

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ МІСЬКОЇ МОБІЛЬНОСТІ

Костьян Н.Л., кандидат технічних наук, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна, 438knl@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1599-4007

СМЕШЕК Мірослав, доктор технічних наук, Жешувська політехніка, Жешув, Польща, msmieszka@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-4508-6309

TO DETERMINING THE PERFORMANCE AND ENERGY EFFICIENCY OF VEHICLES IN THE CONTEXT OF URBAN MOBILITY

Kostian N.L. Ph.D. in Technical Sciences, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine, 438knl@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1599-4007

ŚMIESZEK Mirosław, dr hab. inż., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, msmieszka@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-4508-6309

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Костьян Н.Л., кандидат технических наук, Черкасский государственный технологический университет, Черкассы, Украина, 438knl@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1599-4007

СМЕШЕК Мирослав, доктор технических наук, Жешувский технологический университет, Жешув, Польша, msmieszka@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-4508-6309

Постановка проблеми.

Зростання рівня автомобілізації населення за умови низьких темпів розвитку вулично-дорожніх мереж та транспортної інфраструктури населених пунктів неминує веде до збільшення кількості заторів і, як наслідок, зростання енерговитрат і зменшення продуктивності транспортних засобів, погіршення екологічного стану придорожнього середовища та збільшення рівня небезпеки дорожнього руху. Налаштування параметрів, що впливають на рух транспортних потоків на різних рівнях деталізації, є одним з шляхів вдосконалення існуючої транспортної мережі. Рух транспортних потоків необхідно розглядати системно, враховуючи як внутрішні, так і зовнішні чинники. Залежності між елементами складних систем, зазвичай є нелінійними. Сучасні методи моделювання на основі нечіткої логіки та нейрокомп'ютерних мереж дозволяють будувати нелінійні математичні моделі систем з будь-якою кількістю елементів та їх властивостей, обмежуючись лише метою дослідження. Одним з методів системного аналізу, що надає змогу виокремити суттєві ознаки системи та варіанти їх реалізації є метод морфологічного аналізу [1]. За результатами системного аналізу властивостей транспортних потоків та взаємопов'язаних з ними об'єктів зовнішнього середовища стає можливим здійснювати оцінювання ефективності транспортних засобів за енерговитрат та продуктивності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питаннями моніторингу та систематизації характеристик транспортних потоків в урбаністиці присвячено дослідження В.І. Гука, Ю.М. Шкодовського [2], О.Т. Ланового [3], В.П. Матейчика [4, 5, 6], Г.О. Вайганг, О.В. Блажчук [5], В.П. Поліщука, О.П. Дзюби [7], О.О. Власова [8], Є.Ю. Формальчика, В.В. Гілевич, І.А. Могили [9, 10], М. Смешка [11, 12] та ін. В [2, 3] визначено систему вимірників транспортного потоку, що є похідними величинами від трьох основних параметрів: маси транспортного потоку, транспортного шляху та транспортного часу, та виведено комплексні показники для оцінки станів дорожнього руху. В моделях для аналізу станів транспортних потоків, що представлено в [2], враховано їх динамічні характеристики, параметри автомобіля і дороги та статичні засоби керування рухом. В [4] розроблено методику оцінювання забруднення придорожнього середовища системою «транспортний потік – дорога». В якості морфологічних ознак функціональних елементів даної системи визначено категорію транспортних засобів, їх екологічний клас, вид використовуваного палива, режими руху транспортних потоків, довжина ділянки дороги, кількість смуг руху, величина повздожнього похилу дороги, ширина проїзної частини, наявність

розділювальної смуги, тип покриття придорожньої смуги, рівність проїзної частини, характеристика забудови в районі дороги, тип покриття проїзної частини. В роботі [5] визначено двадцять п'ять експлуатаційних режимів руху автомобіля, які об'єднано в чотири узагальнюючі: режим холостого ходу, рух з постійною швидкістю, розгін та уповільнення. За результатами досліджень [4, 5] в роботі [6] розроблено та програмно реалізовано алгоритм роботи інформаційно-аналітичної системи для моніторингу та контролю параметрів транспортних потоків. Авторами [7] застосовано системний підхід до вивчення руху транспортного потоку. Виділено чотири функціональні елементи у складі системи «транспортний засіб – дорога – водій – навколишнє середовище», проте чітко не визначено всі їх характеристики, зокрема для функціонального елемента «навколишнє середовище». В [8] викладено основні підходи до визначення фаз транспортного потоку. За результатами аналізу останніх публікацій можна стверджувати, що на даний момент не існує загальноприйнятої методики систематизації чинників, що впливають на рух транспортних потоків. В розглянутих роботах не врахована низка характеристик середовища руху, зокрема, рівень автомобілізації району руху, чисельність населення і масштаб населеного пункту, та елементів автоматизованого керування як окремим автомобілем, так і транспортним потоком загалом.

3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є систематизація характеристик транспортних потоків для подальшого оцінювання ефективності транспортних засобів в умовах міської мобільності.

