

УДК 004.8(07)

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРАКТИВНОГО МОНІТОРИНГУ У ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

**О.П. Алексієв, професор, д.т.н., В.О. Алексієв, ст. наук. співроб., д.т.н.,
В.О. Хабаров, аспірант, ХНАДУ**

***Анотація.** Розглядаються загальні положення та визначення, формалізації процедур інтерактивного моніторингу шляхів сполучення у транспортних системах на прикладі оцінки стану автомобільних доріг.*

***Ключові слова:** інтерактивний моніторинг, шляхи сполучення, формалізація, автомобільні дороги.*

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО МОНИТОРИНГУ В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

**О.П. Алексеев, профессор, д.т.н., В.О. Алексеев, ст. научн. сотр., д.т.н.,
В.О. Хабаров, аспирант, ХНАДУ**

***Аннотация.** Рассматриваются общие положения и определения, формализации процедур интерактивного мониторинга путей сообщения в транспортных системах на примере оценки состояния автомобильных дорог.*

***Ключевые слова:** интерактивный мониторинг, пути сообщения, формализация, автомобильные дороги.*

FORMALIZATION OF INTERACTIVE MONITORING IN TRANSPORTATION SYSTEMS

**O. Aleksiev, Professor, Doctor of Technical Science, V. Aleksiev, senior research,
Doctor of Technical Science, V. Habarov, postgraduate, KhNAHU**

***Abstract.** The general regulations and definitions, procedures formalization of interactive monitoring of highways in transport systems on example of motorways state assessment are considered.*

***Key words:** interactive monitoring, routes, formalization, highways.*

Вступ

Автомобільні дороги стають вузькою ланкою транспортних систем міст та регіонів. Вони потребують постійної уваги до усіх етапів створення та існування від наукового обґрунтування, проектно-вишукувальних робіт, будівництва та утримання. Безумовним є необхідність безперервного стеження за їх експлуатаційним станом. Розглянемо відповідну оцінку дорожнього середовища як інтерактивну інтелектуальну систему спостереження складних транспортних процесів.

Аналіз публікацій

На сучасному рівні розвитку транспорту використовуються новітні технології, що поєднані з інтелектуалізацією управління рухом та автоматизацією усіх вузлів та агрегатів транспортних машин, систем і дорожніх організацій [1, 2]. Діагностика та саме моніторинг автомобільних доріг (АД) є основою системи керування станом автомобільних доріг [3]. Застосування для моніторингу методології нейронних мереж дозволяє визначити його як інтелектуальний та, відповідно,

інтерактивний моніторинг [4–6]. Відмінною особливістю отриманих результатів дослідження інтерактивного моніторингу транспортних систем [7] є поєднання задачі оцінки стану транспортних машин та діагностування стану шляхів сполучення транспортної системи (загалом транспортної інфраструктури) [8].

Мета та постановка задачі

Ціль моніторингу й оцінки стану автомобільних доріг полягає в одержанні повної, об'єктивної і достовірної інформації про транспортно-експлуатаційний стан доріг. У якості об'єкта, що розглядається у цьому дослідженні, виступає процес створення інструментальних програмно-апаратних засобів спостереження за станом доріг як шляхів сполучення транспортної системи транспортної інфраструктури міст та регіонів. Відповідно предметом дослідження є процедури реєстрації даних про її стан у формальному опису процедур та засобів інтерактивного моніторингу шляхів сполучення транспортних систем.

Розглянемо задачу формальної інтерпретації оцінки дороги згідно логіки розуміння людини. Нехай стан дороги залежить від її геометричних характеристик – a_1 , дорожнього покриття a_2 , інтенсивності руху a_3 . Оцінка стану дороги $k(t)$. Усім можливим значенням відповідає наступна система лінгвістичних змінних:

$$a_1 = \begin{cases} a_{11}, \text{ якщо геометричні параметри} \\ \text{відповідні розрахунковим;} \\ a_{12}, \text{ якщо геометричні параметри} \\ \text{є гіршими за розрахункові.} \end{cases}$$

$$a_2 = \begin{cases} a_{21}, \text{ якщо покриття відповідає} \\ \text{розрахунковим значенням;} \\ a_{22}, \text{ якщо покриття гірше} \\ \text{розрахункового.} \end{cases}$$

$$a_3 = \begin{cases} a_{31}, \text{ якщо інтенсивність руху} \\ \text{розрахункова;} \\ a_{32}, \text{ якщо менше;} \\ a_{33}, \text{ якщо більше.} \end{cases}$$

У цьому випадку безлічі певному $k(t)$ відповідає матриця $\|a_{ki}\|$, де $k = 1, 2, 3$; $i = 1, 2, 3$, тобто в кожній точці k_i значення $k(t)$ або стан оцінюваного об'єкта визначається трійкою

$\{a_{1,i}; a_{2,i}; a_{3,i}\}$. У розглянутому прикладі $i = 1, 2, \dots, 12$. Проаналізуємо діапазон зміни за величиною, що відповідає номінальному чи розрахунковому, проектному стану об'єкта, $K_i = K_{\text{ном}}$.

