

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ БЛИЖАЙШЕЙ ПАРЫ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ

Нестеренко С.А., Дадерко О.И., Саух И.А.

Одесский национальный политехнический университет

пр. Шевченко, 1, 65044, г. Одесса

san@onpu.ua

o.daderko@gmail.com

isaukhl@gmail.com

Показано, что парные органы многих технических устройств, а также пары рифмованных слов в лингвистике, пары участников экспедиций и многое другое нуждается в тщательном отборе при их составлении и замене, т.к. многие скрытые, нечеткие параметры у них могут быть далеки. Предложен алгоритм интеллектуального метода распознавания ближайшей пары в конечном множестве однотипных объектов в нечетких условиях. Испытание метода на реальных объектах подтвердили его техническую эффективность. *Ключевые слова:* ближайшие пары, нечеткие условия, распознавание образа, информационная составляющая, автомобильные колеса.

Екологічна складова інтелектуального метода розпізнавання найближчої пари у нечітких умовах. Нестеренко С.А., Дадерко О.І., Саух І.А. Показано, що парні органи багатьох технічних пристроїв, а також пари римованих слів у лінгвістиці, пари учасників експедицій та багато іншого потребують ретельного відбору при їх складанні та заміні, оскільки багато прихованих, нечітких параметрів у них можуть бути далекі. Запропоновано алгоритм інтелектуального методу розпізнавання найближчої пари у кінцевій множині однотипних об'єктів у нечітких умовах. Випробування методу на реальних об'єктах підтвердили його технічну ефективність. *Ключові слова:* найближчі пари, нечіткі умови, розпізнавання образу, інформаційна складова, автомобільні колеса.

Environmental component of the intelligent recognition closest pair in fuzzy conditions method. Nesterenko S., Daderko O., Saukh I. 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. *Key words:* closest pairs, fuzzy conditions, image recognition, information component, automobile wheels.

Постановка проблемы. Автомобильный транспорт имеет важнейшее значение для функционирования общественного производства и жизни людей. Однако при этом он является главным глобальным источником загрязнения окружающей среды. На его долю приходится до 60–80% загрязнения, а в районах наибольшего сосредоточения людей – до 90–95%. Основная причина загрязнения воздуха заключается в неполном и неравномерном сгорании топлива. Всего 15% его расходуется на движение автомобиля, а 85% «летит на ветер». К тому же камеры сгорания автомобильного двигателя – это своеобразный химический реактор, синтезирующий ядовитые вещества и выбрасывающий их в атмосферу. В отработавших газах двигателя внутреннего сгорания содержится свыше 170 вредных компонентов, из них около 160 – производные углеводородов, прямо обязанные своим появлением неполному сгоранию топлива в двигателе [1].

Отработавшие газы, продукты износа механических частей и покрышек автомобиля, а также дорожные покрытия составляют около половины атмосферных выбросов антропогенного происхождения. Наиболее исследованными являются выбросы двигателя и картера автомобиля. Кроме того, во время

эксплуатации транспортных средств образуется большое количество твердых отходов, большую опасность среди которых представляют собой изношенные автомобильные шины, которые сложно собирать и утилизировать [2].

Однако шины несут еще одну латентную опасность, – если смежная пара шин была изначально неодинаковой в некотором смысле (или кто-то при ремонте поставил в пару «неподходящую» шину), и нагружение, и реакция на него становятся несимметричными, вынуждая автомобиль реагировать на это ухудшением условий работы: двигатель начинает работать в неоптимальном режиме, – отсюда неполное сгорание и повышение количества вредных выхлопов, шины изнашиваются неравномерно и т.д.

Актуальность исследования. Автомобиль содержит в своем составе большое количество «парных» органов. Главными парами с точки зрения экологии являются колеса, так как неверный подбор такой пары приводит и к ухудшению условий работы двигателя, а, следовательно, – к увеличению вредных выбросов, и к повышенному износу автомобильных покрышек и дороги

со всеми вытекающими из этого экологическими последствиями.

В то же время паспортные данные и известные маркировки покрышек не содержат всей информации, необходимой для подбора пар. Часть такой информации скрыта от пользователя (и от производителя!), часть носит стохастический или нечеткий характер. Поэтому исследования, направленные на оптимизацию процесса подбора пары «ближайших» по эксплуатационным характеристикам резиновых колес, являются весьма актуальными.

Связь авторской разработки с важными научными и практическими задачами. Авторская разработка посвящена решению важной научной и практической задачи повышения срока службы покрышек автомобильных колес и дороги, а также уменьшения вредных выбросов автомобильного двигателя путем повышения равномерности нагрузок на автомобиль при движении за счет нового метода подбора близких по эксплуатационным характеристикам пар покрышек.