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні завдання:

- виокремити суттєві ознаки системи оцінювання ефективності транспортних засобів, що впливають на їх енерговитрати і продуктивність, шляхом проведення морфологічного аналізу її функціональних елементів;
- визначити набори варіантів реалізації кожної морфологічної ознаки системи.

Виклад основного матеріалу

Транспортні потоки, що прямують вулично-дорожньою мережею міста, в комплексі із зовнішніми чинниками, що впливають на їх рух, утворюють систему, функціонування якої потребує налаштування на оптимальні режими. За цільові функції обрано залежності енерговитрат EC і продуктивності P транспортних засобів від параметрів системи оцінювання їх ефективності. За результатами морфологічного аналізу системи виділено п'ять функціональних елементів: автомобіль A , транспортний потік TF , дорога R , засоби керування рухом транспортного потоку $Ctrl$ та середовище руху Env . Таким чином, система цільових функцій для задачі оптимізації режимів руху набуває наступного виду:

$$\begin{cases} EC = f(A, TF, R, Ctrl, Env) = f(X_j) \rightarrow \min \\ P = f(A, TF, R, Ctrl, Env) = f(X_j) \rightarrow \max, \quad j = \overline{1, n}, \end{cases} \quad (1)$$

де X_j – параметри, що відповідають морфологічним ознакам системи « $A - TF - R - Ctrl - Env$ »; n – кількість параметрів системи.

Структуру системи та параметри її функціональних елементів представлено на рис. 1. Для кожної морфологічної ознаки, що відповідає параметру системи X_j , визначено варіанти її реалізації x_{ij} , $i = \overline{1, m_j}$. Наприклад, для функціонального елемента системи «Автомобіль» суттєвими параметрами, виходячи з мети оптимізації, є X_1 – категорія автомобіля, X_2 – тип енергетичної установки, X_3 – екологічний клас, X_4 – рівень автономності та X_5 – режим руху. Всі зазначені параметри є якісними та набувають дискретних значень.

Згідно [13] $X_1 \in \{M_1, M_2, M_3, N_1, N_2, N_3\}$. Даний розподіл, крім іншого, регламентує максимальну масу автомобіля.

Параметр X_2 може набувати значення з множини {«бензинова», «дизельна», «газобалонна», «гібридна», «електрична енергоустановка»}.

Для реалізації X_3 прийнято множину екологічних класів: {Євро-0 або Євро-1, Євро-2, Євро-3, Євро-4, Євро-5}.

Область визначення параметру X_4 являє множину, що містить п'ять варіантів реалізації рівнів автономності автомобіля:

- нульовий рівень – відсутність автоматизації операційних завдань;

- перший рівень – автоматизація лише окремих функцій, проте прискорення, гальмування та моніторинг ситуації навколо автомобіля не автоматизовано;
- другий рівень – часткова автоматизація функцій управління;
- третій рівень – умовний. Автономна система здатна відслідковувати ситуацію на дорозі за допомогою лідарів, за безпечних умов виконувати функції гальмування.
- четвертий рівень – високий. За умови сповіщення системою про безпечні умови водій може приймати рішення про перехід в автономний режим, за якого система керування може гальмувати, прискорювати, керувати, контролювати проїжджу частину, реагувати на події, визначати момент, коли необхідно міняти смугу, повертати, проте, не придатна для фіксації пробок та з’їздів на шосе.