Тоді для системи $K_{\text{ном}} = \{a_{11}; a_{21}; a_{31}\}$ приймемо, що: $\{a_{11}; a_{21}; a_{31}\} = 1$. Аналогічно можна визначити ε_k – поріг розрізнення, N_k – число помітних значень $k(t)$, задати D_k – діапазон зміни $K(t)$, наприклад, 0–100 %. Згідно з цим розглянемо, як здійснюється перехід від «неформального» опису такого складного об'єкта, яким є дорожнє середовище, до «формального», що дозволяє кількісно аналізувати, а отже, алгоритмізувати розглянуту систему оцінки стану дороги.

Формалізація

Завдання оцінювання стану дороги як завдання визначення деякої змінної $x(t)$ за оціненим її значенням $y(t)$ сформулюємо як завдання непрямих вимірювань за алгоритмом мінімізації суми квадратів помилок, відповідних неузгодженості реального і оцінюваного стану об'єкта досліджуваного типу. Запишемо, що:

$$y(t) = f(a_1, a_2, \dots, a_k; b_1, b_2, \dots, b_r),$$

де a_i – значення вимірюваних параметрів; b_i – помилки виміру і відхилення, викликані невраховуваними параметрами.

Нехай $1 = r$; тоді, якщо прийняти, що $\forall i: b_i = 0, y(t) = x(t)$, отримаємо

$$y(t) = x(t) + \sum_{i=1}^r \partial x(t) / \partial a_i \cdot b_i, \partial x(t) / \partial a_i$$

– значення похідною функції $x(t)$ за параметром a_i .

З урахуванням цього помилка оцінювання d_j у момент часу вимірювання параметрів a_i на діапазоні $[t_0, t_1]$ дорівнює наступному відношенню:

$$d_j = \sum_{i=1}^r \partial x(t) / \partial a_i \cdot b_i, t = t_j, i = \bar{1}; \bar{n},$$

де n – число вимірів.

Рішення полягає у визначенні помилок b_i , а отже, реальних значень параметрів $\alpha_i = a_i \pm b_i$.

Даний алгоритм носить узагальнений характер. Його можна використовувати як для визначення значень параметрів, які безпосередньо не підлягають виміру, так і для вирішення завдань управління процесом вимірювань, роботою інструментальних засобів моніторингу.

У першому випадку $\alpha_i = a_i \pm b_i$ є шуканим значенням оцінюваного параметра, у другому – поправки, які необхідно врахувати під час вимірювань. Оскільки ці завдання вирішуються в умовах порівняно обмеженого ресурсу, то замість методу найменших квадратів для розрахунку можна рекомендувати ітераційну процедуру, реалізація якої передбачає підстановку значення $b_i = \partial \alpha_j / \partial W_{ij} |_{t=t_k}$, де ∂ – коефіцієнт, що враховує взаємний вплив параметрів; t_k – момент контролю або вимірювання, для якого $t_j = t_k$; $|W_i| = \max |W_{ij}|$; $W_{ij} = \partial x(t) / \partial a_i$ – значення функції ваги a_i в момент виміру $y(t)$. Дослідження та цифрове моделювання запропонованої процедури показало, що вона виконується за 3–5 ітерацій залежно від значення a_j .

Окремим випадком розглянутого алгоритму є алгоритм реєстрації безлічі значень одного параметра $\{z_i\}$ $i = \overline{1, N_z}$. Для мінімізації кількості збережених значень, тобто пам'яті обчислювача, застосуємо принцип управління за відхиленням. Реєстрації в цьому випадку буде підлягати лише те значення параметра, яке відрізняється від попереднього на величину порогу розрізнення. Одним з перших завдань обробки цих даних є задача визначення характеру ділянки АД: знаходиться він на прямій вставці або кривій. Введемо таку систему позначень: α – виміряний азимут оцінюваної ділянки дороги; α_1 – виміряний азимут попередньої ділянки дороги; g_1 – ознака, що характеризує оцінювану ділянку таким чином

$$g_1 = \begin{cases} +1, & \text{якщо } \beta > \xi; \\ -1, & \text{якщо } \beta < -\xi; \\ 0, & \text{якщо } |\beta| < \xi, \end{cases} \quad (1)$$

де $\beta = \alpha - \alpha_1$; ξ – точність (розрізнення) вимірювання азимута.