Анализ последних исследований и публикаций. Во многих приложениях человеческой деятельности встречаются ситуации, когда к некоторому объекту необходимо подобрать пару из конечного множества однородных объектов. Подбор должен быть выполнен путем распознавания ближайшего элемента этого множества по заданному набору признаков. Предполагается, что распознанная пара объектов будет в дальнейшем «работать» совместно. Примерами таких пар могут служить парные элементы компьютеров и их аксессуаров [3], радиотехнических стереосистем [4], метрологических устройств [5] – в технике, рифмованные строки [6] – в поэзии, коллективы обособленных экспедиций [7] – в психологии и многое другое.

Если признаки однозначно измеримы или вычислимы, то распознавание является тривиальным. Если же хотя бы один признак носит стохастический или не четкий характер, то задача неразрешима без применения технологий искусственного интеллекта с применением свойственных последнему информационных технологий. Таким образом, задачи подбора пары являются одновременно задачами распознавания образа и задачами оптимизации, так как образ ищется наилучший!

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья. Известно, что при комплектации пар в технических устройствах рекомендуется подбирать их по ближайшим значениям характеристик. Однако даже подбор одинаковых по маркировке изделий от одного производителя не гарантирует решение этой проблемы. Ведь в производстве все учитываемые параметры «плывут» в пределах допуска, а неучитываемые могут вообще существенно отли-

чаться. Именно это является основными нерешенными ранее частями общей проблемы, которым посвящается данная статья.

Новизна. Предложенные методы и модели являются новыми развитиями проблем распознавания образа и оптимизации. Новизна в распознавании состоит в том, что для этого предложено использовать метод распознавания образов в нечетких условиях, в котором исходными параметрами служат дополнительные нечеткие, полученные экспресс методом характеристики, которые дополняют основные паспортные данные шин и создают некоторый промежуточный псевдовизуальный образ последних [8]. Далее применяется один из известных методов распознавания визуальных образов (изображений) [9]. Новизна в оптимизации заключается в применении гибридных методов человеко-машинного отбора наилучшего варианта.

Методологическое или общенаучное значение непосредственно вытекает из инвариантности предложенных методов и моделей, что позволяет прогнозировать их эффективное использование в разнообразных областях человеческих знаний.

Изложение основного материала. Подбор пары при «обувании» автомобиля происходит в двух случаях: при первичной сборке автомобиля и замене двух колес одновременно, а также при замене одного колеса, когда новое подбирается в пару к старому.

В предлагаемом методе все данные о колесах – участниках отбора – на первом этапе преобразуются к некоторому образу, который по структуре (двухмерное поле условных «яркостей») напоминает зрительный, но с феноменологической точки зрения таковым не является. Действительно, этот виртуальный образ в процессе отбора пары нигде не визуализируется: не выводится на экран или любой «твердый» носитель [10].

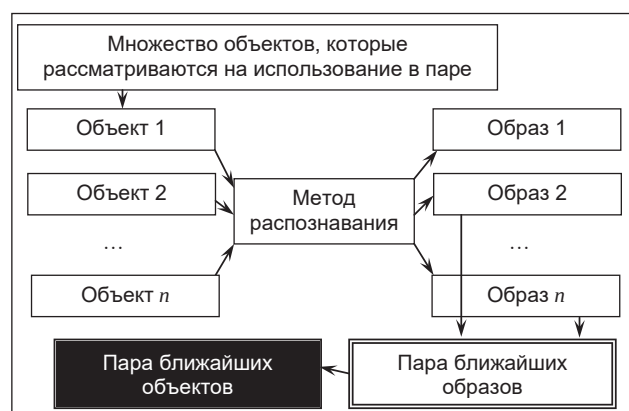


Рис. 1. Выбор наиболее близкой пары шин из имеющихся в наличии

Тем не менее, обладая всеми математическими свойствами зрительного образа или изображения,

этот виртуальный образ может быть преобразован одним из известных способов обработки изображений к числу [11]. По полученным числам можно выполнить ранжировку элементов множества образов, а значит, и множества исходных объектов – резиновых колес.

В итоге выбор наиболее близкой пары шин из имеющихся в наличии выглядит следующим образом (рис. 1).

В свою очередь, выбор второй шины по известной (имеющейся в наличии) первой представлен на рис. 2.