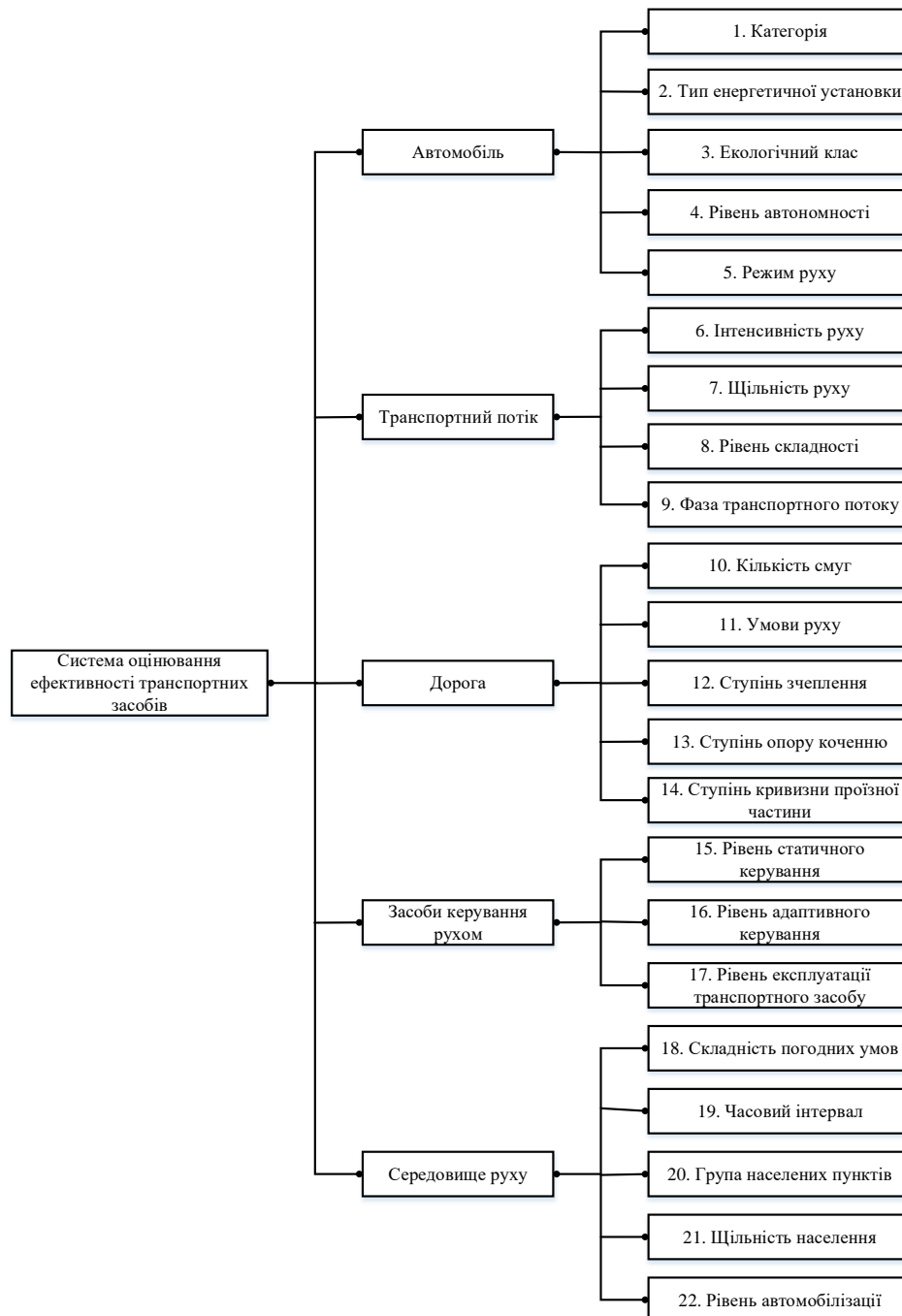


Рисунок 1 – Структура системи оцінювання ефективності транспортних засобів
 Figure 1 – The structure of the system for evaluating the vehicles efficiency

П’ятий рівень характеризується повною автономністю, за якої система керування окрім функцій четвертого рівня здатна визначати унікальні умови руху. Оскільки для побудови адекватних моделей однією з умов є наявність статистичної інформації за всіма варіантами реалізації, даний рівень автономності тимчасово виключено з подальшого розгляду.

X_5 реалізується через наступні режими руху: режим холостого ходу, розгін або уповільнення, рух з постійною швидкістю.

Функціональний елемент «Транспортний потік» характеризується наступними параметрами: X_6 – інтенсивність руху, авт./год; X_7 – щільність руху, авт./250 м, X_8 – рівень складності, X_9 – фаза транспортного потоку. Ознаки X_6 , X_7 та X_8 є кількісними характеристиками, області визначення яких поділено на інтервали значень, що відповідають їх варіантам реалізації.

Морфологічна ознака X_6 визначається наступними діапазонами:

- дуже мала – до 100 авт./год;
- мала – від 100 до 200 авт./год;
- середня – від 200 до 300 авт./год;
- вище середнього – від 300 до 400 авт./год;
- велика – від 400 до 500 авт./год;
- дуже велика – від 500 авт./год і вище.

Оскільки до складу потоку входять транспортні засоби, що належать до різних категорій, доцільно застосовувати коефіцієнт зведення транспортного потоку до легкового автомобіля відповідно до ДБН В.2.3-4:2015: легковий автомобіль – 1, мотоцикл – 0,5, вантажні автомобілі до 2 т – 1,5, до 6 т – 2, до 8 т – 2,5, до 14 т – 3, автобус – 3, довгомірний автобус – 5. Для дослідження руху транспортних потоків на ділянці, що містить регульоване перехрестя пропонується використовувати коефіцієнти зведення за О. Г. Левашевим (табл. 1).

Таблиця 1 – Коефіцієнти зведення транспортного потоку до легкового автомобіля [9]

Table 1 – Traffic flow reduction factors to car [9]

Тип транспортного засобу	Коефіцієнти зведення, RF
Легковий автомобіль	1,000
Мікроавтобус	1,093
Вантажний автомобіль вантажністю до 2 т	1,179
Автобус малої пасажиромісткості	1,367
Вантажний автомобіль вантажністю від 2 до 6 т	1,480
Автобус великої пасажиромісткості	1,839
Вантажний автомобіль вантажністю понад 6 т	1,647
Зчленований автобус (тролейбус)	2,362
Автопоїзд	2,231

Виходячи з емпіричної моделі Гриншильдса, X_7 характеризується розподілом щільності за діапазонами [7]:

- мала – до 3 авт./ 250 м;
- середня – від 3 до 9 авт./ 250 м;
- велика – від 9 до 15 авт./ 250 м;
- найвища – понад 15 авт./ 250 м.

