2015-09-18 16:00	FK Jagodina vs Crvena Zvezda	Superliga (Serbia)	5 of 5 5 of 10 8 of 10	4 of 5 4 of 10 6 of 10	Goal		1	0 : 3
2015-09-18 16:00	FK Rostov vs Anzhi Makhachkala	Vushaya Liga (Russia)	3 of 5 7 of 10 8 of 10	1 of 5 4 of 10 4 of 10	P1		1	1 : 0
2015-09-18 16:00	Flora Tallinn vs JK Tammeka	Meistriliiga (Estonia)	5 of 5 7 of 10 7 of 10	4 of 5 6 of 10 6 of 10	P1		1	2 : 1
2015-09-18 16:00	NK Osijek vs NK Zagreb	1 HNL (Croatia)	2 of 5 8 of 10 8 of 10	2 of 5 7 of 10 5 of 10	Goal		0	0 : 0
2015-09-18 16:30	Karsiyakaspor vs 1461 Trabzon	TFF Lig A (Turkey)	3 of 4 8 of 10 6 of 10	1 of 4 5 of 10 5 of 10	Goal		1	2 : 3
2015-09-18 16:30	Liefering vs Austria Klagenfurt	Erste Liga (Austria)	1 of 1 9 of 10 8 of 10	1 of 1 9 of 10 4 of 10	Goal		1	4 : 1
2015-09-18 17:00	PFC Litex Lovech vs Cherno More Varna	A Grupa (Bulgaria)	4 of 5 7 of 10 6 of 10	3 of 5 3 of 10 4 of 10	Goal		1	1 : 0
2015-09-18 17:30	IK Frej vs AFC United	Superettan (Sweden)	0 of 1 9 of 10 8 of 10	0 of 1 4 of 10 6 of 10	P2		0	1 : 1
2015-09-18 18:00	Almere City FC vs MVV	Eerste Divisie (Netherlands)	3 of 5 9 of 10 7 of 10	3 of 5 8 of 10 6 of 10	Goal		1	0 : 3
2015-09-18 18:00	FC Bourg Peronnas vs Stade Brest	Ligue 2 (France)	1 of 1 9 of 10 7 of 10	1 of 1 6 of 10 5 of 10	Goal		1	3 : 1
2015-09-18 18:00	FC Metz vs AS Nancy	Ligue 2 (France)	2 of 5 7 of 10 7 of 10	2 of 5 4 of 10 6 of 10	P1		0	0 : 0
2015-09-18 18:00	NAC Breda vs FC Emmen	Eerste Divisie (Netherlands)	0 of 0 9 of 10 8 of 10	0 of 0 7 of 10 8 of 10	P1		0	2 : 2
2015-09-18 18:00	PSV Eindhoven (J) vs Sparta Rotterdam	Eerste Divisie (Netherlands)	4 of 4 9 of 10 10 of 10	2 of 4 6 of 10 6 of 10	P2		1	0 : 3
2015-09-18 18:25	Dundalk FC vs Drogheda Utd	Premier Division (Ireland)	4 of 5 8 of 10 8 of 10	3 of 5 6 of 10 4 of 10	P1		1	6 : 0
2015-09-18 18:30	Carmarthen Town vs Aberystwyth Town	Premier League (Wales)	4 of 5 6 of 10 10 of 10	4 of 5 6 of 10 10 of 10	Goal		1	0 : 3
2015-09-18 18:30	Lierse SK vs KFC Dessel Sport	Proximus League (Belgium)	0 of 0 8 of 10 9 of 10	0 of 0 5 of 10 5 of 10	Goal		1	3 : 1
2015-09-18 18:45	Bala Town vs Bangor City	Premier League (Wales)	4 of 5 8 of 10 9 of 10	4 of 5 6 of 10 6 of 10	P1		1	3 : 0
2015-09-18 18:45	Bohemian FC vs Longford Town	Premier Division (Ireland)	5 of 5 8 of 10 8 of 10	3 of 5 7 of 10 6 of 10	Goal		1	1 : 1
2015-09-18 18:45	Ipswich Town vs Birmingham City	Championship (England)	4 of 5 9 of 10 7 of 10	3 of 5 8 of 10 4 of 10	Goal		1	1 : 1
2015-09-18 18:45	St. Mirren FC vs Raith Rovers	Championship (Scotland)	0 of 0 8 of 10 7 of 10	0 of 0 6 of 10 5 of 10	Goal		1	1 : 2
2015-09-18 19:00	AS Livorno vs Brescia Calcio	Serie B (Italy)	3 of 5 10 of 10 8 of 10	3 of 5 4 of 10 7 of 10	Goal		1	3 : 1
2015-09-18 23:00	Kansas City Wizards vs FC Dallas	Major League Soccer (United States)	5 of 5 9 of 10 9 of 10	4 of 5 8 of 10 6 of 10	P2		0	3 : 1
2015-09-18 23:30	Milton SC vs SC Waterloo	Soccer League (Canada)	1 of 1 9 of 10 9 of 10	0 of 1 5 of 10 8 of 10	P2		0	1 : 0

Рис. 1. Гіпотеза V0

1. **Dobson S., Goddard J.** The Economics of Football. 2nd ed. Cambridge University Press.
2. **El-Hodiri M., Quirk J.** An economic model of a professional sports league. Journal of Political Economy, 79, 1302-1319.

СЕГМЕНТАЦИЯ ПОЛУТОНОВЫХ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ НЕЧЕТКОЙ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

¹Ахметшина Л.Г., akhmlu@mail.ru, ¹Егоров А.А., egorov@mayak.dp.ua,

²Ахметшин К.А., netnika89@mail.ru

¹Днепропетровский национальный университет им.О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

²ГВУЗ «НГУ»

Введение. Одним из наиболее сложных этапов при решении прикладных задач, связанных с обработкой изображений, является их сегментация. Различие характеристик анализируемых изображений и преследуемых целей, отсутствие объективных оценок качества изображения приводит к сложности выбора необходимого алгоритма. В настоящее время особый интерес представляет использование нейро-фаззи технологий. Однако, многомерность нечеткой функции принадлежности и неоднозначность выполнения процедуры дефаззификации являются ключевыми проблемами, решение которых определяет информативность конечного результата. В работе [1] предлагается метод сегментации на основе нечеткой кластеризации с применением сети Кохонена.

Постановка задачи. В работе предлагается применение метода ортогонализации при сегментации однопараметрового слабоконтрастного изображения на основе нейро-фаззи подхода.

Решение задачи. Алгоритм предложенного метода сегментации:

1. Расширение пространства входных признаков – синтез 8-ми дополнительных изображений на основе яркостей ближайших соседей.
2. Сингулярное разложение полученного ансамбля и вычисление коэффициентов C на основе матрицы правых сингулярных векторов V_s :

$$C_i = \left(\left| \sum_{j=1}^c (V_s)_{i,j} \right| + \left| \sum_{j=1}^c (V_s)_{j,i} \right| \right) / 2, i \in [1, c]. \quad (1)$$

3. Взвешивание (с помощью умножения) матрицы левых сингулярных векторов I_s с использованием вектора C .

4. Масштабирование полученной матрицы I_s^1 на отрезок $[0,1]$.
5. Нечеткая кластеризация матрицы I_s^1 .
6. Сингулярное разложение нечеткой функции принадлежности U и формирование коэффициентов C по формуле (1).
7. Выполнение шагов 3, 4 для матрицы левых сингулярных векторов U_s .
8. Обучение сети Кохонена для матрицы U_s^1 , полученной после предыдущего шага 6.
9. Визуализация результатов кластеризации картой Кохонена.

Экспериментальные результаты представлены на примере сегментации слабоконтрастного медицинского изображения (рис. 1 а – томограмма мозга). Цель – выделение области влияния гематомы (указана стрелкой). Результаты применения предложенного алгоритма (рис. 1. б, в) демонстрируют улучшение выделения объекта интереса при взвешивании матрицы левых сингулярных векторов (п. 3, 4 и 7).

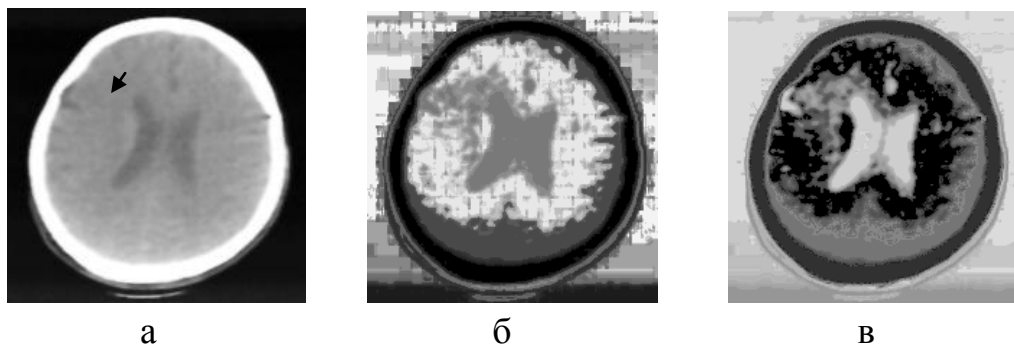


Рис. 1. Сегментация томограммы: а – исходное изображение; применение предложенного алгоритма: б – без взвешивания матрицы левых сингулярных векторов и в – с взвешиванием

Литература

1. Ахметшина Л.Г. Модификация метода нечеткой кластеризации на основе динамического преобразования функции принадлежности / Л.Г. Ахметшина, А.А. Егоров // Питание прикладної математики і математичного моделювання. – 2007. – С. 3–9.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ АККУМУЛИРУЮЩЕГО БУНКЕРА

Бабенко Ю.В., Михалёв А.И.

JULIA9389@UKR.NET

Национальная металлургическая академия Украины

Одним из основных звеньев систем подземного конвейерного транспорта (СПКТ) угольных шахт являются аккумулярующие бункеры. Они предназначены для обеспечения независимой работы смежных технологических звеньев транспорта в периоды их аварийных отказов в работе или остановок по той или иной причине, а также для уменьшения влияния простоев конвейерных линий на работу очистных и подготовительных забоев. Применение аккумулярующих бункеров в СПКТ позволяет значительно повысить пропускную способность и надежность работы всей СПКТ.

Целью данной работы является разработка математической и имитационной моделей функционирования аккумулярующего бункера. Имитационная модель позволит не только проследить за поведением аккумулярующего бункера в различных, в том числе и аварийных условиях, но и исследовать влияние его параметров на эффективность его работы.

Для построения математической модели аккумулярующего бункера и для нахождения средней величины выходного грузопотока рассмотрен граф состояний этой системы. На его основании составлена система уравнения Колмогорова-Чепмена для вероятностей нахождения системы в каждом из состояний [1]. Решая данную систему, получено выражение для вычисления средней пропускной способности аккумулярующего бункера.

Путем анализа результатов, полученных в [2], и сравнения результатов расчетов пропускной способности аккумулярующего бункера были построены графики зависимостей средней пропускной способности аккумулярующего бункера от объема бункера и скорости питателя.

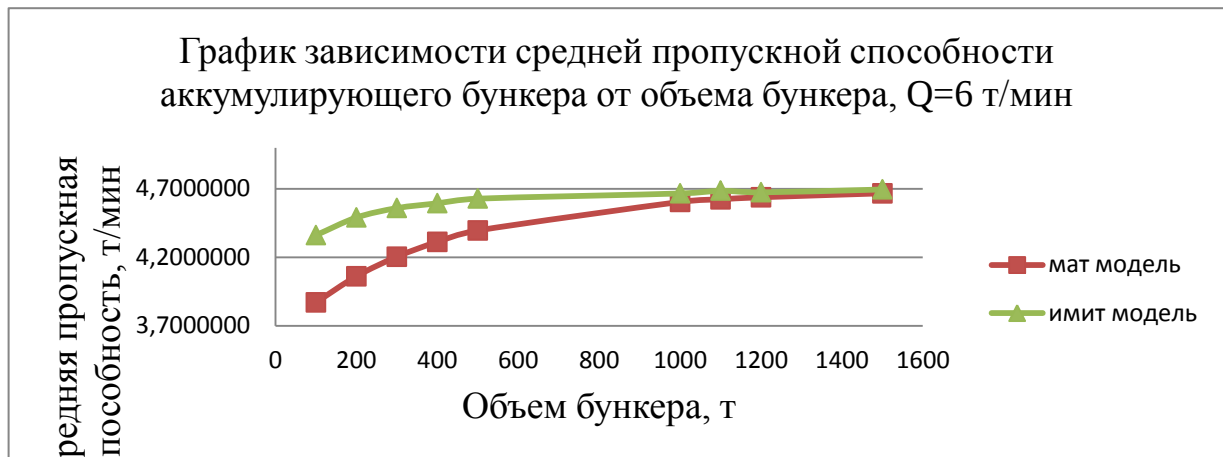


Рисунок 1 – Результаты расчета средней пропускной способности при скорости питателя равной 6 т/мин

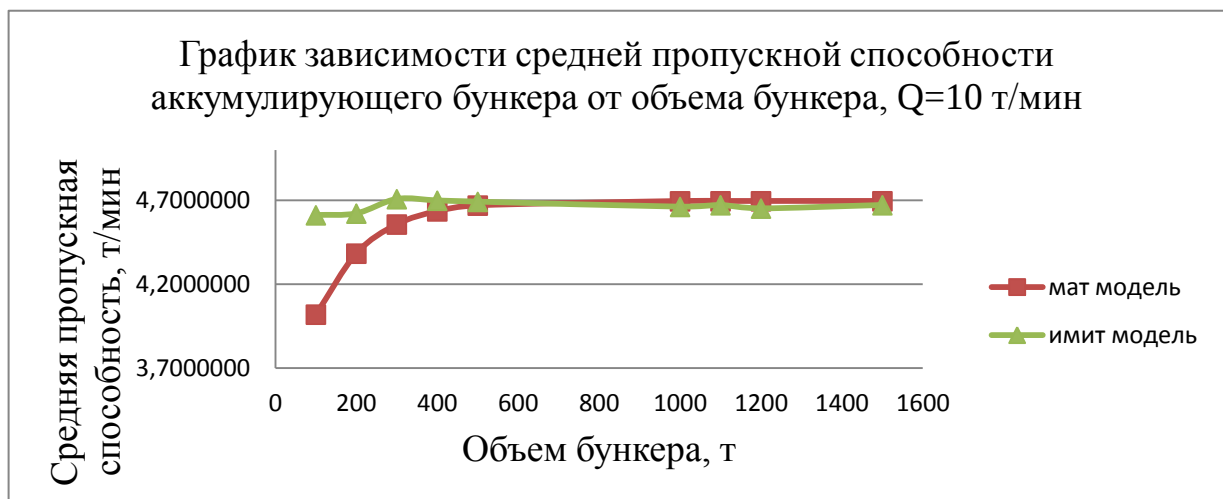


Рисунок 2 – Результаты расчета средней пропускной способности при скорости питателя равной 10 т/мин

В результате исследований можно сделать вывод, что значения полученный имитационной и математической моделями отличаются в пределах 10%. При увеличении объема аккумулирующего бункера свыше 1000 т значение средней пропускной способности для этих моделей практически совпадает.

Список литературы

1. Черкесов Г. Н. Надежность технических систем с временной избыточностью / Г. Н. Черкесов. – М.: Советское радио, 1974. – 296 с.
2. Бабенко Ю.В. Імітаційне моделювання роботи акумулюючого бункера систем підземного конвеєрного транспорту / Матеріали 1 науково-технічної конференції «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем». Дніпропетровськ, 2015. с. 71-72.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СКЕЛЕТУ РУКИ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ СТІЙКО РОЗДІЛЬНИХ КОНФІГУРАЦІЙ ПРИ АЛЬТЕРНАТИВНІЙ КОМУНІКАЦІЇ

Багрій¹ Р.О., Бармак¹ О.В., Крак² Ю.В., barmak@svitonline.com

¹*Хмельницький національний університет*

²*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Сучасний розвиток засобів обчислювальної техніки та інформаційних технологій з однієї сторони та існування у суспільстві груп людей з обмеженими можливостями для спілкування (з вадами слуху, з щелепо-лицьовими травмами, після інсультів тощо) спонукає до досліджень альтернативних засобів комунікації для таких людей. На сьогоднішній день у світі діє, ще недостатньо відома в Україні, концепція альтернативної та додаткової комунікації (Augmentative and Alternative Communication – ААС)[1]. Співтовариство фахівців, користувачів та виробників ААС вже більш ніж 30 років як створило напрям та самостійну область міждисциплінарного знання. Активним розвитком концепція завдячує ідеям інклюзії – включення людей з обмеженими можливостями життєдіяльності у загал. ААС використовує цілий спектр різноманітних засобів, що допомагають людям висловлювати свої думки і ефективно спілкуватися. Сучасні засоби ААС подані, в тому числі, і багатофункціональними засобами комунікації на основі складних технічних пристроїв: сенсорні екрани, синтезатори мови тощо.

У рамках зазначеного напрямку, актуальними є дослідження технологій предиктивного введення тексту (Predictive text) [2]. Їх суть полягає у використанні меншої кількості (відносно загального числа букв) керуючих дій з наступною інтелектуалізацією для повноцінного введення тексту.

Запропоновано дослідити модель скелета руки людини з метою визначення стійких до розділення груп ознак скелета, за допомогою яких можна визначити мінімальний набір конфігурацій руки для реалізації технологій введення тексту. За базовий пристрій дослідження скелету

запропоновано використовувати Leap Motion [3], при цьому маємо на увазі, що існуючі пристрої слідкування за рукою (включаючи і відео зйомку) добре моделюють конфігурацію руки тільки коли силует руки та всі його пальці чітко видимі. Це обмеження суттєво звужує набір дактильних знаків жестової мови глухих[4], для яких будуть правильно будуватися моделі руки.

Для дослідження проведена кластеризація набору даних для конфігурації дактильної абетки. Для кожного класу, було записано 200-250 зразків. Загальний об'єм даних склав більше чим 6000 зразків. Отримані кластери умовно можна розбити на декілька груп, у яких елементи класу належать:

- 1) одному кластеру і не містять елементи інших конфігурацій;
- 2) декільком кластерам і не містять елементи інших конфігурацій;
- 3) одному кластеру, який містить незначну кількість елементів інших конфігурацій;
- 4) різним кластерам або в кластері містяться елементи різних конфігурацій в рівній мірі.

Конфігурації, що входять у перші три групи, мають високу точність та повноту кластеризації, що дозволяє судити про те, що вони будуть стійко ідентифікуватися. Основними параметрами цих конфігурацій є положення пальців (зігнуті / розігнуті). Всього таких конфігурацій отримано 12.

1. Augmentative and Alternative Communication (AAC) – <http://www.asha.org/AAC/>
2. Dartmelk J. Txyonyms. – University College London: Centre for Mathematics and Physics in the Life Sciences and Experimental Biology. – 2013.
3. Leap Motion |Mac&PC Motion Controller for Games, Design, & More <https://www.leapmotion.com/>
4. Брамак О.В. Інформаційна технологія для класифікації слабо роздільних елементів дактильної абетки жестової мови / О.В.Брмак, Ю.В. Крак / Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Серія фізико-математичні науки. – 2015. - №3. С. 31-34

МЕТОДЫ ТОЧНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

Базилевич Ю. Н., bazilevich@yandex.ru

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Рассматривается объединение различных подходов к проблеме точной декомпозиции линейных математических моделей. Используются такие преобразования системы уравнений, при которых ничего не отбрасывается и никакие величины не заменяются приближёнными.

Для разделения уравнений на независимые подсистемы используется «Метод коммутирующей матрицы», предназначенный для одновременного приведения нескольких заданных матриц к одинаковому блочно-диагональному виду с помощью преобразования подобия (см. библиографический комментарий в [1]). Для различных систем уравнений, описываемых несколькими матрицами коэффициентов, составлены вспомогательные квадратные матрицы так, что приведение квадратных матриц к блочно-диагональному виду соответствует разделению исходных уравнений на подсистемы. Доказано, что последовательность таких приведений позволяет получить максимально возможное количество независимых подсистем. Доказана единственность (в определенном смысле) такого расщепления. На первом этапе решения задач декомпозиции используется информация о симметрии расчетной схемы данной физической системы с помощью методов теории групп.

Иерархическая декомпозиция соответствует приведению одним преобразованием нескольких матриц коэффициентов к блочно-треугольному виду. Для этого разработан «Метод инвариантного подпространства» [1, 2]. Первый шаг метода — построение алгебры с единицей $\varphi(B_v)$, порожденной данными матрицами $\{B_v\}$ порядка n . Если эта алгебра не совпадает с полной матричной алгеброй $M_n(\mathbb{C})$, и невозможно приведение матриц к блочно-диагональному виду, то выполняются следующие шаги: построение радикала алгебры и нахождение Z -множества — пересечения ядер элементов радикала

алгебры $\varphi(B_v)$. Искомую матрицу преобразования подобия формируем из векторов базисов Z -множества и подпространства, являющегося прямым дополнением к нему. Располагаем векторы в качестве столбцов.

Рассмотрены главные координаты существенно неконсервативных колебательных систем. Рассмотрены формы колебаний таких систем с наименьшим запасом устойчивости. Получены результаты по определению области притяжения решения, по оптимизации систем с точки зрения устойчивости движения.

Выполнены расчеты по декомпозиции уравнений, предназначенных для исследования устойчивости движения высокоскоростных рельсовых экипажей. Показано, как существенно неконсервативные силы сужают группу симметрии системы. Используется сочетание методов теории групп и метода коммутирующей матрицы.

Выполнено расщепление уравнений движения экипажа высокоскоростного наземного транспорта (ВСНТ) на электромагнитном подвешивании с четырьмя тележками. При исследовании устойчивости движения этого экипажа принимаются во внимание следующие переменные: смещения, углы поворота кузова и тележек, боковые отсылы магнитов, величины токов в электромагнитах. В результате расчетов получено, что система уравнений 78-ого порядка распадается на четыре подсистемы, имеющие порядки 12, 12, 28 и 26.

Проведен анализ матричной модели стоимостного баланса. При этом собственные векторы матрицы полных затрат рассматриваются как некоторые комплексы производств, а собственные числа как “коэффициенты полезного действия” комплексов. Рассмотрено также разделение на блоки матричных макроэкономических моделей, описывающих межотраслевой баланс с помощью нескольких матриц.

1. **Базилевич Ю. Н.** Численные методы декомпозиции в линейных задачах механики / Ю. Н. Базилевич. — Киев: Наук. думка, 1987.
2. **Bazilevich Yu. N.** The Simultaneous Reduction of Matrices to the Block-Triangular Form / Yu. N. Bazilevich // Physics Journal. — 2015. Vol. 1, No. 2, pp. 54—61 <http://files.aiscience.org/journal/article/html/70400061.html>

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ МЕДИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ХВОРИХ ПРИ ПОСТАНОВЦІ ДІАГНОЗУ

Байбуз О.Г., Сидорова М.Г., Долгишев В.С.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Мета роботи полягала в розробці інформаційної технології аналізу даних медичного обстеження хворих при постановці діагнозу, представлених у вигляді матриці дійсних чисел $X = \{x_{ij}; i = \overline{1, N}, j = \overline{1, p}\}$, де N – кількість об'єктів, кожен об'єкт характеризується набором з p ознак, x_{ij} – значення j -ї ознаки, що спостерігається в i -го об'єкта, дійсне число.

Запропоновано інформаційну технологію автоматизованої обробки даних медичного обстеження, ядро якої складають:

- процедури відбору інформативних ознак та стандартизації;
- процедури первинного статистичного аналізу; відтворення розподілів нормального та сплайн-нормального з одним вузлом склеювання; критеріїв згоди Колмогорова і Пірсона;
- процедури кластерного аналізу: на основі ієрархічного агломеративного метода, швидких ієрархічних методів, методів К-середніх у варіантах Болла-Холла та Мак-Кіна. При цьому для кластеризації запропоновані 3 типи метрик: евклідова, манхеттенська, Чебишева;
- для перевірки якості розбиття запропоновані функціонали якості, а саме сума внутрішньокластерних дисперсій за всіма ознаками, сума квадратів відстаней до центрів класів, сума внутрішньокластерних відстаней, відношення середньої внутрішньокластерної і середньої міжкластерної відстаней.

Запропонована технологія апробована на даних медичного обстеження хворих на хронічну серцеву недостатність ішемічного походження І-ІІ функціонального класу, отриманих за допомогою Допплер Ехокардіографії.

ЗАСТОСУВАННЯ АНСАМБЛЕВОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ

Байбуз О.Г., Сидорова М.Г., Полонська А.Є.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Застосування ансамблів алгоритмів у кластерному аналізі є досить актуальним напрямом досліджень. Оскільки на основі даного підходу може бути вирішено багато задач, таких як підвищення точності та стійкості результатів, зменшення простору ознак, кластеризація різнотипних даних, розпаралелювання обчислень, та ін.

Метою роботи було провести огляд існуючих підходів застосування ансамблів алгоритмів у кластерному аналізі та запропонувати інформаційну технологію підвищення стійкості результатів кластерного аналізу даних медичного обстеження пацієнтів, хворих на серцеву недостатність.

Досліджувалися дані, представлені у вигляді матриці $X = \{x_{ij}; i = \overline{1, N}, j = \overline{1, p}\}$, де N – кількість пацієнтів, p – кількість досліджуваних ознак, x_{ij} – значення j -ї ознаки, що спостерігається в i -го пацієнта, дійсне число.

Запропонована технологія складається з наступних етапів.

1. *Попередня обробка даних.* Перш ніж застосовувати алгоритми кластерного аналізу, для підвищення їх точності необхідно провести попередню обробку даних, що полягає у відборі інформативних ознак та стандартизації даних.

2. *Визначення набору індивідуальних розв'язків задачі кластеризації.* Застосовуючи різні методи кластерного аналізу до вихідних даних, отримуємо набір угруповань (індивідуальних розв'язків) $G = \{G_1, G_2, \dots, G_T\}$.

3. *Оцінка якості отриманих результатів.* Для виключення з подальшого аналізу неякісних розв'язків застосовуємо функціонали та індекси якості, які дозволяють порівнювати отримані різними методами розбиття. Для

отримання багатокритеріальної оцінки якості пропонується застосовувати колективні методів прийняття рішень, наприклад Борда, Коупленда та ін.

4. *Побудова ансамблю алгоритмів.* Для визначення стійкого угруповання об'єднуємо результати індивідуальних кластеризацій, отримані різними методами або при різних значеннях параметрів, у ансамбль на основі матричного підходу, який складається з двох етапів: агрегування результатів у матрицю узгодженості $S = \{s_{ij}\}; i, j = \overline{1, N}$ та визначення результуючого розбиття на її основі.

5. *Визначення результуючого розв'язку.* Підсумкове розбиття $G' = \{g_1, g_2, \dots, g_{K'}\}, \bigcup_{i=1}^{K'} g_i = X, g_i \cap g_j = \emptyset, i, j = \overline{1, K'}, i \neq j$ можна отримати, застосовуючи до матриці S алгоритми кластерного аналізу, які в якості вихідної інформації використовують матрицю відстаней між об'єктами (наприклад, ієрархічні або графові методи).

Для більш детального аналізу кластерної структури досліджуваних даних пропонується отримати нечітке розбиття, тобто коли кожен об'єкт відноситься до кожного кластеру з певним ступенем приналежності

$\mu_{li} \in [0, 1], i = \overline{1, N}, l = \overline{1, K'}, \sum_{l=1}^{K'} \mu_{li} = 1$, застосовуючи до матриці S нечіткі

методи кластерного аналізу, наприклад, Уіндхема, Дева-Сена.

Запропонована технологія була застосована до даних медичного обстеження хворих на хронічну серцеву недостатність. Досліджувані дані були отримані за допомогою Допплер Ехокардіографії та зібрані в Українському державному науково-дослідному інституті медико-соціальних проблем інвалідності. Метою аналізу було розподілення пацієнтів на п'ять груп, що відповідають стадіям серцевої недостатності та відсутності хвороби.

Отримані результати показали, що застосовуючи ансамблевий підхід, ми зменшуємо ризик отримання неякісного розбиття в умовах невизначеності.

ЗАДАЧІ АПРІОРНОГО СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНИХ КЕРУВАНЬ ДЛЯ ВИРОДЖЕНИХ ПАРАБОЛІЧНИХ РІВНЯНЬ

Баланенко І.Г., igb2008@i.ua

Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

Основним об'єктом досліджень виступає задача оптимального керування виродженим параболічним рівнянням

$$\rho(x)\dot{y} - v \operatorname{div}(\rho(x)\nabla y) = f(t, x) + p(t, x)$$

з крайовими умовами Діріхле на межі області за умови, що апріорі задана структура керування у формі оберненого зв'язку

$$p(t, x) = \sum_{j=1}^M u_j(t) \mathcal{M}_j(t)$$

де $\mathcal{M}_j: W_0^{1,2}(\Omega, \rho dx) \rightarrow (W_0^{1,2}(\Omega, \rho dx))^*$ - лінійні неперервні оператори, а функції $u = [u_1, \dots, u_M]^T \in L^2(0, T)^M$ підлягають визначенню.

Характерною рисою вироджених параболічних рівнянь та пов'язаних із ними початково-крайових задач є той факт, що проблема їх розв'язності суттєво залежить від властивостей вагової функції ρ .

Оскільки простір фінітних функцій $C_0^\infty(\Omega)$ не є в загальному випадку щільним у $W_0^{1,2}(\Omega, \rho dx)$, то це породжує суттєві труднощі в обґрунтуванні проблеми єдиності слабких розв'язків таких задач та отриманні відповідних апріорних оцінок для них. Показано, що таке обґрунтування стає можливим, якщо вагову функцію ρ взяти з класу функцій потенціального типу. В результаті, залучивши нерівність типу Харді-Пуанкаре та умови компактності для операторів $\mathcal{M}_j$, встановлено, що задача апріорного синтезу оптимального керування для вихідного виродженого параболічного рівняння має єдиний оптимальний розв'язок у вагових просторах Соболева. Для цього розв'язку отримано та обґрунтовано апріорні оцінки.

Також у роботі розглянуто геометричне узагальнення задачі оптимального керування з апріорі заданою структурою оберненого зв'язку, яке полягає в тому, що оператори $\mathcal{M}_j$ обираються у вигляді

$$\mathcal{M}_j(\phi) = c\sqrt{\rho(x)} \int_{B(b_j, r)} \phi(s) \sqrt{\rho(s)} ds, \quad \forall \phi \in W_0^{1,2}(\Omega, \rho dx),$$

де центри b_j "позиціонування" куль $B(b_j, r)$ вважають невідомими і вони підлягають визначенню. Показано, що така задача має розв'язок за умови, що примежовий шар множини Ω є недопустимим для вибору точок b_j .

Література

1. Vazquez J. L. The Hardy inequality and the asymptotic behaviour of the heat equation with an inverse-square potential / J. L. Vazquez, E. Zuazua // J. of Functional Analysis – 2000 – Vol 173 – P 103-153.
2. Баланенко І. Г. Про одну задачу оптимального керування для виродженого параболічного рівняння / І. Г. Баланенко, П. І. Когут // Вісник ДНУ. Серія: Моделювання.-Д. : Вид-во ДНУ. – 2013, Вип.5, № 8. – С. 47-61.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ У НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

Бармак¹ О.В., Крак² Ю.В., Мазурець¹ О.В., yuri.krak@gmail.com

¹Хмельницький національний університет

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Тести на сучасному етапі є загальноприйнятим методом контролю рівня отриманих знань як у дистанційній освіті, так і в інших формах навчання. Автоматизація процесу розробки тестових завдань дозволяє суттєво розширити спектр застосування й якості тестового матеріалу. Для досягнення цієї мети основним завданням є автоматизований пошук ключових термінів у контенті матеріалу, що вивчається, оскільки саме терміни є семантичними об'єктами вивчення та перевірки.

Знайдені терміни є базовими вузлами для автоматизованої побудови семантичних конструкцій, що використовуються для формування контенту тестових завдань. Метод генерації тестових завдань (параметризовані тести, семантичні мережі, понятійно-тезова модель) визначає спосіб формування контенту тестових завдань на основі одержаного переліку термінів навчального матеріалу.

Задачу автоматизації визначення семантичних термінів у контенті навчальних матеріалів пропонується вирішувати шляхом використання розробленої інформаційної технології, яка включає наступні етапи перетворення інформації:

- попередня технічна обробка тексту, що полягає в усуненні неоднозначного іменування термінів та обробці розділових знаків;
- пошук ключових слів у контенті навчального матеріалу методом на базі дисперсійного оцінювання й формування вихідної множини ключових слів;
- пошук неперервних скупчень важливих слів та їх аналіз з метою формування вихідної множини ключових словосполучень;

– заміщення словосполученнями слів, які є елементами словосполучень й формування вихідної множини термінів.

Вхідними даними для інформаційної технології є контент навчальних матеріалів або його визначена частина; вихідними даними є ранжована множина семантичних термінів навчальних матеріалів.

З метою перевірки ефективності розробленої інформаційної технології було проведене порівняння результату автоматизованого визначення ключових семантичних термінів із переліком, сформованим експертом (автором відповідних матеріалів).

Аналіз отриманих результатів виявив, що відсутність програмно визначених термінів у множині автора не завжди характеризує недолік запропонованої технології. Деякі семантично важливі терміни автори суб'єктивно ігнорують, в той час як іншу категорію складають поняття, на яких автори акцентують надмірну увагу попри їх другорядність в рамках матеріалу, що викладається. Тому для різносторонньої оцінки результатів дослідження слід розглядати не тільки терміни із множини експерта, що не були знайдені програмно, а й автоматично знайдені терміни, які не увійшли до множини експерта.

В рамках дослідження розробленим тестовим програмним забезпеченням було оброблено вибірку з 30 лекцій із різних навчальних курсів. Практичне тестування розробленої інформаційної технології виявило її середню ефективність 87,3%, показавши при цьому мінімальну ефективність 65,1% та максимальну – 100%.

Висока ефективність запропонованої технології надає підставу до її практичного застосування у вирішенні ряду актуальних задач, зокрема: оцінка відповідності навчальних матеріалів змістовим вимогам; оцінка відповідності наборів тестових завдань навчальним матеріалам; автоматизована генерація переліків ключових термінів та анотацій; автоматизоване формування тестових завдань та ін.

ЧИСЛЕННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗА АЭРОИОННОГО РЕЖИМА В ПОМЕЩЕНИЯХ

Беляев Н. Н.¹, gidravlika2013@mail.ru,
Цыганкова С. Г.², s-tsygankova@mail.ru

¹ *Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна*

² *ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»*

В случае применения искусственной ионизации для обеспечения необходимого качественного состава воздушной среды в офисных и производственных помещениях возникает необходимость рассчитывать концентрационные поля аэроионов в помещении [1–3]. Для решения подобных задач требуется разработка специальных методов расчета, позволяющих с достаточной точностью и оперативностью определять концентрацию аэроионов в помещениях и их рабочих зонах.

В настоящее время в Украине существует определенный дефицит расчетных методов, которые можно было бы применить для прогноза аэроионного режима в рабочих и офисных помещениях. В работе рассмотрены численные модели, позволяющие в режиме реального времени выполнить прогноз концентрации аэроионов в помещениях при искусственной ионизации воздуха. Разработаны две численные модели. В основу первой модели положены уравнения аэродинамики, электростатики и массопереноса. Расчет скорости движения воздушных потоков в помещении осуществляется на основе модели потенциального течения, для этого используется уравнение Лапласа для функции тока. Для расчета дрейфа заряженных частиц под действием электрического поля используется уравнение Пуассона для электрического потенциала. Модель включает три уравнения переноса, которые описывают рассеивание отрицательных, положительных ионов и пыли в помещении и рабочей зоне [1, 2, 4, 6]. Уравнение массопереноса учитывает взаимодействие ионов различной полярности друг с другом и с частицами пыли.

Для численного интегрирования уравнений массопереноса используется неявная попеременно-треугольная разностная схема. Для численного интегрирования уравнений Лапласа и Пуассона применяется метод Либмана. Для формирования вида расчетной области (задание в дискретной модели мебели, оборудования и т.д.) используется метод маркирования.

Вторая модель представляет собой численную реализацию системы уравнений Мауа Y. S. [5]. Данные уравнения представляют собой балансовые соотношения для определения концентрации отрицательных, положительных аэроионов и пыли в помещении. Уравнения учитывают взаимодействие аэроионов различной полярности, их взаимодействие с частицами пыли, режим вентилирования помещения и интенсивность эмиссии отрицательных, положительных ионов и пыли в помещении. Для численного интегрирования уравнений [5] применяется метод Эйлера.

Представлены результаты вычислительных экспериментов, проведенных на базе разработанных численных моделей.

Библиографические ссылки

1. **Беляев Н.Н.** Математическое моделирование аэроионного режима в помещении при искусственной ионизации воздуха / Н.Н. Беляев, С.Г. Цыганкова // Сборник научных трудов: «Строительство, материаловедение, машиностроение». Серия: «Безопасность жизнедеятельности». – 2015. – Вып. 83. – С. 40–46.
2. **Беляев Н. Н.** Оценка аэроионного режима в рабочих зонах на базе CFD модели / Н.Н. Беляев, С.Г. Цыганкова // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2015. - №46. – С. 168–173.
3. **Запорожец О. І.** Принципи моделювання динаміки аероіонного складу повітря у приміщеннях / О. І. Запорожец, В. А. Глива, О. В. Сидоров // Вісник національного авіаційного університету. – 2011. – №2. – С.120–124.
4. **Fletcher L.A.** Air ion behavior in ventilated rooms. / L.A. Fletcher, C.J. Noakes, P.A. Sleight, C.B. Beggs, S.J. Shepherd // Indoor and Built Environment, 17 (2)., 2008. – pp. 173-182.
5. **Mayya Y. S.** Aerosol removal by unipolar ionization in indoor environments. / Y.S. Mayya, B.K. Sapra, A. Khan, F. Sunny // Journal of Aerosol Science. Vol 35, 2004. – pp. 923-941
6. **Noakes C.J.** Modelling the air cleaning performance of negative air ionisers in ventilated rooms / C.J. Noakes, P.A. Sleight, C. Beggs // Proceedings of the 10th International Conference on Air Distribution in Rooms. – Roomvent 2007, 13 -15 June 2007, Helsinki.

ON COMBINING CLASSIFIERS IN OVARIAN CANCER DETECTION PROBLEM

Blyuss O.¹, o.blyuss@ucl.ac.uk, **Shevchenko T.**², shevchenko.tatyana.85@mail.ru

¹ *Institute for Women's Health, University College London, UK*

² *Oles Honchar Dnepropetrovsk National University, Ukraine*

Nowadays the concept of combining classifiers is very prospective in cancer detection problems [1; 2]. The idea is that if there are algorithms, which are non-comparable in the sense that they detect cancer correctly in different subsets of the set of cases, than their incorporation in ensembles may improve the quality of the classification. This approach is based on the Condorcet' jury theorem, stating that if a group wishes to reach a decision by majority vote and each voter has independent probability $p > 1/2$ of voting for the correct decision, then adding more voters increases the probability that the majority decision is correct. Many approaches to constructing the ensembles of classifiers have been proposed, such as boosting, bagging, etc.

In the ovarian cancer detection problem, where serial measurements of biomarkers are analyzed, some longitudinal analysis algorithms are also non-comparable in the same sense. This leads to the necessity of trying different classifiers combining techniques, such as those above and some others based on considering the outcome of the algorithms as the opinion of the expert. We hope this approach will help to increase the sensitivity of cancer detection with leaving the specificity at the clinically substantiated level.

1. **Sboner A.** A multiple classifier system for early melanoma diagnosis / Sboner A., Eccher C., Blanzieri E., etc. // *Artificial Intelligence in Medicine*. – 2003. – 27. – 29-44 pp.

2. **Choon Tan A.** Ensemble machine learning on gene expression data for cancer classification / Choon Tan A., Gilbert D. // *Proceedings of New Zealand Bioinformatics Conference, Wellington, New Zealand*. – 2003.

ПРО ІСНУВАННЯ РОЗВ'ЯЗКІВ В ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ ЕЛІПТИЧНИХ ВАРІАЦІЙНИХ НЕРІВНОСТЕЙ

Богомаз В.М., Богомаз О.В., wbogomas@i.ua, Нечай І.В.

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна*

Математичними моделями багатьох прикладних задач механіки є варіаційні нерівності, особливе місце серед яких займають еліптичні, що описують стаціонарні процеси.

В роботі розглядається задача оптимального керування в коефіцієнтах еліптичних варіаційних нерівностей з умовами Неймана на межі n - вимірної області Ω наступного типу:

$$\begin{aligned} L(U, y) &= \int_{\Omega} |y(x) - z_0(x)|^p dx \rightarrow \inf, \\ U &\in L^{\infty}(\Omega; R^{N \times N}), U \in M_{\alpha}^{\beta}(\Omega), y \in K \subset W^{1,p}(\Omega), \\ \langle -\operatorname{div}(U(x) \nabla y) + y, v - y \rangle_{W^{1,p}(\Omega)} &\geq \langle f, v - y \rangle_{W^{1,p}(\Omega)}, \forall v \in K, \\ \left. \frac{\partial y}{\partial \nu_B} \right|_{\partial \Omega} &= g, \end{aligned}$$

де $f \in L^q(\Omega)$ - фіксована функція, $z_0 \in L^p(\Omega)$ - задане розподілення, g - задане розподілення з простору, дуального до простору слідів функцій з $W^{1,p}(\Omega)$, $\frac{\partial y}{\partial \nu_B} = \sum_{i,j=1}^n U_{ij}(x) \frac{\partial y}{\partial x_j} \nu_i$, ν - вектор зовнішньої нормалі до межі області $\partial \Omega$.

Керуваннями виступають коефіцієнти $U(x)$ в головній частині оператора. Як показав Ф. Мюра, такі задачі в загальному випадку не мають навіть слабких розв'язків. Це пов'язано з тим, що множина допустимих пар (U, y) не буде замкненою у відповідній топології добутку просторів $L^{\infty}(\Omega; R^{N \times N}) \times W^{1,p}(\Omega)$. Для регуляризації таких задач запропоновано перехід до так званих узагальнено соленоїдальних керувань, які є регулярнішими за керування з простору $L^{\infty}(\Omega; R^{N \times N})$, проте вони не обов'язково є елементами простору $W^{1,q}(\Omega; R^{N \times N})$.

Використовуючи методи варіаційного числення та лему про компенсовану компактність Тартара, отримані умови, які гарантують розв'язність задачі оптимального керування в коефіцієнтах еліптичних варіаційних нерівностей з умовами Неймана на межі області на класі узагальнених соленоїдальних керувань.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РЕГУЛЯРИЗАЦІЇ ТИХОНОВА В ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧАВУНУ ТА ШЛАКУ

¹Бойко Л.Т., ²Тогобицька Д.М.
ltboyko@gmail.com

¹Дніпропетровський національний університет ім.О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

²Інститут чорної металургії імені З.І. Некрасова НАН України

Задача прогнозування властивостей чавуну та шлаку в залежності від складу шихти є актуальною в сучасному доменному процесі [1].

Математичне моделювання цих залежностей дозволило встановити параметри, які характеризують зв'язок між складом шихти та властивостями шлаку. Встановлені параметри дають можливість за відомими масами кожного з матеріалів шихти та їхнім хімічним складом розрахувати прогнозу загальну масу та хімічний склад продуктів плавки (чавуну та шлаку), тобто розв'язати пряму задачу. Однак, виробничників цікавить також обернена задача: як скомпонувати маси шихтових матеріалів, що мають конкретний хімічний склад, для забезпечення потрібних фізико-хімічних властивостей чавуну та шлаку.

Для розв'язування оберненої задачі був розроблений алгоритм, який дозволив звести задачу до розв'язування системи лінійних алгебраїчних рівнянь у некоректній постановці. Остання задача розв'язувалася методом регуляризації Тихонова [2].

Програмна реалізація розробленого алгоритму допомагає технологу в режимі діалогу з програмою, за рекомендаціями цієї програми прийняти необхідні практичні рішення щодо змін в процесі виплавки чавуну [3].

Бібліографічні посилання

1. **Тогобицька Д.Н.** Алгоритмические и программные средства системы контроля и управления шлаковым режимом доменной плавки / Д. Н. Тогобицька, А. И. Белькова, А. Ю. Гринько, Д. А. Степаненко // Системные технологии. Региональный сб. науч. тр. – Д., 2013. – Вып. 3(86). – С. 9-14.
2. **Тихонов А. Н.** Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Наука, 1979. – 288 с.
3. **Бойко Л.Т.** Програмна система підтримки прийняття рішень у задачі вибору складу доменної шихти, який забезпечує раціональний шлаковий режим / Л. Т. Бойко, Д. М. Тогобицька, А. І. Белькова, В. М. Промішлянська // Питання прикладної математики і математичного моделювання: зб. наук. пр. Д.: Вид-во «Ліра», 2014. – С. 49-54.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПОШУКУ КЛАСТЕРІВ В БАЗАХ ДАНИХ НА ОСНОВІ ЧИСЕЛЬНО-СИМВОЛЬНИХ КРИТЕРІЇВ

Борис В.В., vborys@gmail.com, Федорчук Є.Н.
Національний університет «Львівська політехніка»

Розробка системи пошуку кластерів - знаходження груп схожих об'єктів у вибірці. Однак універсальність застосування привела до появи великої кількості несумісних термінів, методів і підходів, що ускладнюють однозначне використання і несуперечливу інтерпретацію кластерного аналізу [1].

На даний момент існує безліч задач, які доводиться досить часто вирішувати у комерційних цілях, але обсяги та типи даних не дозволяють працювати з ними як стандартними даними і потрібно оперувати кластерними даними задля їх вирішення. Чисельно – символічні критерії накладають суттєві обмеження на систему, що здійснює пошук кластерів даних. Реалізація цих функцій потребує значних обчислювальних затрат, тому було здійснено модифікацію існуючого алгоритму CLOPE задля досягнення бажаного результату при аналізі баз даних значних обсягів.

Інформаційна модель об'єкта для кластеризації – це вектор числових ознак, які характеризують властивості об'єкта [2]:

$$\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_d).$$

Нехай $D = \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_n\}$ - множина n інформаційних моделей, кожна з яких володіє d ознаками. Алгоритм кластеризації генерує розбиття для даної множини D на кластери $P^{(i)} = \{K_1^{(i)}, K_2^{(i)}, \dots, K_l^{(i)}\}$. Нехай $S = \bigcup_{i=1}^m P^{(i)}$ - множина всіх кластерів, що отримані за допомогою алгоритму. Метою кластеризації є отримання оптимального розбиття на кластери $T = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$, $T \subseteq S$, яке відповідає оптимальним значенням критеріїв кластеризації [3].

В основі модифікованого алгоритму кластеризації CLOPE лежить ідея максимізації глобальної функції вартості, що підвищує близькість транзакцій у кластерах за допомогою збільшення параметра кластерної гистограми.

Розроблена система дозволяє вирішувати задачі кластеризації не тільки транзакційних даних, але і будь-яких категорійних. Перед тим як запускати систему, дані необхідно привести до нормалізованого виду. Вони можуть мати вигляд бінарної матриці образів, як в асоціативних правилах, так і являти собою взаємно однозначне відображення між безліччю унікальних об'єктів $\{u_1, \dots, u_q\}$ таблиці і безліччю цілих чисел $\{0, 1, 2, \dots, q-1\}$. При цьому оцінка якості відновлених зображень в чому залежить від людського чинника (думки експертів), але може бути виконана і з застосуванням об'єктивних методів або «математичних оцінок». Об'єктивні методи оцінки якості зображень ґрунтуються на таких математичних показниках, як середньоквадратична похибка або дисперсія та пікове відношення сигнал/шум [4].

В результаті розроблено базову архітектуру системи пошуку кластерів з використанням модифікованого алгоритму CLOPE на основі чисельно – символічних критеріїв. При проектуванні системи було використано модульну архітектуру: виділено окремі модулі для опрацювання бази даних, модулі, що реалізують пошук за різними параметрами алгоритму, а також модуль обчислення показників ефективності та якості виявлення кластерів. Проаналізовано результати отриманих вихідних даних та на основі порівняння з існуючими системами пошуку кластерів даних зроблено висновок про збільшення точності пошуку (приблизно на 3.5 %).

Бібліографічні посилання:

1. *Charles Romesburg* (2004). *Cluster Analysis for Researchers* // Lulu, Orlean. – 340c.
2. *Gregory Pfister* (2009). *In Search of Clusters* (2nd Edition) // Cummings publishers, Redwood City, CA. – 235c.
3. *Leonard Kaufman*, *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis* // Wiley, New York, 2005. — 312 - 323 c.
4. *Michael W. Berry*, *Survey of Text Mining II: Clustering, Classification, and Retrieval*// Springer, Origen, 2008. – 240 c.

ПРО ЗАДАЧУ БЕЗШОВНОГО НАКЛАДЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ЇЇ ПРОГРАМНУ РЕАЛІЗАЦІЮ

Боровик М.О., mashley@email.ua, Сердюк М.Є., me_serdyuk@i.ua
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Синтез зображення з використанням безшовного накладення фрагментів («безшовне клонування») є важливою задачею, яка має багато корисних застосувань в комп'ютерній графіці. Ця задача виникає в художній обробці зображень (створення колажів, постерів, різноманітних рекламних матеріалів тощо), у професійній обробці фотографій (прибирання небажаних артефактів, відновлення або ретуш), при створенні панорамних зображень тощо. Проблемою є таке поєднання деякої частини одного зображення з іншим, яке не викликає видимих артефактів на границі клонування. Більшість відомих програмних інструментів, за допомогою яких можна здійснити безшовне накладення зображень, найчастіше не мають автоматичної функції для такої вставки, їх використання потребує певних навичок, а результат не завжди є прийнятним.

Пропонується програмна система, яка здійснює безшовне вставлення фрагменту одного зображення в інше з автоматичною обробкою. В алгоритмі, реалізованому в системі, використовуються ідеї роботи [1]. Для безшовного накладення необхідно, щоб градієнт вихідного зображення A в області вставлення фрагменту B дорівнював його градієнту. Тобто відновлення кольору на області B здійснюється на основі градієнта в області B та даних про колір зображення A на границі області B . Якщо f – невідома функція зображення, визначена всередині області B , а $\mathbf{v}$ – векторне поле градієнтів, задане на B , то задача полягає у відновленні функції f , векторне поле якої дорівнює $\mathbf{v}$. Проблема полягає в тому, що $\mathbf{v}$ необов'язково інтегрована. Тому від задачі відновлення функції f такої, що $\nabla f = \mathbf{v}$, переходимо до задачі пошуку функції f , градієнт якої найбільш близький до $\mathbf{v}$. Тобто отримуємо задачу мінімізації різниці градієнтних полів $\min_f \iint_B |\nabla f - \mathbf{v}|^2$ з умовою $f|_{\partial B} = f^*|_{\partial B}$, де f^* – відома функція зображення

А. Розв'язання цієї задачі приводить до рівняння Пуассона $\nabla f = \text{div } \mathbf{v}$ з граничними умовами Дирихле $f|_{\partial B} = f^*|_{\partial B}$. В результаті дискретизації задачі отримуємо рівняння:

$$|N_p|f_p - \sum_{q \in N_p} f_q = \sum_{q \in N_p} v_{pq} - \text{для пікселів всередині області вставки};$$

$$|N_p|f_p - \sum_{q \in N_p \cap B} f_q - \sum_{q \in N_p \cap \partial B} f_q^* = \sum_{q \in N_p} v_{pq} - \text{для пікселів на границі}$$

області вставки зображення. Тут N_p – 4-зв'язна множина сусідніх пікселів з пікселем p . Кількість таких рівнянь співпадає з кількістю невідомих пікселів зображення, що вставляється. Ці рівняння утворюють класичну зв'язану, симетричну, додатно-визначену систему алгебраїчних рівнянь, яка має єдиний розв'язок. Для її розв'язання в даній роботі використано ітераційний метод Якобі. Таким чином із векторного поля градієнтів відновлюється одноканальне зображення. У випадку трьох каналів (RGB-зображення) кожен колірний канал обробляється окремо.

Реалізований в програмному забезпеченні алгоритм включає в себе наступні кроки:

- виділення певної області зображення B , яку необхідно вставити у результуюче зображення (область з границею), і перетягування її на певне місце зображення A ;
- перевірка кожного з пікселів виділеної області на знаходження в середині області чи на її границі та побудова для кожного з пікселів необхідного дискретного рівняння;
- розв'язання утвореної алгебраїчної системи методом Якобі та знаходження значень кольору в кожному пікселі вставленої області B .

Тестування розробленої програмної системи на різноманітних зображеннях показало добре згладжування границь в області вставлення фрагментів, що підтверджує ефективність обраних рішень.

1. **Pérez P.** Poisson image editing / P. Pérez, M. Gangnet, A. Blake. 2003. ACM Transactions on Graphics 22, 3 (July), 313–318.

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Василенко О.В., vasylenkoal@gmail.com

Київський Національний університет імені Тараса Шевченка

Онкологічні захворювання є однією з найактуальніших проблем в новітній історії. На жаль, ще й досі природа їх виникнення не встановлена достеменно і до цього часу не існує методів лікування, які б гарантували одужання. Точно можна сказати, що у хворого значно більше шансів вилікуватися, звернувшись до лікаря якомога раніше. То ж створення експертної системи, яка б без усіляких складних дорогих аналізів на першій стадії розвитку захворювання просто давала б ще одну пораду – іти чи не іти до лікаря, може врятувати багато життів. В двадцятому сторіччі з'явився потужний, але протягом доволі довгого часу недооцінений, апарат для побудови ефективних експертних систем – нечітка логіка.

Для побудови такої системи потрібно описати правила нечіткого виведення, а для цього в свою чергу слід виділити основні чинники, що впливають на можливість ураження захворюванням.

Після проведеного аналізу були сформовані правила, що базуються на наступних чинниках: спадковість, нездоровий образ життя(паління, алкоголь, дієти тощо), перенесені супутні захворювання, сексуальна функція, професійні фактори, гінекологічний і репродуктивний анамнез тощо. Система розроблена у середовищі MATLAB із використанням пакету Fuzzy Logic Toolbox.

Розроблена система може стати корисним інструментом для оцінки ризику бути ураженим хворобою, виявлення хвороби на ранній стадії, а також для подальшого аналізу онкологічних захворювань.

МОДЕЛЮВАННЯ МУЛЬТИДОМЕННИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В ЕСАД

Василенко О.В., traven03@yahoo.com

Запорізький національний університет

Мультидоменні системи автоматичного регулювання (САР) зазвичай моделюють на системному рівні абстракції за допомогою програм автоматизованого інжинірингу CAE (Computer Aided Engineering) та універсальних математичних процесорів CAS (Computer Algebra System) [1]. Моделі систем в них є каузальними, тобто із причинно-наслідковим зв'язком між блоками, належність яких до певних доменів (розділів фізики) не визначена.

При пониженні рівня абстракції, модель необхідно кардинально переробити та відновити її реальну структурну схему, після чого для підсистем, фізичні процеси в яких належать до різних доменів, використовувати програми автоматизованого проектування САД (Computer Aided Design), які є об'єктно-орієнтованими та запроваджують акаузальний підхід для моделювання на основі фізичних моделей [2]. Таким чином, наскрізне низхідне проектування мультидоменних систем вимагає притягнення різного математичного і програмного забезпечення (ПЗ) та методичної підтримки.

Ціллю даного дослідження є аналіз можливостей ЕСАД (Electronic CAD), як єдиного ПЗ для наскрізного проектування САР. Для розв'язання поставленої задачі були проаналізовані інструментальні, математичні та програмні можливості обраного ПЗ, розроблена методика його адаптації та принципи побудови математичних моделей основних блоків САР.

Однією з причин вибору ЕСАД є наявність великої кількості моделей елементів з підсистем інтелектуальної та силової електроніки з бібліотеки електронного домену, який є обов'язковим та визначальним для всіх САР, та

можливість розробки моделей для елементів неелектронної природи на основі поведінкового алгоритму та відповідної елементної бази. Перевагами ECAD також є високоточні методи розв'язання отриманих систем диференційних рівнянь (жорстких тощо) [3] та зв'язок із програмами конструкторського проектування і підтримки автоматизованого виробництва CAM (Computer Aided Manufacturing).

Блоки САР будуються на основі RCL ланцюжків, та інструментів перетворення функцій часу, які задають необхідне математичне та функціональне перетворення. «Каузальність» моделей зумовлена використанням в них керованих джерел, які забезпечують однонаправленість сигналу. Оскільки симулятор в САД компіляційного типу (акаузальний по суті), а моделі – каузальні, то використаний підхід можна назвати квазікаузальним.

Досліджено такі способи моделювання САР в ECAD на макрорівні:

1. при структурному підході актуатори та джерела збурення емулюються елементами з бібліотеки електронного домену (діакоптичний підхід), а їхня поведінка оцінюється через струм та напругу;

2. при системному підході формалізовані моделі блоків квазікаузальних схем САР проектуються за принципом аналогій та за законами ТАУ.

Отже, моделювання на макро-рівнях в програмах ECAD є принципово можливим завдяки вбудованим алгоритмам каузалізації, діакоптичним й поведінковим алгоритмам, можливостям побудови моделей різного рівня абстракції, що і зумовлює можливість реалізації наскрізного проектування мультидоменних САР під гаслом: «від концепції до реалізації».

1. Обзор различных систем CAD/CAM/CAE/GIS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cad.dp.ua/obzors/cads.php>

2. Клиначев Н.В. Обзор архитектурного построения программ математического моделирования динамических систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://model.exponenta.ru/simkernel.html>

3. Василенко О.В. Запобігання алгоритмічних збоїв систем ECAD / Переверзєв А.В., Василенко О.В., Прокопенко Р.В. // Радіоелектроніка, інформатика, управління.–2006.–№ 1.– С.123–128.

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ ТА ОБЛІКУ ДОКУМЕНТАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ВІДДІЛУ

Верба О.В., olvi_ver@ukr.net, **Земляна С.В.,** Szemlyanaya@mail.ru,

Пітіряков Д.В., pitiryakov@gmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Мета: розробка програмного забезпечення, яке далі буде використовуватись для автоматизації процесу розрахунку кількісного складу науково-педагогічних працівників навчальним відділом Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара.

Постановка задачі: вивчити методику розрахунку чисельності штатних посад науково-педагогічних працівників структурних навчальних підрозділів Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара. Опанувати бібліотеку Apache POI та засоби JDBC. Розробити програмне забезпечення для комп'ютерної підтримки методики, використовуючи мову програмування Java.

Java – об'єктно-орієнтована мова програмування, розроблена компанією Sun Microsystems. Розробка програмного забезпечення для навчального відділу ДНУ буде відбуватись саме на мові Java, оскільки Java-програми виконуються в повній незалежності байт-кода від операційної системи і устаткування, що дозволяє виконувати Java-додатки на будь-якому пристрої, для якого існує відповідна віртуальна машина.

Призначення Apache POI проекту – це створення та підтримка Java API для маніпуляції різноманітними файловими форматами, заснованими на стандарті Office Open XML (OOXML). Тобто використовуючи пакет Apache POI для Java, можливо читати та записувати MS Excel, MS Word та MS PowerPoint файли.

Методика розрахунку чисельності штатних посад науково-педагогічних працівників структурних навчальних підрозділів

Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара є нормативним документом й визначає основні принципи та механізм реалізації процедури розрахунку чисельності штатних посад науково-педагогічних працівників структурних навчальних підрозділів університету.

Нормативними критеріями методики є нормативи чисельності студентів, аспірантів, докторантів, здобувачів наукового ступеня кандидата наук, слухачів на одну штатну посаду науково-педагогічного працівника та норми часу для планування і обліку навчальної роботи НПП в університеті.

Базовими критеріями методики є чисельність (у плановому навчальному році) академічних груп та осіб, які проходять підготовку в університеті за кожним робочим навчальним планом, а також встановлені експертним шляхом показники та параметри для планування навчального процесу та розрахунку чисельності штатних посад НПП.

Розроблене програмне забезпечення дозволить автоматизувати розрахунок чисельності науково-педагогічних працівників університету. В майбутньому, при переході на іншу ОС, розроблене програмне забезпечення може бути перенесене без змін, що суттєво спрощує супроводження.

Бібліографічні посилання

1. Методика розподілу штатів професорсько-викладацького складу. В кн.: Збірник нормативних документів Національного університету «Львівська політехніка»/за ред. професора Ю.Я. Бобала. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 468 с.
2. Документація до проекту ApachePOI [Електронний ресурс] : [містить приклади та інструкцію використання проекту ApachePoi]. -Електронні дані. - 2002-2015 The Apache Software Foundation — режим доступу: <http://poi.apache.org/> (дата звернення 01.11.2015). – Назва з екрана.

АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАХОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ В ЗАДАЧІ ДЛЯ НЕОДНОРІДНОГО БІГАР-МОНІЧНОГО РІВНЯННЯ

Волошко Л. В., lyubov@voloshko.com,
Волошко В. Л., viktorvoloshko@rambler.ru

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Побудова математичної моделі складного фізичного явища часто призводить до постановки та розв'язування задач оптимального керування параметрами диференціальних рівнянь в частинних похідних. Нехай Ω область, обмежена ліпшицевим контуром Γ . Розглянемо задачу мінімізації функціоналу

$$I(w(\cdot, \cdot), \psi(\cdot, \cdot)) = \iint_{\Omega} (w(x, y) - w_{fixed}(x, y))^2 dx dy \quad (1)$$

$$\Delta \Delta w(x, y) \equiv \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = f(x, y), \quad (x, y) \in \Omega, \quad (2)$$

$$w(x, y) = \varphi(x, y), \quad \frac{\partial w(x, y)}{\partial n} = \psi(x, y), \quad (x, y) \in \Gamma, \quad (3)$$

де n – зовнішня нормаль до Γ в точці (x, y) . Задача полягає в тому, щоб по заданим функціям $\varphi(x, y)$ та $f(x, y)$ знайти таку функцію $\psi(x, y)$, щоб вона надавала мінімум функціоналу (1). Аналітичний розв'язок крайової задачі (2) – (3) має такий вигляд

$$\begin{aligned} w(x, y) = w_1(x, y) + w_2(x, y) &= \frac{1}{8\pi} \iint_{\Omega} r^2 \ln r \cdot f(\tilde{x}, \tilde{y}) d\Omega(\tilde{x}, \tilde{y}) + \\ &+ \int_{\Gamma} \left((K^1(x, y; \xi, \eta), K^2(x, y; \xi, \eta)) \cdot \begin{pmatrix} \mu_1(\xi, \eta) \\ \mu_2(\xi, \eta) \end{pmatrix} \right) d\Gamma(\xi, \eta) = \\ &= \frac{1}{8\pi} \iint_{\Omega} r^2 \ln r \cdot f(\tilde{x}, \tilde{y}) d\Omega(\tilde{x}, \tilde{y}) + \int_{\Gamma} \left((K^1(x, y; \xi, \eta), K^2(x, y; \xi, \eta)) \times \right. \\ &\times \left. \left(\int_{\Gamma} \tilde{K}^{-1}(\xi, \eta; \tilde{\xi}, \tilde{\eta}) \cdot \begin{pmatrix} \varphi(\tilde{\xi}, \tilde{\eta}) - w_1(\tilde{\xi}, \tilde{\eta}) \\ \psi(\tilde{\xi}, \tilde{\eta}) - \frac{dw_1}{dn}(\tilde{\xi}, \tilde{\eta}) \end{pmatrix} d\Gamma(\tilde{\xi}, \tilde{\eta}) \right) \right) d\Gamma(\xi, \eta), \quad (x, y) \in \Omega, \end{aligned} \quad (4)$$

де $\tilde{K}^{-1}$ – обернений інтегральний оператор регуляризованої системи інтегральних рівнянь, яка утворюється при розв’язанні прямої задачі (2) – (3).

Опишемо алгоритм градієнтного методу розв’язку задачі (1) – (3).

Початковий етап

Крок 1. Задаємо кількість n точок $(\tilde{\xi}s_l, \tilde{\eta}s_l)$, $l = \overline{1, n}$ розбиття контуру Γ , оберемо довільне початкове наближення $\psi^0(\tilde{\xi}s, \tilde{\eta}s)$, $\tilde{\xi}s = (\tilde{\xi}s_1, \tilde{\xi}s_2, \dots, \tilde{\xi}s_n)$, $\tilde{\eta}s = (\tilde{\eta}s_1, \tilde{\eta}s_2, \dots, \tilde{\eta}s_n)$ і початковий крок градієнтного методу $\alpha^0 > 0$, встановлюємо лічильник ітерацій $k = 0$ і задамо точність $\varepsilon > 0$.

Крок 2. Наближено знаходимо розв’язок $w^0(x, y)$, $(x, y) \in \Omega$ крайової задачі (2) – (3) при $\psi^0(\tilde{\xi}s, \tilde{\eta}s)$, $(\tilde{\xi}s, \tilde{\eta}s) \in \Gamma$ та обчислюємо значення $I(w^0, \psi^0(\tilde{\xi}s, \tilde{\eta}s))$. Переходимо до основного етапу.

Основний етап

Крок 1. Наближено обчислюємо похідну Фреше функціоналу (1) в кожній точці $(\tilde{\xi}s_l, \tilde{\eta}s_l)$, $l = \overline{1, n}$ контуру Γ .

Крок 2. Знаходимо $k + 1$ наближення функції $\psi(x, y)$ за правилом

$$\psi^{k+1}(\tilde{\xi}s_l, \tilde{\eta}s_l) = \psi^k(\tilde{\xi}s_l, \tilde{\eta}s_l) - \alpha^k \frac{\partial I(\psi^k(\tilde{\xi}s_l, \tilde{\eta}s_l))}{\psi^k(\tilde{\xi}s_l, \tilde{\eta}s_l)}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

Обчислюємо $w^{k+1}(x, y)$, $(x, y) \in \Omega$ та $I(w^{k+1}, \psi^{k+1}(\tilde{\xi}s, \tilde{\eta}s))$.

Крок 3. Перевіримо монотонність спадання значень функціоналу (1) $I(\psi^{k+1}(\tilde{\xi}s, \tilde{\eta}s)) < I(\psi^k(\tilde{\xi}s, \tilde{\eta}s))$. Якщо воно виконується, вважаємо $\alpha^{k+1} = \alpha^k$ і переходимо до кроку 4, в протилежному випадку – величину кроку α^k ділимо навпіл і повертаємося до кроку 2. Здійснюємо дроблення кроку α^k до тих пір, поки не відтвориться монотонність.

Крок 4. Виконаємо перевірку умови завершення ітераційного процесу

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{l=1}^n |\psi^{k+1}(\tilde{\xi}s_l, \tilde{\eta}s_l) - \psi^k(\tilde{\xi}s_l, \tilde{\eta}s_l)|^2} < \varepsilon$$

У випадку її невиконання заміняємо k на $k+1$ і повертаємося до кроку.

