

© Ю. Ю. Кукурудзяк, канд. техн. наук,
e-mail: uk34@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-0624-3893
(Вінницький національний технічний
університет)

© Ю. Ю. Кукурудзяк, канд. техн. наук,
e-mail: uk34@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-0624-3893
(Винницкий национальный
технический университет)

© Yurii Kukurudziak, Candidate of
Technical Science (PhD),
e-mail: uk34@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-0624-3893
(Vinnytsia National Technical University)

МОДЕЛЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОБУСІВ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

МОДЕЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ АВТОБУСОВ НА ОСНОВЕ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ

THE MODEL OF IDENTIFICATION OPERATING CONDITIONS
OF CITY PASSENGER BUSES ON THE BASIS OF
INFORMATION PROCESSING INTELLECTUAL METHODS

Анотація. Запропонована модель ідентифікації умов експлуатації міських пасажирських автобусів. Умови експлуатації визначені для перегонів транспортної мережі міста, враховуючи маршрути, транспортні засоби і час ідентифікації. Модель базована на інтелектуальних методах обробки інформації, зокрема ієрархічній системі нечіткого логічного виведення.

Ключові слова: умови експлуатації, автобус, ідентифікація, нечітке виведення.

Аннотация. Предложена модель идентификации условий эксплуатации городских пассажирских автобусов. Условия эксплуатации определяются для перегонов транспортной сети города, учитывая маршруты, транспортные средства и время идентификации. Модель базируется на интеллектуальных методах обработки информации, в частности, иерархической системе нечеткого логического вывода.

Ключевые слова: условия эксплуатации, автобус, идентификация, нечеткий вывод.

Abstract. The identification model of operating conditions of city passenger buses is offered. Operating conditions are determined for the city's transport network races, taking into account routes, vehicles and identification time. The model is based on intelligent methods of information processing, in particular a hierarchical system of fuzzy inference.

Keywords: operating conditions, bus, identification, fuzzy output.

Вступ

Ефективна експлуатація міських пасажирських автобусів є основою забезпечення потреб у перевезеннях пасажирів за мінімально можливих витрат із забезпеченням достатнього рівня без-

пеки та комфорту. Це можливо на високому рівні технічної готовності рухомого складу. Рівень технічної готовності міських пасажирських автобусів залежить від багатьох факторів, серед яких вагоме місце займає вчасне та якісне виконання

робіт обслуговування і поточного ремонту. Ці роботи можуть бути виконані періодично "за ресурсом", як передбачає планово-попереджувальна система [1]. Інший підхід "за станом" ґрунтується на врахуванні індивідуальних особливостей, а також індивідуальних умов експлуатації кожної окремої транспортної одиниці, що залежать від маршруту експлуатації. На різних маршрутах ці умови різні і вони змінюються з часом. Питання визначення та класифікації умов експлуатації автобусів міського пасажирського транспорту розглянуте в досить великій кількості наукових робіт [3, 4, 6] та багатьох інших. Умови експлуатації автобусів на окремих міських маршрутах можуть бути визначені, базуючись на класифікації складності маршрутів [3, 4], де передбачено розподіл маршрутів на окремі категорії на основі дорожніх і транспортних умов. Однак багато факторів, що впливають на ці умови, є змінними і випадковими величинами. Це дає підстави констатувати те, що за неоднозначності і випадковості вхідних даних застосування алгоритмічних методів для визначення умов експлуатації не завжди дає бажаний результат. Пошук підходів і методів визначення умов експлуатації міських автобусів є досить актуальним у наукових дослідженнях. **Метою цієї роботи** є дослідження основних принципів оперативної автоматизованої ідентифікації умов експлуатації міських пасажирських автобусів на основі методів інтелектуальної обробки інформації.

Основна частина

Ефективність експлуатації автобусів міського пасажирського транспорту характеризують певними показниками, які можна розділити на окремі групи: експлуатаційно-економічні, які враховують витрати та доходи під час експлуатації транспортних засобів; екологічні, які враховують фактори забруднення навколишнього середовища; соціальні, які враховують забезпечення потреб у перевезенні пасажирів.

