

УДК 517.93
UDC 517.93

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ВИРШЕННЯ
КОМБІНАТОРНИХ ЗАДАЧ В ТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОДЕЛЕЙ ТАКТИКИ ПОВЕДІНКИ ЖИВИХ ІСТОТ**

Березняцький В.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, bereznyatskiy@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4435-9096

**SELECTION RATIONAL VARIANTS FOR SOLVING COMBINATOR TASKS
IN TECHNICAL OPERATION OF VEHICLES WITH APPLICATION OF MODELS
OF BEHAVIOR TACTICS OF LIVING CREATURES**

Bereznyatsky V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, bereznyatskiy@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4435-9096

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА РЕШЕНИЯ
КОМБИНАТОРНЫХ ЗАДАЧ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ ТАКТИКИ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВЫХ СУЩЕСТВ**

Березняцкий В.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, bereznyatskiy@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4435-9096

Постановка проблеми. При плануванні виконання технічного обслуговування і ремонту в автотранспортних підприємствах виникає проблема розташування автомобілів на постах. [1].

Розробка розкладу постановки автомобілів на обслуговування і ремонт в автотранспортних підприємствах є багатоваріантною задачею. Кількість варіантів формується на множині вимог на обслуговування, робочих постів, персоналу відповідної кваліфікації, наявності потрібних запасних частин, пріоритетів. Варіанти розстановки визначаються кількістю перестановок автомобілів, які знаходяться в ремонті. Для семи автомобілів кількість можливих варіантів складе $7! = 5460$. Для 10 автомобілів – це вже 3931200. Інтелектуальні можливості людини не дозволяють переглянути їх всі і тим більше знайти оптимальний варіант.

В той же час зменшення простоїв автомобілів в технічному обслуговуванні і ремонті може значно скоротити потребу автотранспортних підприємств в персоналі, обладнанні і, в кінцевому підсумку, знизити собівартість автоперевезень.

Складність знаходження оптимальних або субоптимальних рішень комбінаторних задач в багатьох випадках пов'язана з їх розмірністю.

У зв'язку з цим тривають роботи по розробці нових підходів до вирішення подібних завдань. Одним з таких перспективних напрямків є застосування математичних методів, у яких закладені принципи природних механізмів прийняття рішень. У роботі [2,3] наведено огляд нових і маловідомих популяційних алгоритмів, призначених для рішення задач глобальної оптимізації.

Це популяційні алгоритми, натхненні живою природою. Зокрема, алгоритми, натхненні роєм світлячків, бур'янові алгоритми, зозулин пошук, а також популяційні алгоритми, інспіровані неживою природою: алгоритм гравітаційного пошуку, електромагнітний пошук, алгоритм еволюції розуму і інші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перша комбінаторна задача, вирішена за допомогою реалізації принципів природних механізмів прийняття рішень – це задача комівояжера. Для вирішення цього завдання використовували мурашиний алгоритм, який може застосовуватися для вирішення широкого класу складних комбінаторних задач: оптимізації маршрутів вантажівок, завдань календарного планування та інших.

У роботі [4] на основі робіт винахідника мурашиних алгоритмів доктора Марко Доріго і інших викладені теоретичні основи і приклади практичного застосування мурашиних алгоритмів. У цій роботі, на відміну від нашого походу, розглядаються популяційні алгоритми, тобто розглядається багатоагентна система – колонія мурашок. В основі алгоритму інстинктивна поведінка мурах при пошуку і транспортування їжі.

У роботі [5] наведено алгоритм мавпячого пошуку, який імітує поведінку мавпи лазити по деревах у пошуках їжі. Досягнення максимальної кількості їжі – мета пошуку. Варіанти вирішення – гілки дерева, по яких переміщається мавпа. Алгоритм використовує бінарні дерева пошуку, тобто від кожної гілки відходять дві інші гілки. Зазначений алгоритм не відноситься до популяційних. У ньому моделюється поведінка ізольованого агента. Поведінка ізольованого агента розглядається і в цій роботі. Однак полем пошуку тут виступає віртуальне поле – матриця можливих рішень комбінаторної задачі.