ПОБУДОВА СТАНДАРТНОЇ ФУНКЦІЇ ДВОХ ЗМІННИХ $f_{n,0}(\omega, x, y)$

Вольфсон С. Я., Черницька О. В., volsfsonsv@gmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

У роботах Корнійчука М. П. розглядається задача найкращого наближення функцій класу H^ω в метриці L_p сплайнами нульового порядку $S_{n,0}$ по фіксованому розбиттю, зокрема при $p = \infty$. У [2] ним наведена оцінка найкращого наближення $E(f(x), S_{n,0})_\infty \leq \|f_{n,0}(\omega)\|_\infty$. Іванов В. І. у роботі [1] також розглядав наближення неперервних функцій кусково-постійними функціями та довів, що для $f \in C$ виконується $\|f - S_{n,0}\|_C \leq \|f_{n,0}(\omega)\|_C$.

$f_{n,0}(\omega)$ – стандартна функція, яка визначається через модуль неперервності $\omega(f, t)$ за формулою

$$f_{n,0}(\omega, x) = \begin{cases} -\frac{1}{2}\omega\left(\frac{1}{n} - 2x, f\right), & 0 \leq x \leq \frac{1}{2n}, \\ \frac{1}{2}\omega\left(2x - \frac{1}{n}, f\right), & \frac{1}{2n} \leq x \leq \frac{1}{n}, \\ f_{n,0}(\omega, x) = -f_{n,0}\left(\omega, x - \frac{1}{n}\right), & \frac{1}{n} \leq x \leq 1, \end{cases}$$

$$\omega(f, t) = \max_{\substack{|x' - x''| \leq t \\ |y' - y''| \leq t}} |f(x', y') - f(x'', y'')|.$$

Для функцій двох змінних $f(x, y) \in C([0, 1] \times [0, 1])$ ставиться задача узагальнення результату Іванова В. І. Для вирішення цієї задачі нами запропоновані формули для модуля неперервності та стандартної функції $f_{n,0}(\omega, x, y)$.

Модуль неперервності будемо знаходити за формулою

$$\omega(f, t_1, t_2) = \max_{\substack{|x' - x''| \leq \min(t_1, t_2) \\ |y' - y''| \leq \min(t_1, t_2)}} |f(x', y') - f(x'', y'')|.$$

Функцію $f_{n,0}(\omega, x, y)$ пропонується шукати у вигляді

$$f_{n,0}(\omega, x, y) = \begin{cases} -\frac{1}{2}\omega\left(\frac{1}{n}-2x, \frac{1}{n}-2y, f\right), 0 \leq x \leq \frac{1}{2n}, 0 \leq y \leq \frac{1}{2n}, \\ \frac{1}{2}\omega\left(\frac{1}{n}-2x, 2y-\frac{1}{n}, f\right), 0 \leq x \leq \frac{1}{2n}, \frac{1}{2n} \leq y \leq \frac{1}{n}, \\ \frac{1}{2}\omega\left(2x-\frac{1}{n}, \frac{1}{n}-2y, f\right), \frac{1}{2n} \leq x \leq \frac{1}{n}, 0 \leq y \leq \frac{1}{2n}, \\ -\frac{1}{2}\omega\left(2x-\frac{1}{n}, 2y-\frac{1}{n}, f\right), \frac{1}{2n} \leq x \leq \frac{1}{n}, \frac{1}{2n} \leq y \leq \frac{1}{n}; \\ f_{n,0}(\omega, x, y) = \begin{cases} -f_{n,0}\left(\omega, x-\frac{1}{n}, y\right), \frac{1}{n} \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq \frac{1}{n}, \\ -f_{n,0}\left(\omega, x, y-\frac{1}{n}\right), 0 \leq x \leq \frac{1}{n}, \frac{1}{n} \leq y \leq 1, \\ f_{n,0}\left(\omega, x-\frac{1}{n}, y-\frac{1}{n}\right), \frac{1}{n} \leq x \leq 1, \frac{1}{n} \leq y \leq 1. \end{cases} \end{cases}$$

Була написана програма, яка дозволяє для функції $f(x, y)$ будувати модуль неперервності та стандартну функцію. На рис.1 зображено графік функції $f_{n,0}(\omega, x, y)$ для $f(x, y) = x^2 + y^2$ при $n=5$.

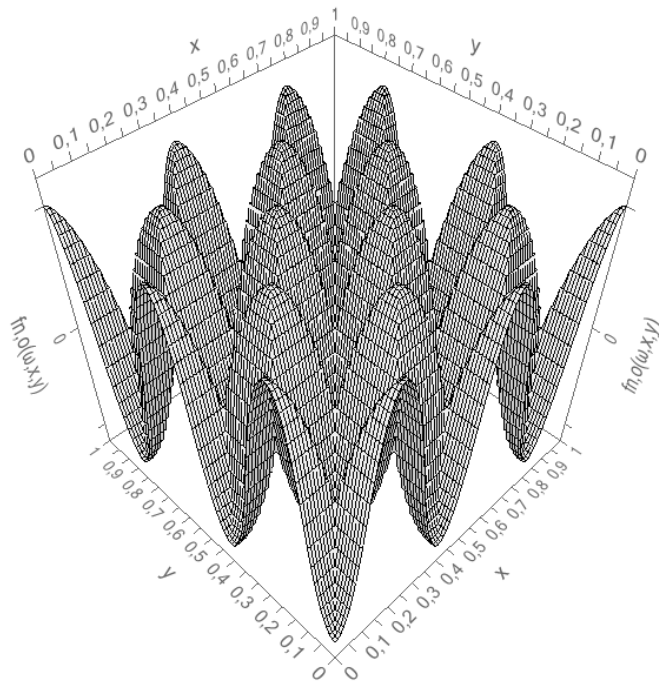


Рис. 1 Графік функції $f_{n,0}(\omega, x, y)$

Бібліографічні посилання

1. **Иванов В. И.** Приближение функций из C^r сплайнами минимального дефекта// Математические заметки. – 1988. – Т.43, №6. – С.746-756.
2. **Корнейчук Н. П.** Сплайны в теории приближения. – М., 1984.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ Σ -КЛАСИФІКАТОРА НА ОСНОВІ ЙМОВІРНІСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ДАНИХ

Галкін О.А., galkin.o.a@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Запропоновано непараметричний Σ -класифікатор, що дозволяє розділяти вибірки в Σ -схемі таким чином, що розділення забезпечує мінімальний коефіцієнт помилкової класифікації в заданій Σ -схемі. Розглядається Σ -схема, де $\{Z_1, \dots, Z_n\} (\equiv Z)$ та $\{X_1, \dots, X_m\} (\equiv X)$ є випадковими вибірками, відповідно з розподілів H та U , що визначені на R^r . Σ -схема визначається, як

$$\Sigma(H, U) = \{(E_H(z), E_U(z)), z \in Z \cup X\}, \quad (1)$$

де $E(\cdot)$ означає $\forall$ дійсне поняття глибини. Зазначимо, що Σ -схема є завжди двовимірним графіком, незалежно від розмірів вибірки та визначається, як

$$\Sigma(H_n, U_m) = \{(E_{H_n}(z), E_{U_m}(z)), z \in Z \cup X\}, \quad (2)$$

якщо H та U є невідомими. Встановлено, що Σ -схеми можуть виявляти певні відмінності між множинами даних, на основі яких може бути побудований новий класифікатор.

Відповідно до правила класифікації, розділовий многочлен повинен проходити через початок координат в Σ -схемі. Розглядаються елементи даних, що відповідають $(0,0)$ в Σ -схемі. Членство у вибірках цих елементів даних є невідомим, оскільки вони мають нульові значення глибини відносно заданих вибірок [1]. Правило класифікації фіксуватиме ці елементи даних на розділову криву, що визначає їх приналежність до будь-якої вибірки. Далі розглядаються многочлени виду $d_s(z) = \sum_{i=1}^{\Delta_0} s_i z^i$ зі ступенем Δ_0 , що є наперед визначеним відомим цілим числом та вектором коефіцієнтів многочлена $s = (s_1, \dots, s_{\Delta_0}) \in R^{\Delta_0}$. Це дозволяє знайти многочлен, що розділяє вибірки в Σ -схемі з мінімальним коефіцієнтом помилкової класифікації [2,3].

Для знаходження оптимального s , що мінімізує загальний коефіцієнт помилкової класифікації для наперед заданого Δ_0 , розглядається такий

алгоритм класифікації: а) якщо $E_{U_m}(z) > d_s(E_{H_n}(z))$, то $z \in U$; б) якщо $E_{U_m}(z) < d_s(E_{H_n}(z))$, то $z \in H$.

Позначимо через s_0 оптимальне значення s при умові, якщо воно існує та будемо вважати Σ -класифікатор у якості досліджуваного. Отже, відповідно до $E_{U_m}(z) = d_s(E_{H_n}(z))$ в Σ -схемі, ми можемо побудувати многочлен, призначити елементи даних, що розташовані над кривою до U , призначити елементи даних, що розташовані під кривою до H , а потім розрахувати емпіричний коефіцієнт помилкової класифікації для $\forall$ заданого $s \in R^{\Delta_0}$, а саме:

$$\bar{\Psi}_M(s) = \frac{p_1}{n} \sum_{i=1}^n \Lambda_{\{E_{U_m}(Z_i) > d_s(E_{H_n}(Z_i))\}} + \frac{p_2}{m} \sum_{i=1}^m \Lambda_{\{E_{U_m}(X_i) < d_s(E_{H_n}(X_i))\}}, \quad (3)$$

де $\Lambda_{\{S\}}$ є характеристичною функцією, яка приймає значення 1, якщо S є істинним та 0 в іншому випадку, а p_i - апіорними ймовірностями класів, де $M = (n, m)$.

Таким чином, запропонований підхід полягає в оцінці оптимального s_0 по $\bar{s}_M$, що мінімізує емпіричний коефіцієнт помилкової класифікації $\bar{\Psi}_M(s)$ в (3). Отже, якщо $\bar{s}_M = \arg \min \{\bar{\Psi}_M(s)\}$, Σ -класифікатор матиме таку структуру: а) якщо $E_{U_m}(z) > d_{\bar{s}_M}(E_{H_n}(z))$, то $z \in U$; б) якщо $E_{U_m}(z) < d_{\bar{s}_M}(E_{H_n}(z))$, то $z \in H$.

Застосовуючи даний алгоритм до множини даних та виконавши дії по реалізації Σ -класифікатора, ми отримуємо розділовий многочлен другого ступеня, що мінімізує загальний емпіричний коефіцієнт помилкової класифікації.

Бібліографічні посилання

1. **Zuo Y.J.** Projection-based depth functions and associated medians / Y.J. Zuo // The Annals of Statistics. – 2003. – 31. – P. 1463-1484.
2. **Cuesta-Albertos J.A.** The random Tukey depth / J.A. Cuesta-Albertos, A. Nieto-Reyes // Computational Statistics & Data Analysis. – 2008. – 52. – P. 4980-4987.
3. **Li J.** New nonparametric tests of multivariate locations and scales using data depth / J. Li, R.Y. Zuo // Statistical Science. – 2004. – 19. – P. 687-694.

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЕКЦИОННОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРНОГО УРАВНЕНИЯ

Гарт Л.Л.

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Многие теоретические и прикладные задачи науки, техники и производства приводят к необходимости решения различных классов операторных уравнений в функциональных пространствах. Частными случаями таких уравнений являются хорошо известные интегральные, дифференциальные и интегро-дифференциальные уравнения, которые, как правило, точно не решаются. Поэтому для их решения разработаны и применяются различные приближенные методы (прямые, проекционные, итеративные, смешанные и др.). Однако, несмотря на полученные в этой области многочисленные результаты, проблема поиска эффективных устойчивых методов приближенного решения операторных уравнений все еще далека от своего завершения.

В данной работе рассматривается вопрос об устойчивости общего проекционного метода [1] для решения линейного операторного уравнения с, вообще говоря, неограниченным оператором в банаховом пространстве. Важные результаты по устойчивости проекционных методов в банаховых пространствах получены, в частности, Б.Г. Габдулхаевым [2], в гильбертовых пространствах – Г.М. Вайникко и С.Г. Михлиным (см., например, [3; 4]).

Пусть задано уравнение

$$Au = f, \quad (1)$$

где A – линейный оператор, действующий в банаховом пространстве X . Предположим, что это уравнение имеет в X единственное решение u^* .

Аппроксимируем уравнение (1) последовательностью приближенных уравнений

$$A_n u_n = f_n, \quad n = 1, 2, \dots, \quad (2)$$

где A_n – линейный ограниченный оператор, действующий в подпространстве X_n исходного пространства ($X_1 \subset X_2 \subset \dots \subset X_n \subset \dots \subset X$, $X_1 \neq \emptyset$), $f_n = P_n f$, P_n – линейный проектирующий оператор, переводящий X в X_n ($P_n(X) = X_n$, $P_n u_n = u_n$ для $u_n \in X_n$).

Предположим, что при любом $n = 1, 2, \dots$ выполнены условия:

$$\|P_n A u^* - A_n P_n u^*\| \leq \alpha_n, \quad \|P_n u^* - u^*\| \leq \beta_n, \quad (3)$$

$$\|A_n^{-1}\| \leq C, \quad (4)$$

где $\alpha_n \rightarrow 0$, $\beta_n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, $C > 0$ – константа.

Условие (4) ограниченности по норме в совокупности обратных операторов A_n^{-1} , в частности, обеспечивает существование и единственность решения $u_n^* \in X_n$ каждого из приближенных уравнений (2), а также его непрерывную зависимость от правой части f_n , при этом $\|u_n^*\| \leq C \cdot \|f_n\|$, $n = 1, 2, \dots$

Сходимость последовательности $\{u_n^*\}_{n=1}^{\infty}$ к $u^* \in X$ установлена в [1].

Приближенные уравнения (2) в силу неточности задания их элементов на практике часто решаются только приближенно. Например, уравнение (2) заменяется уравнением вида

$$L_n u_n = g_n, \quad n = 1, 2, \dots, \quad (5)$$

где L_n – линейный оператор, действующий в подпространстве $X_n \subset X$, причем f_n и g_n близки в определенном смысле. Возможна также ситуация несколько обратная [2], когда уравнение (5) является приближенным для точного уравнения (1), а уравнение (2) можно считать приближенным по отношению к (1) в том смысле, что его элементы являются приближенными значениями соответствующих элементов уравнения (5).

В связи с этим возникает необходимость исследования проекционного метода решения уравнения (1) на устойчивость. Имеет место следующая

Теорема. Пусть выполнены условия (3),(4). Если уравнения (2) и (5) близки в том смысле, что

$$\eta_n \equiv \|A_n - L_n\| \rightarrow 0, \quad \theta_n \equiv \|f_n - g_n\| \rightarrow 0, \quad n \rightarrow \infty,$$

то, начиная с некоторого номера $n = N \geq 1$, уравнения (5) однозначно разрешимы в X_n и решения u_n^* и y_n^* приближенных уравнений (2) и (5) соответственно близки в том смысле, что

$$\|u_n^* - y_n^*\| \rightarrow 0, \quad n \rightarrow \infty,$$

причем справедлива двусторонняя оценка

$$\delta_n \|A_n\|^{-1} \leq \|u_n^* - y_n^*\| \leq \delta_n \|A_n^{-1}\|, \quad n \geq N,$$

$$\text{где } \delta_n = \|f_n - g_n + (L_n - A_n)u_n^*\|.$$

В дальнейшем представляет интерес изучение связи между обусловленностью операторных уравнений (1) и (2).

Библиографические ссылки

1. **Балашова С.Д.** Применение проекционно-итерационных методов к решению задачи Дирихле для уравнения Пуассона / С.Д.Балашова, Л.Л. Тавадзе, Э.Л. Тавадзе. – Днепропетровск, 1991. – 28 с. – Деп. в ВИНТИ 13.06.91, № 2486 – В 91.
2. **Габдулхаев Б.Г.** Теория приближенных методов решения операторных уравнений / Б.Г. Габдулхаев. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2006. – 112 с.
3. **Вайникко Г.М.** Компактная аппроксимация операторов и приближенное решение уравнений / Г.М. Вайникко. – Тарту: Изд-во Тартуского ун-та, 1970. – 192 с.
4. **Михлин С.Г.** Некоторые вопросы теории погрешностей / С.Г. Михлин. - Ленинград: Изд-во Ленинградского ун-та, 1988. – 334 с.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЛИПСОВ

Гиль Н.И., yaskov@ukr.net

Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного, НАН Украины

Под условиями взаимодействия будем понимать представленные в аналитическом виде условия, при которых два эллипса касаются, частично пересекаются, не пересекаются или один из них является включением в другой, т.е. полностью ему принадлежит. Эти условия необходимы при построении математических моделей и решения задач размещения объектов в заданных областях, когда область размещения имеет форму эллипса, а объектами размещения являются эллипсы и (или) круги.

Пусть $S_i\{a_i, b_i, x_i, y_i, \theta_i\}$ – эллипсы, заданные уравнениями $f_i(x, y) = 0$ ($i=1, 2$) в основной системе координат. Здесь a_i, b_i – полуоси, x_i, y_i и θ_i параметры размещения (положение центра) и угол поворота вспомогательной системы координат, связанной с S_i , относительно основной системы. В состав коэффициентов этих уравнений входят значения параметров размещения эллипсов и углы поворота.

Обозначим через S_2^* эллипс с параметрами размещения x_2, y_2, θ_2 и полуосями ka_2, kb_2 , где $k > 0$. Тогда можно утверждать что эллипсы S_1 и S_2 не пересекаются, если существует такая точка (x^*, y^*) , для которой выполняются условия: (x^*, y^*) принадлежит границам эллипсов S_1 и S_2^* ; угловые коэффициенты касательных к S_1 и S_2^* в точке (x^*, y^*) совпадают; точки (x_1, y_1) и (x_2, y_2) находятся по разные стороны от касательной к S_1 в точке (x^*, y^*) ; (x^*, y^*) находится вне эллипса S_2 .

Выразив эти условия в аналитическом виде, получаем систему уравнений, состоящую из двух уравнений и двух неравенств с неизвестными x^*, y^* . Значения x^*, y^* (при заданных значениях x_i, y_i, θ_i , $i=1, 2$) могут быть определены на основании равенств системы одним из вычислительных

методов. Тогда выполнение неравенств при полученных значениях x^*, y^* гарантирует непересечение эллипсов S_1 и S_2 .

Формализация условий включения эллипса $S_2\{a_2, b_2, x_2, y_2, \theta_2\}$ в эллипс $S_1\{a_1, b_1, 0, 0, 0\}$ состоит в следующем. Осуществляем ряд преобразований (повороты, сдвиг, "сжатие"), в результате которых эллипс S_2 превращается в круг $S'_2\{b_2, x'_2, y'_2\}$ радиуса b_2 с параметрами размещения x'_2, y'_2 , а S_1 – в эллипс $S'_1\{a'_1, b'_1, 0, 0, 0\}$, где значения полуосей a'_1, b'_1 выражаются через значения $a_1, b_1, a_2, b_2, \theta_2$. Таким образом, задача сводится к построению условий включения круга S'_2 в эллипс S'_1 .

На основании значений a'_1, b'_1 и b_2 однозначно определяются точки $(\bar{x}_j, \bar{y}_j)$ ($j=1, 2, 3, 4$), являющиеся общими для границ эллипса S'_1 и круга S'_2 при условии $y'_2 = 0$. Эти точки определяют прямые $h_j(x, y) = 0$ ($j=1, 2, 3, 4$), проходящие через одну из них и одну из точек $(0, b'_1)$ или $(0, -b'_1)$ и ориентированные таким образом, что $h_j(0, 0) < 0$ ($j=1, 2, 3, 4$).

Тогда можно утверждать что круг S'_2 является включением в эллипс S'_1 (а значит эллипс S_2 является включением в S_1), если существует точка (x^*, y^*) , для которой выполняются условия: (x^*, y^*) находится на границах эллипса S'_1 и круга $\bar{S}'_2\{kb_2, x'_2, y'_2\}$, где $k > 0$; в точке (x^*, y^*) совпадают угловые коэффициенты касательных к эллипсу S'_1 и кругу $\bar{S}'_2$; точка (x^*, y^*) имеет положительное уклонение относительно одной из прямых h_j ; центр круга S'_2 принадлежит эллипсу S'_2 ; точка (x^*, y^*) находится вне круга S'_2 .

Выразив эти условия в аналитическом виде, получим систему из двух уравнений и трех неравенств, аналогичную системе для случая условий непересечения эллипсов.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ЗНАХОДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ НА ПОВЕРХНІ ТІЛА

Гнускіна М.О., Кузьменко В.І., mgnuskina@yahoo.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Розглядається задача знаходження розподілу напруження $P(x_1, x_2)$ на поверхні тривимірного металевого тіла, яке забезпечує виконання умов на області всередині цього тіла. Сформульована варіаційна постановка задачі. Регуляризація некоректної задачі виконана з використанням метода Тихонова. Розглядається наступна задача:

$$\begin{aligned}
 J(P) = & a_1 \int_L \sigma_{13}'^2 dL + a_2 \int_L \sigma_{23}'^2 dL + b_1 \int_L \{\max[0, -p_1 - \sigma_{33}']\}^2 dL \\
 & + b_2 \int_L \{\max[0, p_2 + \sigma_{33}']\}^2 dL \\
 & + \alpha \int_0^{2a_1} \int_0^{2b_1} (P^2 + \text{grad}P \text{grad}P) dx_1 dx_2, \quad J(P) \rightarrow \min
 \end{aligned}$$

Проводиться дискретизація варіаційної задачі та використання методу локальних варіацій. Для знаходження розподілу навантажень на поверхні тіла та його дослідження розроблено програму у середовищі Visual Studio 2015 на мові С#. Візуалізація здійснюється з використанням ComponentOne.

За заданими умовами програма знаходить розв'язки оберненої задачі. Використовуючи ці розв'язки, як початкові умови, розв'язується пряма задача знаходження компонент тензору напруження на області всередині тіла. Знайдені розв'язки прямої задачі порівнюються з заданими умовами на області всередині тіла. Досліджується поведінка похибки розрахунків в залежності від заданих параметрів. Отримані наступні висновки:

- Достатня кількість поділок поверхні тіла є 13×13 .
- Відстань від поверхні тіла до області у середині нього впливає на точність наближеного розв'язку. Для менших відхилень компонент тензору напруження область має знаходитись на відстані $[1, 15]$
- Оптимальним значенням параметра регуляризації є $\alpha = 10^{-5}$.

THEOREM ON MONOTONICITY OF OIL DISTILLATION

Denis S. Goldobin^{1,2}

¹*Institute of Continuous Media Mechanics, UB RAS, Perm 614013, Russia*

²*Department of Mathematics, University of Leicester, Leicester LE1 7RH, UK*

We study properties of a thermodynamic model of distillation of multicomponent mixture of hydrocarbons (cracking of crude oil is an example of such a process), derived from first principles [1]. The model development is necessitated by the tasks of modelling geological processes in oil fields under high pressure. Within the framework of the model, one can mathematically formalize the condition of the monotonicity of the distillation process—the condition that the mixture boiling temperature can only increase in the course of evaporation of mixture components. From the mathematical viewpoint, it is not immediately obvious that this condition is fulfilled for arbitrary composition of oil and we provide a proof that the condition is fulfilled. This proof also highlights for which kind of mixtures the violation of this condition may be not forbidden. These are mixtures the volatile components of which have large atomic weight compared to the less volatile components, e.g., a mixture moderately heavy alkanes (say, from pentane to octane) with alcohols of lighter alkanes.

The work has been supported by RFBR (Grant no. 14-01-31380_mol_a).

- [1] A. V. Pimenova, D. S. Goldobin, *On Boiling of Crude Oil under Elevated Pressure*, eprint arXiv:1510.02468 (2015).

NOISE-PRODUCED PATTERNS IN IMAGES CONSTRUCTED FROM MAGNETIC FLUX LEAKAGE DATA

Denis S. Goldobin^{1,2} and Anastasiya V. Pimenova¹

¹*Institute of Continuous Media Mechanics, UB RAS, Perm 614013, Russia*

²*Department of Mathematics, University of Leicester, Leicester LE1 7RH, UK*

Magnetic flux leakage measurements help identify the position, size and shape of corrosion-related defects in steel casings used to protect boreholes drilled into oil and gas reservoirs. Images constructed from magnetic flux leakage data contain patterns related to noise inherent in the method. We investigate the patterns and their scaling properties for the case of delta-correlated input noise, and consider the implications for the method's ability to resolve defects. The analytical evaluation of the noise-produced patterns is made possible by model reduction facilitated by large-scale approximation. With appropriate modification, the approach can be employed to analyze noise-produced patterns in other situations where the data of interest are not measured directly, but are related to the measured data by a complex linear transform involving integrations with respect to spatial coordinates.

The work has been supported by the Government of Perm Region (Contract C-26/0004.3).

- [2] A. V. Pimenova, D. S. Goldobin, J. Levesley, A. O. Ivantsov, P. Elkington, M. Bacciarelli, *Magnetic Flux Leakage Method: Large-Scale Approximation*, Math. Model. Nat. Phenom., Vol. 10, No. 3, 61–70 (2015).
- [3] A. V. Pimenova, D. S. Goldobin, J. Levesley, P. Elkington, M. Bacciarelli, *Noise-Produced Patterns in Images Constructed from Magnetic Flux Leakage Data*, Math. Model. Nat. Phenom., Vol. 10, No. 3, 139–148 (2015).

ПРО АПРОКСИМАЦІЮ НЕВАРІАЦІЙНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ПАРАБОЛІЧНИМИ РІВНЯННЯМИ

Горбонос С.О., gorbonos.so@gmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

Розглядається питання апроксимації неваріаційних розв'язків для такої задачі керування:

$$y_t - \operatorname{div}(\nabla y + A(x)\nabla y) = f \text{ на } \Omega \times [0, T], \quad (1)$$

$$y = 0 \text{ на } \Gamma_1 \times [0, T], \quad \frac{\partial y}{\partial \nu_A} = u \text{ на } \Gamma_2 \times [0, T], \quad (2)$$

$$y(t_0, x) = y_0 \in L^2(\Omega) \text{ на } \Omega, \quad (3)$$

$$I(u, y) = \|y - y_d\|_{L^2(0, T; H_0^1(\Omega))}^2 + \|u\|_{L^2(0, T; L^2(\Gamma_2))}^2 \rightarrow \inf, \quad (4)$$

де Ω – відкрита, обмежена з Ліпшицевою межею множина простору R^N ($N \geq 2$), а $\partial\Omega = \Gamma_1 \cup \Gamma_2$; $A(x)$ – косиметрична матриця з необмеженими коефіцієнтами; $T > 0$ – задана величина; $u \in L^2(0, T; L^2(\Gamma_2))$, $y_d \in L^2(0, T; H_0^1(\Omega))$ і $f \in L^2(0, T; H^{-1}(\Omega))$ – задані розподілення. Особливість наведеної задачі оптимального керування для лінійного параболічного рівняння полягає в наявності необмежених коефіцієнтів в головній частині диференціального оператора, що, в свою чергу, не дозволяє застосувати класичні теореми типу леми Лакса-Мільграма для дослідження проблеми розв'язності задачі (1)-(3) [1].

В роботі [2] було введено означення неваріаційного розв'язку для задачі оптимального керування (1)-(4):

Означення. Пару $(u^*, y^*) \in L^2(0, T; L^2(\Gamma_2)) \times L^2(0, T; H_0^1(\Omega))$ називатимемо неваріаційним розв'язком задачі оптимального керування (1)-(4), якщо

$$I(u^*, y^*) = \inf_{(u, y) \in \Xi} I(u, y), \quad (u^*, y^*) \in \Xi$$

і має місце нерівність

$$\|y\|_{L^2(0, T; H_0^1(\Omega))}^2 + \frac{1}{2} \|y(T)\|_{H_0^1(\Omega)}^2 \neq \int_0^T \int_{\Omega} \langle f, y \rangle_{H^{-1}(\Omega); H_0^1(\Omega)} dx dt +$$

$$+ \int_0^T \int_{\Gamma_2} u y dH^{N-1} dt + \frac{1}{2} \|y_0\|_{H_0^1(\Omega)}^2.$$

Для побудови апроксимаційної схеми до матриці потоку $A(x)$ було застосовано оператор зрізки $T_\varepsilon(A) = [T_\varepsilon(a_{ij})]_{i,j=1}^N$, де $T_\varepsilon(s) = \max\{\min\{s, \varepsilon^{-1}\}, -\varepsilon^{-1}\}$, а $\varepsilon > 0$. В результаті, отримано набір множин Ω_ε з якими пов'язано наступну послідовність задач оптимального керування:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_\varepsilon(u, v, y) = \|y - y_d\|_{L^2(0, T; H_0^1(\Omega_\varepsilon))}^2 + \|u\|_{L^2(0, T; L^2(\Gamma_2))}^2 + \frac{1}{\varepsilon^\alpha} \|v\|_{L^2(0, T; H^{-1/2}(\Gamma_\varepsilon))}^2, \\ y_t - \operatorname{div}(\nabla y + A(x)\nabla y) = f \text{ на } \Omega_\varepsilon \times [0, T], \\ y = 0 \text{ на } \Gamma_1 \times [0, T], \\ \frac{\partial y}{\partial \nu_A} = u \text{ на } \Gamma_2 \times [0, T], \\ \frac{\partial y}{\partial \nu_A} = v \text{ на } \Gamma_\varepsilon \times [0, T], \\ y(t_0, x) = y_0 \in L^2(\Omega) \text{ на } \Omega_\varepsilon, \end{array} \right. \quad (5)$$

тут, $y_d \in L^2(0, T; H_0^1(\Omega))$ і $f \in L^2(0, T; L^2(\Omega))$ задані; $y \in L^2(0, T; H_0^1(\Omega_\varepsilon))$; $u \in L^2(0, T; L^2(\Gamma_2))$ – керування, а $v \in L^2(0, T; H^{-1/2}(\Gamma_\varepsilon))$ – фіктивне керування (введене для забезпечення коректності); ν – зовнішня нормаль одиничного вектора на Γ_2 і Γ_ε ; α – додатне число таке, що $\varepsilon^{-\alpha} H^{N-1}(\Gamma_\varepsilon) \rightarrow 0$ коли $\varepsilon \rightarrow 0$.

Провівши аналіз поведінки послідовності задач (5), було показано, що вихідна задача (1)-(4) є варіаційною границею послідовності задач умовної оптимізації (5). В результаті, дослідження асимптотичної поведінки розв'язків задач (5), коли $\varepsilon \rightarrow 0$, було встановлено, що розв'язок задачі оптимального керування (1)-(4) можна наблизити розв'язками задач (5), незалежно від типу розв'язку: варіаційний або неваріаційний.

Бібліографічні посилання

1. **Kogut P.I.** On attainability of optimal solutions for linear elliptic equations with unbounded coefficients / Kogut P.I., Kupenko O.P. // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія: Моделювання – 2012. – Вип. 4. – С. 63–82.
2. **Gorbonos S. O.** On non-variational solutions to optimal boundary control problems for parabolic equations / Gorbonos S. O., Kogut P.I. // Вісник ДНУ. Серія: Математика. – ДНУ, 2014. – Вип.19. – №6/1. – С.36-51

КОМБИНАТОРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ БАЛАНСНОЙ КОМПОНОВКИ 3D-ОБЪЕКТОВ

Гребенник¹ И.В., igorgrebennik@gmail.com, Коваленко¹ А.А.,
Урняева¹ И.А., Шеховцов² С.Б.
tarom7@yahoo.com

¹ Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина,

² Харьковский национальный университет внутренних дел, Украина,

Задачи баланснoй компоновки, относятся к классу NP-сложных задач размещения и возникают, например, при проектировании ракетно-космической техники. Отличительной чертой данных задач является учет ограничений поведения спутниковой системы, такие как равновесие, инерционность и устойчивость. Многие публикации посвящены исследованию задач компоновки оборудования в модульных отсеках космических кораблей и спутников [1]. В статьях [2, 3] приводятся математические модели и методы решения задач оптимальной компоновки множества 3D-объектов $A = \{A_i, i \in I_n = \{1, \dots, n\}\}$, в контейнере Ω (формы цилиндра, параболоида вращения или усеченного конуса). Контейнер разделен круговыми стеллажами на подконтейнеры Ω^k , $k=1, \dots, m$. При этом предполагается, что разбиение множества A на подмножества A^k , $k=1, \dots, m$, в соответствии с размещением объектов внутри Ω^k , $k=1, \dots, m$, считается заданным. В данном исследовании рассматривается задача баланснoй компоновки множества 3D-объектов, в которой необходимо определить не только вектор параметров размещения объектов $A_i, i \in I_n$, но и вид разбиения $A^k = \{A_i, i \in I^k\}$, $k=1, \dots, m$, $I^1 \cup I^2 \cup \dots \cup I^k \cup \dots \cup I^m = I_n$, такие, что отклонение центра тяжести системы от заданной точки достигало бы своего минимального значения. Исследуются комбинаторные особенности задачи.

Список литературы

1. **Fasano G.** Modeling and Optimization in Space Engineering. Springer Optimization and Its Applications /G. Fasano, J. D. Pinter// Problems and Applications. – New York, 2012. – Vol. 73, 404 p.
2. **Stoyan Yu.** Optimal Balanced Packing Using Phi-Function Technique/ Yu. Stoyan, P. Stetsyuk, T. Romanova // NATO Science for Peace and Security Series - D: Information and Communication Security. – 2014. – Vol. 37, P. 251-271
3. **Kovalenko, A., Romanova, T., Stetsyuk, P.:** Balance layout problem for 3D-objects: mathematical model and solution methods. Cybern. Syst. Anal. **51**(4).

РЕАЛІЗАЦІЯ КРИПТОГРАФІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ $G(\lambda)$ -МАТРИЦЬ ФІБОНАЧЧІ

Грицюк¹ Ю.І., Грицюк² П.Ю.

¹НУ "Львівська політехніка", ²НЛТУ України, м. Львів

Криптографічні перетворення даних з використанням ключів шифрування призначені для приховування (відновлення) змісту інформації, підтвердження її достовірності, цілісності, авторства, дати створення тощо. Класична криптографія гарантує захист даних тільки за умов, якщо використано ефективний криптографічний алгоритм, а також дотримані умови секретності та цілісності ключів шифрування [2].

До класичних методів захисту інформації належить Афіній перетворення у криптографічній системі Лестера Хілла [1]. Однак, основна його проблема у генеруванні множини прямих і обернених матриць (ключів шифрування), елементами яких мають бути цілі числа. Для її вирішення пропонуємо використовувати $G(\lambda)$ -матриці, елементами яких є λ -числа Фібоначчі [3].

Існує теорія матриць спеціального типу [4], однією з яких є узагальнені $G(\lambda)$ -матриці Фібоначчі, піднесені до n -ої степені, які мають такий запис:

$$\bar{G}(\lambda) = \begin{bmatrix} \lambda & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \bar{G}_p^n(\lambda) = \begin{bmatrix} \lambda F_p^{n+1} & \lambda F_p^n & \dots & \lambda F_p^{n-p+2} & \lambda F_p^{n-p+1} \\ \lambda F_p^{n-p+1} & \lambda F_p^{n-p} & \dots & \lambda F_p^{n-2p+2} & \lambda F_p^{n-2p+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda F_p^{n-1} & \lambda F_p^{n-2} & \dots & \lambda F_p^{n-p} & \lambda F_p^{n-p-1} \\ \lambda F_p^n & \lambda F_p^{n-1} & \dots & \lambda F_p^{n-p+1} & \lambda F_p^{n-p} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\det \bar{G}_p^n(\lambda) = (-1)^{p \cdot n}, \quad p=1, 2, 3, \dots; \quad n=\pm 2, \pm 3, \pm 4, \dots$$

де: λ – будь-яке ціле число; $\lambda F_p^{n-1}, \lambda F_p^n, \lambda F_p^{n+1}$ – $p(\lambda)$ -числа Фібоначчі, піднесені до n -ої степені. Задавати $\bar{G}_p^n(\lambda)$ -матриці Фібоначчі n -го степеня можна за допомогою такого матричного виразу

$$\bar{G}_p^{n+1}(\lambda) = \bar{G}_p^n(\lambda) \times \bar{G}_p^1(\lambda), \quad p=1, 2, 3, \dots; \quad n=2, 3, 4, \dots \quad (2)$$

Для розуміння основних закономірностей процесу побудови таких матриць розглянемо приклад для $p=3$ та $\lambda=5$. Тоді отриманий набір $\bar{G}_p^n(\lambda)$ -матриць Фібоначчі, піднесених до n -ої степені ($n=1, 2, \dots, 6, \dots$), має такий вигляд:

$n=$	0	1	2	3	4	5	6
$\bar{G}_3^n(5)$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 5 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 25 & 5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 125 & 25 & 5 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 1 & 0 & 0 \\ 25 & 5 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 625 & 125 & 25 & 5 \\ 5 & 1 & 0 & 0 \\ 25 & 5 & 1 & 0 \\ 125 & 25 & 5 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 3125 & 625 & 125 & 25 \\ 25 & 5 & 1 & 0 \\ 125 & 25 & 5 & 1 \\ 625 & 125 & 25 & 5 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 15625 & 3125 & 625 & 125 \\ 125 & 25 & 5 & 1 \\ 625 & 125 & 25 & 5 \\ 3125 & 625 & 125 & 25 \end{bmatrix}$
$\det \bar{G}_3^n(5)$	1	-1	1	-1	1	-1	1
$\bar{G}_3^{-n}(5)$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -5 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -5 \\ -5 & 1 & 0 & 25 \\ 0 & -5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -5 & 1 \\ 1 & 0 & 25 & -10 \\ -5 & 1 & 0 & 25 \\ 0 & -5 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -5 & 1 & 0 \\ 0 & 25 & -10 & 1 \\ 1 & 0 & 25 & -10 \\ -5 & 1 & 0 & 25 \end{bmatrix}$
$\det \bar{G}_3^{-n}(5)$	1	-1	1	-1	1	-1	-1

Виявляється [3], $\bar{G}_p^n(\lambda)$ -матриці Фібоначчі (2) можна з успіхом використовувати для виконання криптографічних перетворень аналогічно криптосистемі Лестера Хілла. Суть цих перетворень полягає у поданні початкового

повідомлення у вигляді матриці $\bar{T}$ розміром $(p+1) \times q$ і реалізації таких матричних дій:

$$\text{шифрування} \quad \bar{G}_p^n(\lambda) \otimes_m \bar{T} \oplus_m \bar{B} = \bar{K}; \quad (3)$$

$$\text{дешифрування} \quad \bar{G}_p^{-n}(\lambda) \otimes_m (\bar{K} - \bar{B}) = \bar{T}, \quad (4)$$

де: q – кількість стовпців матриці $\bar{T}$, $q \geq 1$; $\bar{B} = [b_i, i = \overline{1, p+1}]$ – стовпець (ключ) коригування, елементами якого є цілі числами з діапазону $1 \leq b_i < m$; $\otimes_m$ і $\oplus_m$ – множення та додавання елементів матриць за модулем m .

Продемонструємо застосування цього методу (де)шифрування інформації на конкретному прикладі, у якому використана $\bar{G}_p^n(\lambda)$ -матриця для $p = 3$, $n = 5$ та $\lambda = 5$, елементами якої є 3(5)-числа Фібоначчі.

Шифрування вхідного повідомлення

$$\bar{G}_3^5(5) \quad \bar{T} \quad \bar{B} \quad (\bar{G}_3^5(5) \times \bar{T} + \bar{B}) \bmod 256 = \bar{K}$$

3135	626	125	25
25	5	1	0
125	25	5	1
626	125	25	5

 $\times$

219	185	202	183	204	213	97
93	64	155	59	103	136	151
175	247	110	249	75	63	158
98	76	229	218	50	158	222

 $+$

232
175
108
186

 $=$

60	246	183	22	123	20	217
146	247	222	174	233	99	185
61	32	60	65	192	142	124
170	247	148	154	42	57	107

Дешифрування зашифрованої інформації

$$\bar{G}_3^{-5}(5) \quad \bar{K} \quad \bar{B} \quad (\bar{G}_3^{-5}(5) \times (\bar{K} - \bar{B})) \bmod 256 = \bar{T}$$

0	0	-5	1
1	0	25	-10
-5	1	0	25
0	-5	1	0

 $\times$

60	246	183	22	123	20	217
146	247	222	174	233	99	185
61	32	60	65	192	142	124
170	247	148	154	42	57	107

 $-$

192
57
59
187

 $=$

219	185	202	183	204	213	97
93	64	155	59	103	136	151
175	247	110	249	75	63	158
98	76	229	218	50	158	222

Виявляється, що до матричних виразів (3) і (4) можна застосувати R -раундову процедуру (де)шифрування, при цьому кожного разу з новими ключами, тобто з новими $\bar{G}_p^n(\lambda)$ -матрицями Фібоначчі для $n = r + k = 1+k, 2+k, \dots, R+k$, де k – коефіцієнт уточнення. Тоді узагальнені вирази для реалізації прямого та зворотного криптографічних перетворень матимуть такий вигляд:

$$\text{шифрування} \quad \bar{K} = \underbrace{\bar{G}_p^{R+k}(\lambda) \otimes_m \dots \left(\bar{G}_p^{2+k}(\lambda) \otimes_m \left(\bar{G}_p^{1+k}(\lambda) \otimes_m (\bar{T} \oplus_m \bar{B}_1) \oplus_m \bar{B}_2 \right) \dots \oplus_m \bar{B}_R \right)}_{R \text{ раундів}}; \quad (5)$$

$$\text{дешифрування} \quad \bar{T} = \underbrace{\bar{G}_p^{-(1+k)}(\lambda) \otimes_m \left(\dots \bar{G}_p^{-(R-1+k)}(\lambda) \otimes_m \left(\bar{G}_p^{-(R+k)}(\lambda) \otimes_m (\bar{K} - \bar{B}_R) - \bar{B}_{R-1} \right) \dots - \bar{B}_1 \right)}_{R \text{ раундів}}. \quad (6)$$

Бібліографічні посилання

1. Грицюк П.Ю. Особливості реалізації матричної афінної криптосистеми захисту інформації / П.Ю. Грицюк, Ю.І. Грицюк // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.5. – С. 346-356.
2. Хорошко В.О. Методи та засоби захисту інформації : навч. посібн. / В.О. Хорошко, А.О. Четков. – К. : Вид-во "Юніор", 2003. – 502 с.
3. Стахов А.П. Гармония Мироздания и Золотое Сечение: древнейшая научная парадигма и ее роль в современной науке, математике и образовании / А.П. Стахов. – У 2-ох ч. – Ч. 2. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.obretenie.info/txt/stahov/harmoni2.htm>
4. Stakhov A.P. Brousentsov's ternary principle, Bergman's number system and ternary mirror-symmetrical arithmetic / A.P. Stakhov // The Computer Journal. – 2002. – Vol. 45, No. 2. – Pp. 222-236.

СТАТИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛА СЛОВ В ТЕКСТАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКОВ

Громов В.А., Комиссарова А.И., shadow-kom@rambler.ru

Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

Ключевым моментом в развитии исследований, связанных с изучением языков, было определение языка как сложной системы. После этого для исследования языков стали применять методы теории сложных систем. Основное внимание в исследованиях уделялось базовым статистическим показателям, которые характеризовали бы тот или иной язык и разные распределения ключевых элементов языка. Проверяется сложная гипотеза про то, что язык является сложной системой, которая находится в состоянии самоорганизованной критичности: произведения литературы, как и произведения устной речи - это лавины на графе связности слов в языке. Авторы интересуются, какие показатели распределения количества слов в текстах будут иметь русский и английский языки. Перед авторами ставятся такие основные вопросы: будет ли отличаться показатель для устного и письменного языка. А также будет ли сохраняться один и тот же показатель, растянутый во времени.

Для исследования устного языка используется социальная сеть Twitter, которая является прямой проекцией устной речи. Для отыскания показателя степенного распределения применяется модификация методологии предложенной в статье [1]. Метод базируется на критерии Колмогорова-Смирнова. Для получения наилучшей оценки метод отбрасывает несколько наибольших значений. Это продиктовано характером поведения сложных систем в состоянии самоорганизованной критичности. Для каждой пары $(x_{\min}, x_{\max})$ количества слов в текстах рассчитывается показатель распределения α по методу Ньютона. Конечные оценки будут достигаться, когда статистика Колмогорова-Смирнова будет минимальной.

1. **Clauset A.** Power-law distribution in empirical data / A. Clauset, R. Shalizi // *physic.data-an.* – 2009.

МОНИТОРИНГ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОКАЗАНИЙ CAN-ШИНЫ

Гук М.К., maximgook@ukr.net

Днепропетровский национальный университет им. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

В настоящее время комплексный мониторинг транспорта широко используется для решения задач транспортной логистики, в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автопарком, что позволяет существенно снизить накладные расходы и увеличить эффективность деятельности. Для проведения мониторинга и анализа деятельности предприятия необходимо эффективное хранение больших объемов накопленной информации и разработка алгоритмов для анализа данных о техническом состоянии автомобилях и трафике.

Существующие комплексные технические решения, основанные на использовании систем спутникового GPS мониторинга, требуют: наличия сервера для приёма, обработки и анализа данных; установки на транспортном средстве системы датчиков (датчик расхода топлива, датчик уровня топлива в баке, датчик открывания двери или капота, датчик температуры в рефрижераторе); компьютер пользователя или диспетчера, ведущего мониторинг. Использование таких систем нередко приводит к получению некорректных данных, вызванных погрешностями прорисовки карт, несанкционированным отключением некоторых датчиков, проблемами обеспечения устойчивой связи между сервером и объектом мониторинга. Кроме того, указанные системы не позволяют контролировать заправку и слив топлива, что приводит к обработке неверных данных по пробегу автомобиля и пройденному километру. Поэтому более эффективной является технология использования данных CAN-шины автомобиля.

В настоящей работе предложена организация мониторинга, основанная на использовании информации, полученной с CAN-шины автомобиля и модуля GPS, и передачи данных в облачное хранилище посредством Wi-Fi.

Для получения, обработки и передачи данных с объекта мониторинга разработан контроллер, состоящий из модуля взаимодействия с CAN-шиной, модуля обработки полученных сообщений, модуля передачи данных Wi-Fi.

Для обработки сигнала CAN - шины используется специализированный высокоскоростной контроллер MCP2515 в связке с трансивером MCP2551. Контроллер MCP2515 конвертирует, передает информацию с использованием последовательного интерфейса SPI (Serial Peripheral Interface) и позволяет организовать фильтрацию данных. Порядок и формат передаваемых и принимаемых сообщений определён в протоколе OBD. Отличительной особенностью шины данных CAN является адресация, соотнесённая с сообщением, каждому сообщению присваивается его постоянный адрес (идентификатор), маркирующий содержание этого сообщения (например: температура охлаждающей жидкости). Объём данных в одном сообщении по шине данных CAN составляет 8 байт. Блок-приёмник обрабатывает только те сообщения (пакеты данных), которые сохранены в списке принимаемых по шине сообщений, обеспечивая тем самым контроль приемлемости. При передаче сообщений несколькими блоками одновременно используется управление по приоритетам.

В качестве модуля обработки данных используется Atmega 1280, 8-битный AVR микроконтроллер, который обеспечивает возможность работы со всеми необходимыми протоколами обмена данных.

Для передачи данных в проекте выбран модуль Wi-Fi ESP8266, который подключается к микроконтроллеру, управляется AT командами, а для организации быстрого и безопасного соединения с Интернет использует протокол доступа с мощным блоком шифрования (длина ключа 256 бит).

В качестве облачного хранилища используется IBM Bluemix (IBM) типа PaaS (platform as a service), которое предоставляет функции и сервисы корпоративного уровня хранения, аналитики, обработки и презентации данных. Отправка данных по Wi-Fi осуществляется с помощью сетевого протокола MQTT, который поддерживает проверку доставки сообщений.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОБУЧАЮЩЕ-ТРЕНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Гук Н.А. nataly-guk@rambler.ru, Литвин А.Ю., tonylytvyn@gmail.com
Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

В настоящее время обучающие системы на базе вычислительных машин являются достаточно эффективным средством для регламентирования и организации контроля учебной деятельности, обеспечивают различные виды обмена информацией между обучаемым и ЭВМ, регистрируют ход процесса обучения и обрабатывают необходимые статистические данные по результатам обучения.

Предлагается программная оболочка обучающе-тренирующей системы, которая позволяет осуществлять взаимодействие обучающего (путем наполнения ресурса, расположенного в сети Internet и предназначенного для описания предметной области и ресурса, предназначенного для диагностики знаний обучаемого) и обучаемого (путем диалога с помощью Web-сервиса на уровне программного обеспечения сети Internet). Информационное пространство предлагаемой обучающей среды состоит из таких компонент: набора программных агентов для доступа к различным типам ресурсов; организованного Web-сервиса; системы формирования учебного курса для индивидуальной траектории обучения.

Процесс поиска учебных материалов состоит из следующих этапов:

1. регистрация пользователя и создание его модели на основании проводимого тестирования;
2. формирование запроса на получение учебных материалов с использованием модели обучаемого;
3. формирование учебного курса для построения индивидуальной траектории обучения.

Модель обучаемого строится на основе баллов, полученных тестируемым, при выполнении j -ого задания

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{если ответ правильный} \\ 0, & \text{если ответ неправильный} \end{cases}.$$

Тогда для каждого k -ого фрагмента учебного материала оценка имеет вид: $Y_k = \frac{1}{M} \sum_j X_j^k$, $k = \overline{1, K}$, где M – число элементов тестового задания.

Разработанная система является открытой для модернизации и пополнения базы данных информацией по учебным дисциплинам, снабжена сервисной программой настройки параметров контроля знаний, интерфейсом для формирования билетов, позволяет осуществлять настройку процесса тестирования (задание системы оценки результатов тестирования; задание времени ответа на вопросы билета), просмотр, накопление и статистическую обработку результатов тестирования.

Программный доступ к системе осуществляется на базе языка PHP, благодаря которому организован вывод информации на сайт, а также проводится подсчет и обработка результатов тестирования пользователя. Web-сервис организован с помощью языков программирования: HTML 5, CSS 3, JavaScript (HTML служит для разметки web-страницы; каскадная таблица стилей CSS необходима для создания дизайна сайта; JavaScript используется для анимации некоторых элементов интерфейса, а также для скриптов, обеспечивающих работу программной части сайта).

Индивидуальная траектория обучения строится по результатам тестирования путем перехода к следующей теме в случае получения успешных результатов или возврата к учебному материалу для повторного прохождения в случае неуспешного тестирования. Запросы на получение учебного материала формируются с помощью связки web-интерфейса и базы данных учебных материалов. Формируется запрос типа SELECT для выбора того или иного фрагмента учебного материала.

Разработанная система заполнена учебными и тестирующими материалами, может осуществлять обучение и контроль знаний студентов по дисциплинам «Дискретная математика» и «Теория графов».

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ТОНКОСТЕННОЙ СИСТЕМЕ МЕТОДОМ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ

Гук Н.А., nataly-guk@rambler.ru, Степанова Н.И., nist66@mail.ru

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Для оценки живучести тонкостенной системы, подвергшейся аварийному внешнему воздействию, необходимо идентифицировать это внешнее воздействие по результатам измерений характеристик ее напряженно-деформированного состояния. В работе предлагается подход для определения топологии и количественного значения внешнего воздействия.

Рассматривается тонкостенная пластина толщины $2h$, занимающая конечную односвязную область $G = \{X | X = (x, y, z) \in R^3, 0 \leq x \leq a; 0 \leq y \leq b\}$; a, b – линейные размеры пластины. Пластина находится под действием нормального к поверхности локального силового нагружения. По результатам измерений значений деформаций пластины $\varepsilon(X_p) = \varepsilon_p^*$, $p = \overline{1, P}$ определяется функция внешнего воздействия $H(X) = F\delta(X - X_k)$, $k = \overline{1, K}$, где F – амплитуда воздействия; X_k – точка приложения силы с координатами (x_k, y_k) . Деформирование пластины описывается задачей минимизации функции энергии:

$$w = \arg \min_w \mathcal{E}_0, \quad \mathcal{E}_0 = \int_G D \nabla^2 w \nabla^2 w dG - \int_G w H dG \quad (1)$$

с граничными условиям жесткого защемления на краях пластины $x = 0, x = a$:

$$w(0, H) = w'_x(0, H) = 0; \quad w(a, H) = w'_x(a, H) = 0. \quad (2)$$

w – функция нормальных перемещений; D – цилиндрическая жесткость пластины.

Для моделирования локального внешнего воздействия вводится функция

$$H(X) = Fu(X_k), \quad k = \overline{1, K},$$

где
$$u(X_k) = \begin{cases} 1, & \text{если в т. } X_k \text{ приложена нагрузка} \\ 0, & \text{если в т. } X_k \text{ не приложена нагрузка.} \end{cases} \quad (3)$$

Для определения квазирешения обратной задачи формулируется условие, к которому дополнительная информация о результатах наблюдений присоединяется с помощью множителей Лагранжа $\lambda = \{\lambda_p\}$, $p = \overline{1, P}$:

$$H(X) = \arg \min_{F, u, w, \lambda} J(F, u, w, \lambda),$$

$$J(F, u, w, \lambda) = \int_G \left[D\nabla^2 w \nabla^2 w + Fu(X)w + \sum_p \lambda_p (\varepsilon_p - \varepsilon_p^*)^2 \right] dG. \quad (4)$$

Для построения решения обратной задачи вводится множество $\Omega = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_k\}$ n -мерных векторов $\Omega_k = \{0, 0, \dots, X_k, \dots, 0\}$. Функции (3) задаются как характеристические функции подмножеств $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_k$, $k = \overline{1, N}$ в виде [1], тогда $\sum_k u_k(X) = 1$; $u_k(X) = 0 \vee 1$ для $X \in \Omega$. Для решения задачи (4) необходимо определить вектор-функцию $u(\cdot) \in \overline{U}$, вектор $\lambda = \{\lambda_p\}$ и значение амплитуды F , при которых выполняется

$$J(F, u, w, \lambda) \rightarrow \min_{(F, u(\cdot), w, \lambda) \in F \times \overline{U} \times \overline{W} \times \Lambda}, \quad (5)$$

Дадим функции $u(X)$ приращение Δu такое, что выполняются следующие условия: $u + \Delta u \in \overline{U}$; $\sum_{k=1}^N (u_k(X) + \Delta u_k(X)) = 1$. Тогда линеаризованный функционал $J(F, u, w, \lambda)$ представляется в виде:

$$J(F, u, \Delta u, w) = J(F, u, w) + \int_G \sum_{i=1}^N F w_i \Delta u_i dG. \text{ Решение будет оптимальным, если}$$

для всех допустимых приращений $\Delta u_i \in \overline{U}_\Delta$ выполняется условие:

$$\int_G \sum_i F w_i \Delta u_i dG \geq 0, \quad i = \overline{1, N}. \quad (6)$$

С учетом того, что если $X = X_k$, то $u_k = 1$ и $-1 \leq \Delta u_k \leq 0$, а $\forall i, i = \overline{1, N}, i \neq k$ справедливо $0 \leq \Delta u_i \leq 1$, условие (6) может быть представлено в виде:

$$F \sum_{\substack{i=1 \\ \forall i, i \neq k}}^N (w_i - w_k) \Delta u_i \rightarrow \min_{\substack{0 \leq \Delta u_i \leq 1 \\ \forall i, i = \overline{1, N} \\ i \neq k}}. \quad (7)$$

Решения прямой и обратной задач осуществляется переход к дискретной модели пластины с использованием метода конечных элементов. Необходимые условия стационарности для функции (4) приводят к системе алгебраических уравнений. Формулируется алгоритм решения задачи, приводятся результаты идентификации координаты точки приложения силы и амплитуды воздействия по измеренным значениям деформаций.

1. Киселева Е.М. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы, приложения / Е.М. Киселева, Н.З. Шор. – К.: Наукова думка, 2005. – 562 с.

ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ РИЗИКУ

Гура В.В, eccles@mail.ru

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

На сучасному етапі розвитку прогресивного суспільства задача управління технологічними процесами є актуально тому, що розвиток вимірювальної, мікропроцесорної техніки та комп'ютерних технологій надають можливість збільшити їх надійність та економічність. Разом з тим прийняття рішень ускладнюється відсутністю єдиного визначення поняття ризику й методів його оцінки. З формуванням ринкових відносин в Україні актуальними стають питання розвитку теорії економічного ризику та практичного її застосування у діяльності суб'єктів господарювання.

На сьогоднішній момент найефективнішими методами зниження ризику є розроблення алгоритмів для кожного конкретного випадку за допомогою теорії прийняття рішень в умовах ризику, теорії ймовірностей та математичної статистики. Для побудови ефективних алгоритмів та методів для розв'язання проблем ризик-менеджменту необхідною є візуалізація задач у вигляді дерев рішень, що побудовані у програмі для роботи з електронними таблицями Microsoft Office Excel.

Під "ризиком" прийнято розуміти імовірність (загрозу) втрати підприємством частини своїх ресурсів, недоотримання доходів чи появи додаткових витрат у результаті здійснення певної виробничої і фінансової діяльності. Надзвичайно важливо показати кількісну ступінь ризику. Це можливо за допомогою критерію очікуваного значення або його модифікацій. Даний критерій, в залежності від ситуації, може приймати різні параметри. Найбільш нестабільним параметром в задачах є ймовірність сприятливої або не сприятливої ситуацій на ринку (зовнішньому середовищі). В залежності від точності розрахунку чи прогнозування цих ймовірностей залежить вибір оптимальної стратегії для особи, що приймає рішення.

ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВОГО РЯДУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

Долгих А.О., dolgh.nastya@gmail.com, Білобородько О.І., oxanab@ukr.net
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Для вирішення задачі прогнозування часових рядів використовується багато різних підходів. Класичні регресійні моделі потребують суттєвих математичних обчислень та є малопридатними для прогнозування коротких часових рядів. Альтернативним рішенням є адаптивні моделі, які швидко підлаштовуються під значення ряду, не потребують потужного математичного апарату та вдало використовуються для аналізу коротких рядів.

В адаптивних методах прогнозування часовий ряд подається у вигляді функції

$$u_t = f(a_{1t}, a_{2t}, \dots, a_{pt}, t) + e_t,$$

де $a_{1t}, a_{2t}, \dots, a_{pt}$ – параметри функції, e_t – випадкова складова. Характерною ознакою цих методів є те, що на кожному кроці обчислюються нові значення $a_{1t}, a_{2t}, \dots, a_{pt}$, які залежать від коефіцієнтів згладжування $0 < \beta_1, \beta_2, \beta_3 < 1$.

Для того, щоб отримати якісні результати прогнозування потрібно підібрати такі значення параметрів $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, які найбільш підходять для заданого часового ряду. Ця задача не має тривіального рішення, тому основною метою дослідження є знаходження оптимальних значень параметрів $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ за допомогою генетичного алгоритму.

Потенційне рішення оптимізаційної задачі (параметри $\beta_1, \beta_2, \beta_3$) представлено у вигляді хромосом. В класичних генетичних алгоритмах хромосоми подаються у вигляді бінарного вектору. Однак бінарне подання хромосом має певні труднощі при виконанні пошуку в безперервних просторах. Тому для вирішення поставленої задачі було використано генетичний алгоритм з кодуванням на базі дійсних чисел (RGA).

В ході виконання дослідження було реалізовано наступні оператори схрещування неперервних генетичних алгоритмів: арифметичний, геометричний, плоский, лінійний, дискретний, евристичний, *BLX – α* та *SBX* кросовери та два види мутації: проста мутація та мутація Міхалевича. Також передбачена можливість обрати одну з стратегій відбору батьків для схрещування: панміксія, аутбридинг, інбридинг, турнірна селекція та метод рулетки.

Розроблений програмний продукт дозволяє комбінувати різні оператори відбору, схрещування та мутації та відслідковувати, як при цьому змінюється середньоквадратична похибка прогнозу. Користувач може змінювати розмір популяції, ймовірність мутації та кількість епох алгоритму, а також параметри, специфічні для деяких операторів схрещування дійсних векторів. Для досліджуваних часових рядів значення середньоквадратичної похибки прогнозу після застосування генетичного алгоритму для підбору параметрів моделей складає 650. Для порівняння, якщо значення параметрів встановити на рівні близько 0.3, як рекомендовано в літературі, значення середньоквадратичної похибки прогнозу складає 1200. Кращі результати можна отримати, виконавши підбір параметрів власноруч. При цьому значення середньоквадратичної помилки змінюється від 690 до 665. Метою подальших досліджень є знаходження найкращих комбінацій операторів алгоритму, які дозволяли б знайти оптимальні параметри $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ найбільш швидко.

1. **Лукашин Ю.П.** Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учеб пособие / Ю.П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416с.
2. **Deb, K. and Kumar, A.** Realcoded genetic algorithms with simulated binary crossover: Studies on multimodal and multiobjective problems // *Complex Systems*, 9(6), 1995. 431-454.
3. **Herrera F., Lozano M., Verdegay J.L.** Tackling real-coded Genetic algorithms: operators and tools for the behaviour analysis // *Artificial Intelligence Review*, Vol. 12, No. 4, 1998. – P. 265-319.

УСПІШНІСТЬ СТУДЕНТІВ В КОНТЕКСТІ САМООРГАНІЗАЦІЇ

Долгов В. М., valeriy.dolgov@rambler.ru,
Гриценко А. С., anya.grytsenko@gmail.com,
Шевелєва Я. В., yanasheveleva15@gmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Одна з задач педагогіки – підвищення результативності освітніх систем. Проблема успішності студентів вищих навчальних закладів завжди була актуальною і на сьогодні стала ще більш актуальною.

Одним із способів рішення даної задачі може бути створення моделі студентської групи, що дозволить дослідити фактори, які впливають на кожного студента та успішність групи та факультету в цілому. У доповіді зроблена спроба використати кібернетичний підхід, коли така соціальна система, як студентський колектив факультету, розглядається як велика і складна система з різноманітними зв'язками між особистостями і прослідкувати за виникненням ефектів самоорганізації в ній.

Для отримання уявлення про поведінку такої системи пропонується використати ідеї харизматичності, копінга і мультиагентне моделювання, яке проводилось у середовищі NetLogo.

Доповідь ґрунтується на реальних даних щодо успішності студентів факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем (ФФЕКС) ДНУ імені Олеся Гончара, що навчалися за ОПІ бакалавра випуску 2014 року.

Стосовно статистичних характеристик, що були використані при моделюванні, треба сказати, що при будь-якому виборі окремих напрямів підготовки студентів, а також при аналізі успішності в цілому, зберігаються головні риси розподілу отриманих студентами балів та тенденції оцінювання знань студентів викладачами, що можна розглядати як ознаки самоорганізації.

Як свідчать результати проведеного статистичного аналізу, принципових змін у поведінці студентів рік за роком не спостерігається. За допомогою аналізу кореляційних зв'язків виявлено однакову тенденцію розподілу

успішності, як у межах одного напрямку, так і між різними напрямками підготовки. У подальшому отримані результати були використані при налаштуванні мультиагентної моделі.

Перед моделюванням необхідно було вирішити два головних питання:

- керуючись ідеєю харизматичної привабливості та копінгу, визначити кількість харизматиків, яку буде покладено в основу функціонування моделі, та на основі статистичних даних про семестрову успішність студентів випуску 2014 року знайти значення коефіцієнтів привабливості тієї або іншої моделі поведінки студентів щодо їх переваг у виборі стратегії навчання (скласти звітності будь-яким чином, прагнути отримати глибокі знання, бути відмінником тощо);
- сформулювати критерій якості функціонування моделі з метою оцінки її працездатності.

Визначення кількості харизматиків здійснювалось шляхом використання методів кластеризації, реалізованих в аналітичній платформі Deductor. Кількість центрів привабливості ототожнювалася з кількістю кластерів в вихідних даних – зведених відомості успішності студентів.

Результат мультиагентного моделювання не можна «обчислити», але можна оцінити його у середньому. Можна переосмислити сутність агента і наблизити її до реального студента. Його можна характеризувати успішністю і тією ж безкомпромісністю. Але це принципово ускладнює засіб взаємодії агентів і центрів, оскільки з однокритеріального вибору прийдемо до задачі багатокритеріальної оптимізації. Тому було використано адитивний суперкритерій з відповідними ваговими коефіцієнтами щодо успішності та безкомпромісності.

Хоча використання розробленої моделі на основі ідеї харизми потребує додаткових досліджень, можна вважати, що модель працює досить ефективно, навіть у випадку простих налаштувань відповідає дійсності та дозволяє застосовувати її для розуміння засад студентської успішності.

ПРО ДЕЯКІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ СТУДЕНТСЬКИХ РОБІТ НА ПРЕДМЕТ ПЛАГІАТУ

Долгов В. М., valeriy.dolgov@rambler.ru,

Солоп Т.О., tania.solop@mail.ru

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

В будь якому огляді питання щодо проблем плагіату і, в тому числі, плагіату в студентських роботах, підкреслюється важливість і актуальність цієї проблеми. Закон України «Про вищу освіту», ряд внутрішніх документів ДНУ ім. О. Гончара, наприклад, «Положення про атестацію здобувачів вищої освіти» від 14.05.2015 р. безумовно вказують на необхідність організувати роботу з запобігання наукового і студентського плагіату.

Дослідження, про яке йде мова у доповіді, ґрунтується на аналізі курсових проектів з дисципліни «Технологія створення програмних продуктів», виконаних студентами напрямів 6.050101 «Комп'ютерні науки» та 6.050102 «Комп'ютерна інженерія».

Проведений аналіз методичних матеріалів щодо виконання робіт такої спрямованості, запозичених з мережи Internet, свідчить про те, що студента можуть спонукати до плагіату:

- неясне формулювання завдання;
- відсутність вимог високої унікальності тексту;
- відсутність розробок нових, цікавих тем для студентських досліджень, тобто щорічні повтори тематики;
- надмірне перевантаження студентів теоретико-методологічними та термінологічними аспектами предметної області.

Звичайно висновки щодо унікальності студентської роботи роблять на підставі результатів роботи однієї з поширених антиплагіатних програм. Метою цього дослідження була спроба поглянути на проблему дещо ширше. Зроблено спробу перевірити та порівняти результати роботи різних антиплагіатних програм та застосувати інші засоби аналізу тексту, котрі зазвичай не використовуються для вирішення даного питання.

В ході дослідження було:

- проведено аналіз структури курсового проекту і з'ясовані його компоненти які можливо перевірити на плагіат;
- запропоновано використання SEO засобів для з'ясування додаткових характеристик текстів курсових проектів;
- проаналізовані результати перевірки курсових проектів різними антиплагіатними засобами і проведено порівняння результатів;
- встановлено кореляційні зв'язки між результатами перевірки, що обґрунтовують вибір антиплагіатних програм;
- в ході проведення кластерного аналізу результатів антиплагіатної перевірки, встановлена можливість диференціювати студентів за групами успішності відповідно до прийнятої зараз шкали успішності ETCS;
- встановлено кореляційні зв'язки між результатами перевірки та оцінкою курсового проекту викладачем;
- отримані числові характеристики текстів курсових проектів та, засобами Data Mining, вивчено вплив характеристик тексту на оцінку роботи викладачем.

