

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ



МАТЕРІАЛИ

85-ї Науково-технічної та науково-методичної конференції ХНАДУ Секція «Інформатика та прикладна математика»

Харків 2021

ЗМІСТ

Проф. Левтеров А.І. Лазерна сканувальна система моніторингу деформацій мостових споруд та підмостового габариту.....	3
Проф. Колодяжний В.М. Моделювання формування паливної плями на стінці камери згоряння дизельного двигуна.....	14
Доц. Фастовець В.І. Перспективи використання доповненої реальності в будівельній галузі	19
Доц. Костікова М.В. Алгоритми розв’язання задач теорії розкладів на основі прогнозу. Експериментальні характеристики алгоритмів	25
Доц. Симбірський Г.Д. Використання мікропроцесорної платформи Arduino для підвищення безпеки на автомобільному транспорті.....	29
Доц. Шевченко В.О. Формалізація процесу самостійної роботи студентів.....	44
Доц. Плєхова Г.А. Моделювання трас з урахуванням топологічної та геометричної складових.....	49
Ст. викл. Козачок Л.М. Оптимізація управління на міському пасажирському транспорті за допомогою використання методів лінійного та динамічного програмування.	52
К.т.н., ас. Полякова Т.В. Критерії та моделі багатокласової класифікації із застосуванням принципу One-vs-all.....	55

ЛАЗЕРНА СКАНУВАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ДЕФОРМАЦІЙ МОСТОВИХ СПОРУД ТА ПІДМОСТОВОГО ГАБАРИТУ

Проф. Левтеров А.І., ХНАДУ

Для контролю та прогнозування стану мостової споруди (мосту, шляхопроводу і ін.) з метою завчасного попередження про тенденції змін геометричних параметрів споруди, необхідно періодично проводити обстеження конструкції мосту.

Традиційно періодичний моніторинг стану споруди виконується з використанням різних геодезичних засобів:

- оптичні високоточні нівеліри (визначення вертикальних осідань);
- електронні тахеометри TPS (визначення горизонтальних і вертикальних зсувів);
- супутникові приймачі GPS (визначення горизонтальних і вертикальних зсувів);
- далекоміри (визначення горизонтальних зміщень);
- датчики нахилу, акселерометри, тензометри, щелемери і інші засоби збору даних [1].

Однак, в автоматизованих системах деформаційного моніторингу (АСДМ) мостової споруди необхідно використовувати інші методи, прилади та системи вимірювання деформації, що дозволяють 24 години на добу і 365 днів на рік проводити моніторинг із заданою дискретністю [2].

Сучасні АСДМ затребувані, вони широко впроваджуються і використовуються як в нашій країні, так і за кордоном.

Вартість АСДМ може становити до 0,01% вартості зведення самої споруди, а всі експлуатаційні витрати, включаючи витрати на електроживлення, забезпечення роботи каналів комунікації, планове обслуговування автоматизованої системи моніторингу, значно менше витрат на періодичне обстеження традиційними геодезичними засобами [1].

Застосування АСДМ мостової споруди дозволяє оперативно контролювати стан мостової конструкції, зміщення і прогини, що виникають в результаті впливу зовнішніх природно-кліматичних впливів, інтенсивного автомобільного навантаження, а також у випадках з великим динамічним навантаженням шляхопроводів літаками (Рис.1) [3] та залізничним транспортом (Рис.2) [4].

Слід зазначити, що зміщення і прогини конструкцій мостової споруди впливають і на висотний (підмостовий) габарит. Згідно з ДБН В.2.3.-22:2009 (Додаток В) висотний габарит Н шляхопроводу над поверхнею проїзду на автомобільних дорогах загального користування і вулицях населених пунктів приймають не менше 5,5м.



Рис. 1. Динамічне навантаження шляхопроводів літаками



Рис. 2. Динамічне навантаження шляхопроводів залізничним транспортом

Але існують ділянки доріг, для яких вводяться обмеження габаритів транспортних засобів по висоті. Для обмеження руху габаритного транспорту на даних ділянках виставляється знак «Обмеження висоти». І якщо висота транспортного засобу (як з вантажем, так і без такого) перевищує встановлену знаком межу, то проїзд по даній ділянці дороги категорично забороняється (рис. 3) [5].



Рис. 3. Обмежений рух габаритного транспорту

Проте, деякі водії транспортних засобів або не помічають знак «Обмеження висоти», або ігнорують його, і це приводить до зіткнення транспортного засобу з мостовою спорудою. Це, у свою чергу, приводить до пошкодження і транспортного засобу, і мостової споруди (рис.4).



Рис. 4. Невиконання водієм знаку «Обмеження висоти»

Якщо пошкодження габаритного транспортного засобу призведе до можливого травмування водія, то пошкодження мостової споруди (шляхопроводу) з відповідним великим навантаженням (рис. 1, рис. 2), може привести до фатальної катастрофи з багатьма людськими жертвами.

На погляд авторів цієї статті, треба встановлювати на певній відстані від мостової споруди інформаційні конструкції балочної або рамної системи з встановленими на них відповідними знаками і з габаритом по висоті рівним підмостовому габариту мостової споруди (рис. 5) [3]. І хоча в цьому випадку при невиконанні водієм знаку «Обмеження висоти» буде пошкодження габаритного транспортного засобу і інформаційної конструкції, але це дасть можливість уникнути пошкодження мостової споруди.



Рис. 5. Інформаційна конструкція балочної та рамкової системи

Застосування АСДМ мостової споруди повинна включати набір датчиків, встановлених в критичних точках елементів конструкції мостової споруди.

Останнім часом широке розповсюдження набувають методи та пристрої для деформаційного моніторингу мостових споруд з застосуванням волоконно – оптичних датчиків інтенсивності лазерного випромінювання. Однак, виробникам датчиків ще необхідно розв'язати такі задачі: ефективна компенсація втрат у кабелях і з'єднаннях в квазістатичних вимірювальних системах; реалізація методів мультиплексування датчиків інтенсивності в волоконно - оптичних мережах передачі даних; визначення на практиці меж точності і повторюваності [6, 7].

Метою роботи є визначення найбільш ефективних методів та вимірювальної системи для моніторингу деформацій елементів конструкцій мостових споруд та підмостового габариту. Для технічної реалізації цієї задачі треба розробити вимірювальну систему, яка забезпечить контроль параметрів деформації мостових конструкцій та підмостового габариту у складі АСДМ.

Починаючи з кінця 70-х років минулого століття широке розповсюдження у вимірювальній техніці та наукових дослідженнях набули оптичні розгортуючі системи, в основу яких покладений принцип розгортання лазерного променя в горизонтальній або вертикальній площині [8]. Базуючись на цьому принципі, пропонується пристрій для вимірювання деформацій елементів конструкцій мостів та підмостового габариту. Даний пристрій містить: послідовно розташовані на опорі джерело світла у вигляді лазера ІЧ - діапазону; коліматор та вузол розгортки лазерного променя; перший фотоприймач, який закріплюється до наміченої точки мостової прольотної балки; другий фотоприймач, який встановлюється на ґрунті в одній вертикальній площині з першим фотоприймачем, встановлений на опорі на певній відстані від мосту. Виходи першого і другого фотоприймачів з'єднані відповідно з першим та другим входом блоку комутації, а вихід якого з'єднаний з блоком обробки і реєстрації, який представляє собою блок обчислень деформацій мостової конструкції та підмостового габариту, вихід якого з'єднаний з блоком реєстрації.

Працює пристрій наступним чином. Для виміру підмостового габариту та виміру деформації прольотної балки 1 мостової споруди (Рис. 7) застосовуються перший фотоприймач 3, встановлений в середині прольотної балки мосту. Другий фотоприймач 4, встановлений на опорі на певній відстані від мостової споруди. Послідовно розташовані лазер 5, оптичний коліматор 6 і вузол 7 розгортки лазерного променя 8, встановлені на опорі на певній відстані від другого фотоприймача 4 і відповідно на певній відстані від мостової споруди, причому другий фотоприймач 4 та вузол 7 розгортки лазерного променя 8 знаходяться в одній вертикальній площині з першим фотоприймачем 3. Для вибору точок встановлення першого фотоприймача 3 посередині прольотної балки мостової споруди та виміру підмостового габариту 1 (низ фотоприймача 3 на прольотній балці 1 мосту та точка 4' на дорозі 2 на рис. 7) застосовується, наприклад, тахеометр. Другий фотоприймач 4 встановлюється на опорі таким чином, що б точка 4' була його продовженням 9 на дорозі 2.

У пристрої застосовується лазер (лазерний діод) з безперервним випромінюванням променя інфрачервоного (ІЧ) діапазону певної довжини хвилі. Послідовно з лазером розташовується оптичний коліматор, який складається з об'єктива, у фокальній площині якого розміщується вихід лазерного променя

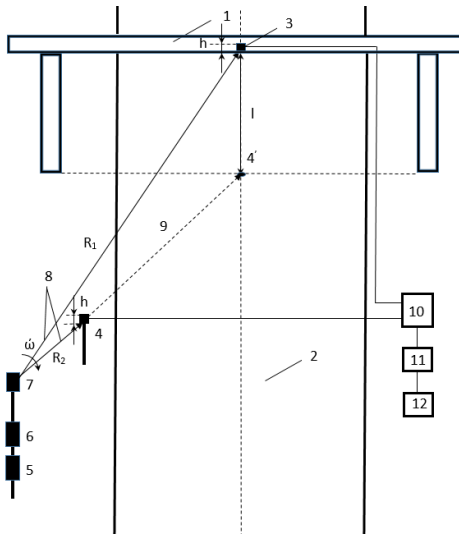


Рис.6. Схематичне відображення пристрою без деформації прольотної балки мостової споруди

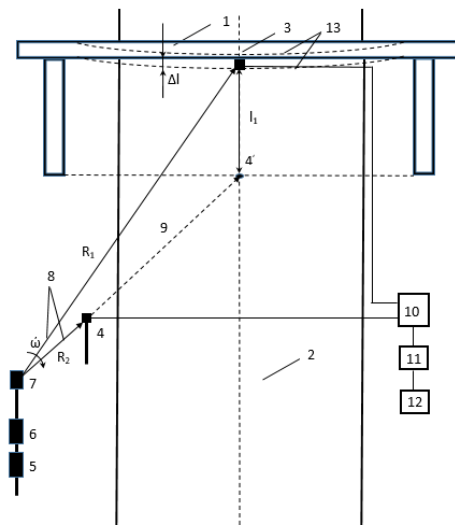


Рис. 7. Схематичне відображення пристрою з деформацією прольотної балки мостової споруди

Оптичний коліматор 6 забезпечує паралельність лазерного променя 8 і тому, за рахунок, практично, нульової розбіжності, вся енергія лазерного променя буде зосереджена на чутливій поверхні кожного фотоприймача, виконаний із певного матеріалу, що без особливих перешкод пропускає лазерний промінь. Фотоприймачі 3 і 4 містять фотодіод, перед яким розташовуються чутлива поверхня і оптичний фільтр, що пропускає промінь тільки певної довжини хвилі лазера. Всі елементи фотоприймача розміщуються у герметичному корпусі. Вузол розгортки 7, наприклад, представляє собою двигун, на валу якого розташовується дзеркало, що знаходиться під кутом 45° до лазерному променю, або крутий оптичний клин, за рахунок чого промінь лазера розгортається у вертикальній площині.

Оптичний сигнал 8, що розгортається, з вузла розгортки 7 послідовно пробігає по чутливій поверхні першого і другого фотоприймачів певної довжини h (Рис. 7). Електричний сигнал з фотодіода фотоприймачів 3 і 4 поступає на підсилювач електричного сигналу відповідного фотоприймача, який, після підсилення, поступає на блок комутації 10 (Рис. 7, Рис. 8). Тривалість електричного імпульсу з виходу фотоприймача буде визначатися швидкістю проходження лазерного променя по чутливій поверхні фотоприймача, яка, у свою чергу, буде визначатися кутовою швидкістю ω двигуна вузла розгортки і відстанню R вузла розгортки до фотоприймача (Рис. 1, Рис. 2). Тому тривалість імпульсів з першого та другого фотоприймачів буде різною і в міру наближення фотоприймача до вузла розгортки буде збільшуватись (Рис. 9)

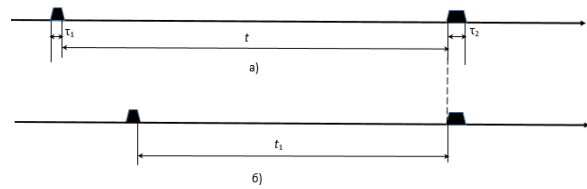


Рис. 8. Часові діаграми роботи пристрою без деформації прольотної балки мостової споруди (а) і після деформації (б).

$$\tau_1 = \frac{h}{\omega R_1}, \quad (1)$$

де $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ – кутова швидкість обертів двигуна;

R_1 – відстань між блоком розгортки лазерного променя та першим фотоприймачем.