У роботі [6] приводяться приклади тактик пошукової поведінки личинок ручейників – комах, що мешкають на дні водойм. Личинки носять на собі «будиночок», матеріали для будівництва якого збирають на дні водойми. У тому місці, де вони знайшли велику частку для будиночка, зупиняються і досліджують сусідні частинки. Якщо спроби знайти чергову велику частку виявляються безуспішними, вони пересуваються по дну поки до тих пір, поки не знайдуть її. Така тактика дозволяє ручейнику економити час і енергію і не досліджувати все середовище проживання (рис.1).

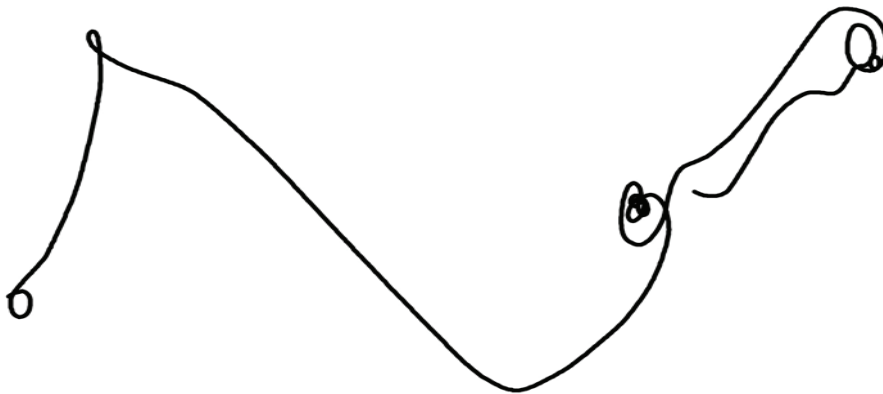


Рисунок 1 – 1000 кроків траєкторії руху штучно змодельованого агента за відсутності зовнішньої стимуляції. Малюнок зі статті В. А. Непомнящий, 2006. [6] Моделі автономній пошуковій поведінки
Figure 1 – 1000 steps of the trajectory of the artificially modeled agent in the absence of external stimulation. Figure from the article by VA Nepomnyashchikh, 2006. [6] Models of autonomous search behavior

У нашій роботі використана, реалізована в роботі [7] ідея розбивки деякої абстрактної території – місця існування тварин на зони. У нашому випадку – комірки матриці, в яких тварини переміщуються у випадковому напрямку в пошуках їжі.

Постановка завдання. Усі тварини, навіть самі простіші, повинні шукати собі їжу. Навіть якщо корм розподілений плямами або випадковим чином, організми успішно його знаходять. При цьому вони не досліджують кожен клаптик території, а використовують ефективні тактики, які дозволили їм адаптуватися до навколишнього середовища і вижити.

У роботі [8] з'ясовано, що схема пошуку їжі, яку в наш час використовує багато видів тварин, застосовувалася ними 50 мільйонів років тому і майже не змінилася.

Подібну тактику [9] використовують и мисливці – збирачі Хадза на півночі Танзанії.

Ця схема відома під назвою «блукання Леві» [10] і представляє собою комбінацію множини переміщень короткими відрізками з невеликою кількістю переміщень довгими відрізками (рис.2). Хоча даний спосіб пошуку представляє собою рух навмання, він є ефективним в тих випадках коли кількість їжі обмежена.

Можна припустити, що застосування «блукання Леві» різними тваринами для пошуку їжі є значущим патерном руху при когнітивно складних процесах в пошуках їжі на Землі [9].

Завдання статті сформулювати гіпотезу і запропонувати алгоритм пошуку оптимального варіанта рішення комбінаторних задач використовуючи тактику тварин з пошуку їжі, як моделі вибору оптимального варіанта. Припускаючи, що рішення комбінаторної задачі на деякій абстрактній території розподілені випадковим чином.