Висновки, щодо результатів дослідження:

- обрані найбільш відповідні, для перевірки, програми: Advego Antiplagiat, ETXT Антиплагіат, Плагіата.НЕТ; і сервіси Advego та istio.com.
- підтверджена можливість використання результатів перевірки тексту курсового проекту для його оцінки;
- в початковому вигляді запропоновано можливу структуру вузівської системи перевірки на плагіат;

При розширенні обсягів проектів, що аналізуються, і накопичуванні їх у вигляді відповідної бази даних при використанні такого підходу студент буде мати змогу попередньо оцінити свою роботу з позицій викладача і доробити її до відповідного рівня.

О ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ РАЗЛИЧНЫХ УЧЕБНЫХ КУРСОВ ПО ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Ефимов В.Н., Vk.yefimov@gmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

В 2010-ом году специальность “Программное обеспечение АС” факультета прикладной математики ДНУ перешла на новое направление подготовки 6.05103 - “Программная инженерия” [1]. Это стало ответом высшего образования на потребности IT-бизнеса. За это время кафедра математического обеспечения ЭВМ Днепропетровского национального университета заново подготовила или существенно обновила несколько десятков учебных курсов нового направления. Эти курсы покрывают все этапы жизненного цикла программного обеспечения (ПО) [2] и акцент обучения в них смещен от теоретического образования в сторону освоения технологий разработки ПО. В этом году будет первый выпуск магистров этого направления подготовки.

За это время мне пришлось участвовать в подготовке следующих учебных курсов по программной инженерии: “Алгоритмы и структуры данных”, “Архитектура компьютера”, “Анализ требований к ПО”, “Логическое и функциональное программирование”, “Архитектура и проектирование ПО” и др. Среди этого перечня только первые два учебных курса с натяжкой можно отнести к традиционному направлению подготовки 6.05101 - “Компьютерные науки”. С самого начала обучения мы ориентируем студентов на освоение всего комплекса знаний и умений [3, 4], необходимых программистам в их будущей профессиональной деятельности.

В настоящее время возросли масштабы программных проектов. Поэтому при освоении курсов “Анализ требований к ПО” и “Архитектура и проектирование ПО” большое внимание уделяется командному принципу работы. Все задания выполняются в составе команды. Команда структурируется по ролям, но рейтинговые баллы выставляются всей команде, а не по отдельности. Только лидер команды (team leader) несет персональную ответственность за все недоработки в проекте перед клиентом (преподавателем). Это дисциплинирует студентов, прививает навыки коммуникации, вырабатывает чувство ответственности за общий командный успех.

В курсе “Алгоритмы и структуры данных” понятие уровня сложности алгоритмов иллюстрируется понятием уровня подготовки в различных областях знаний и умений программиста [4]. Понятие масштабируемости поясняется на примере того, почему компьютерные компании предпочитают программистов третьего уровня ($\log_2 n$) и совершенно не заинтересованы в про-

граммистах нулевого уровня (2^n). При изложении раздела “Структуры данных” вводится понятие предметной области для иллюстрации того, откуда возникают различные структуры данных в программных проектах.

В названиях учебных курсов “Архитектура компьютера” и “Архитектура и проектирование ПО” общим является понятие архитектуры. И это не случайно. Архитектура появляется там, где система структурируется в виде взаимодействующих компонентов. Первые персональные компьютеры (ПК) имели открытую архитектуру с общей шиной. Все части ПК (процессор, память, внешние устройства и др.) соединялись с помощью общей шины ISA. Современные программные системы (ПС) все более становятся распределенными. Распределенные компоненты ПС объединяются в систему с помощью “программной шины”, роль которой выполняет промежуточное ПО [2].

Способы подключения компонент к ПК унифицируются с помощью стандартов шин расширения. В настоящее время все аспекты разработки ПО также подчиняются системе стандартов. Стандартизация закреплена в виде одного из важнейших требований атрибутов качества разрабатываемой ПС. С переходом на последовательные интерфейсы в ПК появилась возможность перейти от архитектуры с общей шиной к архитектуре типа “точка-точка”. Шины ПК все становятся все более интеллектуальными. В настоящее время шины ПК могут брать на себя все более и более интеллектуальные задачи, тем самым разгружая центральный процесс для более важных задач. В архитектуре ПО это приводит к понятию промежуточного сервера (проху). Архитектуры “клиент-сервер”, CORBA, архитектура распределенных объектов, многоуровневая архитектура (виртуальные машины) и др. имеют вполне конкретные аналоги в архитектуре ПК.

Таким образом учебные курсы направления подготовки 6.05103 - “Программная инженерия” взаимодополняют и обогащают друг друга. По аналогии с Architecture Business Cycle (ABC) [5] можно говорить о цикле воздействия различных учебных курсов на преподавателя и друг на друга.

1. Рекомендации по преподаванию программной инженерии и информатики в университетах = Software Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering; Computing Curricula 2001: Computer Science: пер. с англ. — М.: ИНТУИТ.РУ “Интернет-Университет Информационных Технологий”, 2007. — 462с.: ил. <http://window.edu.ru/library/pdf2txt/533/70533/45938/page3>
2. Соммервилл, Иан. Инженерия программного обеспечения, 6-е издание. : Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2002, - 624с., ил.
3. Основы Программной Инженерии (по SWEBOK) http://swebok.sorlik.ru/1_software_requirements.html#_2
4. Матрица компетенции программиста Ч I, Ч II. <http://sijinjoseph.com/programmer-competency-matrix/>
5. <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetid=30264>

РЕАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ CQRS TA EVENT SOURCING

Задорожний С. В., zadorozhnyi@outlook.com, **Земляна С. В.**
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Сьогодні величезна кількість бізнес-додатків була створена з використанням реляційних баз даних в якості сховища даних. Сутності реального світу, предметної області, відображаються в ER-моделі, яка будується, канонічно, нормалізованою. Це дозволяє позбутися деякого рівня збитковості даних, аномалій оновлення, спрощення правил, що накладають обмеження цілісності. В результаті ER-модель має структуру даних, яку незручно використовувати для відображення кінцевому користувачу на екрані, але така модель може гарантувати консистентність даних на достатньому рівні.

Отже, система, яка зберігає дані в сховищі, що являє собою правильну ER-модель, може забезпечити цілісність даних, але не може забезпечити швидкодію при суттєвому збільшенні кількості відношень та даних.

Ефективним кроком в рішенні проблеми є розділення сховища на дві частини: модель запису та модель читання. Такий підхід потребує розвитку в питанні підтримки моделі читання в актуальному стані, розвитку в механізмі реалізації принципів ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability), що в реляційних моделях закладені на рівні СКБД. Позбувшись реляційної компоненти, сховище не має механізмів забезпечення цілісності структури даних.

В роботі представлено реалізацію концепції CQRS + Event Sourcing, що покликана вирішити описані вище проблеми. Фундаментальною ідеєю концепції ES є зберігання послідовності об'єктів-подій, що містять інформацію про кожну окремо взятую зміну системи, і ці об'єкти-події зберігаються в такій послідовності, в якій вони були створені в системі. Ключовою точкою є те, що подія, яка описує зміну стану додатку, не є

похідною від зміни системи, а саме породжує описану зміну стану. Цей факт підводить до списку переваг над простим аудитом змін даних, а саме:

- *Повна перебудова.* Ми можемо знищити поточний стан системи та перебудувати його шляхом відтворення всіх подій в системі від самого початку.
- *Відтворення минулого стану.* Ми можемо визначити стан системи в будь-якій момент часу існування системи шляхом часткової перебудови з початкового стану до заданої дати або окремої події.
- *Відкат небажаної зміни.* Можна відредагувати послідовність подій, додати необхідні, змінити чи видалити небажані події, після цього виконати перебудову і отримати бажаний стан системи.

Концепція CQRS (Common Query Responsibility Segregation) – це концепція побудови додатку, що передбачає ізоляцію домену і бізнес-логіки в окреме місце, але не поширює інформацію про стан домену та системи. В поєднанні з Event Sourcing вона надає цілий ряд переваг, однією з яких є відповідність способу збереження інформації до способу представлення.

Реалізація концепції CQRS+ES, що представлена в роботі, вирішує сформульовану задачу, тобто завдяки цій концепції нам вже не потрібний процес трансформації даних для побудови екрану, при цьому задача вирішена без втрати цілісності, тому що принципи ACID реалізовано на рівні домену. Проведено аналіз можливостей побудови розподіленої системи, що масштабується горизонтально. Крім того, для кожної реалізації розподіленої системи аналізується питання, який саме елемент CAP-теореми деградує.

1. Eric Brewer, Towards Robust Distributed Systems, July 2000, p. 7.

2. Jonathan O. DDDD:Why I Love CQRS [Електронний ресурс] / Oliver Jonathan.– 2009.–Режим доступу до ресурсу: <http://blog.jonathanoliver.com/dddd-why-i-love-cqrs/>.

NOISE AND INTELLIGENCE IN SYNTHETIC GENETIC CIRCUITS

Zaikin A.¹

alexey.zaikin@ucl.ac.uk

¹ *Institute for Women's Health, University College London, UK*

The determination of cellular fate is performed by superimposing the pattern of extracellular signalling with the intracellular state given by locations and concentrations of transcriptional factors within the cell. This scenario is regulated by the program encoded in the cellular genome. Understanding the principles of this programming and, especially, how this program is executed is a key problem of modern biology, for control of this program would provide insight into new biotechnologies and medical treatments.

We have developed a design [1] by which linear separation can be performed genetically on the concentrations of certain input protein concentrations. In addition to this we are able to contextualize this separation through the introduction of external kinases which allow the systems weightings (and thus its line of separation) to be adjusted within the cellular life rather than having to be adjusted evolutionarily. Considering this system in a presence of noise we observed, demonstrated and quantified the effect of stochastic resonance in linear classification systems with input noise and threshold spoiling. To explain a mechanism of Stochastic Resonance we have considered a simple classifying perceptron and have shown that analytical results match the numerical simulations. The consideration of linear separation in noisy environments is relevant due to the intrinsic noisy nature of gene expression in cells both due to extrinsic or intrinsic factors.

1. R. Bates, O. Blyuss, A. Alsaedi, and A. Zaikin, “Effect of noise in intelligent cellular decision making”, **PLOS ONE** 10(5), e0125079 (2015).

МЕТОД ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ В КОНТАКТНОЙ ПРОБЛЕМЕ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

Зайцева Т. А., ztan2004@mail.ru, Фридман А.Д., afidman@mail.ru

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

В настоящей работе используется подход, базирующийся на постановке контактной задачи как обратной, где в роли неизвестных выступают значения вектора перемещений в зоне контакта, а в качестве численного метода – метод конечных элементов в сочетании с методом Ньютона.

Рассматривается плоская контактная задача для двух прямоугольных областей разной жесткости. Один из прямоугольников зажат по одной из граней, на противоположной грани располагается второй прямоугольник, прижимающийся к первому нормальной силой. Формулируется краевая задача, которая описывает деформирование, рассматриваемой системы.

Решение задачи представляется в виде суммы двух состояний:

$$U^{(m)}(x) = U^0(x) + \tilde{U}^{(m)}(x),$$

где $U^0(x)$ – вектор-функция, описывающая напряженно-деформированное состояние при полном сцеплении, $\tilde{U}^{(m)}(x)$ – вектор-функция, описывающая дополнительное состояние, которое возникает вследствие существования зон скольжения и отрыва. Условия скольжения удовлетворяют путем постановки обратной задачи для определения граничных значений функции $\tilde{U}^{(m)}(x)|_{\Gamma} = \tilde{U}_{\Gamma}^{(m)}$.

Для решения используется переход от бесконечномерной к конечномерной оптимизации, путем аппроксимации вектор - функции с помощью метода конечных элементов. Для минимизации невязок используется метод Ньютона.

Были проведены расчеты для контактирующих прямоугольных тел ($l_1 = 0,2\text{ м}$, $l_2 = 0,5\text{ м}$) равных размеров. Отношение модулей упругости $E_1/E_2 \approx 0,01$, где E_1 – модуль упругости тела на которое действует сила.

Для проведения расчетов использовался пакет типа COSMOS/M. Генерация сетки конечных элементов осуществлялась путем автоматического выбора шага сетки до достижения заданной относительной погрешности по перемещениям равной 0,02. Было установлено, что для полного сцепления зона скольжения отсутствует; при $k=0,8$ (k – коэффициент трения) она составила 20% контактной зоны; при $k=0,6$ и $k=0,48$ – 40% контактной зоны. Наибольшие касательные напряжения наблюдаются для полного сцепления. С ростом размеров зон скольжения они существенно убывают. На краях контактной зоны происходит изменение знака нормальных напряжений (имеет место отрыв).

ФОРСАЙТ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ НА СЕРЕДНЬОСТРОКОВУ І ДОВГОСТРОКОВУ ПЕРСПЕКТИВУ

Згуровський М.З., mzz@kpi.ua,

Панкратова Н.Д., natalidmp@gmail.com

Інститут прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ»

МОН і НАН України

Світовим центром даних з геоінформатики і сталого розвитку (<http://wdc.org.ua/>) Міжнародної Ради з науки (ICSU) при Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» та Інституті прикладного системного аналізу МОН України та НАН України (ІПСА) виконано друге дослідження «Форсайт економіки України на середньостроковому (2015–2020 роки) і довгостроковому (2020–2030 роки) часових горизонтах» [1]. Перше дослідження цієї проблеми було виконано Світовим центром даних в 2008 році: <http://wdc.org.ua/sites/default/files/sd2008-full-ru.pdf>. У вищезазначених дослідженнях обґрунтовано, що за умов зламоподібних змін станів соціоекономічних систем (як це мало місце в Україні в 2004-2005 та 2013-2014 роках) майбутнє цих систем, не може інтерпретуватися як звичайне продовження минулого (прогнозування), у зв'язку з тим, що це майбутнє може набувати принципово відмінних форм та структур порівняно з тими, що були відомі в минулому. За цих умов репрезентувати майбутнє таких систем можливо лише шляхом застосування методології передбачення, заснованої на експертному оцінюванні станів зазначених систем на час дослідження і побудови групи сценаріїв їх розвитку на заданих часових горизонтах в майбутньому [2].

Після втрати з-під контролю України в 2013–2014 роках газових родовищ Чорноморського шельфу та туристичного комплексу Криму і значної частини гірничодобувної, металургійної та хімічної промисловості Донбасу (дефрагментація економіки України) очевидним став факт, що майбутня економіка країни вже не буде мати попередньої структури та

попереднього характеру низькотехнологічно, сировинно-переробного розвитку. У зв'язку з цим у міжнародній кооперації праці економіка України має знайти для себе інші сфери за тими кластерами економіки, за якими вона має географічні, ресурсні, людські та інші переваги. Безальтернативною для неї є переорієнтація на високотехнологічний шлях подальшого розвитку. При цьому держава має зробити ставку виключно на якісний людський капітал, включити конкурентоспроможну науку, передову освіту та високотехнологічний бізнес в основні драйвери своєї економіки.

Грунтуючись на цій концепції, розглянуто методологію та виконано комплекс робіт з передбачення (форсайту) розвитку майбутньої економіки України на середньостроковому (2015–2020 роки) і довгостроковому (2020–2030 роки) часових горизонтах. Було розглянуто по чотири сценарії на кожен період. Скажімо, на перший з них передбачено 1) «оптимістичний» хід розвитку економіки держави; 2) варіант «консервування кризи»; 3) «суверенного дефолту» та 4) «колапсу». Звісно, сценарії розвитку до 2030 року є безпосереднім продовженням того, що відбуватиметься в найближчі п'ять років. Результати дослідження засвідчили, що українська економіка вже не в змозі розвиватися в рамках структури, що складалася в Україні впродовж багатьох десятиліть XX століття, і ґрунтуватися на застарілих технологіях, впроваджених на підприємствах здебільшого сировинно-переробного циклу. Тим більше в сьогоденних умовах, коли держава не контролює певні свої території і з економічної діяльності виведено значну кількість підприємств та робочої сили. У зв'язку з цим, у міжнародній кооперації праці українська економіка мусить знайти для себе інші сфери за тими кластерами, за якими вона має географічні, ресурсні та людські переваги. Тож безальтернативним є перехід економіки на високотехнологічні рейки. При цьому держава має робити ставку на якісний людський капітал. Відтак слід орієнтуватися на розвиток сучасної освіти, включення в реальну економіку досягнень науки і залучення високотехнологічного бізнесу

Однак є у нашої країни і низка конкурентних переваг, що можуть позитивно вплинути на розвиток її економіки. Це, насамперед, доволі висока якість освітньої системи, якість математичної та природничої підготовки тощо. Тобто, насамперед, знов-таки, людській капітал. Звичайно, метою цього дослідження була побудова такого плану розвитку економіки України, який би забезпечував на середньостроковому часовому горизонті (2015 – 2020 рр.) її сталості, а на довгостроковому (2015 – 2030 рр.) – її сталого розвитку. Тож було виявлено та описано галузі, що можуть стати головними драйверами, або локомотивами такого розвитку. Це аграрний сектор, військово-промисловий комплекс, інформаційно-комунікаційні технології, створення нових речовин і матеріалів, нанотехнології, високотехнологічне машинобудування та інші – усього десять позицій. Визначено і орієнтири для високотехнологічного розвитку країни на обраних часових горизонтах. Але для їх досягнення потрібна кардинальна зміна самих принципів функціонування економіки.

Розробку цих стратегій і планів передбачається здійснювати шляхом масштабного ситуаційного моделювання побудованих сценаріїв на різних часових горизонтах на базі створюваного в ІПСА ситуаційно-аналітичного центру (САЦ) за Програмою «Наука для миру і безпеки» (грант НАТО, 2015-2016 рр.) з наступним наданням результатів цих досліджень особам, що приймають рішення на різних рівнях управління державою. Зазначений САЦ дозволить в режимі реального часу проводити моніторинг і моделювання соціальних, економічних, екологічних процесів різної природи і на цій основі аналізувати і будувати стратегії бажаного майбутнього на рівні великих підприємств, мегаполісів, регіонів і держави в цілому та виявляти соціальні лиха, викликані тероризмом і катастрофами.

1. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с.

2.Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. –Київ: Изд-во Наук.думка –2011. – 743 с.

О МЕРЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ БИМАТРИЧНОЙ ИГРЫ

Зиновеева М.И., zinoveeva92@mail.ru
Запорожский национальный университет

В экономической действительности на каждом шагу встречаются ситуации, когда отдельные люди, фирмы или целые страны пытаются перехитрить друг друга в борьбе за первенство. Теория игр изучает то, каким образом двое или более игроков выбирают отдельные действия или целые стратегии. Большое значение во время игры имеет рациональное поведение игрока, т.е. продуманный выбор и осуществления оптимальной стратегии. Центральным понятием в теории игр является так называемое равновесие Нэша, описывающее состояние, которое называется стратегическим равновесием между двумя игроками. Каждый из них всегда выбирает лучший ответ на действие другого, и никто не может увеличить собственную прибыль, если будет изменять стратегию только со своей стороны.

Постановка задачи. Рассмотрим биматричную игру $\Gamma = (X_1, X_2, H_1, H_2)$, где $X_1(X_2)$ – конечное множество стратегий первого (второго) игрока и $H_1(H_2)$ – функция выигрыша первого (второго) игрока, с матрицей выигрыша

$$AB = \begin{pmatrix} (a_{11}, b_{11}) & (a_{12}, b_{12}) & \dots & (a_{1n}, b_{1n}) \\ (a_{21}, b_{21}) & (a_{22}, b_{22}) & & (a_{2n}, b_{2n}) \\ & & & \\ (a_{m1}, b_{m1}) & (a_{m2}, b_{m2}) & & (a_{mn}, b_{mn}) \end{pmatrix}.$$

В качестве решения биматричной игры часто используется равновесие, именно, ситуация $x^* = (x_1^*, x_2^*) \in X_1 \times X_2$. Но далеко не все игры имеют точку равновесия.

Пусть для первого игрока оптимальной стратегией является $a_{i_1 j_1}^* = \max a_{ij}, j = \overline{1, n}$, а для второго – $b_{i_2 j_2}^* = \max b_{ij}, i = \overline{1, m}$. Если $i_1 = i_2$ и $j_1 = j_2$, то игра имеет точку равновесия по Нэшу. В таком случае поведение игроков становится предсказуемым.

Найдем, насколько близка рассматриваемая биматричная игра к биматричной игре с точкой равновесия. Каждую такую игру будем рассматривать как элемент векторного пространства R^{mn} , в котором введем манхеттенов-

скую метрику, а расстояние между матрицами $\rho(AB, CD)$ будем определять следующим образом

$$\rho(AB, CD) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |a_{ij} - c_{ij}| + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |b_{ij} - d_{ij}|.$$

Пусть $G \subseteq R^{nm}$, каждый элемент которого соответствует игре с точкой равновесия. Расстояние от заданной игры до множества G будем называть мерой неопределенности матричной игры $\mu(AB) = \inf_{CD \in G} \rho(AB, CD)$.

В работе предлагается алгоритм, который по заданной матрице игры позволяет построить ближайшую к ней, в смысле метрики (1), игру с точкой равновесия.

Библіографічний список

1. Васин А. А., Морозов В. В. Теория игр и модели математической экономики. – М., 2005.
2. Нэш Дж. Бескоалиционные игры // Матричные игры. – М.: Физматлит., 1961.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ИНТЕРФЕЙСА ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Золотко К.Е., zolt66@mail.ru,

Днепропетровский национальный университет им. О.Гонара (www.dnu.dp.ua)

Расширение сферы применения автоматизированных систем принятия решения, неразрывно связано с более широким использованием экспертных систем. Экспертные системы позволяют значительно снизить затраты на поиски приемлемого решения для однотипных неформализованных или слабо формализованных задач с элементами нечеткой логики. Основными элементами таких систем являются база знаний, механизм вывода и система пользовательского интерфейса.

Система интерфейса с пользователем позволяет принимать информацию от пользователя и передавать ему информацию. Интерфейс, основываясь на виде и природе информации, введенной пользователем, передает необходимую информацию механизму вывода. Когда механизм вывода возвращает знания, выведенные из базы знаний, интерфейс передает их обратно пользователю в удобной форме. В большинстве случаев, экспертные системы ориентированы на общение с пользователем на естественном языке, который,

как известно, обладает такими свойствами, как неполнота, неоднозначность и избыточность. Поэтому возникает проблема взаимодействия пользовательского интерфейса с остальными частями экспертной системы.

Онтология включает в себя:

- явное формальное описание понятий в рассматриваемой предметной области – класс (понятие);
- свойства каждого класса, которые описывают различные свойства и атрибуты класса, - слоты (роли);
- ограничения, наложенные на слоты - facets (ограничения ролей).

Использование онтологий позволяет в значительной степени упростить создание интерфейса пользователя. Структура объектов в онтологии явно задается с помощью структурно-логической схемы - совокупности формальных характеристик моделируемого объекта сущности. Объект, можно представить как совокупность логических характеристик моделируемой сущности:

$$O = \langle N, P, S, D, I \rangle,$$

где N - имя объекта, P - множество свойств объекта, S - суперкласс объекта, D - подклассы объекта, I - экземпляры объекта, P_U - множество свойств онтологии.

Иерархия объектов:

$$O^i = \langle O, R \rangle,$$

где R – множество отношений между объектами.

И тогда онтология представляет собой:

$$\text{Ontology} = \langle O^i, P_U \rangle,$$

где P_U – множество свойств онтологии.

При идентификации объектов в онтологии используются операции символьного сравнения имен объектов, поиска свойства в списке свойств и операция сравнения значения свойства с ограничением запроса.

Для создания пользовательского интерфейса экспертной системы может использоваться платформа Protégé, которая поддерживает два основных способа моделирования онтологий с помощью редакторов Protégé-Frames и Protégé-OWL. Онтологии, построенные в Protégé, могут быть экспортированы во множество форматов, включая RDF (RDF Schema), OWL и XML Schema.

ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПОШУК РІШЕНЬ ЗАДАЧ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ У ТЕПЛОПОСТАЧАННІ З ТРУБЧАСТИМИ ГАЗОВИМИ НАГРІВАЧАМИ

Іродов В.Ф., vfirodov@i.ua, Ткачова В.В., Чорноморець Г.Я.
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Розглядається задача пошуку рішення $x_0 \in \Omega$ з елементів $x = \{x^1, x^2, \dots, x^n\}$, такого що $\forall x \in \Omega, x_0 R_s x$, де R_s – відоме бінарне відношення відбору. Алгоритм еволюційного пошуку R_s – оптимального рішення має вигляд [2,3]:

$$X_{jk} = S(G(X_{j,k-1})), \quad k=1, 2, \dots, \quad (1)$$

де: X_{jk} – множина найбільш переважних рішень по відношенню вибору R_s k -го кроку ітерації для j -ої гілки еволюційного процесу; $X_{j,k-1}$ – теж саме для $(k-1)$ – го кроку ітерації; $G(X)$ – функція генерації, яка породжена відношенням генерації R_G ; $S(X)$ – функція вибору, яка породжена відношенням вибору.

$$S(X) = \{x \in X \mid \forall y \in [X \setminus S(X)] x R_s y\}, \quad (2)$$

$$G(X) = X \cup Gn(X), \quad (3)$$

$$Gn(X) = \{y \in \Omega \mid \exists x \in X, y R_G x, \mu(y, x) > 0\}, \quad (4)$$

де: R_G – нечітке відношення генерації з функцією належності $\mu(y, x): \Omega \times \Omega \rightarrow [0,1]$.

Розроблено декілька математичних моделей для систем теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами [1].

Математична модель трубчастого газового нагрівача розглядається у вигляді графа $\Gamma(U, I)$, де U – множина вузлів, I – множина ділянок, що їх з'єднують. Температурний та гідравлічний режими усіх розроблених нагрівачів характеризуються такими параметрами: P_i, ρ_i, w_i, T_i – невідомі параметри теплового та гідравлічного режиму трубчастого нагрівача (тиск, густина, швидкість руху та температура газоповітряної суміші) для i -ої ділянки, які змінюються по довжині ділянки.

Розроблена квазідвовірна математична модель для трубчастих нагрівачів. При цьому приймається до уваги залежність температури на внутрішній та зовнішній поверхнях нагрівача не тільки від координати довжини ділянки але і від кутової координати: $T_{wi} = T_{wi}(x, \varphi)$, $T_{wo} = T_{wo}(x, \varphi)$.

де: φ – кутова координата поверхні нагрівача.

Складові теплових потоків на внутрішню та зовнішню поверхню нагрівача представляються у вигляді:

$$dQ_{1K} = \frac{D}{2} \int_0^{2\pi} \alpha_1 [T(x) - T_{wi}(x, \varphi)] d\varphi dx ; dQ_{1L} = \frac{D}{2} c_0 \int_0^{2\pi} \varepsilon_1 [T^4(x) - T_{wi}^4(x, \varphi)] d\varphi dx$$

$$dQ_{3L} = \frac{D}{2} c_0 \int_0^{2\pi} \varepsilon_2 [T_{wo}^4(x, \varphi) - T_o^4] d\varphi dx ; dQ_{3K} = \frac{D}{2} \int_0^{2\pi} \alpha_2 [T_{wo}(x, \varphi) - T_o] d\varphi dx ,$$

де: D, ε, c_0, T_o - постійні параметри.

Загальні математичні моделі систем теплопостачання – сукупність звичайних диференціальних рівнянь з невизначеними початковими умовами, але при наявності інтегральних умов. Для трубчастих газових нагрівачів розташованих у будівельних конструкціях система звичайних диференціальних рівнянь доповнюється двовірним рівнянням теплопровідності.

Усі задачі системного аналізу систем теплопостачання з газовими нагрівачами вирішуються за допомогою еволюційного пошуку рішень (1)-(4).

Література

1. **Дудкин К. В.** Трубчатые газовые нагреватели для теплоснабжения в сельской местности / К. В. Дудкин, В. В. Ткачева, В. Ф. Иродов // ISBN: 978-3-659-52278-9. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. –156 с.
2. **Иродов В. Ф.** О построении и сходимости алгоритмов самоорганизации случайного поиска / В.Ф.Иродов // Автоматика. – 1987. - № 4. – с. 34-43.
3. **Irodov V.** Self-organization methods for analysis of nonlinear systems with binary choice relations // System Analysis Modeling Simulation – 1995. – V. 18-19. – P. 203-206.

МОДЕЛІ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Іртегов А.Е.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Кластеризація є одна з важливих задач в області аналізу даних. Розв'язання задачі кластерного аналізу може бути виконано набором методів. При цьому різні методи по-різному розбивають множину об'єктів на кластери. Тому актуальна розробка програмного забезпечення, яке б дозволяло проводити кластеризацію об'єктів різними методами з можливістю використовувати стандартизацію даних.

У роботі було створено програмне забезпечення «Кластеризація», у якому реалізовано декілька методів кластеризації. Ядро створеного програмного забезпечення «Кластеризація» склали обчислювальні процедури:

1. *ієрархічної агломеративної кластеризації*. було реалізовано такі агломеративні методи: одиночного зв'язку, повного зв'язку, середнього зваженого зв'язку, простого середнього зв'язку, центроїдний та Уорда . Алгоритми сортування даних зазначеного типу виходять з того, що якась безліч об'єктів характеризується певним ступенем connectivity. Передбачається наявність вкладених груп (кластерів різного порядку). Алгоритми в свою чергу поділяються на агломеративные (об'єднувальні) і дивизивные (поділ). По кількості ознак іноді виділяють монотетические і политетические методи класифікації.

2. *кластеризації на основі графового алгоритму* .

3. *кластеризації на основі метода K-середніх*. Метод базується на мінімізації суми квадратів відстаней між кожним спостереженням та центром його кластера, тобто функції $\sum_{i=1}^N d(x_i, m_j(x_i))^2$, де d — метрика, x_i — i -ий

об'єкт даних, а $m_j(x_i)$ — центр кластера, якому на j -ій ітерації приписаний елемент x_i .

4. *кластеризації на основі метода нечітких C-середніх.* В ході розв'язання задачі нечіткої кластеризації C-means розв'язується задача мінімізації наступної цільової функції $E = \sum \sum u_{ij}^m \cdot \|x_i - c_j\|^2$,

при обмеженнях $\sum_j u_{ij} = 1, i=1..p$

5. оцінки якості кластеризації за допомогою функціоналів якості: сума внутрішньокластерних дисперсій, сума внутрішньокластерних відстаней, сума міжкластерних відстаней, загальна внутрішньокластерна дисперсія, відношення середньої внутрішньокластерної відстані до середньої міжкластерної відстані .

6. відбір найбільш інформативних ознак.

7. стандартизації даних з метою приведення їх до єдиного масштабу.

Тестування програмного забезпечення на даних імітаційного моделювання засвідчило його працездатність та ефективність.

Практичну апробацію програмного забезпечення «Кластеризація» було здійснено на виданих даних. Результати апробації дозволили розділити проби води зі свердловин на групи за їх хімічним складом.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ТЕПЛООБМІНУ РІДИНИ, ЯКА ОБЕРТАЄТЬСЯ

Каревіна¹ Н. П., Natka_Kn@ukr.net, Бердник² М.Г., MGB2006@ukr.net

¹Інститут проблем математичних машин і систем НАН України,

²Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет"

Розглянемо розрахунок нестационарного неосесиметричного температурного поля рідини яка обертається з постійною кутовою швидкістю ω навколо осі OZ на гідродинамічеські початковій ділянці без урахування осьової теплопровідності, тобто $Pe > 100$ а $Pr \ll 1$. Рух рідини в напрямку осі OZ відбувається з постійною швидкістю V . Теплофізичні властивості рідини не залежать від температури, а внутрішні джерела тепла відсутні. У початковий момент часу температура рідини постійна G_0 , а на поверхні рідини температура не залежить від часу $G(\varphi, z)$.

Математично задача визначення температурного поля рідини $T(\rho, \varphi, z, t)$ складається в інтегруванні диференціального рівняння теплопровідності в циліндричній системи координат (ρ, φ, z) в області $D = \{(\rho, \varphi, z, t) | \rho \in (0, 1), \varphi \in (0, 2\pi), z \in (0, \infty), t \in (0, \infty)\}$, що з урахуванням прийнятих допущень запишеться у виді:

$$\frac{\partial \theta}{\partial Fo} + Pd \frac{\partial \theta}{\partial \varphi} + Pe_f \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \theta}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial \varphi^2} \quad (1)$$

с початковою умовою

$$\theta(\rho, \varphi, z, 0) = 0, \quad (2)$$

і граничними умовами

$$\theta(1, \varphi, z, t) = V(\varphi, z), \quad (3)$$

$$\theta(\rho, \varphi, 0, t) = 0, \quad (4)$$

де $\theta = \frac{T(\rho, \varphi, z, t) - G_0}{T_{\max} - G_0}$ - відносна температура рідини; $T_{\max} = \max_{\varphi, z} G(\varphi, z)$;

$\rho = \frac{r}{R}$; R - радіус циліндра; c - питома теплоємність; γ - щільність

середовища; λ - коефіцієнт теплопровідності; μ – коефіцієнт в'язкості; $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$

- коефіцієнт температуропровідності; $Pd = \frac{\omega \cdot R^2}{a}$ - критерій Предводітелева;

$Fo = \frac{a \cdot t}{R^2}$ - критерій Фур'є; $Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda}$ -число Прандля ; $Pe = \frac{V \cdot R}{a}$ -число Пекле;

$Pe_f = Pe \cdot R$; $V(\varphi, z) \in C(D)$.

Як показує огляд літератури , теплообмін в циліндрах і рідинах, які обертаються, вивчений в даний час ще недостатньо. Показано [1], що чисельні методи дослідження нестационарних неосесиметричних задач теплообміну циліндрів і рідин, які обертаються, є не завжди економічними, якщо мова йде про обчислення при великих швидкостях обертання. В [1] показано, що число обчислень, необхідних для отримання чисельного результату видається нереальним.

Тому для вирішення крайових задач, які виникають при математичному моделюванні тривимірних нестационарних процесів теплообміну в рідинах, які обертаються, будемо застосовувати інтегральні перетворення.

Представляє температурне поле рідини $\theta(\rho, \varphi, z, t)$ у вигляді комплексного ряду Фур'є і застосовуючи до крайової задачі (1)-(4) інтегральні перетворення Ханкеля, Лапласа було знайдено температурне поле рідини, яка обертається, з постійною кутовою швидкістю ω навколо осі OZ у вигляді збіжних ортогональних рядів по функціям Бесселя і Фур'є.

Знайдений аналітичний розв'язок крайової задачі (1)-(4) теплообміну рідини , яка обертається, може знайти застосування при модулюванні температурних полів, які виникають у багатьох технічних системах (в супутниках, прокатних валках, турбінах і т.і.).

Література

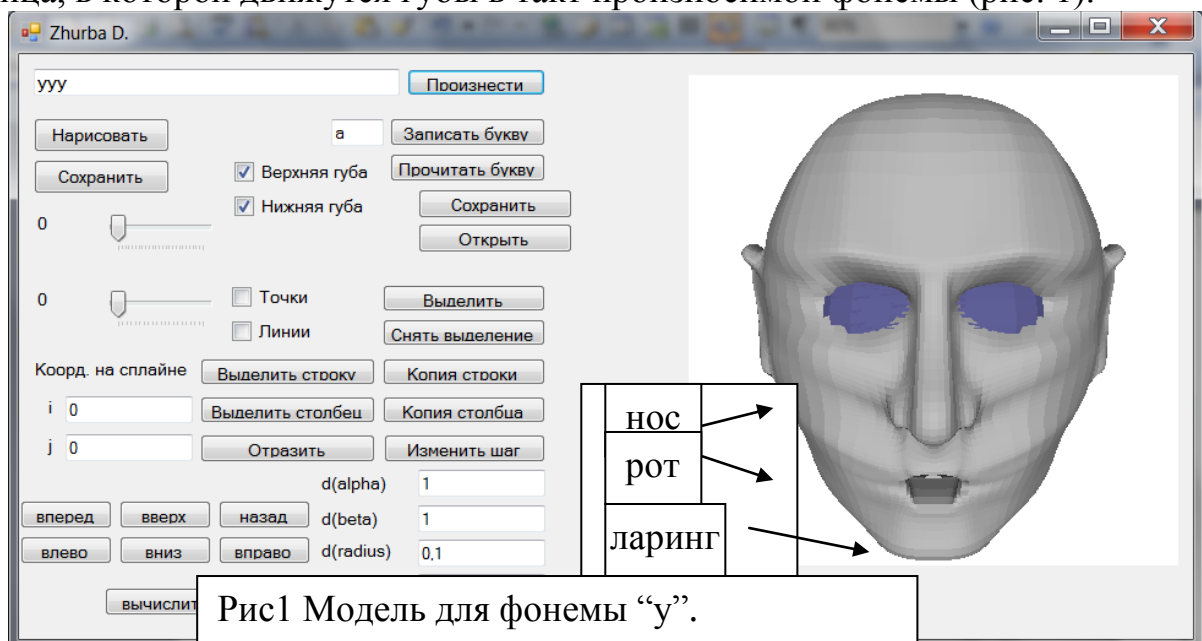
1. Kuwashimo Kensuke Temperature distribution within a rotating cylindrical body/ Kuwashimo Kensuke, Yamada Tominori // Bull. JSME. – 1978. – Vol. 21, N 152. – P. 266 – 272.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ, АРТИКУЛЯЦИИ И МИМИКИ В РЕЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Карпов О. Н., karpovon@ukr.net

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

В работе [1] описано устройство распознавания речи, основанное на применении составного микрофона: обычный микрофон возле губ, носовой и ларингофон, что обеспечивает акустическое поле пространственного вида. В работе [2] описана система распознавания речи, в которой применены пространственные свойства речи. Система позволяла вводить программы на алгоритмическом языке АКИ-Т. В работе [3] приведена модель артикуляции лица, в которой движутся губы в такт произносимой фонемы (рис. 1).



Задачей является совместное использование акустического поля и видеоизображения, в котором представлены артикуляция и мимика. Даже в обычной речи видна мимика для носовых звуков “м, н” и назализованных гласных фонем “ма - мы, на - ны”, что является видео- параметром при распознавании речи. С другой стороны, видеопараметры информативны при распознавании индивидуальности и функционального состояния говорящего.

1. Карпов О.Н., Бордовский Г. Н. Устройство для распознавания речевых команд. А, С, 743016, 20 февраля 1980. /Опубликовано 25.06.80. Бюл. № 23
2. Карпов О.Н., Бордовский Г.Н. Эксперименты по речевому вводу программ в ЭВМ. / Математические методы решения задач оптимального управления на ЭВМ. –Д.: ДГУ, 1974. –С. 31–39.
3. Карпов А.А., Карпов О.М., Журба Д.С. Алгоритмы моделирования биомеханики артикуляції губ людини на основі В-сплайн-поверхонь. /Д.: Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. ТОМ 17 Збірник наукових праць 2013, 0,5 д.р., с.9-14

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО УДАРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕГРАЛОВ В СМЫСЛЕ КОНЕЧНОЙ ЧАСТИ АДАМАРА

Катан В.А., vlad_aleks@i.ua

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Рассмотрена задача о произвольном ударе с вращением плоской пластины, которая находится на свободной поверхности идеальной несжимаемой жидкости. Смешанная задача для аналитической функции, связанной с комплексным потенциалом течения, которое возникает в результате ударного взаимодействия, сводится к задаче Келдыша-Седова. Решение поставленной задачи получено в виде квадратур, которые однако представляют собой расходящиеся несобственные интегралы. Трактровка этих интегралов в смысле конечной части по Адамару позволила получить алгоритмы для решения задачи и определить гидродинамические характеристики рассмотренного ударного взаимодействия.

Граница области отрыва определяется с помощью принципа Огазо, согласно которому потенциал реального течения обладает экстремальным свойством среди множества потенциалов возможных решений поставленной задачи, что приводит к некоторому трансцендентному уравнению относительно параметра, определяющего положение отрывной зоны. После определения положения отрывной зоны определялись гидродинамические характеристики, а именно: распределение импульсивного давления по смоченной поверхности пластинки, распределение скорости на свободной поверхности и на поверхности отрывной зоны, коэффициенты присоединенных масс, при этом также использовались интегралы в смысле конечной части Адамара, а также в смысле обобщенного главного значения по Коши.

Полученные решения сравнивались с аналитическими решениями для случаев, в которых удастся их получить, то есть, для горизонтального удара вертикальной пластинки с вращением, для вертикального удара горизонтальной пластинки с вращением и для чисто вращательного удара пластинки, расположенной под углом 45^0 к свободной поверхности. Совпадение результатов хорошее, так для коэффициентов присоединенных масс расхождение их значений не превышает 1,5%.

Проведены расчеты гидродинамических характеристик в диапазоне изменения углов наклона пластинки от 1^0 до 90^0 , а также в диапазоне кинематических условий, при которых возникает только одна отрывная зона. Случай вертикального удара горизонтальной пластинки рассмотрен отдельно. Представлены и проанализированы зависимости гидродинамических характеристик от угла наклона пластинки и кинематического параметра, а также, установлены условия возникновения областей отрыва в зависимости от геометрических характеристик пластин и кинематических характеристик ударного взаимодействия. Полученные результаты могут быть использованы на стадии эскизного проектирования рулевых устройств гидродинамических аппаратов различного назначения.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ ВИСОКОЇ РОЗМІРНОСТІ

Кірзеєв А.О., anatolii.kirzieiev@gmail.com, **Мацуга О.М.**, molgan@ua.fm
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Стрімкий розвиток інформаційних технологій та їх впровадження в усі сфери людської діяльності призвели до накопичення колосальних обсягів інформації і, як наслідок, породили потребу в обробці даних великих об'ємів та розмірності (Big Data). Одна з актуальних задач такої обробки – кластеризація.

У роботі для кластеризації даних високої розмірності пропонується програмне забезпечення «Simple Data Mining». Воно розроблене на мові Java у середовищі IntelliJ IDEA 14.1.5 з використанням фреймворку javaFX та JDK 1.8, що надає програмі перевагу у вигляді кросплатформеності.

Функціональне ядро програмного забезпечення реалізує такі можливості:

- скорочення простору ознак за допомогою багатовимірної шкалювання [1] та класичного і ядерного варіантів методу головних компонент [2];
- кластеризація даних за допомогою алгоритмів EM, SEM та k -середніх [3], у тому числі у скороченому просторі ознак.

Програмне забезпечення було апробоване на модельних даних та на реальних даних психологічного тестування пацієнтів. Результати апробації засвідчили ефективність застосування нелінійних перетворень над вхідними ознаками під час кластеризації даних високої розмірності.

1. **Borg I.** Modern Multidimensional scaling. Theory and Applications / I. Borg, P.J.F. Groenen. – Springer, 2005. – 636 p.
2. **Scholkopf B.** Kernel Principal Component Analysis / B. Scholkopf, A. Smola, K.-R. Muller // Advances in kernel methods. – MA, 1999. – P. 327-352.
3. **Bishop C.M.** Pattern Recognition and Machine Learning / C.M. Bishop. – Springer, 2006. – 738 p.

НЕКОТОРЫЕ АГОРИТМЫ ПОИСКА НАИМЕНЬШЕГО ЧИСЛА ЭЛЕМЕНТОВ ВРЕМЕННОГО РЯДА В ЗАДАЧЕ ЧИСЛЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ

Киселева Е.М., Гарт Л.Л., Довгай П.А.

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Исследован на основе метода неопределенных коэффициентов вопрос о нахождении наименьшего допустимого количества элементов детерминированного дискретного временного ряда для получения значений его производной первого порядка с заданной точностью вычислений. Разработан программный продукт в среде Matlab, позволяющий на классе гладких функций моделировать погрешность численного дифференцирования, проведен анализ вычислительных экспериментов.

Для решения задачи численного дифференцирования дискретного временного ряда с приближенными данными [1] рассмотрено применение проекционно-итерационного метода, основанного на методе простой итерации. Сформулирована теорема о сходимости проекционно-итерационного метода, получена оценка погрешности. Разработан программный продукт, позволяющий моделировать решение задачи численного дифференцирования, проведен сравнительный анализ предложенного метода и вычислительной схемы проекционного типа на примере решения задачи дифференцирования определенного класса функций.

Авторы выражают благодарность академику В.М. Кунцевичу, обратившему наше внимание на актуальность решения рассматриваемой проблемы.

Библиографические ссылки

1. **Кунцевич В.М.** О точности построения аппроксимирующих моделей при ограниченных помехах измерений / В.М. Кунцевич // Автоматика и телемеханика. – 2005. – № 5. – С. 125–133.

NEURO-FUZZY TECHNOLOGIES IN CANDIDATE BIOMARKERS TESTING IN BREAST CANCER

Kiseleva E.M.¹, Prytomanova O.M.¹, Blyuss O.B.², o.blyuss@ucl.ac.uk

¹ *Oles Honchar Dnepropetrovsk National University, Ukraine*

² *Institute for Women's Health, University College London, UK*

Breast cancer is one of the leading causes of mortality in women worldwide. Currently, breast cancer detection relies on mammography, which is in fact associated with some controversy due to its risk of false-positive results. Blood biomarkers have shown the ability to detect various cancer types at early stages. Thus, it is possible that looking for potential biomarkers for breast cancer could also allow for an early diagnosis of breast cancer and thus enable treatment at early stages and subsequently result in a significant reduction of death toll from breast cancer.

One of the most powerful techniques for the data analysis of biomarkers is based on neuro-fuzzy technologies, which combine fuzzy logic [1] and neural networks. Neuro-linguistic approximation of nonlinear dependencies consists of the following stages [2]: structural identification, related to the construction of fuzzy knowledge base, and parametric identification, related to the search for optimal fuzzy knowledge base parameters.

Analysis of candidate biomarkers did not show the difference in cases and controls meaning that these proteins can't be used in breast cancer screening and thus the search for potential biomarkers is ongoing.

1. Zimmerman H.-J. Fuzzy Sets Theory – and Its Applications / H.-J. Zimmerman. – 4th ed. - Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. - 514 p.
2. Kiseleva E.M, Boytsun N.E., Kiseleva E.M., Prytomanova O.M. Economical and financial processes forecast based on neuro-fuzzy technologies. *Ukrainian Finance*, 5 (2005), pp.87-99.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕДИФФЕРЕНЦИРУЕМОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ

**Киселева Е.М., Притоманова О.М., Журавель С.В., svz@email.com,
Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)**

Рассмотрим функциональную зависимость выхода y от входов $x_1, x_2, \dots, x_n$ процесса или объекта идентификации в виде:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

Задача идентификации нелинейной зависимости заключается в построение модели объекта по экспертно-экспериментальным данным взаимосвязи <вход> - <выход> и решается, как правило, в два этапа:

1) структурная идентификация, которая заключается в построении нечеткой базы знаний, которая грубо воспроизводит зависимость выхода от входов с помощью лингвистических правил «если-то», генерируемых по экспериментальным данным;

2) параметрическая идентификация: поиск таких параметров нечеткой базы знаний, которые минимизируют различие между модельными $\hat{y}$ и экспериментальными данными y .

При рассмотрении параметрической идентификации модель (1) записывается в виде:

$$\hat{y} = F(X, B, C, W), \quad (2)$$

где X – вектор входных переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$; $W = \{w_{kj}\}$ – набор весовых коэффициентов правил; $B = \{b_{ij}\}, C = \{c_{ij}\}$ – наборы параметров настройки функций принадлежности, которые входят в базу знаний, для i – номер входной переменной, j – номер лингвистического термина переменной; F – оператор связи вход-выход, который включает приведенные преобразования.

Для нахождения вектора неизвестных параметров (B, C, W) модели (2), минимизирующего отклонения модельных $\hat{y}$ от имеющихся

экспериментальных данных y о выходе объекта, воспользуемся методом, который является аналогом метода обратного распространения ошибки обучения нейронных сетей. Тогда в терминах математического программирования задача настройки нечеткой модели (2) может быть сформулирована следующим образом: найти вектор $\psi = (B, C, W)$, который обеспечивает

$$f(\psi) \rightarrow \min_{\psi}, \quad f(\psi) = \|y - \hat{y}\|, \quad (3)$$

где норма $\|\cdot\|$ определяется как одна из метрик (евклидова, манхэттенская, Чебышева).

Для решения задачи оптимизации (3) будем применять метод минимизации с растяжением пространства в направлении разности двух последовательных обобщенных антиградиентов (r -алгоритм Н.З. Шора).

Заметим, что наиболее часто в задачах обучения используется критерий, соответствующий евклидовой метрике, и, естественно, для решения задачи (3) с евклидовой метрикой применяют классические градиентные методы. Однако, эти методы требуют непрерывной дифференцируемости минимизируемой функции, а также плохо работают (медленно сходятся либо зацикливаются в окрестностях точек минимума) в случае сильно вытянутых овражных целевых функций.

Преимущество r -алгоритма, кроме того, что он хорошо работает в задачах оптимизации больших размерностей для гладких овражных функций с сильно вытянутыми линиями уровня, состоит в том, что он может применяться и для негладких целевых функций. Кроме того, в рассмотренной задаче применение r -алгоритма необходимо при замене операции максимума на сложение с обрезанием значений, превышающих единицу, а также при использовании треугольных и трапецеидальных функций принадлежности.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ СУЧАСНИХ ВІДДІЛЕНЬ ЗВ'ЯЗКУ, ЩО НАДАЮТЬ РІЗНІ ВИДИ ПОСЛУГ

Кісельова¹ О.М., kiseleva47@mail.ru, **Стросва² В.О.,** vikastroeva@ukr.net

¹Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

²Дніпродзержинський державний технічний університет

У заданому регіоні необхідно розмістити декілька сучасних відділень зв'язку з метою оптимального розподілення споживчого попиту на послуги: отримання, відправлення та зберігання вантажів, смс-трегінга*, адресної доставки документів, фінансові послуги та ін.

Враховуючі існуючі типи відділень зв'язку, а саме, вантажні, поштові та міні-відділення, поставлену задачу розміщення – розбиття зведено до неперервної нелінійної багатопродуктової задачі оптимального розбиття множини на підмножини з розміщенням їх центрів при обмеженнях.

Математична модель. Необхідно розбити множину абонентів Ω на їх зони обслуговування Ω_i^j N відділеннями зв'язку окремо по кожному з j -го виду послуг так, щоб

$$\bigcup_{i=1}^N \Omega_i^j = \Omega, j = \overline{1, M},$$

$$mes(\Omega_i^j \cap \Omega_k^j) = 0, i \neq k, i, k = \overline{1, N}, j = \overline{1, M},$$

та розмістити ці відділення в області Ω , максимізувавши функціонал сумарного прибутку відділень зв'язку за усіма видами послуг:

$$F(\{\Omega_1^1, \dots, \Omega_N^1; \Omega_1^2, \dots, \Omega_N^2; \dots; \Omega_1^M, \dots, \Omega_N^M\} \{ \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N \}) = \\ = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \left[\omega_i^j \varphi_i^j(Y_i^j) - \iint_{\Omega_i^j} c^j(x, \tau_i) \rho^j(x, y) dx dy \right],$$

де $\rho^j(x, y)$ – щільність, з якою розподілений попит на j -ий вид послуг в області Ω ,

(x, y) – координати знаходження абонента,

$\tau_1, \dots, \tau_N$ – пункти можливого розміщення відділень,

$c^j(x, \tau_i)$ – умовна відстань від абонента до відділення;

ω_i^j – прибуток i -го відділення по j -тому виду послуг;

$\varphi_i^j(Y_i^j)$ – залежність загального прибутку i -го відділення від клієнтопотоків по j -тому виду послуг,

де $Y_i^j = \iint_{\Omega_i^j} \rho^j(x, y) dx dy$ – потужність i -того відділення по j -тому виду

послуг.

Потужність i -го, $i = \overline{1, N}$, відділення по всім видам послуг визначається сумарним попитом абонентів, які належать Ω_i^j ; та для вантажних, поштових і міні-відділень не повинна перевищувати задані об'єми, визначені накладеними відповідними обмеженнями:

$$0 \leq \sum_{j=1}^M \iint_{\Omega_i^j} \rho^j(x, y) dx dy \leq b_i, i = \overline{1, N}.$$

На основі алгоритму розв'язання нелінійної неперервної багатопродуктової задачі оптимального розбиття множин з розміщенням центрів підмножин [1] розроблено алгоритм розв'язання поставленої задачі з метою його програмної реалізації.

*Смс-трегінг – послуга, яка передбачає можливість в будь-який час визначити поточний статус і місцезнаходження відправлення за допомогою мобільного телефону.

Бібліографічні посилання

1. **Киселёва Е.М.** Алгоритм решения нелинейной непрерывной многопродуктовой задачи оптимального разбиения множеств с размещением центров подмножеств / Е.М. Киселёва, В.А. Строева // Проблемы управления и информатики. – 2012. – № 1. – С. 40 – 53.

OPTIMAL LAYOUT PROBLEMS WITH BEHAVIOR CONSTRAINTS

Kovalenko A., AnnKovalenko@email.ua, Pankratov A., Romanova T.

Department of Mathematical Modeling and Optimal Design, Institute for Mechanical Engineering Problems, National Academy of Sciences of Ukraine

3D layout optimization problems have a wide spectrum of practical applications. In particular, these problems arise in space engineering for rocketry design. Their distinctive feature is taking into account behavior constraints of satellite system. Behavior constraints specify the requirements for system's mechanical properties such as equilibrium, inertance, and stability. Many publications analyze problems of equipment layout in modules of spacecraft or satellites. For example, objects layout problems for a simplified scheme of satellite module taking into account behavior constraints were considered in [1,2]. These problems are NP-hard.

The paper studies the optimal layout problem of 3D-objects (solid spheres, straight circular cylinders, spherocylinders, straight regular prisms, cuboids and tores) into a container (a cylindrical, a parabolic, a truncated conical shape) with circular racks. The problem takes into account a given minimal and maximal allowable distances between objects, as well as, behavior constraints of the mechanical system (equilibrium, moments of inertia and stability constraints). We call the problem the balance layout problem (BLP) and develop a continuous nonlinear programming model (NLP-model) of the problem, using the phi-function technique. We also consider several BLP subproblems, provide appropriate mathematical models and solution algorithms, using nonlinear programming and nonsmooth optimization methods, illustrated with computational experiments.

Reference

- [1]. Fasano, G., Pinte'r, J. (Eds.): Modeling and Optimization in Space Engineering. Series: Springer Opt. and Its Appl. 73, XII. 404 (2013).
- [2]. Fasano, G., Pinte'r, J. (Eds.): Optimized Packings and Their Applications. Springer Opt. and its Appl. 105, 326 (2015).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ УПРУГОЙ ПОЛУПОЛОСЫ

Козакова Н.Л., Ламзюк В.Д., Петрова Е.И., kmm.dnu@ukr.net
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Рассматривается однородная и изотропная упругая полуполоса шириной $2b(0 \leq x < \infty, |y| \leq b)$, боковые стороны которой свободны от нагрузок. Деформация полуполосы осуществляется только действующей на торец нормальной и касательной нагрузкой. Эта нагрузка предполагается самоуравновешенной. Требуется определить напряженно-деформированное состояние полуполосы в условиях плоской деформации.

Решение данной задачи будем строить путем наложения решений трех задач теории упругости. Первая задача (A1) – о действии на упругую полуплоскость $(x \geq 0, |y| < \infty)$ сосредоточенных нормальных и касательных нагрузок. Вторая задача (A2) – задача теории упругости для полосы $(|x| < \infty, |y| < \infty)$ с заданными на верхней и нижней границах нормальными и касательными нагрузками, которые равны по величине и противоположны по знаку соответствующим напряжениям возникающим на линиях $y = \pm b$ в задаче A1. Это позволяет при наложении решений задач A1 и A2 удовлетворить граничным условиям на боковых сторонах полуполосы.

Третья задача (A3) – задача теории упругости для полуполосы со свободными от нагрузок боковыми сторонами и нормальными нагрузками на торце, что позволяет на линии $x = 0$ компенсировать напряжения привнесенные наложениями задачи A2. Решение задачи A3 строится методом однородных решений.

Таким образом, после наложения решений задач A1, A2 и A3 удастся построить решение исходной задачи теории упругости для полосы при действии на ее торец сосредоточенных нормальной и касательной нагрузок. Используя далее метод суперпозиции легко определить решение задачи для произвольной самоуравновешенной внешней нагрузки.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДИНАМІЧНИХ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Козюк В.А., c.valerija2016@yandex.ru, **Притоманова О.М.** olgmp@ua.fm
Дніпропетровський національний університет ім.О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

Математичне моделювання в економіці має широке прикладне значення і є одним з головних механізмів для аналізу економічних взаємозв'язків, прогнозування економічних явищ, широко використовується при керуванні економічними процесами.

Метою застосування математичного моделювання в галузі економіки є аналіз статистичних даних та визначення структури та параметрів системи за спостереженнями з метою імітації, прогнозування поведінки системи або оптимізації її майбутніх станів.

Загальною проблемою моделювання динамічної системи є її визначення та практична ефективність. Системи в економіці постають недостатньо формалізованими, а тому потребують повної або часткової специфікації взаємозв'язків між входами, виходами та станами, а невідомі параметри моделі слід оцінювати методами економетрики.

Метою роботи є дослідження математичних моделей динамічних макроекономічних систем та взаємозв'язків між економічними процесами у них, а також розробка програмного продукту, що дає змогу оцінити динаміку макроекономічних показників країни. Об'єктом дослідження в даній роботі є часові ряди економічних показників (наприклад, валового внутрішнього продукту).

Під час виконання роботи було розглянуто класичну макроекономічну модель, яка відображає зв'язок між економічними процесами, що «панують» на ринку товарів, грошей та робочої сили, а також моделі Кейнса та Солоу, що відображають рівновагу в економічній системі.

Малосекторні нелінійні моделі використовуються для вивчення довготермінових тенденцій і чинників розвитку (трансформації) економіки. Невелика кількість секторів дозволяє аналітично подати й проаналізувати на моделі роз-

98

виток економіки з адекватним урахуванням нелінійних залежностей обсягів випуску секторів від обсягів ресурсів за різних значень екзогенних параметрів і на підставі цього отримати деяку узагальнену картину економічного зростання.

Модель Солоу є односекторною моделлю економічного розвитку. У цій моделі економічна система розглядається як єдине ціле, виробляючи лише один узагальнений продукт, який може бути як споживаним, так і інвестованим.

Формалізована модель Солоу в абсолютних показниках має вигляд:

$$L = L_0 e^{\nu t}; \quad \frac{dK}{dt} = -\mu K + \rho(1-a)X, \quad K(0) = K_0;$$

$$X = F(K, L); \quad I = \rho(1-a)X; \quad C = (1-\rho)(1-a)X,$$

де ендогенні змінні: X — валовий суспільний продукт, C — фонд невиробничого споживання, I — інвестиції, L — кількість зайнятих, K — виробничі фонди; екзогенні показники: ν — річний темп приросту чисельності зайнятих, μ — частка вибулих протягом року основних виробничих фондів, a — коефіцієнт прямих витрат (частка проміжного продукту у валовому внутрішньому продукті), ρ — норма накопичення (частка валових інвестицій у ВВП).

Межі екзогенних параметрів:

$$-1 < \nu < 1, \quad 0 < \mu < 1, \quad 0 < a < 1, \quad 0 < \rho < 1.$$

Також було розроблено програмний засіб, що дає змогу побудувати графічні зображення характеристик економічної динаміки, а саме таких показників економічного розвитку, як базові та ланцюгові абсолютні прирости, темпи зростання, темпи приросту та відносне прискорення, початковий та середні рівні. Розрахунки проводились для значення ВВП України в період 1996-2012 рр. Вони дають змогу оцінити темпи зміни макроекономічної динаміки для заданого прикладу, а також, взагалі кажучи, наочно побачити залежності та взаємозв'язки між цими показниками.

ЕФЕКТИВНІСТЬ АЛГОРИТМУ МОДИФІКОВАНОГО КООРДИНАТНОГО МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ КОМБІНАТОРНИХ ЗАДАЧ ЗА УМОВИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОСТІ

Колечкіна¹ Л.М., ludapl@ukr.net, Гриценко² С.Є., chvatchko@yandex.ru

¹Полтавського університету економіки і торгівлі,

²Полтавський політехнічний коледж НТУ «ХПІ»

Екстремальні задачі пошуку максимального або мінімального значення заданого оптимізуючого параметру виникають у різноманітних сферах людської діяльності і стосуються пошуку оптимальних значень векторної цільової функції в умовах багатокритеріальності шляхом вибору з множини допустимих розв'язків [1]. При збільшенні кількості критеріїв оптимізації складність алгоритмів розв'язування задач зростає, тому питання дослідження ефективних алгоритмів вирішення таких задач є актуальним.

У роботі розглядається оцінка ефективності алгоритму, що призначений для вирішення екстремальних задач на комбінаторних множинах за умови багатокритеріальності. Оцінка ефективності розглядуваного алгоритму полягає в порівнянні часової характеристики розв'язання задачі зі збільшенням кількості обмежень та цільових функцій, крім того оцінка можливості збільшення кількості змінних, на перестановках яких проводиться вирішення задачі. Дослідимо даний алгоритм для обмежень впорядкованих за зростанням.

Оцінимо часову складність алгоритму. Алгоритму модифікованого координатного методу розв'язання екстремальних комбінаторних задач за умови багатокритеріальності розглядатимемо як послідовність кроків:

Крок 1. Вводимо кількості змінних n ($n > 5$), кількості функцій обмеження, кількості цільових функцій.

Крок 2. Визначаємо кількість вершин, які фіксуються $(n-3)$.

Крок 3. Фіксуємо тип вершини (для визначення типу вершини формується граф розмірності $(n-3)$). Кількість його вершин складає $(n-3)!$.

Крок 4. Почергово формуємо перестановки в межах вибраного типу вершини:

4.1. фіксуємо останню координату;

4.2. формуємо перестановку;

4.3. обчислюємо значення першого обмеження в перестановці;

4.4. якщо перше обмеження не задовольняє умові то переходимо до кроку 4.2. Інакше досліджуємо цю перестановку для наступного обмеження. Якщо це обмеження не задовольняє умові то переходимо до кроку 4.2. інакше досліджуємо наступне обмеження. В разі знайдення точки (перестановки), що задовольняє всім обмеженням записуємо її в окремий файл, знаходимо значення усередненої цільової функції в цій точці і відсікаємо інші перестановки в межах визначеного типу вершини;

4.5. формуємо наступний тип вершини. Переходимо до кроку 4.

Крок 5. Знаходимо максимальне значення усередненої цільової функції серед вибраних точок.

Нехай будемо вважати, що на виконання: однієї операції перестановки, обчислення значення обмеження в одній точці та обчислення значення цільової функції в одній точці витрачається 1 умовна одиниця машинного часу. Проведемо наближений розрахунок витрат машинного часу.

Нехай: $T_{\min}$ – це час, що витрачається на роботу алгоритму при виконанні мінімально можливої кількості операцій; $T_{\max}$ – це час, що витрачається на роботу алгоритму при виконанні максимально можливої кількості операцій при розв’язуванні задачі з n -змінними і кількості обмежень та цільових функцій рівній 1.

На основі аналізу роботи розглядуваного вище алгоритму отримали зведену таблицю 1.

Таблиця 1

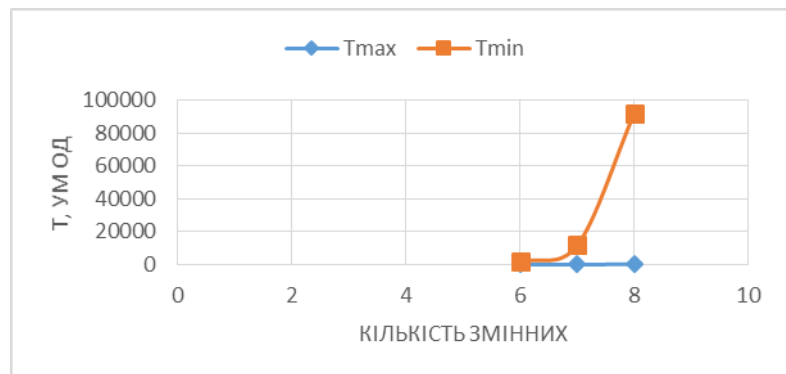
Зведена таблиця аналізу роботи алгоритму

Кількість змінних	N	
Кількість цільових функцій	1	
Кількість обмежень	1	
Кількість типів вершин	$(n-3)!$	
Кількість перестановок в межах одного типу вершини	Min	1
	Max	$n*(n-1)*(n-2)$
Кількість знаходжень значень обмежень	Min	$(n-3)!$
	Max	$n!$
Кількість знаходжень значень цільової функції	Min	$(n-3)!$
	max	$(n-2)!*n$
Вибір 1 максимального значення цільової функції	min	1 з $(n-3)!$
	max	1 з $(n-2)!*n$

Отже: $T_{\min}=3(n-3)!$, $T_{\max}=2n^2(n-2)!$

Розглянемо залежність часової характеристики від кількості змінних.

К-ть змінних	$T_{\min}$, ум од	$T_{\max}$, ум од
$n=6$	19	1728
$n=7$	73	11760
$n=8$	361	92160



Проведені розрахунки зручно представити у вигляді діаграми.

Реальний час виконання програми знаходитиметься в межах між $T_{\max}$ і $T_{\min}$. Як видно з діаграми зі збільшенням кількості змінних час стрімко зростає, саме тому доцільним є розробка алгоритмів, що обмежують перебір. Таким алгоритмом і є алгоритм модифікованого координатного методу.

Література:

1. Донець Г.П. Екстремальні задачі на комбінаторних конфігураціях: монографія / Г.П. Донець, Л.М. Колєчкіна – Полтава: РВВ ПУЕТ, 2011. – 309с.
2. Koliechkina L. N. Modified Coordinate Method to Solve Multicriteria Optimization Problems on Combinatorial Configurations / L. N. Koliechkina, O. A. Dvernaya, A. N. Nagornaya // Cybernetics and Systems Analysis. –No. 4, July–August, 2014, pp. 154–161.
3. Глинчук Л.Я. Оцінка ефективності алгоритмів криптографічного стиснення побудованих на основі дерева Штерна Броко / Л.Я. Глинчук // Проблеми програмування. 2009. №4 с.71-76.
4. Прийма С.М. Математична логіка і теорія алгоритмів: Навчальний посібник – Мелітопіль: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 134 с. ISBN 978-966-8563-84-3
5. Дослідження ефективності алгоритму [Електронний ресурс] <http://5fan.ru/wievjob.php?id=69892>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ПРЯМОГО ПОШИРЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАД СЕРЦЯ

Коробанов А.В. andrii.korobanov@gmail.com
Національний університет «Львівська політехніка»

Класифікація – це системне розподілення предметів вивчення, явищ, процесів за родами, видами, типами, по певних суттєвим ознакам для зручності їх дослідження.[1]

В даній роботі досліджено переваги застосування нейронних мереж для задач класифікації в медичних цілях (прогнозування вад серця) та спроектовано архітектуру нейронної мережі разом з програмною реалізацією.