За рівень складності X_8 приймаємо характеристику складу транспортного потоку, що визначається як частка числа вантажних і громадських транспортних засобів у потоці:

- дуже низький – до 0,2;
- низький – від 0,2 до 0,4;
- середній – від 0,4 до 0,6;
- високий – від 0,6 до 0,8;
- дуже високий – від 0,8 до 1.

Виділено чотири фази транспортного потоку X_9 у відповідності до значень коефіцієнту конгестії K : вільний потік, стабільний, нестабільний та напружений. Коефіцієнт конгестії визначається за виразом (2) [7]:

$$K = (H_x - H_{opt}) / (H_{max} - H_{opt}), \quad (2)$$

де H_x , H_{opt} , H_{max} – щільність транспортного потоку до його зупинки в точці x та оптимальна і максимальна щільності транспортного потоку, авт./км. H_{opt} досягається за умови досягнення максимальної інтенсивності при оптимальній швидкості руху транспортного потоку.

В роботі [8] наведено альтернативне визначення фаз транспортного потоку: вільний потік – фаза F , синхронізований – фаза S та широкий рухомий кластер (локальний рухомий затор) – фаза J . Авторами [10] визначено фази: вільний потік, синхронізований потік, старт-стоп рух та рух у заторі.

Функціональний елемент «Дорога» представлений параметрами: X_{10} – кількість смуг ($X_{10} \in \{1,2,3,4,6,8\}$), X_{11} – умови руху, X_{12} – ступінь зчеплення, X_{13} – ступінь опору коченню, X_{14} – ступінь кривизни проїзної частини.

В [9] умови руху визначаються у відповідності до коефіцієнту K_{cond} , що є комплексним показником та розраховується наступним чином:

$$K_{cond} = K_{cond1} \cdot K_{cond2} \cdot K_{cond3}, \quad (3)$$

де $K_{cond1} = \varphi$ – коефіцієнт зчеплення (залежно від покриття дороги); K_{cond2} – коефіцієнт, що враховує наявність перешкод на проїзній частині: нерівностей, вибоїн, трамвайних або залізничних рейок (залежно від висоти та типу перешкод); K_{cond3} – рівень поздовжнього похилу проїзної частини;

Оскільки φ за більш сприятливих умов руху зростає у той час, як значення двох інших коефіцієнтів зменшуються, то доцільно оцінювати їх вплив на цільові показники в межах різних параметрів. $K_{cond2} = 0$ за відсутності перешкод на проїзній частині та $K_{cond2} \in \{1; 1,2; 1,5; 2\}$ для поодиноких нерівностей (для нерівностей, що повторюються, значення коефіцієнта збільшується на 5% та знаходяться в межах від 1,05 до 2,1). Коефіцієнт $K_{cond3} \in [0;1]$. З метою врахування обох коефіцієнтів виконано зсув нижньої межі останнього. Таким чином, $K_{cond3} \in [0,1;1]$. Комплексний показник $K_{cond} = K_{cond2} \cdot K_{cond3}$ та знаходиться в межах від 0,1 до 2,1. Якщо прийняти, що рівень умов руху $X_{11} = 2,1 - K_{cond}$, то можна визначити їх поточний стан через наступні діапазони значень:

- незадовільні – від 0 до 0,4;
- задовільні – від 0,4 до 0,8;
- середні – від 0,8 до 1,2;
- сприятливі – від 1,2 до 1,6;
- відмінні – від 1,6 до 2.

$X_{12} = \varphi \in [0,1;0,8]$ та відповідає дискретним значенням:

- дуже низький ступінь зчеплення – від 0,1 до 0,2;
- низький – від 0,2 до 0,4;
- середній – від 0,4 до 0,6;
- високий – від 0,6 до 0,8.

Параметр X_{13} визначається відповідно до значення коефіцієнту опору коченню f для різних поверхонь руху. Варіанти реалізації X_{13} прийнято наступним чином:

- дуже низький, при $0,014 \leq f \leq 0,020$;
- низький при, $0,020 \leq f \leq 0,035$;
- середній при, $0,035 \leq f \leq 0,070$;
- високий при, $0,070 \leq f \leq 0,1$;
- дуже високий, при $0,1 \leq f \leq 0,3$.

Останній варіант не реалізується в міських умовах, тому вилучено з подальшого розгляду.

Ступінь кривизни проїзної частини X_{14} є кількісним показником, що визначається за виразом:

$$X_{14} = \sum_{i=1}^k R_i = k \cdot R_{avg}, \quad (4)$$

де k – кількість кутів повороту; R_{avg} , R_{avg} – i -й та середній радіуси повороту на досліджуваному фрагменті дорожньо-вуличної мережі. Даний параметр три діапазони значень: низький, середній, високий.