Показники ефективності експлуатації міських пасажирських автобусів визначають з метою прийняття рішень щодо можливості та доцільності експлуатації окремої транспортної одиниці на заданому маршруті руху. Показники ефективності експлуатації є змінними величинами. Вони залежать від багатьох факторів, серед яких досить вагомими є технічний стан транспортних засобів та умови їхньої експлуатації. Отже, експлуатацію окремої транспортної одиниці на кожній окремій ділянці маршруту (перегоні) мож-

на розглядати як інформаційну систему, що характеризується умовами експлуатації, показниками експлуатації та характеристиками транспортного засобу. Постійне оперативне визначення показників ефективності експлуатації може здійснювались за допомогою системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу (АІЕМ) [2]. Ця система є системою допомоги прийняття рішень і призначена для пошуку оптимального оперативного рішення щодо експлуатації кожної окремої транспортної одиниці із врахуванням великих обсягів вхідної інформації різної природи.

Режими руху та умови експлуатації міських пасажирських автобусів суттєво відрізняються від умов експлуатації звичайних автомобілів. Фактори, що впливають на умови експлуатації, досить детально досліджені й описані у великій кількості наявних наукових робіт. Для врахування впливу різних факторів умов експлуатації на показники ефективності експлуатації в наукових роботах описані різні методики класифікації маршрутів за категоріями складності. З аналізу цих робіт можна дійти висновку, що кількість факторів досить велика, кожен із можливих факторів має певний ступінь впливу на показники ефективності експлуатації. В роботах [3, 4] визначено, що найбільш впливовими є такі фактори: частота планових і позапланових зупинок, довжина перегону, швидкість руху на перегоні, інтенсивність транспортного потоку, завантаження транспортного засобу, тип і стан дорожнього покриття, кількість і вид перехресть.

Фактори впливу на умови експлуатації можна поділити на три групи, базуючись на зв'язках взаємного впливу (рис. 1). Кожну групу факторів характеризує певний результат (X_1 , X_2 , X_3), що є вхідними даними для класифікації умов експлуатації.

Перша група факторів X_1 характеризує ділянку дороги, що відповідає окремому перегону і не враховує руху транспортних засобів. Фактори цієї групи можна вважати незмінними протягом певного періоду часу. Фактор $X_{1.1}$ враховує дорожнє покриття, його тип і стан. Фактор $X_{1.2}$ враховує рельєф місцевості, наявність підйомів і спусків. Фактор $X_{1.3}$ враховує можливу кількість позапланових зупинок та вимушеного зниження швидкості руху, які залежать від кількості світлофорів, кількості пішохідних переходів, кількості нерегульованих перехресть, кількості поворотів. Фактор $X_{1.4}$ враховує довжину перегону.

Друга група факторів X2 характеризує умови руху на даній ділянці дороги для всіх транспортних засобів, що рухаються на ній незалежно від маршруту й типу транспортного засобу. Ці фактори є змінними величинами, які можна вважати випадковими, але ймовірність появи того чи іншого значення залежить від часу доби та дня тижня. Фактор X2.1 характеризує щільність транспортного потоку або ймовірний ступінь заторів на перегоні. Фактор X2.2 характеризує середню можливу швидкість руху на перегоні.

Третя група факторів X3 враховує особливості кожного окремого маршруту, що проходить че-

рез дану ділянку дороги та особливості транспортного засобу. Фактори цієї групи також є змінними величинами, які залежать від місяця року, дня тижня і часу доби. Фактор X3.1 характеризує завантаженість транспортного засобу, що визначається пасажиропотоком на даному перегоні та пасажиромісткістю транспортного засобу. Фактор X3.2 характеризує планову швидкість руху згідно з розкладом руху для цього маршруту.

Умови експлуатації є об'єктом класифікації і залежать від вище перелічених факторів. Частина факторів є постійними величинами, а інша частина – випадковими. Різні транспортні мар-

