

# Інтелектуальний Метод Розпізнавання Найближчої Пари в Нечітких Умовах

Сергій Нестеренко

кафедра комп'ютерних систем та мереж  
Одеський національний політехнічний університет  
Одеса, Україна  
san@onpu.ua

Олеся Дадерко

кафедра комп'ютерних систем та мереж  
Одеський національний політехнічний університет  
Одеса, Україна  
o.daderko@gmail.com

Ігор Саух

кафедра нафтогазового та хімічного машинобудування  
Одеський національний політехнічний університет  
Одеса, Україна  
isaukhl@gmail.com

## Intelligent Method for Recognizing the Closest Pair in Fuzzy Conditions

Serhii Nesterenko

Department of Computer Systems and Networks  
Odessa National Polytechnic University  
Odessa, Ukraine  
san@onpu.ua

Olesya Daderko

Department of Computer Systems and Networks  
Odessa National Polytechnic University  
Odessa, Ukraine  
jqutel@gmail.com

Ihor Saukh

Dept. of Oil, Gas and Chemical Mechanical Engineering  
Odessa National Polytechnic University  
Odessa, Ukraine  
isaukhl@gmail.com

*Анотація*—Показано, що парні органи багатьох технічних пристроїв, а також пари римованих слів у лінгвістиці, пари учасників експедицій і багато чого іншого має потребу в ретельному відборі при їхньому складанні та заміні, тому що багато схованих, нечітких параметрів у них можуть бути далекі. Запропоновано алгоритм інтелектуального методу розпізнавання найближчої пари в кінцевій безлічі однотипних об'єктів у нечітких умовах. Випробування методу на реальних об'єктах підтвердили його технічну ефективність.

*Abstract*—It has been shown that paired bodies of many technical devices, as well as a pair of rhymed words in linguistics, a pair of expedition participants, and much more, require careful selection during their assembly and replacement, since many

hidden, fuzzy parameters in them may be distant. The algorithm of the intelligent recognition method of the nearest pair in the finite set of the same type objects in the fuzzy conditions is proposed. Tests of the method on real objects confirmed its technical efficiency.

*Ключові слова*—найближчі пари, нечіткі умови, розпізнавання образа, інформаційна складова, автомобільні колеса

*Keywords*—closest pairs, fuzzy conditions, image recognition, information component, automobile wheels

### I. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Автомобільний транспорт має найважливіше значення для функціонування суспільного виробництва та життя

людей. Однак при цьому він є головним глобальним джерелом забруднення навколишнього середовища. На його частку доводиться до 60 – 80 % забруднення, а в районах найбільшого зосередження людей – до 90 – 95 %. Основна причина забруднення повітря полягає в неповному і нерівномірному згорянні палива. Усього 15 % його витрачається на рух автомобіля, а 85 % «летить на вітер». До того ж камери згоряння автомобільного двигуна – це своєрідний хімічний реактор, що синтезує отруйні речовини та викидає їх в атмосферу. У відпрацьованих газах двигуна внутрішнього згоряння міститься понад 170 шкідливих компонентів, з них близько 160 – похідні вуглеводнів, прямо зобов'язані своєю появою неповному згорянню палива у двигуні [1].

Відпрацьовані гази, продукти зношування механічних частин і покришок автомобіля, а також дорожнього покриття становлять біля половини атмосферних викидів антропогенного походження. Найбільш дослідженими є викиди двигуна та картера автомобіля. Крім того, під час експлуатації транспортних засобів утворюється велика кількість твердих відходів, більшу небезпеку серед яких являють собою зношені автомобільні шини, які складно збирати та утилізувати [2].

Однак шини несуть ще одну латентну небезпеку, – якщо суміжна пара шин була споконвічно неоднаковою в деякому змісті (або хтось при ремонті поставив у парі «невідповідну» шину), і навантаження, і реакція на нього стають несиметричними, змушуючи автомобіль реагувати на це погіршенням умов роботи: двигун починає працювати в неоптимальному режимі, – звідси неповне згоряння та підвищення кількості шкідливих вихлопів, шини зношуються нерівномірно і т.д.