Нейронні мережі дозволяють нам отримати відмінні результати в задачах, пов'язаних з медициною, тому що для аналізу використовується великий набір атрибутів з широким спектром значень(враховуються і результати кардіограм, і значення певних показників тіла, і діагностичні (вербальні) дані).[2]

Для завдання класифікації було виділено 13 атрибутів, з якими працює нейронна мережа.

Для навчання мережі та тестування, було розділено вхідні дані на 2 групи, по 10 збірників даних(10-навчальних, 10-тестувальних). В якості джерела даних використовується .dat файл. Для дослідження використано

Тип архітектури спроектованої мережі - мережа прямого поширення з алгоритмом для навчання зворотного поширення помилки. Нейронна мережа має один вхідний шар, що складається з 13 нейронів, один вихідний шар з 5 нейронів та один прихований з 9 нейронів.

Для функції активації було обрано сигмоїдальну функцію(експонентна сигмоїда) з параметром 0,5. Сигмоїдальні функції є монотонно зростаючими і мають відмінні від нуля похідні по всій області визначення. Ці характеристики забезпечують правильне функціонування і навчання мережі.[3]

Було виділено 5 класів вихідних атрибутів: пацієнт здоровий; вперше виникла стенокардія; стабільна стенокардія; нестабільна стенокардія; пацієнт мертвий.

Розроблена математична модель була реалізована в середовищі Visual Studio з використанням мови програмування С#. За допомогою програмного забезпечення відбувається навчання мережі, відображення результуючих даних та побудова інформаційного графіку.

Після навчання мережі точність прогнозування вад серця склала 87%.

З підсумків дослідження можна винести, що нейронні мережі виступають надійним та точним класифікатором даних, що свідчить з отриманих результатів.

Список використаних джерел:

1. Training neural network classifiers for medical decision making: The effects of imbalanced datasets on classification performance☆ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ci.louisville.edu/zurada/publications/mazurowski.nn.2008.pdf>
2. Medical Analysis and Diagnosis by Neural Networks. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://core.ac.uk/download/pdf/14507908.pdf>
3. Medical Applications Of Artificial Neural Networks: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://i.stanford.edu/pub/cstr/reports/cs/tr/96/1564/CS-TR-96-1564.pdf>

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ ТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Корчинский В.М., e-mail korchins50@mail.ru

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Современные системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с аэрокосмических носителей обеспечивают фиксацию многоспектральных изображений (МСИ) в широком диапазоне длин волн электромагнитного излучения – носителя видовой информации. Составляющие МСИ изображения, зафиксированные в различных спектральных интервалах излучения, наряду с данными, существенными для тематического анализа визуализированных материальных объектов, искажены вследствие влияния оптико-механического комплекса (ОМК) фиксации снимков. Вследствие этого одна из основных проблем тематического анализа видовых данных ДЗЗ состоит в компенсации указанного влияния. В прикладном плане такая компенсация обеспечивает адекватное определение геометрических форм визуализированных материальных объектов на космических снимках, сформированных в различных спектральных диапазонах.

Пространственное распределение яркости изображения по полю снимка является сверткой собственной яркости визуализированной сцены $B(\mathbf{r})$ и аппаратной функции ОКМ $P(\mathbf{r})$ (см., напр., [1]):

$$I(\mathbf{r}) = B(\mathbf{r}) \otimes P(\mathbf{r}), \quad (1)$$

где $\mathbf{r}$ - радиус-вектор точки поля снимка. Существенно, что аппаратная функция ОКМ $P(\mathbf{r})$ в частотной области представляет собой идеальный фильтр нижних пространственных частот с частотой среза, пропорциональной длине волны излучения – носителя видовой информации в каждом из фиксируемых спектральных каналов.

Соотношение (1) является основой для предлагаемого метода повышения информативности тематического анализа многоспектральных

данных ДЗЗ с позиций идентификации (распознавания) геометрических форм представленных в них объектов. Его предварительным этапом является гомоморфная фильтрация распределений $I(\mathbf{r})$ (выражение (1)) с учетом граничной пространственной частоты ОМК на основе их кепстрального представления [2].

Собственно предлагаемый метод включает следующие шаги:

- выделение разномасштабных компонент полученных изображений на основе их вейвлет-декомпозиции с использованием базисов, приведенных в работе [3];
- формирование линейных форм детализирующих коэффициентов вейвлет-разложения распределений яркости изображений спектральных каналов с весами, определяемыми по критерию максимизации информационной энтропии синтезированных изображений, сформированных посредством их вейвлет-реконструкции;
- восстановление растровых изображений спектральных каналов путем обратного вейвлет-преобразования;
- формирование результирующего изображения путем совмещения полученных изображений спектральных каналов.

Тестирование предложенного метода на первичных видовых данных с различным пространственным разрешением подтвердило его эффективность как в части информационных показателей, так и на уровне визуального анализа полученных изображений.

1. **Showengerdt R.** Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. New York: Academic Press; 2007. – 528 p.
2. **Оппенгейм А., Шафер Р.** Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир цифровой обработки, 2006. – 858 с.
3. **Дремин И. М., Иванов О.В., Нечитайло В.А.** Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. - 2001. - Т. 171. - № 5. - С. 465-501.

ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВВОДА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Костра В.В., kostra@list.ru

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ

Рассмотрен вопрос создания информационной технологии обработки параметров о действиях пользователя в программной системе поддержки работы врача с медицинскими документами. Необходимо провести оценку влияния разработанных элементов ввода данных (на основе структурированных лексических списков) на эффективность работы пользователя-врача. Такая оценка нужна для изучения организации и сложности взаимодействия пользователя с информационными моделями представления разносторонней медицинской терминологии, что позволяет разрабатывать более эффективные экранные интерфейсы в системах поддержки принятия решений.

Разработан подход оценки эффективности работы пользователя с лексическими списками. В этом подходе исследуется длительность ввода медицинской информации разными пользователями путем оценки временных параметров о действиях пользователя в экранном интерфейсе. Обобщение таких данных позволяет охарактеризовать общие закономерности в работе врача с медицинскими документами.

Предложенный расчет показателя эффективности элементов ввода данных на основе лексического списка определяет относительную долю времени использования списка в общем времени ввода информации в медицинский документ, другими словами показатель отражает практичность применения списка в том или ином случае. На значение показателя влияет длительность пауз в действиях пользователя, рекомендовано оценивать значения показателя в случаях, в которых длительность пауз при работе со списком и с текстовой частью документа минимальна.

СТОХАСТИЧНА ІГРОВА ЗАДАЧА СИНХРОНІЗАЦІЇ ПОДІЙ

Кравець П.О.

Національний університет „Львівська політехніка”

Метою роботи є ігрове розв’язування задачі синхронізації подій, відомої у кібернетичній літературі, як задача про стрільків, або задача Дж. Майхілла [1].

Нехай розміщені на прямій лінії L гравців реалізують деяку подію (наприклад, стрільбу по мішені) у випадкові моменти часу t_n^i , $n=1,2,\dots$. Події доступні для спостереження тільки сусіднім гравцям. Регулюючи проміжок часу $\Delta t_n^i = t_n^i - t_{n-1}^i$ між двома послідовними власними подіями, гравці прагнуть синхронізувати настання подій у межах локальних підмножин. Для цього вони випадково і незалежно вибирають одну із чистих стратегій $U^i = (u^i(1), u^i(2), \dots, u^i(N))$, яка є поточною величиною проміжку часу Δt_n^i від моменту t_{n-1}^i реалізації події:

$$u^i(k) = k \Delta t_{\max} / N, \quad k=1..N,$$

де $\Delta t_{\max}$ – максимально можливе значення проміжку часу між подіями.

Фіксуючи події сусідніх гравців, кожен i -й гравець обчислює поточний програш ξ_n^i як різницю моментів часу настання подій:

$$\xi_n^i = \begin{cases} |t_n^{i-1} + t_n^{i+1} - 2t_n^i|, & \text{if } i > 1 \text{ and } i < L; \\ |t_n^{i+1} - t_n^i|, & \text{if } i = 1; \\ |t_n^{i-1} - t_n^i|, & \text{if } i = L. \end{cases}$$

Ефективність гри визначається функціями середніх програшів:

$$\Xi_n^i = \frac{1}{n} \sum_{\tau=1}^n \xi_{\tau}^i. \quad (1)$$

Метою гри є така мінімізація функцій середніх програшів, яка призведе до глобальної синхронізації системи:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \overline{\Xi_n^i} \rightarrow \min_{u_n^i}. \quad (2)$$

Нехай вибір чистих стратегій u_n^i здійснюється гравцями незалежно на основі імовірнісних розподілів, побудованих на динамічних векторах змішаних стратегій $p_n^i = (p_n^i(1), p_n^i(2), \dots, p_n^i(N))$, значення яких змінюється у часі за градієнтним рекурентним методом, отриманим стохастичною апроксимацією функцій середніх програшів гравців для матричної гри [2]:

$$p_{n+1}^i = \pi_{\varepsilon_{n+1}}^N \left\{ p_n^i - \gamma_n \frac{\xi_n^i e(u_n^i)}{e^T(u_n^i) p_n^i} \right\}, \quad (3)$$

де $\pi_{\varepsilon_{n+1}}^N$ – проектор на одиничний ε -симплекс; $\varepsilon_n > 0$, $\gamma_n > 0$ – параметри навчання методу, монотонно спадні додатні величини; $e^T(u_n^i)$ – одиничний вектор-стовпець, індикатор вибору чистої стратегії $u_n^i = u^i$.

Дослідження збіжності методу виконано комп'ютерним моделюванням для різних значень параметрів стохастичної гри.

Ефективність гри оцінювалась функціями середніх програшів (1) та коефіцієнтом синхронізації – відносною кількістю синхронізованих гравців:

$$K_n = \frac{1}{nL} \sum_{\tau=1}^n \sum_{i=1}^L \chi(t_\tau^i = t_\tau^{\max}), \quad (4)$$

де $\chi() \in \{0,1\}$ – індикаторна функція події, $t_\tau^{\max} = \max_{i=1..L}(t_\tau^i)$ – максимальне значення фронту часу настання подій.

Отримані результати комп'ютерного моделювання показують, що значення середніх програшів гравців (1) зменшуються у часі, а коефіцієнт синхронізації подій (4) зростає до наближених до 1 значень. Тобто, переважна кількість гравців входить у синхронний режим роботи. Зростання розмірності гри погіршує ефективність синхронізації дій гравців.

1. Варшавский В.И. Оркестр играет без дирижера / В.И. Варшавский, Д.А. Поспелов. – М.: Книжный дом “ЛИБРОКОМ”, 2009. – 224 с.
2. Назин А.В. Адаптивный выбор вариантов: Рекуррентные алгоритмы / А.В. Назин, А.С. Позняк. – М.: Наука, 1986. – 288 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ У СИСТЕМАХ ЖЕСТОВОГО ІНТЕРФЕЙСУ ЛЮДИНА-КОМП'ЮТЕР

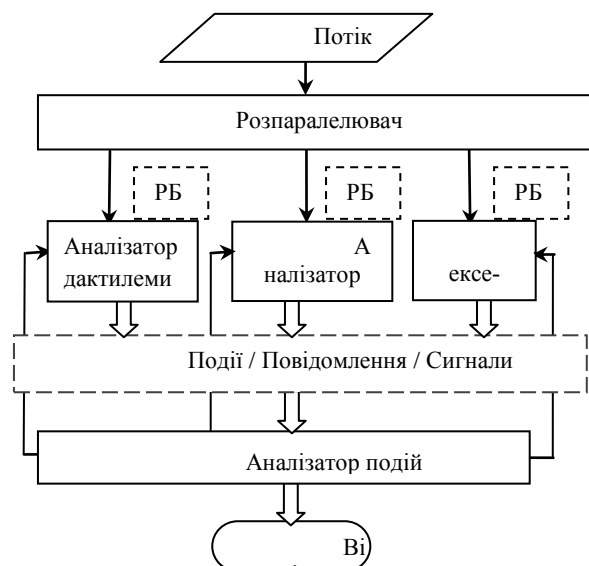
Крак Ю.В.^{1,2}, Коваль Ю.В.¹, Летичевський Є.Ф.² krak@unicyb.kiev.ua

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка

²Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

Вступ та постановка задачі. Велика кількість методів і підходів до аналізу зорової інформації (математичних методів обробки, моделювання, виділення характеристичних ознак, класифікації, кластеризації, розпізнавання візуальної інформації) [1-4], які складають основу для розробки засобів інтерактивного жестового інтерфейсу, вимагають постановки задачі про синхронізацію та узгодження роботи різномірних модулів, що відрізняються архітектурою, принципами роботи, платформами реалізації та часом виконань. Метою даної роботи є створення механізмів синхронізації інформаційних потоків і на розробці вимог до кожного окремого елемента системи.

Архітектура інтерфейсу та підходи до реалізації. Система активного жестового інтерфейсу має структуру, яка подана наступною схемою [4]:



Функціональні модулі системи – незалежні обробники вхідних даних, метою яких є визначення наявних інформаційних одиниць (жестів). Один із модулів, який на схемі називається лексематор, має завдання розмежувати

потік вхідних даних за мінімальним часом та визначити границі даних, які відповідають інформаційним одиницям. Ті дані, які знаходяться за межами означених блоків, вважаються перехідними та не повинні оброблятися іншими модулями. Інформація про границі передається блоком лексематора повідомленнями в блок аналізатора подій, який має передати цю інформацію в усі інші модулі. Кожен інший функціональний модуль може працювати в двох режимах. Перший режим – за відсутності меж інформаційних одиниць. В цьому випадку рішення, якщо такі потрібні, про границі інформаційних одиниць приймається алгоритмом, реалізованим у даному модулі. У випадку успішного розпізнавання інформаційної одиниці надсилається повідомлення в блок аналізатора подій з вказуванням або меж інформаційної одиниці або часової прив'язки інформаційної одиниці до потоку вхідних даних. У другому випадку, користуючись вказаними границями інформаційної одиниці, алгоритм аналізує обмежену частину вхідного потоку даних. У випадку розпізнавання інформаційної одиниці надсилає повідомлення про її наявність у вказаному діапазоні вхідних даних в модуль аналізатора подій. Деякі модулі в другому випадку можуть давати зважену відповідь про можливість відображення вказаними вхідними даними деякої інформаційної одиниці.

Аналізатор подій, отримуючи та надсилаючи повідомлення, вказані раніше, повинен прийняти остаточне рішення про ідентифікацію інформаційних одиниць. У випадку успішної ідентифікації інформаційної одиниці аналізатор подій формує остаточну відповідь у вигляді відповідного повідомлення.

Висновки. Таким чином, у результаті проведених досліджень запропоновано схему інформаційної взаємодії функціональних модулів прототипу системи жестового інтерфейсу.

1. **Крак Ю.В.** До розробки інтерактивного інтерфейсу моделювання та розпізнавання жестової інформації / Крак Ю.В., Коваль Ю.В. //Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2015. – №1. – С. 291-394.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ПІДСИЛЮВАЛЬНОЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ КОМУНІКАЦІЇ

Кривонос¹ Ю.Г., Крак^{1,2} Ю.В., krak@unicyb.kiev.ua

¹*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України*

²*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Доповідь присвячена розробці альтернативних засобів комунікації для людей з певними обмеженнями чи вадами. Одним із засобів такої комунікації є рухи тіла: жести руками, конфігурації кисті, рухи очима та головою тощо. На сьогоднішній день, у цій області, були проведені дослідження з найбільш перспективними технологіями: технології рукавичок, давачів п'ястку, 2D та 3D камери та платформи Kinect[1]. Для вирішення поставленої проблеми необхідно розширювати технічні засоби, зокрема, використати контролер Leap Motion[2], який дає можливості для нового способу взаємодії руки людини з обчислювальними пристроями і за допомогою якого перетворюються рухи рук у комп'ютерні команди.

Іншим засобом, який можна використовувати для альтернативної комунікації є рухи голови. Ці рухи можна досить стало розпізнавати за допомогою веб-камери[3]. Рухи очей також можна використовувати для комунікації, але для їх фіксації потрібно відповідний давач[4].

Для досягнення поставленої мети запропонована інформаційна технологія [5](див. рис.).

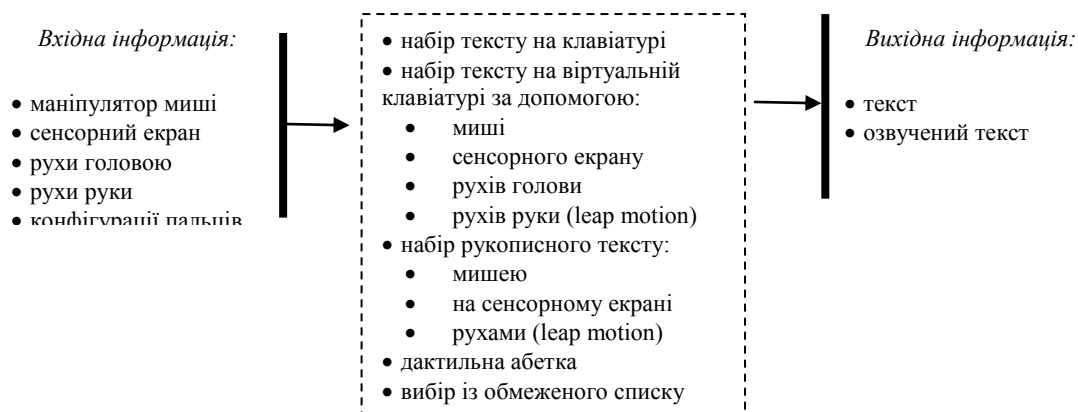


Рис. Інформаційна технологія альтернативної комунікації

За допомогою таких засобів управління можна реалізувати комунікацію у вигляді введення (з подальшим озвученням за допомогою синтезатора тексту у звук): 1) рукописного тексту; 2) тексту набраного на клавіатурі чи віртуальній клавіатурі; 3) показу слів за допомогою дактильної абетки жестової мови глухих; 4) показу (вибору) слів із словників за допомогою відповідних жестів (конфігураційних чи рухових).

За допомогою пристрою Leap Motion можна керувати курсором рухами руки. Розроблене застосування, яке містить наступні функціональності: 1) поле для відображення введеного різними способами тексту; 2) кнопка для озвучення введеної інформації; 3) область для відображення списку слів чи виразів, що часто використовуються; 4) область, що може містити віртуальну клавіатуру або місце для введення рукописного тексту.

Для створення альтернативних засобів комунікації було досліджено процес введення тексту за допомогою віртуальної клавіатури. Управління курсором, при цьому, можливе: маніпулятором миші, сенсорним екраном або рукою (через пристрій Leap Motion). Отримані нові результати по вводу тексту за допомогою дактильної абетки (дактильні символи ідентифікуються за допомогою інформації з Leap Motion), а також управління курсором за допомогою нахилів голови. Подальші дослідження направлені на вдосконалення запропонованої інформаційної технології.

1. **Yang H.-D.** Sign Language Recognition with the Kinect Sensor Based on Conditional Random Fields.// Sensors. 2015. – №15. – pp.135-147.
2. <https://www.leapmotion.com/> Leap Motion. Mac & PC Motion Controller for Games, Design, & More.
3. <http://eviacam.sourceforge.net/> Enable Viacam. Free webcam based mouse emulator.
4. <https://theeyetribe.com/> Eye tracking, or gaze tracking, is a technology that consists in calculating the eye gaze point of a user as he or she looks around.
5. **Кривонос Ю.Г.** Обробка та розпізнавання інформації для створення нових засобів комунікації людей з обмеженнями / Кривонос Ю.Г., Крак Ю.В., Бармак О.В., Багрій Р.О. // Автоматика-2015: Матеріали 22-ї Міжнародної конференції з автоматичного управління, 10-11 вересня 2015 р. – Одеса.: Вид-во ОДПУ, 2015. – С. 182-184.

ЭВОЛЮЦИОННО-ФРАГМЕНТАРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА

Кривцун Е. В., kryvtsun@ukr.net, **Козин И.В.**, ainc00@gmail.com,
Батовский С.Е., user.sergey.b@gmail.com
Запорожский национальный университет

Рассматривается одна из модификаций задачи коммивояжера - множественная задача коммивояжера [1] на множестве вершин полного графа $G = K_{n+1}$, ребрам которого приписаны некоторые неотрицательные веса. Допустимыми считаются пути в графе, состоящие из $k + 1$ циклов, для которых имеет место следующие свойства:

- а) вершина с номером 0 является начальной и конечной вершиной для каждого из циклов пути;
- б) каждая вершина, за исключением вершины 0, входит в путь ровно один раз;

Задача заключается в поиске допустимого пути минимальной длины.

Известно, что рассматриваемая задача является трудной в вычислительном смысле [2]. Поэтому для поиска приближенных решений задачи оправдано применение метаэвристик.

Рассмотрим множество слов в алфавите $\Gamma = \{c_0, c_1, c_2, \dots, c_n\}$. Слово будем называть *правильным*, если:

- в него входят $k + 2$ буквы c_0 и по одной букве $c_i, i = \overline{1, n}$;
- оно начинается и заканчивается буквой c_0 ;
- оно не содержит рядом стоящих букв c_0 .

Теорема. Существует взаимно-однозначное соответствие между множеством правильных слов и допустимыми путями в множественной задаче коммивояжера.

В работе рассматривается эволюционно-фрагментарная модель [3] множественной задачи коммивояжера. При этом допустимыми фрагментами

являются все слова, которые можно дополнить до правильного слова дописыванием букв, а элементарными фрагментами – буквы алфавита.

Каждой перестановке букв $c_1, c_2, \dots, c_n$ соответствует множество $\Gamma_k(c_1, c_2, \dots, c_n)$ из C_{n-1}^k правильных слов. Правильные слова получаются путем добавления между элементами перестановки k разделителей в виде буквы c_0 , а также букв c_0 в начале и в конце слова.

Определим отображение из множества перестановок S_n в множество вещественных чисел следующим образом. По каждой перестановке букв $c_1, c_2, \dots, c_n$ построим множество $\Gamma_k(c_1, c_2, \dots, c_n)$. Значением функции является длина наиболее короткого допустимого пути из множества допустимых путей в графе G , соответствующих правильным словам из $\Gamma_k(c_1, c_2, \dots, c_n)$.

Таким образом, в соответствии с [3], построена фрагментарная модель для множественной задачи коммивояжера. Этот результат позволяет применить универсальную эволюционно-фрагментарную модель [4] для поиска приближенного решения задачи.

Литература

- [1] Bektas, Tolga, 2006. "The multiple traveling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures," Omega, Elsevier, vol. 34(3), pages 209-219, June.
- [2] Гэри М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон. – М. : Мир, 1982. – 416 с.
- [3] Козин И.В., О свойствах фрагментарных структур/ И. В.Козин, С.И.Полюга // Вісник Запорізького національного університету. Математичне моделювання і прикладна механіка. – 2012. – № 1. – С. 99-106.
- [4] Козин И.В. Использование ЭВФ-алгоритмов для решения задачи прямоугольного раскроя / И.В. Козин, С.И. Полюга // Питання прикладної математики і математичного моделювання: зб. наук. праць; – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту ім. Олеся Гончара, – Дніпропетровськ, 2009. – С. 199 – 208.

КЛАСИФІКАЦІЯ БІФУРКАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗА УМОВИ ВИРОДЖЕНОСТІ КОВИМІРНОСТІ >1

Кузенков О.О., kuzenkov1986@mail.ru

Дніпропетровський національний університет ім.О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

В роботі було розглянуто математичну модель [1]

$$\dot{x}_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot \left(a_j - c_j \cdot \sum_{k=1}^n x_k \right) \cdot x_j, \quad i = \overline{1, n} \quad (1)$$

динаміки субпопуляцій, що входять до складу однієї популяції. Система (1) є особливим випадком відомої моделі Лотки – Вольтери. Особливість полягає в тому, що в системі (1) коефіцієнти внутрішньо-субпопуляційної конкуренції та міжсубпопуляційної конкуренції для кожної субпопуляції є рівними. Із предметної точки зору даний факт пояснюється відсутністю пріоритетів серед особин при взаємодії їх між собою. Але відмінність цього коефіцієнта для кожної субпопуляції відображає головну сутність моделі, а саме різницю між субпопуляціями у ступені сприйняття зовнішнього впливу.

За умови $\sum_{i=1}^n A_{ij} = 1, j = \overline{1, n}, A_{ij} \in [0;1]$ система є замкненою.

Система (1) має $n+1$ ізольовану точку рівноваги: початок координат та n точок, що мають координати $(a_1/c_1; 0; \dots; 0), (0; a_2/c_2; \dots; 0), \dots, (0; 0; \dots; a_n/c_n)$, тобто належать до різних осей фазового простору та розташовані на відстані a_j/c_j , $j = \overline{1, n}$ від початку координат.

За результатами дослідження моделі (1) було отримано такі результати:

Теорема 1: система (1) при $n=2$ за умови $a_1=0 \cup a_2=0 \cup \lambda_1+\lambda_2=1 \cup \begin{cases} a_1 a_2 (\lambda_1 + \lambda_2 - 1) > 0 \\ \lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2 = 0 \end{cases}$ є виродженою в околі особливої точки $(0;0)$.

Теорема 2: система (1) при $n=2$ в околі особливої точки $(0;0)$ має тип сідло за умови $a_1 a_2 (\lambda_1 + \lambda_2 - 1) < 0$. Якщо $0 < a_1 a_2 (\lambda_1 + \lambda_2 - 1) < (\lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2)^2 / 4$, особлива точка $(0;0)$ є вузлом, а за умови $a_1 a_2 (\lambda_1 + \lambda_2 - 1) > (\lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2)^2 / 4$ - фокусом. Точка є стійкою за умови $\lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2 < 0$, інакше нестійкою.

Теорема 3: система (1) при $n=2$ за умов $a_1=0 \cup (1-\lambda_1-\lambda_2)=0 \cup (a_2-c_2a_1/c_1)=0 \cup \begin{cases} a_1(1-\lambda_1-\lambda_2)(a_2-c_2a_1/c_1)>0 \\ \lambda_2(a_2-c_2a_1/c_1)-a_1=0 \end{cases}$ є виродженою в околі особливої точки $(a_1/c_1;0)$.

Теорема 4: особлива точка $(a_1/c_1;0)$ системи (1) при $n=2$ має тип сідло за умови $a_1(1-\lambda_1-\lambda_2)(a_2-c_2a_1/c_1)<0$. Якщо $0<a_1(1-\lambda_1-\lambda_2)\cdot(a_2-c_2a_1/c_1)<(\lambda_2(a_2-c_2a_1/c_1)-a_1)^2/4$, особлива точка $(a_1/c_1;0)$ є вузлом, а за умови $a_1(1-\lambda_1-\lambda_2)\cdot(a_2-c_2a_1/c_1)>(\lambda_2(a_2-c_2a_1/c_1)-a_1)^2/4$ - фокусом. В останніх двох випадках точка є стійкою за умови $\lambda_2(a_2-c_2a_1/c_1)-a_1<0$, інакше нестійкою. Для інших ненульових точок рівноваги результати є симетричними.

Теорема 4.7: точки умовної стаціонарної гіперплощини

$$\sum_{j=1}^n x_j = a_1/\tilde{n}_1 \quad (2)$$

системи (1), що виникає за додаткової умови [2]

$$a_i/c_i = a_j/c_j, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

є виродженими, а Якобіан системи в цих точках дорівнює 0.

Теорема 4.8: вироджена стаціонарна пряма (2), (3) системи (1) при $n=2$ складається з точок притягуючого променя (атрактор) загального вигляду $\tilde{n}_1 x_1(a_2-a_1)/a_1-a_2<0$ та точок відштовхуючого променя (репеллера) загального вигляду $\tilde{n}_1 x_1(a_2-a_1)/a_1-a_2>0$. Складена особлива точка, що поєднує аттрактор та репеллер, має координати $(a_1 a_2 / \tilde{n}_1(a_2-a_1); a_1^2 / \tilde{n}_1(a_1-a_2))$ та нульовий корінь характеристичного рівняння матриці Якобі кратності два. Результати викладені в роботі проілюстровано результатами чисельного розрахунку, що дозволяє наочно оцінити достовірність отриманих результатів.

Бібліографічні посилання

1. **Kuzenkov O.O.** Bifurcation effects in degenerate differential models of subpopulation dynamics/ O.O. Kuzenkov, S.V. Chernyshenko // ECMS2013, 27-th european conference on modelling and simulation. – Norway, 2013.
2. **Кузенков О.О.** Класифікаційна система точок рівноваги лінійної системи диференціальних рівнянь третього порядку/ О.О. Кузенков // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Сер. "фіз.-мат. науки". – К., 2011. – №3. С.120-124.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ БАНКІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Кузнєцова М.О., mariyakuznetsova1@ya.ru, Яковенко О.Г.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Основним завданням діагностики фінансової стійкості комерційного банку є прогнозування здатності банку підтримувати пропорції у фазах циклу кругообігу капіталу, незважаючи на дестабілізуючий вплив факторів зовнішнього середовища. У формалізованій моделі цикл кругообігу капіталу в банківській установі M_0 можна представити таким чином: $M_0 = f(P, R, I)$, де P – фаза залучення капіталу; R – фаза розміщення капіталу; I – фаза використання капіталу. Кількісне вимірювання кожної з наведених фаз циклу кругообігу капіталу в комерційному банку може здійснюватися за допомогою великої кількості різних показників.

Статистична якісна оцінка фінансового стану комерційного банку здійснюється в такій послідовності. По кожному з показників, що вимірюють фінансовий стан банківської установи, визначається середнє значення по всій розглянутій вибірці комерційних банків України. Потім ці середні значення показників порівнюються з фактичними значеннями аналізованого комерційного банку. При цьому можливі різні комбінації таких порівнянь, які можна представити у вигляді наступних типів фінансового стану банківської установи: добре, задовільне, кризове, катастрофічне.

На наступному етапі діагностики фінансового стану комерційного банку, використовуючи якісні оцінки його фінансового стану на певний момент часу, будується траєкторія вимірювання за певний проміжок часу.

Необхідно відзначити, що динаміка якісних характеристик фінансового стану комерційного банку за певний проміжок часу не завжди може дати об'єктивну оцінку його зміни, оскільки не показує градієнт спрямованості перебігу процесу в бік погіршення або поліпшення фінансової ситуації в банківській установі.

Тому на третьому етапі діагностики фінансового стану комерційного банку розраховується комплексний кількісний показник фінансового стану комерційного банку на певний момент часу. Значимість окремих показників фінансового стану визначається на основі дискримінантної моделі класифікації типів фінансового стану банку.

На четвертому етапі діагностики фінансового стану комерційного банку за допомогою визначеного комплексу показників будується траєкторія кількісної зміни фінансового стану банківської установи за певний проміжок часу. І на завершення побудови моделі траєкторії якісної і кількісної оцінки зміни фінансового стану комерційного банку на певний момент часу поєднуються в єдину модель. Таким чином, моделі траєкторії кількісної та якісної оцінок зміни фінансової стабільності досліджуваних комерційних банків України поєднуються в єдину модель, що дозволяє дати повну оцінку фінансової ситуації в банківських установах, а саме: будь-який комерційний банк можна віднести до однієї з двох груп (класів): - фінансово-стійкий або – фінансово-нестійкий.

На рис. 4.3 графічно представлені траєкторії комплексних показників фінансової стійкості двох із досліджуваної групи комерційних банків.

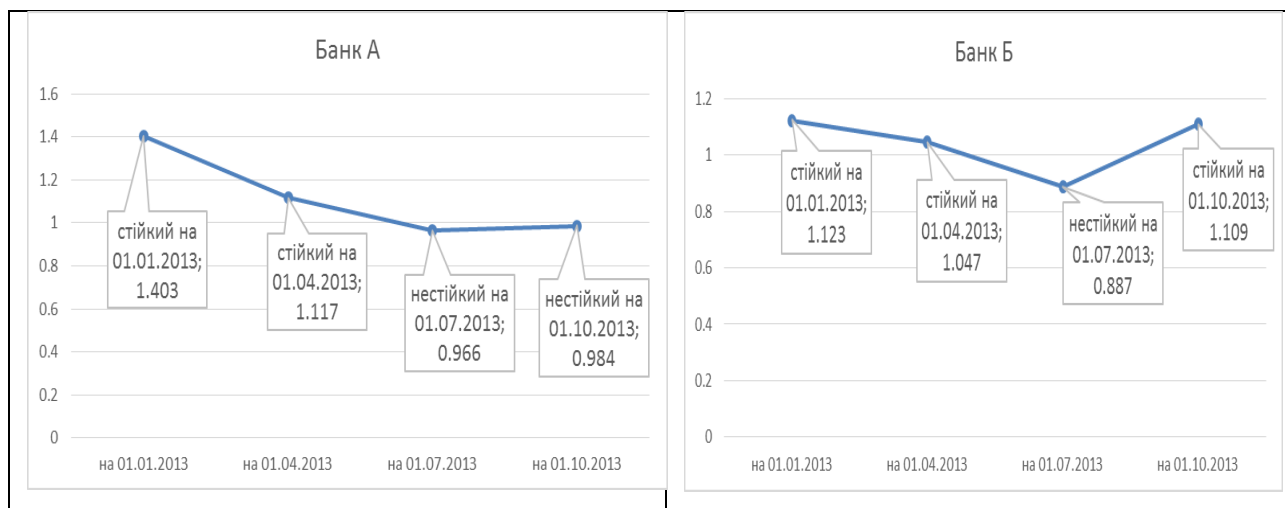


Рис. 1. Траєкторії динаміки кількісно-якісних оцінок фінансової стійкості банків А та Б за чотири квартали 2013 року.

Розроблені моделі можуть бути застосовані у системах підтримки прийняття рішень про фінансову стійкість банків.

ОЦІНКА ВРОЖАЙНОСТІ ЗА ДАНИМИ АЕРОФОТОЗЙОМКИ НА ОСНОВІ ГІСТОГРАМИ РОЗПОДІЛУ КОЛІРНОЇ Y-КОМПОНЕНТИ

Курочкін В.М., glukozavr.91@gmail.com
Національний Авіаційний Університет

Розглянемо задачу швидкого аналізу зображення посівної площі для оцінки врожайності та виявлення найбільш родючих та пошкоджених ділянок.

Нехай маємо ділянку посівної площі, що представляє собою деяку текстуру, утворену двома однорідними складовими: ґрунт та рослинність (зображені коричневим, або чорним та зеленим кольором відповідно).

Необхідно здійснити розділення сумішей [1] та визначити відсоток зеленої складової.

Проблема даного підходу в великій обчислювальній складності подібних процедур, що базуються на відновленні розподілів суміші [2].

Запропоновано швидкий алгоритм для оцінки співвідношення складових сумішей, що заснований на аналізі гістограми розподілу кольорових складових зображення. Нехай задано зображення $M \times N$. Побудуємо розбиття $h_i = \left\lceil \frac{M}{m} \right\rceil$, $h_j = \left\lceil \frac{N}{n} \right\rceil$, де m, n - кількість елементів розбиття за вертикаллю та горизонталлю відповідно.

Необхідно визначити поріг η , який можна обрати вручну на основі вигляду гістограми, або обчислити використовуючи методи визначення наближеного центру гістограми, наприклад методом Отсу [4].

Для (i, j) -ділянки утвореного розбиття, де $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$, визначимо співвідношення пікселів по обидві сторони порогу η - оцінку p .

За отриманою послідовністю $P = \{p_{i,j}\}_{i=\overline{1,n}, j=\overline{1,m}}$ знайдемо наближення функції $p(i,j)$ за використанням двовимірного сплайну, близького до інтерполяційного у середньому [5].

Результат оцінки врожайності, функції $p(i,j)$, відображено на запропонованій вихідній формі (рис. 1), тобто фактичний відсоток зеленої маси, згідно методу моментів, на основі параметру p .

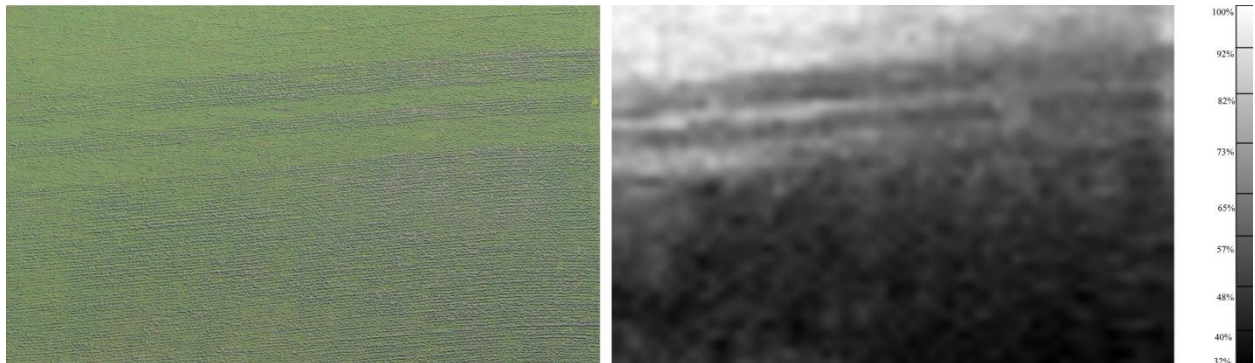


Рис. 1. Зразок ділянки посівної площі з неоднорідною врожайністю як результат аналізу ділянки посівної площі, а саме оцінка співвідношення рослинності до ґрунту у відсотках

Література

1. Назаров А. Л. «Приближенные методы разделения смесей вероятностных распределений»: дис. канд. ф.-м. наук: 01.01.05 // Назаров Алексей Леонидович – М., 2013. – С. 111
2. Мозговая И. В. Сравнительный анализ вычислительных схем восстановления смесей распределений // Придніпровський науковий вісник №67 (134) – Д.: Наука і освіта, 1988. — С. 51-54.
3. Лигун А. О. Комп'ютерна графіка // А. О. Лигун, О. О. Шумейко. – Д.: Біла К. О., 2010. – 83 с.
4. Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms // Systems, Man and Cybernetics, Vol. 9 [Електронний ресурс] – 1979 – Рр. 62-66.
Режим доступу до ресурсу:
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=4310076>
5. Приставка П. О. Поліноміальні сплайни при обробці даних — Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2004. — С. 236.

О НЕПОЛНОМ КОНТАКТЕ НЕОДНОРОДНОГО СЛОЯ С МНОГОСЛОЙНЫМ ОСНОВАНИЕМ

Ламзюк В.Д., Хамхотьюко О.С., kmm.dnu@ukr.net

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

В работе рассматривается плоская задача теории упругости об отставании неоднородного слоя от упругого основания. Бесконечный гладкий неоднородный по глубине слой толщиной H прижимается к многослойному основанию нормальной нагрузкой, которая прикладывается к конечной части границы ($y=0$) слоя. Модуль Юнга $E(y)$ и коэффициент Пуассона $V(y)$ – функции переменной y . Совокупность участков контакта обозначим L_2 . Задача состоит в том, чтобы определить границы всех участков и контактные напряжения на них. Граничные условия этой контактной задачи для неоднородного слоя имеют вид:

$$\begin{aligned}\tau_{xy}(x,0) &= 0; \quad \sigma_y(x,0) = -q_1(x); \\ V'(x,H) &= V'_1(x), \quad x \in L_2; \quad \sigma_y(x,H) = \sigma_{y_1}(x) = -q_2(x), \quad x \in L_2; \\ \sigma_y(x,H) &= \sigma_{y_1}(x) = 0, \quad x \notin L_2, \quad \tau_{xy}(x,H) = 0, \quad x \in (-\infty, +\infty)\end{aligned}$$

где $q_1(x)$ – известная внешняя нагрузка, которая действует на верхней границе слоя; $V_1(x)$, $\sigma_{y_1}(x)$ – соответственно вертикальные перемещения и нормальные напряжения на верхней границе основания; $q_2(x)$ – заранее неизвестное контактное давление на нижней границе слоя. Построены соотношения, которые связывают производные перемещений верхней и нижней границ слоя и действующие на эти границы внешние нагрузки. Разработана методика определения НДС (плоская деформация) непрерывно неоднородного слоя, который деформируется известной нагрузкой. В работе эта задача сведена в пространстве трансформант Фурье к последовательному решению двух задач Коши для построенных нормальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Контактная задача сведена к решению сингулярного интегрального уравнения относительно контактного давления. Построены условия для определения неизвестной области контакта. Проведены численные расчеты.

МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ УМОВНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Лапко О.В., mrolapko@gmail.com, Провотар О.О., olga.provotar@gmail.com

Київський національний університет ім. Т.Г. Шевченко

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова,

Довгий час теорія ймовірностей була єдиним математичним інструментом обчислення невизначеності. Однак протягом останніх років з'явилися нові альтернативні підходи до обчислення невизначеності. Їх метою є обчислення невизначеності у тих випадках коли природа невизначеності не вкладається в класичні ймовірнісні схеми, або коли ймовірнісні схеми є занадто суттєвими обмеженнями при розв'язанні тих чи інших задач.

Однією з основних альтернативних теорій є теорія можливості запропонована Л. Заде в 1978 році [13]. Основи теорії можливості розглядалися в [1]. Зокрема йшлося про підходи теорії можливості до обчислення невизначеності окремих подій та порівняння результатів обчислення з результатами ймовірнісних підходів. Проте в задачах прийняття рішень, інтерпретації результатів експерименту, штучного інтелекту часто виникає потреба в обчисленні невизначеності (ймовірності, можливості) не окремих подій, а невизначеності їх кореляції. В теорії ймовірності основним інструментом для обчислення кореляції двох стохастичних подій є умовна ймовірність та залежність подій. Так само й в теорії можливості є поняття умовної можливості подій. Проте на відміну від ймовірнісного підходу можливістний не має жорстких чітких обмежень і тому існує декілька визначень умовної можливості.

Розглядаються різні способи визначення умовності невизначених подій, стохастичний та декілька можливістних, а саме підходи: Заде, Хісдал, Дюбуа та Прада, Демпстера та де Кумана. Велика кількість можливістний підходів викликана перш за все відсутністю строгих обмежень на міру можливості на відміну від теорії ймовірності. Та підхід де Кумана (мірно-

теоретичний) є узагальнюючим й охоплює всі інші. Тим не менш, існують і деякі інші підходи обчислення умовних можливостей, що не були згадані у статті, але на думку авторів більшість з них виглядають досить штучними і тому не були розглянуті. Крім того у статті розглянуто визначення залежності нечітких подій окремо для кожного з підходів, що дозволяє більш чітко класифікувати кореляцію нечітких подій.

Автори вище згаданих підходів намагалися перенести принцип обчислення ймовірності в аксіоматику теорії можливості і побудувати підходи до обчислення умовної можливості аналогічно умовній ймовірності. Але у зв'язку із зовсім іншою природою можливості та шляхами її обчислення, зокрема для нечітких подій, виникає необхідність у побудові кардинально іншого способу (відмінного від ймовірнісного) визначення кореляції нечітких подій та їх залежностей.

Передбачається, що запропоновані підходи в майбутньому можуть бути узагальнені та дослідженні на предмет оптимальності для певного класу задач. Планується також, визначити та класифікувати класи задач, для яких кожен з запропонованих підходів може забезпечити найбільш чітке та коректне їх розв'язання.

1. **А. Провотар, А. Лапко.** О некоторых подходах к вычислению неопределенностей // Проблемы програмування №2-3 – 2010. стр. 22-28.
2. **L. Zadeh.** Fuzzy sets as a basis for theory of possibility // Fuzzy Sets and Systems -1978. №1, p. 3-28,;

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ PAIR – WISE ТЕСТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЙОГО ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Левандович М. В., Білас О. Є., marta.levandovich@gmail.com
Національний університет «Львівська політехніка»

Тестування програмного забезпечення є одним із найбільш дорогих етапів життєвого циклу програмного забезпечення, на який відводиться приблизно половина від вартості загальних витрат.[1]

Метод Pairwise testing це новий та ефективний підхід до тестування, основою цієї методики є те, що тестові набори, які генеруються при її використанні охоплюють всі унікальні пари комбінацій факторів, що вважається достатнім для виявлення більшої кількості дефектів.

Для тестування з використанням Pairwise методики застосовують один із двох існуючих алгоритмів. Перший заснований на побудові ортогональних масивів, а інший на All-Pairs алгоритмі.[2]

Дана система реалізована з використанням детермінованого параметризованого алгоритму In Parameter Order (IPO).

Нехай n - кількість питань, а $1 \leq m \leq n$ - ступінь критичності помилок, вона ж ступінь покриття або глибина покриваючого набору. Чим менше значення m , тим критичніша помилка. Виходячи з ступеня покриття будується тестовий набір, який дозволить виявити помилки, ступінь критичності яких менше m . Якщо $m = n$, то пошук помилок зводиться до перебору всіх варіантів. [3]

На вхід подається A і m , на вихід – мінімальне число тестів. Стратегія IPO ділиться на дві послідовні частини: горизонтальний і вертикальний ріст.

Обираємо перші m питань і перебираємо всі комбінації. На виході отримуємо матрицю з m стовпців і кількістю рядків, рівним $A(1) * A(2) * \dots * A(m)$. Для кращого результату необхідно впорядкувати питання за кількістю варіантів в порядку зменшення.[4]

Горизонтальне зростання

Нехай первісне $k = m$. Додаємо наступний стовпець $k + 1$ наступним чином:

1. Створюємо множину B - невикористаних комбінацій між стовпцем $k + 1$ і стовпцями $1, \dots, k$. Комбінації всередині цієї множини слід класифікувати по стовпцях, яким вони відповідають.

2. Підставляємо відповіді і визначаємо комбінацій з B , які можна опустити цим рядком. Якщо їх число дорівнює k , то варіант підходить.

3. Видаляємо з B покриті комбінації і переходимо до другого пункту, де розглядаємо наступний рядок.

Якщо всі комбінації покриті, переходимо до нового горизонтального зростання. Якщо кількість питань закінчилося, алгоритм завершується.

Вертикальний ріст

Аналогічним чином відбувається вертикальне зростання. Додається рядок, який забере з B найбільшу кількість комбінацій.

1. Пошук пари, яка об'єднає максимальну кількість пар із B множини.
2. Об'єднання знайдених пар та додання їх у вихідну множину A .
3. Як і у горизонтальному алгоритмі видаляємо знайдені пари з множини B .

Як результат, розроблена попередня версія системи тестування методом pair-wise з використанням детермінованого параметризованого алгоритму In Parameter Order (IPO).

Проаналізовано результати отриманих вихідних даних та на основі порівняння з вичерпним тестуванням є очевидною перевага системи у ефективності її виконання.

Бібліографічні посилання:

1. **Myers G.J.** The Art Of Software Testing. N.Y. John Wiley & Sons, Inc. 2004. – 254 p.
2. **Ammann P. E., and A. J. Offutt.** “Using Formal Methods to Derive Test Frames in Category-Partition Testing.” In Ninth Annual Conference on Computer Assurance (COM-PASS'94), Gaithersburg, MD, pages 69–80, 1994.
3. Алгоритм построения покрывающих наборов [Електронний ресурс] . – Режим доступу до сайту: <http://habrahabr.ru/post/187882/>
4. Разработка тест кейсов по методике pair wise [Електронний ресурс] . – Режим доступу до сайту: <http://sqadays.com/ru/talk/9084>

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ ЗА ЦЕНТРАМИ КУЛЬ ПОКРИТТЯ

Лозовська Л.І., Андреев Є.О., justandjack@hotmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Маємо множину координат туристичних місць (наприклад розташованих в місті Дніпропетровськ), місце положення туриста. Будемо розглядати задачу пошуку оптимального шляху для відвідання k туристичних місць та пошуку оптимального шляху з часом подорожі не більшим заданого з максимальною кількістю місць, які турист відвідає.

Нехай є множина центрів $\tau = \{\tau_1, \dots, \tau_N\}$ – множина центрів (розміщення туристичних місць, банкоматів, центрів обслуговування), матриця витрат та задана початкова точка обходу τ_0 , P – кількість точок обходу ($p \leq N$). Позначимо:

$\begin{pmatrix} t_{00} & \dots & t_{0N} \\ \dots & \dots & \dots \\ t_{N0} & \dots & t_{NN} \end{pmatrix}$ – матриця витрат на перехід між центрами;

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{коли існує перехід } \tau_i \rightarrow \tau_j; \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

$$\sum_{i=0}^N x_{ij} \leq 1, \quad j = 1, \dots, N; \quad (1)$$

$$\sum_{j=0}^N x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, N; \quad (2)$$

$$u_i - u_j + (p-1)x_{ij} \leq (p-2); \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N x_{ij} = p.$$

Задача 1. Треба знайти контур мінімальної довжини, що проходить через p вершин ($p \leq N$) рівно один раз з мінімальними витратами:

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N t_{ij} x_{ij} \rightarrow \min.$$

За виконання умов (1-3).

Ця задача є дуже схожою на задачу комівояжера. Вони відрізняються тим, що в задачі комівояжера контур будується через всі центри, а в цій задачі контур може бути побудований лише через певні центри.

Задача 2. Задані витрати T . Треба знайти контур, що проходить через максимальну кількість центрів рівно один раз, з витратами не більшими T .

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N x_{ij} \rightarrow \max, \quad \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N t_{ij} x_{ij} \leq T.$$

За виконання умов (1 -3).

Для розв'язання поставлених задач по визначенню оптимального маршруту розроблено алгоритми, програмний продукт мовою програмування Objective-C для планшетів працюючих на операційній системі iOS. Для початку роботи треба встановити аплікацію за допомогою Apple AppStore.

Робота алгоритмів перевірялася для задач побудови оптимальних маршрутів. Нижче наведені результати роботи програми для 5 точок обходу. У випадку розв'язання задачі при обмеженнях на час подорожі (не більше 11000с), до маршруту включено 3 точки (рис. 1), якщо ж у якості обмеження виступає припустима довжина маршруту (30000м), то до маршруту включено всі 5 точок (оптимальний маршрут зображено на рис 2).



Рис. 1. Оптимальний шлях при обмеженні на час обходу.



Рис. 2. Оптимальний шлях при обмеженні на його довжину.

Бібліографічні посилання.

1. **Сухарев А.Г.** Минимаксные алгоритмы в задачах целочисленного анализа. / А.Г. Сухарев / – М.: Наука. – 1989. – 300с.

ЗВЕДЕННЯ КВАДРАТИЧНИХ ЛЕКСИКОГРАФІЧНИХ ЗАДАЧ ДО ПОСЛІДОВНОСТІ НЕРІВНОСТЕЙ В ЛЕКСИКОГРАФІЧНОМУ ПОРЯДКУ

Ломага¹М.М., lomagamarija@yandex.ua,

Семенова²Н.В. nvsemenova@meta.ua

¹ ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна

² Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

В задачах лексикографічної оптимізації часткові критерії строго впорядковані за важливістю і пошук оптимального розв'язку здійснюється таким чином, щоб забезпечити приріст більш важливого критерію за рахунок будь-яких втрат менш важливих критеріїв. До варіантів розв'язання лексикографічних задач оптимізації відноситься використання схеми скаляризації або згортки векторного критерію для одноетапного розв'язання [1-4].

Розглянемо квадратичну задачу лексикографічної оптимізації [1]

$$\max^L \left\{ F(x) \mid x \in X = \{x \in R^n \mid Ax \leq b, x \geq 0\} \right\} \quad (1)$$

де часткові критерії $f_i(x) = x^T C_i x + d_i^T x$, $i = 1, \dots, l$, впорядковані за спаданням важливості, $C_k \in R^{n \times n}$, $k = 1, \dots, l$ – симетричні від'ємновизначені матриці, $d \in R^n$, $A \in R^{m \times n}$, $b \in R^m$, $X \neq \emptyset$.

Для задачі (1) будемо відображення Лагранжа за правилом

$$\varphi(x, u_1, \dots, u_m) = F(x) + \sum_{i=1}^m \left(b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \right) u_i,$$

де U – простір R^l , в якому задано лексикографічний порядок, $u_i \in U$, $i = 1, 2, \dots, m$, $U^m = \underbrace{U \times U \times \dots \times U}_m$.

Розглядається підхід, в основі якого лежить пошук таких $x^* \in X$ і $u_i^* \geq^L 0$, які задовольняють нерівність

$$\varphi(x, u_1^*, \dots, u_m^*) \leq^L \varphi(x^*, u_1^*, \dots, u_m^*) \leq^L \varphi(x^*, u_1, \dots, u_m). \quad (2)$$

Умови (2) є достатніми умовами оптимальності розв'язку x^* задачі (1) [4]. Функція $\varphi(x, u_1, \dots, u_m)$ для задачі (1) матиме вигляд

$$\varphi(x, u_1, \dots, u_m) = \begin{pmatrix} x^T C_1 x + d_1^T x + \sum_{i=1}^m \left(b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \right) u_i[1] \\ x^T C_2 x + d_2^T x + \sum_{i=1}^m \left(b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \right) u_i[2] \\ \dots \\ x^T C_l x + d_l^T x + \sum_{i=1}^m \left(b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \right) u_i[l] \end{pmatrix},$$

де $u = (u_1, \dots, u_m)$, $u_i[k]$ – k -та координата вектора u_i , $u[i] = (u_1[i], \dots, u_m[i])$, $i = 1, 2, \dots, m$.

Звести задачу (1) до розв'язання послідовності систем нерівностей в лексикографічному порядку дає

Теорема. Для того, щоб в задачі (1) для точки (x^*, u^*) виконувались умови (2) $\forall x \in X$, $u_i \geq^L 0$, $i = 1, 2, \dots, m$, необхідно і достатньо виконання умов

$$\begin{cases} \frac{\partial \varphi_i(x^*, u^*)}{\partial x} = d_i + 2C_i x^* - A^T u^*[i] \leq 0, \\ x^* \frac{\partial \varphi_i(x^*, u^*)}{\partial x} = 0, \\ b - Ax^* \geq 0, \\ u^*[i](b - Ax^*) = 0, i = 1, 2, \dots, l. \end{cases},$$

в лексикографічному порядку.

Бібліографічні посилання

1. **Ломага М.М.** Квадратичні задачі лексикографічної оптимізації: властивості та розв'язання / М.М. Ломага, В.В. Семенов // Комп'ютерна математика. – 2013. – № 2. – С. 134-143.
2. **Подиновский В.В.** Оптимизация по последовательно применяемым критериям / В.В. Подиновский, В.М. Гаврилов. – М.: Сов. радио, 1975. – 192 с.
3. **Семенова Н.В.** Векторні задачі дискретної оптимізації на комбінаторних множинах: методи дослідження та розв'язання / Н.В. Семенова, Л.М. Колечкіна. – Київ: Наук. думка, 2009. – 266 с.
4. **Червак Ю.Ю.** Оптимізація. Непокращуваний вибір / Ю.Ю. Червак. – Ужгород: Ужгородський національний університет, 2002. – 312 с.

ІНТЕГРАЦІЯ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ СТАНУ ВАЛЮТНОЇ БІРЖИ ДО СКЛАДУ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТОРГІВЕЛЬНИХ СИСТЕМ

Луценко О.П., lutsenkoop@yandex.ua, **Байбуз О.Г.,** obaybuz@inbox.ru
Дніпропетровський національний університет ім.О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

В попередніх публікаціях, зокрема в [1], авторами була описана модель ймовірнісної оцінки стану валютної біржі, заснована на припущенні, що векторна величина, утворена величинами часових інтервалів та припущеннями котирувань від розладнання до розладнання є випадковою величиною, функція розподілу якої повільно змінюється в часі. Описані обчислювальні схеми оцінки функцій ризику розладнання на інтервалі часу в майбутньому, а також ризику перевищення заданого цінового рівня в момент розладнання.

На базі обчислювальної схеми ризику перевищення заданого цінового рівня в момент розладнання пропонується наступний спосіб ймовірнісної оптимізації величини тейк-профіт (рівень цін, при якому угода закривається з прибутком) для угод, що укладаються.

1) максимізація ймовірнісного очікування прибутку від угоди:

$$takeprofit == \arg \max_{y_{cp} \in (y_{st}; \infty)} \left(\begin{cases} (y_{cp} - y_{st})P_{ne}, y_{st} < y_{cp} \\ (y_{st} - y_{cp})P_{ne}, y_{st} > y_{cp} \end{cases} \right). \quad (1)$$

2) максимізація ймовірнісного очікування цінового рівня в наступний момент розладнання:

$$takeprofit == \arg \max_{y_{cp} \in (y_{st}; y_{\max})} \left(\begin{cases} (y_{cp})P_{ne}, y_{st} < y_{cp} \\ (-y_{cp})P_{ne}, y_{st} > y_{cp} \end{cases} \right). \quad (2),$$

де P_{ne} – ймовірність не перевищення ціною заданого рівня в момент розладнання, y_{cp} – очікуваний приріст цін в момент розладнання, y_{st} – приріст цін з моменту останнього розладнання в момент заключення угоди.

Функція (1) збільшує максимальний прибуток від угод за рахунок зменшення кількості прибуткових угод, тоді як функція (2) покращує співвідношення прибуткових угод до збиткових.

Було проведено серію тестів 4 торговельних систем (система на основі індикатора MACD, система Diver на основі комбінації індикаторів MACD, стохастик і commodity channel index, система на основі індикатору RSI та

система Bagovino на основі RSI в комбінації з експоненційними середніми) та досліджено зміни їхньої ефективності (за критерієм прибутковості) при введенні до їхнього складу описаних функцій ризику.

Дані, отримані в результаті серії тестів, у яких логіка роботи торговельних систем з використанням ймовірнісної оптимізації була ідентичною до такої, що використовується при здійсненні реальної торгівлі, показали збільшення ефективності отриманих торговельних систем згідно набору критеріїв прибутковості (фактор прибутковості, фактор відновлення, максимальний наростаючий внутрішньоденний збиток, середній прибуток і збиток від угод, кількість прибуткових і збиткових угод, тощо), порівняно з цими ж системами, але без застосування ймовірнісної оптимізації кількісних показників угод (таблиця 1).

Таблиця 1. Результати тестування: відносна зміна показників прибутковості в %.

	Кількість угод	Фактор прибутковості	Максимальний наростаючий внутрішньоденний збиток	Середній прибуток від угоди	Середній збиток від угоди	Кількість прибуткових угод	Кількість збиткових угод
2 minutes							
MACD	-9,0950	14,3434	-0,1340	6,7055	52,4787	19,1974	-25,1510
Diver	-7,7821	8,1515	-14,0780	21,2806	11,1383	-0,8929	0,0000
Bagovino	2,3707	18,6175	-31,5410	-25,5600	39,3342	41,5954	-36,1440
RSI	-8,8170	6,2566	21,6740	15,3201	20,9140	-3,7743	-13,5840
1 hour							
MACD	-0,9360	24,7560	-32,5800	5,6450	-25,1300	-7,2590	5,1587
Diver	-16,3200	10,3230	-24,5000	74,3990	-2,6680	-36,7300	2,9390
Bagovino	1,7516	7,4120	-29,3700	-27,1300	26,5600	28,2660	-29,4400
RSI	-20,2100	0,4222	24,0070	27,8200	43,6220	-16,9100	-23,7100
6 hours							
MACD	-3,0451	25,4483	-19,0668	5,7140	22,8304	19,2577	-17,8425
Diver	-2,8503	47,3533	-39,2438	27,9338	-9,5116	1,6082	-3,1915
Bagovino	3,5901	14,3854	0,5360	-29,2095	25,2552	32,5475	-34,4444
RSI	-8,4511	3,9604	48,0511	6,1441	25,7958	1,1062	-17,6025

Таким чином, розроблена модель є адекватною, а запропоновані з неї обчислювальні схеми функцій ризику здатні ефективно застосовуватися в процесі торгівлі на фінансовому ринку.

Література:

1. Луценко О. П. Байєсівська оцінка параметру інтегральної функції ризику розладнання процесу коливань валютних курсів/О.П. Луценко, О.Г. Байбуз // Тези доповідей XII міждержавної науково-практичної конференції «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2014)» 19-21 листопада 2014 р., Дніпропетровськ, 2014 – С 165–166.

ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНОК СКЛАДНОСТІ ОДНОВИМІРНИХ АЛГОРИТМІВ ПРИ РОЗВ'ЯЗУВАННІ ЗАДАЧ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ

Маслова Н.О., Завольнюк М.А., masgpp@list.ru
Донецький національний технічний університет

Клас задач розподілу ресурсів охоплює широкий діапазон предметних областей і використовується для вирішення значної кількості практичних задач, що й в наш час не втратили своєї актуальності.

Методи вирішення задач розподілу ресурсів можна знайти у розділах дослідження операцій, комбінаториці, серед методів математичного, динамічного і статистичного програмування [1]. В цій області застосовуються графічні та евристичні методи, генетичні алгоритми [2].

Якщо у структурі задачі можна виділити одновимірні блоки (наприклад, пошук опорного рішення); звести багатовимірний випадок до послідовності однотипних блоків меншої розмірності, бажано, одновимірного плану; застосувати математичний запис задачі у векторному вигляді й т.п., то завдання обрання ефективного методу рішення задачі розподілу ресурсів можна виконати після проведення попередньої оцінки якості одновимірних алгоритмів, обраних для рішення задачі розподілу конкретного типу.

У роботі проведено дослідження з оцінкою ефективності алгоритмів розв'язання задач розподілу ресурсів малої розмірності для методів алгебраїчної реконструкції (Kaczmarz method); лінійного програмування (симплекс-метод); адаптивного пошуку (генетичний алгоритм). Показано, що у всіх випадках існують одновимірні елементи, застосування й прискорення виконання котрих призведе до покращення якості алгоритму в цілому.

Програмну реалізацію розробки планується включити у електронний посібник з рішення задач розподілу ресурсів, описаний в [3].

Перелік посилань

1. **Михалевич В.С.** Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах оптимального распределения ресурсов // В. Михалевич, А. Кукса // М.: Наука, 1983. – 208с.
2. **Бурков В. Н.** Эвристический поход к решению динамических задач распределения ресурсов // В. Н. Бурков, С. Е. Ловецкий // Автомат. и телемех., 1966, выпуск 5, С.82–90
3. **Маслова Н.А.** Использование интеллектуальных агентов при решении задач распределения ресурсов / Н.А. Маслова, О.В. Мовчан // Искусственный интеллект. – 2014. - №3. – С. 80-89

ОБРОБКА СИГНАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Матвєєва Н.О., 31NATA@ukr.net, Лазаренко Ю.В.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Задача визначення дефектності виробів і прийняття рішення щодо їх придатності до експлуатації пов'язана з інтенсивним використанням людського інтелекту й кваліфікованої праці. Перспективним є використання методів штучного інтелекту для розв'язання цієї задачі в автоматичному режимі без участі людини.

При проведенні неруйнівного контролю цілісності виробів з волокнистих та вуглецевих композитів виявляються лише поверхневі дефекти суцільності, котрі створюють найбільшу загрозу конструкційній цілісності – саме з їхнього зростання починаються руйнування. При скануванні виробів важливо враховувати шорсткість контрольованої поверхні, яка спричиняє перекося та відводи датчика, що породжує адитивний шум змінної інтенсивності.

Вихорострумовий перетворювач(ВСП) покроково сканує поверхню виробу, формуючи дискрети A_i ($i = -N, \dots, N$) імпульсу у разі взаємодії з дефектом. Унаслідок адитивного шуму змінної інтенсивності відліки викривляються: $A_i + f_i$, де $\{f_i\}$ -компоненти вектора похибки. Отримані таким чином вхідні змінні x_i ($i = -N, \dots, N$) подаються на входи нейронної мережі.

Для первинної обробки отриманих сигналів пропонується використовувати одношарову лінійну мережу з лінією затримки, тобто вхід мережі розглядається як послідовність векторів, котрі подаються на мережу в певні моменти часу.

Для моделювання форми сигналів від унімодальної з максимальною амплітудою (коли дефекти перебільшують зону контролю за розмірами) до бімодальної із найбільшим провалом вершини використовується вираз[1]:

$$y(x) = \exp(-1,5x^2) - k \cdot \exp(-3x^2) \quad (1)$$

де x – віддаленість від площини дефекту, $y(x)$ – амплітуда, а $k = 0 \dots 1$.

В результаті отримуємо сигнали різної форми: при $k = 0 \div 0.35$ – вузький унімодальний сигнал, який відповідає довгим поперечним тріщинам.. При зміні $k = 0.35 \div 0.55$ одержуємо пологий унімодальний сигнал, що характеризує тріщини меншої розмірності; при $k = 0.6 \div 1$ – бімодальний сигнал, який описує маленькі тріщини (при $k = 1$ точковий дефект).

У загальному випадку сигнал корелює з шумом, який можна вважати адитивним гаусовським. Моделювання білого гаусівського шуму виконувалось за допомогою функції *awgn(x,snr,'measured')*, де x – вектор сигналу, скаляр snr задає відношення сигнал/шум в децибелах.

Спочатку нейрона мережа навчалася на ідеальних сигналах без шуму, потім навчання відбувалось при наявності шуму різної інтенсивності.

Перевірка функціонування нейронної мережі проводилась на 1000 векторах входу при відношенні сигнал/шум від 50 до 20 децибелах.

Можливо зробити висновок, що наявність одношарової лінійної мережі з лінією затримки покращує результати розпізнавання викривлених шумом сигналів. Якщо далі отриманий в такий спосіб сигнал подавати на імовірнісну або радіально-базисну нейроні мережі[2], то розпізнавання здійснюється для більш викривлених сигналів.

.

Бібліографічні посилання

1. Хандецкий В.С. Спектральная идентификация сигналов в дефектоскопии композитов с использованием теории статистических испытаний / Хандецкий В.С., Герасимов В.В. // Вісник ДНУ: Фізика. Радіоелектроніка. – Дніпропетровськ: – 2003. № 10. – С. 128 – 132
2. Матвеева Н.А. Использование искусственных нейронных сетей для решения задач классификации в дефектоскопии. // Матвеева Н.А. / «Системні технології» - 2014, 1(90), Дніпропетровськ, – С. 79-88.

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ

Мацуга О.М., molgan@ua.fm, Краснощока А.В., krasnoshchoka@bk.ru
Дніпропетровський національний університет ім.О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

У роботі розглядається задача діагностики стану пацієнтів на основі логістичної регресії. Результати їх обстеження задано як $\{X_i, y_i; i = \overline{1, n}\}$, де n – кількість пацієнтів; $X_i = \{x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,p}\}$ – результати обстеження i -го пацієнта за p показниками; y_i – стан пацієнта (0 або 1 – стан після лікування поліпшився чи ні). Показники можуть бути кількісні або якісні, допускається відсутність значень певних показників у деяких пацієнтів.