Тоді для другого фотоприймача тривалість імпульсу буде, відповідно,

$$\tau_2 = \frac{h}{\omega R_2}. \quad (2)$$

Тривалість часу t проходження лазерного променя від першого фотоприймача до другого фотоприймача буде відповідати довжині l підмостового габариту при відсутності деформації прольотної балки мостової споруди. Слід зазначити, що тривалість часу t береться від заднього фронту імпульсу першого фотоприймача 3 до переднього фронту імпульсу другого фотоприймача 4 (Рис. 9, а).

Якщо конструкція мостової споруди буде деформована 13 (пунктирні лінії на рис. 8), то підмостовий габарит зміниться, відповідно, до l_1 (Рис. 8), що відповідатиме часу t_1 проходження лазерного променя від першого фотоприймача 3 до другого фотоприймача 4 (Рис. 9, б), причому тривалість імпульсів буде такою ж, як і для конструкції до деформації (Рис. 9, а).

Після надходження імпульсів з фотоприймачів 3 і 4 відповідно до деформації прольотної балки мостової споруди і після її деформації через блок 10 комутації до блоку 11 обчислення, який виконує обчислення спочатку t і t_1 , а потім підмостового габариту з виразу

$$\frac{t}{t_1} = \frac{l}{l_1}, \quad (3)$$

$$l_1 = \frac{l \cdot t_1}{t}. \quad (4)$$

де l_1 – величина підмостового габариту після деформації прольотної балки мостової споруди.

Звідки величина деформації прольотної балки мостової споруди буде

$$\Delta l = l - l_1, \quad (5)$$

Після перетворення і обчислення інформація про величину підмостового габариту та величину деформації прольотної балки мостової споруди з блоку 11 обчислень надходить на реєстратор 12 (Рис 7, Рис. 8).

Слід зазначити, що у запропонованому пристрої фотоприймач закріплюється на прольотній балці мостової споруди тільки в одній точці (посередині прольотної балки), а це не дає повної картини про деформацію конструкції по всій її довжині. Тому був розроблений пристрій з розподіленими і закріпленими фотоприймачами по всій довжині прольотної балки мостової конструкції, що дозволяє обчислювати інформацію з датчиків про деформацію прольотної балки і мостового габариту по всій довжині конструкції.

Працює пристрій наступним чином. Для виміру деформації прольотної балки 1 мостової споруди та підмостового габариту (Рис. 10) застосовуються фотоприймачі $3_1, 3_2, \dots, 3_i, \dots, 3_n$, розподілені і закріплені по всій довжині прольотної балки мостової конструкції, фотоприймачі $4_1, 4_2, \dots, 4_i, \dots, 4_n$, що встановлені на опорі на певній відстані від мосту, кожний з яких знаходиться в одній вертикальній площині з відповідними $3_1, 3_2, \dots, 3_i, \dots, 3_n$ фотоприймачами, що закріплені на прольотній балці мостової конструкції. Кроковий двигун 5, який програмно управляється блоком 6 управління кроковим двигуном, встановлюється на опорі на певній відстані від мостової споруди і відповідно на певній відстані від фотоприймачів $4_1, 4_2, \dots, 4_i, \dots, 4_n$. На валу крокового двигуна закріплена платформа 7, на якій встановлені послідовно розташовані джерело світла 8 у вигляді лазера ІЧ - діапазону, коліматор 9 та вузол 10 розгортки лазерного променя. Для вибору точок встановлення фотоприймачів $3_1, 3_2, \dots, 3_i, \dots, 3_n$ по всій довжині прольотної балки мостової конструкції та виміру підмостового габариту l_i (низ фотоприймачів $3_1, 3_2, \dots, 3_i, \dots, 3_n$ на прольотній балці 1 мостової споруди та точки $4_1', 4_2', \dots, 4_i', \dots, 4_{n-1}', 4_n'$ на дорозі 2 (Рис. 10) застосовується, наприклад, тахеометр.

Точки встановлення фотоприймачів $3_1, 3_2, \dots, 3_i, \dots, 3_n$ та $4_1, 4_2, \dots, 4_i, \dots, 4_n$ обираються в залежності від кута повороту (кроку) валу серійного крокового двигуна (наприклад, $\gamma = 0,9^\circ$ або $1,8^\circ$), який встановлюється на місті тахеометру на опорі. Фотоприймачі $4_1, 4_2, \dots, 4_i, \dots, 4_n$, встановлюється на опорі таким чином, що б точки $4_1', 4_2', \dots, 4_i', \dots, 4_{n-1}', 4_n'$ були їх продовженням 12 на дорозі 2 (Рис. 10, Рис. 11).

Як і у попередньо розглянутому пристрої, у запропонованому пристрої застосовується лазер 8 (лазерний діод) з безперервним випромінюванням променя інфрачервоного (ІЧ) діапазону певної довжини хвилі. Послідовно з

лазером 8 розташовується оптичний коліматор 9, який складається з об'єктива, у фокальній площині якого розміщується вихід лазерного променю 11.

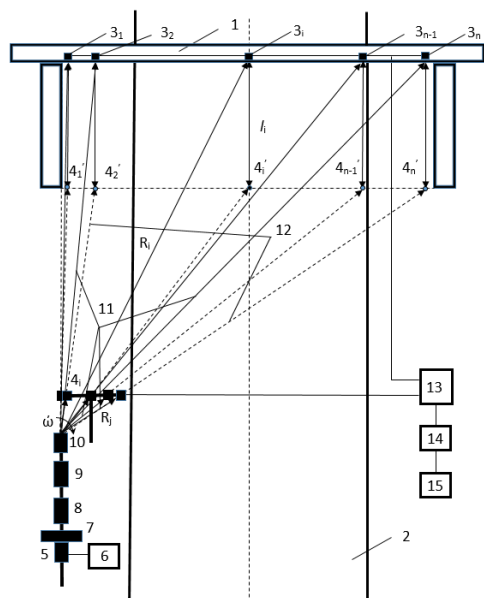


Рис. 9. Схематичне відображення пристрою з n фотоприймачами без деформації прольотної балки мостової споруди

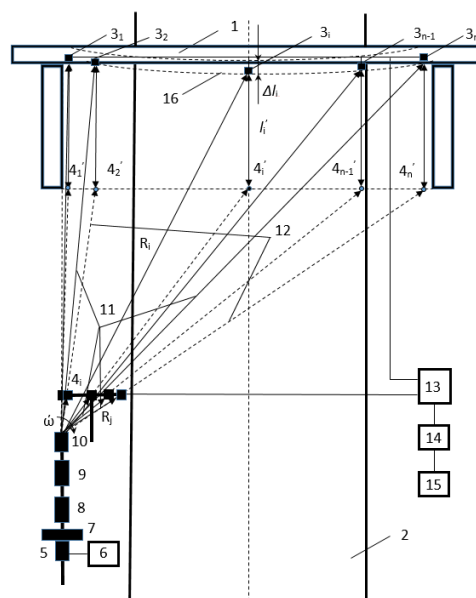


Рис. 10. Схематичне відображення пристрою з n фотоприймачами і з деформацією прольотної балки мостової споруди

Оптичний коліматор 9 забезпечує паралельність лазерного променю 11 і тому, за рахунок, практично, нульової розбіжності, вся енергія лазерного променю буде зосереджена на чутливій поверхні кожного фотоприймача, виконаного із певного матеріалу, що без особливих перешкод пропускає лазерний промінь. Фотоприймачі $3_1, 3_2, \dots, 3_i, \dots, 3_n$ та $4_1, 4_2, \dots, 4_i, \dots, 4_n$ містять фотодіод, перед яким розташовуються чутлива поверхня і оптичний фільтр, що пропускає промінь тільки певної довжини хвилі лазера. Всі елементи фотоприймача розміщуються у герметичному корпусі. Вузол розгортки 10, наприклад, представляє собою двигун, на валу якого розташовується дзеркало, що знаходиться під кутом 45° до лазерному променю, або крутий оптичний клин, за рахунок чого промінь лазера розгортається у вертикальній площині.

Лазер 8, оптичний коліматор 9 та вузол розгортки 10 лазерного променю розміщуються на платформі 7, встановленій на валу крокового двигуна 5, який по програмі з блоку 6 управління кроковим двигуном, здійснює поворот валу крокового двигуна і, відповідно, платформи на один крок (кут рівний γ). Через деякий час з блоку 6 управління кроковим двигуном поступає команда на кроковий двигун, в результаті чого його вал повертається на другий кут γ і т. д. до моменту поки кут повороту крокового двигуна від нульової точки не досягне величини $\alpha = n\gamma$, встановленої тахеометром та внесеної у програму блоку 6

управління кроковим двигуном. Після чого вал крокового двигуна повертається до початкової (нульової) точки і процес повторюється.

Таким чином, оптичний сигнал 11, що розгортається, з вузла розгортки 10 послідовно пробігає по чутливій поверхні $3_1, 3_2, \dots, 3_i, \dots, 3_n$ та $4_1, 4_2, \dots, 4_i, \dots, 4_n$ фотоприймачів певної довжини h (довжина фотоприймачів h така, як і на рис. 7). Електричний сигнал з фотодіодів кожного з фотоприймачів $3_1, 3_2, \dots, 3_i, \dots, 3_n$ та $4_1, 4_2, \dots, 4_i, \dots, 4_n$ поступають на підсилювач електричного сигналу відповідного фотоприймача, який, після підсилення, поступає на блок комутації 13 (Рис. 10, Рис. 11). Тривалість електричного імпульсу з виходу фотоприймача буде визначатися швидкістю проходження лазерного променя по чутливій поверхні фотоприймача, яка, у свою чергу, буде визначатися кутовою швидкістю ω двигуна вузла розгортки і відстанню R вузла розгортки до відповідного фотоприймача. Тому тривалість імпульсів з $3_1, 3_2, \dots, 3_i, \dots, 3_n$ та $4_1, 4_2, \dots, 4_i, \dots, 4_n$ фотоприймачів буде різною і в міру наближення фотоприймача до вузла розгортки буде збільшуватись (Рис. 12). Тоді, аналогічно, виразу (1) можна записати

$$\tau_{3_i} = \frac{h}{\omega R_i}, \quad (6)$$

де $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ – кутова швидкість обертів двигуна;

R_i – відстань між блоком розгортки лазерного променя та фотоприймачем 3_i , де $i = 1, 2, \dots, n$.

Тоді для фотоприймача 4_i тривалість імпульсу буде, відповідно,

$$\tau_{4_i} = \frac{h}{\omega R_j}, \quad (7)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, n$.

Тривалість часу t проходження лазерного променя від фотоприймача 3_i до фотоприймача 4_i буде відповідати довжині l_i підмостового габариту при відсутності деформації прольотної балки мостової споруди. Слід зазначити, що тривалість часу t береться від заднього фронту імпульсу фотоприймача 3_i до переднього фронту імпульсу фотоприймача 4_i (Рис. 12, а).

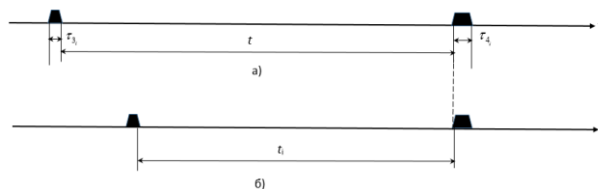


Рис. 15. Часові діаграми роботи пристрою з n фотоприймачами без деформації прольотної балки мостової споруди (а) і після деформації (б).

Якщо конструкція мосту буде деформована 16 (пунктирні лінії на Рис. 11), то підмостовий габарит зміниться, відповідно, до l_i' (Рис. 11), що відповідатиме часу t_i проходження лазерного променя від фотоприймача 3_i до другого фотоприймача 4_i (Рис. 12, б), причому тривалість імпульсів буде такою ж, як і для конструкції без деформації (Рис. 12, а).

Після надходження імпульсів з фотоприймачів 3 і 4 відповідно до деформації прольотної балки мостової споруди і після її деформації через блок 10 комутації до блоку 11 обчислення, який виконує обчислення спочатку t і t_i , а потім підмостового габариту з виразу

$$\frac{t}{t_i} = \frac{l_i}{l_i'}, \quad (8)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$.

$$l_i' = \frac{l_i \cdot t_i}{t}, \quad (9)$$

де l_i' – величина підмостового габариту після деформації прольотної балки мостової споруди.

Звідки величина деформації прольотної балки мостової споруди буде

$$\Delta l = l_i - l_i', \quad (10)$$

Після перетворення і обчислення інформація про величину підмостового габариту та величину деформації прольотної балки мостової споруди з блоку 14 обчислень надходить на реєстратор 15 (Рис. 10, Рис. 11).

Слід зазначити, що при розташуванні блоку розгортання лазерного променя та крокового двигуна на узбіччі дороги з одного боку мостової споруди приведе до дуже не рівномірного розташування фотоприймачів на прольотній балці мостової споруди. Тобто на прольотній балці мостової споруди, з боку якої розташовується блок розгортання лазерного променя, якщо відстань між фотоприймачами складатиме сантиметри, то з протилежного боку прольотної балки – декількох метрів. Це, у свою чергу, приведе до значної похибки при обчисленні деформації прольотної балки та підмостового габариту тієї її частини, де відстань між фотоприймачами обчислюється метрами. Тому пропонується кроковий двигун, блок розгортання лазерного променя та фотоприймачі 4₁, 4₂, ..., 4_i, ..., 4_n (рис. 13 та рис. 14) розташовувати посередині дороги, що проходить під мостовою спорудою, на інформаційній конструкції балочної або рамної системи (рис. 5, рис. 6) на певній відстані від мостової споруди. Тобто інформаційні конструкції балочної або рамної системи, у цьому випадку, несуть подвійну функцію: встановленню знаків, що

інформують водіїв та захищають мостову споруду від пошкодження габаритним транспортом (рис. 6), і розміщенню, вказаного вище, обладнання для виміру деформації мостової споруди та підмостового габариту.