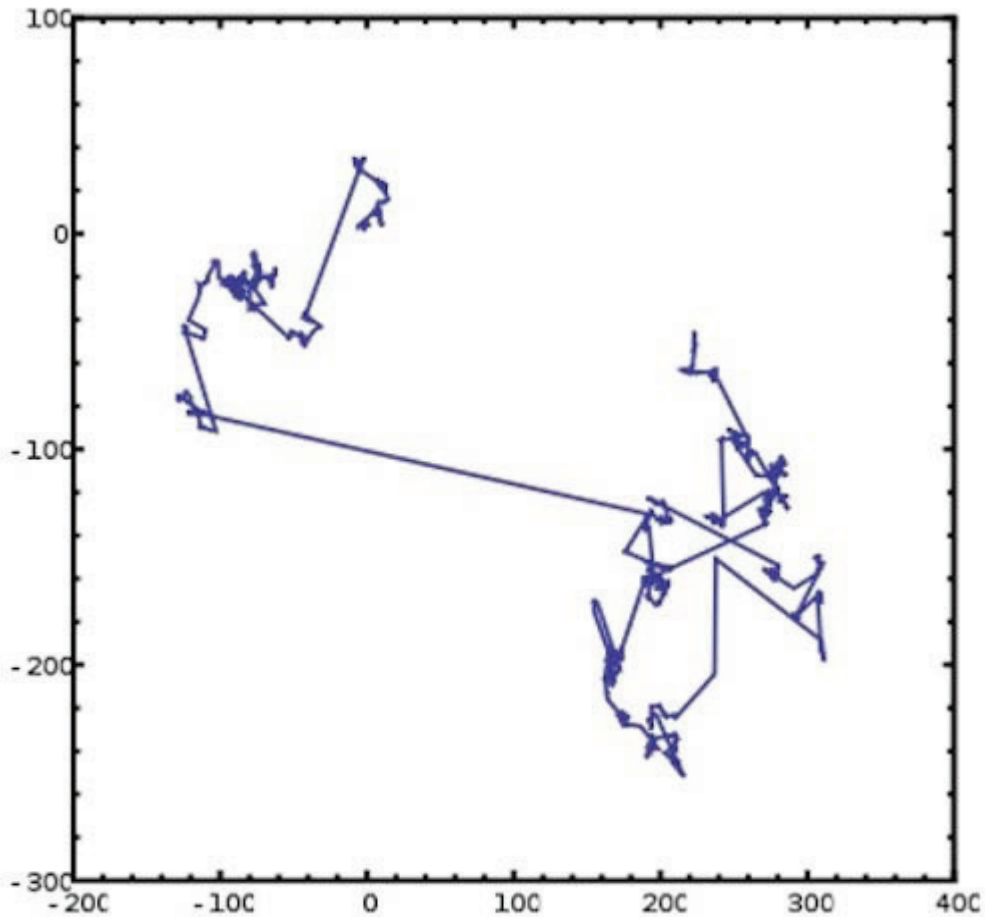


Рисунок 2 – Схема «блукання Леві»
Figure 2 – Schema Levi flight

Виклад основного матеріалу. Треба знайти оптимальний (субоптимальний) варіант (мінімальні значення) рішення деякої комбінаторної задачі. Нехай варіанти рішення цієї задачі будуть відповідати коміркам матриці V_{ij} , як представлено на рис. 3.

V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}	V_{16}	V_{17}	V_{18}	.....	V_{1n}
V_{21}	V_{22}							.....	V_{2n}
V_{31}	V_{32}							.....	V_{3n}
V_{41}	V_{42}							.....	V_{4n}
V_{51}	V_{52}							.....	V_{5n}
....							
V_{k1}	V_{k2}							.....	V_{kn}

Рисунок 3 – Матриця варіантів рішень деякої задачі
Figure 3 – Matrix of variants of solutions of some problem

Припустимо, що оптимальний варіант, а також кілька субоптимальних варіантів розташовані на матриці випадковим чином, подібно до того, як у природі їжа розподілена на деякій місцевості. Надалі пошук оптимального варіанта буде проводитися не простим їх перебором, а обчислюватися будуть тільки ті варіанти, які буде перетинати траєкторія руху змодельованого агента. Подібно до того, як тварини обстежують територію в пошуках їжі.