Функціональний елемент «Засоби керування рухом» має морфологічні ознаки, що відповідають параметрам системи: X_{15} – рівень статичного керування, X_{16} – рівень адаптивного керування, X_{17} – рівень експлуатації транспортного засобу.

X_{15} – інтегральний показник характеристик:

- наявність дорожньої розмітки;
- наявність дорожніх знаків;
- наявність освітлення.
- наявність світлофорного регулювання із незмінними у добовому циклі параметрами;
- наявність детекторів транспорту.

Виходячи з якісного стану кожної складової її числове значення приймається в межах 0-0,2. $X_{15} \in [0,1]$.

X_{16} також є інтегральним показником та характеризується наступним чином:

- керовані знаки і табло (електронні покажчики швидкості та інші);
- наявність реверсивних смуг;
- наявність пультів керування світлофором;
- наявність дорожніх контролерів;
- наявність автоматизованих систем управління дорожнім рухом.

Числове перших трьох складових дорівнює 0,1. Наявність дорожніх контролерів – 0,2. Значення останньої – знаходиться в межах 0-0,5.

Рівень експлуатації транспортного засобу X_{17} враховує кваліфікацію та дисципліну водія, наявність контролю дорожньою поліцією досліджуваної ділянки дороги.

- 0,3 – при додержанні швидкісного режиму руху;
- 0,8 – при перевищенні середньої швидкості руху більше ніж на 20 км/год;
- 1,2 – при зменшеній швидкості руху більше ніж на 20 км/год від середньої на автодорозі.

Функціональний елемент «Середовище руху» характеризується параметрами: X_{18} – складність погодних умов, X_{19} – часовий інтервал, X_{20} – група населених пунктів, X_{21} – щільність населення, X_{22} – рівень автомобілізації.

Параметр $X_{18} \in [0,1]$, є інтегральним і визначається як сума оцінок чотирьох рівнозначних складових: наявність сильного вітру, ожеледь, опади, туман.

Параметр X_{19} приймає значення з множини {«години пік», «години зростання інтенсивності руху», «години усталеної інтенсивності протягом дня», «години спадання інтенсивності руху», «нічні години»}.

Група населеного пункту X_{20} визначається чисельністю населення:

- малі населені пункти, до 50 тис. чол.;
- середні населені пункти, від 50 до 250 тис. чол.;
- великі населені пункти, від 250 до 500 тис. чол.;
- значні (крупні) населені пункти, від 500 до 1000 тис. чол.;
- найзначніші населені пункти, від 1000 тис. чол.

Щільність населення X_{21} має наступні варіанти реалізації:

- низька, до 500 чол./ км²;
- середня, від 500 до 1000 чол./ км²;
- висока, від 1000 до 400 чол./ км²;
- дуже висока, від 4000 чол./ км².

Рівень автомобілізації X_{22} характеризується діапазонами значень:

- низький, до 200 авт./1000 мешканців;
- середній, від 200 до 300 авт./1000 мешканців;
- високий, від 300 авт./1000 мешканців.

Кількість можливих структур системи визначається за правилом добутку комбінаторики за формулою:

$$N = \prod_{j=1}^n m_j, \quad (5)$$

де m_j – кількість можливих варіантів реалізації i -ї ознаки; n – кількість ознак.

Таким чином, кількість можливих станів досліджуваної системи складає

$$N = 6 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 = 1,7496 \cdot 10^{14}.$$

На основі результатів проведеного морфологічного аналізу стає можливим досліджувати типові структури системи та визначати їх оптимальні режими роботи, що дозволить оцінити ефективність системи Ef за значеннями приросту ΔEC та ΔP .

$$Ef = -\Delta EC + \Delta P; \quad \Delta EC = EC_2 - EC_1; \quad \Delta P = P_2 - P_1, \quad (6)$$

де EC_1, P_1, EC_2, P_2 – значення енерговитрат і продуктивності транспортних засобів за вихідних та оптимальних режимів руху відповідно.

Висновки.