Для побудови правила діагностики стану пацієнтів пропонується наступна обчислювальна схема:

1. Обробка пропущених значень. Передбачається два варіанти: заміна пропущеного значення на усереднене значення показника або виключення з розгляду пацієнта, для якого має місце пропуск.
2. Перекодування якісних показників, а також введення фіктивних ознак для показників, що приймають більше двох значень.
3. Стандартизація кількісних показників (за бажанням).
4. Відбір найбільш інформативних для діагностики показників методом послідовного додавання і вилучення ознак [1].
5. Побудова моделі логістичної регресії [2]. Для оцінювання параметрів моделі у роботі застосовувався ітераційний зважений метод найменших квадратів, що базувався на методів Ньютона-Рафсона.
6. Оцінка якості діагностики стану пацієнтів на основі побудованої моделі за допомогою ковзного контролю.

Наведена обчислювальна схема була програмно реалізована на мові C#. Під час апробації обчислювальної схеми та програми на реальних даних обстеження пацієнтів вдалося побудувати моделі логістичної регресії, які дозволяють передбачити стан пацієнтів після лікування.

1. **Загоруйко Н.Г.** Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. – 270 с.
2. **Bishop C.M.** Pattern Recognition and Machine Learning. – Springer, 2006. – 738 p.

A GREEN'S FUNCTION MODIFICATION OF THE FUNCTIONAL EQUATION METHOD FOR SOLUTION OF SOME INVERSE BOUNDARY-VALUE PROBLEMS ARISING IN ENGINEERING

Yuri A. Melnikov, ymelniko@mtsu.edu

*Department of Mathematical Sciences, Middle Tennessee State University,
Murfreesboro, TN 37132, USA,*

A specific class of inverse problems is targeted, aiming at the recovery of missing governing data in statements of boundary-value problems that simulate potentials fields induced by point sources in thin-walled structures of irregular configuration. Inverse problems are treated by the method of successive approximations at each iteration of which a corresponding direct problem is tackled by a semi-analytical approach based on our [2] Green's function modification of one of the most elegant versions of the classical boundary integral equation method, proposed by Professor Kupradze [1]. Required Green's functions and matrices of Green's type for governing systems of two-dimensional Laplace equations, written in geographical coordinates, are analytically constructed prior to the actual computer work. This creates a reliable background for fast and accurate solution of targeted inverse problems.

An intensive research has been undertaken in recent decades, focusing on the construction of Green's functions for applied partial differential equations and incorporation of those functions into numerical schemes of the classical boundary integral equation method and its numerous modifications. Accumulated so far extensive database explicitly highlights the computational potential of already developed Green's-function-based numerical algorithms. Those algorithms provide high accuracy level attained at a low computational cost in solving various classes of boundary-value problems for applied partial differential equations.

The described semi-analytical approach to direct problem settings prepares a comfortable environment for opening a door into the realm of an important class of inverse problems. In the nowadays engineering and science, inverse problems enjoy a huge demand but are, at the same time, extremely expensive to actually solve. High computational cost of inverse problems is pre-conditioned by the nature of the approach that has predominantly been used to their solution. It is based on the method of successive approximation where a direct problem is supposed to be solved at each single iteration. In this regard, it is worth noting that the number of required iterations might be rather massive counting, quite possible, hundreds and hundreds, explicitly explaining the extreme cost of inverse problems.

1. V.D. Kupradze and M.A. Aleksidze, The method of functional equations for the approximate solution of certain boundary-value problems. *USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 1964, **4**, 82-126.
2. Yu.A. Melnikov, Some applications of the Green's function method in mechanics. *International Journal of Solids and Structures*, 1977, **13**, 1045-1058.

О КРИТЕРИИ АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ

Меньшиков Ю.Л., Menshikov2003@list.ru

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Рассмотрим физический процесс, поведение которого описывается линейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\dot{x} = Ax + Bz, \quad (1)$$

с уравнением наблюдения

$$y = Cx, \quad (2)$$

где $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))^T$ есть вектор-функция переменных состояния ($(\cdot)^T$ – знак транспонирования), $z(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_m(t))^T$ – вектор-функция внешних воздействий, $y(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_l(t))^T$ – вектор-функция наблюдаемых в эксперименте переменных; $x \in X$, $z \in Z$, $y \in Y$; A, B, C – матрицы с постоянными коэффициентами, соответствующей размерности [1].

Определение. Математическое описание (уравнения и внешние воздействия) будем называть *адекватным локальным устойчивым математическим описанием (АЛУМО)* исследуемому процессу, если результаты математического моделирования (simulation) $\tilde{x}(t) = (\tilde{x}_1(t), \tilde{x}_2(t), \dots, \tilde{x}_n(t))^T$ с использованием этого описания в некоторой окрестности исходных данных совпадают с экспериментальными данными $\tilde{y}(t) = (\tilde{y}_1(t), \tilde{y}_2(t), \dots, \tilde{y}_n(t))^T$ с точностью измерений и если параметры АЛУМО устойчивы к малым изменениям исходных данных [1].

Наличие сравнения результатов математического моделирования с экспериментальными данными в определении адекватного математического описания обеспечивает объективные основания для дальнейшего успешного использования результатов математического моделирования.

Рассмотрим случай, когда количество измеряемых функций не совпадает с количеством переменных состояния $l < n$, т.е. не все переменные состояния будут совпадать с экспериментом. Можно ли такое

математическое описание полагать адекватным? Кроме того, количество переменных состояния физического процесса значительно меньше реального количества характеристик процесса. Таким образом, указанная выше ситуация является типичной. С формальной точки зрения совпадение с экспериментом только одной переменной состояния дает основания полагать такое математическое описание адекватным [2].

Кроме того, в данном определении не учтены случаи, когда совпадение с экспериментом носит только качественный характер. Далее, этим определением не охвачены случаи, когда эксперимент отсутствует, но результаты математического моделирования соответствуют здравому смыслу [3]. В таких случаях можно полагать указанные математические описания также адекватными, но со специальной оговоркой.

Самостоятельный интерес представляют вопросы определения способов измерения соответствия результатов математического моделирования экспериментальным измерениям.

В качестве примера выполнено построение адекватного математического описания процесса прокатки металла [1].

Литература

1. Menshkov Yu.L. The Choice of Model of External Load in Problem of Synthesis of Adequate Mathematical Description // Journal of Mathematics and System Science, ISSN 2159-5291, – USA, –v.2, –n.8, –2012, –p.489-493.
2. Перехрест В.І. Обернена задача планетних відстаней / В.І. Перехрест, М.М. Осипчук // Вісник Дніпропетровського університету, серія: Моделювання, –вип. 4, –2012 –С. 116-127.
3. Turbal M. Method of Earthquake Prediction Based on the Soliton Shocks Mechanisms / M.Turbal, Yu.Turbal, A.Bomba, O.Radoveniuk // Journal of Environmental Science and Engineering A1, –2012, –11-20, –p.18-22.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗКЛАДУ В СФЕРІ WEB-ПРОГРАМУВАННЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДУ

Міщук Д.Д., vk.settings@gmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Метою роботи є дослідження теорії розкладів та методів її візуалізації шляхом створення структури розкладу Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, а також розробка програмного забезпечення для ефективного та якісного побудування та користування розкладом.

Теорія розкладів — це наука, що займається дослідженнями детермінованих обслуговуючих систем на предмет оптимізації їхнього функціонування, та досліджує задачі, у яких необхідно визначити послідовність виконання сукупності робіт. Існують різні варіанти задач теорії розкладів. Частина з них є NP-повними, частина належить до класу поліноміальних завдань, для частини завдань так і не вдалося довести приналежності до якого-небудь класу складності.

Задачі впорядкування носять загальний характер. Вони виникають там, де є можливість тієї або іншої черги виконання робіт: при розподілі робіт на виробництві, створюванні розкладу приземлення літаків, створюванні розкладу руху потягів, обслуговуванні клієнтів в обслуговуючих системах та інше.

Мета роботи полягає у створенні системи розкладу університета та розробці програмного забезпечення, що дасть змогу студентам, викладачам і працівникам університету проглядати, редагувати та створювати розклад в залежності від прав доступу до системи університету.

Програмне забезпечення представляє з себе веб-сторінку. Серверну підтримку забезпечує платформа NodeJS, для неї веб-фреймворк Express, модуль для роботи з файлами Fs, прослойка для роботи з файлами куки Cookie-parser. Клієнтська частина розроблена на мові HTML5 з

використанням CSS3, популярної JavaScript-бібліотеки JQuery, на базі якої до проекту підключений MVW-фреймворк AngularJS. Для зручної роботи з CSS3 додані набори інструментів Bootstrap та Media Query.

Розроблений сайт має дві сторінки. Перша сторінка представляє собою загальну інформацію про розділ розкладу, вибраний користувачем. Сторінка призначена для всіх типів користувачів. Друга сторінка представляє собою інструмент для створення або корегування розкладу. В залежності від аутентифікації користувач може зберігти свій варіант розкладу локально у браузері (об'єкт localStorage), або відправити на сервер для збереження даних.

Слід зазначити, що згідно зі структурою розробленого програмного забезпечення не використовуються бази даних. Це дає змогу зекономити час та ресурси. В цілому на серверну частину полягає набагато менше навантаження, аніж на клієнтську частину. Це забезпечить швидке та продуктивне виконання програми. Також використання Twitter Bootstrap забезпечить однаково охайний вигляд додатка на комп'ютерах, планшетах і телефонах.

THE PROBLEM OF MAKING RECOMMENDATIONS ON THE CHOICE OF GIFTS

Molchanovskyi O.I., olexiim@gmail.com,
Znakhurenko V.P., vika.znakhurenko@gmail.com
National Technical University of Ukraine "KPI"

The main concept of the problem that was already mentioned in [1,2] is to make a recommendation for a Web-site user on the choice of gifts. First, the survey was conducted to obtain information about gifts that the survey participants would like to receive and have already received. In order to retrieve accurate data, they were asked about gender, age, occupation, hobbies and activities in their free time, occasion to present a gift, price range, who has made a gift (the type of

relationship and the sex of presenter), and rating of gift etc. As it easy to imaging, the data presented a high level of inconsistencies, which have to be mended. That is why there was made an elimination of noise. For instance, the hobbies and activities of a person have a problem of scalability such as adding few more hobbies to the list causes few new attributes for classification. The same problem exists with the gift's occasions. As a solution, it was proposed to create a map for hobbies and gift's occasions. The horizontal axis of hobby is the level of activity while the user is doing it and the vertical axis is represented the physical or mind grade. For the subject area attributes correspond to the characteristics of the gift's recipient, the class is a separate category of gifts: official, clothing, dining, for the smoker, jewelry, animal, cosmetics, appliances, computers, tickets to the theater, cinema, exhibition, souvenir, money.

The method for solving this problem is one of the methods of inductive learning. Firstly, training and test sets were modelled in Weka using algorithms like ID3, C4.5 (by Quinlan), Prism (by Cendrowska) and PART (by Frank and Witten). Nevertheless, it did not solve the problem, because their decision tree or classification rules weren't good enough for building any suitable recommendation (other methods have overfit during the classification). Therefore, there were proposed a new method that could be better. The method was developed for generating a fuzzy decision tree by using the algorithm FuzzyID3 [3] to provide a gift's suggestion. The method recommends some gifts with membership value of each one. The problem of making recommendation is a problem of ranking, therefore it is useful to evaluate the model with ranking metrics. Moreover, the result can be represented as ranking list of gifts which can be show only top-n of the list. The interest of the results can be evaluated as objectively (statistical criteria) or subjectively (user perspective).

The evaluation of recommender system requires a perfect rank given by the user. As soon as it is possible that the same user has a different ranking for same gifts, the problem of choosing correct ranking transforms into a problem of voting system [4].

For evaluation, we can use some metric techniques [5]. Prediction accuracy: how well does the recommender estimate preference? E.g. MAE, RMSE, MSE. Decision support: how well does the recommender do at finding good things? E.g. ROC AUC, Breese score, later precision/recall. Rank accuracy: how well does the recommender estimate relative preference? Putting items in order by preference, e.g. Mean Reciprocal Rank, Spearman Rank Correlation (in our case for top-5) and Kendall's tau for top-K lists [6], Discounted Cumulative Gain and Fraction of Concordant Pairs. Summing up, the most appropriate metrics for gifts' recommender system are metrics for measuring a rank accuracy. To conclude, it was explained step to deal with gifts' recommender system and it was proposed the method for solving the problem of making recommendation on the choice of gifts and metrics that are proper to measure the effectiveness of given recommendation.

1. **Знахуренко В.П.** Система надання рекомендацій щодо вибору подарунків. Тези IV Всеукраїнської заочної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології» – К., 2013.
2. **Молчановський О.І, Знахуренко В.П.** Метод індуктивного навчання в основі рекомендаційної системи подарунків // Вісник НТУУ «КПІ» Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – 2013. – №58. – С. 61–67.
3. **Umano M., Okamoto H., Hatono I., Tamura H., Kawachi F., Umedzu S., Kinoshita J.** Fuzzy decision trees by fuzzy ID3 algorithm and its application to diagnosis systems. - Fuzzy Systems, 1994. IEEE World Congress on Computational Intelligence., Proceedings of the Third IEEE Conference on, 2113 - 2118 vol.3
4. **David Easley, Jon Kleinberg.** Networks Crowds, and Markets Reasoning about a Highly Connected World. Cambridge University Press. 2010.
5. **Joseph A. Konstan and Michael D. Ekstrand , Michael Ludwig (TA), Ken Reily,** Introduction to Recommender Systems, <https://class.coursera.org/recsys-001/class>
6. **Aída Jiménez, Fernando Berzal and Juan-Carlos Cubero.** Interestingness measures for association rules within groups, Intelligent Data Analysis 17 (2013) 195–215, DOI 10.3233/IDA-130574, IOS Press.

ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ

Морозов О.О., morozov4work@gmail.com

Інститут кібернетики НАН України ім. В.М. Глушкова

Постановка проблеми полягає у вивченні сучасних підходів до проектування мережі ланцюгів постачання. Ланцюг постачання (ЛП) – зв'язана послідовність діяльностей стосовно планування, координування і керування матеріалів, частин і готових продуктів від постачальника до кінцевого користувача (Stevens G.C.) [1].

Поведінка суб'єктів ринку описується такими основними функціями: вартість виробництва товару, транзакційні витрати, попит.

Постановка завдання. Проаналізувати математичну модель задачі проектування оптимальної мережі ЛП, що дозволить вибрати ефективний математичний інструментарій для моделювання багаторівневої мережі ЛП.

Основні результати. Горбачуком В.М. проаналізовано понад 23 різних видів моделей дослідження операцій для логістичних діяльностей, представлених у зарубіжних наукових журналах [1]. Науковою школою під керівництвом А. Nagurney розробляються оптимізаційні моделі з різними характеристиками попиту [2]. Необхідні умови оптимальності рішення сформульовано у вигляді задачі розв'язання варіаційної нерівності. Розглянемо математичну модель задачі проектування оптимальної мережі ЛП. Мережа ЛП проектується як граф $G=[N,L]$, де N – множина вершин, L – множина дуг. Фірма має кілька підприємств з виробництва продукції n_M , центри дистрибуції n_D , центри роздрібної торгівлі n_R з попитом $d_{R1}, d_{R2}, \dots, d_{RnR}$. Дуги від фірми до пунктів виробництва продукції позначаються $M_1, \dots, M_{nM}$; дуги від пунктів виробництва продукції до центрів дистрибуції – $D_{1,1}, \dots, D_{nD,1}$, дуги від центрів дистрибуції до складів – $D_{1,2}, \dots, D_{nD,2}$, дуги від складів до центрів роздрібної торгівлі – $R_1, \dots, R_{nR}$. Через x_p позначається невідємна величина потоку продукта по шляху p , що з'єднує вузол джерело з вузлом призначення. P_{w_k} – множина альтернативних маршрутів, об'єднаних для кожної пари w_k (джерело/призначення), пов'язаних з можливими

процесами мережі ЛП. Об'єднаємо величини x_p у вектор $x = (x_p : p \in P)$.

Попит на продукт, що поставляється фірмою, має бути задоволений для кожного ритейлера. Тоді рівняння потоку має вигляд:

$$\sum_{p \in P_{wk}} x_p = d_{wk}, k = 1, \dots, n_R, \quad x_p \geq 0, \quad \forall p \in P. \quad [1]$$

Знаючи розподіл потоків за шляхами, записується рівняння збереження

$$\text{потоку кожної дуги: } f_a = \sum_{p \in P} x_p \delta_{ap}, \quad \forall a \in L, \quad [2]$$

$d_{ap} = 1$, якщо шлях p проходить через дугу a , $d_{ap} = 0$, - в іншому випадку. Через u_a позначається невідємна потужність дуги a для $\forall a \in L$. Потік по кожній дузі не може перевищувати потужності по дузі a , які є невід'ємними величинами, тобто мають бути задоволені такі обмеження:

$$f_a \leq u_a, \quad \forall a \in L, \quad u_a \geq 0, \quad \forall a \in L. \quad [3]$$

Загальні витрати на будь-якій дузі (виробництво, транспортування, зберігання) описуються функцією потоку продукції на всіх дугах $c_a^* = c_a^*(f)$, $\forall a \in L$; загальні інвестиційні витрати на дузі a – $\pi_a^* = \pi_a^*(u_a)$, $\forall a \in L$, це загальні витрати, пов'язані з рівнем потужності u_a дуги a . Проблема проектування оптимальної мережі ЛП полягає в наступному. Фірма намагається визначити оптимальні рівні продукту, оброблені на кожній дузі мережі ЛП, поєднані з оптимальними рівнями інвестиційних потужностей в діяльності мережі ЛП таким чином, щоб мінімізувати загальні витрати, що включають загальні операційні витрати різних дуг і загальні витрати інвестиційних потужностей. Отже, фірма має вирішити наступне завдання: **Мінімізувати** $\sum_{a \in L} c_a^*(f) + \sum_{a \in L} \pi_a^*(u_a)$ за умов (1)–

(3).

Список літератури:

1. Горбачук В.М. Дослідження операцій і ланцюгів постачання для досягнення кооперативної порівняльної переваги / В.М. Горбачук / Науковий вісник Херсон. держ. ун-ту. – Херсон: Вид-во Херсон. держ. ун-ту. – С. 178–186.
2. Nagurney A. Optimal Supply Chain Design and Redesign at minimal total cost and with Demand Satisfaction / Int. J. Production Economics 128 (2010). – P. 200–208.

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ВЫСШЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКЕ

Наконечная¹ Т.В., naktanya@ukr.net,

Никулин² А.В., av_nikulin@ukr.net

¹ДНУ им. Олесь Гончара (www.dnu.dp.ua), ²ДГТУ

Важным условием инновационного развития Украины является успешная научно-техническая деятельность. Актуально стимулирование взаимодействия науки, техники и производства в единой развивающейся системе. Научно-техническая деятельность должна осуществляться по программно-целевому методу, который демонстрирует преимущества интеграции науки, инженерии и производства, причем влияние науки становится все более весомым. Для того, чтобы обеспечить опережающее развитие и применение технических наук, целесообразно углублять системность используемых подходов и методов, модернизировать содержание и систему образования будущих специалистов [1]. В методологии и моделировании модернизации образования целесообразно пользоваться причинно-следственными моделями [2] образовательных процессов.

Причинно-следственная модель (ПСМ) и функционально, и по своему содержанию является комбинированной, так как включает графическую и аналитическую подсистемы. После декомпозиции решаемой проблемы на частные задачи, каждая из которых последовательно разрешается, основной оказывается одна из подсистем ПСМ.

Особенностью ПС модели является ее «молекулярное» строение, т.е. сборка из однотипных подсистем. Для дисциплин «Высшая математика» и «Прикладная математика» или их разделов такие подсистемы определяются темами курсов T_i , а конкретное наполнение – соответствующими математическими объектами.

Граф ПСМ строится как нагруженная по дугам сеть. В результате он характеризуется повышенной сложностью относительно графов операций.

Однако естественным преимуществом является изоморфизм процессу обучения: вершины соответствуют темам программы, дуги – переходам и действиям в их границах (рис. 1).

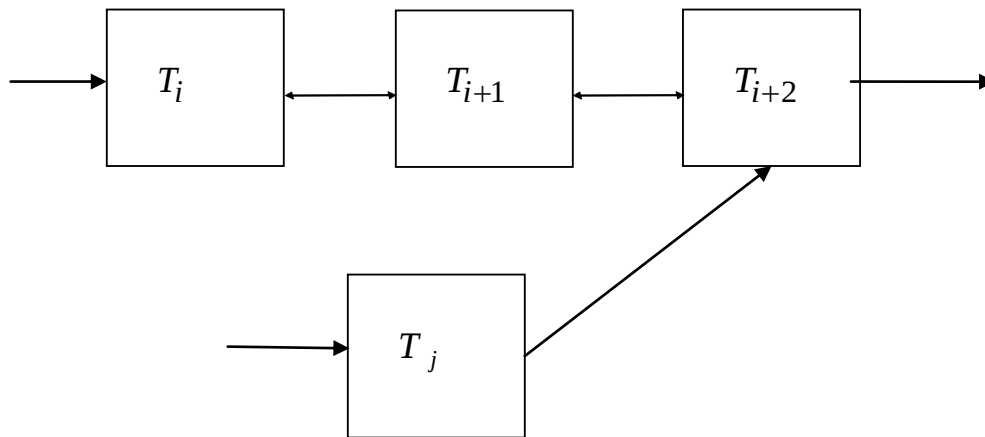


Рис. 1. Фрагмент графа ПСМ

Использование причинно-следственных моделей при проектировании, проведении и управлении образовательными процессами имеет следующие преимущества. Задача проверки истинности логики действий системы решается на этапе «молекулярного» построения системы. Информационная полнота обеспечена отсутствием подграфа неопределенности. Соответствие технологиям образовательных процессов обеспечено построением функционального графа и его маркировкой. Использование ПСМ апробировано при разработке и применении нового методического обеспечения, в частности, пособия [3].

Бibliографические ссылки

1. Семеріков А.И. Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі: Монографія / Наук. ред. акад. АПН України, д. пед. н., проф. М.І. Жалдак. – Кривий Ріг: Мінерал, 2009. – 340 с.
2. Губарев А.П. Причинно-следственная модель объектов гидропневмоавтоматики – особенности и свойства / А.П. Губарев. – К.: НТУУ «КПИ», 1999. – 107с.
3. Нікулін О.В. Вища математика: факти і формули, задачі і тести: навч. посіб. / О.В. Нікулін, Т.В. Наконечна. – Дніпропетровськ: Біла К.О., 2015. – 188 с.

БЛОЧНО-ДІАГОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ФАКТОРИЗАЦІЇ РОЗРІДЖЕНИХ МАТРИЦЬ

Насіров Е.М., enasirov@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Невід’ємна факторизація матриць та тензорів є дуже популярною технологією в штучному інтелекті взагалі, та зокрема в комп’ютерній лінгвістиці. Використовуючи невід’ємну факторизацію в рамках парадигми латентно-семантичного аналізу, комп’ютерні лінгвісти застосовують даний підхід для розв’язання таких прикладних задач, як класифікація, кластеризація текстів та термінів[1], побудова мір семантичної близькості[2], автоматичне виділення лінгвістичних структур та відношень (Selectional Preferences and Verb Sub-Categorization Frames) та багато інших.

Задача невід’ємної факторизації розріджених матриць надвеликої розмірності постала в процесі розробки системи визначення міри семантичної близькості-зв’язності за технологією Латентного Семантичного Аналізу.

Алгоритм невід’ємної матричної факторизації[3] виконує декомпозицію невід’ємної матриці V на невід’ємні матриці W та H таким чином, щоб $V \approx WH$.

Розглядувана розріджена матриця є матрицею зв’язності Слова $\times$ Статті, і, отже, можливі перестановки як рядків так і стовпців початкової матриці.

Розглядувана розріджена матриця має 156,236,043 ненульових елементів з 10,907,060,852,120 що складає лише 0.014%. Така розрідженість дозволяє привести матрицю до блочно-діагональної форми за допомогою перестановок рядків та стовпчиків. У випадку, коли слово може належати декільком блокам, рядок може бути розділений.

Розміри блоків найкраще обирати такими, що можуть бути повністю завантаженні в пам’ять. В результаті буде отримано N блоків факторизація яких може проводитись окремо на різних нодах.

Переваги такого підходу:

1. Не потрібно мережевих операцій на кожній ітерації. Необхідне лише початкове розподілення блоків матриці між вузлами.
2. Швидша збіжність. На рис. 1 та рис. 2 показано час та кількість операцій відповідно, необхідні для факторизації квадратних матриць в один потік без використання GPU.
3. Швидший підрахунок функції оцінки μ . Кількість елементів для підрахунку функції оцінки менша в N разів, кількість необхідних перевірок менша так як зменшується загальна кількість ітерацій.
4. Зменшення K , а отже і зменшення розмірів результатів.

В результаті для кожного слова буде отримано один або декілька рядків та ідентифікатор блоку в якому це слово знаходиться. При відновленні, якщо слово та стаття знаходяться в різних блоках – результатом буде 0, інакше результатом буде добуток відповідних рядка та стовпчика.

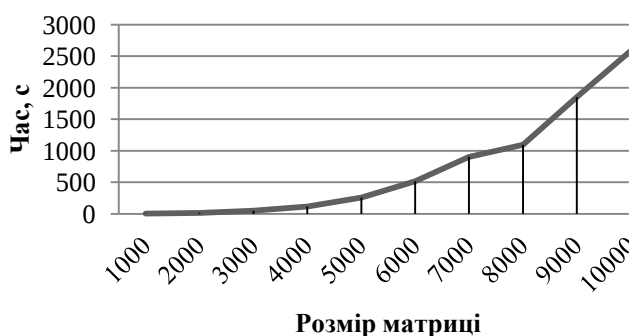


Рисунок 2

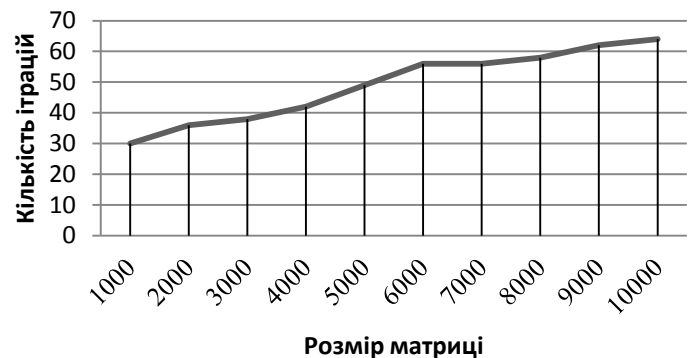


Рисунок 1

Література

1. Xu, W., Liu, X., & Gong, Y. (2003). Document-clustering based on n -negative matrix factorization. In Proceedings of SIGIR'03, July 28–August 1, Toronto, CA, pp. 267–273.
2. Anatoly Anisimov, Oleksandr Marchenko, Andrey Nikonenko, Elena Porkhun, Volodymyr Taranukha: Ukrainian WordNet: Creation and Filling. FQAS 2013: 649-660.
3. Daniel D. Lee and H. Sebastian Seung. 2000. Algorithms for non-negative matrix factorization. In In NIPS, pages 556–562. MIT Press.

ОПРАЦЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ НЕСТРУКТУРОВАНИХ ТА СТРУКТУРОВАНИХ ДАНИХ АЛГОРИТМОМ APRIORI

Нечипір Н.І., nadia.nechypir@gmail.com, Левус Є. В., elevus@lp.edu.ua
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Обсяги накопиченої інформації ростуть за експоненціальними законами. Ключ до відповідей на нові запитання лежить у терабайтах даних, які в найближчі роки повністю змінять людське уявлення про бізнес, науку, медицину, та інші сфери діяльності. Big Data – це можливість опрацьовувати величезні масиви даних, миттєво аналізувати та отримувати нові знання, які можуть стати основою для прийняття рішень. Сучасні бази даних вже мають дуже великі розміри, і тому для знаходження залежностей між даними доцільно застосовувати алгоритми пошуку асоціативних правил. Серед найбільш відомих алгоритмів :

Apriori – використовується для пошуку всіх наборів елементів множини транзакції, що часто повторюються та аналізується [1];

Eclat – алгоритм побудований на основі пошуку в глибину використовуючи перетин наборів елементів для пошуку частих наборів елементів[2];

FP-growth – алгоритм використовує префіксне дерево для збереження БД у стислому вигляді [2];

OPUS – алгоритм, на відміну від інших альтернативних алгоритмів не потребує визначення ступені мінімальної підтримки асоціативних правил [3].

Враховуючи переваги та недоліки вказаних вище алгоритмів, було обрано для аналізу алгоритм Apriori на великих обсягах неструктурованих та структурованих даних.

Для поставленої мети алгоритм реалізовано мовою java для бази даних, що містить інформацію про всі транзакції над певним набором товарів та їх покупцями. Неструктуровані дані завантажені з *.csv файлів, зберігаються у файловій системі HDFS та обробляються обчислювальним фреймворком для

розподілених задач MapReduce.[5] Структуровані дані розміщені у MS SQL Server 2008R2. Отримані результати роботи алгоритму наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Результати роботи алгоритму

Критерій порівняння	Неструктуровані дані	Структуровані дані
<i>Швидкість роботи алгоритму</i>	12 хв 17 с	2 хв 56 с
<i>Вартість розробки</i>	OpenSource програмне забезпечення	Дорога вартість СКБД
<i>Навантаженість на ресурси</i>	Потребує мінімум 16 Гб оперативної пам'яті та 8 ядер процесора.	Потребує мінімум 2 Гб оперативної пам'яті, та 2 ядра процесора.
<i>Кількість знайдених асоціативних правил (однаковий набір транзакцій)</i>	18	20

Отже, аналіз алгоритму показує на скільки ефективно працює пошук асоціативних правил на неструктурованих даних, реалізована система дозволяє виявити існуючі закономірності в даних. Аналіз отриманих закономірностей сприяє покращенню розуміння проблемної області і формуванню ефективніших розв'язків задач, що виникають у певній предметній області.

Бібліографічні посилання

1. *Purdum P.W., Guch D.V., Groth D. P.* Avarage case performance of the apriori algorithm – SIAM Journal on Computing, 33(5): 1223-1260, 2004
2. *Agrawal R., Imielinski T., Swami A.* Mining association rules between sets of items in large database, 1993: 207-216
3. *S.V. Adve et al.* Parallel Computing Research at Illinois: The UPCRC // University of Illinois at Urbana-Champaign. – 89 с.
4. *Almasi, G.S. and A. Gottlieb* (2009). Highly Parallel Computing. Benjamin// Cummings publishers, Redwood City, CA. – 235с.
5. *Karen Montgomery.* Big Data Now: 2014 Edition. O'Reilly Media. January, 2015 – 165p.

ГЕОПРИВ'ЯЗКА АЕРОФОТОЗНІМКІВ НА КАРТУ МІСЦЕВОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛОКАЛЬНИХ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ СПЛАЙНІВ

Нічіков Є.П., jk@47.kiev.ua

Національний авіаційний університет

Актуальною на сьогоднішній день галуззю технології є безпілотні повітряні судна (БПС). Однією з задач, що постає перед оператором цільового навантаження БПС є оцінка та моніторинг ситуації, яку фіксують камери цільового призначення, зокрема, оперативне опрацювання аерофотознімків в режимі реального часу. Для вирішення цієї задачі можливе накладання цих знімків на карту місцевості із прив'язкою до географічних координат. Оскільки БПС може проводити зйомку не обов'язково під прямим кутом до поверхні Землі, виникає перспективне спотворення знімку. Таке спотворення фотознімків може бути усунене за допомогою методів орторектифікації [1]. При цьому існує необхідність обчислення значень кольорових складових пікселів у проміжних точках після проведення перетворення. Більшість існуючих алгоритмів використовують лінійну інтерполяцію завдяки швидкодії цих методів. Проте така інтерполяція шкідливо впливає на якість отриманого зображення. Для забезпечення швидкодії та покращення якості пропонується застосовувати локальні поліноміальні сплайни на основі B -сплайнів, що є близькими до інтерполяційних у середньому. У роботі [2] проведено оцінку якості відтворення аерофотознімків при повороті на заданий кут та показано, що для більш якісної обробки, слід використовувати алгоритми апроксимації на основі локального сплайну $S_{2,1}$ (або сплайнів вищих порядків).

Бібліографічні посилання

1. Нічіков Є.П. Орторектифікація знімків, отриманих з безпілотних повітряних суден малого та середнього типу, із прив'язкою за реперними точками. / Проблеми інформатизації та управління. - К: 2012. - № 4(40). – С. 67-70.
2. Приставка П.О. Оцінка якості відтворення аерофотознімків при повороті на заданий кут / XI Міжнародна науково-технічна конференція "ABIA-2013". // Приставка П.О., Нічіков Є.П. – К.: НАУ, 2013. С. – 9.39-9.42

ОПТИМАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СОЦІОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

Нужна¹ С.А., snuzhnaya@ukr.net, Гранкіна² Т.О.

¹Дніпродзержинський державний технічний університет

²Український державний хіміко-технологічний університет

Сучасний стан малих та середніх підприємств вимагає від власників обережного відношення до витрат та організації виробництва. А високий рівень обізнаності та інформованості власників дозволяє підійти до витрат оптимально. Часто виробники проводять соціологічні дослідження перед тим, як організувати те чи інше виробництво. Такі дослідження проводяться одноразово. Виробники зацікавлені виконувати всі дослідження самостійно, оскільки добре розуміють об'єкт дослідження та мають чітку постановку задачі. Труднощі виникають при аналізі великих масивів даних та їх поясненнях. Отже, краще за все звернутися до професіоналів – соціологів.

В роботі наведено порівняльний аналіз спеціалізованого програмного комплексу для аналізу соціологічних даних ОСА (обробка соціологічних анкет, osa.com.ua) та програми пакету Microsoft Office – електронних таблиць Microsoft Excel. Якщо дослідження проводяться одноразово або не часто, або для внутрішнього використання, до того ж даних не так багато (менше 500), тоді простіше за все скористатися програмою Microsoft Excel. Зібрані соціологічні дані можна представити у вигляді таблиці, і тому Microsoft Excel зручно використовувати для їх обробки. Для отримання ж аналогічної таблиці в програмі ОСА необхідні спеціалізовані знання та навички, яких пересічний користувач не має.

Найпростіший аналіз починається із побудови одновимірного розподілу. Засобами Microsoft Excel він виконується не складніше ніж в ОСА. А для ознак метричної шкали виміру ОСА зовсім не будує одновимірний розподіл. Для його побудови слід використовувати фільтрування.

Нагадаємо, що Microsoft Excel має потужний графічний модуль, який дозволяє виконувати візуалізацію одновимірних розподілів за допомогою графіків та діаграм. Побудовані одновимірні розподіли (їх можна одночасно

побудувати для декількох ознак різних шкал виміру) в програмі ОСА графічно не можна представити, але їх можна імпортувати в Microsoft Excel і там виконати графічний аналіз. Двовимірні розподіли в Microsoft Excel виконуються складніше ніж в ОСА. Відбір даних для побудови двовимірних таблиць в електронних таблицях здійснюється шляхом підключення фільтрів. Крім того, фільтрація даних в електронних таблицях дозволяє побудувати тривимірні чи чотиривимірні таблиці та зробити більш глибокий аналіз даних. Засобами ОСА двовимірні розподіли будуються значно простіше, з використанням ідентичної команди, яка передбачає вказівки ознак, для яких буде побудовано розподіл. Але, на наш погляд, витрати часу в Microsoft Excel компенсуються більш простим графічним аналізом.

Аналогічна ситуація відноситься і до обчислення коефіцієнтів зв'язку засобами обох програмних продуктів та перевірки коефіцієнтів на значущість.

Таким чином, оптимальний вибір програмних продуктів для аналізу даних залежить, по-перше, від складності та глибини аналізу, по-друге, від форми представлення результатів аналізу, по-третє, від рівня знань та вмінь фахівців та їх фінансових можливостей.

Список використаних літературних джерел

1. Додж М., Кината К., Стинсон К. Эффективная работа Microsoft Office Excel 2003 – СТБ: Питер, 2005.- 1089 с.
2. Паніотто В. І. Статистичний аналіз соціологічних даних / В. І. Паніотто, В. С. Максименко, Н. М. Марченко. - К. : Вид. дім "КМ Академія", 2004. - 270 с.
3. Тюрин Ю. Н. Анализ данных на компьютере / Ю. Н. Тюрин, А. А. Макаров : под ред. В. Э. Фигурнова. - 3-е изд. перераб. и доп.. - М. : ИНФРА-М, 2003.
4. <http://oca.com.ua> ОСА Учебник online.

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ НА РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ТИПА КАРМАНА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Ободан Н.И., obodann@gmail.com, Магас А.С., darth.xelam@gmail.com
Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Нейронные сети как способ аппроксимации операторной связи между функциями, заданными дискретно, по некоторой заданной информации, широко используются в решении обратных задачах.

Постановки и решения обратных задач, когда известно решение прямой задачи (аналитическое или численное), обычно связаны с решениями интегро-дифференциальных уравнений и требуют больших вычислительных мощностей и времени. Эти подходы весьма чувствительны к выбору начального приближения и к свойствам модели. Альтернативным подходом является использование нейронных сетей, настроенных на соответствующих обучающих выборках, полученных в результате решения прямых задач.

Решение обратной задачи для уравнений Кармана предполагает по известным результатам наблюдений за функционирующей системой, описываемой указанными уравнениями, полученным путем измерений некоторой функции состояния $S(U(H))$ в точках γ_k , определение функции H , описывающей коэффициенты соответствующих уравнений.

При вариационной формулировке задачи в сочетании с условно-корректной постановкой осуществляется переход к задаче минимизации «расстояния» между некоторыми функциями $S(H)$ и S^* , характеризующими расчетное и измеренное значения указанных функций.

Вводится множество допустимых решений, в специальных пространствах Соболева. Функции, принадлежащие множеству $\tilde{H}$, являются равномерно ограниченными, монотонными, выпуклыми, следовательно, множество $\tilde{H}$ является компактом.

Доказывается непрерывность и выпуклость функционала, используемого в задаче минимизации. При этом по топологической лемме

отображение $H \rightarrow S(H, U)$ является непрерывным отображением на множестве $\tilde{H}$, это дает возможность по теореме Колмогорова использовать для аппроксимации оператора $S(H, U)$ нейронную сеть. В качестве входа и выхода нейронной сети используются следы функций прямой и обратной задач в заданных точках.

Для формирования входа-выхода обучаемой сети выполняется дискретизация всех функции задачи на сетке $\Psi_n, n = \overline{1, N}$.

Использование метода конечных элементов дает возможность получить решение прямой задачи при фиксированных функциях обратной задачи.

Если учесть нейросетевую аппроксимацию, то приходим к условию

$$\sum_{d=1}^D \left(S_{\gamma_k}^d(H(\alpha)) - S_d^* \right)^T \left(S_{\gamma_k}^d(H(\alpha)) - S_d^* \right) \Rightarrow \min_{\alpha \in \Lambda}, \quad (1)$$

где $S_{\gamma_k}^d(H(\alpha))$, S_d^* – вычисленные и измеренные значения функции $H(\alpha)$ – вектор неизвестных обратной задачи; α – вектор значений весовых коэффициентов; D – количество числовых экспериментов.

Функционал (1) используется как функция ошибки при настройке сети на обучающей выборке методом обратного распространения ошибки. Сеть настраивается как инверсная.

Предполагается, что имеется следующая модель наблюдений

$$S^*(H) = \tilde{S}^*(H) + \Delta S^*(H), \quad \|\Delta S(H)\|_{V_{1\Omega}^2} \ll \varepsilon, \quad (2)$$

где $\Delta S(H)$ – погрешность измерений; $\tilde{S}^*(H)$ – реальное значение измеряемой функции.

Введением норм в специальных пространствах Соболева и теорем вложения показывается, что погрешность ΔH подчиняется условию $\|\Delta H\| \leq \varepsilon \|H\|$

Приводятся результаты численного эксперимента.

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА В ОСОБЫХ ТОЧКАХ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ ТИПА КАРМАНА

Ободан Н.И., obodann@gmail.com, **Фещенко А.С.,** feschenko_anna@mail.ru
Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Рассматривается задача об определении коэффициентов эллиптических уравнений типа Кармана, таких, что при заданной правой части реализуется особое решение (точка ветвления).

В этом случае, при

$$L(\tilde{U}(X), A(H), \lambda F) = 0, \quad X \in \Omega, \quad \Omega \in R^2 \quad (1)$$

где L – нелинейный оператор Кармана; $\Omega = \{\Omega, -a \leq x \leq a, -\pi \leq y \leq \pi, X = \{x, y\}\}$, $\tilde{U}(X)$ – неизвестные функции задачи; $A(H)$ – вектор-функция от неизвестной функции H ; F – заданный вид правой части; λ – коэффициент пропорциональности,

должно выполняться условие

$$\text{grad } L(\tilde{U}, A(H)) = 0, \quad \text{при } H = H^*, \tilde{U} = U^*, \lambda = \lambda^* \quad (2)$$

где H^* , U^* – значения функций H и U , при которых, при заданной правой части реализуется особая точка.

На функции H накладываются ограничения $\underline{H} \leq H \leq \overline{H}$ и условия

$$\int C(H) d\Omega \Rightarrow \min_H, \quad (3)$$

где $C(H)$ – известная непрерывная по H функция

Квазирешение обратной задачи может быть сформулировано как

$$H^* = \arg \min_H J(H), \quad H \in \tilde{H}, \quad (4)$$

где $J(H) = \int_{\Omega} W(H) d\Omega = \int_{\Omega} C^2(H) + \psi \text{grad } L(\tilde{U}, H) d\Omega$, ψ – множитель

Лагранжа, который находится из условия (2),

$$\tilde{H} = \left\{ A_p^{ijkl}, H \in W_{2\Omega}^2, \underline{A} \leq A_p^{ijkl} \leq \overline{A}, \underline{H} \leq H \leq \overline{H}, \underline{c} \leq \frac{dH}{dU} \leq \overline{c}, \text{sign } \underline{c} = \text{sign } \overline{c} \right\} \quad (5)$$

Доказывается дифференцируемость по Фреше функционала $W(H)$ с помощью введения специальных пространств типа Соболева и теорем вложения.

Вводятся характеристические функции μ_{1i}, μ_{2i} :

$$\mu_1 = \begin{cases} 1 & \text{если } (H - \underline{H}) < 0 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}, \mu_2 = \begin{cases} 1 & \text{если } (\overline{H} - H) < 0 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}. \quad (6)$$

Присоединим условия (6) к функционалу (4)

$$\tilde{J} = \int_{\Omega} \left[C^2(H) + \psi \tilde{L} + \varphi_1 \mu_1 (H - \underline{H})^2 + \varphi_2 \mu_2 (\overline{H} - H)^2 \right] d\Omega. \quad (7)$$

Здесь $\varphi = (\varphi_1, \varphi_2)$ – множители Лагранжа.

Тогда неизвестная функция H^* определяется как

$$H^* = \arg \min_H \tilde{J}^*(H), \quad H \in \tilde{H}, \quad (8)$$

при ψ, φ_i , определяемых из соответствующих условий.

Для сведения задачи (7), (8) к конечномерной используется дискретизация метода конечных элементов.

Процедура метода конечных элементов сводит задачу (1), (2) к совместному решению двух систем уравнений – нелинейной алгебраической $K_1(U_0, H) = \lambda R$, где $K_1(U_0, H)$ – нелинейная матрица, и линейной однородной $K_2(U_0(\lambda), H)U = 0$, определяющей точку ветвления как $\Delta \equiv \det K_2(U_0(\lambda), H) = 0$.

Для решения нелинейной системы уравнений используется метод продолжения по параметру со сменой ведущего параметра для возможности получения решения в точке, где выполняется условие $\Delta = 0$.

Строится разрешающая система уравнений для определения $H \in \tilde{H}$, удовлетворяющему условию (8).

Для определения вектора H и множителей $\psi, \varphi_1, \varphi_2$ используется метод Ньютона

Приводятся результаты численного эксперимента для различных значений $\underline{H}, \overline{H}$ и $C(H)$.

ПОШУК ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИПАДКОВИХ ЛІСІВ

Онищенко О.Ф., Байбуз О.Г. elenaonishhenk0@yandex.ru

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Задача розпізнавання об'єктів на зображеннях є однією з основних задач комп'ютерного зору. Є декілька різновидів цієї задачі: класифікація зображень, локалізація об'єктів шуканого класу, знаходження конкретного об'єкту, знаходження «схожих» зображень та ін. Для тренування класифікаторів використовують алгоритми, що базуються на: методі опорних векторів, нейронних мережах, деревах рішень. Широко застосовуються можливості графічних процесорів. Метою цієї роботи є дослідження алгоритму пошуку об'єктів заданого класу за допомогою випадкових лісів[1].

Усі зображення, тренувальні та тестові, подаються у вигляді масиву каналів $I = (I^1, I^2, \dots, I^C)$, де перші три – канали RGB, інші – модулі перших і других похідні по x та y , ще 9 каналів – гістограми напрямлених градієнтів [2].

Кожне зображення подається у вигляді певної кількості шматків (для зображень розміром від 74×35 – 50 шматків) певного розміру (16×16) $\{P_i = (I_i, c_i, d_i)\}$, де I_i – масив каналів, $c_i = 1$, якщо шматок повністю лежить у межах рамки об'єкту, що належить до шуканого класу, $c_i = 0$, якщо належить фону. d_i – вектор, що описує зсув центру шматка відносно центру об'єкту і має зміст коли $c_i = 1$.

Випадковий ліс [3] – множина дерев рішень, що мають наступні особливості:

1. Дерева будуються на різних наборах даних. Якщо вибірка обмежена, наприклад, потрібно m вибірок по n елементів у кожній, але є усього n елементів, деякі екземпляри можна брати декілька разів, або брати дзеркальні відображення. Для побудови дерев використовуються підмножини випадкових ознак для того, щоб дерева не корелювали між собою.

2. Для кожного листа дерева зберігається C_L ($C_L=0$ – усі шматки з фону) – пропорція шматків, що належить об'єкту та D_L – масив зсувів.

3. Для побудови чергового правила формується набір випадкових піксельних тестів вигляду

$$t_{a,p,q,r,s,\tau} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } I^a(p, q) < I^a(r, s) + \tau \\ 1, \text{ в іншому випадку} \end{cases}$$

Для оцінки якості тестів випадково обирається один з двох критеріїв, що перевіряються на множині A шматків даного вузла дерева:

1) невизначеність класу, $U_1(A) = |A| * \text{entropy}(\{c_i\})$

2) невизначеність зсуву, $U_2(A) = \sum_{i:c_i=1} (d_i - d_A)^2$, де d_A – середній зсув

Побудова дерева закінчується, якщо число примітивів менше деякого числа ($N_{\min} = 20$), або якщо досягнуто максимальна глибина ($d_{\max} = 15$).

Під час тестування набір шматків P_i тестового зображення пропускається через кожне дерево, на виході маємо вирогідності $C_{i,j}$, що центр об'єкту шуканого класу знаходиться у $\bar{x}$. На практиці будується аналог Хаф-простору $V(x)$ [4], в якому кожен кінцевий лист «голосує» за певний піксель, що відповідає центру об'єкту.

Центри об'єктів відповідають максимумам відображення $V(x)$. Для врахування масштабу об'єктів тестові зображення масштабуються з різними коефіцієнтами $s_1, s_2, \dots$ і відображення Хафа $V^i(x)$ будуються окремо для кожного s_i . Результати, таким чином, постають у вигляді векторів $(x, s, V^s(x))$, центр та границі об'єкту визначаються як $\frac{x}{s}, \frac{W}{s}, \frac{H}{s}$.

Програмне забезпечення для дослідження написане мовою C++ з використанням фреймворка Qt та бібліотеки OpenCV.

1. **J. Gall, V. Lempitsky** Class-specific hough forests for object detection // *IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition* – 2009
2. **N. Dalal, B. Triggs** Histograms of oriented gradients for human detection // *IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition* – 2005 – pp 886–893.
3. **L. Breiman**. Random forests. *Machine Learning*, 45(1):5–32, 2001.
4. **Р. Гонсалес, Р. Вудс** Цифровая обработка изображений – М.: Техносфера, 2005 – ISBN 5-94836-028-8

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ФАЗОВОГО КОДУВАННЯ ТА ЕХО-СИГНАЛУ ДЛЯ ВБУДОВУВАННЯ ПОВІДОМЛЕНЬ

Панасенко А., andrey.18.93@gmail.com, Білобородько О.І., oxanab@ukr.net
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Необхідність розробки програмних засобів, які дозволяють надійно вбудовувати та вилучати додаткову інформацію, так звані повідомлення, в цифрові аудіосигнали пов'язана з необхідністю забезпечити захист авторських прав.

Основна ідея фазового кодування – заміна фази вхідного звукового сегменту на опорну фазу, характер зміни якої відображає дані, що необхідно приховати. Для того, щоб зберегти різницю фаз між сегментами, фази останніх узгоджуються відповідним чином. Суттєва зміна відношення фаз між кожними частотними складовими призводить до розсіювання фази. Тим не менш, до тих пір, доки модифікація фази в достатній мірі мала, може бути досягнуто приховання, що не відчутне на слух. Без сумніву, модифікація вважається малою по відношенню до конкретного спостерігача, оскільки спеціалісти по спектральному аналізу здатні виявити ті зміни, що непрофесіоналу можуть показатись незначними.

Метод приховання повідомлення з використанням ехо-сигналу базується на особливості сприйняття аудіо сигналів людським вухом. Людина сприймає додаткове ехо як додатковий резонанс, тому більшість слухачів не помічають ехо-сигналу, якщо затримка між вихідним сигналом та ехо-сигналом не перевищує 1/1000 секунди.

Метод приховування з використанням ехо-сигналу полягає у тому, що фаза початкового сегменту вихідного аудіосигналу буде модифікована в залежності від даних, що приховуються у цей аудіосигнал. Для сегментів, що йдуть після початкового, необхідно узгодити фази для того, щоб різниця фаз була сталою. Людське вухо здатне розпізнати найменшу різницю фаз, тому зберегти її сталою – ключове положення цього методу. У випадках, коли

фазове кодування може бути застосоване, воно є одним із найбільш ефективних засобів кодування за критерієм співвідношення сигнал-шум.

Одинарний ехо-сигнал може бути описано трьома параметрами, а саме: початкова амплітуда, затримка та згасання. Зазвичай початкову амплітуду приймають рівною одиниці. Тоді отримують два вільних параметри.

Як і в більшості фазових методів, що не спираються на конкретний контейнер, у цьому методі множина порожніх та заповнених сигналів представлена у вигляді послідовності фіксованої довжини, елементи якої – оцифровані відліки аудіосигналу. Також слід зазначити, що ключами даної системи є затримка та згасання ехо-сигналів, що кодують бінарні нуль та одиницю, та довжина сегменту, на якому кодується один біт. Загалом ключ складається з п'яти чисел.

У випадку, коли необхідно вилучити інформацію із заповнених контейнерів, застосовують кореляційний приймач, що виявляє та ідентифікує сигнал, порівнюючи його з опорним сигналом. Порівняння здійснюється шляхом розрахунку коефіцієнта взаємної кореляції прийнятого $s(t)$ та опорного $s_{on}(t)$ сигналів за час передачі одного сигналу T_s . Однак, враховуючи специфіку даного методу, пропонують також інший метод, що заснований на розрахунку функції автокореляції кепстра прийнятого сигналу.

1. Початковий сигнал $s(t)$ розбивається на сегменти $s_i(t)$, що не перетинаються, тривалістю d кожен.
2. На кожному сегменті i розраховується кепстр сигналу:

$$C_i(t) = F^{-1}(\log_{\text{complex}} F(s_i) * 2),$$

де F – пряме; F^{-1} – зворотне дискретне перетворення Фур'є.

У результаті дослідження було створено програмний продукт, що надає можливість приховати та вилучити інформацію трьома способами: з використанням найменш значущого біту, використовуючи фазове кодування та за допомогою ехо-сигналу. Це надає змогу порівняти контейнери з повідомленнями за різними характеристиками, визначити недоліки та переваги кожного підходу.

CUTTING AND PACKING PROBLEMS FOR IRREGULAR OBJECTS WITH CONTINUOUS ROTATIONS

Pankratov A., Romanova T., sherom@kharkov.ua

Department of Mathematical Modeling and Optimal Design, Institute for Mechanical Engineering Problems, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

We further improve our methodology for solving irregular packing and cutting problems. We developed an exact NLP model of the basic irregular placement problem, using the phi-function technique. The model deals with an accurate representation of arc objects (without preliminarily approximation by line segments), the object continuous translations and rotations, as well as, minimal allowable distances (in general different between each pair of the objects). The model minimizes sizes of a rectangular or circular container: a length of a strip or an area of a box, or a radius of a circle. The model may be applied for a wide spectrum of irregular packing and cutting problems and can be realized by the current state-of-the art local or global solvers. However, the more arc and line segments form our objects, the more inequalities in our NLP model appear. Sometimes it becomes a very complex task for local or global NLP solvers just to compute a feasible point. We propose a fast algorithm to construct starting feasible points and develop a novel local optimization algorithm, named IPLOA, which allows us: to generate feasible subregions by starting feasible points; to reduce our NLP model with the huge number of inequalities to a sequence of NLP subproblems with the considerably smaller number of inequalities. IPLOA can be employed (by itself) as a compaction algorithm starting from a feasible point found by any other algorithms. In particular, it is capable to friendly improve the best published results for some benchmark instances provided that free object rotations are allowed. Our approach finds “good” local optimal solutions of the irregular placement problems in a reasonable computational time.

QUASI-PHI-FUNCTIONS OF ELLIPSOIDS

Pankratov A., Romanova T., Khlud O., hlud.olga@mail.ru

Department of Mathematical Modeling and Optimal Design, Institute for Mechanical Engineering Problems, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

In this paper, we deal with the optimal ellipsoid packing problem, which is a part of operational research and computational geometry. The problem is NP-hard and has multiple applications in modern biology, mineralogy, medicine, materials science, nanotechnology, as well as in the chemical industry, power engineering etc.

At present, the interest in finding effective solutions for placement problems of ellipsoids is growing rapidly. This is due to a large and growing number of applications and an extreme complexity of methods used to handle many of them (see, e.g., [1, 2]).

Our approach is based on mathematical modeling of relations between ellipsoids and thus reducing the packing problem to a nonlinear optimization problem. To this end a class of quasi-phi-functions [3] is used for analytic description of placement of ellipsoids in a rectangular container taking into account their continuous rotations and translations.

The present paper proposes an approach, which is capable of handling precise ellipsoids (without approximations) and thus finding an exact local optimal solution. The approach can be considered as some extension of quasi-phi-functions for ellipses, derived in [3], to 3D case.

Each ellipsoid E_i is generated by rotation of an ellipse of semi-axes a_i and b_i , $a_i > b_i$, along the axis of revolution OX , therefore we assume that third semi-axe is defined as $c_i = b_i$. With each ellipsoid E_i we associate its local coordinate system whose origin coincides with the center of the ellipsoid and the coordinate axes are aligned with the ellipsoid's axes. In that system the ellipsoid is described by parametric equations $x = a_i \cos t_i$, $y = b_i \sin t_i \cos g_i$, $z = b_i \sin t_i \sin g_i$, $0 \leq t_i \leq 2\pi$, $0 \leq g_i \leq 2\pi$, $i=1,2$. The location and orientation of each ellipsoid E_i is

defined by a variable vector of its placement parameters (v_i, θ_i) , $i=1,2$. Here $v_i = (x_i, y_i, z_i)$ is a translation vector, $\theta_i = (\theta_i^1, \theta_i^2)$ is a vector of rotation parameters, where θ_i^1, θ_i^2 are appropriate angles from axis OX to OY , from axis OY to OZ in the local coordinate system of ellipsoid E_i , $i=1,2$.

The translated by vector v_i and non-rotated by angles θ_i^1, θ_i^2 ellipsoid E_i is defined as $E_i(u) = \{p \in R^3 : p = v_i + M(\theta_i) \cdot p^0, \forall p^0 \in E_i^0\}$, where E_i^0 denotes the non-translated and non-rotated ellipsoid E_i , $M(\theta_i) = M_1(\theta_i^1) \cdot M_2(\theta_i^2)$ is a rotation matrix, $i=1,2$. We construct a quasi-phi-function for a pair of ellipsoids E_i , $i=1,2$. Our quasi-phi-function allow us to construct an *exact* continuous nonlinear programming model (NLP-problem) of the packing problem of ellipsoids, which can be continuously rotated and translated, but there is a price to pay: now the optimization has to be performed over a larger set of parameters, including the extra variables, besides placement parameters of ellipsoids. The model can be realized by the current state-of-the art local or global solvers, such as IPOPT, BARON LindoGlobal GloMIQO.

Reference

1. **W. X. Xu, H. S. Chen, Z. Lv.** An overlapping detection algorithm for random sequential packing of elliptical particles / *Physica*. – 2011. – Vol. 390. – P. 2452-2467
2. **Josef Kallrath и Steffen Rebennack,** Cutting Ellipses from Area-Minimizing Rectangles *Journal of Global Optimization*, 59(2-3), 405-437 (2014)
3. **Stoyan Y, Pankratov A and Romanova T.** Quasi-phi-functions and optimal packing of ellipses. *Journal of Global Optimization* (2015), DOI: 10.1007/s10898-015-0331-2

PACKING OF CONVEX POLYTOPES INTO A CUBOID OF MINIMAL VOLUME TAKING INTO ACCOUNT DISTANCE CONSTRAINTS

Pankratov A., Romanova T., Chugay A., Stoyan Yu.E.

valikodoc@mail.ru

Department of Mathematical Modeling and Optimal Design, Institute for Mechanical Engineering Problems, National Academy of Sciences of Ukraine

We study a packing problem of a given collection of convex polytopes K_i , $i=1,2,\dots,n$, into a cuboid Ω with variable sizes l,w,h of minimal volume. Continuous rotations and translations of polytopes are allowed. In addition minimal allowable distances between polytopes are taking into account.

A mathematical model of the problem may be stated as a nonlinear programming problem with differentiable functions in the following form:

$$\min F(u) \text{ s.t. } u \in W \subset R^\sigma$$

$$W = \{u \in R^\sigma : \hat{\Phi}'_{ij} \geq 0, \hat{\Phi}_i \geq 0, i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,n, j > i\},$$

where $F(u) = l \cdot w \cdot h$, $\hat{\Phi}'_{ij}$ is a radical free adjusted quasi-phi-function [1] for the pair of polytopes K_i and K_j , Φ_i is a radical free adjusted phi-function [2] for the polytope K_i and the object $\Omega^* = R^3 \setminus \text{int}\Omega$, $\sigma = 3 + 6n + 0.5n(n-1)$.

Our solution strategy involves the following steps: generate a number of starting points from the feasible set of the problem; search for a local minimum of the objective function $F(u)$ of problem, starting from each point obtained at step 1; choose the best local minimum from those found at step 2. An essential part of our local optimization scheme is a special procedure that reduces the dimension of the problem and computational time. Several computational results are provided.

Reference

1. Stoyan Yu., Pankratov A., Romanova T. (2015) Quasi-phi-functions and optimal packing of ellipses. Journal of Global Optimization, DOI: 10.1007/s10898-015-0331-2
2. Chernov N., Stoyan Yu., Romanova T. (2010) Mathematical model and efficient algorithms for object packing problem. Comput. Geom.: Theory and Appl.43(5):535–553 .

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ

Пасічник¹ А. М., Пасічник² В. А., Дравненков¹ Д. І.

¹Університет митної справи та фінансів,

²Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

Оцінка логістичної ефективності країн є інтерактивним поетапним інструментом, який дозволяє провести комплексну оцінку показників країни в сфері логістики. Інтегральний індекс логістичної привабливості (Logistics Performance Index – LPI) формується на основі таких основних показників:

- 1) «Митниця» – ефективність митного контролю та управління кордонами: швидкість, простота і передбачуваність митних формальностей;
- 2) «Інфраструктура» – якість транспортної інфраструктури;
- 3) «Міжнародні перевезення» – простота організації перевезень;
- 4) «Якість логістичних послуг» – компетентність і якість логістичних послуг з доставки, експедиції і митного оформлення;
- 5) «Відстеження перевезень» – можливість відстеження та контролю переміщення вантажів;
- 6) «Своєчасність доставки» – своєчасність доставки вантажів у пункт призначення протягом запланованого або очікуваного часу поставки.

Інтегральний індекс та наведені показники мають оцінку від 1 до 5 і визначають стан та напрямки розвитку логістичної діяльності в країні.

Внутрішній LPI – складається як з якісної, так і з кількісної оцінки показників, що надають фахівці з логістики та внутрішні логістичні оператори. Такий підхід став можливим завдяки використанню чотирьох основних критеріїв загальної ефективності логістики: інфраструктура; послуги; прикордонні процедури і час; надійність поставок.

Внутрішня оцінка показників логістичної ефективності в Україні у 2014 році наведена в табл.1.

Аналіз оцінок результатів проведених опитувань респондентів за наведеними показниками, показує, що: якість інфраструктури залишається на рівні нижче середнього; компетентність та якість логістичних послуг

знаходиться на середньому рівні; за останні роки в Україні відмічається розвиток та поліпшення логістичних послуг та транспортної інфраструктури.

Таблиця 1. Внутрішні LPI показники

Час експорту / Водний та повітряний транспорт	5 днів
Час експорту / Автомоб. та залізничний транспорт	2 днів
Час імпорту / Водний та повітряний транспорт	5 днів
Час імпорту / Автомоб. та залізничний транспорт	2 днів
Якість організації перевезення (%)	40%
Кількість агентств - експорт	6
Кількість агентств - імпорт	5
Кількість документів - експорт	6
Кількість документів - імпорт	5
Час оформлення без митного огляду	1 день
Час оформлення з митним оглядом	1 день
Митний огляд (%)	50%
Multiple inspection (%)	35%

Результати оцінки загального індексу LPI для України станом на 2014 рік наведені в табл.2.

Таблиця 2. Значення інтегрального індексу та показників LPI

Країна	Місце в рейтингу	Величина індексу	Митниця	Інфраструктура	Міжнар. перевезення	Якість логістичних послуг	Відстеж. перевезень	Своєчасність доставки
Польща	31	3,49	3,26	3,08	3,46	3,47	3,54	4,13
Угорщина	33	3,46	2,97	3,18	3,40	3,33	3,82	3,06
Латвія	36	3,40	3,22	3,03	3,38	3,21	3,50	4,06
...								
Україна	61	2,98	2,69	2,65	2,95	2,84	3,20	3,51
...								
Росія	90	2,69	2,20	2,69	2,64	2,74	2,85	3,14
Білорусія	99	2,64	2,50	2,55	2,74	2,46	2,51	3,05

Таким чином, в результаті послідовного впровадження заходів з удосконалення логістичної інфраструктури Україна у 2014 році отримала 61 місце серед 160 країн світу за рейтингом “Індексу ефективності логістики” (LPI), який оприлюднюється Світовим Банком. За рейтингом LPI в 2012 році Україна була на 66 місці з можливих 155, при тому, що в 2010 р. Україна займала – 102, а у 2007 р. – 73 місце. За результатами оцінювання логістичної ефективності у 2014 році, значення інтегрального індексу LPI України покращилось з 2,85 до 2,98 бала.

THE THEORETIC BASIS OF DATA HANDLING TECHNOLOGY FOR THE ELECTROMAGNETIC PROBING OF ORTHOTROPIC COMPOSITES

Pashchenko V.O., 31NATA@ukr.net

Dnipropetrovsk national university named after Oles Honcher (www.dnu.dp.ua)

In the analytical form tangential projections of the rectangular contour electrical intensity that is becoming over the plane surface of orthotropic composite have been defined. The projection expression is the algebraic sum of own component and one carried by the orthotropic composites.

The electromagnetic field in $(x, y, z > h)$ -point of the air subspace has been created by the rectangular $2a \times 2b$ -contour of external current with the density $J(t) = J_0 \cdot f(t)$, where J_0 and $f(t)$ are the amplitude and the rounding accordingly. The contour is in parallel to the plane surface of orthotropic composite with the clearance h . Contour sides as well as abscissa and ordinate axes have been oriented across and along to the armor direction in the orthotropic composite.

The reflection characteristic of orthotropic composite is defined by analytical expressions for its x, y –projection[1]:

$$h_{x,y}^R(\tau - r_{x,y}^{(2)} / c) = U(\tau - r_{x,y}^{(2)} / c) \left\{ 1 - \frac{2}{I_0 \left[2 \sqrt{-i \frac{\sigma_{x,y}(\tau - r_{x,y}^{(2)} / c)}{4\pi\epsilon_0}} \right]} \right\}, \quad (i = \sqrt{-1}) \quad (1)$$

where $U(\tau)$ is the single symmetric step-like function, I_0 is the modified Bessel function of 0-order, c and ϵ_0 are the light velocity and dielectrical permittivity in the air, $\sigma_{x,y}$ is the electrical conductivity along x, y -axis, τ is the time delay. While :

$$r_x^{(2)} = r_x^{(1)}(x^{(m)}, \mp b) = \sqrt{(x - x^{(m)})^2 + (y \pm b)^2 + z^2}, \quad (x^{(m)} \in [-a, a]) \quad (2)$$

$$r_y^{(2)} = r_y^{(1)}(\pm a, y^{(n)}) = \sqrt{(x \pm a)^2 + (y - y^{(n)})^2 + z^2}, \quad (y^{(n)} \in [-b, b]) \quad (3)$$

$$r_x^{(2)} = r_x^{(1)}(x^{(m)}, \mp b) = \sqrt{(x - x^{(m)})^2 + (y \pm b)^2 + (2h - z)^2}, \quad (4)$$

$$r_y^{(2)} = r_y^{(1)}(\pm a, y^{(n)}) = \sqrt{(x \pm a)^2 + (y - y^{(n)})^2 + (2h - z)^2}, \quad (5)$$

are removals of (x, y, z) -point from actual and fictive contour point sources with coordinates: $(x^{(m)}, y^{(n)} = \pm b, 0)$ and $(x^{(m)}, y^{(n)} = \pm b, 2h)$ for x-projection, but $(x^{(m)} = \pm a, y^{(n)}, 0)$ and $(x^{(m)} = \pm a, y^{(n)}, 2h)$ for y-projection accordingly.