## II. АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Автомобіль містить у своєму складі велику кількість «парних» органів. Головними парами з погляду екології є колеса, тому що невірний підбір такої пари приводить і до погіршення умов роботи двигуна, а, отже, – до збільшення шкідливих викидів, і до підвищеного зношування автомобільних покришок і дороги з усіма впливаючими із цього екологічними наслідками.

У той же час паспортні дані та відомі маркування покришок не містять всієї інформації, необхідної для підбору пар. Частина такої інформації схована від користувача (і від виробника!), частина носить стохастичний або нечіткий характер. Тому дослідження, спрямовані на оптимізацію процесу підбору пари «найближчих» по експлуатаційних характеристиках умовних коліс, є досить актуальними.

Авторська розробка присвячена вирішенню важливої наукової і практичної задачі підвищення терміну служби покришок автомобільних коліс і дороги, а також зменшення шкідливих викидів автомобільного двигуна шляхом підвищення рівномірності навантажень на автомобіль при русі за рахунок нового методу підбору близьких за експлуатаційними характеристиками пар покришок.

## III. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ПУБЛІКАЦІЙ

У багатьох додатках людської діяльності зустрічаються ситуації, коли до деякого об'єкта необхідно підібрати пари з кінцевої безлічі однорідних об'єктів. Підбор повинен бути виконаний, шляхом розпізнавання найближчого елемента цієї безлічі по заданому наборі ознак. Передбачається, що розпізнана пара об'єктів буде надалі «працювати» спільно. Прикладами таких пар можуть служити парні елементи комп'ютерів та їхніх аксесуарів [3], радіотехнічних стереосистем [4], метрологічних пристроїв [5] – у техніці, римовані рядки [6] – у поезії, колективи відособлених експедицій [7] – у психології й багато чого іншого.

Якщо ознаки однозначно вимірні або обчислюємі, то розпізнавання є тривіальні. Якщо ж хоча б одна ознака носить стохастичний або не чіткий характер, то завдання нерозв'язне без застосування технологій штучного інтелекту із застосуванням властивих останньому інформаційних технологій. Таким чином, завдання підбору пари є одночасно завданнями розпізнавання образу та завданнями оптимізації, тому що образ шукається найкращий!

Відомо, що при комплектації пар в технічних пристроях рекомендується підбирати їх по найближчих значень характеристик. Однак навіть підбір однакових по маркуванню виробів від одного виробника не гарантує вирішення цієї проблеми. Адже у виробництві всі враховувані параметри «пливуть» в межах допуску, а невраховувані можуть взагалі істотно відрізнятись. Саме це є основними невірними раніше частинами загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.

Запропоновані методи і моделі є новими в розвитку проблем розпізнавання образу і оптимізації. Новизна в розпізнаванні полягає в тому, що для цього запропоновано використовувати метод розпізнавання образів в нечітких умовах, в якому вихідними параметрами служать додаткові нечіткі, отримані експрес методом характеристики, які доповнюють основні паспортні дані шин і створюють певний проміжний псевдовізуальний образ останніх [8]. Далі застосовується один з відомих методів розпізнавання візуальних образів (зображень) [9]. Новизна в оптимізації полягає в застосуванні гібридних методів людино-машинного відбору найкращого варіанту.

Методологічне або загальнонаукове значення безпосередньо впливає з інваріантності запропонованих методів і моделей, що дозволяє прогнозувати їх ефективне використання в різноманітних галузях людських знань.

## IV. ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Підбір пари при «взуванні» автомобіля відбувається у двох випадках: при первинній зборці автомобіля та заміні двох коліс одночасно, а також при заміні одного колеса, коли нове підбирається в парі до старого.