Висновки. Пристрій може бути застосований в автоматизованій системі моніторингу деформацій мостової споруди (АСДМ), що дозволить оперативно контролювати їхній стан, зміщення і прогини, що виникають в результаті впливу зовнішніх природно-кліматичних впливів, а також суцільного транспортного потоку на автодорожніх мостах, навантаження шляхопроводів літаками та поїздів на залізничних мостах.

Література

1. Деформационный мониторинг мостов. Значение и задачи. 2015. URL: https://www.icentre-gfk.ru/article/a_def_mon_bridges.htm.
2. Автоматизированный деформацион-ный мониторинг - инновационные технологии на службу обеспечения безопасности в горнодобывающей, нефтяной и газовой промышленности. 2010. URL: http://www.gfk-leica.ru/pyblikacii/avtomatizirovannyi_deformacionnyi_monitoring_innova-cionnye/
3. Редченко В.П. Динамічні випробування мостів. Частина 2: вільні коливання, модальний контроль. Дніпро, Пороги, 2017. 216 с.
4. URL: <https://diman7777.livejournal.com>
5. URL: <http://autoass.ru/dorozhnye-znaki/3-13-ogranichenie-vysoty.html>
6. Э. Удд. Волоконно – оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников. Москва, Техносфера, 2008. 520с.
7. URL: <http://www.electronics.ru/journal/article/692>
8. Гитис Э.И., Пискулов Е.А. Аналого-цифровые преобразователи – Москва, Энергоиздат, 1981. 360 с.
9. Пат. КМ 134607 Україна. Вимірювальна система для моніторингу деформацій мостових споруд та підмостового габариту. Опубл. 27.05.2019.

МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ ПАЛИВНОЇ ПЛЯМИ НА СТІНЦІ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

Проф. Колодяжний В.М., ХНАДУ

Однією з основних задач процесу формування паливної плями на стінці камери згорання дизельного двигуна при моделюванні є опис розвитку паливного факела в циліндрі дизеля при його взаємодії зі стінками камери згорання для забезпечення отримання оптимальної паливної суміші дизельного двигуна. З цією метою застосовується розрахунковий метод, в якому розкривається взаємозв'язок між конструктивними параметрами камери згорання, повітряного каналу, паливної апаратури та показниками процесу формування зміси. Досліджується рух паливного факела, який змінює свою форму завдяки обертанню форсунки, що розбризкує паливо в камері згорання. Дана інформація забезпечує поліпшення показників роботи дизеля і може використовуватись при модернізації вже існуючих та проектуванні нових дизельних двигунів.

Програмний продукт, який запропонований, заснований на методі розрахунку робочого процесу у дизельному двигуні. Він дозволяє змоделювати процеси, що відбуваються у камері згорання дизельного двигуна. Особлива увага програмного продукту приділено розрахунку процесу формування суміші (об'ємної та об'ємної плівки). Метою роботи програмного продукту також є моделювання взаємодії паливного факела зі стінкою камери згорання. Треба врахувати, що під час руху паливного факела змінюється його розміри та форма. Треба визначити форму і розміри відбитка паливного факела на стінці камери згорання в умовах врахування різних швидкісних та можливих навантажувальних режимів. Досліджуються різні камери згорання, які приведені на рис. 1. Для їх опису слід скористатися методами відомими формулами аналітичної геометрії [1] та математичними засобами теорії R-функцій [2, 3]. При цьому варто використовувати рівняння сфери, яка описана в декартовій системі координат, з центром в точці $O(x, y, z)$ і радіусом R :

$$\Omega_1 : R^2 - (x - a)^2 - (y - b)^2 - (z - c)^2 = 0,$$

рівняння еліпсоїда

$$\Omega_2 : 1 - \frac{(x - d)^2}{g^2} - \frac{(y - e)^2}{h^2} - \frac{(z - f)^2}{j^2} = 0$$

та інші. Вказані рівняння змінюють свою форму в залежності від розмірів камери згорання. Приклади конфігурацій можливих камер згорання подані на

рис. 1. Приклад камери згорання для двигуна фірми «Мерседес-Бенц»
приведений на рис. 2.

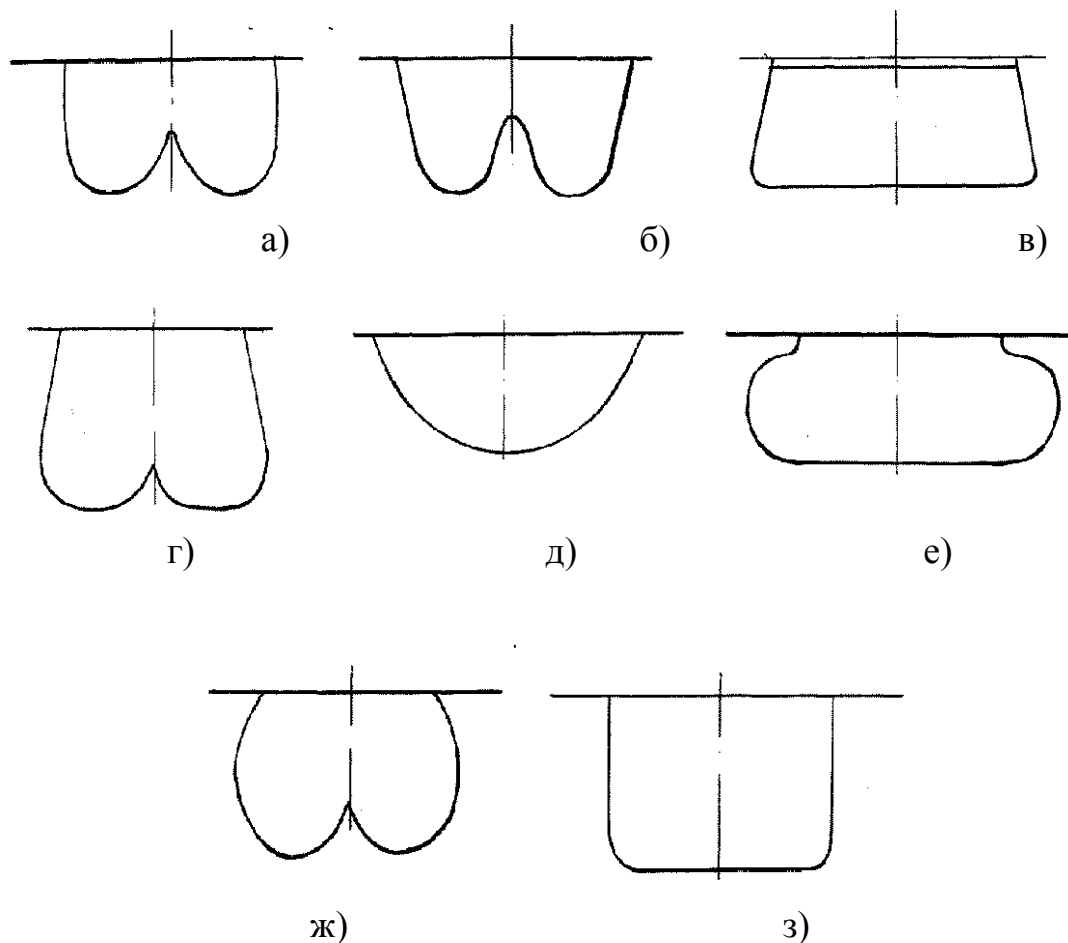


Рис. 1. Приклади можливих конфігурацій а) камери згорання (КЗ) фірми «Лейланд»; б) КЗ фірми «Скания»; в) КЗ фірми «Мерседес-Бенц»; б) КЗ фірми «Івеко»; д) КЗ фірми «Альбіон»; е) КЗ фірми «Перкінс»; ж) КЗ фірми «Зауер»; з) КЗ фірми «КАМАЗ»

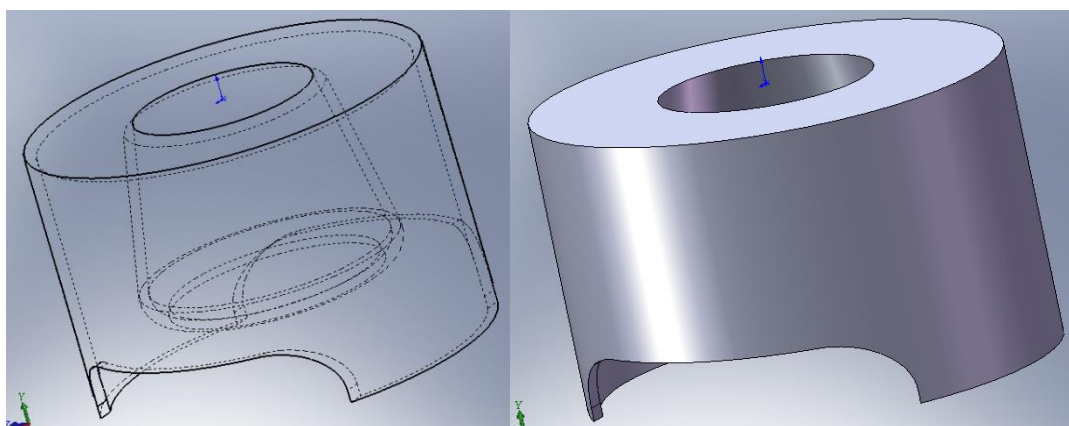


Рис. 2. Приклад камери згорання для двигуна фірми «Мерседес-Бенц»

Від форсунки, що знаходиться в центрі камери згорання, починає свій рух паливний факел, який досягає стінки камери згорання. Паливний факел залишає на стінці камери шукану пляму. Треба встановити конфігурацію цієї плями та її розміри. На першому етапі пошуку конфігурації плями з метою спрощення руху паливного факела можна описати факел у вигляді конічної поверхні другого порядку. У випадку, коли напрямною лінією цього конуса є коло, то поверхня, то конус можна розглядати як прямий круговий конус. Рівняння такого конуса має вигляд:

$$\Omega_2: \frac{(x-k)^2}{p^2} + \frac{(y-l)^2}{p^2} - \frac{(z-m)^2}{q^2} = 0.$$

Однак, паливний факел здійснює рух завдяки обертанню форсунки, що приводить до зміни форми та поверхні конуса. Згідно цього здійснюється розпилення палива. Форма такого розпилення представлена на рис. 3 і 4. Така зміна потребує і зміни рівняння поверхні конуса.

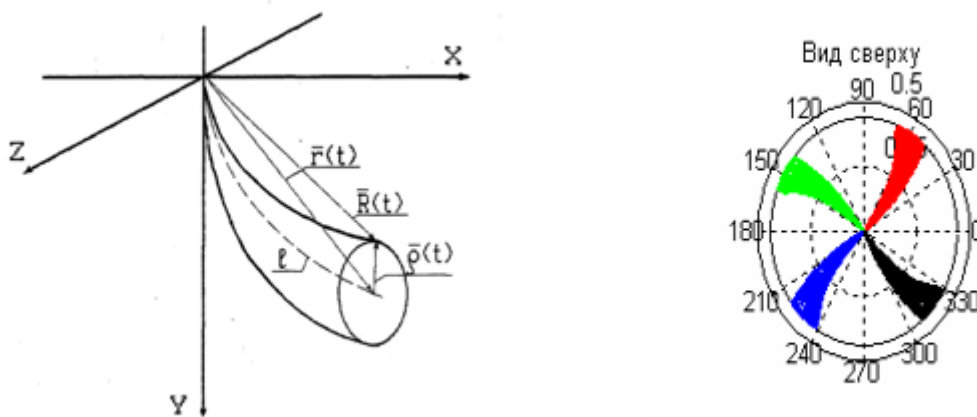


Рис. 3. Позначення векторів у паливному факелі і можливе розпилення факела

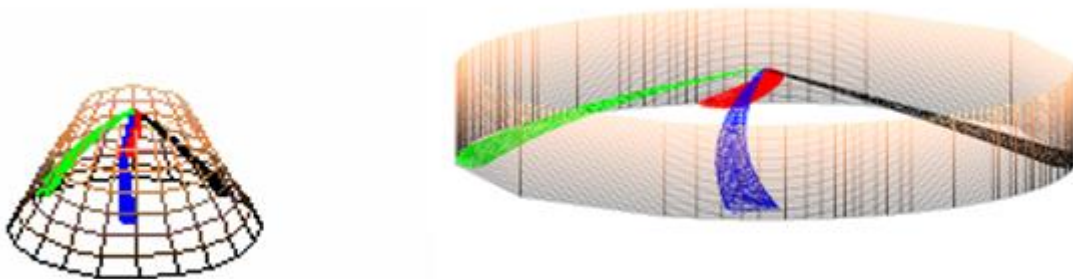


Рис. 4. Рух палива з паливного факела у камері згорання двигуна.