Since the external current of opposite sides of rectangular contour is in parallel to axis of abscissa or ordinate then the electrical intensity has following tangential projections after the switching on the increasing external current:

$$E_x(x, y, z, t) = -\frac{\mu_0 J_0}{4\pi} \left\{ \frac{df(t)}{dt} \ln \left| \frac{\rho^{(1)}(x, -b)}{\rho^{(1)}(x, b)} \right| - \left[h_x^R \left\langle -i \frac{\sigma_x(t - r_x^{(2)}(x, -b)/c)}{4\pi\epsilon_0} \right\rangle \ln |\rho_x^{(2)}(x, -b)| - h_x^R \left\langle -i \frac{\sigma_x(t - r_x^{(2)}(x, b)/c)}{4\pi\epsilon_0} \right\rangle \ln |\rho_x^{(2)}(x, b)| \right] \bullet \frac{df}{dt} \Big|_{t=0} \right\},$$

$$E_y(x, y, z, t) = -\frac{\mu_0 J_0}{4\pi} \left\{ \frac{df(t)}{dt} \ln \left| \frac{\rho^{(1)}(-a, y)}{\rho^{(1)}(a, y)} \right| - \left[h_y^R \left\langle -i \frac{\sigma_y(t - r_y^{(2)}(-a, y)/c)}{4\pi\epsilon_0} \right\rangle \ln |\rho_y^{(2)}(-a, y)| - h_y^R \left\langle -i \frac{\sigma_y(t - r_y^{(2)}(a, y)/c)}{4\pi\epsilon_0} \right\rangle \ln |\rho_y^{(2)}(a, y)| \right] \bullet \frac{df}{dt} \Big|_{t=0} \right\},$$

where

$$\begin{aligned} \rho_x^{(i)}(x, -b) &= \frac{(x-a) + r_x^{(i)}(a, -b)}{(x+a) + r_x^{(i)}(-a, b)}, & \rho_x^{(i)}(x, b) &= \frac{(x-a) + r_x^{(i)}(a, b)}{(x+a) + r_x^{(i)}(-a, b)}, \\ \rho_y^{(i)}(-a, y) &= \frac{(y-b) + r_y^{(i)}(-a, b)}{(y+b) + r_y^{(i)}(-a, -b)}, & \rho_y^{(i)}(a, y) &= \frac{(y-b) + r_y^{(i)}(a, b)}{(y+b) + r_y^{(i)}(a, -b)}, \end{aligned} \quad (i=1, 2)$$

using expressions (2-5).

Consequently tangential projections of the rectangular contour electrical intensity are algebraic sums of such components as own one and carried by the orthotropic composite one. Second component has been diminished by structural defects of orthotropic composites. Analytical results of this article allow to improve methods and algorithms of data handling technology for the electromagnetic probing.

REFERENCES

1. Pashchenko V.A. The subsurface sounding analytical description of orthotropic composite in dimensionless coordinates // Proceeding of 14th International Conference on Mathematics Methods in Electromagnetic Theory. – Kharkov, 2012. – PP.176-179.

РОЗРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПСЕВДОГОЛОГРАФІЧНИХ РОЗГОРТОК ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Петльований В.В., vovan.petliovaniy@gmail.com
Національний університет «Львівська політехніка»

Розгортка зображення – процес поелементного перетворення оптичного зображення в послідовність електричних сигналів за встановленим порядком з метою відтворення, запису та/або збереження розгорнутого зображення.

Псевдогологографічне представлення зображення виявляється ефективним у ситуаціях, коли становище інформаційного блоку, що прийшов на вхід, виявляється невідомим, тобто, можливо, відновлення зображення по довільній частині кодує підпослідовності навіть за відсутності інформації про становище даної підпослідовності.

В даній роботі розроблений алгоритм здійснює дії, аналогічні процесу отримання голограми.

У певній області простору (кожному пікселю зображення) складають дві хвилі: одна з них йде безпосередньо від джерела (опорна хвиля – постійне значення: 127,5), а інша відбивається від об'єкта запису (об'єктна хвиля – сумарне значення ваг всіх пікселів вихідної картинки) [4].

Опорна хвиля – вважаємо, що джерело світла випромінює світло з силою достатньою для висвітлення кожного пікселя з силою 256 одиниць, але половину світла ми відправили на об'єкт, а половину світла направили на фотопластинку (128 одиниць).

У цій же області розміщують фотопластинку (або інший реєструючий матеріал – порожня картинка), в результаті на цій платівці виникає складна картина смуг потемніння..

Якщо тепер цю платівку висвітлити хвилею, близькою до опорної, то вона перетворює цю хвилю в близьку до об'єктної.

Таким чином, ми будемо бачити (з тією чи іншою мірою точності) таке же світло, яке відбивалося б від об'єкта запису.

Кодування і декодування здійснюється одним і тим же алгоритмом, але при декодуванні змінюється пара коефіцієнтів.

Алгоритм має складність $O(n^2)$ що робить його реалізацію дуже повільною.

Для покращення результатів можна використовувати більш точні обчислення, підбирати ефективніші коефіцієнти. Це дозволить зменшити кількість «шумів» на зображенні.

Менш ефективним способом в швидкодії є збільшення вихідного зображення при обрахунках, але це дає кращий результат при частковій втраті зображення.

Завдяки використанню великих довжин хвилі, вони були добре видні, але не використовувався весь потенціал роздільної здатності фотопластинки. Вибравши меншу довжину хвилі $W = 0,1$ можна істотно знизити рівень шумів.

В ході експерименту та базуючись уже на готових рішеннях було знайдено оптимальні довжини хвиль для кожного кольору:

$$WR=0,031;$$

$$WG=0,0294;$$

$$WB=0,0282$$

Список використаних джерел:

1. **Барінова Д.А.** Анализ псевдоголографического метода с точки зрения радических метрик [Текст] / Д.А. Барінова // Комп'ютерна оптика. - 2005. - Випуск 28.-С. 128-131.
2. **Сойфер В.А.** Методы компьютерной обработки изображений / В.А.Сойфер.– М.: Физматлит, 2003. – 784 с.
3. **Гриньов Д.В.** Методи стиснення зображень в системах цифрової обробки даних / Д.В. Гриньов, З.З. Закіров // Системи обробки інформації. – 2010. – Вип. 2 (83). – С. 66-70

ПРО ВИКОРИСТАННЯ ПІДХОДУ LEVEL OF DETAILS ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ВЕЛИКОГО РОЗМІРУ

Петрук Є.С., goshka1993@gmail.com, Сердюк М.Є., me_serdyuk@i.ua
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Візуалізація поверхонь великих розмірів, в тому числі й інтерактивна, знаходить широке застосування в самих різних областях. Тривимірне представлення поверхонь використовується у географічних інформаційних системах (GIS), ландшафтних редакторах, імітаційно-тренажерних комплексах, комп'ютерних іграх та ін. Основна проблема пов'язана з тим, що поверхня, як правило, задається матрицею висот дуже великого розміру. З цієї причини візуалізація повної тріангуляції поверхні в реальному часі виявляється неможливою навіть на потужній апаратурі. До того ж, обсяг матриці висот може легко перевищити ємність оперативної пам'яті комп'ютера. Тому питання оптимального представлення та збереження висотних даних, а також розробка ефективних алгоритмів візуалізації на основі карти висот є на сьогодні актуальними.

У роботі розглядається метод візуалізації поверхонь, що базується на підході Level of Details. Сімейство цих методів пропонує динамічну візуалізацію поверхні в залежності від характеру місцевості, viewport-у камери та її відстані від поверхні [1, 3]. Також добре відомими є методи, які будують адаптивне квадро-дерево замість звичайної сітки, для більш чіткої деталізації поверхні [2]. На практиці вони дають кращий результат, але також є більш складними в реалізації.

В даній роботі пропонується підхід для динамічної візуалізації, який базується на вище описаних методах. Алгоритм, що реалізує цей підхід, складається з наступних кроків. На першому кроці відсікаються всі частини карти, які не «попадають» у viewport камери. Це дає можливість в декілька разів зменшити об'єм використаної оперативної пам'яті і навантаження на графічний процесор у випадку великого розміру карти висот (більше

4000x4000). Після того, як встановлено, який сегмент карти оглядається камерою, слід визначати рівень деталізації поверхні. Для цього аналізується середньо-квадратичне відхилення висот даного сегменту карти. Якщо ця величина менше порогового значення, кількість полігонів можна зменшити. В іншому випадку кількість полігонів залишити без змін, щоб забезпечити плавні переходи між ділянками місцевості з досить різними рівнями висот.

Представлений алгоритм реалізовано у програмному забезпеченні, тестування якого показало, що використання описаного підходу дає зменшення кількості використовуваної оперативної пам'яті та процесорного часу, що витрачається для побудови сітки у порівнянні з методом без використання рівнів деталізації. Частина програми, де ми аналізуємо, чи попадає точка в поле зору камери, стала досить важкою задачею для процесора комп'ютера, тому що це потребує виконання відповідної проекції і є складною операцією. Одним з можливих шляхів розв'язання цієї проблеми є виконання цієї операції для якомога меншого числа точок карти.

Бібліографічні посилання

1. **Duchaineau M.** ROAMing Terrain: Real-time, Optimally Adapting Meshes. / Mark Duchaineau, Murray Wolinski, David E. Sigeti, Mark C. Miller, Charles Aldrich and Mark B. Mineev-Weinstein. Proceedings of the Conference on Visualization '97, pp.81-88, Oct 1997.
2. **Lindstrom P.** Real-Time, Continuous Level of Detail Rendering of Height Fields. / Peter Lindstrom, David Koller, William Ribarsky, Larry F. Hodges, Nick Faust and Gregory A. Turner. In SIGGRAPH 96 Conference Proceedings, pp. 109-118, Aug 1996.
3. **Röttger S.** Real-Time Generation of Continuous Levels of Detail for Height Fields. / Stefan Röttger, Wolfgang Heidrich, Philipp Slusallek, Hans-Peter Seidel. Technical Report 13/1997, Universität Erlangen-Nürnberg.

MAGNETIC FLUX LEAKAGE METHOD: LARGE-SCALE APPROXIMATION

Anastasiya V. Pimenova¹ and Denis S. Goldobin^{1,2}

¹*Institute of Continuous Media Mechanics, UB RAS, Perm 614013, Russia*

²*Department of Mathematics, University of Leicester, Leicester LE1 7RH, UK*

We consider the application of the magnetic flux leakage (MFL) method to the detection of defects in ferromagnetic (steel) tubulars. The problem setup corresponds to the cases where the distance between the casing and the point where the magnetic field is measured is small compared to the curvature radius of the undamaged casing and the scale of inhomogeneity of the magnetic field in the defect-free case, which corresponds to the current common practice for MFL measurements. Mathematically this corresponds to the planar ferromagnetic layer in a uniform magnetic field oriented along this layer. Defects in the layer surface result in a strong deformation of the magnetic field, which provides opportunities for the reconstruction of the surface profile from measurements of the magnetic field. We deal with large-scale defects whose depth is small compared to their longitudinal sizes—these being typical of corrosive damage. Within the framework of large-scale approximation, analytical relations between the casing thickness profile and the measured magnetic field can be derived. These relations significantly facilitate application of MFL for casing integrity inspection.

The work has been supported by the Government of Perm Region (Contract C-26/0004.3).

- [1] A. V. Pimenova, D. S. Goldobin, J. Levesley, A. O. Ivantsov, P. Elkington, M. Bacciarelli, *Magnetic Flux Leakage Method: Large-Scale Approximation*, Math. Model. Nat. Phenom., Vol. 10, No. 3, 61–70 (2015).

PROJECTING ON DISCRETE SETS INSCRIBED INTO A SPHERE AND APPLICATIONS

Pichugina O.S., pichugina_os@mail.ru
Kharkiv national university of radioelectronics

We consider the problem of finding the nearest point of a discrete set inscribed into a sphere - to find the projection x of $y \in R^n$ onto a point set $M \subset R^n$:

$$x = \Pr_M y: |x - y| = \min_{x' \in M} |x' - y|, \quad (1)$$

$$M: |M| < \infty, M \subset S_r(a) = \{x \in R^n : (x - a)^2 = r^2\}. \quad (2)$$

The problem (1) arises in many applications, in particular, in optimization problems over M . It is also a discrete nonlinear problem, which can be of the same complexity as the original one. Adding the condition (2) allows to reduce the problem (1)-(2) to a linear one over M and, thus, to simplify it significantly.

Predication 1. The problem (1)-(2) is equivalent to the following linear one:

$$z' = c^T x \rightarrow \min_{x \in M}, \quad c = a - y. \quad (3)$$

Among sets inscribed into a sphere with known explicit solution of linear problem are: the general permutation set $E_{nk}(G)$, the special partial permutation set $E_{\eta_2}^k(G)$, the binary set B_n , the set of combinations with repetitions $S_2^n(G)$, etc. The Predication 1 is applicable for the sets as well as for Cartesian product of them, in particular, for the general polypermutation set $E_{nk}^{--}(G)$. The set $E_{nk}^{--}(G)$ is the only subset of $E_{nk}(G)$ ($n=|G|$) with known solution of (3) and, respectively, of (1)-(2). Among other the $E_{nk}(G)$ -subsets are the set of permutations of permutations, permutations of tuples, etc. It is interesting to investigate the extreme property (3) of the listed combinatorial sets, as well as selecting well defined discrete sets that are the sets, for which the problem (3) is solved explicitly or effectively.

ЗВ'ЯЗАНА ЗАДАЧА ДЛЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО РІВНЯННЯ СОФІ ЖЕРМЕН

Плашенко С.О., Кузьменко В.І., sergey.plashenko@gmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Розглядається задача прогину даху. До плоского металевому даху приварений прямокутний бак заповнений водою. При прогинах даху бак нагинається до його центру. Це призводить до зміщення центру ваги баку та до ще більшого прогину даху. Ставиться задача знаходження переміщень точок даху.

Задача описується рівнянням Софі Жермен прогину пластинки[1]:

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 u}{\partial y^4} = - \frac{q(x, y, u(x, y))}{D},$$

$$u|_{\Gamma} = 0,$$

$$\frac{\partial u}{\partial n}|_{\Gamma} = 0.$$

За різних нахилів баку отримуємо різні значення функції навантаження $q(x, y, u(x, y))$. Функція навантаження $q(x, y, u(x, y))$ залежить від невідомого прогину $u(x, y)$, оскільки прогин пластинки впливає на нахил даху. Отже задача є зв'язана.

Крайовій задачі для рівняння Софі Жермен відповідає варіаційна задача[2]:

$$\inf_{v \in V_4} \left\{ J_4(v) = \frac{1}{2} D \int_{\Omega} \left\{ \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)^2 - 2(1 - \mu) \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} d\Omega - \int_{\Omega} q(x, y) v d\Omega \right\},$$

$$\text{де } V_4 = \left\{ v \in H_2^2(\Omega) \mid v = 0, \frac{\partial v}{\partial n} \text{ на } \Gamma \right\}$$

Для розв'язання зв'язаної задачі пропонується ітераційний процес лінеаризації:

- На кожному ітераційному кроці функція $q(x, y, u(x, y))$ обчислюється за поточного наближення $u^{(i)}$
- Відбувається перехід до класичного рівняння прогину пластинки.
- Числове розв'язання варіаційної задачі
- Отриманий розв'язок розглядається як поточне наближення.

Дискретизація варіаційної задачі здійснювалась з використанням скінченно-різницевої апроксимації.

1. **Биргер И.А.** Соппротивление материалов / И.А. Биргер, Р.Р. Мавлютов. – М., 1986
2. **Тимошенко С.П.** Пластинки и оболочки / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М., 1966

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Полєжаєва А.В., annavladimirovna1992@gmail.com,

Зайцева Т.А., ztan2004@mail.ru

Дніпропетровський національний університет ім.О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Розроблено програмне забезпечення для функціонування інформаційної системи із застосуванням web-технологій. Простий в використанні сайт для покращення функціонування ГО «СК Арена» (громадська організація спортивний клуб Арена), який був започаткований з метою популяризації такого виду спорту як черлідінг. Сайт уможлиблює сучасний стиль інформування щодо поширення роботи клубу та полегшує контроль за робітниками та відвідувачами.

Було проведено аналіз стану досліджуваної галузі; визначені цілі і завдання проєктованого ресурсу: структура і тип сайту; обрана цільова аудиторія в мережі Інтернет. На наступному кроці – розроблено зручний і простий у застосуванні графічний дизайн; надано можливість налаштування і внесення необхідних змін, відповідних цілям проєкту та його перспектив розвитку; забезпечено роботу стрічки новин; надано можливість реєстрації працівників клубу та інше. Для створення сайту було застосовано: HTML5 – покращена версія HTML з реалізацією відео, аудіо і анімацію, а також можливість використання SVG; CSS – каскадні таблиці стилів для оформлення сайту. З допомогою PHP було розширено функціональність написаного на HTML, що зробило сайт більш доступним.

Використання сайту продемонструвало, що створене програмне середовище полегшує роботу тренерів клубу, допомагає контролювати робітників, вдало інформує користувачів. Постійне супроводжування програмного забезпечення допомагає поліпшувати функціонування web-ресурсу.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ НА РИНКУ ПРАЦІ В ІТ ГАЛУЗІ

Притоманова О.М., olgmp@ua.fm, Кулініч Ю.А., yulia.kulinich@aiesec.net
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

На сьогодні проблема виявлення структури ринку праці, а також його потреб в розрізі професій та спеціальностей є однією з найактуальніших. Питання оцінки попиту і пропозиції на різні професії і спеціальності, переорієнтації системи освіти на потреби ринку праці передбачають, зокрема, вдосконалення підготовки кадрів, конкурентоспроможних на ринку праці; переорієнтація системи навчання на потреби ринку праці, тобто на вимоги роботодавців до знань, навиків та вмінь випускників та ін. У роботі ми комплексно розглядаємо ринок ІТ праці – один із найбільш динамічних та розвинених в Україні, будуємо 3 моделі (економетричну модель, модель компетенцій та нечітку) та порівнюємо результати для кожного із великих міст – Київ, Дніпропетровськ, Харків, Львів та Одеса.

Перша модель, яку ми розглядаємо у роботі, оснований на економетричних методах та методології досліджень Адама Сміта й дозволяє аналізувати фактори, що впливають на рівень заробітної плати у ІТ галузі. Це рівень навчання, стать, місто проживання, вік, досвід, мови програмування та технології, рівень володіння англійською мовою, розмір компанії, індустрія. У рамках економетричної моделі було визначено, які з поданих якісних та кількісних факторів статистично значимо впливають на розмір заробітної плати та у якій мірі. Було визначено, що статистично значимим є вплив таких факторів: вік, поточний досвід роботи, технологія, а статистично незначимим: розмір компанії, наявність вищої освіти, вид індустрії (аутсорсінг, продукт, аутстафінг, стартап), вид предметної області для розробок. Також оцінено наскільки різниться вплив цих факторів на розмір заробітної плати спеціалістів ІТ галузі у декількох містах України порівняно із Дніпропетровськом.

Для другої моделі у рамках компетентнісного підходу акцент має бути зміщено з формування певного набору професійних знань, вмінь і навичок у галузі програмування (hard skills) на розвиток таких якостей, як робота в команді, лідерські якості, відповідальність, здатність до самостійного навчання (самоосвіта), планування діяльності, уміння самостійно ухвалювати рішення (soft skills). Побудова навчального процесу саме на засадах компетентнісного підходу є найефективнішою для забезпечення підготовки фахівця відповідно до сучасних вимог суспільства. Було розроблено новий оригінальний алгоритм визначення множини оптимальних вакансій для кандидата та множини оптимальних кандидатів на вакансію, який забезпечує оптимальний пошук робітників на основі компетентнісного підходу. Цей алгоритм може використовуватись HR менеджерами у відділах кадрів, для пропозиції таргетованих вакансій у соціальних мережах пошуку роботи, таких як наприклад [LinkedIn](#) та на онлайн ресурсах, наприклад [Work.ua](#), [rabota.in.ua](#).

У третій моделі за допомогою методів нечіткої логіки та теорії прийняття рішень було оцінено потреби та популярність мов програмування на IT ринку, в залежності від їх характеристик та стану розвитку. Для оцінки та упорядкування за ступенем затребуваності на ринку використовуємо методи багатокритеріального індивідуального та колективного прийняття рішень. На базі методу індивідуального методу розглядаємо метод багатокритеріального прийняття колективних рішень, що зводиться до раціональному вибору альтернатив з урахуванням набору ознак і переваг декількох експертів із урахуванням їх компетентності у кожній із технологій. Найбільш ефективна альтернатива є максимальним значенням із скоригованої нечіткої множини невідоміючих альтернатив. Вона є результуючим груповим рішенням вибору і збігається з одним із індивідуальних рішень.

НЕЧІТКІ СИСТЕМИ ЛОГІЧНОГО ВИВЕДЕННЯ В ЗАДАЧАХ ДІАГНОСТИКИ

Провотар О.О., aprovata@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Вступ. Відомо, що зручним інструментом для подання знань в інформаційних системах є нечіткі множини [1,2,3]. За допомогою нечітких множин можна описати, наприклад, картину симптоматики пацієнта в експертних діагностичних системах. Визначення діагнозу пацієнта в таких системах потребує використання механізмів логічного виведення. Зокрема, у випадку нечітких специфікацій як симптоматики так і діагностування, таким механізмом можуть бути так звані нечіткі системи логічного виведення, які будуються на основі ідей та методів індуктивної математики [4].

Під нечіткою специфікацією задачі розуміють упорядковану множину нечітких інструкцій. Нечітку специфікацію задачі разом з алгоритмом, при виконанні якого одержуємо наближене (нечітке) розв'язання цієї задачі називатимемо нечіткою системою логічного виведення.

Нехай $x_1, \dots, x_n$ вхідні лінгвістичні змінні і y – вихідна лінгвістична змінна [2,3]. Упорядкована множина нечітких інструкцій має вигляд:

якщо $x_1 \in A_{11} \wedge \dots \wedge x_n \in A_{1n}$ **то** $y \in B_1$,

якщо $x_1 \in A_{21} \wedge \dots \wedge x_n \in A_{2n}$ **то** $y \in B_2$,

.....

якщо $x_1 \in A_{m1} \wedge \dots \wedge x_n \in A_{mn}$ **то** $y \in B_m$,

де A_{ij} і B_i – нечіткі множини, символ “ $\wedge$ ” інтерпретується як t -норма нечітких множин.

Алгоритм обчислення виходу такої специфікації приведений в [3].

Експертні діагностичні системи. Нехай $X_1 = \{5, 10, 15, 20\}$, $X_2 = \{5, 10, 15, 20\}$, $X_3 = \{35, 36, 37, 38, 39, 40\}$ – простори для визначення значень лінгвістичних змінних

$x_1 = \text{“Кашель”} = \{\text{“слабкий”}, \text{“помірний”}, \text{“сильний”}\},$

$x_2 = \text{“Насморк”} = \{\text{“слабкий”}, \text{“помірний”}, \text{“сильний”}\},$

x_3 = “Температура” = {“нормальна”, “підвищена”, висока”, “дуже висока”} відповідно.

Визначимо елементи цих множин:

“Кашель”: “слабкий” = $1/5 + 0.5/10$; “помірний” = $0.5/5 + 0.7/10 + 1/15$; “сильний” = $0.5/10 + 0.7/15 + 1/20$.

“Насморк”: “слабкий” = $1/5 + 0.5/10$; “помірний” = $0.5/10 + 1/15$; “сильний” = $0.7/15 + 1/20$.

“Температура”: “нормальна” = $0.5/35 + 0.8/36 + 0.9/37 + 0.5/38$; “підвищена” = $0.5/37 + 1/38$; “висока” = $0.5/38 + 1/39$; “дуже висока” = $0.8/39 + 1/40$.

Нехай $Y = \{\text{Грип, ОРЗ, Ангіна, Запалення легенів}\}$ – простір для визначення значень лінгвістичної змінної y . Тоді залежність хвороби пацієнта від його симптомів може бути описана наступною системою специфікацій:

якщо $x_1 \in \text{“слабкий”} \wedge x_2 \in \text{“слабкий”} \wedge x_3 \in \text{“підвищена”}$ **то** $y \in \text{“0.5/Грип + 0.5/ОРЗ + 0.4/Ангіна + 0.8/Запалення легенів”}$;

якщо $x_1 \in \text{“слабкий”} \wedge x_2 \in \text{“помірний”} \wedge x_3 \in \text{“висока”}$ **то** $y \in \text{“0.8/Грип + 0.7/ОРЗ + 0.8/Ангіна + 0.3/Запалення легенів”}$;

якщо $x_1 \in \text{“слабкий”} \wedge x_2 \in \text{“помірний”} \wedge x_3 \in \text{“дуже висока”}$ **то** $y \in \text{“0.9/Грип + 0.7/ОРЗ + 0.8/Ангіна + 0.2/Запалення легенів”}$.

Подаючи на вхід цієї системи специфікацій довільні значення симптомів “Кашель”, “Насморк” та “Температура”, будемо одержувати розв’язання задачі у вигляді нечіткого діагнозу.

Бібліографічні посилання

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы /Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М., 2006.
2. Leski J. Systemy neuronowo-rozmyte / J.Leski. – Warszawa, 2008.
3. Провотар А.И. Нечеткие системы логического вывода и их применение /А.И. Провотар, А.В. Лапко, А.А. Провотар //Кибернетика и системный анализ. – 2013. – №4. – С.37–46.
4. Гупал А.М. Оптимальные процедуры распознавания /А.М. Гупал, И.В. Сергиенко. – Киев. – 2008.

УЗГОДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПАРАЛЕЛЬНИХ ФОРМ АЛГОРИТМУ І ПАРАЛЕЛЬНИХ УПОРЯДКУВАНЬ

Ротгауз Є.В.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

В сучасному світі швидкість надходження нової інформації, яка потребує обробки та аналізу, привела до потреби працювати з гігантськими обсягами обчислень. Звісно, багато практичних задач так чи інакше вирішуються й існуючими послідовними алгоритмами. Однак, без допомоги паралельних обчислень практично неможливо моделювати явища, які є занадто складними для дослідження аналітичними методами, та занадто дорогими або небезпечними для експериментального вивчення. Вкрай актуальним розвиток паралельних обчислень є при необхідності управління складними промисловими і технологічними процесами в режимі реального часу і в умовах невизначеності. З цих причин з'явилась необхідність нових поглядів на структуру алгоритму. Одним з напрямків розвитку математичного моделювання структури алгоритмів стала теорія графів.

Нехай задано алгоритм розв'язання деякої задачі. Потрібно представити його за допомогою графової моделі. На основі аналізу паралельних впорядкувань різних паралельних форм графу алгоритму, надати рекомендації щодо ресурсу паралелізму в програмі та архітектури відповідних обчислювальних систем, на яких реалізація паралельних форм буде ефективною.

Математичною моделлю даної задачі є орієнтовний ациклічний граф залежності. Граф задає порядок виконання операцій алгоритму, розподіляючи їх на яруси. Операції одного ярусу незалежні та можуть виконуватись паралельно. Виконання операцій, що відповідають вершинам ярусів, розподілене у часі послідовно. Така форма розподілу приводить до поняття *паралельної форми алгоритму*[1]. Паралельні форми характеризуються висотою, що дорівнює кількості ярусів, та шириною – максимальна ширина ярусів. З кожною паралельною формою пов'язані паралельні упорядкування, які

є інструментом узгодження з ЕОМ. Висота відповідає часу виконання алгоритму, а ширина – кількості процесорів в машині.

Реалізовано програмний продукт алгоритму побудови паралельних впорядкувань та їх подальшого аналізу для надання відповіді на питання: конфігурацію якої ЕОМ потрібно використовувати для алгоритму з заданими параметрами. Використовувалась стратегія рівневого принципу: створення упорядкування мінімальної висоти починаючи з вершин найбільш віддалених від кінцевої, розподіляючи їх за особливими множинами, що називаються рівнями. Використовувався точний алгоритм побудови розкладу мінімальної висоти для випадку двохпроцесорної ЕОМ модифікований процес помічення вершин графу, де мітки повинні визначати пріоритет операції, заснований на лексикографічному порівнянні множин послідовників вершин. Упорядкування визначається, починаючи з вершини з лексикографічно найбільшою послідовністю безпосередніх послідовників.

В програмному продукті для заданого графу алгоритму є можливість зафіксувати ширину h та обирати всі відповідні їй упорядкування мінімальної висоти l . Висота l вказує на оптимальний час виконання алгоритму для системи з h процесорів. Розраховується завантаженість системи як зважена сума завантажених окремих пристроїв. Потім обирається паралельне упорядкування, що максимізує завантаженість системи, при умові наявності пристроїв однакової та різної пікової продуктивності.

Отриманий програмний засіб побудови паралельних форм алгоритму та упорядкувань, що їм відповідають, може бути застосований для узгодження структури алгоритму та архітектури ЕОМ на основі отриманого набору паралельних упорядкувань.

Бібліографічні посилання

1. **Воеводин В.В.** Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб., БХВ-Петербург, 2002. – 600 с.

ПОБУДОВА ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ НА ОСНОВІ ПОЛІНОМУ ДРУГОГО ПОРЯДКУ

Ризоль О.О., olyaryzol@rambler.ru, **Мацуга О.М.**, molgan@ua.fm
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Логістична регресія є класичним апаратом вирішення задачі класифікації, призначення якої полягає в аналізі зв'язку між декількома незалежними змінними $(x_1, \dots, x_m)$ та залежною якісною змінною y [1].

За своєю природою логістична регресія є лінійною (в основі лежить поліном першого степеня $f(X) = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \theta_p x_p$). Це дозволяє будувати лінійні поверхні для розділення класів. Однак, на практиці майже неможливо отримати дані, що є лінійно роздільними, тому доречним є питання побудови логістичної регресії на основі поліномів більш високого степеня.

Оскільки існує залежність складності результуючої моделі від обраної функції $f(X)$, а як відомо, складні моделі мають більш виражену здатність до перенавчання, було апробовано побудову логістичної регресії на основі поліному другого степеня. Для цього розглядається масив, що містить початкові ознаки і всі можливі добутки векторів $\bar{x}_i, \bar{x}_j$, та за допомогою алгоритму послідовного відбору ознак (ADD) обирається такий набір, котрий призводить до найкращих результатів. Якість класифікації на основі логістичної регресії на кожному кроці алгоритму ADD перевіряється за допомогою ковзного контролю.

Результатом роботи є запропонована обчислювальна схема побудови логістичної регресії на основі поліному другого степеня та програмне забезпечення, написане мовою C#, що її реалізує. Під час апробації схеми на реальних медичних даних вдалося розв'язати задачу класифікації з якістю понад 87%.

1. **Bishop C.M.** Pattern Recognition and Machine Learning / C.M. Bishop. – Springer, 2006. – 738 p.

MULTICRITERIA FORMULATION OF THE PROBLEM OF FINDING THE OPTIMAL STRUCTURE OF INVESTING IN PRECIOUS METALS

Ryabenko A.E., Denisenko A.I., Tereshenko E.V., rjabenkoae@mail.ru
Zaporizhzhya National Technical University

High liquidity and stability makes the investment appeal of precious metals (golden, silver, platinum and palladium bars and coins) in the current market conditions. Of course, bars of precious metals vary in price but also in terms of financial losses in the sale. The latter figure depends on the difference between the prices at which banks buy and implement these bars. Obviously, investing a certain amount of money in precious metals you should strive to minimize financial losses.

The aim of this work is to develop a mathematical formulation of the problem of finding the optimal structure of investment in precious metals based on several criteria.

The economic content of the model requires investing a sum of money D in bank bars. We know that the precious metals market is to offer n types of banking ingots. They are differ in denomination, type of metal, purchase price and sale price. Possible solution for this problem is set:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

where x_i is the number of bars (i -type) from among of available on the market.

The quality of the solution x defined by the following claims: the costs are at least different from D and cumulative value to financial loss was the least possible. This guidelinescondition two criteria F_1 and F_2 . Criteria F_1 determines the relative deviation value x from D . Criteria F_2 reflects the ratio of the financial loss to the cost of a set of bars x .

$$F_1 = \frac{|D - M(x)|}{D} \rightarrow \min, \quad (2)$$

where $M(x) = \sum_{i=1}^n x_i ASK_i$ is the cost of a set of bars x .

ASK_i is the sale price of bar (i-type) in bank.

$$F_2 = \frac{\sum_{i=1}^n l_i x_i ASK_i}{M(x)} \rightarrow \min, \quad (3)$$

where l_i is the fate of financial loss to the bar of i-type.

On the set of admissible solutions defined vector objective function (VOF):

$$F = (F_1, F_2), \quad (4)$$

VOF defines the Pareto set in the set of permissible solutions $\tilde{X}$, which consists of all Pareto optimums $\tilde{x} \in \tilde{X}$. As a Pareto optimum we consider a solution of the problem for which there is no other acceptable solutions that would not be worse on all criteria, and at least for one of them would be better.

Within this model we should develop an algorithm of the Pareto set.

You can also consider a linear convolution of criteria

$$F^* = c_1 F_1 + c_2 F_2, \quad (5)$$

where c_1 and c_2 are normative weights.

In this case, solving the problem involves the search for optimal solutions for the criteria F^* .

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДАНИХ ДЛЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

Севериновська О.Л., severlelka@gmail.com, Земляна С.В.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

У вигляді матриць досить широко представляється інформація в багатьох областях людської життєдіяльності. Тому, отримавши результати будь-яких досліджень часто постає питання про відновлення частини даних у матриці.

Будемо розглядати роботу алгоритмів відновлення даних на прикладі рекомендаційної системи. В такій задачі ми маємо справу з дуже розрідженою матрицею оцінок. Для того, щоб вибрати ті товари, які будуть цікавими саме для цього користувача, необхідно відновити дані в матриці оцінок.

Дана робота спрямована на порівняння методів і реалізацію тих, які будуть найефективнішими та найточнішими. Розбиття даних по кількості відсутніх дасть змогу підібрати декілька методів, наприклад якщо при великій кількості відсутніх даних буде точніший один метод, а при малій – інший.

Для порівняння методів використовувалось програмне забезпечення The R Project for Statistical Computing. Будемо розглядати середньоквадратичну помилку алгоритмів на різній кількості відсутніх даних для порівняння методів.

Дані для тестування та порівняння методів відновлення даних були взяті з наборів даних NetFlix Prize. У ході проведення дослідження було обрано 5 найліпших методів, їх результати зображені на рис. 1. Для цих методів було обрано діапазон відсутніх значень до діапазону 5% - 95%.

В рамках даної роботи були реалізовані ті методи, які дали найкращі результати за умовою відсутності майже 80% даних. Алгоритми реалізовані у програмному середовищі Visual Studio 2012 на мові програмування C#.

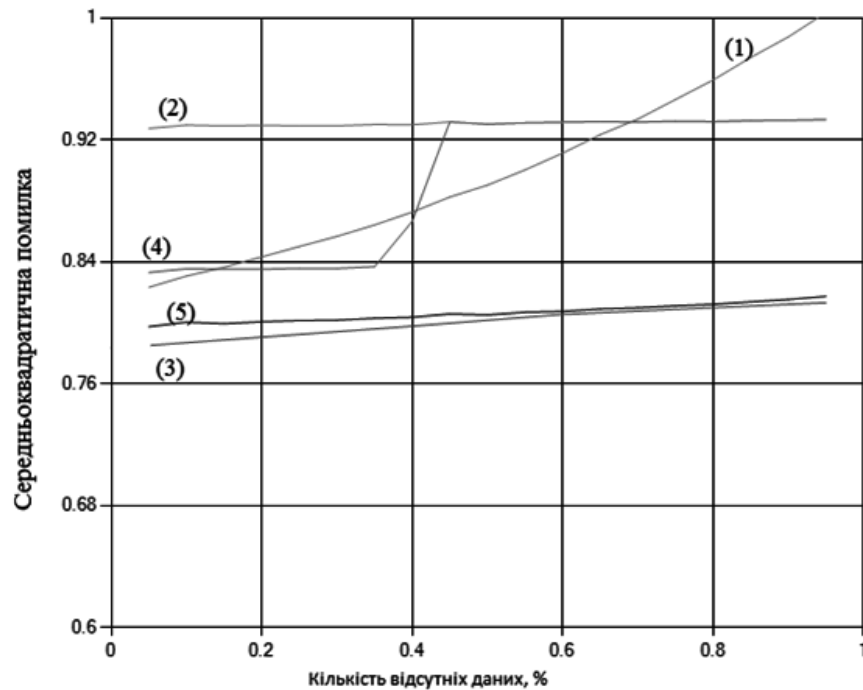


Рис.1 Результати порівняння найліпших та найпопулярніших методів.

(1) – k -найближчих сусідів, (2) – метод на основі сингулярного розкладання матриць, (3) – відновлення даних за допомогою випадкового лісу, (4) – байєсівський метод головних компонент, (5) – метод головних компонент

Як бачимо, метод відновлення даних за допомогою випадкового лісу [3] є лідером по точності серед усіх розглянутих методів. Друге місце займає метод головних компонент [5] з пакету «psaMethods». Байєсівський метод головних компонент збігається з методом на основі сингулярного розкладання матриць після 35% це означає, що він дає перевагу тільки при великій кількості відомих даних. Для порівняння, на графіку відображені результати роботи алгоритму k - найближчих сусідів. Зі зростанням кількості відсутніх даних різко зростає середньоквадратична помилка.

1. **Ekstrand M. D., Riedl J.T., Konstan J. A.** Collaborative Filtering Recommender Systems/ University of Minnesota, 2010. – С. 91–101.
2. **Stekhoven, D.J. & Buehlmann, P.** MissForest - nonparametric missing value imputation for mixed-type data, Bioinformatics, 2012. – С. 112–118.
3. **Troyanskaya O. and Cantor M. and Sherlock G. and Brown P. and Hastie T. and Tibshirani R. and Botstein D. and Altman RB.** - Missing value estimation methods for DNA microarrays. Bioinformatics, 2001. С. –520–525.

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ДИНАМІЧНИХ БІБЛІОТЕК МОВОЮ АСЕМБЛЕРА

Сегеда Н.Є., segeda@ua.fm

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Динамічні бібліотеки дозволяють зменшити використання пам'яті і розмір виконуваних файлів в тих випадках, коли декілька програм (або навіть копій однієї програми) використовують одну і ту ж процедуру. Можна вважати, що DLL – це аналог пасивної резидентної програми, із тою лише відмінністю, що її немає в пам'яті, якщо жодна програма, яка працює з нею, не завантажена. Апарат зв'язку модулів на різних мовах був майже єдиним засобом зв'язку різномовних модулів при програмуванні для попередніх операційних систем. У середовищі Windows природнішим є механізм DLL (Dynamic Link Library)-модулів. Він дозволяє, зокрема, розробити набір процедур на асемблері і використовувати їх в програмах на мовах високого рівня, що підтримують механізм динамічного (пізнього) зв'язування.

Текст для DLL-бібліотеки є майже звичайним файлом асемблера, однак він розробляється з урахуванням деяких особливостей. Наприклад, в ньому може бути присутнім код ініціалізації, призначення якого – виконати необхідні дії по ініціалізації DLL-бібліотеки при наступі певних подій, і він повинен бути розроблений з урахуванням визначених вимог. Також природним чином виникає питання про сумісність з додатками, які написані на інших мовах, і це тим більш актуально, якщо є вірогідність спотворення імен функцій при використанні компіляторів різних фірм-виробників програмного забезпечення. Однак можливості асемблерного коду дають підставу вважати, що розроблену бібліотеку при відповідному наповненні корисними функціями можна ефективно використовувати при програмуванні на VisualC/C++, VisualBasic і т.п. Проведена апробація створення DLL мовою асемблера та їх компонування в проектах використовується в програмних комплексах методичного забезпечення при викладанні навчальних курсів напрямів «Програмна інженерія», «Прикладна математика».

ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ ВЕКТОРНИХ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Семенова Н.В., nvsemenova@meta.ua,

Лебедєва Т.Т., lebedevatt@gmail.com, Сергієнко Т.І.

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Запропоновано підхід до дослідження стійкості відносно збурень вхідних даних векторної задачі дискретної оптимізації за умов використання різних принципів оптимальності (за Парето, Слейтером та Смейлом). У зв'язку з цим вивчено властивості оптимальних і неоптимальних розв'язків задачі з точки зору стійкості їх належності множинам оптимальних та неоптимальних розв'язків відповідно.

Розглянемо векторну задачу цілочислової оптимізації загального вигляду: $Z(M(F, X)) : \max\{F(x) \mid x \in X\}$, яка полягає в пошуку елементів деякої множини оптимальних розв'язків $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, де $\mathfrak{M} = \{Sl(F, X), P(F, X), Sm(F, X)\}$, $P(F, X)$ – множина Парето-оптимальних розв'язків задачі (множина Парето), $Sl(F, X)$ – множина оптимальних за Слейтером розв'язків задачі (множина Слейтера), $Sm(F, X)$ – множина оптимальних за Смейлом розв'язків задачі (множина Смейла), $F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_\ell(x))$ – векторний критерій, $f_i : R^n \rightarrow R^1$, $i \in N_\ell$, – часткові критерії, $N_\ell = \{1, \dots, \ell\}$, ℓ – кількість часткових критеріїв, $\ell \geq 2$, $X \subset Z^n$, Z^n – множина всіх цілочислових векторів в R^n , $2 \leq |X| < \infty$. Згідно [1-3] справедливі співвідношення: $M(F, X) = \{x \in X \mid \omega(x, M(F, X)) = \emptyset\}$,

$$\omega(x, P(F, X)) = \{z \in X \mid F(z) \geq F(x), F(z) \neq F(x)\}, \quad \omega(x, Sl(F, X)) = \\ \{z \in X \mid F(z) > F(x)\},$$

$$\omega(x, Sm(F, X)) = \{z \in X \mid z \neq x, F(z) \geq F(x)\}.$$

Легко бачити, що $P(F, X) \neq \emptyset$ і $Sl(F, X) \neq \emptyset$, оскільки $|X| < \infty$, $Sm(F, X) \subset P(F, X) \subset Sl(F, X)$ та $\forall x \in X$ виконуються співвідношення:

$$\omega(x, Sl(F, X)) \subset \omega(x, P(F, X)) \subset \omega(x, Sm(F, X)),$$

$$y \in \omega(x, Sl(F, X)) \Leftrightarrow \{y \in X\} \wedge \{N(x, y, F) = N_\ell\},$$

$$y \in \omega(x, P(F, X)) \Leftrightarrow \{y \in X\} \wedge \{N(x, y, F) \neq \emptyset\} \wedge \{N(x, y, F) \cup N^0(x, y, F) = N_\ell\},$$

$$y \in \omega(x, Sm(F, X)) \Leftrightarrow \{y \in X \setminus \{x\}\} \wedge \{N(x, y, F) \cup N^0(x, y, F) = N_\ell\},$$

$$\text{де } N(x, y, F) = \{i \in N_\ell \mid f_i(x) < f_i(y)\}, \quad N^0(x, y, F) = \{i \in N_\ell \mid f_i(x) = f_i(y)\}.$$

Нехай $u = (u_1, u_2)$ – набір вхідних даних задачі $Z(M(F, X))$, що є елементом деякого простору U всіх вхідних даних задачі. Цей простір можна представити як $U = U_1 \times U_2$ простору U_1 вхідних даних, необхідних для опису векторного критерію F , і простору U_2 вхідних даних, які описують допустиму множину X . Наприклад, якщо часткові критерії задачі представлені квадратичними функціями $f_i(x) = \langle x, D_i x \rangle + \langle c_i, x \rangle$, $i \in N_\ell$, де $D = (D_1, \dots, D_\ell) \in R^{n \times n \times \ell}$, $D_i \in R^{n \times n}$, $c_i = (c_{i1}, \dots, c_{in}) \in R^n$, то покладемо $u_1 = (D, C) \in U_1 = R^{n \times n \times \ell} \times R^{\ell \times n}$. Якщо ж допустима область X має вигляд $X_G = G(Q, p, h) \cap Z^n$, $G(Q, p, h) = \{x \in R^n \mid g_i(x) \leq 0, i \in N_m\}$ – опукла множина, $g_i(x) = \langle x, Q_i x \rangle + \langle p_i, x \rangle + h_i$, $Q_i \in R^{n \times n}$ – симетрична невід’ємно визначена матриця, $p_i = (p_{i1}, \dots, p_{in}) \in R^n$, $h_i \in R^1$, $i \in N_m$, то покладемо $u_2 = (Q, p, h) \in U_2 = R^{m \times n \times n} \times R^{m \times n} \times R^m$, де $Q = (Q_1, \dots, Q_m)$, $p \in R^{m \times n}$, $h \in R^m$. Поряд з позначеннями $F = (f_1, \dots, f_\ell)$ та X , введеними вище, будемо користуватися, й позначеннями $F_{u_1} = (f_1^{u_1}, \dots, f_\ell^{u_1})$ та X_{u_2} , уточнюючими, які саме елементи $u_1 \in U_1$ і $u_2 \in U_2$ відповідають задачі, що розглядається.

Загальний підхід до дослідження п’яти типів стійкості векторних задач дискретної оптимізації

Досліджено п’ять типів стійкості задачі $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, щодо збурень її вхідних даних. При цьому розглянуто три можливих варіанти

врахування таких збурень, а саме, коли: 1) беруться до уваги тільки збурення у вхідних даних для векторного критерію, 2) враховуються збурення тільки у вхідних даних, необхідних для опису обмежень задачі, 3) розглядаються збурення у всіх вхідних даних, які залучаються до опису задачі. Терміни “стійкість”, “стійка задача”, “стійка множина”, “стійко належить множині”, “нестійко належить множині”, “стійко не належить множині” використовуємо далі при кожному із зазначених трьох варіантів урахування збурень у вхідних даних. Проте при необхідності окремо розглянути перший варіант користуємося терміном “стійкість за векторним критерієм”, для другого варіанта – терміном “стійкість за обмеженнями”, а для третього – “стійкість до збурень всіх вхідних даних”.

Для набору $u = (u_1, u_2) \in U$ вхідних даних задачі $Z(M(F, X))$ і будь-якого числа $\delta > 0$ визначимо множину $O_\delta(u)$ збурених вхідних даних відповідно до однієї з наступних формул:

$$O_\delta(u) = \{u(\delta) = (u_1(\delta), u_2(\delta)) \mid u_1(\delta) \in O_\delta(u_1), u_2(\delta) = u_2\}, \text{ якщо}$$

враховуються збурення даних тільки у векторному критерії;

$$O_\delta(u) = \{u(\delta) = (u_1(\delta), u_2(\delta)) \mid u_1(\delta) = u_1, u_2(\delta) \in O_\delta(u_2)\}, \text{ коли}$$

розглядаються збурення вхідних даних тільки в обмеженнях;

$$O_\delta(u) = \{u(\delta) = (u_1(\delta), u_2(\delta)) \mid u_1(\delta) \in O_\delta(u_1), u_2(\delta) \in O_\delta(u_2)\},$$

якщо мова йде про збурення всіх вхідних даних задачі.

Тут $O_\delta(u_i) = \{u_i(\delta) \in U_i \mid \|u_i(\delta) - u_i\|_i < \delta\}$, $\|\cdot\|_i$ – норма в просторі U_i , $i = 1, 2$.

Символами $F_{u_1(\delta)} = (f_1^{u_1(\delta)}, \dots, f_\ell^{u_1(\delta)})$ й $X_{u_2(\delta)}$ позначимо відповідно векторний критерій і допустиму область задачі при збурених початкових даних $u(\delta) = (u_1(\delta), u_2(\delta)) \in O_\delta(u)$.

Наведемо означення різних типів стійкості задачі $Z(M(F, X))$.

Означення 1. Задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, є T_1 -стійкою, якщо існує $\delta > 0$ таке, що $\forall (u_1(\delta), u_2(\delta)) \in O_\delta(u)$:

$$M(F, X) \cap M(F_{u_1(\delta)}, X_{u_2(\delta)}) \neq \emptyset.$$

Означення 2. Задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, є T_2 -стійкою, якщо $\exists \delta > 0$ й $\exists x \in M(F, X)$ такі, що $\forall (u_1(\delta), u_2(\delta)) \in O_\delta(u)$:

$$x \in M(F_{u_1(\delta)}, X_{u_2(\delta)}).$$

Означення 3. Задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, є T_3 -стійкою, якщо $\exists \delta > 0$ таке, що $\forall (u_1(\delta), u_2(\delta)) \in O_\delta(u)$: $M(F_{u_1(\delta)}, X_{u_2(\delta)}) \subseteq M(F, X)$.

Означення 4. Задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, є T_4 -стійкою, якщо $\exists \delta > 0$ таке, що $\forall (u_1(\delta), u_2(\delta)) \in O_\delta(u)$: $M(F, X) \subseteq M(F_{u_1(\delta)}, X_{u_2(\delta)})$.

Означення 5. Задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, є T_5 -стійкою, якщо $\exists \delta > 0$ таке, що $\forall (u_1(\delta), u_2(\delta)) \in O_\delta(u)$: $M(F, X) = M(F_{u_1(\delta)}, X_{u_2(\delta)})$.

Очевидно, зі стійкості певного типу щодо збурень всіх вхідних даних задачі впливає її стійкість цього ж типу щодо збурень вхідних даних для векторного критерію й збурень вхідних даних, необхідних для опису обмежень. У загальному випадку зворотне твердження є помилковим.

Щодо стійкості типу T_1 з'ясовано, зокрема, що задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, з усіма лінійними і квадратичними частковими критеріями T_1 -стійка за векторним критерієм [4]. Для задачі $Z(M(F, X))$ при $X = X_G$ поняття T_1 - і T_2 -стійкості за обмеженнями еквівалентні [5, 6]. Поняття T_1 -стійкості до збурень всіх початкових даних задачі $Z(P(F, X))$ із квадратичними частковими критеріями й допустимою множиною $X = X_G$ еквівалентно поняттю T_2 -стійкості за обмеженнями [7].

Установлено необхідні й достатні умови T_2 -, T_3 -, T_4 - і T_5 -стійкості задачі $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$ [1, 4-11]. Показано, що поняття стійкості цих типів можна звести до двох більш очевидних визначених нижче

понять, які стосуються стійкості допустимих розв'язків і допомагають розкрити природу дії збурень у вхідних даних на множини допустимих, оптимальних і неоптимальних розв'язків задачі [4, 8, 9]. Висвітлимо отримані результати докладніше. Позначимо

$\bar{\mathfrak{M}} = \mathfrak{M} \cup \{X, X \setminus P(F, X), X \setminus S\ell(F, X), X \setminus Sm(F, X), S\ell(F, X) \setminus P(F, X), S\ell(F, X) \setminus Sm(F, X), P(F, X) \setminus Sm(F, X)\}$ – сукупність підмножин множини X .

Нехай $\mathcal{M} \in \bar{\mathfrak{M}}$. Виберемо довільно $\delta > 0$ $u(\delta) = (u_1(\delta), u_2(\delta)) \in O_\delta(u)$. Позначимо $\mathcal{M}_{u(\delta)} \subset X_{u_2(\delta)}$, що відповідає множині $\mathcal{M} \subset X$.

Припускаємо, що точка $x \in \mathcal{M} \in \bar{\mathfrak{M}}$ **стійко належить множині $\mathcal{M}$** , якщо $\exists \delta > 0$ таке, що $\forall u(\delta) \in O_\delta(u)$: $x \in \mathcal{M}_{u(\delta)}$, і **нестійко належить множині $\mathcal{M}$** в іншому випадку. Множина $\text{Ker}(\mathcal{M})$ всіх точок, які стійко належать множині $\mathcal{M} \in \bar{\mathfrak{M}}$, становить **ядро стійкості множини $\mathcal{M}$** :

$$\text{Ker}(\mathcal{M}) = \{x \in \mathcal{M} \mid \exists \delta > 0 \forall u(\delta) \in O_\delta(u) (x \in \mathcal{M}_{u(\delta)})\}.$$

З включення $\mathcal{M}' \subset \mathcal{M}$, де $\mathcal{M}, \mathcal{M}' \in \bar{\mathfrak{M}}$, випливає, що $\text{Ker}(\mathcal{M}') \subset \text{Ker}(\mathcal{M})$.

Множину $\mathcal{M} \in \bar{\mathfrak{M}}$ назовемо **стійкою** за умови, що $\text{Ker}(\mathcal{M}) = \mathcal{M}$.

Очевидна справедливність наступних тверджень, які зв'язують поняття T_2 - і T_4 -стійкості задачі $Z(M(F, X))$ з поняттям її допустимого розв'язку, що стійко належить множині $M(F, X)$.

Теорема 1. Задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, T_2 -стійка тоді й тільки тоді, коли серед її допустимих розв'язків існує хоча б один, який стійко належить множині $M(F, X)$, тобто $\text{Ker}(M(F, X)) \neq \emptyset$.

Теорема 2. Задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, T_4 -стійка тоді й тільки тоді, коли

$$\text{Ker}(M(F, X)) = M(F, X). \quad (1)$$

Вважаємо, що точка $x \in X$ **стійко не належить множині $\mathcal{M} \in \bar{\mathfrak{M}} \setminus \{X\}$** , якщо $\exists \delta > 0$ таке, що $\forall u(\delta) \in O_\delta(u)$: $x \notin \mathcal{M}_{u(\delta)}$. Позначимо

$\Omega(\mathcal{M})$ множину всіх точок $x \in X$, що стійко не належать множині $\mathcal{M} \in \bar{\mathfrak{M}} \setminus \{X\}$: $\Omega(\mathcal{M}) = \{x \in X \mid \exists \delta > 0 \forall u(\delta) \in O_\delta(u) (x \notin \mathcal{M}_{u(\delta)})\}$.

З наведених вище означень випливає, що $\forall \mathcal{M} \in \bar{\mathfrak{M}} \setminus \{X\}$:

$$\text{Ker}(X \setminus \mathcal{M}) \subseteq \Omega(\mathcal{M}) \subseteq X \setminus \mathcal{M}.$$

Зауваження 1. У випадку, коли мова йде про стійкість за векторним критерієм задачі $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, і отже, припускається, що $\forall u(\delta) \in O_\delta(u)$: $X = X_{u_2(\delta)}$, тоді кожен розв'язок $x \in X$, який стійко не належить множині $M(F, X)$, буде стійко належати її доповненню $X \setminus M(F, X)$, тобто $\text{Ker}(X \setminus M(F, X)) = \Omega(M(F, X))$.

Нагадаємо, що задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, називається *тривіальною*, якщо для неї виконується умова $M(F, X) = X$, і *нетривіальною* – в іншому випадку.

Очевидно, тривіальна задача $Z(M(F, X))$ T_3 -стійка за векторним критерієм. Якщо ж $X = X_G$, то тривіальна задача $Z(M(F, X))$ T_3 -стійка щодо будь-якого з трьох варіантів урахування збурень у вхідних даних. Останнє твердження випливає з наступної леми.

Лема. [6]. Нехай $X = X_G$. Існує число $\delta > 0$ таке, що для будь-якого елементу $u_2(\delta)$ множини $O_\delta(u_2) = \{u_2(\delta) \in U_2 \mid \|u_2(\delta) - u_2\| < \delta\}$ збурених початкових даних для опису обмежень задачі $Z(M(F, X))$ справедливе включення $\text{int } G(Q, p, h) \cap X_{u_2(\delta)} \subset X$, де $\text{int } G$ – внутрішність множини G .

Для нетривіальної задачі $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, отримано наступний результат, який зв'язує поняття T_3 -стійкості задачі з поняттям її допустимого розв'язку, що стійко не належить множині $M(F, X)$.

Теорема 3. [8, 9]. Нехай $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, $M(F, X) \neq X$. Необхідною умовою T_3 -стійкості задачі $Z(M(F, X))$ є:

$$X \setminus M(F, X) = \Omega(M(F, X)). \quad (2)$$

Якщо $X = X_G$, то (2) є й достатньою умовою T_3 -стійкості задачі $Z(M(F, X))$.

З наведених вище означень різних типів стійкості випливає, що задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, є T_5 -стійкою тоді й тільки тоді, коли вона одночасно T_3 -стійка і T_4 -стійка. Сформулюємо необхідні й достатні умови T_5 -стійкості задачі $Z(M(F, X))$, які вказують на взаємозв'язок цього типу стійкості зі стійкістю розв'язків, що належать множинам $M(F, X)$ і $X \setminus M(F, X)$.

Теорема 4. [8, 9]. Нехай $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, $M(F, X) \neq X$ і $X = X_G$. Задача $Z(M(F, X))$ T_5 -стійка тоді й тільки тоді, коли виконуються умови (1) і (2).

Отже, для T_5 -стійкості задачі $Z(M(F, X))$ необхідно і достатньо, щоб усі її оптимальні розв'язки стійко належали оптимальній множині $M(F, X)$, а всі її неоптимальні допустимі розв'язки стійко не належали цій множині.

Тривіальна задача $Z(M(F, X))$ T_5 -стійка за векторним критерієм тоді й тільки тоді, коли виконується умова (1). Якщо, крім того, $X = X_G$, то ця умова є також необхідною і достатньою для T_5 -стійкості щодо збурень всіх вхідних даних задачі.

Запропоновано загальний підхід до вивчення різних типів стійкості відносно збурень вхідних даних задачі $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, який полягає у дослідженні двох підмножин з X : ядра стійкості задачі $\text{Ker}(M(F, X))$ і множини $\Omega(M(F, X))$ тих допустимих розв'язків, які стійко не належать оптимальній множині $M(F, X)$. Цей підхід ґрунтується на розв'язуванні питань про непорожнечу ядра стійкості $\text{Ker}(M(F, X))$, про його співпадання з усією оптимальною множиною $M(F, X)$, тобто про стійкість множини $M(F, X)$, про рівність множини неоптимальних допустимих розв'язків $X \setminus M(F, X)$ і множини $\Omega(M(F, X))$.

Результати дослідження стійкості стосовно кожного з трьох варіантів урахування збурень вхідних даних

1. При дослідженні стійкості до збурень векторного критерію задачі $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, з квадратичними частковими критеріями f_i , $i \in N_\ell$, доведені такі твердження.

Теорема 5. [4]. Множина Смейла $Sm(F, X)$ і множина $X \setminus Sl(F, X)$ допустимих розв'язків задачі $Z(M(F, X))$, не оптимальних за Слейтером, є стійкими за векторним критерієм:

$$\text{Ker}(\mathcal{M}) = \mathcal{M}, \text{ де } \mathcal{M} \in \{Sm(F, X), X \setminus Sl(F, X)\}.$$

Теорема 6. [4]. Будь-яка точка x з множини $\mathcal{M} \in \{Sl(F, X) \setminus P(F, X), Sl(F, X) \setminus Sm(F, X), P(F, X) \setminus Sm(F, X)\}$ нестійко за векторним критерієм належить множині $\mathcal{M}$, тобто $\text{Ker}(\mathcal{M}) = \emptyset$. При цьому, якщо $\mathcal{M} = Sl(F, X) \setminus P(F, X)$, то $\forall \delta > 0 \exists u_1(\delta) \in O_\delta(u_1)$:

$Sl(F, X) \setminus P(F, X) \subset P(F_{u_1(\delta)}, X)$, а якщо $\mathcal{M} = Sl(F, X) \setminus Sm(F, X)$, то $\forall \delta > 0 \exists u_1(\delta) \in O_\delta(u_1): x \in X \setminus Sl(F_{u_1(\delta)}, X)$.

З теорем 5 та 6 одержуємо наступний результат.

Теорема 7. Ядра стійкості за векторним критерієм множин Слейтера, Парето і Смейла співпадають між собою та з множиною Смейла:

$$\text{Ker}(Sl(F, X)) = \text{Ker}(P(F, X)) = \text{Ker}(Sm(F, X)) = Sm(F, X).$$

Крім того, всі неоптимальні за Слейтером допустимі розв'язки задачі $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, стійко за векторним критерієм не належать множинам Слейтера, Парето та Смейла:

$$\Omega(Sl(F, X)) = \Omega(P(F, X)) = \Omega(Sm(F, X)) = X \setminus Sl(F, X).$$

Теорема 8. [4]. Задача $Z(Sl(F, X))$ T_3 -стійка за векторним критерієм.

Теорема 9. [4]. Задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \{P(F, X), Sm(F, X)\}$ T_3 -стійка за векторним критерієм тоді й тільки тоді, коли $M(F, X) = Sl(F, X)$.

Теорема 10. [4]. Задача $Z(Sm(F, X))$ T_4 -стійка за векторним критерієм.

Теорема 11. [4]. Задача $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \{Sl(F, X), P(F, X)\}$, T_4 -стійка за векторним критерієм тоді й тільки тоді, коли $M(F, X) = Sm(F, X)$.

2. Для задачі $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, $X = X_G$, в якій враховуються збурення вхідних даних лише в обмеженнях, справедливі такі співвідношення [5, 6]:

$$\text{Ker}(M(F, X)) = M(F, X) \cap \text{int } G(Q, p, h), \text{Ker}(X) = \text{int } G(Q, p, h) \cap Z^n.$$

А якщо, крім того, всі часткові критерії цієї задачі, що становлять її векторний критерій $F = (f_1, f_2, \dots, f_\ell)$, є угнутими неперервно диференційовними функціями, то має місце й така формула:

$$\Omega(M(F, X)) = \{x \in X \setminus M(F, X) \mid \omega(x, M(F, X)) \cap \text{int } G(Q, p, h) \neq \emptyset\}.$$

3. При вивченні стійкості задачі $Z(M(F, X))$, де $M(F, X) \in \mathfrak{M}$, з урахуванням збурень, яким піддаються всі її вхідні дані, необхідні для опису як часткових критеріїв $f_1, f_2, \dots, f_\ell$, заданих у вигляді угнутих квадратичних функцій, так і допустимої множини $X = X_G$, отримані співвідношення:

$$\begin{aligned} \text{Ker}(Sl(F, X)) &= \text{Ker}(P(F, X)) = \text{Ker}(Sm(F, X)) = Sm(F, X) \cap \text{int } G(Q, p, h), \\ \Omega(P(F, X)) &= \{x \in X \setminus Sl(F, X) \mid \omega(x, Sl(F, X)) \cap \text{int } G(Q, p, h) \neq \emptyset\}. \end{aligned}$$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сергиенко И.В., Козерацкая Л.Н., Лебедева Т.Т. Исследование устойчивости и параметрический анализ дискретных оптимизационных задач. – Киев: Наук. думка, 1995.–170 с.
2. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 256 с.
3. Семенова Н. В., Колєчкіна Л.М. Векторні задачі дискретної оптимізації на комбінаторних множинах: методи дослідження та розв'язання. – Київ: Наукова думка, 2009. – 266 с.

4. Лебедева Т.Т., Семенова Н. В., Сергиенко Т. И. Устойчивость векторных задач целочисленной оптимизации: взаимосвязь с устойчивостью множеств оптимальных и неоптимальных решений // Кибернетика и сист. анализ. – 2005. – № 4. – С.90-100.
5. Лебедева Т.Т., Сергиенко Т.И. Сравнительный анализ различных типов устойчивости по ограничениям векторной задачи целочисленной оптимизации // Кибернетика и систем. анализ. – 2004. – №1. – С. 63– 70.
6. Семенова Н.В. Устойчивость по ограничениям векторных задач целочисленной оптимизации с выпуклыми квадратичными функциями ограничений // Теорія оптимальних рішень. – К: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. – 2007. – №6. – С.132–139.
7. Лебедева Т.Т., Сергиенко Т.И. Устойчивость по векторному критерию и ограничениям векторной целочисленной задачи квадратичного программирования // Кибернетика и сист. анализ. – 2006. – № 5. – С. 63– 72.
8. Лебедева Т.Т., Сергиенко Т.И. Разные типы устойчивости векторной задачи целочисленной оптимизации: общий подход // Кибернетика и сист. анализ. – 2008. – № 3. – С. 142– 148.
9. Лебедева Т.Т., Семенова Н.В., Сергиенко Т.И. Исследование устойчивости векторных задач дискретной оптимизации с различными принципами оптимальности // Доповіді НАН України. – 2012. – № 11. – С. 34 – 39.
10. Лебедева Т.Т., Семенова Н.В., Сергиенко Т.И. Качественные характеристики устойчивости векторных задач дискретной оптимизации с различными принципами оптимальности // Кибернетика и системный анализ”. – 2014, т. 50. – № 2. – С.75–82.
11. Лебедева Т.Т., Семенова Н.В., Сергиенко Т.И. Свойства возмущенных конусов, упорядочивающих множество допустимых решений векторной оптимизационной задачи // Кибернетика и системный анализ”. – 2014, т. 50. – № 5. – С.71–77.

ТОПОЛОГИЧЕСКИ НЕЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С ПРАВОЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ И ИРРАЦИОНАЛЬНОЙ ЧАСТЬЮ

Семенюта Д. В., dashasemenyuta@gmail.com

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Теория динамических систем является основным математическим инструментом нелинейной динамики, теоретической базой для исследования самых разных моделей, которые могут возникнуть и встречаются в жизни. В наше время теория динамического хаоса является одним из самых популярных направлений в науке, которое достаточно интенсивно развивается.

На данный момент было найдено достаточно большое количество хаотических систем, однако до сих пор они не были классифицированы по своим топологическим свойствам. Цель данной работы – изучить уже известные динамические системы в трёхмерном пространстве, определить характер хаоса, поведение систем и их топологические свойства. На основе полученных результатов распределить системы по классам, а также найти топологически неэквивалентные новые системы.

Объектом исследования работы являются динамические системы с правой рациональной и иррациональной частью. Для проведения топологического анализа рассматриваемых систем были использованы построенные фазовые траектории. Фазовые траектории позволили определить количество граничных торов и периодичность систем, а также отследить последовательное изменение состояний систем. Также фазовые траектории были восстановлены по временному ряду для более глубокого изучения характера хаоса.

Для определения бифуркационных переходов для каждой системы был применен рекуррентный анализ, результатом которого является рекуррентная

диаграмма, которая дает возможность отследить повторяемость траектории исследуемой системы в фазовом пространстве.

В результате работы были получены топологически неэквивалентные системы, которые можно условно разделить на разные классы. Примеры изучаемых систем приведены ниже.

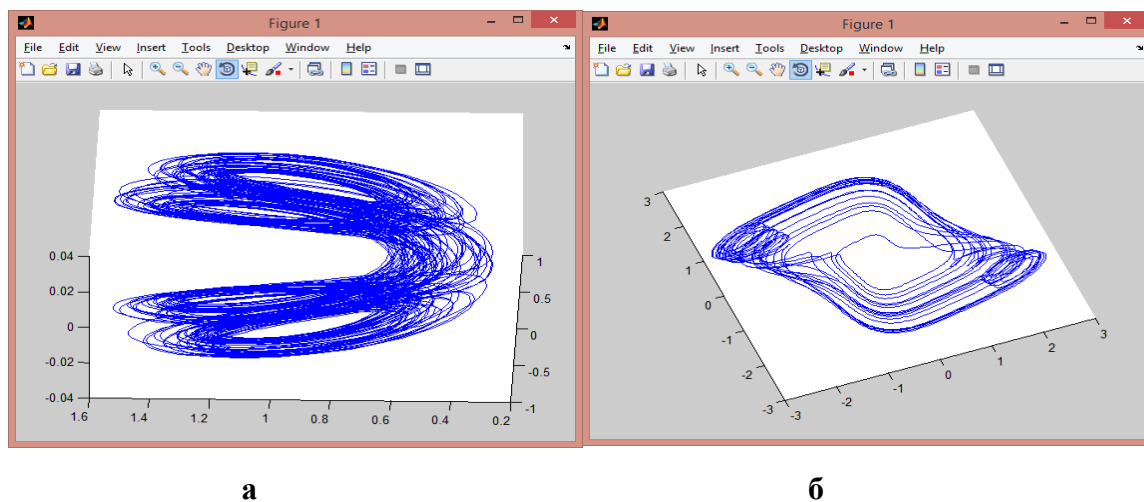


Рис. 1. Топологически неэквивалентные динамические системы: а – система с правой рациональной частью; б – система с правой иррациональной частью.