У запропонованому методі всі дані про колеса – учасниках відбору – на першому етапі перетворюються до деякого образу, що за структурою (двомірне поле умовних «яскравостей») нагадує зоровий, але з феноменологічної

точки зору таким не є. Дійсно, цей віртуальний образ у процесі відбору пари ніде не візуалізується: не виводиться на екран або будь-який «твердий» носій [10].

Проте, маючи всі математичні властивості зорового образу або зображення, цей віртуальний образ може бути перетворений одним з відомих способів обробки зображень до числа [11]. По отриманих числах можна виконати ранжировку елементів безлічі образів, а виходить, і безлічі вихідних об'єктів – гумових коліс.

У підсумку вибір найбільш близької пари шин з наявних має такий вигляд (рис. 1).

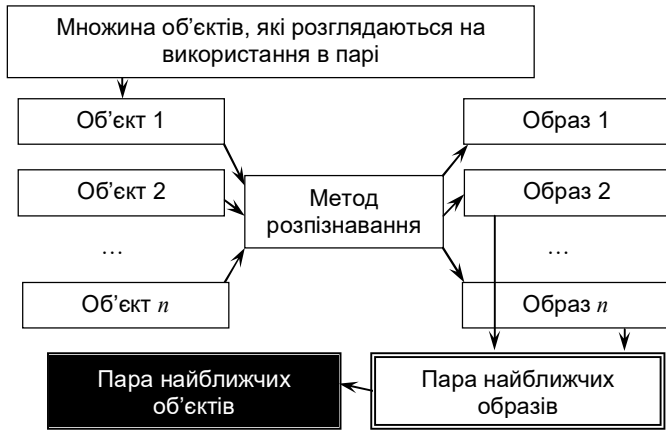


Рис. 1. Вибір найбільш близької пари шин з наявних

У свою чергу, вибір другої шини по відомій першій представлений на рис. 2.

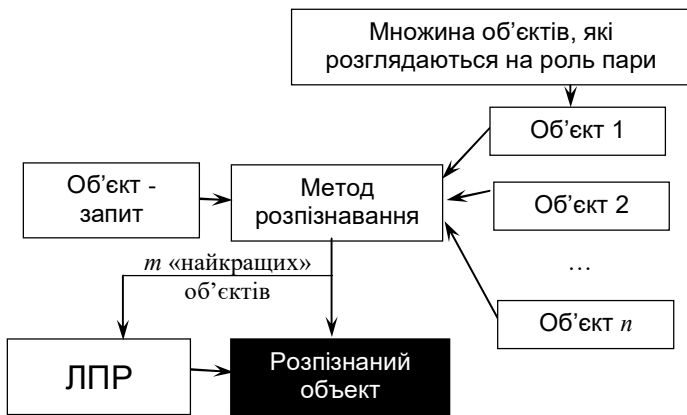


Рис. 2. Схема процесу розпізнавання «найкращого» об'єкта

Природно припустити, що описані методи ефективні тільки в тому випадку, коли характеристики (параметри) елементів безлічі шин виходять за рамки стандартних (детермінованих). До останнього відносяться наступні паспортні параметри (перший список).

Діаметр – визначає товщину гумового шару, вага шини.

Розривне зусилля – визначає напруженість шин, вага шини.

Лінійна маса – визначає щільність армуючого матеріалу, вага шини.

Повне подовження – визначає зміну геометрії шин під навантаженням, здатність пручатися ударним навантаженням.

Адгезія – визначає ступінь закріплення армуючого матеріалу в гумі.

У протилежному випадку всі шини однієї стандартної групи були б математично нерозрізнені, і процедура ранжування втратила б зміст, – числа, що становлять всі образи безлічі, були б рівні. Тому методи розпізнавання образів, що беруть участь у процесах, представлених на рис. 1 та 2, мають потребу в забезпеченні додаткової (стохастичної, нечіткої) інформації.

В якості такої інформації можуть бути використані наступні нечіткі параметри (другий список).