В ході проведення морфологічного аналізу системи оцінювання ефективності транспортних засобів в умовах міської мобільності виокремлено п'ять функціональних елементів: «автомобіль», «транспортний потік», «дорога», «засоби керування рухом» та «середовище руху». Для кожного функціонального елемента визначено його морфологічні ознаки та варіанти їх реалізації, що дозволило сформулювати критерій ефективності транспортних засобів в умовах міської мобільності. Даний критерій є функцією від 22 параметрів, що відповідають морфологічним ознакам системи, та дозволяє здійснити її оцінку її за цільових значень енерговитрат та продуктивності транспортних засобів. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку та перевірку адекватності відповідних математичних моделей з метою контролю поточного та прогнозування перспективних станів системи на різних рівнях деталізації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб. / М. Ф. Дмитриченко, В. П. Матейчик, О. К. Гришук, М. П. Цюман // К.: НТУ, 2014. – 168 с.
2. Гук, В. І. Транспортні потоки : теорія та їх застосування в урбаністиці: монографія / В. І. Гук, Ю. М. Шкодовський. – Х.: Золоті сторінки, 2009. – 232 с.
3. Лановий, О. Т. Новітня оцінка умов руху транспортних потоків автомобільними дорогами «Тріада дорожнього руху» / О. Т. Лановий, В. Б. Кисельов, І. А. Виговська // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2021. – Вип. 1 (48). С 166-177, DOI: 10.33744/2308-6645-2021-1-48-166-177.
4. М 218-02070915-694:2011 «Оцінювання інгредієнтного і параметричного забруднення придорожного середовища системою «транспортний потік-дорога». – Київ НТУ – 2011 с.
5. Матейчик, В.П. Дослідження впливу режимів руху транспортного потоку на рівень забруднення придорожного середовища / В.П. Матейчик, О.К. Гришук, Г.О. Вайганг, О.В. Блажчук // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. – Вип. 2 (32). – С. 174-181.
6. Програмне забезпечення систем моніторингу транспорту: монографія / [М. Ф. Дмитриченко, В. П. Матейчик, В. П. Волков і ін.] Під ред. Дмитриченка М. Ф. – К. : НТУ. – 2016. – 204 с.
7. Поліщук, В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху : навчальний посібник / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – Київ : Знання України, 2008. – 175 с.
8. Власов, А. А. Теория транспортных потоков: монография / А. А. Власов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 124 с.
9. Форнальчик, Є. Ю. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах : монографія / Є. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич ; за заг. ред Є. Ю. Форнальчика. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 236 с.
10. Форнальчик, Є. Ю. Моделювання транспортних потоків: навчальний посібник / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич, І. А. Могила. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 216 с.
11. Gritsuk I., Volkov V., Mateichyk V., Grytsuk Y., Nikitchenko Y., Smieszek M., et al., Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control under Operating Conditions. SAE Technical Paper 2018-01-0024, doi:10.4271/2018-01-0024, (2018).
12. Mateichyk V.P., Waigang H.O., Smieszek M., Information monitoring system of roadside pollution by traffic flows. Automobile and Electronics. Modern Technologies, 4, 74-77, (2013).
13. Про єдині вимоги до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, що експлуатуються. Постанова КМУ від 22 грудня 2010 р. № 1166 Київ.

REFERENCES

1. Dmytrychenko, M. F., Mateichyk, V. P., Hryshchuk, O.K. & Tsiuman, M. P. (2014). Metody systemnoho analizu vlastyvostei avtomobilnoi tekhniki [System analysis methods of automobile equipment properties]. Kyiv. NTU, 168 p. [in Ukrainian].
2. Huk V.I. & Shkodovskyi Yu. M. (2009). Transportni potoky : teoriia ta yikh zastosuvannia v urbanistytsi: monohrafiia [Transport flows: theory and their application in urban planning: a monograph]. – Kharkov. Zoloti storinky – Golden pages, 232 p. [in Ukrainian].
3. Lanovoy A.T., Kyselov V.B. & Vyhovska I.A. (2021) Novitnia otsinka umov rukhu transportnykh potokiv avtomobilnymy dorohamy «Triada dorozhnoho rukhu» [Latest assessment of traffic conditions on roads «Triad of road»]. Visnyk National Transport University. Serii «Tekhnichni nauky». Naukovo tekhnichniy zbirnyk [Bulletin of National Transport University. Series «Technical sciences» Scientific and Technical Collection], 2021, Issue 1(48), pp 166-177. [in Ukrainian]. DOI: 10.33744/2308-6645-2021-1-48-166-177.
4. М 218-02070915-694:2011 «Ocin'uvann'a ingredientnogo i parametrichnogo zabrudnenn'a pridorozhn'ogo seredovischa sistemoyu «transportnij potik-doroga» [Evaluation ingredient and parametric roadside pollution system “traffic flow-road”]. – Kyiv. NTU – 2011. 77 p.
5. Mateichyk V.P., Gryshchuk O.K., Weigang G.O. & Blazhchuk O.V. Doslidzhennia vplyvu rezhymiv rukhu transportnoho potoku na riven zabrudnennia prydorozhnoho seredovyscha [Research of traffic flow operational modes impact on the level of roadside pollution]. Visnyk National Transport University. Serii «Tekhnichni nauky». Naukovo tekhnichniy zbirnyk [Bulletin of National Transport University. Series «Technical sciences» Scientific and Technical Collection], 2015, Issue 2 (32). – pp. 174-181.
6. Dmytrychenko, M. F., Mateichyk, V. P. & Volkov V. P. (2016). Prohramne zabezpechennia system monitorynhu transportu: monohrafiia [Software of transport monitoring systems: monograph]. Kyiv. NTU, 204 p. [in Ukrainian].
7. Polishchuk V. P. & Dziuba O. P. (2008). Teoriia transportnoho potoku: metody ta modeli orhanizatsii dorozhnoho rukhu: navchalnyi posibnyk [Theory of traffic flow: methods and models of traffic organization]. Kyiv. Znannia Ukrainy – Knowledge of Ukraine, 175 p. [in Ukrainian].
8. Vlasov A. A. (2014). Teoriia transportnykh potokov: monohrafiia [Traffic flow theory: monograph]. – Penza. PHUAS – PSUAB, 124 p. [in Russian].
9. Fornalchuk Ye. Yu, Mohyla I.A., Trushevskiy V.E. & Hilevych V. V. (2018). Upravlinnia dorozhnim rukhom na rehulovanykh perekhrestyakh u mistakh: monohrafiia [Traffic management at regulated intersections in cities: monograph]. Lviv. Lviv Polytechnic Publishing House, 236 p. [in Ukrainian].
10. Fornalchuk Ye. Yu, Hilevych V. V. & Mohyla I.A. (2020). Modeliuvannia transportnykh potokiv: navchalnyi posibnyk [Model of Traffic Flows]. Lviv. Lviv Polytechnic Publishing House, 2020. – 216 p. [in Ukrainian].
11. Gritsuk I., Volkov V., Mateichyk V., Grytsuk Y., Nikitchenko Y., Smieszek M., et al., Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control under Operating Conditions. SAE Technical Paper 2018-01-0024, doi:10.4271/2018-01-0024, (2018).
12. Mateichyk V.P., Waigang H.O., Smieszek M., Information monitoring system of roadside pollution by traffic flows. Automobile and Electronics. Modern Technologies, 4, 74-77, (2013).
13. Pro yedyni vymohy do konstruktsii ta tekhnichnoho stanu kolisnykh transportnykh zasobiv, shcho ekspluatuiutsia. Postanova KMU (№ 1166). (2010). Kyiv.