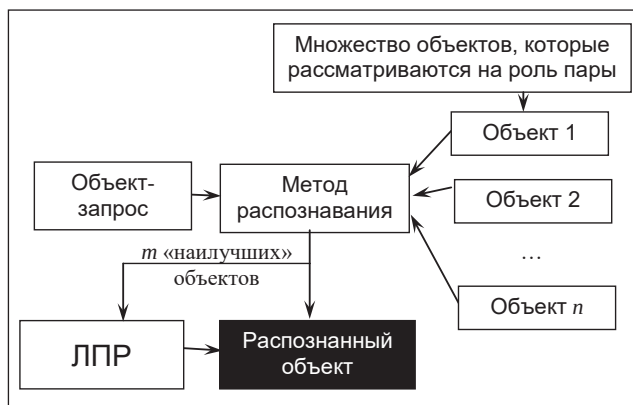


Рис. 2. Схема процесса распознавания «наилучшего» объекта в паре к имеющемуся в наличии

Естественно предположить, что описанные методы эффективны только в том случае, когда характеристики (параметры) элементов множества шин выходят за рамки стандартных (детерминированных). К последним относятся следующие паспортные параметры (первый список).

Диаметр – определяет толщину резинового слоя, вес шины.

Разрывное усилие – определяет нагруженность шин, вес шины.

Линейная масса – определяет плотность армирующего материала, вес шины.

Полное удлинение – определяет изменение геометрии шин под нагрузкой, способность сопротивляться ударным нагрузкам.

Адгезия – определяет степень закрепления армирующего материала в резине.

В противном случае все шины одной стандартной группы были бы математически неразличимы, и процедура ранжировки потеряла бы смысл, – числа, составляющие все образы множества, были бы равны. Поэтому методы распознавания образов, участвующие в процессах, представленных на рис. 1 и 2, нуждаются в обеспечении дополнительной (стохастической, нечеткой) информацией.

В качестве такой информации могут быть использованы следующие нечеткие параметры (второй список).

Изгибная жесткость – в брекерных слоях шин определяет ходимость шин, уровень сопротивления

качению, совместно с величиной разрывного усилия – веса шин.

Эластичность – характеризует степень восстановления металлокордом своей первоначальной формы после того, как он подвергся определенной деформации.

Усталостная выносливость – определяет срок эксплуатации шин.

Контактная усталость (фреттинг-коррозия) – определяет запас прочности для армирующих материалов, приводящий к утяжелению шин.

Усилие анкеровки – определяет усилие выдергивание проволок внутренних слоев из оболочки проволок наружных по отношению к ним слоев. Низкий уровень анкеровки снижает показатель выносливости и создает проблемы при переработке резинокордового полотна.

Удлинение при частичной нагрузке – определяет способность сопротивляться ударным нагрузкам.

Емкость плоского конденсатора, в котором шина играет роль заполнителя пространства между обкладками – отражает плотность, форму и равномерность заполнения кордом внутреннего объема шины.

Откладывая на двумерном поле отнормированные к единице значения параметров первого списка по горизонтали, а второго – по вертикали, получим псевдозрительный (виртуальный) образ, пример которого приведен на рис. 3 [9].

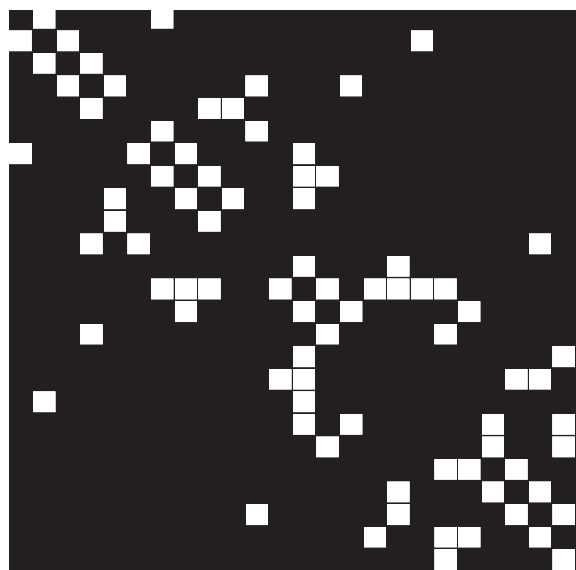


Рис. 3. Псевдозрительный (виртуальный) образ одной из шин множества, из которого предстоит сделать выбор

Превращая образ в число, например, с помощью поля направлений, получим соответствующее численное значение, легко поддающееся ранжированию и сравнению [9].