Список литературы:

1. **Arrowsmith D.K., Cplace .M.** «Dynamical Systems (differential equations, mas and chaotic behaviour)»;
2. **Андронов А. А., Леонтович Е. А., Гордон И. М., Майер А. Г.** Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. М.: Наука, 1967.
3. **Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б., Подлазов А. В.** Нелинейная динамика: подходы, результаты, надежды. М.: УРСС, 2006.

КОНЦЕПЦИЯ МАРШРУТИЗАЦИИ

Сирик С.Ф., siryk10@mail.ru

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Появление сетей существенно отразилось на нашей повседневной жизни. Помимо нашего образа жизни, они также повлияли на рабочие процессы и способы развлечений. В современном мире сети позволяют людям общаться, сотрудничать и по-разному взаимодействовать в совершенно новой форме. Сети используются для открытия веб-страниц, общения через IP-телефоны, участия в видеоконференциях, дистанционного обучения и многого другого. С производительностью сети связано множество ключевых структур и свойств: таких как топология, скорость, стоимость, безопасность, доступность, масштабируемость. Каким образом, щёлкнув на ссылку в веб-браузере, мы получаем желаемую информацию в считанные секунды? Это происходит благодаря слаженной работе множества устройств и технологий, главным из которых является маршрутизатор. Маршрутизатор «соединяет» две сети вместе. Маршрутизатор соединяет много сетей, и это означает, что он оснащён множеством интерфейсов, каждый из которых принадлежит другой IP-сети. Когда маршрутизатор получает IP-пакет на одном интерфейсе, он определяет, какой следующий интерфейс необходимо использовать для пересылки пакета до места назначения. Интерфейс, который использует маршрутизатор для пересылки пакета, может быть конечной точкой маршрута, или же сетью, подключённой к другому маршрутизатору, используемому для достижения сети назначения. Для нахождения оптимального пути пересылки пакетов маршрутизатор использует свою таблицу маршрутизации. Именно маршрутизаторы обеспечивают своевременную доставку этих пакетов. В значительной степени эффективность передачи данных между сетями зависит от возможности маршрутизаторов пересылать пакеты по наиболее оптимальному пути. Для этого используются таблицы маршрутизации, в

которых хранятся данные для коммутации пакетов на нужный интерфейс. Для того чтобы узнать об удалённых сетях и построить таблицы маршрутизации, маршрутизаторы используют протоколы статической и динамической маршрутизации. Таблицы могут быть статические, в которых данные записываются администратором сети так и таблицы динамической маршрутизации, данные которых определяются протоколами динамической маршрутизации. Основными протоколами динамической маршрутизации в настоящий момент являются протоколы IS-IS, OSPF, BGP. Благодаря тому, что маршрутизатор способен направлять пакеты между сетями, устройства в разных сетях могут обмениваться данными. Статическая маршрутизация используется в небольших сетях, где количество компьютеров не более 50. Динамическая маршрутизация используется в средних и больших сетях, где количество компьютеров от нескольких десятков до нескольких сотен. Для маршрутизации между автономными системами используется дистанционно-векторный протокол BGP. Маршрутизаторы поддерживают три механизма пересылки пакетов: программная коммутация, быстрая коммутация, CiscoExpressForwarding (CEF).

Библиографические ссылки

1. **Гайдаров И.О.**, Концепции протокола динамической маршрутизации - М., 2015.
2. **Олифер В.Г., Олифер Н.А.** Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы.- Питер, 2001.
3. **Поляк-Брагинский А. В.** Сеть своими руками. - БХБ-Петербург, 2002.

ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ РОБОЧИХ СЕРЕДОВИЩ

Сітало В.С., root@stvad.org

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Із розвитком комп'ютерної техніки світ зазнав так званої “інформаційної” революції. Результатом цієї революції стало значне зростання цінності інформації. Також у результаті революції було створено багато робочих місць де ключовим робочим інструментом став комп'ютер. Було створено багато нових професій та велика кількість вже існуючих професій була трансформована таким чином що комп'ютер став невід'ємною їх частиною. І з часом цей тренд — тільки зростає.

З плином часу кількість інформації з якою працюють люди зростає. Також зростає кількість та складність інструментів які люди використовують для обробки цих даних. І таким чином на сьогоднішній день обсяги інформації та складність програмного забезпечення досягли тих значень коли лімітований робочий простір одного монітора є фактором який серйозно обмежує продуктивність труда великої кількості людей.

Прикладами професій де ці впливи найбільш відчутні можуть слугувати: трейдери, розробники ПЗ, тестувальники, люди які займаються професійною обробкою відео та аудіо.

Трейдерам під час торгівлі необхідно бачити великі обсяги аналітичної інформації (графіки та текст). Розробникам програмного забезпечення часто необхідно одночасно працювати із: документацією по проекту, середою розробки, документацією по інструментам розробки, останньою версією розроблюваного додатку та підтримувати зв'язок із іншими членами команди. Тестувальникам необхідно одночасно працювати зі специфікацією на продукт, списком користувацьких сценаріїв, декількома версіями розроблюваного продукту і т.д. Для продуктивної обробки медійної інформації (аудіо та відео) користувачам необхідно мати можливість

одночасно взаємодіяти із широким набором інструментів, бачити декілька варіантів оброблюваного фрагменту даних або декілька різних фрагментів даних. І це далеко не повний список професіоналів які відчують подібні проблеми.

У присутності одного монітора, професіоналам часто приходиться перемикати вікна програм, переупорядковувати вікна таким чином відволікаючись, втрачаючи концентрацію та втрачаючи продуктивність.

Найбільш поширеним рішенням даної проблеми є додавання одного чи декількох моніторів. Але проблема із таким рішенням полягає в тому, що воно по перше доволі дороге та складне у використанні (у випадку більш ніж одного додаткового монітору). А по друге сучасний світ висуває професіоналам високі вимоги мобільності. А рішення із використанням додаткового монітора не можна назвати мобільним.

Інша розробка яка дозволяє трохи підвищити продуктивність роботи — це віртуальні робочі столи. Вони дозволяють покращити організацію робочого простору і таким чином позитивно впливають на продуктивність. Але вони не збільшують реальний розмір робочого простору.

У даній роботі проводиться детальне дослідження переваг та недоліків існуючих систем організації робочого простору, доступних користувачам на даний момент. Та пропонується рішення на основі новітніх технологій людино-комп'ютерної взаємодії (зокрема використовуються технології віртуальної реальності та 3D контролерів) яке дозволяє вирішити описані проблеми та надає користувачам новий спосіб взаємодії із комп'ютером.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ МЕДИЧНИХ ДАНИХ З РІЗНОТИПНИМИ ОЗНАКАМИ

Скоробогатова І.Д., redleaves@mail.ru, Мацуга О.М., molgan@ua.fm
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Кластеризація являє собою один з найбільш популярних видів аналізу багатовимірних даних, який дозволяє розбити неоднорідну сукупність на групи (кластери) схожих між собою об'єктів.

Актуальна кластеризація і під час обробки результатів медичного обстеження пацієнтів. Загальну сукупність часто можуть утворювати пацієнти зі схожими функціональними особливостями та характеристиками стану здоров'я щодо основного захворювання, але психологічні та особистісні особливості цих пацієнтів можуть суттєво різнитися, внаслідок чого вони можуть по-різному реагувати на лікування. Тому пацієнтів доцільно кластеризувати відповідно до їх психологічних і особистісних особливостей. При цьому результати психологічного обстеження не завжди кількісні, а можуть містити і якісні ознаки. Це і обумовило постановку наступної задачі.

Задано результати обстеження пацієнтів у вигляді $X = \{X_i, i = \overline{1, n}\}$, де n – кількість пацієнтів. Кожен пацієнт характеризується набором з p ознак, тобто $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$, де x_{ij} – значення j -ї ознаки, що спостерігається в i -го пацієнта; ознаки можуть бути кількісні або якісні. Ставиться задача виявлення однорідних груп пацієнтів методами кластерного аналізу.

Для розв'язання поставленої задачі у роботі було створено програмне забезпечення, яке дозволяє проводити кластеризацію пацієнтів, заданих кількісними або якісними ознаками. Його ядро склали обчислювальні процедури:

- 1) ієрархічної кластеризації; реалізовано методи одиночного, повного, зваженого середнього і незваженого середнього зв'язків, а також центроїдний і Уорда [1, 2];

2) кластеризації методами K -середніх [2] та K -мод [3] (останній призначений для якісних даних);

3) кластеризації методом CLOPE (лише для якісних даних) [4, 5].

Програмне забезпечення створено у середовищі Delphi 7.

Для методів ієрархічної кластеризації та K -середніх реалізовано вибір метрики відстані (евклідова, манхетенська або Чебишева). Також з метою наочного представлення результатів кластеризації передбачено можливість графічного відображення кількісних даних у просторі двох обраних користувачем ознак.

Тестування та практичну апробацію програмного забезпечення здійснено на реальних даних психологічного тестування пацієнтів. Результати апробації дозволили розділити пацієнтів на кластери відповідно до вираженості у них різних психологічних емоцій, одержані кластери було проаналізовано фахівцями.

Бібліографічні посилання

1. **Жамбю М.** Иерархический кластер-анализ и соответствия / М. Жамбю. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 342 с.
2. **Мандель И.Д.** Кластерный анализ / И.Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
3. **Huang Z.** Extensions to the k-Means Algorithm for Clustering Large Data Sets with Categorical Values / Z. Huang // Data Mining and Knowledge Discovery. – 1998. – № 2. – P. 283-304.
4. **Yang Y.** CLOPE. A Fast and Effective Clustering Algorithm for Transactional Data / Y. Yang, X. Guan, J. You // Proc. of SIGKDD'02, July 23-26. – 2002. – P. 682-687.
5. **Паклин Н.** Кластеризация категориальных данных: масштабируемый алгоритм CLOPE [Електронний ресурс] / Н. Паклин. – Режим доступу: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/clusterization/clope/>

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗДАНИЯ НА ГИСТОГРАММУ СПУТНИКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Соколова Н.О., n-olegovna@yandex.ru

Днепропетровский национальный университет им. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

Распознавание объектов застройки является одним из актуальных направлений в области дистанционного зондирования Земли, так как позволяет сократить временные и материальные затраты на обновление и поддержание в актуальном состоянии базы данных ГИС. Результат автоматического распознавания зданий во многом зависит от архитектурных особенностей, а также от высотности зданий. При экстракции необходимо учитывать специфическую геометрию комплексов зданий, различные виды крыш, наличие растительности вокруг жилых зданий, искажение формы высотных зданий за счет смещения за рельеф.

Разработанная методика основана на интеграции источников дистанционного зондирования и имеющихся данных ГИС. Наборы данных дистанционного зондирования (ортотрансформированные аэрофотоснимки высокого разрешения), а также доступные наборы данных ГИС, используются на различных этапах анализа для первоначального упрощения и фильтрации, а затем для элиминации, валидации и поддержки априорной информации процесса. Одним из этапов данной методики является анализ гистограмм, основанный на поиске пиков в гистограмме, которые находятся в небольшой области участка, соответствующего объектам экстракции. В рамках методики, были проанализированы три видимых диапазона RGB. Для определения порога каждого пика процесс находит высокую точку-пик, а затем ищет низкую «седловую» точку. Основываясь на «седловых» точках, определяется пороговое значение для каждого пика в каждом диапазоне. Затем все три полосы коррелируются для идентификации объекта во всех трех диапазонах.

В процессе экстракции были определены три различных сценария корреляции:

- Все три полосы гистограммы имеют высокую корреляцию, что характерно для зданий с плоскими равномерно освещенными крышами.
- Две полосы имеют высокую корреляцию и имеют “седло” похожей геометрии (что указывает на бимодальный пик двух классов смешанных вместе), в то время как третья полоса показывает полную синусоиду. Этот сценарий характерен, когда крыша слегка наклонена и есть разница в серых уровнях между двумя сторонами кровли из-за направления солнечного освещения. В результате экстракции каждая из сторон крыши сегментирована по отдельности.
- Две полосы гистограммы сильно коррелированы и имеют очень похожие пики, у третьей полосы обособленный пик. Результаты показали, что это слияние нескольких объектов (составной объект).

Из-за локальности поиска для застройки в пределах участка анализ гистограммы позволяет легкую корреляцию между объектами и пиками гистограммы. Поскольку участок - конечное двумерное пространство с ограниченным числом особенностей, здание охватывает значительное число пикселей - по существу пик во всех 3 полосах. Около 50% участков содержат здания, создающие мажоритарный пик (самый высокий пик на гистограмме). В других случаях, здание «генерирует» пик, но не мажоритарный, а при наличии более чем одного здания на участке на гистограмме присутствует, как правило, нескольких практически одинаковых пиков.

Бібліографічні посилання

1. **Гнатушенко В.В.** Технология автоматизированного распознавания и реконструкции контуров зданий на спутниковых изображениях высокого пространственного разрешения / В.В. Гнатушенко, Н.О. Соколова // «Средства и технологии ДЗЗ из космоса в науке, образовании, бизнесе», международная научно-практическая конференция 10–11 апреля 2014 г. / Сборник тезисов. — М.: Инженерно-технологический Центр СканЭкс, 2014 г. С. 45-47.
2. **Соколова Н.О.** Распознавание контуров зданий на спутниковых изображениях высокого пространственного разрешения // Вестн. Херсон. нац. техн. ун-та.. — Херсон, 2015. — №3(54)-С.610-615.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Сосницкий А.В., sosnitsky.ukr@yandex.ua

Бердянский государственный педагогический университет

Универсальная Модель (УМ) есть новое научное понятие, развивающее классическую парадигму построения частных аксиоматических (догматических) моделей в самых разных областях знаний. Необходимость УМ возникла из тотальной догматизации современной науки, разделенной на множество слабо связанных частных областей знаний (понятий), ограничивающих познание сложных явлений, концептуально распределенных между ними (рис. 1).

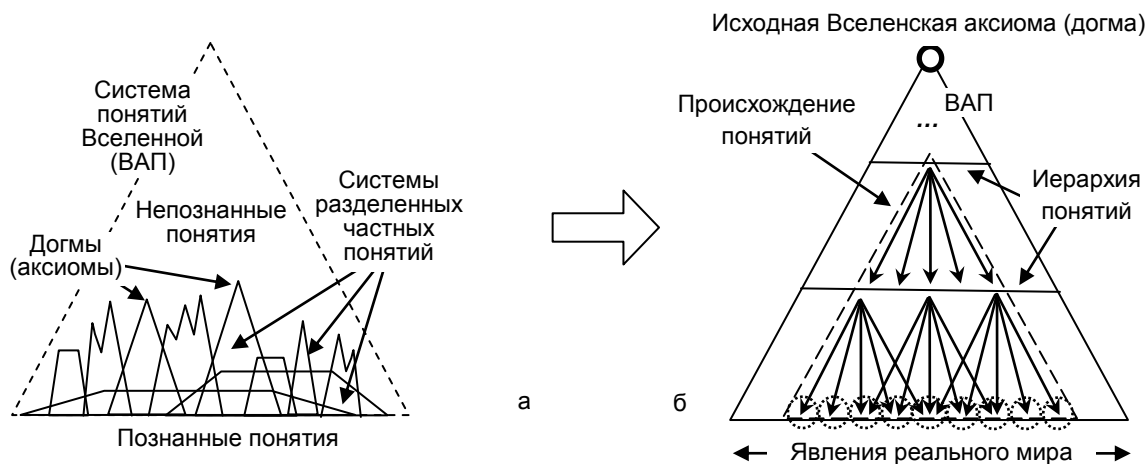


Рис. 1. Схема перехода от догматизации (а) к универсализации (б) науки

Это порождает многие неразрешимые проблемы, одной из которой есть формализация ИИ, для которого не получено даже научное определение, что делигитимизирует любое использование этого термина, включая саму науку. Аналогичная ситуация есть со всеми сложными явлениями.

Естественным развитием есть продолжение догматизации до достижения наивысшего понятия (Вселенской Аксиомы (Догмы)), производящего всю объединяющую систему понятий нашей Вселенной (универсализация, рис. 1) [1]. Она выходит из под условий теоремы К. Геделя о росте неполноты всякого частного формализма с его усложнением (на примере систем логических

уравнений) и впервые открывает возможность полного познания всякого явления, вплоть до Вселенной в целом.

В работе научно обоснована такая возможность и разработана концепция УМ, радикально совершенствующая общенаучную парадигму, принципиально позволяющую выводить всякие формализмы из высших понятий нашей Вселенной, что можно делать уже сейчас при традиционной (ручной (умственной)) формализации (рис. 2).

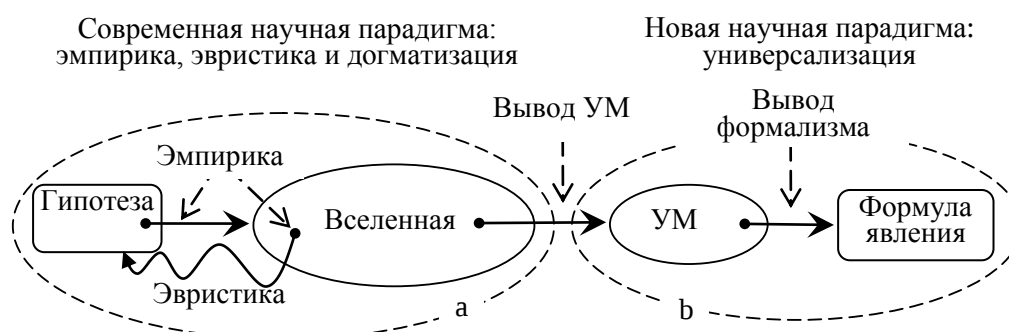


Рис. 2. Схемы догматической (a) и универсальной (b) формализации явлений

УМ есть вполне конкретная система понятий для текущего непрерывно растущего познания [2], позволившая вывести производные универсальные подсистемы понятий для многих важных приложений, невозможные другим способом. Она, по определению, применима для всех явлений посредством исключительно структурной формализации, в качестве которой использованы модифицированные ER-диаграммы. Их дальнейшее развитие принципиально допускает самоформализацию явлений и достижение высокоуровневого познания, необходимого для полноценного функционирования интеллекта различного качества материализации.

Библиографические ссылки

1. Сосницкий А.В. Искусственный интеллект и радикальная реформа современной науки // Искусственный интеллект, № 1. – 2011. – С. 91 – 105.
2. Sosnitsky A.V. Beginnings if the Universe Model and Deduction of Initial System of Information Concepts // Information Theories & Applications, vol. 19, № 1, 2012, pp.. 56 – 85.

ПРО АСИМПТОТИЧНУ ПОВЕДІНКУ РОЗВ'ЯЗКІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ СИСТЕМ З ВІДХИЛЕННЯМ АРГУМЕНТУ

Степанова М.П., Варех Н.В., kmm.dnu@ukr.net

Дніпропетровський національний університет ім.О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

В даній роботі проводиться дослідження диференціальних систем з відхиленням аргументу загального характеру вигляду

$$\begin{aligned} y_i'(t) &= a_i(t) y_{i+1}^{\alpha_{i+1}}(\tau_{i+1}(t)) \quad i = \overline{1, (n-1)} \\ y_n'(t) &= a_n(t) y_1^{\alpha_1}(\tau_1(t)), \\ 0 \leq a_i(t) &\in [t_0, \infty), \quad \tau_i(t) \in [t_0, \infty), \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \tau_i(t) = \infty, \end{aligned} \quad (1)$$

α_i - відношення непарних чисел $\{i = \overline{1, n}\}$.

Безпосереднє відношення до цих досліджень має робота [1], в якій також досліджувалась система (1) за умови $\tau_i(t) \equiv t (i = \overline{2, n})$, $\tau_1(t)$ - відхилення аргументу загального характеру. В даній роботі відхилення аргументу ($\tau_i(t) \leq t (i = \overline{2, n})$, $\tau_1(t)$ - відхилення загального характеру) входить в кожне рівняння.

Слід зауважити, що асимптотична поведінка розв'язків системи (1) залежить від парності n . Наведемо отримані результати.

Теорема 1. Нехай $n = 4$ і виконуються умови:

1) $\alpha_i \equiv 1 (i = \overline{2, 4})$, $\alpha_1 = \alpha$, $0 < \alpha \leq 1$;

2) $\tau_i(t) \leq t (i = \overline{2, 4})$, $g(t) = \min \{\tau_1(t), t\}$;

3) $\int_{t_1}^{\infty} a_i(t) dt = \infty \quad (i = \overline{1, 3})$;

4) $\int_{t_1}^{\infty} a_4(t) \left(\int_{t_1}^{\tau_1(t)} a_1(z) \left(\int_{t_1}^{\tau_2(z)} a_2(s) \left(\int_{t_1}^{\tau_3(s)} a_3(x) dx \right) ds \right) dz \right)^{\alpha} dt = \infty$,

5) $\int_{t_1}^{\infty} a_1(t) \left(\int_t^{2+} a_2(z) \left(\int_z^{2z} a_3(x) \left(\int_x^{2x} a_4(s) ds \right) dx \right) dz \right) dt = \infty$,

$$6) \int_{t_1}^{\infty} a_4(t) \left(\int_{t_1}^{\frac{g(t)}{2}} a_1(z) \left(\int_{t_1}^{\tau_2(z)} a_2(x) \left(\int_2^{2x} a_3(s) ds \right) dx \right) dz \right)^{\gamma} dt = \infty,$$

$\gamma = \alpha$ при $0 < \alpha < 1$, $\gamma = \alpha - \varepsilon$ при $\alpha = 1 (0 < \varepsilon < 1)$.

Тоді кожний розв'язок системи (1) або сильно осцилює, або кожна його компонента монотонно прямує до нуля, або до нескінченності при $t \rightarrow \infty$.

Теорема 2. Нехай $n = 5$ і виконуються умови:

1) $\alpha_i \equiv 1 (i = \overline{2, 5})$, $\alpha_1 = \alpha$, $0 < \alpha \leq 1$;

2) $\tau_i(t) \leq t (i = \overline{2, 5})$, $g(t) = \min \{ \tau_1(t), t \}$;

3) $\int_{t_1}^{\infty} a_i(t) dt = \infty (i = \overline{1, 4})$;

$$4) \int_{t_1}^{\infty} a_5(t) \left(\int_{t_1}^{\tau_1(t)} a_1(p) dp \int_{t_1}^{\tau_2(p)} a_2(z) \int_{t_1}^{\tau_3(z)} a_3(s) \int_{t_1}^{\tau_4(s)} a_4(x) dx ds dz dp \right)^{\alpha} dt = \infty;$$

$$5) \int_{t_1}^{\infty} a_5(t) \left(\int_{t_1}^{\frac{g(t)}{2}} a_1(p) \left(\int_{t_1}^{\tau_2(p)} a_2(x) \left(\int_{t_1}^{\tau_3(x)} a_3(z) \left(\int_z^{2z} a_4(u) du \right) dz \right) dx \right) dp \right)^{\gamma} dt = \infty;$$

$$6) \int_{t_1}^{\infty} a_5(t) \left[\int_{t_1}^{\frac{1}{8}g(t)} a_1(p) \int_p^{2p} a_2(x) \int_x^{2x} a_3(z) \int_z^{2z} a_4(s) ds dz dx dp \right]^{\gamma} = \infty,$$

$\gamma = \alpha$ при $0 < \alpha < 1$; $\gamma = \alpha - \varepsilon (0 < \varepsilon < 1)$.

Тоді кожний розв'язок системи (1) або сильно осцилює, або кожна його компонента прямує до нескінченності при $t \rightarrow \infty$.

[1] Колесник Є.О., Тен А.В., Варех Н.В. Дослідження диференціальних систем з відхиленням аргументу загального характеру. XII міжнародна науково-практична конференція "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", 2014, С. 128-129.

ДВЕ ЗАДАЧИ О КРАТЧАЙШЕМ k -ВЕРШИННОМ ЦИКЛЕСтецюк П.И., stetsyukp@gmail.com*Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины*

Введение. В статье сформулированы две задачи целочисленного линейного программирования для нахождения кратчайшего цикла, проходящего через заданное количество вершин полного графа. Частные случаи этих задач соответствуют нахождению кратчайшего гамильтонового цикла, что равносильно задаче коммивояжера.

Пусть $D_{n,n}$ – полный граф, где n – количество вершин, а $d_{ij} > 0$ – длина дуги между вершинами i и j , $i \neq j$. Зафиксируем вершину s в графе $D_{n,n}$. Цикл, который начинается и заканчивается в вершине s и проходит через k вершин, где $1 \leq k \leq n-1$ (вершина s в расчет не принимается), будем называть k -вершинным циклом в графе $D_{n,n}$. Если $k = n-1$, то этот цикл совпадает с гамильтоновым циклом, который проходит через все вершины графа $D_{n,n}$. k -Вершинный цикл, которому соответствует наименьшая суммарная длина входящих в него $(k+1)$ дуг, будем называть кратчайшим k -вершинным циклом, а его длину обозначим d_k^* .

Рассмотрим две формулировки задач целочисленного линейного программирования для нахождения кратчайшего k -вершинного цикла. Чтобы обеспечить связность цикла, т.е. избежать подциклов в графе $D_{n,n}$, в первой формулировке используется идея моделирования задачи о потоке, а во второй используются ограничения, аналогичные тем, которые построены Таккером для задачи коммивояжера. Из обеих формулировок следуют известные постановки задач коммивояжера [1, 2].

1. Первая формулировка задачи. Пусть x_{ij} – булева переменная, равная единице, если в цикл входит дуга, соединяющая вершины i и j , и

нулю в противном случае. Так как $i \neq j$, то количество таких переменных равно $n(n-1)$. Пусть булева переменная y_i равна единице, если цикл проходит через вершину i , и нулю в противном случае. Количество таких переменных равно $(n-1)$, потому что вершина s зафиксирована. Обозначим z_{ij} неотрицательную переменную, которая задает величину потока некоторого продукта от вершины i к вершине j . Этих переменных ровно столько же, как и булевых переменных x_{ij} .

Нахождению кратчайшего k -вершинного цикла соответствует задача смешанного булевого линейного программирования [3,4]: найти:

$$d_k^* = \min_{x_{ij}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij} x_{ij} \quad (1.1)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1, j \neq s}^n x_{sj} = 1, \quad \sum_{j=1, j \neq s}^n x_{js} = 1, \quad , \quad (1.2)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = y_i, \quad \sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ji} = y_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad i \neq s, \quad (1.3)$$

$$\sum_{i=1, i \neq s}^n y_i = k, \quad (1.4)$$

$$z_{ij} - kx_{ij} \leq 0, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq j, \quad (1.5)$$

$$\sum_{j=1, j \neq s}^n z_{sj} = k, \quad \sum_{j=1, j \neq s}^n z_{js} = 0, \quad (1.6)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n z_{ij} - \sum_{j=1, j \neq i}^n z_{ji} = -y_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad i \neq s, \quad (1.7)$$

$$y_i = 0 \vee 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad i \neq s, \quad (1.8)$$

$$x_{ij} = 0 \vee 1, \quad z_{ij} \geq 0, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq j. \quad (1.9)$$

Теорема 1 [3]. Если k – целое число, удовлетворяющее неравенству $1 \leq k \leq n-1$, то ограничения (1.2)–(1.9) описывают все возможные k -вершинные циклы, которые начинаются и заканчиваются в вершине s графа $D_{n,n}$.

Минимизация целевой линейной функции в (1.1) соответствует нахождению k -вершинного цикла минимальной длины d_k^* . Ограничения (1.8) определяют булевы переменные y_i , а (1.9) – булевы переменные x_{ij} и

неотрицательные переменные z_{ij} . Условия (1.2)–(1.7) имеют следующий смысл. Ограничения (1.2) описывают однократный вход в вершину s и однократный выход из вершины s . Ограничение (1.4) задает k вершин, для которых $y_i = 1$, и указывает на то, что именно через них проходит цикл, начинающийся из вершины s . Для этих k вершин ограничения (1.3) описывают однократный вход в вершину и однократный выход из вершины. Связность k -вершинного цикла гарантирует набор ограничений (1.5), (1.6) и (1.7). Условия (1.5) обеспечивают перевозку продукта между вершинами i и j только в том случае, когда $x_{ij} = 1$. Ограничения (1.6), (1.7) означают, что из вершины s необходимо вывезти k единиц продукта, оставляя в каждой из вершин цикла лишь одну единицу продукта. Последнее позволяет избежать подциклов в графе $D_{n,n}$ и обеспечивает связность искомого k -вершинного цикла минимальной длины d_k^* .

Задача (1.1)–(1.9) содержит $N_1 = 2n^2 - n - 1$ переменных, из которых $n^2 - 1$ являются булевыми, а $n(n - 1)$ – неотрицательными, и $M_1 = n^2 + 2n + 2$ ограничений, из которых $3n + 2$ – линейные равенства, а $n(n - 1)$ – линейные неравенства.

Отметим, что формулировка задачи (1.1)–(1.9) справедлива и для неполного графа, если этот граф дополнить отсутствующими дугами и значения длин для них установить равными сумме длин всех дуг графа.

2. Вторая формулировка задачи. Здесь булевы переменные x_{ij} и y_i остаются такими же, как и в первой формулировке. Связность k -вершинного цикла в графе $D_{n,n}$ будут обеспечивать новые целочисленные переменные u_i , значения которых соответствуют номеру шага, на котором посещается вершина i . Поскольку вершину s посещать не требуется, то количество переменных u_i будет равно $(n - 1)$.

Рассмотрим следующую задачу целочисленного линейного программирования, позволяющую построить кратчайший k -вершинный цикл: найти:

$$d_k^* = \min_{x_{ij}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij} x_{ij} \quad (2.1)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1, j \neq s}^n x_{sj} = 1, \quad \sum_{j=1, j \neq s}^n x_{js} = 1, \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = y_i, \quad \sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ji} = y_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad i \neq s, \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=1, i \neq s}^n y_i = k, \quad (2.4)$$

$$u_i - u_j + kx_{ij} \leq k - 1, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq s, \quad j \neq s, \quad i \neq j, \quad (2.5)$$

$$y_i = 0 \vee 1, \quad u_i - \text{целые числа}, \quad 1 \leq u_i \leq k, \quad i = 1, \dots, n, \quad i \neq s, \quad (2.6)$$

$$x_{ij} = 0 \vee 1, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq j. \quad (2.7)$$

Теорема 2. Если k – целое число, удовлетворяющее неравенствам $1 \leq k \leq n - 1$, то ограничения (2.2)–(2.7) описывают все возможные k -вершинные циклы, которые начинаются и заканчиваются в вершине s графа $D_{n,n}$.

Доказательство. Ограничение (2.4) задает в точности k вершин в графе $D_{n,n}$, через которые проходит цикл, начинающийся в вершине s . Этим вершинам соответствуют значения $y_i = 1$. Для вершины s и для тех k вершин, для которых $y_i = 1$, ограничения (2.2) и (2.3) описывают однократный вход в вершину и однократный выход из вершины.

Ограничения (2.5) обеспечивает связность k -вершинного цикла. Убедимся, что они гарантируют наличие ровно одного цикла, проходящего через вершину s и те k вершин, для которых $y_i = 1$.

Допустим, что имеется два цикла. Один из них не проходит через вершину s . Обозначим его $(i_1, \dots, i_p, i_1)$. Из ограничений (2.5) следует, что для каждой пары вершин, идущих по порядку в этом цикле, справедливы следующие неравенства:

$$u_{i_1} - u_{i_2} + k \leq k - 1,$$

$$u_{i_2} - u_{i_3} + k \leq k - 1,$$

$$\vdots$$

$$u_{i_p} - u_{i_1} + k \leq k - 1.$$

Сложив эти неравенства, получим $pk \leq p(k-1)$, что невозможно при $p \neq 0$. Следовательно, для любого подцикла, не проходящего через вершину s , ограничения (2.5) не выполняются.

Убедимся, что цикл, проходящий через k вершин, для которых $y_i = 1$, удовлетворяет ограничениям (2.5), т.е. можно подобрать соответствующие значения переменных u_i . Пусть $u_i = p$, если вершина i , для которой $y_i = 1$, посещается на шаге p . Тогда неравенство $u_i - u_j \leq k - 1$ верно при $x_{ij} = 0$, так как $p \leq k$, а переменная $u_j \geq 1$. Если $x_{ij} = 1$, то $u_i = p$, а $u_j = p + 1$. В этом случае $p - (p + 1) + k \leq k - 1$ и, следовательно, $k - 1 \leq k - 1$ и ограничение вида (2.5) выполняется как строгое равенство.

Таким образом, ограничения (2.2)–(2.7) описывают k -вершинные циклы, которые начинаются и заканчиваются в вершине s графа $D_{n,n}$. Теорема доказана.

Задача (2.1)–(2.7) содержит $N_2 = n^2 + n - 2$ переменных, из которых $n^2 - 1$ являются булевыми, а $(n - 1)$ – целочисленными, и $M_2 = n^2 - n + 3$ ограничений, из которых $2n + 1$ – линейные равенства, а $(n - 1)(n - 2)$ – линейные неравенства. Задача (2.1)–(2.7) применима для неполного графа, если несвязанные между собой вершины графа соединить дугами, приписав им значения длин, равные сумме длин всех дуг неполного графа.

3. Задача коммивояжера. Если $k = n - 1$, то из ограничения (1.4) все булевы переменные y_i равны единице и $(n - 1)$ -вершинный цикл совпадает с гамильтоновым циклом. Нахождению кратчайшего гамильтонового цикла отвечает задача смешанного булевого линейного программирования: найти:

$$d_k^* = \min_{x_{ij}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij} x_{ij} \quad (3.1)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1, \quad \sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ji} = 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3.2)$$

$$z_{ij} - (n-1)x_{ij} \leq 0, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq j, \quad (3.3)$$

$$\sum_{j=1, j \neq s}^n z_{sj} = n-1, \quad \sum_{j=1, j \neq s}^n z_{js} = 0, \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n z_{ij} - \sum_{j=1, j \neq i}^n z_{ji} = -1, \quad i = 1, \dots, n, \quad i \neq s, \quad (3.5)$$

$$x_{ij} = 0 \vee 1, \quad z_{ij} \geq 0, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq j. \quad (3.6)$$

Задача (3.1)–(3.6) совпадает с формулировкой задачи коммивояжера, приведенной в [1, стр. 46].

Если $k = n-1$, то для нахождения кратчайшего гамильтонового цикла из второй формулировки (2.1)–(2.7) следует задача целочисленного линейного программирования: найти:

$$d_k^* = \min_{x_{ij}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij} x_{ij} \quad (3.7)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1, \quad \sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ji} = 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3.8)$$

$$u_i - u_i + (n-1)x_{ij} \leq n-2, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq s, j \neq s, i \neq j, \quad (3.9)$$

$$u_i - \text{целые числа}, 1 \leq u_i \leq (n-1), \quad i = 1, \dots, n, \quad i \neq s, \quad (3.10)$$

$$x_{ij} = 0 \vee 1, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq j. \quad (3.11)$$

Задача (3.7)–(3.11) отличается от формулировок задач коммивояжера, приведенных в [1, стр. 45] и [2, стр. 65], где связность маршрута, проходящего через n городов (вершин), обеспечивается на основе условий Таккера:

$$u_i - u_i + nx_{ij} \leq n-1, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq s, j \neq s, i \neq j. \quad (3.12)$$

Ограничения (3.12) используют на одну вершину больше, чем требуется для цикла, который не проходит через вершину s .

Закключение. В статье сформулированы две задачи для нахождения кратчайшего цикла, проходящего через заданное количество вершин графа.

Использование как задачи (1.1)–(1.9), так и задачи (2.1)–(2.7) увеличивает возможности приложений по сравнению с задачей коммивояжера. Так, например, обе задачи могут быть легко адаптированы для определения кольцевых маршрутов при планировании пассажирских и грузовых автомобильных перевозок. И если с помощью ограничений вида (1.5)–(1.7) легко учесть транспортировку заданных объемов груза, то с помощью ограничений вида (2.5) легко учесть порядок посещения некоторых пунктов назначения.

Список литературы

1. **Алексеева Е.В.** Построение математических моделей целочисленного линейного программирования. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 2012. – 131 с.
2. **Гамецкий А.Ф., Соломон Д.И.** Исследование операций. Том II. – Кишинэу, Эврика, 2008. – 592 с.
3. **Стецюк П.И.** Формулировки задач для кратчайшего k -вершинного пути и кратчайшего k -вершинного цикла в полном графе // Кибернетика и системный анализ. – 2015. – № 1. (в печати).
4. **Стецюк П.І.** Булева задача для найкоротшого k -вершинного циклу у повному графі // Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики. Збірник наукових праць. – Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка. – 2015. -- С. 297–299.

МЕТОД ПОКРЫТИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОНГРУЭНТНЫМИ КРУГАМИ И ОРИЕНТИРОВАННЫМИ ЭЛЛИПСАМИ

Стоян Ю.Г., stoyan@ipmach.kharkov.ua,

Пацук В.Н., patsuk@ipmach.kharkov.ua

*Институт проблем машиностроения имени А.Н. Подгорного
НАН Украины, Харьков*

Пусть имеется цилиндр $x^2 + y^2 = R^2$, $0 \leq z \leq h$.

Задача состоит в построении покрытия боковой поверхности цилиндра минимальным количеством кругов радиуса r , либо ориентированных эллипсов с полуосями a , b .

Связанной с ней задачей, к которой эта задача сводится, является задача построения покрытия боковой поверхности цилиндра фиксированным количеством кругов минимального радиуса, либо эллипсов с минимальными значениями величин полуосей a , b при фиксированном их соотношении a/b .

Подобные задачи возникают, например, при выборе точек воздействия устройствами, производящими защитное напыление и имеющими круговой радиус действия.

Рассмотрим случай кругов. Как и при покрытии многогранника [1], решение определяется значениями на фиксированном наборе точек, являющимися вершинами многоугольников Вороного, построенных для центров кругов на боковой поверхности цилиндра. Возьмём бесконечную полосу, накрывающую боковую поверхность цилиндра. Центры кругов будут при этом повторяться циклически. Уберём центры всех кругов а этой полосе, кроме принадлежащих одному из периодов развёртки. Построим разбиение Вороного для этих центров в бесконечной полосе. С обоих краёв участка будем последовательно добавлять центры до тех пор, пока многоугольные области разбиения Вороного не станут ограниченными для всех центров выбранного участка (периода развёртки).

Математическая модель оптимизационной задачи строится аналогично [1] и имеет вид

$$\max_{(j,i) \in Q} \varphi(v_j, u_i) \rightarrow \min,$$

$$\text{где } \varphi(v_j, u_i) = \varphi(x_j, y_j, x_i, y_i) = (x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 - r^2,$$

u_i — центры кругов,

v_j — вершины разбиения Вороного,

Q — множество пар индексов (j, i) таких, что v_j входит в множество вершин многоугольника Вороного, построенного для u_i (вершины разбиения Вороного для разных центров, имеющие совпадающие координаты, отождествляются).

Кроме этого, в отличие от случая многоугольника, добавляются уравнения, отождествляющие центры кругов, участвующие в построенном разбиении Вороного и отличающиеся на период по координате x .

Для решения задачи с эллипсами проводим линейное преобразование $x' = (b/a)x$, $y' = y$ для рассмотренной полосы и, после решения задачи с кругами, проводим обратное преобразование.

Бібліографічні посилання

1. **Stoyan Y.G., Patsuk V.M.** Covering a compact polygonal set by identical circles // Computational Optimization and Applications, 2010, 46, P. 75–92.

PACKING AND CUTTING PROBLEMS: MATHEMATICAL MODELING AND NONLINEAR OPTIMIZATION

Stoyan Yu., Romanova T., Pankratov A., Chugay A.

*Department of Mathematical Modeling and Optimal Design, Institute for
Mechanical Engineering Problems, National Academy of Sciences of Ukraine
sherom@kharkov.ua*

Optimal placement problem within the field of Cutting and Packing is a part of operational research and computational geometry. It has rich applications in garment industry, sheet metal cutting, furniture making, shoe manufacturing, in power engineering, mechanical engineering, shipbuilding, aircraft construction, civil engineering, logistics, mineralogy, materials science, nanotechnology, robotics, coding, space apparatus control systems, etc. It is also called nesting problem, marker making, stock cutting, containment problem, layout problem etc. In some cases it involves additional restrictions on the minimal and/or maximal distances, as well as, behavior constraints.

The goal of this paper is to present the results of our research group that for decades has been studying the cutting and packing problem in a formal mathematical manner. In these studies we characterize arrangements of objects, which can be continuously rotated and translated, by means of special functions, phi-functions and quasi-phi-functions. These tools allow us to develop exact mathematical models for the problems in the form of nonlinear programming problems. Based on characteristics of our mathematical model a general solution strategy is outlined. The strategy employs the following optimization procedures: 1) generation of feasible starting points. To this aim we propose efficient starting point algorithms based on homothetic transformations of geometric objects; 2) search for local minima of our objective function by means of the Local Optimization with Feasible Region Transformation (LOFRT) procedure. The algorithm allows us to reduce our large dimension problem with a large number of inequalities to a sequence of subproblems with a considerably smaller number of variables and inequalities. It reduces computational costs (time and memory); 3)

non-exhaustive search of local minima to get “good” local optimal solution of our problem. The search for local minima of nonlinear programming problems in our optimisation procedures is performed by IPOPT, which is available at an open access noncommercial software depository (<https://projects.coin-or.org/Ipopt>) .

To demonstrate the practical benefits of our methodology we consider different 2D and 3D placement problems, illustrated with examples (see, Fig. 1-3).

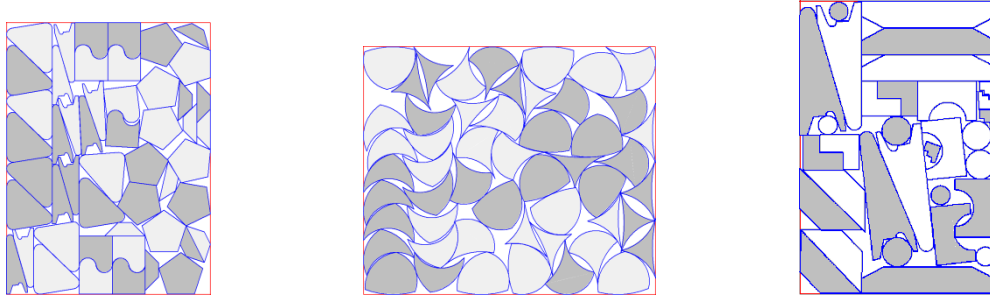


Fig. 1 Local optimal arrangement of objects, bounded by arc and line segments

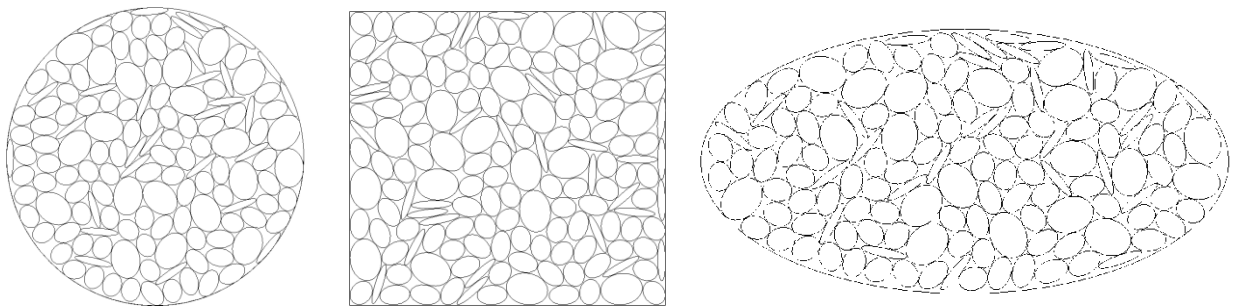


Fig. 2 Local optimal arrangement of ellipses

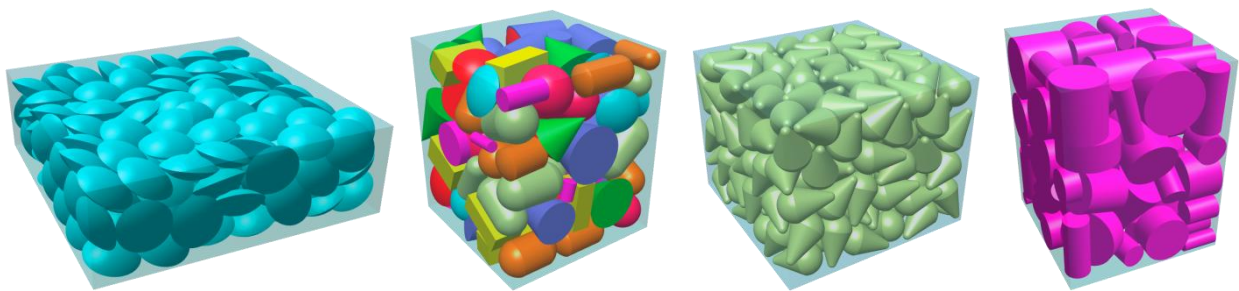


Fig. 3 Local optimal arrangement of 3D objects

We present also computational results that compare favourably with those published elsewhere recently.

A MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMAL PACKING OF UNEQUAL SPHERES INTO A SPHERE

Stoyan Yu.G., Yaskov G.N., yaskov@ukr.net

Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины

Packing of unequal spheres is used in stereotactic radio surgery radiation therapy [1]. We consider the problem of packing unequal spheres into a larger sphere of given radius. Given a set of spheres, the objective is to maximize the packing factor provided that spheres from the set being packed into the larger one do not overlap each other.

A mathematical model is constructed based on the mathematical model proposed by Sutou and Dai [1]. Let there be K groups of spheres with radii $\hat{r}_k$, $k=1,2,\dots,K$. Each group consists of $\bar{L}_k$, $k=1,2,\dots,K$, spheres. Thus, the total number of the given spheres is $\bar{L} = \sum_{k=1}^K \bar{L}_k$. We denote spheres as S_i , $i=1,2,\dots,\bar{L}_1, \bar{L}_1+1,\dots,\bar{L}_1+\bar{L}_2,\dots,\bar{L}$. Radii of spheres S_i are assigned as follows: $r_i = \hat{r}_1$ for $i=1,2,\dots,\bar{L}_1$, $r_i = \hat{r}_2$ for $i=\bar{L}_1+1, \bar{L}_1+2,\dots,\bar{L}_1+\bar{L}_2$ and so on, $r_i = \hat{r}_K$ for $i=\bar{L}-\bar{L}_K+1, \bar{L}-\bar{L}_K+2,\dots,\bar{L}$. Let $v_i = (x_i, y_i, z_i)$ be coordinates of centers of S_i , $i \in I_L = \{1,2,\dots,\bar{L}\}$. A sphere S_i translated by a vector v_i is denoted by $S_i(v_i)$. A vector $v = (v_1, v_2, \dots, v_n) \in \mathbb{R}^{3\bar{L}}$ defines an arrangement of S_i , $i \in I_L$, in the Euclidean 3-dimensional space $\mathbb{R}^3$. Spheres S_i , $i \in I_L$, have to be packed into the sphere $S = \{v \in \mathbb{R}^3 : x^2 + y^2 + z^2 - R^2 \leq 0\}$.

Problem. Find a vector v ensuring a packing of spheres from set $S_i(v_i)$, $i \in I_L$, (all spheres or part of them) without their mutual overlappings within S with the maximal sum of volumes of spheres.

A mathematical model of the problem can be formulated as follows:

$$\Psi^* = \frac{4}{3}\pi \max \Psi(v), \text{ s.t. } V = (v_1, v_2, \dots, v_{\bar{L}}) \in W \subset \mathbb{R}^{3\bar{L}},$$

where

$$\Psi(v) = \sum_{i=1}^{\bar{L}} r_i^3 t_i ;$$

$$t_i = \begin{cases} 1 & \text{if } \Phi_i(v_i) \geq 0, \\ 0 & \text{otherwise;} \end{cases}$$

$$W = \{Y \in \mathbb{R}^{3\bar{L}} : t_i t_j \Phi_{ij}(v_i, v_j) \geq 0, i < j \in I\}.$$

Here, $\Phi_i(v_i) = -x_i^2 - y_i^2 - z_i^2 + (R - r_i)^2 \geq 0$ provides a placement of $S_i(v_i)$ within S ; t_i indicates whether $S_i(v_i)$ is within S ; $\Phi_{ij}(v_i, v_j) = \|v_i - v_j\|^2 - (r_i + r_j)^2 \geq 0$ ensures non-overlapping spheres S_i and S_j .

Since the objective is piecewise constant, it cannot be minimized using gradient or sub-gradient techniques. The frontier of the feasible region W is given by concave surfaces.

A set $\{L_1, L_2, \dots, L_K\}$ where L_k ($0 \leq L_k \leq \bar{L}_k$) is a quantity of spheres of radius $\hat{r}_k$, $k = 1, 2, \dots, K$, for which the corresponding values $t_i = 1$, defines a configuration of spheres and the objective $\Psi(v)$. The maximal value Ψ^* is achieved for a set of spheres $\{L_1^*, L_2^*, \dots, L_K^*\}$ in which L_k^* spheres of each group is taken.

The general solution scheme may consist of construction of the solution tree, development of truncations rules to reduce the number of variants to be treated, solving the problem with a modification of the jump algorithm [2] for all possible combinations of quantities of spheres.

References

- [1] A. Sutou, Y. Day, Global optimization approach to unequal sphere packing problems in 3D. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 2002, 114(3), p. 671–694.
- [2] Yu. Stoyan, G. Yaskov, Packing unequal circles into strip of minimal length with a jump algorithm, *Optimization Letters*, 2014, 8(3), p. 949-970. DOI: 10.1007/s11590-013-0646-1.

ОПТИМИЗАЦИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СПОРТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ МЕТОДАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Суриков В.Е. 95sev@mail.ru, **Беляев В.П.**, Vic-bi/@rambler.ru
*Днепропетровский государственный институт физической культуры и
спорта*

Современная стратегия развития информатизации общества предусматривает внедрение новейших компьютерных технологий в систему физического воспитания и спорта, в частности, с целью оценки двигательных функций человека. Наиболее эффективными и перспективными для решения этой задачи являются биомеханические видеоанализирующие системы.

Построение компьютерной модели разрешает проводить количественный анализ природы явлений, изучать модели реального объекта в виде математических уравнений, исследовать отклик системы на изменения ее параметров и начальных условий. Модель должна отражать основные параметры двигательной деятельности: кинематические характеристики, динамические характеристики и топографию работающих мышц. В общем случае критерий оптимальности может быть представлен уравнением [1]

$$R = f(X, Y, Z) \quad (1),$$

где R - критерий оптимальности;

X - входные параметры (переменные, значения которых можно измерить, но возможность воздействия на которые отсутствует.);

Y - управляющие параметры;

Z - выходные параметры.

Авторы поставили перед собой цель разработать и экспериментально опробовать (на примере спортивной гимнастики и гребли на байдарках) простую в использовании биомеханическую видеокомпьютерную систему на основе доступных технических средств и программного обеспечения. Технология проведения биомеханического видеокомпьютерного анализа

включает два основных этапа: съемку видеокамерой и обработку полученных видеogramм с помощью специализированного программного обеспечения.

Сегменты тел спортсменов маркировали с помощью контрастных меток в местах центров масс кисти, предплечья, плеча и головы. На основе 16-звенной модели тела человека и данных видеосъемки на компьютере рассчитывали перемещения, скорости и ускорения центров масс звеньев.

Параметры уравнений модели уточняются и конкретизируются по антропометрическим и масс-инерционным данным спортсмена.

После построения базовой биомеханической модели тела спортсмена вводятся координаты центров масс сегментов и углы в суставах в различных фазах движения, после чего вычисляются веса сегментов, положения их центров масс в различных фазах двигательного действия. Затем определяются линейные и угловые скорости и ускорения движения сегментов и суставов, моменты инерции при движении сегментов в суставах и относительно заданной оси и соответствующие моменты сил.

На основании проведенных исследований был разработан и внедрен в учебный процесс пакет компьютерных программ “Биомеханический анализ техники гребных видов спорта”.

Выводы: Предложенный комплекс видеокомпьютерного анализа дает возможность повысить эффективность технических действий спортсменов за счет корректировок в ходе учебно-тренировочного процесса. Биомеханический анализ видеозаписи экспериментального тестирования показал, что наилучшие результаты показали гребцы, которые применяли увеличение амплитуды гребка для компенсации недостатка функциональной подготовленности.

Литература:

1. Воронов А.В. Имитационное биомеханическое моделирование как метод изучения двигательных действий человека / А.В.Воронов // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 2. – с. 36-40.

ВЛАСТИВОСТІ ЗГЛАДЖЕНОЇ N-ГРАМНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ СЛОВ'ЯНСЬКИХ МОВ, ЗАСНОВАНОЇ НА КЛАСАХ

Тарануха В. Ю., taranukha@ukr.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Наявні моделі мови для задач розпізнавання мовлення засновані на прихованих Марковських моделях показують посередні результати при розпізнаванні слов'янських мов і, зокрема, до української. Це пов'язано з властивостями мови, а саме з великою кількістю словоформ, що відповідають одній лемі. Це робить використання таких моделей менш зручним, порівняно з використанням аналогічних моделей для романо-германських мов.

Пропонується модифікована модель заснована на класах[1]. Для розбиття на класи вводиться функція розбиття, що ставить у відповідність кожному слову з словника системи (тобто кожній словоформі, а не лемі) клас лем та клас граматичних ознак.

Запропоновано модель перерозподілу частот, досліджено межі придатності[2], та виконано ряд чисельних експериментів, що перевіряють відповідність гіпотези фактичному стану справ[3].

За результатами чисельних експериментів, в яких використовувалася оцінка якості моделі за ентропією та перплексією, можна стверджувати, що перерозподілена модель показує результат дещо кращий, ніж звичайна модель зібрана на словах [3].

Подальші дослідження спрямовані на підбір способів згладжування, що найкраще використовують переваги перерозподіленої моделі.

1. **Тарануха В.Ю.** Застосування класів основаних на канонічних формах слів та на граматичних класах в задачі редукції n-грамної моделі мови для розпізнавання української мови // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка Серія: фізико-математичні науки. –2013. – Спецвипуск. – С. 176–179.
2. **Тарануха В.Ю.** Модифікація n-грамної моделі, заснованої на класах, для розпізнавання слов'янських мов.// Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка Серія: фізико-математичні науки. – 2014. – Вип. 1. – С. 193–196
3. **Тарануха В.Ю.** Згладжена n-грамна модель, заснована на класах, для розпізнавання слов'янських мов // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка Серія: фізико-математичні науки. –2014. – Вип 2. – С. 202–205.

ПРО ДОВЕДЕННЯ ЗБІЖНОСТІ АЛГОРИТМІВ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Тимофієва Н.К., TymNad@gmail.com
МННЦ ІТiС НАН та МОН України

Доведення збіжності послідовності розв'язків, які будуються певним алгоритмом при розв'язанні задач комбінаторної оптимізації, досить складна проблема. Це пов'язане з тим, що значна частина цих задач є нерозв'язними з точки зору їхньої обчислювальної складності. Для задач з чіткою структурою вхідних даних та які розв'язуються на множині перестановок математичні моделі розроблено досить ґрунтовно і за змодельованою цільовою функцією теоретично можна визначити глобальний розв'язок повним перебором, який збігається з метою дослідження. В задачах з нечіткими вхідними даними (задача розпізнавання, задача кластеризації), крім кількості операцій, затрачених на знаходження глобального розв'язку, необхідно урахувати і міри подібності, які тут відіграють основну роль та від вибору яких в значній мірі залежить сам розв'язок. До того ж із-за ситуації невизначеності, яка має місце в більшості задач комбінаторної оптимізації, одержаний за змодельованою цільовою функцією глобальний розв'язок у них не завжди збігається з метою дослідження.

Для задач, аргументом цільової функції в яких є перестановка, доведення збіжності алгоритмів проводимо з використанням підкласів розв'язних задач (підкласи задач з різних класів, для яких відомий спосіб аналітичного знаходження глобального розв'язку, назовемо розв'язними). Для оцінки точності розв'язку, який отримуємо певним алгоритмом, знайдемо множину значень цільової функції з використанням відомого розв'язного випадку, як описано в [1]. Позначимо $F(w)$ цільову функцію, за якою оцінюється результат, а $F(w^*)$ та $F(w^{**})$ – глобальні мінімум та максимум розв'язного випадку, що використовується, $w, w^*, w^{**} \in W$, W –множина перестановок. Наведемо таку теорему [1].

Теорема. Значення цільової функції для задач комбінаторної оптимізації, аргументом якої є перестановка, знаходиться в межах: $F(w^*) = \max_{w \in W} F(w) \geq F(w) \geq \min_{w \in W} F(w) = F(w^{**})$. У разі мінімізації значення цільової функції знаходиться в межах $\min_{w^* \in W} F(w^*) \leq F(w) < F^*$. У разі максимізації – в межах

$$F^* < F(w) \leq \max_{w^{**} \in W} F(w^{**}), \text{ де } F^* = \min_{w^* \in W} F(w^*) + \frac{\max_{w^* \in W} F(w^*) - \min_{w^{**} \in W} F(w^{**})}{\upsilon},$$

υ – коефіцієнт зменшення області пошуку оптимального розв'язку, який уточнюється в процесі роботи алгоритму.

Оцінку точності розв'язання задачі при відомому глобальному мінімумі обчислюємо за виразом $(1 - F_{\min}/F(w))100\%$ (або $(1 - F(w)/F_{\max})100\%$ у разі максимізації), де $F_{\min}$ – глобальний мінімум задачі, $F_{\max}$ – відповідно глобальний її максимум, $F(w)$ – одержаний оптимальний розв'язок цієї задачі певним алгоритмом. Експеримент показує, що чим більша розмірність задачі, тим менша похибка (у відсотках) одержаного результату по відношенню до глобального оптимуму.

Використаємо підклас розв'язних задач із класу задачі комівояжера, для якого глобальний розв'язок визначається аналітично. Якщо певним алгоритмом для цього підкласу знаходимо розв'язок, який збігається з глобальним, то можна зробити висновок, що ним знаходиться якщо не точний то наближений до глобального результат. В іншому разі використаємо наведену теорему та за описаними правилами знайдемо відсоток відхилення отриманого результату від відомого глобального розв'язку.

Бібліографічні посилання

1. **Тимофеева Н.К.** Определение множества значений целевой функции в задачах дискретной оптимизации /Н.К. Тимофеева // Кибернетика и вычислительная техника. Сложные системы управления: Сб. науч. тр. – К., 1998. – Вып. 120. – С. 37–43.

ТЕОРІЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ЯК ІНСТРУМЕНТ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Трухан С.В., svetlana.trukhan@gmail.com, Бідюк П.І., pbidyuke@gmail.com
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Доцільність використання сучасних інформаційних технологій та математичних методів у прикладних аспектах економічних наук забезпечує можливість одержання переконливих результатів у процесі прогнозування та моделювання явищ і процесів з виродженими масивами даних. Для цілеспрямованого аналізу та оцінювання ймовірності появи випадкових величин, пов'язаних з екстремальними (рідкісними) подіями використовується теорія екстремальних значень (ТЕЗ). Екстремальні значення – це нові випадкові величини, які залежать від типу вихідного розподілу та об'ємів вибірки. Наприклад, в області страхування будь-якого майна рідкісною, але ймовірною подією є настання страхового випадку, яке повинно супроводжуватись виплатами страхових премій.

Виходячи з центральної граничної теореми та теореми про типи розподілів екстремальних значень існують такі види розподілів [1]:

1) узагальнений розподіл екстремальних значень (Generalized extreme value – GEV) має вигляд:

$$G(z) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}, \quad \text{де} \quad \left(1 + \xi \left(\frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right) > 0, \quad \mu - \text{параметр}$$

розподілу, σ – параметр масштабованості, ξ – параметр форми розподілу. В залежності від параметру форми ($\xi = 0$ або $\xi < 0$, або $\xi > 0$) виділяють розподіли Гумбеля, Вейбула та Фречета відповідно;

2) узагальнений розподіл Парето (Generalized Pareto Distribution – GPD),

представляють у вигляді: $G(y, \sigma, \xi) = 1 - \left(1 + \xi \frac{y}{\sigma} \right)_+^{-1/\xi}.$

Практичне застосування даної моделі досліджено із використанням: програмного середовища і мови програмування R – для моделювання

випадкових величин; бібліотеки `extRemes` – для аналізу та оцінювання параметрів моделей обробки екстремальних значень. Об'єм вибірки – 250 точок. Графічна характеристика ряду засвідчує про наявність «порогів» у вигляді хаотичних викидів. Тому, надалі припускається, що випадкова величина належить до одного з розподілів екстремальних значень, а саме GEV- або GPD-розподілів.

В результаті аналізу описових статистик часового ряду, побудовано моделі наближення експериментальних даних до одного з розподілів екстремальних значень. Для обґрунтування вибору кращої моделі використано графіки емпіричної та апроксимуючої функцій щільності розподілу, графіки квантилів і кривої залишків. Порівняльна характеристика оцінювання параметрів розподілів за допомогою методу максимальної правдоподібності представлена в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика параметрів розподілів

GEV-розподіл			GPD-розподіл (Threshold = 0)		
	MLE	Stand. Error		MLE	Stand. Error
MU:(identity)	- 0.10987	0.13664	-	-	-
obs: (identity)	0.00112	0.00093	-	-	-
SIGMA:(identity)	1.01243	0.11981	SIGMA:(identity)	1.42907	0.21343
obs: (identity)	0.00033	0.00063	obs: (identity)	-0.00225	0.00111
Xi: (identity)	0.48641	0.05695	Xi: (identity)	0.19215	0.10750
obs: (identity)	-0.00147	0.00000	obs: (identity)	0.00067	0.00048
<i>Negative log-likelihood</i>		450.09223	<i>Negative log-likelihood</i>		350.85224

Підсумовуючи, слід зазначити, що оптимальним є наближення даних за допомогою GPD-розподілу із незначною похибкою та максимальним наближенням емпіричної кривої до теоретичної функції щільності розподілу.

Отримані результати в подальшому будуть використані для побудови моделі обробки та оцінювання екстремальних значень з метою прогнозування актуарних процесів.

Література:

1. Coles S. An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values / S. Coles // – London: Springer-Verlag. – 2001. – P. 45–104.
2. Richard L. Smith. An overview of Extreme value theory. Bernoulli Center, EPFL Lausanne, November 12, 2009.

УЗАГАЛЬНЕННЯ ЗАДАЧ ПАРАЛЕЛЬНОГО УПОРЯДКУВАННЯ НА ВИПАДОК ДВОХ КРИТЕРІЇВ

Турчина В.А., Гранкіна Н.О., grankinanatalia@gmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

При моделюванні ряду прикладних задач буває недостатньо оптимізувати один критерій, що відповідає поставленій цілі. Це викликає необхідність замість скалярних критеріїв використовувати при побудові моделей векторні критерії. Не виключенням є й ті задачі, які вивчаються як задачі паралельного упорядкування в класі оптимізаційних задач на графах.

Одна з класичних постановок таких задач має наступне формулювання. За заданими графом $G = \{V, U\}$ та шириною $h(S)$ необхідно побудувати паралельне упорядкування S вершин графу G , що має мінімальну довжину $l(S)$. Відомо, що паралельним упорядкуванням вершин графу G називається таке лінійне упорядкування елементів множини V , при якому з того, що з вершини i існує дуга у вершину j , випливає, що вершина i розташована в упорядкуванні лівіше вершини j , тобто: $(i; j) \in U, i \in S[p], j \in S[q] \Rightarrow p < q$. У класичній постановці ця задача є однокритеріальною задачею мінімізації.

Довжина упорядкування відповідає терміну завершення виконання всіх робіт, але часто цього буває недостатньо. Наприклад, в деяких задачах виникає необхідність мінімізувати перерву між виконанням робіт, які слідує одна за одною, тобто час, що проходить після закінчення однієї роботи до початку іншої, яка безпосередньо за нею слідує. Прикладами таких робіт можуть бути: підготування шару цементу та викладання цегли на нього в процесі побудови будинку (треба мінімізувати перерву між цими двома роботами, щоб цемент не застиг і не втратив своїх скріплюючих властивостей); створення програмного забезпечення та написання формальної документації для нього (чим меншою буде перерва між цими роботами, тим точніше документація буде відповідати реальному продукту, і тим більше деталей буде згадано і описано); ряд технологічних процесів, що

використовуються у харчовій промисловості (чим меншою буде перерва між отриманням деякої сировини та виготовленням відповідних продуктів, тим якіснішими будуть отримані продукти) і т.д. Цю вимогу можна виразити за допомогою наступного критерію:

$$\max_{(i,j) \in U} d_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де d_{ij} - абсолютна різниця між місцями вершин i та j в побудованому паралельному упорядкуванні. Іншими словами, запропонований критерій - це максимальне значення відстані між місцями вершин в упорядкуванні, знайдене по всім парам вершин, між якими існує дуга в графі G ; значення цього критерію необхідно мінімізувати.

Також, при моделюванні прикладних задач виникає необхідність мінімізувати деякі витрати енергії, що виникають у виробничому процесі, що моделюється. Наприклад, якщо розглядати задачу виконання деяких робіт в цеху на конвеєрах, де тільки певна фіксована кількість конвеєрів може працювати одночасно, може виникнути вимога мінімізувати додаткові ввімкнення конвеєрів з метою економії енергії та збереження обладнання в доброму стані. Цю вимогу можна виразити за допомогою наступного критерію:

$$\sum_{\substack{\forall i=\overline{1,l}: \\ |S[i+1]| > |S[i]|}} (|S[i+1]| - |S[i]|) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $|S[i]|$ - потужність множини $S[i]$ вершин, що стоять в упорядкуванні S на i -му місці. Тобто, запропонований критерій - це сума значень всіх збільшень кількості вершин між сусідніми місцями в упорядкуванні, знайдена по всім парам сусідніх місць в упорядкуванні.

Таким чином, в роботі сформульовано дві нові двукритеріальні задачі паралельного упорядкування. Для кожної з них потребують розробки алгоритми отримання множин ефективних розв'язків. Вивчається можливість зведення цих задач до однокритеріальних.