Згинальна твердість – у брекерних шарах шин визначає ходимість шин, рівень опору коченню, разом з величиною розривного зусилля - ваги шин.

Еластичність – характеризує ступінь відновлення металлокордом своєї первісної форми, після того, як він піддався певній деформації.

Втомна витривалість – визначає строк експлуатації шин.

Контактна втома (фреттинг-коррозія) – визначає запас міцності для армуючих матеріалів, що приводить до обважнення шин.

Зусилля анкеровки – визначає зусилля висмикування дротів внутрішніх шарів з оболонки дротів зовнішніх стосовно них шарів. Низький рівень анкеровки знижує показник витривалості та створює проблеми при переробці резинокордового полотна.

Подовження при частковому навантаженні – визначає здатність пручатися ударним навантаженням.

Ємність плоского конденсатора, у якому шина відіграє роль заповнювача простору між обкладками – відбиває щільність, форму та рівномірність заповнення кордом внутрішнього об'єму шини.

Відкладаючи на двомірному полі віднормовані до одиниці значення параметрів першого списку по горизонталі, а другого – по вертикалі, одержимо псевдовізуальний (віртуальний) образ, приклад якого наведений на рис. 3 [9].

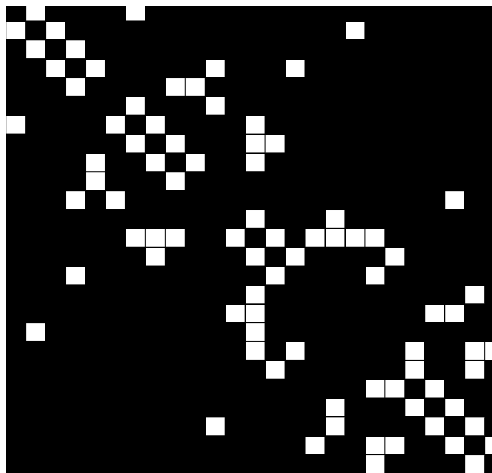


Рис. 3. Псевдовізуальний (віртуальний) образ однієї із безлічі шин, з якого має бути зроблено вибір.

Перетворюючи образ у число, наприклад, за допомогою поля напрямків, одержимо відповідне чисельне значення, що легко піддається ранжуванню та порівнянню [9].

Нечіткі параметри другого списку не можна взяти з паспортних даних або виміряти прямим методом. Вони можуть бути отримані тільки в результаті експерименту: неруйнуючого – для всієї безлічі або руйнуючого (наприклад, висмикування ниток корду) – для вибіркової підмножини [14].

#### Висновки

У результаті аналізу проблем розвитку транспорту встановлено, що істотною небезпекою для навколишнього середовища є складноконтролюєма в експлуатації взаємодія невдало підібраних пар, наприклад, автомобільних шин [4].

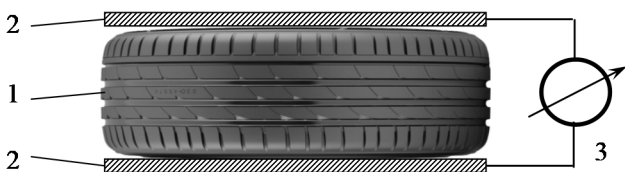


Рис. 4. Схема вимірювання ємності конденсатора з армованою шиною як заповнювач простору між обкладками: 1 - шина; 2 - металеві обкладки; 3 - прилад для вимірювання ємності

Запропоновано додатковий до простого підбору за паспортним даними метод ідентифікації найбільш близьких пар, що полягає в інтелектуальному розпізнаванні образу кожної шини з урахуванням схованих параметрів і формуванні цих пар по близькості отриманих образів.

Запропоновано метод одержання додаткової інформації про сховані характеристики автомобільних шин, що полягає у вимірі ємності конденсатора, у якому досліджувана шина відіграє роль заповнювача простору між його обкладками.