Для визначення плями, яка утворюється на стінці камери згорання, треба скористатися математичним апаратом теорії R-операцій [2, 3]. Застосування R-операцій дозволяє визначити форму паливної плями при перетині поверхні паливного факела зі стінкою камери згорання дизельного двигуна, яка описується також за допомогою методів R-операцій. Один з можливих підходів до побудови геометричного об'єкту в 3D із 2D висновується в включенні до шуканого рівняння функціональних параметрів, а саме, якщо в площині xOy границя геометричного об'єкту описується рівнянням

$$\omega_0(x, y, c_1, \dots, c_i, \dots, c_k) = 0,$$

де c_i – геометричні параметри, що визначають форму та розміри геометричного об'єкту Ω_o та його елементів, то при введенні функції $c_i(z)$, $(i=1, 2, \dots, k)$, при умові $c_i(0) = c_o$, отримуємо рівняння поверхні у вигляді [2]

$$\omega_0(x, y, c_1(z), \dots, c_i(z), \dots, c_k(z)) = 0,$$

в якому в перерізах $z = h = \text{const}$ будуть відповідати геометричні об'єкти із сімейства $\omega_0(x, y, c_1, \dots, c_i, \dots, c_k) = 0$.

Необхідна інформація про паливний факел має наступний вигляд:

- альфа дорівнюють: 45° , 135° , 215° , 305° ;
- кути бета дорівнюють: 30° , 32° , 35° , 30° ;
- діаметр циліндра дорівнює 0,088;
- хід поршня – 0,02;
- діаметр сопла – 0,0008;
- довжина струміння – 0,04374, 0,04374, 0,04374, 0,043744;
- площа відбитка – 0.0047274, 0.0047319, 0.0047265, 0.0047310.

Розвиток факела палива, що розпилюється, впливає на процес суміш формування. Цей плив, як витікає з роботи [4], зв'язаний з необхідністю забезпечення випарювання палива, яке вприскується, так як робоча суміш складається з парів палива та повітря, яке їм охоплене. В частці факел розпиленого палива розглядається як вільна затоплений турбулентний струмінь. Вибір такої фізичної моделі потребує використовувати математичний апарат теорії турбулентних струменів.

В розрахунковому підході розкривається взаємозв'язок між конструктивними параметрами камери згорання, повітряного каналу, паливної апаратури та показниками суміш формування (і як наслідок і показниками роботи двигуна). Розвиток цього підходу може бути корисним при модернізації існуючих та проектуванні нових дизельних двигунів.

Література

1. Шнейдер В.Е. Краткий курс высшей математики (в двух томах) том1. // В.Е. Шнейдер, А.И Слуцкий, А.С. Шумов // М.: Высшая школа, 1978. – 384 с.
2. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. Киев: Наукова думка, 1982.- 552 с.
3. Максименко-Шейко К.В. R-функции в математическом моделировании геометрических объектов и физических полей. Харьков: ИПМаш НАН Украины, 2009. – 305 с.
4. Тимченко И.И. Влияние закона подачи топлива на работу однокамерного тракторного дизеля в различных условиях смесеобразования. Харьков: Харьковский политехнический институт, 1970. Дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. – 224 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Доц. Фастовець В.І., ХНАДУ

За останні роки мобільні застосунки з вивчення іноземних мов привернули увагу багатьох користувачів смартфонів, людей, які тільки починають, або вже вчать іноземну мову. В даний час створюють багато таких мобільних застосунків. Навіть курси з іноземних мов роблять для своїх учнів такі застосунки, щоб вони могли робити завдання в будь-якому місці в будь-який час.

Оглянемо типи мобільних застосунків з вивчення іноземної мови. В рамках мобільних застосунків з вивчення іноземної мови можна виділити 2 категорії таких застосунків: спеціалізовані, які були зроблені для курсів по вивченню іноземних мов та загальні застосунки, які були зроблені для всіх, хто хоче вивчити іноземну мову самостійно [1-3].

Виходячи з проведеного аналізу було вирішено створювати застосунок з вивчення іноземної мови за допомогою Android Studio на мові програмування Java [4-6].

Загальна концепція мобільного застосунку для вивчення іноземної мови наступна: вивчати іноземну мову в офлайн-режимі, різностороннє вивчення (слова, граматики), наявність мотиваційного блоку, простий дизайн.

Метою роботи є розробка мобільного застосунку для вивчення іноземної мови під операційну систему Android, інтерфейс і логіка якого будуть сучасними, зручними та доступними для користувачів.

Об'єктом дослідження є процес побудови інтерактивного мобільного застосунку на мові Java під операційну систему Android.

Предметом дослідження є інтерактивний мобільний застосунок на мові Java.

Для виконання даної роботи були поставлені наступні задачі:

- аналіз середовищ програмування і мов розробки;
- аналіз методів розроблення логіки та інтерфейсу мобільного застосунку;
- розробка інтерактивного мобільного застосунку на мові Java.

Вчити іноземну мову можна в транспорті, під час перерв в роботі чи навчанні, без книжок і додаткових фінансових витрат. Для цього потрібен тільки смартфон і трохи вільного часу кожного дня. На сьогоднішній день є багато мобільних застосунків з вивчення іноземних мов, але нам потрібно зробити кастомізований, різносторонній, доступний та зрозумілий для кожної людини застосунок. Зараз близько 80 % людей володіють смартфонами. Більшість з них є активними користувачами, які використовують ці гаджети для доступу до соціальних платформ, ігор і спілкування з друзями і родичами. Тим

часом, значно менша частина людей використовує смартфони для роботи чи навчання, або пошуку інформації.

На рисунку 1 зображена структурна схема мобільного застосунку, яка складається з чотирьох основних елементів:

- Перший елемент. Розроблення модулю «Все для початківців»;
- Другий елемент. Розроблення модулю «Мотивація»;
- Третій елемент. Розроблення модулю «Вивчення слів»;
- Четвертий елемент. Розроблення модулю «Вивчення граматики».
-



Рис. 1. Структура мобільного застосунку

Хоча Android базується на ядрі Linux, він стоїть дещо осторонь Linux-спільноти та Linux-інфраструктури. Базовим елементом цієї операційної системи є реалізація Dalvik віртуальної машини Java, і все програмне забезпечення і застосування спираються на цю реалізацію Java [7-9].

На рисунку 2 представлені логічні рівні застосунку, що складається з:

- Бази даних;
- Доступу до даних;
- Логіки додатку;
- Інтерфейсу користувача;
- Користувача.

Метою роботи також було розробити застосунок, який надає можливості щодо вивчення іноземної мови у будь-якому місці, в будь-який час з використанням смартфона на базі ОС Android. Розглянемо останні тенденції розвитку мобільних застосунків з вивчення іноземних мов. З урахуванням того, що число потенційних користувачів в найближчі роки буде тільки збільшуватися, мобільний застосунок з вивчення іноземної мови представляє ідеальну платформу для освіти та інтелектуальних розваг.

При розробці застосунку під Android головним класом є клас Activity. Він представляє візуальну активність застосунку і визначає дії, які може виконувати користувач. У процесі роботи класу Activity (рисунк 3), спочатку

створюється об'єкт класу Activity, потім він запускається, відпрацьовує та знищується, а користувач смартфона переходить до нового об'єкта.

Протягом життєвого циклу Activity може перебувати в одному з трьох станів:

- активне і виконується – цей користувацький інтерфейс знаходиться на передньому плані (на вершині стека Activity);
- призупинене – якщо даний інтерфейс користувача втратив фокус, але все ще видимий. У такому стані ніякий код не виконується;
- завершене – якщо інтерфейс користувача невидимий. У такому стані код не виконується.



Рис. 2. Логічні рівні застосунку

Розроблено інтерфейс користувача та визначено вимоги щодо сфери використання мобільного застосунку для вивчення іноземної мови [10].

В результаті досліджень у ТЗ включено умови про навчання не тільки по «дорожній мапі» з самого початку до кінця, як на спеціалізованих курсах, але й за умови кастомізованого продовження вивчення іноземної мови з любого бажаного місця в навчальній програмі [11-13].

Програмна реалізація файлу, що відповідає за логіку головної сторінки застосунку:

```
package com.example.zastosunok.english;
import android.content.Intent;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
public class glavnaya extends AppCompatActivity {
```

```

@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState)
{
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_glavnaya);
}
public void basicword(View view)
{
    Intent intent=new Intent(this,basicwords.class);
    startActivity(intent);
}
public void motivation(View view)
{
    Intent intent=new Intent(this,motivationPage.class);
    startActivity(intent);
}
public void alfavit(View view)
{
    Intent intent=new Intent(this,alfavitPage.class);
    startActivity(intent);
}
public void advice(View view)
{
    Intent intent=new Intent(this,advicePage.class);
    startActivity(intent);
}
    public void irregularVerb(View view)
    {
        Intent intent=new Intent(this,irregularVerbPage.class);
        startActivity(intent);
    }
public void timeInEnglish(View view)
{
    Intent intent=new Intent(this,times.class);
    startActivity(intent);
}
}

```

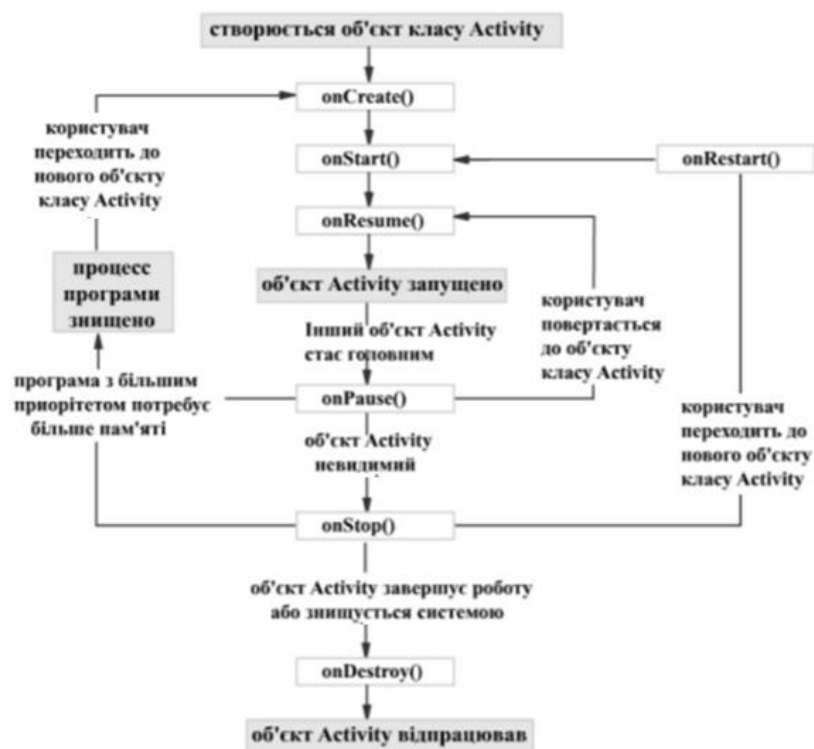


Рис. 3. Процес роботи класу Activity

В результаті виконаної роботи було розроблено інтерактивний мобільний застосунок на мові Java під операційну систему Android (рисунок 4). Розроблений застосунок дозволяє почати або підвищити свої знання у вивченні іноземної мови.



Рис. 4. Головна сторінка застосунку з вивчення іноземної мови

В ході роботи проведено дослідження мов та середовищ програмування для розробки мобільних застосунків.

Проаналізовані такі мови програмування, як: Java, C++, C#. Також проаналізовані середовища програмування такі, як Android Studio, NetBeans та Eclipse.

В результаті для розробки мобільного застосунку обрана мова програмування Java та середовище програмування Android Studio.

Вибрано два типа розмітки:

- LinearLayout;
- ConstraintLayout.

Мобільний застосунок для вивчення іноземної мови під операційну систему Android був розроблений в програмі Android Studio на двох мовах програмування: Java (логіка) та XML (інтерфейс).

З урахуванням того, що число потенційних користувачів в найближчі роки буде тільки збільшуватися, розроблений мобільний застосунок з вивчення іноземної мови представляє ідеальну платформу для освіти тих, хто прагне розвиватися та вивчати іноземні мови для себе, роботи, спілкування та подорожей.