Пошук можна розпочинати з будь-якої комірки. Припустимо, що це комірка V_{44} . Значення рішення цього варіанта комбінаторної задачі, припустимо дорівнює Q_{44} .

Генеруємо в цій комірці одиничний вектор напрямку пошуку. Потім на цьому векторі відповідно до розподілу Леві (рис.4) [11] визначимо відстань на яку може переміститися змодельований агент. Тобто визначити наступну комірку.

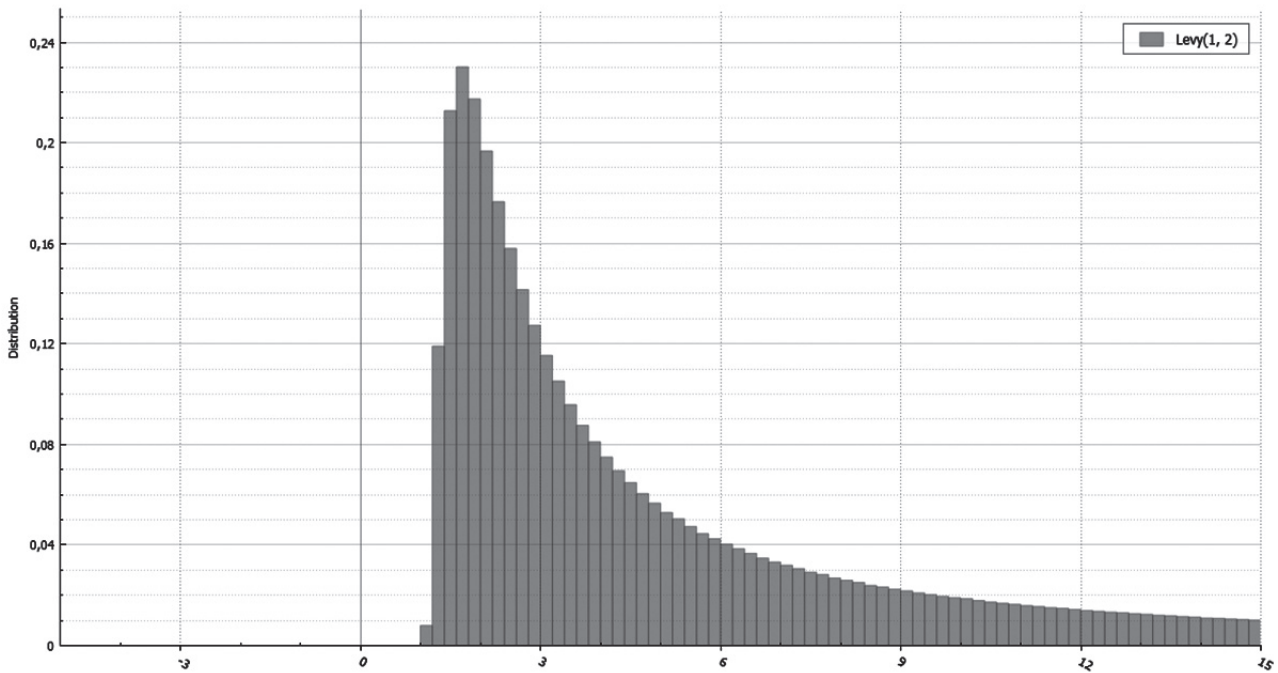


Рисунок 4 – Щільність розподілу Леві
Figure 4 – Distribution density Levy

Для цього можна скористатися формулою розподілу Леві [8], яка має наступний вираз :

$$f(x|\mu, c) = \sqrt{\frac{c e^{\frac{c}{\mu-x}}}{2\pi(x-\mu)^3}}$$

де c – масштаб;
 μ – зміщення.