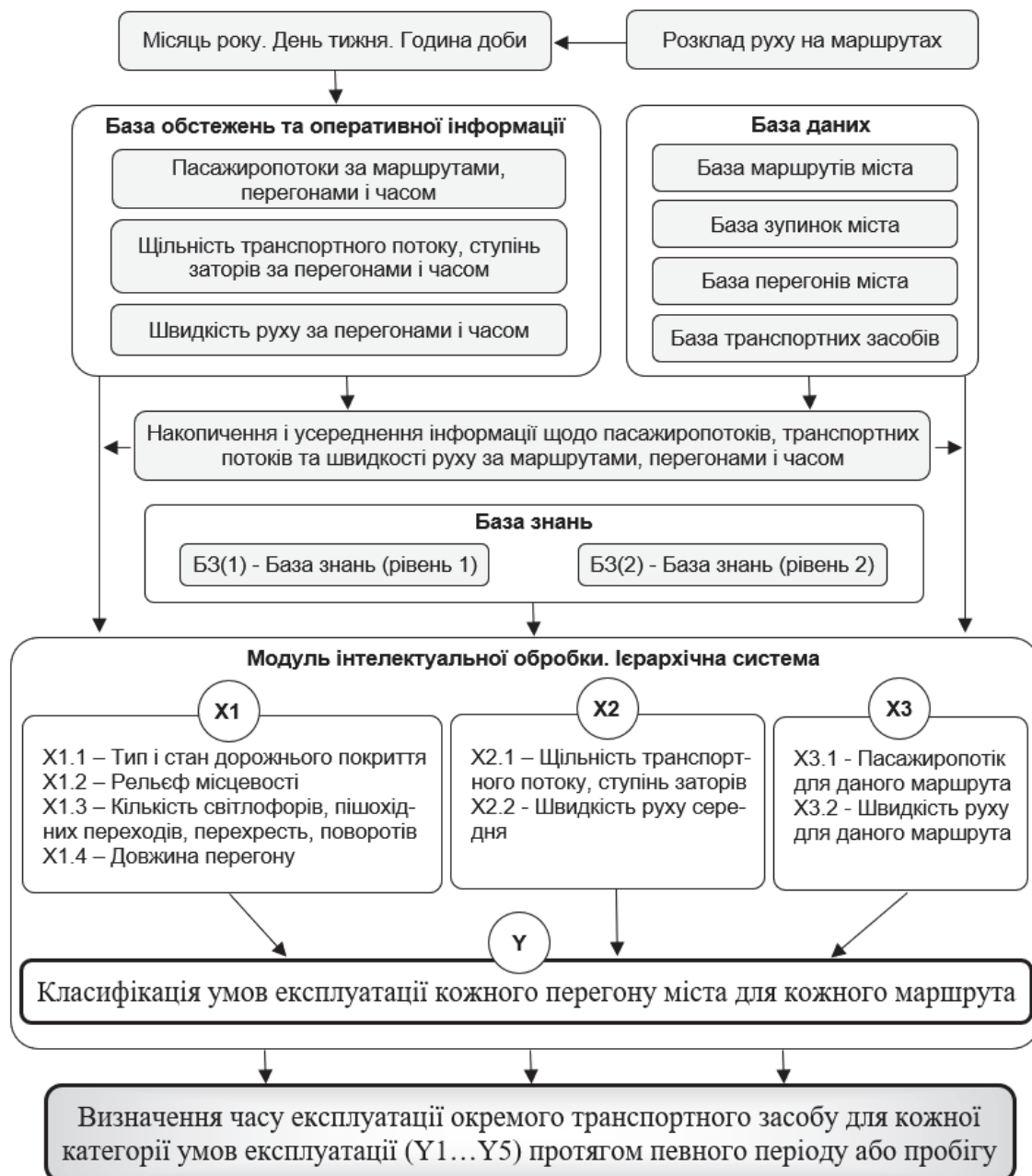


Рис. 1. Структурна схема моделі ідентифікації умов експлуатації

шрути міста можуть значно відрізнятись за умовами експлуатації. Водночас фактори умов експлуатації є різними для різних перегонів одного маршруту, а також змінними величинами в часі.

Система АІЕМ є об'єктно-орієнтованою (рис. 2). Властивості класів системи відповідають структурі та взаємозв'язкам між таблицями бази даних. Основними є класи: маршрут "Route", зупинка "Station", перегін "Section", транспортний засіб "Car".

База даних містить інформацію про всі перегони міста. Клас "Section" містить досить велику кількість властивостей, серед яких є опис факторів умов експлуатації. Перша і друга група факторів (X_1 і X_2) не залежать від маршруту і характеризують окрему ділянку дороги (перегін). Фактори групи X_1 заносяться до бази даних як постійні величини. Фактори групи X_2 мають випадковий характер. Вони накопичуються і усереднюються в базі даних для кожного перегону залежно від часу. Фактори групи X_3 враховують пасажиропотік маршруту і тип та пасажиромісткість транспортного засобу, що дає можливість визначити завантаження транспортного засобу. Ці фактори також надходять до бази даних як оперативна інформація за результатами обстежень. Завантаженість транспортних засобів на кожному перегоні для кожного маршруту також накопичується і усереднюється залежно від часу.