Література

1. Как создавать интерфейсы для различных устройств Android. URL: <https://developer.android.com/distribute/best-practices/develop/create-great-experiences>.
2. 20 приложений для изучения английских слов. URL: <https://www.englishdom.com/blog/6-prilozhenij-dlya-izucheniya-anglijskix-slov>.
3. Android: створення простого інтерфейсу користувача. URL: <http://mikrotik.kpi.ua/index.php/courses-list/android/41-create-a-simple-user-interface>.
4. Эккель Б. Философия Java. Библиотека программиста, Петербург, 2013. 640 с.
5. Герберт Шилдт. Java. Руководство для начинающих. Диалектика-Вильямс, 2020. 803 с.
6. Прохоренко Н. А. Основы Java. БХВ-Петербург, 2017. 704 с.
7. Васильев О. Програмування мовою Java. Навчальна книга Богдан, 2020. 696 с.
8. Сьерра К., Бэйтс Б. Изучаем Java. Б.: Эксмо, 2017. 720 с.
9. Кен Коузен. Современный Java: рецепты программирования. ДМК Пресс, 2018. 274 с.
10. Джошуа Блох. Java: эффективное программирование. Диалектика, 2019. 464 с.
11. Йорг П., Шуляков В.М., Фастовець В.І., Красильник М.С. Розробка інформаційно-торгівельного веб-порталу. Комп'ютерні технології і мехатроніка: збірник наукових праць за матеріалами II міжнародної науково-практичної конференції. Харків: ХНАДУ, 2020, С. 311–313.
12. Рагульськіс М., Шуляков В.М., Шуляков І.М., Андросов Т.С. Розробка мобільного додатку для вивчення англійської мови. Комп'ютерні технології і мехатроніка: збірник наукових праць за матеріалами II міжнародної науково-практичної конференції. Харків: ХНАДУ, 2020, С. 236-238
13. Фастовець В.І., Шуляков В.М. Розробка Java-застосунку для вивчення іноземної мови в ОС Android. Матеріали всеукраїнської науково-методичної internet - конференції «Інформаційні технології в освітньому процесі ЗВО». Харків: ХНАДУ, 2020. С.63–69.

АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДІВ НА ОСНОВІ ПРОГНОЗУ. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛГОРИТМІВ

Доц. Костікова М.В., ХНАДУ

Дана робота є логічним продовженням досліджень попереднього етапу. На цьому етапі були конструювані алгоритми складання розкладів у системі конвеєрного типу заснованих на ідеї прогнозу поточної довжини розкладу. Зараз досліджуються експериментальні оцінки алгоритмів.

Для одержання робочих характеристик алгоритмів, що складають компактні й незатримуючі розклади, був проведений великий експеримент. На комп'ютері тим і іншим алгоритмом було вирішено два набори задач із «випадковими» матрицями S , T [1]. Перший набір становив ряд задач таких значень n , m : 5×5 , 10×10 , 15×15 , 20×20 , 25×25 , 30×30 , 35×35 , 40×40 . Другий набір утворений рядом задач із наступними значеннями n , m : 40×40 , 57×28 , 80×20 , 100×16 , 114×14 , 126×13 , 160×10 , 180×9 . По кожному елементу ряду обох наборів вирішувалося 100 «випадкових» задач. Для одержання «випадкової» задачі використовувалася спеціальна програма – генератор матриць S , T , яка по кожній задачі формувала перший рядок матриці S з випадковими послідовностями виконання операцій першого предмета й випадковими елементами матриці T – цілими числами, рівномірно розподіленими на інтервалі $(0,100)$.

Для кожній розв'язуваній задачі обчислювалися погрішність її рішення $\Delta = (L - L_N)/L_N \cdot 100$ відносно нижньої границі L_N , оскільки точне рішення задачі невідомо, відхилення рішення L відносно верхньої границі довжини розкладу $\Delta^V = (L_T + L_P - L)/(L_T + L_P) \cdot 100$, у якості якої була прийнята величина $L_T + L_P$. На підставі цих даних по кожній вибірці визначалися наступні статистики: середнє арифметичне погрішності Δ_S , стандартне її відхилення S_Δ , максимальна погрішність (викид) $\Delta_{\max}$, середнє арифметичне перевищення верхньої границі над рішенням Δ_S^V , мінімальне перевищення верхньої границі над рішенням або, що теж, $\Delta_{\max}^V$. Статистики отримані засобами пакета Statgraphics. Результати експериментів наведені у двох таблицях (табл. 1, 2). У табл. 1 представлені статистики погрішностей алгоритмів на підставі рішення першого набору задач із розмірами від $N=25$ до $N=1600$ й відношенням $n/m=1=\text{const}$. Табл. 2 містить статистики погрішності, отримані в результаті рішення другого набору задач зі зростаючими відносинами n/m від $n/m=1$ до $n/m=20$ й умовно постійним значенням розміру задачі $N=1600$.

Таблиця 1. Статистики погрешностей алгоритмів на підставі рішення першого набору задач

Розмір задачі	Компактні розклади. Алгоритм із прогнозом					Незатримуючі розклади. Алгоритм із прогнозом				
	Δ_S	S_Δ	$\Delta_{\max}$	Δ_S^V	$\Delta_{\max}^V$	Δ_S	S_Δ	$\Delta_{\max}$	Δ_S^V	$\Delta_{\max}^V$
5x5	60,10	13,30	96,50	16,06	-1,39	52,34	14,54	91,23	26,23	1,02
10x10	86,76	12,22	120,91	3,38	-10,61	77,83	10,14	101,58	8,97	-4,11
15x15	98,82	11,46	123,35	-2,43	-13,83	92,30	12,08	118,44	1,24	-10,03
20x20	107,65	11,00	144,72	-6,58	-22,65	100,47	11,15	127,75	-2,61	-13,19
25x25	116,62	10,41	142,50	-10,74	-23,13	108,35	10,02	127,02	-5,95	-14,91
30x30	121,55	9,66	144,97	-13,11	-23,22	113,62	9,37	145,70	-8,18	-19,08
35x35	125,58	8,03	143,27	-15,06	-23,78	117,22	7,80	133,00	-9,70	-16,03
40x40	129,43	8,27	150,92	-16,86	-27,36	121,16	8,29	141,98	-11,14	-18,14

Таблиця 2. Статистики погрешностей алгоритмів на підставі рішення другого набору задач

Розмір задачі	Компактні розклади. Алгоритм із прогнозом					Незатримуючі розклади. Алгоритм із прогнозом				
	Δ_S	S_Δ	$\Delta_{\max}$	Δ_S^V	$\Delta_{\max}^V$	Δ_S	S_Δ	$\Delta_{\max}$	Δ_S^V	$\Delta_{\max}^V$
40x40	129,43	8,27	150,92	-16,86	-27,36	121,16	8,29	141,98	-11,14	-18,14
57x28	78,87	6,22	92,39	-16,78	-24,19	66,98	5,72	81,90	-8,20	-15,09
80x20	51,48	3,72	59,40	-16,99	-20,18	35,99	3,73	45,32	-4,72	-9,93
100x16	39,25	3,77	48,10	-16,40	-18,46	22,76	3,75	31,99	-2,47	-9,14
114x14	34,53	3,66	41,89	-16,32	-15,68	16,90	3,62	28,31	-0,99	-9,06
126x13	32,15	3,00	38,56	-16,45	-13,23	14,36	2,84	20,95	-0,71	-6,75
160x10	26,06	3,19	36,18	-16,07	-6,11	7,22	2,16	14,49	1,33	-4,68
180x9	23,80	3,00	30,26	-15,63	-5,22	5,24	1,95	10,46	1,77	-3,14

Дані таблиць показують, що, як і для загальної задачі теорії розкладів, для задачі конвеєрного типу середня погрешність алгоритмів, що складають компактні й незатримуючі розклади, при збільшенні розміру задачі N й $n/m = \text{const}$ зростає, а при збільшенні відносини n/m й $N = \text{const}$ вона

знижується. З діаграм розсіювання Δ_s , побудованих на підставі даних таблиць 1, 2 і представлених на рис. 1, 2, видно, що закон росту середньої погрішності підкоряється степенній функції $\Delta_s = a \cdot N^b$ з показником $b < 1$. Зниження погрішності Δ_s при збільшенні відносини n/m відбувається за законом гіперболи $\Delta_s = a \cdot (n/m)^{-b}$.

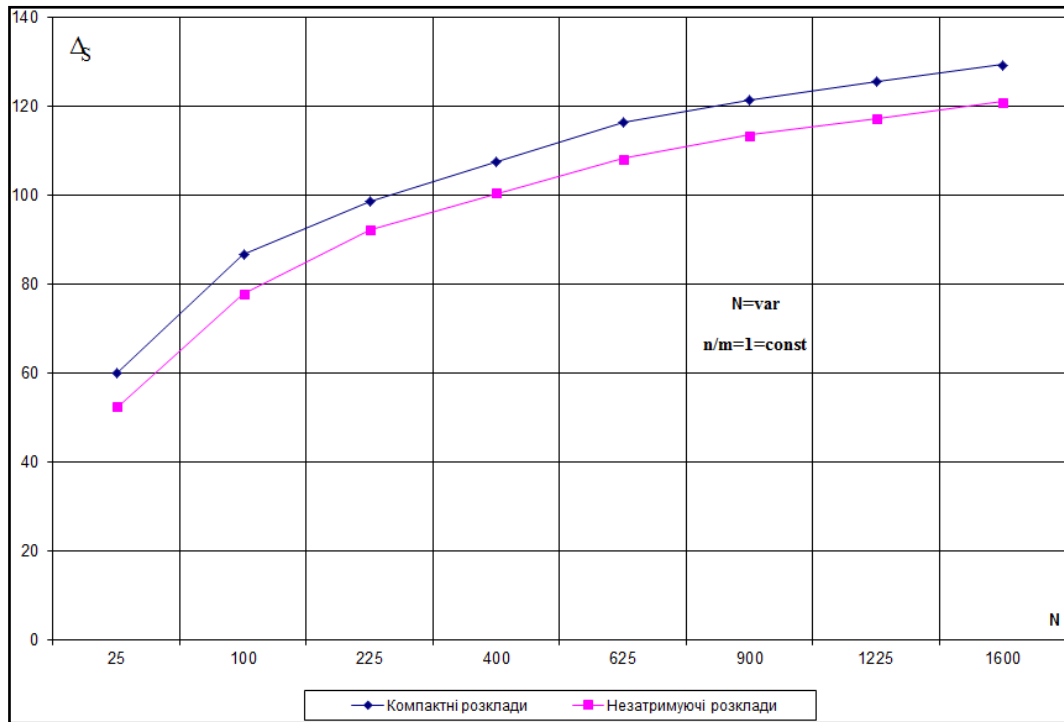


Рис. 1. Діаграми розсіювання погрішності Δ_s алгоритму із прогнозом, що складає компактні й незатримуючі розклади, при збільшенні розміру задачі N й $n/m = 1 = \text{const}$

Таким чином, проведений експеримент ще раз підтвердив спільність висновків про поведінку погрішностей алгоритмів, що складають розклади шляхом побудови ациклического графа G й обчислення довжини його критичного шляху L [2].

З таблиць 1, 2 також впливає, що по статистичних характеристиках алгоритм, що складає незатримуючі розклади, переважніше алгоритму, що формує розклади компактного типу. Цей висновок кореспондується з тим висновком про якість алгоритмів, який був зроблений для загальної задачі теорії розкладів [3]. Іншими словами, на практиці для складання розкладів U у конвеєрній виробничій системі доцільно застосовувати алгоритм, що формує незатримуючі розклади.

Матеріали, викладені в звіті щодо складання розкладів у конвеєрних системах, доцільно використовувати в практичній діяльності при розробці комп'ютерних систем календарного планування на підприємствах машинобудівного виробництва.

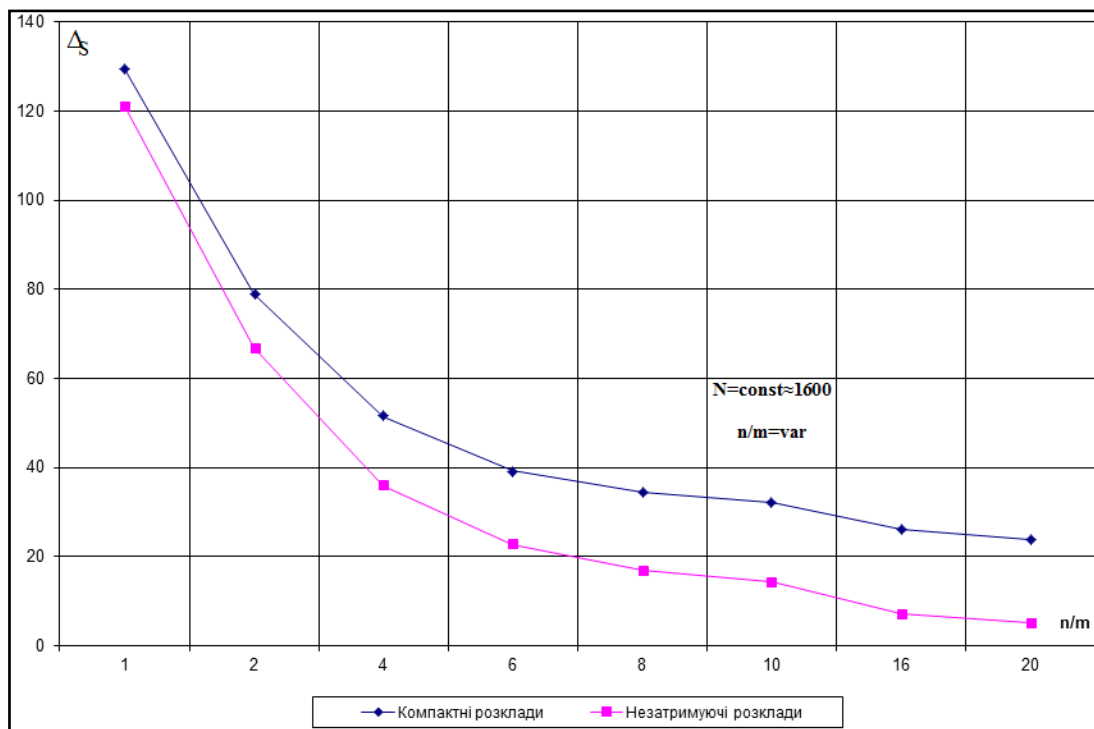


Рис. 2. Діаграми розсіювання погрішності Δ_s алгоритму із прогнозом, що складає компактні й незатримуючі розклади, при збільшенні n/m й $N \approx 1600 = \text{const}$

Таким чином, у ході досліджень підтверджена можливість застосування ідеї прогнозу поточної довжини розкладу, обґрунтованої раніше для складання якісних розкладів у загальній виробничій системі, до складання розкладів у системі конвеєрного типу. Представлені алгоритми, що складають компактні й незатримуючі розклади в зазначеній системі, експериментально перевірені якісно й зіставлені. Ці алгоритми мають право на практичне використання.