РЕФЕРАТ

Костьян Н.Л. До визначення продуктивності та енергоефективності транспортних засобів в умовах міської мобільності / Н.Л. Костьян, М. Смешек // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2021, – Вип. 3 (50).

Транспортні потоки, що прямують вулично-дорожньою мережею міста, в комплексі із зовнішніми чинниками, що впливають на їх рух, утворюють систему, функціонування якої потребує налаштування на оптимальні режими. В статті запропоновано підхід щодо оцінювання ефективності транспортних засобів в умовах міської мобільності за критеріями їх енергоефективності та продуктивності. Підхід ґрунтується на засадах проведення морфологічного аналізу системи оцінювання ефективності транспортних засобів, в ході якого виокремлено п'ять основних функціональних елементів системи: автомобіль, транспортний потік, дорога, засоби керування рухом та середовище руху. Для морфологічних елементів визначено двадцять дві суттєві морфологічні ознаки, як кількісні, так і якісні, для яких задано варіанти їх реалізації. Для якісних ознак визначено

кількісні вимірники, що дозволить провести синтез типових структур системи та визначити їх оптимальні режими. Загальна кількість можливих структур системи сягає $1,7496 \cdot 10^{14}$. Морфологічним характеристикам однозначно відповідають параметри системи цільових функцій, природи яких в ході розв'язання задачі оптимізації є складовими інтегрального критерію ефективності транспортних засобів. Керування транспортними засобами за оптимальних режимів дозволить знизити енерговитрати і збільшити їх продуктивність, зменшити кількість транспортних заторів на дорогах, покращити екологічний стан придорожнього середовища та зменшити рівень небезпеки дорожнього руху. Результати морфологічного аналізу доцільно використовувати в процесі проведення статистичного аналізу параметрів системи з метою розробки адекватних нелінійних математичних моделей з множиною результуючих параметрів для контролю поточного та прогнозування перспективних станів системи на різних рівнях деталізації вулично-дорожньої мережі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ЕНЕРГОВИТРАТИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

ABSTRACT

Kostian N.L., Śmieszek M.. To determining the performance and energy efficiency of vehicles in the context of urban mobility. Visnyk of National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 3 (50).

Transport flows, which go through the street-road grid of the city, in combination with external factors that affect their movement, set up the system, the operation of which requires adjustment to optimal modes. The article proposes an approach to evaluate the efficiency of traffic organization in terms of urban mobility according to the criteria of their energy efficiency and productivity. The approach is based on the principles of morphological analysis of the traffic flow system, which identifies five main functional elements of the system: car, traffic flow, road, traffic controls and traffic environment. Twenty-two significant morphological features, both quantitative and qualitative, have been identified for morphological elements, for which variants of their implementation have been set. Quantitative meters have been identified for qualitative features, which will allow the synthesis of typical system structures and determine their optimal modes of operation. The total number of possible structures of the system reaches $1,7496 \cdot 10^{14}$. The morphological characteristics unambiguously correspond to the parameters of the system of objective functions, the increments of which during the solution of the optimization problem are components of the integrated criterion of vehicle efficiency. Driving vehicles in optimal conditions will reduce energy consumption and increase their productivity, reduce traffic congestion, improve the environmental condition of the roadside environment and reduce the level of road hazards. The results of morphological analysis should be used in the process of statistical analysis of system parameters in order to develop adequate nonlinear mathematical models with set of output parameters to control the current and forecast future conditions of the system at different levels of detail of the road network.