Програма генерування випадкової величини розподілу Леві має такий вигляд[8] :

```
double Levy(double mu, double c) { double N = Normal(0, 1); return mu + c / (N * N); }
```

Припустимо що наступна комірка куди може переміститися змодельований агент , це комірка V_{55} , тобто якийсь варіант рішення комбінаторної задачі (рис.5). Для цього варіанта проводиться розрахунок і нехай його значення дорівнює Q_{55} . Порівнюємо Q_{44} і Q_{55} . Коли $Q_{44} > Q_{55}$ імітуємо наступний етап і базою порівняння вже буде Q_{55} .

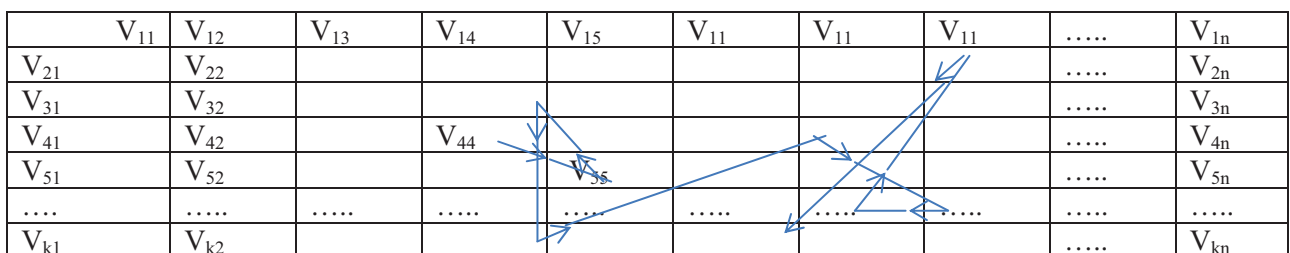


Рисунок 5 – Траєкторія можливого руху змодельованого агента на матриці варіантів рішень
Figure 5 – Trajectory of the possible motion of the simulated agent on the matrix of decision options

Аналогічні кроки будемо продовжувати до тих пір поки Q_{kn} буде зменшуватись, тобто $Q_{44} > Q_{55} > Q_{kn} \dots \dots > Q_{opt}$. Де Q_{opt} – оптимальний (мінімальні значення) (субоптимальний) варіант. Сформулюємо наступну гіпотезу: траєкторія руху змодельованого агента з найбільшою ймовірністю буде перетинати ті варіанти рішень, які відносяться до оптимальних або субоптимальних рішень. Для перевірки роботи запропонованого алгоритму треба розробити на основі нього відповідне програмне забезпечення і використати наступний підхід. Візьмемо випадковий набір чисел (вони позначені в дужках) і «посіємо» їх також випадково на матриці (рис.6). Виконання алгоритму на цієї абстрактної території дозволить з'ясувати:

1. чи знаходить алгоритм число з найменшим значенням (оптимальним), чи близьким до нього?
2. як швидко він це робить?
3. чи підтверджується гіпотеза, що варіанти рішень комбінаторних задач розподіляються випадковим чином ?

Запропонований підхід не виключає перевірку гіпотези і алгоритму при вирішенні реальних комбінаторних задач, які виникають при відновленні роботоздатності автомобілів.

	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}	V_{11}	V_{11}	V_{11}	.....	V_{1n}
V_{21}		V_{22}	(10)	(100)	(49)	(70)	(62)	(42)	.....	V_{2n}
V_{31}		V_{32}	(105)	(33)	(65)	(28)	(29)	(35)	.....	V_{3n}
V_{41}		V_{42}	(46)	V_{44} (42)	(90)	(31)	(40)	(22)	.....	V_{4n}
V_{51}		V_{52}	(89)	(45)	V_{55} (5)	(39)	(13)	(20)	.....	V_{5n}
....
V_{k1}		V_{k2}	(46)	(12)	(101)	(12)	(87)	(110)	.....	V_{kn}

Рисунок 6 – Матриця перевірки роботи алгоритму
Figure 6 – Matrix of checking the operation of the algorithm

Висновки. Сформульована гіпотеза про те, що застосування тактики тварин з пошуку їжі може бути використана для вибору оптимальних (субоптимальних) варіантів рішень комбінаторних задач, а також запропоновано алгоритм для досягнення цієї мети. В подальших дослідженнях ця гіпотеза повинна бути перевірена експериментально.