Література

1. Костикова М. В., Пьянида В. А. Алгоритмы решения задач теории расписаний на основе прогноза. Часть 2. // АСУ и приборы автоматики. 2007. Вип. 140. С. 66 – 75.
2. Костикова М. В., Пьянида В. А. Алгоритмы решения задач теории расписаний на основе прогноза. Часть 1. // АСУ и приборы автоматики. 2007. Вип. 139. С. 74 – 78.
3. Костикова М. В., Пьянида В. А. Алгоритмы решения задач теории расписаний на основе прогноза. Часть 3. // АСУ и приборы автоматики. 2007. Вип. 141. С. 118 – 125.

ВИКОРИСТАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Доц. Симбірський Г.Д., ХНАДУ

На дорогах світу через автомобільні аварії щороку гине близько мільйона осіб і ще близько 50 мільйонів людей одержують травми. Такий рівень дорожнього травматизму дорого обходиться економіці будь-якої країни, поглинаючи від 1 до 3% ВВП [1].

В Україні ситуація з аварійністю автотранспортних засобів не краще. У 2017 році прем'єр-міністр В. Гройсман оголосив: "За даними Світового банку, збитки економіки через ДТП на дорогах України складають 1,5-2,5% ВВП. Ми втрачаємо 4,5 млрд доларів від транспортних пригод в рік." [2].

Але найголовніше – це людські життя і горе безлічі сімей, що оцінити в гривнях або доларах неможливо.

Все вищесказане дозволяє оцінити важливість і глобальність проблеми зниження аварійності на автомобільному транспорті.

Глобальність зазначеної вище проблеми обумовлює глобальний рівень зусиль щодо її вирішення. Цим займаються і громадські організації, і національні уряди, і найбільші міжнародні структури.

В роботі [3] ми докладно аналізували дослідження [1] Міжнародного транспортного форуму, який є глобальною платформою для розробників політики в транспортній сфері.

Зібравши і вивчивши дані з сотні країн про рівні дорожньої безпеки, сучасні стратегії останньої, про витрати, пов'язані з дорожньою аварійністю і витрати на підвищення дорожньої безпеки, експерти [1] зробили висновок, що рівень безпеки дорожнього руху можна підвищити в короткостроковій перспективі, вирішивши дві основних проблеми:

1. Примусове дотримання існуючих обмежень швидкості;
2. Скорочення водіння в нетверезому вигляді.

По першій проблемі нами були вже зроблені деякі розробки [3]. В цьому дослідженні пропонується вирішення другої проблеми – унеможливлення керування транспортними засобами водіями у нетверезому стані.

Ризик ДТП зростає зі збільшенням вмісту алкоголю в крові водія, і чим вище рівень алкоголю, то тим більше цей ризик. Водіння під впливом алкоголю, що перевищує допустиму норму, є зареєстрованим фактором аварій зі смертельним результатом в більшості країн, причому частка цього фактору у всіх випадках загибелі водіїв може бути як відносно низькою: близько 5% в таких країнах, як Мексика, Болгарія, Чехія, Португалія і Румунія, так і високою: від 30 до 40% в таких країнах, як Канада, Словенія, США, Франція, Ірландія та Нова Зеландія [1]. Близько 25% всіх смертельних випадків на дорогах Європи пов'язані з алкоголем [1].

З метою зниження аварійності, викликаній водінням в нетверезому вигляді, в США і в деяких країнах Європи запроваджена установка антиалкогольного блокування на автомобілях порушників, які вчинили порушення вперше, але в небезпечній ступені, а також всіх порушників-рецидивістів, в поєднанні з курсом удосконалення навичок водіння і програмою медичного консультування в разі підозри на алкогільну залежність.

Блокування має значний потенціал для скорочення даної проблеми, особливо якщо його встановлювати практично відразу після порушення і якщо установка супроводжується медичними програмами консультування та лікування алкогільзму.

Експерти [1] вважають, що існує потенціал повного усунення водіння в нетверезому вигляді як проблеми для безпеки дорожнього руху, якщо встановити антиалкогільне блокування на всі транспортні засоби, а не тільки на машини порушників-рецидивістів. Однак в більшості країн перш, ніж вводити обов'язкову вимогу щодо встановлення такого блокування на всіх автомобілях, необхідно переконати широкий загаль громадськості в її цінності і технічній надійності.

Сумлінного водія транспортного засобу антиалкогільне блокування ніяк не обмежує в його можливостях, а до деяких можливих незручностей він, напевно, поставиться з розумінням. Адже нетверезий водій - це потенційна загроза для будь-якого громадянина України, в тому числі, для членів сім'ї водія сумлінного.

Але при розробці способів антиалкогільної блокування автомобілів і при конструюванні пристроїв для їх реалізації необхідно врахувати всі можливі негативні наслідки даного втручання в конструктив автомобіля.

З іншого боку, конструкція таких пристроїв повинна забезпечити однозначне виявлення нетверезих водіїв і не дозволяти цим водіям керувати транспортним засобом.

Пошук в українському інформаційному просторі по антиалкогільному блокуванню транспортних засобів не дав результатів – не знайдено жодних відомостей на цю тему. Російськомовних статей чи інших документів, де б були запропоновані технічні рішення для скорочення водіння в нетверезому вигляді, теж нами не знайдено. На початку 2000-х у російській Госдумі було винесено до голосування законопроект по впровадженню так званих “алкозамків”, однак, його не було проголосовано, і технічну реалізацію не було розпочато. Ні в Україні, ні в Росії патентний пошук також не дав результатів – не знайдено жодних авторських свідоцтв на цю тему.

Взагалі, як не дивно, цією проблемою (як і проблемою примусового дотримання існуючих обмежень швидкості водіями транспортних засобів) не займаються не тільки в Україні та Росії, але й у багатьох інших країнах світу.

Таким чином, проведений аналіз показав, що в даний час в Україні не вирішена задача унеможливлення керування транспортними засобами водіями

у нетверезому стані. А саме це, на думку експертів Транспортного форуму [1], багато в чому є запорукою зниження аварійності на автодорогах.

Передумовами для виконання такої задачі є, по-перше, бажання суспільства жити в безпечному середовищі, а, по-друге, – стрімкий розвиток мікропроцесорної техніки та інформаційних технологій.

Виходячи з проведеного аналізу, нами була сформульована мета дослідження, яка полягає в створенні способу і пристрою для унеможливлення керування транспортними засобами водіями у нетверезому стані.

Для того, щоб реалізувати запропонований спосіб антиалкогольного блокування на базі сучасних інформаційних технологій, необхідно вирішити ряд завдань:

1. Сформулювати концепцію підвищення безпеки дорожнього руху в Україні в частині унеможливлення керування транспортними засобами водіями у нетверезому стані;

2. Розробити функціональну схему пристрою для антиалкогольного блокування транспортних засобів;

3. Розробити електричну принципову схему такого пристрою;

4. Зібрати і випробувати натурний зразок блокувального пристрою в лабораторних умовах для експериментального підтвердження працеспроможності запропонованого способу;

5. Випробувати пристрій на автомобілі на еталонних значеннях вмісту алкоголю у крові водія;

6. Вирішити можливі питання про використання відеокамери в цьому пристрої для ідентифікації водіїв.

Можливо, що в ході вирішення цих задач, постануть й інші проблеми.

Вирішення кожного з цих завдань само по собі є окремою серйозною дослідницькою роботою. Поставлені завдання ми бачимо досить широкими, особливо, в частині реалізації в реальних транспортних засобах. Це і градуїровка чутливого елемента антиалкогольного блокувальника, ідентифікація водія, алгоритм безпечної зупинки автомобіля та припинення подачі палива в двигун, неущодження автомобіля і безпека водія, пасажирів та вантажу транспортного засобу.

Тому першочерговим завданням є формулювання концепції з підвищення безпеки на автошляхах України в частині, що обумовлена керуванням транспортними засобами (ТЗ) нетверезими водіями, розробка способу унеможливлення такого керування та конструювання та випробування реалізуючого такий спосіб пристрою.

Спосіб підвищення безпеки дорожнього руху за рахунок унеможливлення керування транспортними засобами нетверезими водіями полягає в наступному.

У кабіні ТЗ в безпосередній близькості від водія розташований сенсорний датчик, що розпізнає пари спирту у повітрі.

Відповідний електричний сигнал від датчика надходить на мікропроцесор, який вимірює рівень сигналу від сенсора і, відповідно до програми дій, виконує ті чи інші процедури.

Зміст цих процедур залежить від багатьох факторів. У деяких країнах (а в США навіть в деяких штатах) є закони, які дозволяють застосування пристроїв блокування запалювання в якості альтернативи покаранню для нетверезих водіїв. У США пропонується установка пристроїв блокування запалювання (УБЗ) з різними порогами установки. Пороги кримінального процесу для вимог установки варіюються від мінімального рівня алкоголю в крові (наприклад, 0,2%) до повторного порушення, причому приблизно в половині штатів потрібна установка при першому порушенні.

У більшості штатів встановлено рівень «нульового допуску» (встановлений або на рівні, відповідному кулінарному алкоголю або помилок вимірювання). В цілому, в США розвинене і докладне законодавство, що відноситься до антиалкогольних УБЗ. Якись положення з нього, можливо, запозичить і Україна, якщо візьме на озброєння концепцію використання антиалкогольних блокуючих пристроїв. Але на сьогодні такі заходи в Україні навіть не обговорюються.

Деякі політики в Швеції, Японії, Канаді, США та інших країнах закликають встановити такі пристрої в якості стандартного обладнання на всі автомобілі, що продаються. Проблеми, які необхідно вирішити, крім прийняття споживачами і виборцями таких закликів включають складність отримання точних вимірювань і необхідність досягнення високої надійності, щоб не заважати зручності використання транспортного засобу [1].

В Україні справи з аварійністю, обумовлені керуванням транспортними засобами у нетверезому стані, не кращі. За даними Патрульній поліції, за 10 місяців цього року зафіксовано 1,4 тис. ДТП через водіння в стані алкогольного сп'яніння. Це на 25,2% більше, ніж за аналогічний період минулого року. В результаті цих ДТП 1 тис. 360 осіб отримали травми і 78 – загинули. Для порівняння, за весь 2018 рік кількість загиблих в результаті водіння в нетверезому стані становила 87 осіб [4].

Тому, на наш погляд, в Україні законодавчо потрібно вводити антиалкогольні пристрої блокування запалювання (або інших). Всі збільшення сум штрафів за водіння транспортного засобу в стані алкогольного сп'яніння за багато років не принесли жодних результатів. При цьому необхідна роз'яснювальна робота з суспільством щодо всіх сторін використання антиалкогольних УБЗ.

У попередньому розділі зроблено висновок про необхідність введення в Україні обов'язкового обладнання всіх автомобілів антиалкогольними блокуючими пристроями, що має зробити практично неможливим керування транспортними засобами нетверезими водіями.

В даному розділі пропонується найбільш оптимальний спосіб такого блокування. Завдання не таке просте, адже блокування запалювання,

наприклад, під час руху транспортного засобу може призвести до непередбачуваних наслідків не тільки для заблокованого ТЗ, але і для ТЗ, які перебувають під управлінням сумлінних водіїв.

Проаналізувавши декілька можливих варіантів функціонування антиалкогольних пристроїв блокування запалювання, ми зупинилися на наступному способі.

Сенсорний датчик, що діагностує пари спирту, встановлюється в місці, найбільш наближеному до обличчя водія транспортного засобу. Оскільки сучасні датчики паров спирту мають невеликі розміри, то місцем установки може бути і кермо, і приладова панель.

У США пристрої, що містять такі датчики, мають розміри приблизно 100×50×, мають штуцер для видиху і з'єднані з панеллю приладів шлангом довжиною 70-80 см. На наш погляд така конструкція дає можливість для зловживань. Наприклад, передній пасажир може робити видих в антиалкогольний блокуючий пристрій замість водія. Таким чином, для функціонування такого пристрою необхідні додаткові захисні заходи.