Виразу (1) відповідає графічний опис, у якому g_2 – ознака, що характеризує попередню ділянку. Співвідношення значень g_2 , g_1 однозначно визначає множина S (одинадцять) різних ситуацій s_i , що реєструються у русі транспортного засобу: $S = \{s_i\}$, $i = \overline{1, 11}$. Множина ситуацій S є своєрідною лінгвістичною змінною з такими термами:

- 1) поворот наліво (Л);
- 2) поворот направо (П);
- 3) пряма вставка (В);
- 4) початок повороту направо (ПП);
- 5) початок повороту наліво (ПЛ);
- 6) кінець повороту направо (КП);
- 7) кінець повороту наліво (КЛ);
- 8) початок вставки (ПВ);
- 9) кінець вставки (КВ);
- 10) початок ділянки (ПД);
- 11) кінець ділянки (КД)

Таким чином, згідно (1) оцінка ділянки АД або відповідає ситуації, яку реєструє людина $\{Л, П, В, ПП, ПЛ, КП, КЛ, ПВ, КВ, ПД, КД\}$, які однозначно визначаються трійкою вимірюваних значень напрямку траси – J_j

$$\begin{cases} S = f(J_j, J_{j-1}, J_{j-2}) \alpha = J_j, \\ \alpha_1 = J_{j-1} \text{ (для ділянки } j); \\ \alpha = J_{j-1}, \alpha_1 = J_{j-2} \text{ (для ділянки } j-1). \end{cases} \quad (2)$$

Точність ξ визначається розмірами елементарної ділянки, яка являє собою в окремому випадку ділянку дороги протяжністю 100 м (пікет). Мінімальний розмір елементарної ділянки – відстань між двома проведеними вимірами j , $j-1$ для розглянутих прикладів виконання вимірювань за допомогою пересувної лабораторії – це відстань, на якій колесо базового автомобіля зробить n оборотів. Аналітичний запис функціональної залежності f у вигляді звичайних арифметико-алгебраїчних співвідношень виконати складно. Неважко помітити, що визначення терму, точніше його номера N , виконується таким чином: $N = Q_1 + Q_2$, де

$$Q_1 = \begin{cases} 1, & \text{якщо } g_1 = 1; \\ 2, & \text{якщо } g_1 = -1; \\ 3, & \text{якщо } g_1 = 0; \end{cases} \quad (3)$$

$$Q_2 = \begin{cases} 0, & \text{якщо } g_2 = 1; \\ 3, & \text{якщо } g_2 = -1; \\ 6, & \text{якщо } g_2 = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Використання розрахунку (3), (4) значно спрощує процедуру ідентифікації $\{s_i\}$, котрій відповідає рішення задачі визначення характеру ділянки і скорочення АД.

Висновки

Основні властивості інтерактивного моніторингу шляхів сполучення у транспортних системах полягають у відмінних властивостях: спостереження в умовах реального часу та відповідність процедур перетворення спостережуваних даних логіці розуміння людини. Першочергове завдання, підготовка до створення систем інтерактивного моніторингу пов'язана з таким кроком як формальний опис процедур реєстрації даних. Йому відповідає така багатопарова схема: оцінка первинних характеристик (для автомобільної дороги – геометрія, рівність, зчипні якості поверхні); проміжні, розрахункові, опосередковані параметри з урахування інтенсивності руху, швидкості транспортних потоків; узагальнені оцінки, на основі яких приймаються рішення щодо утримання автомобільних доріг та виконується аналіз дорожніх ситуацій. Формальний опис базується на застосуванні операторних співвідношень, математичного апарату лінгвістичних змінних та процедур формалізації перетворення даних згідно логіці розуміння людини.

Література

1. Информационные технологии на автомобильном транспорте / В.М. Власов, В.Б. Николаев, А.В. Постоит, В.М. Приходько. – М. : МАДИ (ГТУ), 2006. – 283 с.
2. Пржибил П. Телематика на транспорте / П. Пржибил, М. Свитек. – М. : МАДИ (ГТУ), 2003. – 540 с.
3. Управление развитием транспортных систем : монография / В.О. Алексієв. – Харків : ХНАДУ, 2008. – 268 с.
4. Попков К.А. Интеллектуальные системы / К.А. Попков, В.Г. Коньков. – М. : Издательство МГТУ, 2003. – 348 с.
5. Комашинский В.И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи / В.И. Комашинский, Д.А. Смирнов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2003. – 94 с.
6. Хабаров В.О. Интерактивная система мониторинга автомобильных дорог / В.О. Хабаров // Вестник ХНАДУ. – 2007. – Вып. 38. – С. 301–303.
7. Хабаров В.О. Гнучка мобільна комп'ютеризована система безперервного моніторингу наземних транспортних систем / В.О. Хабаров, В.В. Верченко // Автомобільний транспорт. – Харків : ХНАДУ. – Вып. 25. – 2009. – С. 247–277.
8. Информатизация транспортных систем / О.П. Алексієв, В.О. Алексієв, В.О. Хабаров, Г.Г. Четвериков // Біоніка інтелекту : наук.-техн. журнал. – 2011. – № 3(74). – С. 52–57.

Рецензент: О.В. Бажинов, професор, д. т. н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 10 квітня 2011 р.