Нерідко один перегін є частиною декількох маршрутів – "Route" $\Sigma(1 \dots N)$. Водночас на цих маршрутах можуть експлуатуватися різні транспортні засоби – "Car" $\Sigma(1 \dots M)$. Отже, ідентифікація умов експлуатації для окремого перегону є складовим елементом для визначення умов експлуатації на всіх маршрутах, що містять у собі цей перегін і для всіх транспортних засобів – "Route-Section-Car" $\Sigma(1 \dots NM)$.

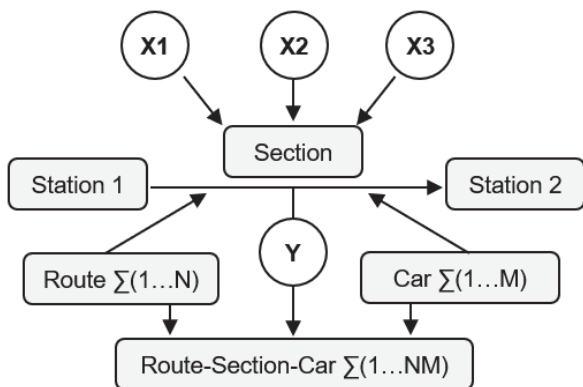


Рис. 2. Класи формування умов експлуатації на окремому перегоні

Модель ідентифікації умов експлуатації (рис. 1) повинна давати можливість урахування зазначених факторів у прийнятті оперативних експлуатаційних рішень. Тобто для кожної транспортної одиниці необхідно оперувати інформацією про умови експлуатації за певний період часу або за певний пробіг. До того ж вважають, що на цьому проміжку часу враховують технічний стан транспортного засобу і він є визначеним для кожної окремої транспортної одиниці. Застосування математичних алгоритмічних методів для вирішення такої задачі не дасть бажаного результату. Це пояснюють великими обсягами вхідної інформації різної природи, яка представлена як у числовій, так і в лінгвістичній формі. Більш доцільним є застосування методів інтелектуальної обробки інформації, які дають змогу вибирати оптимальні рішення на основі раціональної обробки всієї доступної інформації, а також врахування накопиченого досвіду. Найбільш поширеними інтелектуальними системами є штучні нейронні мережі, системи евристичного пошуку (генетичні алгоритми), системи, основані на знаннях (експертні системи, системи логічних висновків) [5]. Такий підхід передбачає формування бази знань, що містить правила, за якими здійснюють пошук оптимального рішення.

Модуль інтелектуальної обробки інформації є нечіткою ієрархічною системою з двома рівнями (рис. 3). Вихід бази знань першого рівня подається на вхід бази знань другого рівня, яка є вищою за ієрархією [7].

База знань першого рівня поділена на три частини, які описують залежностями: $X_1 = f_1(X_{1.1}, X_{1.2}, X_{1.3}, X_{1.4})$; $X_2 = f_2(X_{2.1}, X_{2.2})$; $X_3 = f_3(X_{3.1}, X_{3.2})$. База знань другого рівня описана залежністю $Y = f(X_1, X_2, X_3)$.

На вхід бази знань першого рівня подається інформація у вигляді чисельних значень або у вигляді лінгвістичних змінних із відповідними

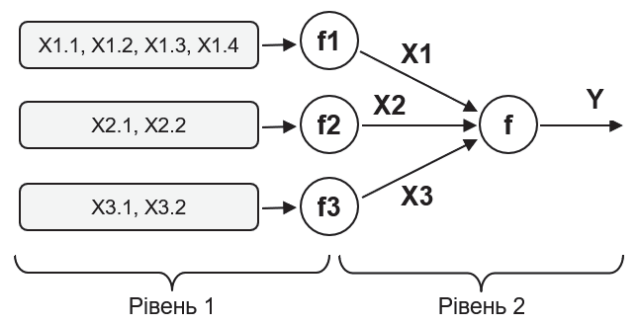


Рис. 3. Ієрархічна система нечіткого виведення

терм-множинами. Процедура фазифікації перетворює чисельні вхідні значення у вектор нечітких множин. Машина нечіткого логічного виведення на основі правил бази знань першого рівня визначає значення проміжних змінних X_1 , X_2 , X_3 у вигляді нечітких множин, що відповідають нечітким значенням вхідних змінних. Тож проміжним змінним X_1 , X_2 , X_3 не виконується процедура дефазифікації на виході першого рівня, і відповідно не виконується процедура фазифікації на вході другого рівня. Результат логічного виведення першого рівня напряму подається в машину логічного виведення другого рівня у вигляді нечітких множин.