У пропонованому нами способі антиалкогольної блокування такий фальсифікація зробити набагато складніше, тому що видихаються нетверезим водієм пари спирту повинні неминуче досягти чутливого елемента датчика, вмонтованого, наприклад, в обід керма.

У разі, якщо в повітрі, що видихається водієм, будуть присутні пари спирту, антиалкогольний блокувальний пристрій повинен розімкнути електричні ланцюги запалювання і живлення стартера, внаслідок чого транспортний засіб не зможе рушити з місця.

Щоб виключити інші можливі випадки керування транспортним засобом водіями в стані алкогольного сп'яніння, сенсорний датчик парів спирту повинен періодично включатися при працюючому двигуні, тобто і під час руху транспортного засобу. Або уявіть ситуацію, коли двигун запускає хтось із знайомих нетверезого водія, а потім передає останньому керування транспортним засобом. Подібні випадки повинні бути враховані і виключені програмним шляхом.

З іншого боку, в програмному забезпеченні блокуючого пристрою повинні бути враховані вимоги до безпеки як блокуємих, так і оточуючих транспортних засобів. При блокуванні не повинно бути, наприклад, різкої зупинки ТЗ під час руху. Автомобіль в цьому випадку повинен плавно знизити швидкість до повної зупинки з включенням звукової і світлової сигналізації.

На рис. 1 показана структурна схема розробленого способу зниження аварійності.

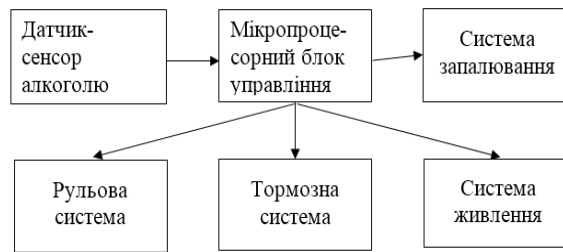


Рис. 1. Структурна схема способу унеможливлення керування транспортними засобами нетверезими водіями

Наведена схема є укрупненою і складається з основних функціональних блоків. У разі отримання від датчика-сенсора сигналу про наявність паров алкоголю у повітрі, що видихає водій, мікропроцесорний блок управління формує сигнал на розмикання для нормально-замкнучих контактів реле, які забезпечують електричним живленням стартер, запалювання та електробензонасос транспортного засобу, що не дає завестися двигуну останнього, тим самим запобігаючи нетверезій керування транспортними засобами з непередбачуваними наслідками.

Таким чином, пропонуємою нами спосіб антиалкогольного блокування транспортного засобу полягає в безумовному блокуванні запалювання та запуску двигуна ТЗ по сигналу від датчика-сенсора про наявність паров спирту в повітрі, що видихається водієм, з метою недопущення керування транспортним засобом нетверезим водієм. При цьому будуть потрібні деякі зміни в програмному забезпеченні мікропроцесорного блоку управління транспортного засобу.

Формальні і технічні передумови для реалізації запропонованого способу підвищення безпеки на автошляхах України наступні:

1. Величезні моральні та матеріальні збитки від аварійності на автошляхах і прагнення до їх мінімізації у влади, експертного співтовариства і громадянського суспільства;
2. Розвиток мікропроцесорної техніки і мехатроніки взагалі та на транспорті окремо;
3. Тотальне покриття мережею GSM-телефонії та інтернету автодоріг України.

Таким чином, запропоновано та розроблено спосіб зниження аварійності на автодорогах в частині, що залежить від керування транспортними засобами водіями у нетверезому стані.

Метою даного розділу є розробка і конструювання пристрою, що реалізує запропонований в попередньому розділі спосіб зниження аварійності транспортних засобів за рахунок неприпустимості управління ними водіями в стані алкогольного сп'яніння. Йдеться про обов'язкове обладнання такими пристроями всіх автомобілів, що має бути встановлено на законодавчому рівні. Такий пристрій може бути розроблено для будь-якого транспортного засобу з різним ступенем втручання в обладнання автомобіля. На якому варіанті

конструкції зупинитися і якого рівня має бути втручання в конструкцію і в програмне забезпечення автомобіля, будуть вирішувати законодавці.

Очевидно, що знадобляться додаткові дослідження і випробування розроблених пристроїв з метою вибору їх оптимальної конструкції і зведення до мінімуму можливих аварійних ситуацій, пов'язаних із застосуванням таких пристроїв під час руху ТЗ.

Відкритих питань щодо застосування пристроїв для антиалкогольної блокування транспортних засобів достатньо. Це й устаткування такими пристроями вже експлуатованих автомобілів, і алгоритм зупинки рухомого транспортного засобу, в якому в повітрі салону виявлені пари спирту, і багато інших питань.. Обсяг цього дослідження не дозволяє зупинитися докладніше на цих питаннях. Це зовсім інший обсяг і засобів на дослідження, на обладнання і часу на їх проведення.

Нами зроблені певні кроки в цьому напрямку. Розпочато розробку програмного забезпечення антиалкогольного блокуючого пристрою для різної глибини впровадження в звичайне заводське ПО. В даному розділі представлена розробка антиалкогольного блокуючого пристрою початкового рівня.

Розроблений пристрій реалізує описаний вище спосіб антиалкогольного блокування транспортного засобу без втручання в програмне забезпечення останнього, тому даний пристрій може встановлюватися і на автомобілі, що вже знаходяться в експлуатації, без втручання в їх конструкцію, а також на автомобілі застарілих конструкцій, які не мають мікропроцесорних блоків управління.

На рис. 2 наведена структурна схема антиалкогольного блокувального пристрою, що реалізує запропонованій вище спосіб зниження аварійності на автошляхах. Пристрій розроблено на основі мікропроцесора і є автономним по відношенню до транспортного засобу, на якому він встановлений.

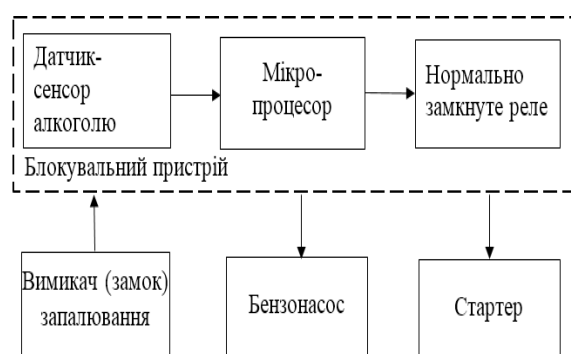


Рис. 2 - Структурна схема антиалкогольного блокувального пристрою

Працює розроблений пристрій наступним чином. За сигналом від датчика-сенсора про присутність у повітрі салону ТЗ паров спирту мікропроцесор формує керуючий сигнал для реле з нормально замкнутими

контактами, через які проходить живлення електрострумом стартеру. Контакти реле розмикаються, унеможливаючі запуск двигуна транспортного засобу. Тим же чином в цілях безпеки унеможливується живлення електрострумом бензонасосу.

Антиалкогольний блокувальний пристрій реалізовано нами на базі платформи мікропроцесорної техніки *Arduino* [5]. Вибір цієї платформи обумовлений її широким розповсюдженням, наявністю у продажу величезної кількості всіляких датчиків, мікропроцесорів, різних супутніх радіоелектронних елементів, порівняно невисокою ціною, наявністю великої бібліотеки програм тощо. Використання мови програмування *C++* дозволяє розробнику пристроїв на платформі *Arduino* самому створювати програмне забезпечення для проектів. Мікропроцесори програмуються за допомогою спеціальної програми.

Крім того, в цій платформі продуманий зручний монтаж радіоелементів без пайки контактів. Цей момент особливо важливий для нас, так як в подальшому планується використовувати дану розробку як основу для лабораторної роботи при вивченні дисципліни "Інформаційні технології в керуванні автотранспортними засобами".

Для розроблюваного пристрою була обрана мікропроцесорна система *Arduino Uno* версії *R3*. Це друкована плата на основі 8-бітного мікроконтролера *ATmega328P* [6] (рис. 3). Таким чином, плата *Arduino Uno* є платою розширення або платою розробника *ATmega328P*.

На платі є ще один допоміжний мікроконтролер *ATmega16U2*. У *Arduino Uno* є 14 цифрових і 6 аналогових входів/виходів (пінів), пристосованих для роз'ємного монтажу, кварцовий кристал-резонатор на 16 МГц, вихід *USB*, кнопка перезавантаження, вихід для підключення адаптера живлення (7-12 В) або батарейки на 9 В, роз'єм для програмування контролера. Крім цього, плата має три виходи землі (*GND*), один вихід на 5 В, один - на 3,3 В та *Vin*-пін для підключення зовнішнього джерела живлення або для отримання напруги, перевищуючої 5 В, якщо плата підключена до зовнішнього адаптера живлення (через *USB* з'єднання живлення обмежується 5 В).

Мікроконтролер *ATmega328P* для *Arduino Uno* поставляється вже з завантажувачем програм, що дозволяє завантажувати програмний код без використання зовнішнього програматора, а безпосередньо зі звичайного персонального комп'ютера через роз'єм *USB*.

В якості сенсора використаний датчик газу *MQ-3* [7], призначений для реєстрації і вимірювання концентрації парів алкоголю в повітрі (рис. 4).

Для використання в якості переривника електричного кола живлення стартера в антиалкогольному блокувальному пристрої було вибрано реле *HLS-13F-2* [8] (рис. 5), призначене для ланцюгів постійного струму з напругою 12 В і силою струму до 10 А з нормально замкнутими контактами. Ці параметри відповідають тим струмам і напругам, які можливі при експлуатації пристрою в реальних умовах транспортного засобу.

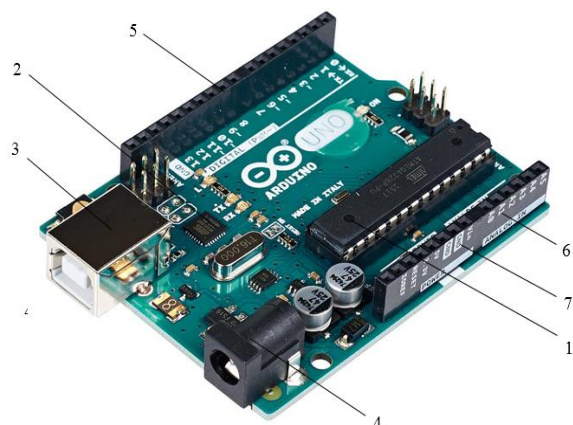


Рис. 3. Мікропроцесорна система *Arduino Uno* версії *R3*: 1 – мікроконтролер *ATmega328P*; 2 – мікроконтролер *ATmega16U2*; 3 – *USB* порт плати; 4 – роз'єм для живлення; 5 – 14 цифрових виходів; 6 – 6 аналогових виходів; 7 – виходи живлення

Поєднанням перерахованих вище компонентів відповідно до розробленої електричної схеми (рис. 6) було отримано розроблюваний антиалкогольний блокувальний пристрій для транспортних засобів, на яких відсутній електронний блок управління.

Принцип дії антиалкогольного блокувального пристрою наступний.



Рис. 4. Датчик-сенсор паров алкоголю *MQ-3*

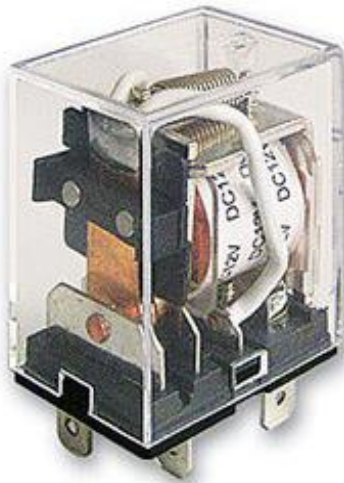


Рис. 5. Реле *HLS-13F-2*

Основою пристрою є друкована плата *Arduino Uno* з встановленим мікроконтролером *ATmega328P*. На схемі (рис. 6) зображені тільки ті контакти плати (піни), які задіяні в роботі пристрою. Їх при монтажу пристрою легко визначити по добре помітному маркуванні (рис. 6).