Нечеткие параметры второго списка нельзя взять из паспортных данных или измерить прямым методом. Они могут быть получены только в результате эксперимента: неразрушающего – для всего мно-

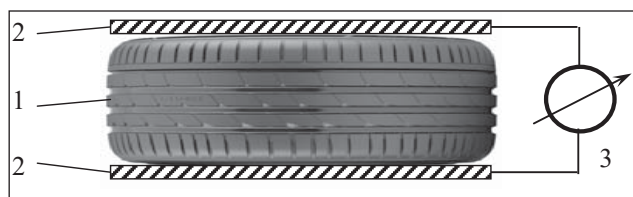


Рис. 4. Схема измерения емкости конденсатора с армированной шиной в качестве заполнителя пространства между обкладками: 1 – шина; 2 – металлические обкладки; 3 – прибор для измерения емкости

жества или разрушающего (например, выдергивание нитей корда) – для выборочного подмножества. Приведем пример емкостного измерения плотности, формы и равномерности заполнения кордом внутреннего объема шины. Рассмотрим шину колеса с металлокордом [14].

Такое измерение неразрушающее, его сравнительно легко выполнить и зафиксировать результат.

Главные выводы. В результате анализа экологических проблем развития транспорта установлено, что существенной опасностью для окружающей среды является плохоконтролируемое в эксплуата-

ции взаимодействие неудачно подобранных пар, например, автомобильных шин.

Предложен дополнительный к простому подбору по паспортным данным метод идентификации наиболее близких пар, заключающийся в интеллектуальном распознавании образа каждой шины с учетом скрытых параметров и формировании этих пар по близости полученных образов.

Предложен метод получения дополнительной информации о скрытых характеристиках автомобильных шин, заключающийся в измерении емкости конденсатора, в котором исследуемая шина играет роль заполнителя пространства между его обкладками.

Перспективы использования результатов исследования. Результаты исследования могут представлять практический интерес, прежде всего, для автомобилестроительных и автомобилеремонтных предприятий, а также для любого технического, психологического и пр. приложения, где проблема подбора пар стоит особенно остро. Результаты представляют также научный интерес в области искусственного интеллекта (распознавания образов) и в области оптимизации объектов с нечеткими исходными данными.

Литература

1. Загрязнение автотранспортом окружающей среды. URL: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/zagryaznenie-avtotransportom-okruzhayushhej-sredy/>.
2. Шулякова К.А. Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и здоровье человека. Молодой ученый. 2016. № 20. С. 472–477.
3. Скотт М. Оперативная память. Модернизация и ремонт ПК – Upgrading and Repairing PCs. М.: Вильямс, 2007. С. 499–572.
4. Подбор динамиков. URL: <https://www.audiomania.ru/content/art-1740.html>.
5. Stanovskiy O. Compensation of the spatial deviations of measuring elements in CAD. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2018. № 1/2(39). С. 52–60.
6. Становский А.Л. Некоторые концепции системы поддержки автоматизированного перевода стихотворного текста. Труды Одесского политехнического университета. 2007. Спецвыпуск № 2(28). С. 162–165.
7. Холлингэм Р. Дорога к Марсу: как набирают в марсианские колонисты. BBC Future. 2015. URL: http://www.bbc.com/russian/science/2015/01/150127_vert_fut_one_way_ticket_to_the_red_planet.
8. Нестеренко С.А., Становський Ан.О., Торопенко А.В., Швець П.С. Перетворення структури складної технічної системи із частково недоступними елементами до зорового образу. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Харків, 2015. № 5/3 (77). С. 30–35.
9. Нестеренко С.А., Становський Ан.О., Оборотова О.О. Розпізнавання стану бездротових комп'ютерних мереж за допомогою тривимірного поля напрямків. Технологічний аудит та резерви виробництва. Харків, 2015. № 6/2(26). С. 28–35.
10. Поиск пары чисел оптимально близких к заданному константному числу. URL: <https://www.mql5.com/ru/forum/216667>.
11. Глушань В.М. Нечеткие модели и методы многокритериального выбора в интеллектуальных системах поддержки принятия решений. Известия ЮФУ. Технические науки Тематический выпуск. С. 106–113.
12. Луцив Д.В. Задача поиска нечетких повторов при организации повторного использования документации. Программирование, 2016. № 4. С. 39–49.
13. Пименов В.Ю. Вычислительно-эффективный метод поиска нечетких дубликатов в коллекции изображений. URL: http://romip.ru/romip2009/09_ifm.pdf.
14. Металлокорд. Steel cord. URL: http://www.belmet.com/files/products/steel_cord.pdf.