В випадку, коли ця гіпотеза знайде підтвердження, то це дозволить в режимі реального часу знаходити оптимальні варіанти планування постановки автомобілів на обслуговування або ремонт, а також приймати оперативні управлінські рішення при виникненні ситуативних ускладнень і відповідно зменшувати простої автомобілів в ремонті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. В.В. Березняцький // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2016. – Вип.1(34).
2. Е. В. Агеев, Е. Н. Бендерська. Обзор природных обчислень : основні напрямки та тенденції. Научно-технические ведомости. Информатика. Телекоммуникации. Управление. СПбГПУ, № 2 (193), 2014, 9-22.
3. Anthony Barbazon , Michell O,Neill , Sean McGarwaghy. Springer -2015, DOI 10.10007/978-3662-43631-8.
4. Штовба С.Д. Муравьиные алгоритмы. Exponenta Pro, №4(4),2003.
5. Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов. Приложение к журналу «Информационные технологии» № 7/2012.
6. Непомнящих В.А. Модели автономного поискового поведения // От моделей поведения к искусственному интеллекту / Коллективная монография под общ. ред. Редько В.Г. М.: УРСС, 2006. С. 200-242. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/261361768_Modeli_avtonomnogo_poiskovogo_povedenia.
7. О П Люлякин, В.А.Саранча, Ю.С.Юрезанская. Об одном варианте индивидуально-ориентированной модели популяции лемингов. .[Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.ccas.ru/depart/Palcev/doc/2015/Lyulyakin_Sarancha_Yurez_2015_4\(5\)_909_918.pdf](http://www.ccas.ru/depart/Palcev/doc/2015/Lyulyakin_Sarancha_Yurez_2015_4(5)_909_918.pdf)

8. David W. Sims, Andrew M. Reynolds, Nicolas E. Humphries ,Hierarchical random walks in trace fossils and the origin of optimal search behavior. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1405966111.
9. David A. Raichlen,1, Brian M. Woodb, Adam D. Gordonc, Audax Z. P. Mabullad,2, Frank W. Marlowee, and Herman Pontzerf.Evidence of Levy walk foraging patterns in human hunter-gatherers. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.raichlen.arizona.edu/DavePDF/RaichlenEtAl2014.pdf>
10. Grandhimoan M. Vismanathan. Fish in Levi – flight foraging. Nature|Vol|465| 24 June 2010.
11. Генератори безперервно розподілених випадкових величин .[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/263993/>

REFERENCES

1. V.V. Bereznyats'kiy // Vestnik Natsional'nogo transportnogo universiteta. Seriya «Tekhnicheskiye nauki». Nauchno-tekhnicheskiy sbornik. – K. : NTU, 2016. – Vyp.1 (34).
2. E. V. Ageev, E. N. Benderskaya (2014) Oglyad prirodnykh obchiclen : osnovni napriamki ta tendentsii. [E.V.Ageev, E.N. Benderskaya Review of natural computing:important trends.] St. Petersburg: Scientific and technical bulletins. № 2 (193), [in Russian].
3. Anthony Barbazon , Michell O,Neill , Sean McGarwaghy. Springer -2015, DOI 10.10007/978-3662-43631-8.
4. Shtovba S.D.(2003) Muravinye algoritmy. [Shtovba S.D. Ant Algorithms.]. Vinnitsa: Exponenta Pro, №4 (4).[in Russian]
5. Karpenko A.P (2012) Populatsionnye algoritmy globalnoi poiskovoi optimizatsii. Obzor novykh I maloizvestnykh algoritmov. [Karpenko A.P. Population Algorithms for Global Continuous Optimization. Review of New and Little – known Algorithms. Supplement to the journal "Information Technologies" № 7/2012. [in Russian].
6. Непомнящих В.А. Модели автономного поискового поведения // От моделей поведения к искусственному интеллекту / Коллективная монография под общ. ред. Редько В.Г. М.: УРСС, 2006. С. 200-242. .[Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/261361768_Modeli_avtonomnogo_poiskovogo_povedenia
7. О П Люлякин, В.А. Саранча, Ю.С. Юрезанская. Об одном варианте индивидуально ориентированной модели популяции лемингов. .[Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.ccas.ru/depart/Palcev/doc/2015/Lyulyakin_Sarancha_Yurez_2015_4\(5\)_909_918.pdf](http://www.ccas.ru/depart/Palcev/doc/2015/Lyulyakin_Sarancha_Yurez_2015_4(5)_909_918.pdf)
8. David W. Sims, Andrew M. Reynolds, Nicolas E. Humphries ,Hierarchical random walks in trace fossils and the origin of optimal search behavior. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1405966111.
9. David W. Sims, Andrew M. Reynolds, Nicolas E. Humphries ,Hierarchical random walks in trace fossils and the origin of optimal search behavior. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1405966111.
10. Grandhimoan M. Vismanathan. Fish in Levi – flight foraging. Nature|Vol|465| 24 June 2010.
11. Generators of continuously distributed random variables. [Electronic resource]. Access mode: <https://habrahabr.ru/post/263993/>