KEYWORDS: MORPHOLOGICAL ANALYSIS, TRANSPORT FLOW, EFFICIENCY OF VEHICLES, ENERGY CONSUMPTION, PRODUCTIVITY.

РЕФЕРАТ

Костьян Н.Л. К определению производительности и энергоэффективности транспортных средств в условиях городской мобильности / Н.Л. Костьян, М. Смешек // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 3 (50).

Транспортные потоки, движущиеся по улично-дорожной сети города, в комплексе с внешними факторами, влияющими на их движение, образуют систему, функционирование которой требует настройки на оптимальные режимы. В статье предложен подход к оценке эффективности транспортных средств в условиях городской мобильности по критериям их энергоэффективности и производительности. Подход основывается на принципах проведения морфологического анализа системы оценки эффективности транспортных средств, в ходе которого выделены пять основных функциональных элементов системы: автомобиль, транспортный поток, дорога, средства управления движением и среда движения. Для морфологических элементов определены двадцать два существенных морфологических признака, как количественных, так и качественных, для которых заданы варианты их реализации. Для качественных признаков определены количественные измерители, что позволит провести синтез типовых структур системы и определить их оптимальные режимы. Общее количество возможных структур системы достигает $1,7496 \cdot 10^{14}$. Морфологическим характеристикам однозначно соответствуют параметры системы целевых функций, природы

которых в ходе решения задачи оптимизации являются составными интегрального критерия эффективности транспортных средств. Управление транспортными средствами в оптимальном режиме позволит снизить энергозатраты и увеличить их производительность, уменьшить количество транспортных заторов на дорогах, улучшить экологическое состояние придорожной среды и уменьшить уровень опасности дорожного движения. Результаты морфологического анализа целесообразно использовать в процессе проведения статистического анализа параметров системы с целью разработки адекватных нелинейных математических моделей с множеством выходных параметров для контроля текущего и прогнозирования перспективных состояний системы на различных уровнях детализации улично-дорожной сети.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ЭНЕРГОЗАТРАТЫ, ПРОДУКТИВНОСТЬ.

АВТОРИ:

Костьян Наталя Леонідівна, кандидат технічних наук, доцент, Черкаський державний технологічний університет, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, e-mail: 438knl@gmail.com, тел. +380978480339, Україна, 18006, м. Черкаси, бул. Шевченка, 333, к.206, orcid.org/ 0000-0002-1599-4007.

Смешек Мірослав, доктор наук, професор, Жешувська політехніка, професор, e-mail: msmieszka@prz.edu.pl, tel. +48178651100, al. Powstancow Warszawy 10, 35-959 Rzeszow, Poland, orcid.org/ 0000-0002-4508-6309.

AUTHORS:

Kostian Nataliia, PhD., associate professor, Cherkasy State Technological University, associate professor, department of vehicles and technologies for their exploitation, e-mail: 438knl@gmail.com, tel. +380978480339, Ukraine, 18006, Cherkasy, br Shevchenko, 333, of. 206, orcid.org/ 0000-0002-1599-4007.

ŚMIESZEK Mirosław, Dr. Hab., professor, Rzeszow University of Technology, professor of Department of Quantitative Methods, e-mail: msmieszka@prz.edu.pl, tel. +48178651100, Rzeszow University of Technology, al. Powstancow Warszawy 10, 35-959 Rzeszow, Poland, orcid.org/ 0000-0002-4508-6309.

АВТОРЫ:

Костьян Наталья Леонидовна, кандидат технических наук, доцент, Черкасский государственный технологический университет, доцент кафедры автомобилей и технологии их эксплуатации, e-mail: 438knl@gmail.com, тел. +380978480339, Украина, 18006, г. Черкассы, бул. Шевченка, 333, к.206, orcid.org/ 0000-0002-1599-4007.

Смешек Мирослав, доктор наук, профессор, Жешувский технологический университет, профессор, e-mail: msmieszka@prz.edu.pl, tel. +48178651100, Rzeszow University of Technology, al. Powstancow Warszawy 10, 35-959 Rzeszow, Poland, orcid.org/ 0000-0002-4508-6309.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Ситник О.О., доктор технічних наук, професор, Черкаський державний технологічний університет, завідувач кафедри електротехнічних систем, Черкаси, Україна.

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

REVIEWER:

Sytnyk O.O., Doctor of Technical Sciences, Professor, Cherkasy State Technological University, Head of Electrical Systems Department, Cherkasy, Ukraine.

Mateichyk V. P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of Department of the ecology and life safety, Kyiv, Ukraine.