Результат логічного виведення другого рівня після процедури дефазифікації ідентифікує категорію умов експлуатації на певному перегоні для певного транспортного засобу залежно від місяця року, дня тижня, години доби.

Висновки

Запропонована модель ідентифікації умов експлуатації міських пасажирських автобусів забезпечує автоматизоване визначення часу експлуатації кожної транспортної одиниці в різних категоріях умов експлуатації. Характеристики умов експлуатації для кожного перегону мережі міста дають можливість індивідуального моніторингу транспортних засобів, враховуючи їхній розклад руху на різних маршрутах міста протягом певного періоду часу, а також пору року, дні тижня та години доби. Оперативна ідентифікація умов експлуатації автобусів є основою функціонування системи допомоги прийняття рішень щодо можливості та доцільності експлуатації кожної окремої транспортної одиниці.

Література

1. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей. - М.: Транспорт, 1991. - 413 с.
2. Кукурудзяк Ю. Ю. Система автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу технічного стану та експлуатаційних показників автомобілів / Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту : наук. журнал. - Луганськ : СНУ ім. Володимира Даля. - 2012. - № 9 (180), Ч. 1. - С. 136-140.
3. Максимов В. А. Научные основы повышения эффективности использования городских автобусов средствами инженерно-технической службы: Дис. ... док. техн. наук: 05.22.10. - М, 2000. - 435 с.
4. Прохоров В. Н. Научные основы управления эффективностью эксплуатации городских автобусов: Автореф. дис... д-ра. техн. наук. - Владимир: МАДИ, 2009. - 38 с.
5. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. - 341 с.
6. Формальчик Є. Ю. Експлуатаційна надійність автобусів міського громадського транспорту / Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського: наук. журнал. - Львів : Національний університет "Львівська політехніка", 2016. - Випуск 1/2016 (96) - С. 91-96.
7. Штовба С. Д. Логічне виведення за ієрархічними гібридними нечіткими базами знань. Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції "Обчислювальний інтелект", Черкаси, Україна, 14-17 травня 2013 р.

References

1. Kuznetsov E. S. Tekhnicheskaja ekspluatatsiya avtomobylei. - M.: Transport, 1991. - 413 s.
2. Kukurudziak Yu.Yu. Systema avtomatyzovanoho intelektualno-ekspluatatsiinoho monitorynhu tekhnichnogo stanu ta ekspluatatsiinykh pokaznykiv avtomobiliv / Visnyk Shkhdnoukrainskoho nats. un-tu : nauk. zhurnal. - Luhansk : SNU im. Volodymyra Dalia. - 2012. - № 9 (180), Ch. 1. - S. 136-140.
3. Maksymov V. A. Nauchnye osnovy povisheniya efektyvnosti yspolzovaniya horodskyykh avtobusov sredstvamy ynzhenerno-tekhnicheskoi sluzhbi: Dys. ... dok. tekhn. nauk: 05.22.10. - M, 2000. - 435 s.
4. Prokhorov V. N. Nauchnie osnovy upravleniya efektyvnosti ekspluatatsyy horodskyykh avtobusov: Avtoref. dys... d-ra. tekhn. nauk. - Vladymyr: MADY, 2009. - 38 s.
5. Subbotin S.O. Podannia i obrobka znan u systemakh shtuchnogo intelektu ta pidtrymky pryiniattia rishen: Navchalnyi posibnyk.- Zaporizhzhia: ZNTU, 2008. - 341 s.
6. Fornalchik Ye.Yu. Ekspluatatsiina nadiinist avtobusiv miskoho hromadskoho transportu / Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho: nauk. zhurnal. - Lviv : Natsionalnyi universytet "Lvivska politekhnik", 2016. - Vypusk 1/2016 (96) - S. 91-96.
7. Shtovba S.D. Lohichne vyvedennia za iierarkhichnymy hibrydnymy nechitkymy bazamy znan. Materialy II Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "Obchysliuvalnyi intelekt", Cherkasy, Ukraina, 14-17 travnia 2013 r.