РЕФЕРАТ

Березняцький В. В. Визначення раціонального варіанту вирішення комбінаторних задач в технічній експлуатації автомобілів із застосуванням моделей тактики поведінки живих істот. / В. В. Березняцький // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2018. – Вип. 1 (40).

У статті запропоновано підхід до пошуку оптимальних варіантів рішень задач великої розмірності використовуючи принципи природних механізмів прийняття рішень.

Об'єктом дослідження є методи пошуку оптимальних варіантів рішень в комбінаторних задачах.

Мета роботи – сформулювати гіпотезу і запропонувати алгоритм пошуку оптимального варіанта рішення задач великої розмірності використовуючи тактику тварин з пошуку їжі.

Метод дослідження – моделювання поведінки тварин під час пошуку їжі.

Усі тварини, навіть самі простіші, повинні шукати собі їжу. Навіть якщо корм розподілений плямами або випадковим чином організми успішно його знаходять. При цьому вони не досліджують кожен клаптик території, а використовують ефективні схеми відомі під назвою « блукання Леві». Хоча даний спосіб пошуку представляє собою рух навмання, він є ефективним в тих випадках коли кількість їжі обмежена.

Всі можливі варіанти рішень деякої комбінаторної задачі можна представити матрицею (полем пошуку). Припустимо, що оптимальний варіант, а також субоптимальні варіанти розташовані на матриці випадковим чином, подібно до того, як у природі розподіляється їжа.

Моделюючи рух тварин підчас пошуку їжі на цій матриці у відповідності з «блуканням Леві» можна сформулювати наступну гіпотезу : траєкторія руху тварини з найбільшою ймовірністю буде перетинати ті варіанти рішень, які відносяться до оптимальних або субоптимальних рішень.

В подальших дослідженнях ця гіпотеза повинна бути перевірена експериментально.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОМБІНАТОРНІ ЗАДАЧІ, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ, БЛУКАННЯ ЛЕВІ, ІМІТАЦІЯ ПОВЕДІНКИ ТВАРИН.

ABSTRACT

Bereznyatsky V.V. Selection rational variants for solving combinatorial problems in the technical operation of vehicles with application of models of behavior tactics of living creatures. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2018. – Issue 1 (40).

The paper proposes an approach to finding optimal variants for solving problems of large dimension using principles of natural decision making mechanisms.

The object of the study – the methods of finding optimal solutions for combinatorial problems.

The purpose of the study – to formulate the hypothesis and propose an algorithm for finding optimal solutions for large-dimensional problems using the tactics of animals for food search.

Method of the study – simulation of animal behavior.

All animals, even the simplest ones, should seek food for themselves. Even if the food is distributed by spots or by accident, organisms successfully find it. In doing so, they do not explore each piece of territory, but use effective schemes known as "flight Levi." Although this search method is a random motion, it is effective in cases where the amount of food is limited.