ПАРАЛЕЛЬНІ ВПОРЯДКУВАННЯ З ПЕРЕРИВАННЯМИ

Турчина В.А. vaturchina@mail.ru, **Зозуля Ю.С.** just_julia@i.ua
 Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Серед задач дискретної оптимізації, які вивчаються в теорії розкладів, розрізняють задачі, в яких дозволяються переривання у виконанні завдань, і задачі, в яких переривання заборонені [1]. В даній роботі розглядаються узагальнені задачі паралельного впорядкування вершин орграфів та досліджується вплив переривань на оптимальність розв'язків.

В класичних постановках задач паралельного впорядкування, а саме у випадку, коли час виконання всіх задач однаковий, переривання не покращують розв'язок. Тому в роботі розглядається узагальнена задача паралельного впорядкування, яка формулюється наступним чином.

Задано граф $G = \{V, U\}$, де $V = \{1, 2, \dots, n\}$ – множина вершин, а U – множина дуг. Цей граф задає відношення часткового порядку виконання робіт. Кожній вершині поставлено у відповідність час виконання t_i . У загальному випадку часи виконання різні.

Впорядкування S множини V вершин графу G називається паралельним впорядкуванням вершин орграфу G , якщо з того, що $(i, j) \in U$ слідує, що i розташовано в S лівіше за j [2].

Будемо називати впорядкування оптимальним, якщо воно або при заданій довжині має мінімальну ширину, або при заданій ширині має мінімальну довжину. Позначимо описані задачі відповідно $S(G, l, h)$ та $S(G, h, l)$.

Актуальним є питання виділення підкласу графів, для яких оптимальні розв'язки належать до класу упорядкувань з перериваннями. Умови, що сформульовані в нижченаведеній теоремі, виділяють такий підклас.

Спочатку дещо змінимо алгоритм побудови впорядкувань $\underline{S}$ та $\overline{S}$. Алгоритм побудови впорядкування $\underline{S}$:

1. Вважаємо в S всі місця пустими. $k := 1$.

2. В оргграфі G шукаємо вершини, які не мають вхідних дуг і записуємо їх на i -те місце в S . $t_i = t_i - 1$. Якщо $t_i = 0$ - викреслюємо ці вершини та дуги, що з них виходять. Граф, що залишився, позначимо G' .

3. Якщо множина вершин графу G' пуста, то кінець.

4. $k := k + 1$, йдемо на крок 2, обираючи в якості оргграфу G оргграф G' .

З аналогічними змінами будуємо впорядкування $\bar{S}$. Позначимо $\bar{\mu}_i^s$ - крайнє ліве положення вершини i в упорядкуванні $\bar{S}$, $\bar{\mu}_i^f$ - крайнє праве положення вершини i в упорядкуванні $\bar{S}$, $\underline{\mu}_i^s$ - крайнє ліве положення вершини i в упорядкуванні $\underline{S}$, $\underline{\mu}_i^f$ - крайнє праве положення вершини i в упорядкуванні $\underline{S}$.

Задано граф $G = \{V, U\}$. Розглянемо узагальнену задачу $S(G, 2, l)$ (час виконання робіт в загальному випадку різний).

Теорема. Якщо в графі G є підграф $\bar{G} = \{\bar{V}, \bar{U}\}$, такий, що:

1. $\exists j \in \bar{V}: t_j = 1$, при цьому ця робота може виконуватися одночасно з деякою іншою роботою з $\bar{V}$;

1.1. $\sum_{j \in \bar{V}} t_j = m$, m – довільне ціле число, $m > 1$; 1.2 $\exists i \in V \setminus \bar{V}: t_i = m$;

2. $\min_{j \in \bar{V}} \underline{\mu}_j^s = \bar{\mu}_i^s + 1$;

3. $\exists r \in V \setminus \bar{V}$, r безпосередньо слідує за вершиною з максимальним допустимим часом завершення серед всіх вершин $\bar{V}$, тобто $\max_{t \in \bar{V}} \bar{\mu}_t^f$;

а також в G немає вільних вершин, то оптимальне впорядкування належить до класу впорядкувань з перериваннями.

Висновки: в роботі вперше виділено підклас графів, оптимальні паралельні впорядкування для яких належать класу впорядкувань з перериваннями для узагальненої задачі.

Бібліографічні посилання:

1. Лазарев А.А. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы / А.А. Лазарев, Е.Р. Гафаров. – М.: МГУ, 2011. – 222 с.
2. Бурдюк В.Я. Алгоритмы параллельного упорядочения / В.Я. Бурдюк, В.А. Турчина. – Днепропетровск, - 1985. – 84 с.

ЛП-ЗАДАЧА РЕГУЛЮВАННЯ БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТЕЙ ЕНЕРГОСИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ СПОЖИВАЧІВ-РЕГУЛЯТОРІВ

Фесюк О.В., sasha.fesyuk@gmail.com

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ

Задача регулювання балансу потужностей енергосистеми з використанням споживачів-регуляторів (СР) є однією із основних задач енергетики. Для розв'язку цієї задачі в роботі [1] пропонується використовувати пропорційний, пропорційно-диференціальний, та пропорційно-інтегрально-диференціальний закони. Вони мають ряд своїх переваг та недоліків. Одним з недоліків є складність розв'язання задач такого типу, зокрема тих, які містять близько 100 енергоблоків і стільки ж СР (див. [1] та інші роботи цієї тематики).

Тому, для розв'язку цієї задачі пропонується математична модель у вигляді задачі лінійного програмування (ЛП), яка представлена далі:

$$f_{opt} = \min \sum_{i=1}^N \left(\sum_{t=1}^T c_i x_{i,t} + \sum_{t=1}^{T-1} z_{i,t} \right) \quad (1)$$

при обмеженнях

$$-z_{i,t} \leq x_{i,t+1} - x_{i,t} \leq z_{i,t}, \quad i=1, \dots, N, \quad t=1, \dots, T-1, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{i,t} - \sum_{j=1}^R y_{j,t} s_j = E_t, \quad t=1, \dots, T, \quad y_{j,t} \in \{0;1\}, \quad (3)$$

$$p_i^{low} \leq x_{i,t} \leq p_i^{up}, \quad i=1, \dots, N, \quad t=1, \dots, T, \quad (4)$$

$$\sum_{t=1}^T y_{j,t} \geq M_j, \quad j=1, \dots, R, \quad (5)$$

$$-d_{i,t} \leq x_{i,t+1} - x_{i,t} \leq d_{i,t}, \quad i=1, \dots, N, \quad t=1, \dots, T-1, \quad (6)$$

$$\sum_{t=1}^T d_{i,t} \leq \Delta_i, \quad i=1, \dots, N. \quad (7)$$

Цільова функція (1) задає сумарні витрати умовного палива на вироблення електроенергії, де N – кількість паралельно працюючих енергоблоків, T – тривалість планового періоду, c_i – витрати умовного палива

на вироблення одиниці електричного навантаження, $x_{i,t}$ – невідоме електричне навантаження i -го енергоблоку в інтервалі t планового періоду. Обмеження (2) моделюють негладкі обмеження для мінімізації зміни потужності енергоблоків в (1). Обмеження (3) гарантують виконання плану по генерації електричної енергії у кожному інтервалі планового періоду, де E_t – планове електричне навантаження енергосистеми, R – кількість СР, s_j – потужність j -го СР. Обмеження (4) означають, що для кожного i -го енергоблоку та кожного інтервалу t його електричне навантаження $x_{i,t}$ вибирається із діапазону $[p_i^{low}; p_i^{up}]$ електричних навантажень, p_i^{low} – нижня допустима межа завантаження енергоблоку. Обмеження (5) вказує на необхідну кількість годин роботи M_j кожного СР протягом доби. За допомогою обмежень (6)–(7) моделюються негладкі обмеження на маневреність енергоблоків, Δ_i – параметр, який обмежує для i -го енергоблоку зміну потужності при переході з періоду в період.

Методи розв’язання, реалізація на мові моделювання AMPL та програмна реалізація інтерфейсу користувача такі ж, як в роботі [2].

Для дослідження математичної моделі (1)–(7) взято 100 енергоблоків потужністю від 150 МВт до 800 МВт ТЕС та ТЕЦ, 24 часові інтервали, які відповідають добовому графіку споживання електроенергії ОЕС України за 15.11.2014. Також, взято 100 СР потужністю від 14 МВт до 112 МВт, для кожного СР – $M_j = 16$.

Ця задача була розв’язана програмою Gurobi із NEOS-сервера за 6.64 с і похибкою $3.58e-06$, що вказує на можливість використання даного методу при вторинному та третинному регулюванні балансу потужностей енергосистеми.

1. **Дрёмин И.В.** Исследование режимов работы автоматической системы регулирования частоты и мощности с регулируемыми генераторами // Проблемы загальної енергетики. – 2011. – Вип. 1(24). – С. 11–18.
2. **Лиховид О.П.** Оптимальне завантаження енергосистеми з відключенням енергоблоків / О.П.Лиховид, О.В. Фесюк, А.В. Івлічев // Теорія оптимальних рішень. – Київ: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. – 2013. – С. 102–107.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УПАКОВКИ ГОМОТЕТИЧНЫХ ОДИНАКОВО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЭЛЛИпсоИДОВ

Хлуд О. М., hlud.olga@mail.ru, Суббота И.А.

Институт проблем машиностроения НАН Украины, Харьков

Задачи упаковки и раскроя (Cutting and Packing) относятся к классу NP-сложных и являются предметом исследования вычислительной геометрии, а методы их решения – новым направлением теории исследования операций. Несмотря на то, что задача упаковки сфер давно является предметом теоретических и практических исследований, интерес к исследованию задачи упаковки эллипсоидов возрос лишь в последние несколько лет. Этот класс задач имеет широкий спектр научных и практических применений. Например, при разработке высокопрочных керамических материалов, выращивании кристаллов, моделировании структуры жидкостей, кристаллов и стекла, моделировании движения и прессования сыпучих веществ, в термодинамике при переходе жидкостей в кристаллическую форму, а так же в современной биологии при моделировании размещения хромосом в ядрах человеческих клеток.

В данной работе рассматривается задача в следующей постановке. Имеется набор гомотетичных одинаково ориентированных эллипсоидов E_i , $i \in I_n = \{1, 2, \dots, n\}$. Положение E_i в пространстве R^3 определяется переменным вектором трансляции $u_i = (x_i, y_i, z_i)$. В качестве контейнера Ω рассматривается: либо кубоид P переменной длины a , ширины b и высоты c , либо эллипсоид E с переменным коэффициентом гомотетии λ . В зависимости от вида контейнера рассматриваются следующие функции цели: $F = a \cdot b \cdot c$, если $\Omega \equiv P$, $F = \lambda$, если $\Omega \equiv E$.

Задача. Упаковать набор эллипсоидов $\{E_i(u_i), i \in I_n\}$, в контейнер Ω так, чтобы функция цели F достигала своего минимального значения.

Строится математическая модель в виде задачи нелинейного программирования с применением метода phi-функций Стояна. Для поиска локальных минимумов используется метод мултистарта и оптимизационная процедура, включающая алгоритм построения допустимых стартовых точек и специальный алгоритм перехода от одного локального экстремума к другому. Таким образом, предложенный алгоритм позволяет свести задачу с числом неравенств $O(n^2)$ к последовательности задач с числом неравенств $O(n)$. Приводятся результаты численных экспериментов.

МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ КОШІ З РОЗРИВНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Худа Ж.В., Литвин Т. М.

Дніпродзержинський державний технічний університет

Залишається актуальним питання побудови схем наближеного розв'язку задач з заданими початковими умовами, які мали б більш високу точність у порівнянні зі стандартними кусочно-поліноміальними схемами.

Авторами розглянуто питання відшукування наближеного розв'язку задачі Коші для лінійного диференціального рівняння другого порядку із змінними коефіцієнтами

$$y'' + p(x)y' + q(x)y = f(x), \quad (1)$$

$$y(0) = y_0, \quad y'(0) = y'_0. \quad (2)$$

Для $x \in R_+$ коефіцієнти рівняння (1) – $p(x)$, $q(x)$, $f(x)$ можуть мати розриви першого роду в точках τ_i ($i = \overline{1, k}$, $k > 1$), $0 < \tau_1 < \tau_2 < \dots < \tau_k < T = \tau_{k+1}$ (k – кількість точок розриву), а на інтервалах (τ_i, τ_{i+1}) $q(x), f(x) \in L_\infty^4(\tau_i, \tau_{i+1})$, $p(x) \in L_\infty^5(\tau_i, \tau_{i+1})$. Проведено дискретизацію моделі (1)-(2). Параметри дискретної моделі визначені таким чином, що отриманий наближений розв'язок задачі (1)-(2) має більш високу точність в порівнянні з методами розв'язання подібних задач, які використовувалися раніше.

На кожному проміжку $[\tau_i, \tau_{i+1}]$ ($i = \overline{1, k}$, $k > 1$) введемо розбиття

$$\Delta_{N_{i+1}} = \left\{ x_{m_i+j} = jh_i + \tau_i; \quad h_i = \frac{\tau_{i+1} - \tau_i}{N_{i+1}}, \quad \tau_i = x_{m_i} < \dots < x_{m_i+N_i} = \tau_{i+1}, \quad j = \overline{0, N_{i+1}} \right\}$$

так, що $h_{i+1} = h_i + O(h_i^2)$. Розбиття проведемо таким чином, щоб точки розриву τ_i були вузлами колокації.

Розв'язок задачі (1) – (2) шукаємо у вигляді кубічного сплайна

$$S_3(x) = \sum_{i=-1}^{\infty} C_j^i B_3\left(\frac{x}{h} - i\right), \quad x \in [0, nh], \quad n \in N, \quad (3)$$

де $B_3\left(\frac{x}{h}-i\right)$ - нормований кубічний В-сплайн. Коефіцієнти сплайну $S_3(x)$ позначимо C_j^i , де $i=\overline{1,k}$ - номер точки розриву, а $j=\overline{0, N_{i+1}}$, N_{i+1} - кількість ділянок розбиття відрізка $[\tau_i, \tau_{i+1}]$. Початкові умови є обчислені значення сплайну із попереднього проміжку в точці $x_{m_i} = \tau_i$. Тоді система для визначення коефіцієнтів сплайну $S_3(x)$ на проміжку $[\tau_i, \tau_{i+1}]$ має вигляд

$$\begin{cases} \frac{C_{-1}^i + 4C_0^i + C_1^i}{6} = y_{m_i} - D_{N_i} h_i^5; & C_1^i - C_{-1}^i = 2h_i y'_{m_i} + 2F_{N_i} h_i^5; \\ \frac{\Delta^2 C_j^i}{h^2} (1 + \eta_j \frac{h_i^2}{12}) + (p_{m_i+j} + \alpha_j \frac{h_i^2}{12}) \frac{C_{j+1}^i - C_{j-1}^i}{2h_i} + \\ + (q_{m_i+j} + \beta_j \frac{h_i^2}{12}) \frac{C_{j+1}^i + 4C_j^i + C_{j-1}^i}{6} = f_{m_i+j} + \theta_j \frac{h_i^2}{12}, \end{cases} \quad (4)$$

де $\eta_i = \mu_i(p_i'^2 - 2p_i' - q_i)$; $\alpha_i = \mu_i(p_i q_i' + p_i p_i' - p_i'' - 2q_i')$; $\beta_i = \mu_i(q_i' p_i - q_i'')$; $\theta_i = \mu_i(p_i f_i' - f_i'')$; $(i \geq 1)$ $\mu_1 = \frac{11}{6}$; $\mu_2 = \frac{4}{6}$; $\mu_3 = \mu_4 = \dots = 1$. (5)

$$\begin{aligned} F_{N_i} &= \frac{1}{144} p_{m_i} y_{m_i}^{(4)} - \frac{1}{72} y_{m_i}^{(5)} + F_{N_{i-1}}, \\ D_{N_i} &= \frac{N_i - 3}{144} y_{m_i}^{(4)} p_{m_i} - \frac{N_i + 5}{120} y_{m_i}^{(4)} + N_i F_{N_{i-1}} + D_{N_{i-1}}, \end{aligned} \quad (6)$$

Доведено, що точність вищенаведеного методу $O(h^4)$, $h = \max\{h_i\}$

Теорема. Нехай $q(x), f(x) \in L_{\infty(\tau_i, \tau_{i+1})}^4$, $p(x) \in L_{\infty(\tau_i, \tau_{i+1})}^5$, тоді, якщо $y_* \in L_{\infty(\tau_i, \tau_{i+1})}^6$ - точний розв'язок задачі (1)-(2) і сплайн $S(x)$ подано у вигляді (3), де $C_j^i = (i=\overline{1,k}; j=\overline{-1, N_{k+1}})$ є розв'язком системи (4) тоді при $h \rightarrow 0$ виконується нерівність

$$\begin{aligned} \|y_* - S\|_{C_{[0,nh]}} &\leq Ah^4 + Bnh^5 + nO(h^6) \quad (n=1,2..) \\ \text{де } A &= \left\| \frac{y_*^{(4)}}{384} \right\|_{C_{[0,nh]}}; \quad B = \left\| \frac{y_*^{(5)}}{20} - \frac{1}{72} y_*^{(4)} p + F_N + D_N \right\|_{C_{[0,nh]}}. \end{aligned}$$

СКОРОЧЕННЯ ПРОСТОРУ ОЗНАК ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ПІД ЧАС РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

Челядіна А.С., nastya.drzh@gmail.com, Мацуга О.М., molgan@ua.fm
Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Проведення регресійного аналізу часто вимагає попереднього скорочення простору ознак. У роботі для цього пропонується метод головних компонент, завдяки якому також можливо досягти незалежності предикторів. Розглядається як класичний, так і ядерний варіанти методу [1]. У класичному варіанті головні компоненти представляють собою лінійну комбінацію вихідних ознак, а під час застосування ядерного можливо одержати нелінійні компоненти.

Створено програмне забезпечення **reduce_dimen**, ядро якого склали такі обчислювальні процедури:

- виділення головних компонент, використовуючи класичний і ядерний варіанти методу;
- обчислення відносної долі сумарної дисперсії, поясненої виділеними головними компонентами;
- стандартизації даних з метою приведення їх до єдиного масштабу;
- регресійного аналізу за вихідними ознаками або головними компонентами.

Програмне забезпечення було апробовано на реальних даних психологічного тестування 62 пацієнтів, у ході якого було зафіксовано 43 показники. Застосування ядерного варіанту методу головних компонент дозволило скоротити кількість предикторів з 43 до 16, і завдяки цьому побудувати регресійну залежність показника обмеження життєдіяльності від одержаних предикторів.

1. **Scholkopf B.** Kernel Principal Component Analysis / B. Scholkopf, A. Smola, K.-R. Muller // *Advances in kernel methods*. – MA, 1999. – P. 327-352.

МЕТОДИКА РЕАЛІЗАЦІЙ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ НА БОРТУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Чирков А.В., artem.chyrkov@i.ua
Національний авіаційний університет

Основною складністю при розробці програмних рішень для обробки даних на борту безпілотного літального апарату (БПЛА) є той факт, що перевірка різних методів, підходів та алгоритмів безпосередньо на БПЛА з багатьох причин не є доцільною. Тому розробка виконується на персональних комп'ютерах розробників, а на БПЛА тестується фінальна реалізація.

Головна проблема такого підходу – різні архітектури персональних комп'ютерів (ПК) (x86 або x64) та одноплатних комп'ютерів, що використовуються на борту БПЛА (переважно ARM-архітектури). Через це виникають задачі, по-перше, оптимізації програмного коду, і, по-друге, підтримки оптимальних версій для обох архітектур.

Можна зазначити, що найбільш використовувані на ПК операційні системи (ОС) сімейства Windows не є оптимальним варіантом для розробників програмного забезпечення для різних архітектур: по-перше, вони платні, по-друге, вони не можуть бути встановлені на одноплатних комп'ютерах із архітектурою ARM (крім останніх версій).

Альтернативою є ОС сімейства Linux, наприклад, ОС Ubuntu. Перевагами для вирішення вказаних вище задач є наявність версій як для x86/x64, так і для ARM; зручність оновлення, в тому числі системи на борту БПЛА; зручність програмування та встановлення специфічних бібліотек для обробки програмного забезпечення (порівняно з ОС сімейства Windows).

Наступною проблемою є вибір мови програмування. Вимоги – наявність компілятора для обох указаних архітектур, його адекватність при створенні виконуваного файлу, наявність оптимізатора (бажано), наявність інтерфейсів на даній мові програмування у використовуваних бібліотек та широка

розповсюдженість (для підвищення імовірності пошуку рішення локальних проблем, що обов'язково виникають під час розробки). Всім указаним вимогам відповідають мови програмування C та C++ [1]. Серед них на практиці доцільно обрати мову C++ як більш зручну при розробці об'ємних проектів.

Вказані вище вимоги до мови програмування наведені для кінцевого варіанту програмної реалізації, в той час як на етапі розробки вимоги по наявності компілятора для різних архітектур та вбудованій можливості оптимізації не є суттєвими; натомість з'являється вимога про швидкість написання програмного коду, зокрема швидкість реалізації рутинних операцій (завантаження даних з файлу, робота з графічними форматами, наявність реалізованих специфічних рутинних операцій, таких як підрахунок статистичних характеристик вибірки, наявність типу даних «багатовимірний масив» тощо). У випадку використання для розробки ОС сімейства Linux прийнятним варіантом, що відповідає вказаним вимогам, є мова програмування Python [2].

Таким чином, для реалізації програмних рішень для обробки даних на борту БПЛА можна надати такі рекомендації: ОС сімейства Linux на комп'ютері розробника, аналогічна система на борту БПЛА, виконання досліджень із використанням мови програмування Python, написання кінцевого варіанту програмної реалізації мовою програмування C++. Запропонований підхід використовується при розробці методів обробки даних з камери цільового призначення БПЛА на кафедрі прикладної математики Національного авіаційного університету; суттєвих недоліків та складностей під час використання не виявлено.

Список літератури:

1. Are there any programming languages understood by all operating systems, if so what? [електронний ресурс] // Режим доступу: <http://programmers.stackexchange.com/questions/189757/> – Загл. з екрану (20.10.2015).
2. What are the advantages of Python over C++? [електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.quora.com/What-are-the-advantages-of-Python-over-C++> – Загл. з екрану (20.10.2015).

ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЇ ІЗОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАСШТАБОВАНOSTІ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ

Чорна А. О., anastasiyachorna@mail.ru

Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

При вирішенні різних математичних задач, наприклад, рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь або диференціальних рівнянь, однією з основних та трудомістких операцій є матричний добуток. Тому для більш швидкого вирішення були розроблені паралельні алгоритми, використовувані на різних топологіях: 2D-тор і гіперкуб.

Розробка паралельних програм в якості своєї мети враховує не тільки зменшення часу виконання, але й забезпечення можливості розв'язання задач великої розмірності. Тому однією з найважливіших властивостей паралельної програми є її масштабованість [1]. Дослідження масштабованості паралельних програм важливе, тому що використання найпотужніших суперкомп'ютерів виправдано тільки, якщо програма ефективно розподіляє обчислення. Тому постає питання пошуку критерію якості, за яким можна було б порівнювати їх масштабованість. Відомі такі підходи оцінки масштабованості паралельного алгоритму, як масштабування прискорення, послідовна частина, ізошвидкісна міра, рівні умови продуктивності тощо [2]. З усіх методів оцінки не можна вибрати один, який був би кращим, ніж інші, тому що різні методи підходять для різних ситуацій. У даній роботі досліджується масштабованість різних паралельних алгоритмів для паралельних архітектур за умови збереження ефективності, тобто буде досліджуватися збільшення розміру проблемної задачі із зростанням числа процесорів. Тому в якості методу оцінки масштабованості був обраний ізоефективний аналіз [3]. Його особливістю є те, що в одному рівнянні лаконічно фіксуються характеристики паралельного алгоритму і паралельної архітектури, на якій реалізований алгоритм.

В роботі розраховуються функції ізоефективності паралельних алгоритмів Кеннона, Фокса, DNS. Ідея алгоритмів Кеннона і Фокса полягає в зміні схеми початкового розподілу блоків перемножуваних матриць між процесорами обчислювальної системи [2]. Алгоритм DNS використовується для даних, які відображаються на тривимірну решітку. Через те, що алгоритм DNS використовує набагато менше циклів для обчислення матричного добутку, зроблено модифікацію алгоритму Кеннона (Cannon Modify, CM) для розташування m^3 процесорів в тривимірному кубі.

Для усіх розглянутих алгоритмів пораховано функції загальних накладних витрат для топологій 2D-тор і гіперкуб. На їх основі виведено функції ізоефективності. Функція ізоефективності алгоритмів DNS та модифікації Кеннона для топології гіперкуб:

$$m = \sqrt{\frac{-2t_s \sqrt[3]{p^2}}{t_w}}.$$

Функції ізоефективності алгоритмів Кеннона і Фокса:

$$\begin{aligned} \text{— топологія 2D-тор: } m &= \sqrt{\frac{t_s p (2\sqrt{p}-3)}{t_w (\frac{p}{2}+3-3\sqrt{p})}}, \\ \text{— гіперкуб: } m &= \sqrt{\frac{t_s p (\sqrt[3]{p}(\log_2 \sqrt[3]{p}-3)+3)}{t_w (2\sqrt[3]{p^2} \log_2 \sqrt[3]{p}-3\sqrt[3]{p} \log_2 \sqrt[3]{p})}}. \end{aligned}$$

Отже, за допомогою функцій ізоефективності було визначено ступень масштабованості алгоритмів та отримані пріоритетні області застосування алгоритмів залежно від розмірності задачі та кількості процесорів.

Список літератури

1. Назарова И. А. Анализ масштабируемости параллельных алгоритмов численного решения задачи Коши / И. А. Назарова // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – 2009. – № 10. – С. 21-26.
2. Anshul Gupta. Analyzing scalability of parallel algorithms and architectures. / Gupta A., Kumar V. // Technical Report TR 91-18. Computer science Department, University of Minnesota, 1993. To Appear in Journal of Parallel and Distributed Computing.
3. Gupta A., Kumar V. Scalability of parallel algorithm for matrix multiplication // Technical report TR-91-54, Department of CSU of Minneapolis, 2001. – P. 1-211.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ПЕРЕДРУЙНУВАННЯ ДЛЯ МІЖФАЗНОЇ ТРІЩИНИ У ПОЛІ ЗСУВНИХ НАПРУЖЕНЬ

Шевельова А. Є., allasheveleva@i.ua

Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара (www.dnu.dp.ua)

Композиційні матеріали мають виключно важливе значення для технічного прогресу. Руйнування цих матеріалів найчастіше ініціюється тріщинами, які розташовані в областях поділу матеріалів (міжфазними тріщинами). Тому проблема вивчення міжфазної тріщини є першочергово важливою.

Однією з моделей міжфазної тріщини, що дозволяє встановити можливість її розвитку, є модель, яка заснована на відомій δ_k -моделі Леонова–Панасюка–Дагдейла. Вона була запропонована стосовно тріщини в однорідному матеріалі. В даній роботі проводиться узагальнення δ_k -моделі для тріщини між двома ізотропними матеріалами у випадку зсувного навантаження, а також пропонується відповідний критерій руйнування композитних матеріалів з міжфазними тріщинами.

Нехай на продовженнях міжфазної тріщини на інтерфейсі мають місце зони передруйнування, в яких дотичне напруження дорівнює межі плинності на зсув. З використанням представлень переміщень та напружень через одну кусково-аналітичну функцію поставлена проблема зведена до крайової задачі Діріхле

$$\operatorname{Re}\left(i F_1^{\pm}(x)\right) = -\frac{\tau(x)}{g(1+\gamma)} \text{ для } -d < x < d, F_1(x)\Big|_{x \rightarrow \infty} = 0.$$

для кусково-аналітичної функції $F_1(x)$, для якої виписано точний аналітичний розв'язок. З цього розв'язку отримано вирази для напружень та стрибків переміщень на лінії поділу матеріалів, визначено довжину зони передруйнування. Знайдені відносні довжини зон передруйнування, стрибки переміщень у залежності від інтенсивності зсувного напруження на нескінченності і механічних властивостей матеріалів.

ІНВАРІАНТНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ЦИФРОВИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДВОВИМІРНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ

Шевченко В.Ю., Гнатушенко В.В., vitalionka@mail.ru

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Однією з проблем комплексного використання даних, одержаних різними космічними системами є обробка зображень, сформованих з різними масштабами та в різних спектральних діапазонах [1]. У зв'язку з цим становить значний інтерес дослідження діапазонів інваріантного сприйняття, тобто діапазонів з різними параметрами зображень об'єктів, при яких кількісні характеристики процесу їх сприйняття залишаються незмінними. Не дивлячись на простоту формулювання, дана проблема досі не вирішена. Відомі інваріантні до повороту зображення ознаки у вигляді семи моментних інваріантів і амплітуд кругових гармонік. Однак вони не містять повної інформації про зображення. Робилися численні спроби знайти інваріантне до повороту подання зображення шляхом розкладання його в ряд в полярній системі координат. Однак можна показати, що однозначним чином прив'язати полярну вісь до довільного зображення неможливо. Отже, таке подання зображення не може бути однозначним. Більшість запропонованих алгоритмів для побудови системи ознак, інваріантної до афінних перетворень зображення, використовуює значний обсяг складних перетворень та обробки даних таких як: перетворення Фур'є, побудова авторегресійних моделей, обчислення коваріаційних матриць, виділення "скелету", морфологічна декомпозиція, побудова ієрархічної піраміди зображення та інші. Крім складностей для реалізації, використання таких алгоритмів має обмеження в системах реального масштабу часу. Тому робота присвячена побудові алгоритму розпізнавання зображень, який є інваріантним до обертання й масштабування. Запропоновано об'єднати методи підвищення інформативності первинних космічних знімків, лог-полярного та двовимірного вейвлет-перетворень, що дозволяє істотно скоротити обсяг вхідних даних і забезпечити високу точність розпізнавання.

Пропонується після паншарпенінгу первинних багатоканальних даних [1] конвертувати отримане зображення у $S \times R$ лог-полярне, при цьому змінювати тільки координати розташування пікселів. Потім формуються логарифмічно-полярне зображення [2]:

$$x(i, j) = p \left(i, \left[\frac{\log_2(j+2)}{\log_2(R+2)} \right] * \left[\frac{N}{2} \right] \right), \quad (1)$$

де $i=0, \dots, S-1$ і $j=0, \dots, R-1$...

Отримане лог-полярне зображення надалі піддається дискретному вейвлет-пакетному перетворенню. Можлива кількість рівнів розкладання зображення обчислювалася як: $p \leq \min \{ \log_2(N) \}$.

Нами проаналізовано можливості алгоритму на зображеннях високого просторового розрізнення зі супутника Worldview-2, які пов'язані між собою афінним перетворенням. Тестування показали, що алгоритм підвищує достовірність розпізнавання, при цьому враховує дрібнотекстурні особливості зображення, поданого до аналізу, і може використовуватися для правильного розпізнавання образів, що відрізняються по ракурсу зйомки.

Запропонований метод інваріантного розпізнавання багатоканальних зображень може знайти застосування при обробці сканерних знімків, одержуваних з камер, встановлених на супутниках і на рухомих літальних апаратах. Описаний підхід відрізняє висока точність та швидкість обробки даних.

Бібліографічні посилання

1. **Hnatushenko V.V.** Pansharpening technology of high resolution multispectral and panchromatic satellite images / Vik.V. Hnatushenko, O.O. Kavats, V.Yu. Shevchenko / Науковий вісник НГУ. – 2015. – № 4 (148). – С. 91-98.
2. **Меркулова К.В.** Автоматизована система визначення життєздатності клітин (на прикладі культивованих фібробластів) : дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / Донецький національний ун-т. – Донецьк, 2005.

ЗАДАЧА ВЗАЄМОДІЇ ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОГО ТІЛА ТА РІДИНИ ВИСОКОГО ТИСКУ

Шумельчик К.І., Кузьменко В.І., shumelchyk@gmail.com

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Проблема взаємодії деформівних тіл із рідиною високого тиску пов'язане із низкою конструкторських та технологічних проблем у різних галузях техніки. Однією з таких проблем є проблема знаходження напружено-деформованого стану в околі рідких та газоподібних корисних копалин у земній корі, які знаходяться під значним тиском. Результати такої задачі можна використовувати при моделюванні процесів видобування нафти та газу.

Для більшості задач, у яких розглядається контактна взаємодія деформівного тіла та рідини, обирається лінійний зв'язок між тиском та густиною речовини, що дозволяє звести задачу до розв'язання інтегральних рівнянь. Оскільки у даній роботі використовується припущення про не лінійність цього зв'язку, то розв'язання ґрунтується на числових методах.

Робота присвячена побудові математичної моделі взаємодії пружно-пластичного тіла, яке містить щілину з рідиною в умовах істотно високого тиску. Побудована методика числового розв'язання задачі та аналізу характерних особливостей сумісного деформування рідини та пружно-пластичного тіла.

Розглядається плоска деформація пружно-пластичного тіла. Використовується теорія малих пружно-пластичних деформацій. Тіло вважаємо закріпленим знизу та з боків, верхня частина знаходиться під дією важкого штамп. Переміщення нижньої границі штамп вважаємо відомими. Всередині тіла міститься щілина, вщерть заповнена ідеальною стисливою рідиною. Тіло знаходиться під дією тиску на берега щілини, а також під дією гравітаційних сил.

Взаємодія між деформівним тілом та рідиною подається у вигляді варіаційної задачі. Розв'язання крайових задач для деформівного тіла ґрунтується на формулюванні задач у вигляді варіаційних нерівностей [1].

Будується ітераційний процес змінного січного модуля, на кожному кроці якого розв'язується задача теорії пружності. Алгоритм числового розв'язання для задачі пружного тіла ґрунтується на варіаційному підході. Дискретизація здійснюється за допомогою методу скінченних елементів, а розв'язання задач умовної оптимізації – за допомогою узагальненого методу послідовної верхньої релаксації.

На основі створеного алгоритму розроблені програмні засоби для знаходження напружено-деформованого стану пружного тіла для досить широкого кола задач. Наводиться числовий розв'язок конкретної задачі плоскої деформації пружно-пластичного з щільною, яке знаходиться під дією твердого штампу. Досліджено вплив дії штампу на напружено-деформований стан тіла.

Результати роботи можуть бути використані для математичного моделювання стану гірських порід навколо родовищ рідких та газоподібних корисних копалин.

Бібліографічні посилання

1. **K. Shumelchyk, V. Kuzmenko.** Coupled problems of interaction of deformable bodies and liquid of high pressure // Mechanics and Control Vol.32, No.4 - AGH University of Science and Technology Press, Krakow, 2013. - p. 136-142.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВ ИТ- ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

Щегляк И.С., dp101093sis1@gmail.com

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара (www.dnu.dp.ua)

Главная цель банковского маркетинга – получение максимальных доходов – может быть обеспечена за счет обоснованного использования мобилизованных банком денежных ресурсов, рационального управления активами и эффективным размещением привлеченных банком средств.

В данной работе представлена модель прибыли коммерческого банка. Модель представим в виде уравнения целевой функции следующего вида:

$$\text{Доходы} - \text{расходы} = \text{Прибыль} \rightarrow \max \quad (1)$$

При этом доходы можно представить следующим образом:

$$\text{Доходы} = \sum_{i=1}^N S_i D_i ,$$

где s_i – стоимость i -го банковского продукта или услуги $i = 1, \dots, N$; D_i – количество i -го банковского продукта, предоставленного банком за период времени T ; N – количество банковских продуктов, предоставленных клиентам.

Стоимость банковского продукта определяется себестоимостью, характеризующей расходы банка на создание и реализацию данного продукта. Расходы представим в виде:

$$\text{Расходы} = F(X_1, X_2, \dots, X_R),$$

где F – функция себестоимости; $X_1, X_2, \dots, X_R$ – параметры. Совокупные расходы банка можно представить в виде суммы:

$$F(IT, AHD, PERS, OPER)) = S_{IT} + S_{AHD} + S_{PERS} + S_{OPER} , \quad (2)$$

где S_{IT} – компонент себестоимости, связанный с ИТ-деятельностью; S_{AHD} – компонент себестоимости, определяемый административно-хозяйственной деятельностью банка; S_{PERS} – компонент себестоимости, связанный с оплатой труда сотрудникам; S_{OPER} – компонент себестоимости, связанный с операционной деятельностью.

Учет расходов, которые связаны напрямую с информационной деятельностью, основывается на финансовом мониторинге информационных активов в виде:

$$B_j = \beta_{j1}D_1 + \beta_{j2}D_2 + \dots + \beta_{jl}D_l, \quad (3)$$

где D_k – расходы банк за k -й информационный актив, $k = 1, \dots, L$; B_j – расходы банка за j -й ИТ-сервис (ИТС); β_{jk} – доля участия k -го ИТ-актива (ИТА) в j -м ИТС, $\beta_{jk} \in [0; 1]$; L – количество ИТА.

Зависимость между информационными сервисами и банковскими продуктами можно представить в виде: $A_i = \alpha_{i1}\beta_1 + \alpha_{i2}\beta_2 + \dots + \alpha_{im}\beta_m$, где β_j – расходы банка на j -й информационный сервис, $j = 1, \dots, m$; A_i – расходы банка на i -й банковский продукт (услугу) в части ИТС; α_{ij} – доля участия j -го информационного сервиса в i -м банковском продукте, $\alpha_{ij} \in [0; 1]$; m – количество ИТС.

Тогда с учетом доходов и расходов банка на создание и реализацию банковского продукта целевая функция будет иметь вид:

$$\text{Прибыль} = \sum_{i=1}^N (D_i S_i - \sum_{j=1}^M A_{ij} (\sum_{k=1}^L B_{jk} X_k)) \rightarrow \max, \quad (5)$$

где X_k – расходы банка на k -й информационный актив ($k = 1, \dots, L$) за период времени T ; B_{jk} – доля участия k -го ИТА в j -м ИТС, $B_{jk} \in [0; 1]$; L – количество ИТА; A_{ij} – доля участия j -го ИТС в i -м банковском продукте или услуге, $A_{ij} \in [0; 1]$; M – количество ИТС.

Сформулированная задача (5) дополняется системой ограничений:

$$P_{(t)} = \sum_{k=1}^L X_{k(t)}; 0,04 \leq \left(\frac{P_{(t)}}{P_{(t-1)}} - 1 \right) \leq 0,2; R_{imin}^* \leq R_{i(t)} \leq R_{imax}^*;$$

$$\frac{P_{(t)}}{\text{Расходы банка}(t)} < 0,25; O_{i(t)} = \frac{\text{Прибыль}_{i(t)}}{\text{Актив}_{i(t)}}; O_{imin}^* \leq O_{i(t)} \leq O_{imax}^*,$$

где $P_{(t)}$, $P_{(t-1)}$ – прирост совокупной стоимости владения ИТА за периоды времени T и $(T - 1)$; $X_{k(t)}$ – расходы на k -й ИТА ($k = 1, \dots, L$) за период времени T ; R_i – рентабельность i -го банковского продукта или услуги с заданным целевым интервалом показателя $[R_{imin}^*; R_{imax}^*]$ за период времени T ; O_i – доходность за период времени T .

ЕКСТРАКЦІЯ ОЗНАК СТРУКТУРИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ

Якимчук А.А., alia.yakimchuk@gmail.com, Мельник Р.А.
Національний університет «Львівська політехніка»

Розроблено програмний засіб, який дозволяє візуально зафіксувати місце дефекту, тобто різницю між вхідними зображеннями поверхонь металів.

Метою роботи є дослідження залежностей обрахованих значень для обраних ознак від розміру опрацьованих сегментів та залежність значень концентрації на певному рівні.

Огляд проблематики

Людському сприйняттю притаманне стиснення динамічного діапазону зображуваної сцени та обмежене сприйняття кольору. Людське око може вирахувати незначні деталі з великого спектрального діапазону і навіть невеличкі зміни яскравості. Таким чином, процес контролю якості має бути автоматизований, що покращить якість продукції протягом технологічного процесу. Тому, для виправлення вказаних недоліків, існує потреба у розробленні системи для визначення різних характеристик зображення, які можуть виявити відхилення від відповідного зразка за допомогою застосування певних алгоритмів.

Принцип роботи

Для реалізації даної програмної системи застосовується алгоритм визначення різниці значень відповідних сегментів двох зображень, які попередньо були фрагментовані за вказаним користувачем розміром (рис. 1).

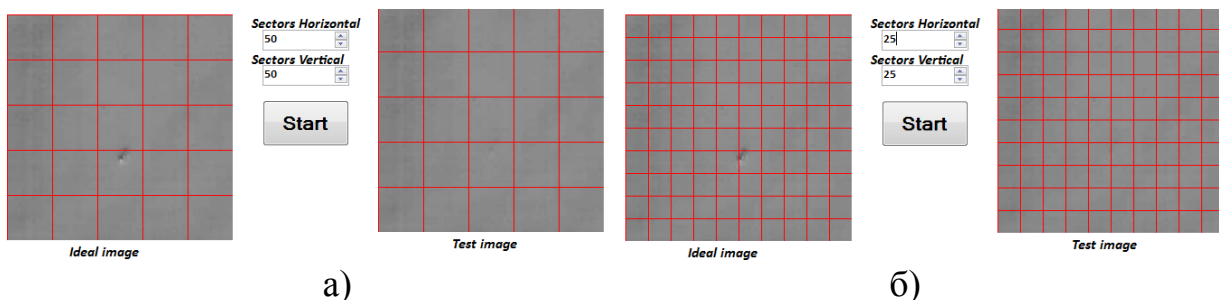


Рис.1. Приклад поділу зображень (а - 50х50, б – 25х25)

Для наглядного відображення місця дефекту будуються графіки для обраних ознак [1-3], таких як:

- Інтенсивність. Для перетворення використовується алгоритм BT709, який враховує особливості сприйняття людиною, тобто більшу чутливість до зеленого кольору і меншу до синього:

$$Y_p = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$$

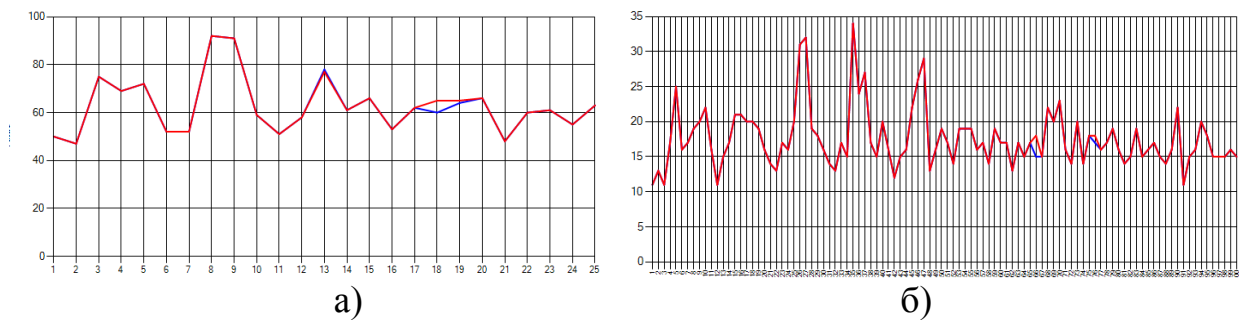


Рис.2. Приклад інтенсивності для двох зображень (а - 50x50, б – 25x25)

- Дисперсія інтенсивності пікселів:

$$\bar{I}(s) = 1/k_s \sum_{i \in I(s)} I_i(s)$$

$$E^2(I(s)) = 1/k_s \sum_{i \in 1, \dots, s} (I(i) - \bar{I}(s))^2$$

- Концентрація кольору $K_C = S_C * \sqrt{S_C} / L_C$

- Шорсткість поверхні - середнє арифметичне відхилення профілю.

Отже, в ході наукових досліджень в рамках магістерської кваліфікаційної роботи здійснено:

1. аналіз характеристики (інтенсивність кольору, дисперсія інтенсивності, концентрація кольору, шорсткість поверхні);
2. аналіз впливу розміру сегменту на обрахунки наведених ознак;
3. аналіз характеристик, для виділення місця дефекту;

Як розвиток даної системи планується збільшити кількість алгоритмів та етапів їх застосування.

Бібліографічні посилання

1. **H. Nezamabadi-pour, E. Kabir** "Image retrieval using histograms of unicolor and bicolor blocs and directional changes in intensity gradient" // Pattern Recognition Letters, vol. 25, n. 14, p. 1547-1557, 2004.
2. **J. Liu, X Zhou, W.Y. Ma** "Extraction of texture features from arbitrary-shaped regions for image retrieval, International Conference on Multimedia and Expo" p. 1891–1894, 2004.
3. **M. Varma, A. Zisserman** "A statistical approach to texture classification from single images", Int. Journal of Computer Vision, vol. 62, no. 1-2, pp. 61-85, 2005.

ЗМІСТ

1.	Андрєєв В.А., Земляна С.В. ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ МОВЛЕННЯ	4
2.	Апкарян В.О., Білобородько О.І. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОРТИВНИХ ПОДІЙ	6
3.	Ахметшина Л.Г., Егоров А.А., Ахметшин К.А. СЕГМЕНТАЦИЯ ПОЛУТОНОВЫХ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ НЕЧЕТКОЙ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ	8
4.	Бабенко Ю.В., Михалёв А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ АККУМУЛИРУЮЩЕГО БУНКЕРА	10
5.	Багрій Р.О., Бармак О.В., Крак Ю.В., ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СКЕЛЕТУ РУКИ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ СТІЙКО РОЗДІЛЬНИХ КОНФІГУРАЦІЙ ПРИ АЛЬТЕРНАТИВНІЙ КОМУНІКАЦІЇ	12
6.	Базилевич Ю. Н. МЕТОДЫ ТОЧНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ	14
7.	Байбуз О.Г., Сидорова М.Г., Долгишев В.С. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ МЕДИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ХВОРИХ ПРИ ПОСТАНОВЦІ ДІАГНОЗУ	16
8.	Байбуз О.Г., Сидорова М.Г., Полонська А.Є. ЗАСТОСУВАННЯ АНСАМБЛЕВОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ	17
9.	Баланенко І.Г. ЗАДАЧІ АПРІОРНОГО СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНИХ КЕРУВАНЬ ДЛЯ ВИРОДЖЕНИХ ПАРАБОЛІЧНИХ РІВНЯНЬ	19
10.	Бармак О.В., Крак Ю.В., Мазурець О.В. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ У НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ	20
11.	Беляев Н. Н., Цыганкова С. Г. ЧИСЛЕННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗА АЭРОИОННОГО РЕЖИМА В ПОМЕЩЕНИЯХ	22
12.	Blyuss O., Shevchenko T. ON COMBINING CLASSIFIERS IN OVARIAN CANCER DETECTION PROBLEM	24
13.	Богомаз В.М., Богомаз О.В., Нечай І.В. ПРО ІСНУВАННЯ РОЗВ'ЯЗКІВ В ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ ЕЛІПТИЧНИХ ВАРІАЦІЙНИХ НЕРІВНОСТЕЙ	25
14.	Бойко Л.Т., Тогобицька Д.М. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РЕГУЛЯРИЗАЦІЇ ТИХОНОВА В ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧАВУНУ ТА ЦІЛАКУ	26
15.	Борис В.В. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПОШУКУ КЛАСТЕРІВ В БАЗАХ ДАНИХ НА ОСНОВІ ЧИСЕЛЬНО-СИМВОЛЬНИХ КРИТЕРІЇВ	27
16.	Боровик М.О., Сердюк М.Є. ПРО ЗАДАЧУ БЕЗШОВНОГО НАКЛАДЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ЇЇ ПРОГРАМНУ РЕАЛІЗАЦІЮ	29
17.	Василенко О.В. ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ	31
18.	Василенко О.В. МОДЕЛЮВАННЯ МУЛЬТИДОМЕННИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В ЕСAD	32

19.	Верба О.В., Земляна С.В., Пігіряков Д.В. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ ТА ОБЛІКУ ДОКУМЕНТАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ВІДДІЛУ	34
20.	Волошко Л. В., Волошко В. Л. АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАХОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ В ЗАДАЧІ ДЛЯ НЕОДНОРІДНОГО БІГ АРМОНІЧНОГО РІВНЯННЯ	36
21.	Вольфсон С. Я., Черницька О. В. ПОБУДОВА СТАНДАРТНОЇ ФУНКЦІЇ ДВОХ ЗМІННИХ	38
22.	Галкін О.А. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ -КЛАСИФІКАТОРА НА ОСНОВІ ЙМОВІРНІСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ДАНИХ	40
23.	Гарт Л.Л. ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЕКЦИОННОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРНОГО УРАВНЕНИЯ	42
24.	Гиль Н.И. ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЛИПСОВ	45
25.	Гнускіна М.О., Кузьменко В.І. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ЗНАХОДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ НА ПОВЕРХНІ ТІЛА	47
26.	Goldobin Denis S. THEOREM ON MONOTONICITY OF OIL DISTILLATION	48
27.	Goldobin Denis S. and Pimenova Anastasiya V. NOISE-PRODUCED PATTERNS IN IMAGES CONSTRUCTED FROM MAGNETIC FLUX LEAKAGE DATA	49
28.	Горбонос С.О. ПРО АПРОКСИМАЦІЮ НЕВАРІАЦІЙНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ПАРАБОЛІЧНИМИ РІВНЯННЯМИ	50
29.	Гребенник И.В., Коваленко А.А., Урняева И.А., Шеховцов С.Б. КОМБИНАТОРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ БАЛАНСНОЙ КОМПОНОВКИ 3D-ОБЪЕКТОВ	52
30.	Грицюк Ю.І., Грицюк П.Ю. РЕАЛІЗАЦІЯ КРИПТОГРАФІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ $G(L)$ -МАТРИЦЬ ФІБОНАЧЧІ	53
31.	Громов В.А., Комиссарова А.И. СТАТИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛА СЛОВ В ТЕКСТАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКОВ	55
32.	Гук М.К. МОНИТОРИНГ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОКАЗАНИЙ САН-ШИНЫ	56
33.	Гук Н.А., Литвин А.Ю. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОБУЧАЮЩЕ-ТРЕНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ	58
34.	Гук Н.А., Степанова Н.И. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ТОНКОСТЕННОЙ СИСТЕМЕ МЕТОДОМ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ	60
35.	Гура В.В. ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ РИЗИКУ	62
36.	Долгіх А.О., Білобородько О.І. ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВОГО РЯДУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ	63
37.	Долгов В. М., Гриценко А. С., Шевелєва Я. В. УСПІШНІСТЬ СТУДЕНТІВ В КОНТЕКСТІ САМООРГАНІЗАЦІЇ	65
38.	Долгов В. М., Солоп Т.О. ПРО ДЕЯКІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ СТУДЕНТСЬКИХ РОБІТ НА ПРЕДМЕТ ПЛАГІАТУ	67
39.	Ефимов В.Н. О ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ РАЗЛИЧНЫХ УЧЕБНЫХ КУРСОВ ПО ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ	69

40.	Задорожний С. В., Земляна С. В. РЕАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ CQRS TA EVENT SOURCING	71
41.	Zaikin A. NOISE AND INTELLIGENCE IN SYNTHETIC GENETIC CIRCUITS	73
42.	Зайцева Т. А., Фридман А.Д. МЕТОД ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ В КОНТАКТНОЙ ПРОБЛЕМЕ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ	74
43.	Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. ФОРСАЙТ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ НА СЕРЕДНЬОСТРОКОВУ І ДОВГОСТРОКОВУ ПЕРСПЕКТИВУ	75
44.	Зиновеева М.И. О МЕРЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ БИМАТРИЧНОЙ ИГРЫ	78
45.	Золотько К.Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ИНТЕРФЕЙСА ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ	79
46.	Іродов В.Ф., Ткачова В.В., Чорноморець Г.Я. ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПОШУК РІШЕНЬ ЗАДАЧ СИСТЕМОГО АНАЛІЗУ У ТЕПЛОПОСТАЧАННІ З ТРУБЧАСТИМИ ГАЗОВИМИ НАГРІВАЧАМИ	81
47.	Іртегов А.Е. МОДЕЛІ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ПІДЗЕМНИХ ВОД	83
48.	Каревіна Н. П., Бердник М.Г. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ТЕПЛООБМІНУ РІДИНИ, ЯКА ОБЕРТАЄТЬСЯ	85
49.	Карпов О. Н. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ, АРТИКУЛЯЦИИ И МИМИКИ В РЕЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ	87
50.	Катан В.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО УДАРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕГРАЛОВ В СМЫСЛЕ КОНЕЧНОЙ ЧАСТИ АДАМАРА	88
51.	Кірзєєв А.О., Мацуга О.М. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ ВИСОКОЇ РОЗМІРНОСТІ	89
52.	Киселева Е.М., Гарт Л.Л., Довгай П.А. НЕКОТОРЫЕ АГОРИТМЫ ПОИСКА НАИМЕНЬШЕГО ЧИСЛА ЭЛЕМЕНТОВ ВРЕМЕННОГО РЯДА В ЗАДАЧЕ ЧИСЛЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ	90
53.	Kiseleva E.M., Prytomanova O.M., Blyuss O.B. NEURO-FUZZY TECHNOLOGIES IN CANDIDATE BIOMARKERS TESTING IN BREAST CANCER	91
54.	Киселева Е.М., Притоманова О.М., Журавель С.В. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕДИФФЕРЕНЦИРУЕМОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ	92
55.	Кісельова О.М., Стрєєва В.О. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ СУЧАСНИХ ВІДДІЛЕНЬ ЗВ'ЯЗКУ, ЩО НАДАЮТЬ РІЗНІ ВИДИ ПОСЛУГ	94
56.	Kovalenko A., Romanova T., Pankratov A. OPTIMAL LAYOUT PROBLEMS WITH BEHAVIOR CONSTRAINTS	96
57.	Козакова Н.Л., Ламзюк В.Д., Петрова Е.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ УПРУГОЙ ПОЛУПОЛОСЫ	97
58.	Козюк В.А., Притоманова О.М. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДИНАМІЧНИХ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	98
59.	Колєчкіна Л.М., Гриценко С.Є. ЕФЕКТИВНІСТЬ АЛГОРИТМУ МОДИФІКОВАНОГО КООРДИНАТНОГО МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ КОМБІНАТОРНИХ ЗАДАЧ ЗА УМОВИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОСТІ	100

60.	Коробанов А.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ПРЯМОГО ПОШИРЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАД СЕРЦЯ	103
61.	Корчинский В.М. МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ ТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	105
62.	Костра В.В. ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВВОДА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ	107
63.	Кравець П.О. СТОХАСТИЧНА ІГРОВА ЗАДАЧА СИНХРОНІЗАЦІЇ ПОДІЙ	108
64.	Крак Ю.В., Коваль Ю.В., Летичевський Є.Ф. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ У СИСТЕМАХ ЖЕСТОВОГО ІНТЕРФЕЙСУ ЛЮДИНА-КОМП'ЮТЕР	110
65.	Кривонос Ю.Г., Крак Ю.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ПІДСИЛЮВАЛЬНОЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ КОМУНІКАЦІЇ	112
66.	Кривцун Е. В., Козин И.В., Батовский С.Е. ЭВОЛЮЦИОННО-ФРАГМЕНТАРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА	114
67.	Кузенков О.О. КЛАСИФІКАЦІЯ БІФУРКАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗА УМОВИ ВИРОДЖЕНОСТІ КОВИМІРНОСТІ >1	116
68.	Кузнєцова М.О., Яковенко О.Г. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ БАНКІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	118
69.	Курочкін В.М. ОЦІНКА ВРОЖАЙНОСТІ ЗА ДАНИМИ АЕРОФОТОЗЙОМКИ НА ОСНОВІ ГІСТОГРАМИ РОЗПОДІЛУ КОЛІРНОЇ Y-КОМПОНЕНТИ	120
70.	Ламзюк В.Д., Хамхотько О.С. О НЕПОЛНОМ КОНТАКТЕ НЕОДНОРОДНОГО СЛОЯ С МНОГОСЛОЙНЫМ ОСНОВАНИЕМ	122
71.	Лапко А.В., Провотар О.А. МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ УМОВНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	123
72.	Левандович М. В., Білас О. Є. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ PAIR – WISE ТЕСТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЙОГО ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ	125
73.	Лозовська Л.І., Андрєєв Є.О. РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ ЗА ЦЕНТРАМИ КУЛЬ ПОКРИТТЯ	127
74.	Ломага М.М., Семенова Н.В. ЗВЕДЕННЯ КВАДРАТИЧНИХ ЛЕКСИКОГРАФІЧНИХ ЗАДАЧ ДО ПОСЛІДОВНОСТІ НЕРІВНОСТЕЙ В ЛЕКСИКОГРАФІЧНОМУ ПОРЯДКУ	129
75.	Луценко О.П., Байбуз О.Г. ІНТЕГРАЦІЯ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ СТАНУ ВАЛЮТНОЇ БІРЖІ ДО СКЛАДУ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТОРГІВЕЛЬНИХ СИСТЕМ	131
76.	Маслова Н.О., Завольнюк М.А. ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНОК СКЛАДНОСТІ ОДНОВИМІРНИХ АЛГОРИТМІВ ПРИ РОЗВ'ЯЗУВАННІ ЗАДАЧ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ	133
77.	Матвєєва Н.О., Лазаренко Ю.В. ОБРОБКА СИГНАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	134
78.	Мацуга О.М., Краснощока А.В. ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ	136

79.	Melnikov Yuri A. A GREEN'S FUNCTION MODIFICATION OF THE FUNCTIONAL EQUATION METHOD FOR SOLUTION OF SOME INVERSE BOUNDARY-VALUE PROBLEMS ARISING IN ENGINEERING	137
80.	Меньшиков Ю.Л. О КРИТЕРИИ АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ	138
81.	Міщук Д.Д. РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗКЛАДУ В СФЕРІ WEB-ПРОГРАМУВАННЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДУ	140
82.	Молчановский О.И., Знахуренко В.П. THE PROBLEM OF MAKING RECOMMENDATIONS ON THE CHOICE OF GIFTS	141
83.	Морозов О.О. ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ	144
84.	Наконечная Т.В., Никулин А.В. ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ВЫСШЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКЕ	146
85.	Насіров Е.М. БЛОЧНО-ДИАГОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ФАКТОРИЗАЦІЇ РОЗРІДЖЕНИХ МАТРИЦЬ	148
86.	Нечипір Н.І., Левус Є. В. ОПРАЦЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ НЕСТРУКТУРОВАНИХ ТА СТРУКТУРОВАНИХ ДАНИХ АЛГОРИТМОМ APRIORI	150
87.	Нічіков Є.П. ГЕОПРИВ'ЯЗКА АЕРОФОТОЗНІМКІВ НА КАРТУ МІСЦЕВОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛОКАЛЬНИХ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ СПЛАЙНІВ	152
88.	Нужна С.А., Гранкіна Т.О. ОПТИМАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СОЦІОЛОГІЧНИХ ДАНИХ	153
89.	Ободан Н.И., Магас А.С. ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ НА РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ТИПА КАРМАНА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	155
90.	Ободан Н.И., Фещенко А.С. ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА В ОСОБЫХ ТОЧКАХ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ ТИПА КАРМАНА	157
91.	Онищенко О.Ф., Байбуз О.Г. ПОШУК ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИПАДКОВИХ ЛІСІВ	159
92.	Панасенко А., Білобородько О.І. РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ФАЗОВОГО КОДУВАННЯ ТА ЭХО-СИГНАЛУ ДЛЯ ВБУДОВУВАННЯ ПОВІДОМЛЕНЬ	161
93.	Pankratov A., Romanova T. CUTTING AND PACKING PROBLEMS FOR IRREGULAR OBJECTS WITH CONTINUOUS ROTATIONS	163
94.	Pankratov A., Romanova T., Khlud O. QUASI-PHI-FUNCTIONS OF ELLIPSOIDS	164
95.	Pankratov A., Romanova T., Chugay A., Stoyan Yu.E. PACKING OF CONVEX POLYTOPES INTO A CUBOID OF MINIMAL VOLUME TAKING INTO ACCOUNT DISTANCE CONSTRAINTS	166
96.	Пасічник А. М., Пасічник В. А., Дравненков Д, І. НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ	167
97.	Pashchenko V.O. THE THEORETIC BASIS OF DATA HANDLING TECHNOLOGY FOR THE ELECTROMAGNETIC PROBING OF ORTHOTROPIC COMPOSITES	169
98.	Петльований В.В. РОЗРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПСЕВДОГОЛОГРАФІЧНИХ РОЗГОРТОК ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	171
99.	Петрук Є.С., Сердюк М.С. ПРО ВИКОРИСТАННЯ ПІДХОДУ LEVEL OF DETAILS ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ВЕЛИКОГО РОЗМІРУ	173

100. Pimenova Anastasiya V. and Denis S. Goldobin MAGNETIC FLUX LEAKAGE METHOD: LARGE-SCALE APPROXIMATION	175
101. Pichugina O.S. PROJECTING ON DISCRETE SETS INSCRIBED INTO A SPHERE AND APPLICATIONS	176
102. Плащенко С.О., Кузьменко В.І. ЗВ'ЯЗАНА ЗАДАЧА ДЛЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО РІВНЯННЯ СОФІ ЖЕРМЕН	177
103. Полєжаєва А.В., Зайцева Т.А. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	178
104. Притоманова О.М., Кулініч Ю.А. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ НА РИНКУ ПРАЦІ В ІТ ГАЛУЗІ	179
105. Провотар О.О. НЕЧІТКІ СИСТЕМИ ЛОГІЧНОГО ВИВЕДЕННЯ В ЗАДАЧАХ ДІАГНОСТИКИ	181
106. Ротгауз Є.В. УЗГОДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПАРАЛЕЛЬНИХ ФОРМ АЛГОРИТМУ І ПАРАЛЕЛЬНИХ УПОРЯДКУВАНЬ	183
107. Ризоль О.О., Мацуга О.М. ПОБУДОВА ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ НА ОСНОВІ ПОЛІНОМУ ДРУГОГО ПОРЯДКУ	185
108. Ryabenko A.E., Denisenko A.I., Tereshenko E.V. MULTICRITERIA FORMULATION OF THE PROBLEM OF FINDING THE OPTIMAL STRUCTURE OF INVESTING IN PRECIOUS METALS	186
109. Севериновська О.Л., Земляна С.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДАНИХ ДЛЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ	188
110. Сегеда Н.Є. ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ДИНАМІЧНИХ БІБЛІОТЕК МОВОЮ АСЕМБЛЕРА	190
111. Семенова Н.В., Лебєдєва Т.Т., Сергієнко Т.І. ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ ВЕКТОРНИХ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ	191
112. Семенюта Д. В. ТОПОЛОГИЧЕСКИ НЕЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С ПРАВОЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ И ИРРАЦИОНАЛЬНОЙ ЧАСТЬЮ	201
113. Сирик С.Ф. КОНЦЕПЦИЯ МАРШРУТИЗАЦИИ	203
114. Сігалю В.С. ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ РОБОЧИХ СЕРЕДОВИЩ	205
115. Скоробогатова І.Д., Мацуга О.М. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ МЕДИЧНИХ ДАНИХ З РІЗНОТИПНИМИ ОЗНАКАМИ	207
116. Соколова Н.О. ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗДАНИЯ НА ГИСТОГРАММУ СПУТНИКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ	209
117. Сосницкий А.В. УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ	211
118. Степанова М.П., Варех Н.В. ПРО АСИМПТОТИЧНУ ПОВЕДІНКУ РОЗВ'ЯЗКІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ СИСТЕМ З ВІДХИЛЕННЯМ АРГУМЕНТУ	213
119. Стецюк П.И. ДВЕ ЗАДАЧИ О КРАТЧАЙШЕМ -ВЕРШИННОМ ЦИКЛЕ	215
120. Стоян Ю.Г., Пацук В.Н. МЕТОД ПОКРЫТИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОНГРУЭНТНЫМИ КРУГАМИ И ОРИЕНТИРОВАННЫМИ ЭЛЛИПСАМИ	222
121. Stoyan Yu., Romanova T., Pankratov A., Chugay A. PACKING AND CUTTING PROBLEMS: MATHEMATICAL MODELING AND NONLINEAR OPTIMIZATION	224

122. Stoyan Yu.G., Yaskov G.N. A MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMAL PACKING OF UNEQUAL SPHERES INTO A SPHERE	226
123. Суриков В.Е., Беляев В.П. ОПТИМИЗАЦИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СПОРТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ МЕТОДАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	228
124. Тарануха В. Ю. ВЛАСТИВОСТІ ЗГЛАДЖЕНОЇ N-ГРАМНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ СЛОВ'ЯНСЬКИХ МОВ, ЗАСНОВАНОЇ НА КЛАСАХ	230
125. Тимофієва Н.К. ПРО ДОВЕДЕННЯ ЗБІЖНОСТІ АЛГОРИТМІВ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ	231
126. Трухан С.В., Бідюк П.І. ТЕОРІЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ЯК ІНСТРУМЕНТ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ	233
127. Турчина В.А., Гранкіна Н.О. УЗАГАЛЬНЕННЯ ЗАДАЧ ПАРАЛЕЛЬНОГО УПОРЯДКУВАННЯ НА ВИПАДОК ДВОХ КРИТЕРІЇВ	235
128. Турчина В.А., Зозуля Ю.С. ПАРАЛЕЛЬНІ ВПОРЯДКУВАННЯ З ПЕРЕРИВАННЯМИ	237
129. Фесюк О.В. ЛП-ЗАДАЧА РЕГУЛЮВАННЯ БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТЕЙ ЕНЕРГО-СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ СПОЖИВАЧІВ-РЕГУЛЯТОРІВ	239
130. Хлуд О. М., Суббота И.А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УПАКОВКИ ГОМОТЕТИЧНЫХ ОДИНАКОВО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЭЛЛИПСОИДОВ	241
131. Худа Ж.В., Литвин Т. М. МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ КОШІ З РОЗРИВНИМИ ПАРАМЕТРАМИ	242
132. Челядіна А.С., Мацуга О.М. СКОРОЧЕННЯ ПРОСТОРУ ОЗНАК ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ПІД ЧАС РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ	244
133. Чирков А.В. МЕТОДИКА РЕАЛІЗАЦІЙ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ НА БОРТУ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ	245
134. Чорна А. О. ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЇ ІЗОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАСШТАБОВАНOSTІ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ	247
135. Шевельова А. Є. МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ПЕРЕДРУЙНУВАННЯ ДЛЯ МІЖФАЗНОЇ ТРІЩИНИ У ПОЛІ ЗСУВНИХ НАПРУЖЕНЬ	249
136. Шевченко В.Ю., Гнатушенко В.В. ІНВАРІАНТНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ЦИФРОВИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДВОВИМІРНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ	250
137. Шумельчик К.І., Кузьменко В.І. ЗАДАЧА ВЗАЄМОДІЇ ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОГО ТІЛА ТА РІДИНИ ВИСОКОГО ТИСКУ	252
138. Щегляк И.С. ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВ IT- ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА	254
139. Якимчук А.А., Мельник Р.А. ЕКСТРАКЦІЯ ОЗНАК СТРУКТУРИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ	256