Результати дослідження можуть становити практичний інтерес, перш за все, для автомобілебудівних і автомобілеремонтних підприємств, а також для будь-якого технічного, психологічного та ін. додатку, де проблема підбору пар стоїть особливо гостро. Результати представляють також науковий інтерес в галузі штучного інтелекту (розпізнавання образів) і в області оптимізації об'єктів з нечіткими вихідними даними.

#### ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Забруднення автотранспортом навколишнього середовища. - Доступно: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/zagryaznenie-avtotransportom-okruzhayushhej-sredy/>.
- [2] Шульдякова К.А. Вплив автомобільних шин на навколишнє середовище й здоров'я людини / К.А. Шульдякова // Молодий учений. - 2016. - № 20. - С. 472-477.
- [3] M. SkottOperativnayapam'yat. Modernizatsiya i remont PK. *Upgrading and Repairing PCs.*, М.: Vilyams, 2007, pp. 499-572. Підбор динаміків - Доступно: <https://www.audiomania.ru/content/art-1740.html>.
- [4] Podbor dinamikov - Available: <https://www.audiomania.ru/content/art-1740.html>.
- [5] Stanovskiy O. Compensation of the spatial deviations of measuring elements in CAD / O. Stanovskiy, A. Toropenko, O. Lebedeva, V. Dobrovolska, O. Daderko // Технологічний аудит та резерви виробництва. - 2018. - № 1/2(39). - С. 52-60.
- [6] Становский А.Л. Деякі концепції системи підтримки автоматизованого перекладу віршованого тексту / А.Л. Становский, В.Ю. Поздняков // Праці Одеського політехнічного університету. - 2007. - Спецвыпуск № 2(28). - С. 162-165.
- [7] R. Hollingem, «Doroga k Marsu: kak nabirayut v marsianskie kolonisty» BBC Future, 2015, Available: [http://www.bbc.com/russian/science/2015/01/150127\\_vert\\_fut\\_one\\_way\\_ticket\\_to\\_the\\_red\\_planet..](http://www.bbc.com/russian/science/2015/01/150127_vert_fut_one_way_ticket_to_the_red_planet..)
- [8] Нестеренко С.А. Перетворення структури складної технічної системи йз частково недоступними елементами до зорового образу / С.А. Нестеренко, Ан.О. Становський, А.В. Торопенко, П.С. Швель // Східно-Європейський журнал передових технологій. - Харків, 2015. - № 5/3 (77). - С. 30-35.
- [9] Нестеренко С.А. Розпізнавання стану бездротових комп'ютерних мереж за допомогою тривимірного поля напрямків / С.А. Нестеренко, А.О. Становський, О.О. Оборотова // Технологічний аудит та резерви виробництва. - Харків, 2015. - № 6/2(26). - С. 28-35.
- [10] Поиск пары чисел оптимально близких до заданого константного числа. - Доступно: <https://www.mql5.com/ru/forum/216667>.
- [11] Глушань В.М. Нечіткі моделі й методи многокритеріального вибору в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень / В.М. Глушань, В.П. Карелин, О.Л. Кузьменко // Звістки ЮФУ. Технічні науки Тематичний випуск. - С. 106-113.
- [12] Луцив Д.В. Завдання пошуку нечітких повторів при організації повторного використання документації / Д.В. Луцив, Д.В. Кознов, Х.А. Басяць, А.Н. Терехов // Програмування, 2016. - № 4. - С. 39-49.
- [13] Пименов В.Ю. Обчислювально-ефективний метод пошуку нечітких дублікатів у колекції зображень / В. Ю. Пименов // Доступно: [http://romip.ru/romip2009/09\\_ifm.pdf](http://romip.ru/romip2009/09_ifm.pdf).
- [14] Металлокорд. Steel cord. - Доступно: [http://www.belmet.com/files/products/steel\\_cord.pdf](http://www.belmet.com/files/products/steel_cord.pdf).