All possible solutions to some problem can be represented by a matrix (field of search). Assume that the optimal variant, as well as suboptimal variants, are arranged randomly in the matrix, just as food is distributed in nature.

By simulating the movement of animals when searching for food on this matrix in accordance with the "walk of Levi," one can formulate the following hypothesis: the trajectory of the movement of the animal is most likely to cross those variants of solutions that relate to optimal or suboptimal solutions.

In further studies, this hypothesis must be verified experimentally.

KEYWORDS: COMBINATORIAL PROBLEMS, MAKING DECISIONS, SIMULATION OF ANIMALS BEHAVIOR, "FLIGHT LEVI", OPTIMIZATION.

РЕФЕРАТ

Березняцький В. В. Определение рационального варианта решения комбинаторных задач в технической эксплуатации автомобилей с использованием моделей тактики поведения живых существ. / В.В. Березняцький // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2018. – Вып. 1 (40).

В статье предложен подход к поиску оптимальных вариантов решений задач большой размерности используя принципы природных механизмов принятия решений.

Объектом исследования являются методы поиска оптимальных вариантов решений в комбинаторных задачах.

Цель работы – сформулировать гипотезу и предложить алгоритм поиска оптимального варианта решения задач большой размерности используя тактику животных по поиску пищи.

Метод исследования моделирования (имитация) поведения животных.

Все животные, даже сами простые, должны искать себе пищу. Даже если корм распределен пятнами или случайным образом организмы успешно его находят. При этом они не исследуют каждый клочок территории, а используют эффективные схемы известны под названием «блуждания Леві». Хотя данный способ поиска представляет собой движение наугад, он является эффективным в тех случаях, когда количество пищи ограничено.

Все возможные варианты решений некоторой задачи можно представить матрицей (полем поиска). Предположим, что оптимальный вариант, а также субоптимальные варианты расположены на матрице случайным образом, подобно тому, как в природе распределяется пища.

Моделируя движение животных при поиске пищи на этой матрице в соответствии с «блужданием Леви» можно сформулировать следующую гипотезу: траектория движения животного с наибольшей вероятностью будет пересекать те варианты решений, которые относятся к оптимальным или субоптимальным решениям.

В дальнейших исследованиях эта гипотеза должна быть проверена экспериментально.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КОМБИНАТОРНЫЕ ЗАДАЧИ, ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, ОПТИМИЗАЦИЯ, БЛУЖДЕНИЕ ЛЕВИ, ИМИТАЦИЯ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ.

АВТОРИ:

Березняцький В. В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: bereznyiatskiy@ ukr.net, тел. +380930637242, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича – Павленка 1, к. 410, orcid.org/0000-0002-4435-9096.

AUTHOR:

Bereznyatsky V.V., Ph.D., National Transport University, associate professor department of maintenance and service, e-mail: bereznyiatskiy@ ukr.net, тел. +380930637242 Ukraine, 01010, Kyiv, Omeljanovicha-Pavlenka str. 1, of. 410, orcid.org/0000-0002-4435-9096.

АВТОРЫ:

Березняцкий В. В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры технической эксплуатации автомобилей и автосервиса, e-mail: bereznyiatskiy@ ukr.net, тел. +380930637242, Украина, 01010, м. Киев, ул. Омеляновича – Павленка 1, к. 410, orcid.org/0000-0002-4435-9096.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Матейчик В .П., доктор технічних наук , професор, Національний транспортний університет , професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності , Київ , Україна

Волков А.Ф., кандидат технічних наук, виконуючий обов'язки завідуючого лабораторією дослідження та використання палив та екології , ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна.

REVIEWER:

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University Professor of Department of Ecology and Safety of Vital Functions, Kyiv, Ukraine.

Volkov O. F. Ph.D., acting Head of the research laboratory and the use of fuel and environment, DP «DerzhavtotransNDIproekt» , Kyiv, Ukraine.