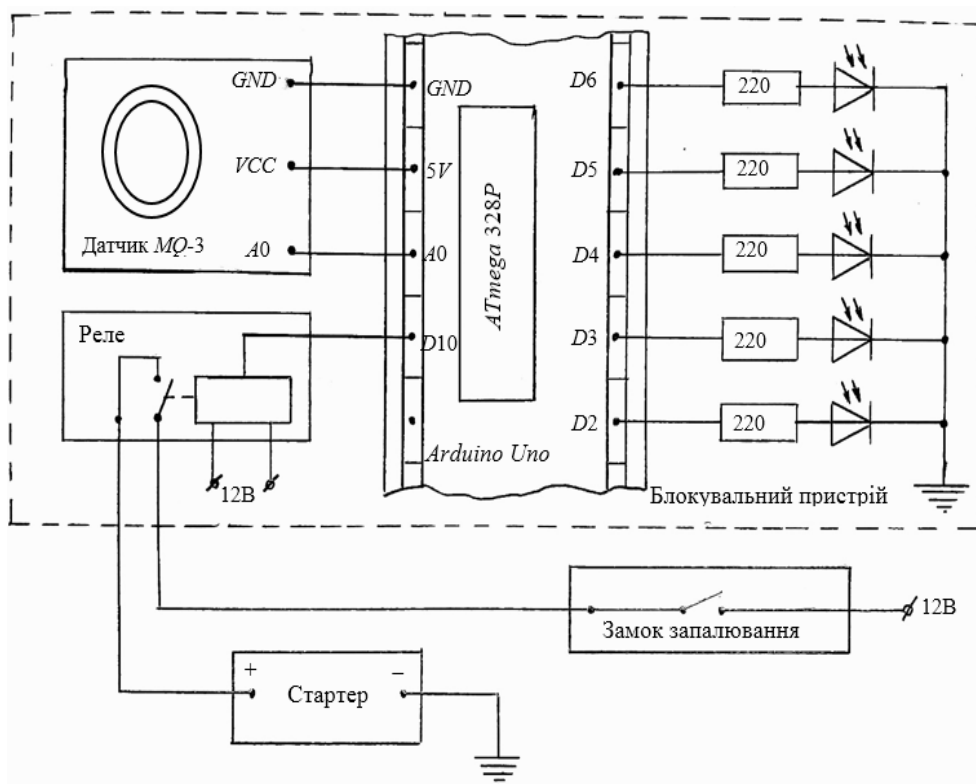


Рис. 6. Електрична схема антиалкогольного блокувального пристрою та схема його монтажу на автомобілі

Датчик-сенсор *MQ-3*, розміщений в салоні автомобіля якомога ближче до обличчя водія і отримуючий живлення *5V* з контактів *GND* і *5V* плати *Arduino*

Uno, весь час аналізує склад повітря в салоні. У разі, якщо в повітрі з'явилися пари спирту, датчик MQ-3 видає сигнал на пін A0 для мікроконтролера. За цим сигналом мікроконтролер відповідно до програми, яка в нього введена, формує керуючий імпульс для спрацювання реле і передає його на цифровий вихід D10.

Реле спрацьовує і розмикає ланцюг живлення стартера, унеможливлуючи запуск двигуна нетверезим водієм. Разом з ланцюгом живлення стартера може бути розімкнутий і ланцюг живлення котушки запалювання.

Для того, щоб створений мікропроцесорний антиалкогольний блокуючий пристрій виконував покладене на нього завдання щодо недопущення керування транспортними засобами водіями в нетверезому стані, необхідно розробити алгоритм роботи даного пристрою. Такий алгоритм з одного боку повинен враховувати особливості програмування мікропроцесорних систем *Arduino*, а з іншого боку – особливості програмування бортових комп'ютерів автотранспортних засобів.

Нами був розроблений алгоритм, що забезпечує функціонування антиалкогольного блокувального пристрою. У загальному вигляді для сучасних ТЗ такий алгоритм має значний обсяг, так як виконується взаємодія з бортовим програмним забезпеченням, а також керується вимогами до безпеки водія і пасажирів.

У даній роботі ми зупинилися на розробці алгоритму, що лежить в основі роботи блокувального пристрою, принципова електрична схема якого приведена на рис. 5. Даний блокуючий пристрій має нескладні конструкцію, принцип дії і алгоритм роботи, разом з тим чітко виконує своє призначення – не допускати до керування автомобілем водія в стані алкогольного сп'яніння.

Мікропроцесорні системи *Arduino* програмуються на мові C ++. Була розроблена програма, що реалізувала алгоритм роботи схеми (рис. 6) по перериванню заданих електричних ланцюгів.

Для введення розробленої програми в пам'ять мікроконтролера використовувалося програмне середовище *Arduino* в версії 1.8.13, яке містить текстовий редактор, інтерфейс для зв'язку з мікроконтролером і налагоджувач програм для мови C++. Крім цього, на монітор (вікно на екрані, що додатково відкривається) можна вивести значення необхідних змінних (в нашому випадку це вміст алкоголю в повітрі поблизу датчика MQ3).

Платформа *Arduino* значно спростила процес конструювання, програмування і налагодження мікропроцесорних систем. Розроблена для проєктованого пристрою програма була завантажена в мікроконтролер, підключений до комп'ютера за допомогою звичайного USB кабелю. Після виправлення декількох орфографічних помилок мікропроцесорна система запрацювала. Детальніше про експериментальну частину цього дослідження розказано в наступному розділі.

Для експериментальної перевірки антиалкогольного блокувального пристрою він був змонтований у повній відповідності до розробленої

електричної схеми (рис. 7).

До плати 1 *Arduino Uno* за допомогою провідників під'єднані світлодіоди 5 та резистори. Кількість запалених світлодіодів вказує на ступінь вмісту алкоголю в повітрі.

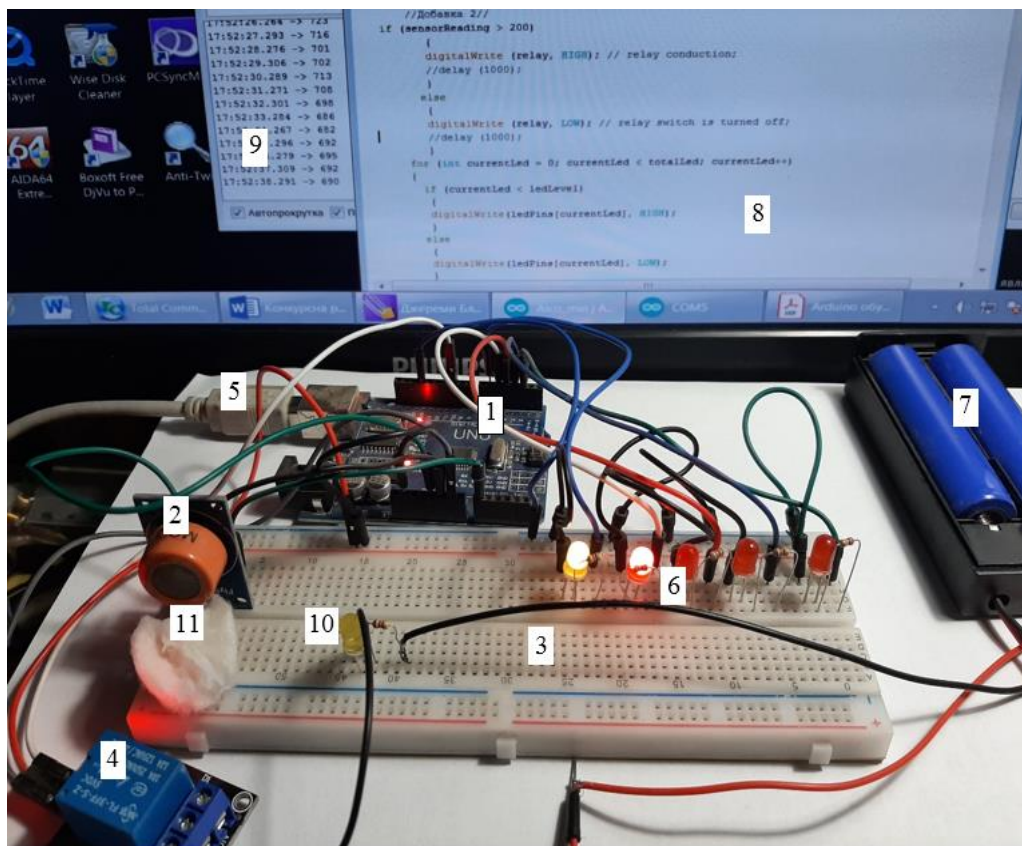


Рис. 7. Експериментальна перевірка пристрою для антиалкогольного блокування ТЗ: 1 – плата *Arduino Uno*; 2 – датчик-сенсор *MQ3*; 3 – макетна плата; 4 – модуль реле; 5 – *USB* кабель для з'єднання з комп'ютером; 6 – п'ять світлодіодів для індикації величини сигналу *MQ3*; 7 – акумулятори; 8 – вікно програми *Arduino*; 9 – монітор зі значеннями сигналу; 10 – сигнальний світлодіод; 11 – ватка зі спиртом

Для монтажу використана спеціальна макетна плата для платформи *Arduino 3*, що дозволяє проводити роз'ємний монтаж. Це дуже важливо, тому що на базі платформи *Arduino* нами розробляються лабораторні роботи для дисципліни "Інформаційні технології в керуванні автотранспортними засобами", і всі елементи схеми будуть використовуватися декілька разів.

Під час налагодження програми та пристрою для зручності використовувався модуль реле 2 *Arduino JQC-3FF*. Реле модуля по сигналу мікроконтролера повинно переривати електричний ланцюг живлення світлодіоду від автономного джерела, яке було задіяно для більшої достовірності експерименту.

Експеримент пройшов вдало. Програма 8 була введена у мікроконтролер і налаштована за допомогою програмного середовища *Arduino*. Після запуску програми до датчика-сенсора було піднесено вату зі спиртом 11. По черзі запаливалися світлодіоди 5, що свідчило про наявність алкоголю у повітрі. Крім того, на екрані комп'ютеру у спеціальному вікні-моніторі 9 постійно відображалися поточні значення вмісту алкоголю у повітрі. Якщо вата зі спиртом віддалялася від датчика, то ці значення зменшувалися майже до нуля, і світлодіоди поступово гаснули.

У розробленій програмі передбачене введення порогового значення вмісту алкоголю у повітрі для включення реле 4, тобто для розмикання живлення сигнального світлодіоду 10. Розроблений блокувальний пристрій було випробувано для декількох порогових значень. Реле завжди спрацьовувало, та сигнальний світлодіод гаснув при наявності у повітрі заданої кількості алкоголю.

Для більш достовірної перевірки блокувального пристрою було зібрано схему з автомобільними акумулятором, реле і стартером (рис. 8).



Рис. 8. Експериментальна перевірка блокувального пристрою з автомобільними акумулятором і стартером: 1 – плата *Arduino Uno*; 2 – датчик-сенсор *MQ3*; 3 – макетна плата; 4 – модуль реле; 5 – *USB* кабель для з'єднання з комп'ютером; 6 – п'ять світлодіодів для індикації величини сигналу *MQ3*; 7 – автомобільний акумулятор; 8 – вікно програми *Arduino*; 9 – монітор зі значеннями сигналу; 10 – стартер; 11 – ватка зі спиртом

В цій схемі керуючий сигнал від мікроконтролера надходить до автомобільного реле, яке при наявності у повітрі алкоголю розмикає електричний ланцюг живлення стартера від автомобільного акумулятора, таким чином унеможливаючи запуск двигуна транспортного засобу водієм, що знаходиться у нетверезому стані.

Автомобільне реле *HLS-13F* призначене для напруги 12 В та току до 25 А, що значно перевищує параметри реле *Arduino JQC-3FF* і повністю відповідає реальним умовам експлуатації пристрою в транспортному засобі.

Експеримент пройшов успішно. Програма знову була введена у мікроконтролер і налаштована за допомогою програмного середовища 8 *Arduino*. Після запуску до сенсора було піднесено вату зі спиртом 11. Запалювалися світлодіоди 5, що свідчило про наявність алкоголю у повітрі. На екрані комп'ютеру постійно відображалися поточні значення 9 вмісту алкоголю у повітрі. При досягненні порогового значення вмісту алкоголю у повітрі автомобільне реле спрацьовувало, та стартер не запускався. Таким чином, експериментальна перевірка антиалкогольного блокувального пристрою в умовах, максимально наближених до реальних умов автотransпортного засобу, показала можливість застосування такого пристрою для унеможливлення керування транспортним засобом у нетверезому стані.

Метою даного дослідження є підвищення безпеки експлуатації транспортних засобів за допомогою розробки на основі сучасних інформаційних технологій способу для унеможливлення керування транспортними засоби водіями у нетверезому стані і реалізує такий спосіб антиалкогольного блокувального пристрою.

Нами запропоновано законодавчо вводити в Україні антиалкогольні пристрої блокування стартеру та запалювання. Збільшення сум штрафів за водіння транспортного засобу в стані алкогольного сп'яніння за багато років не принесли жодних результатів. При цьому необхідна роз'яснювальна робота з суспільством щодо всіх сторін використання антиалкогольних УБЗ.

При розробці способу для унеможливлення керування ТЗ та блокувального пристрою проведено аналіз існуючих способів та пристроїв для примусового обмеження можливості керування транспортними засобами водіями у нетверезому стані, який показав відсутність в Україні на даний момент рішень цієї проблеми. Нами розроблений спосіб підвищення безпеки на транспорті, оснований на безумовному унеможливленню керування ТЗ водіями у нетверезому стані та розроблено його структурну схему. Розроблено також функціональну схему антиалкогольного блокувального пристрою для реалізації запропонованого способу на сучасних автомобілях, що потребує змін у їх програмному забезпеченні.

Описана реалізація блокувального пристрою на автомобілях без комп'ютерного управління, тому що на таких ТЗ це не потребує перепрограмування блока управління. При цьому можуть виникнути питання щодо безпеки руху, що буде вимагати додаткових досліджень. Розроблена

електрична схема такого пристрою для транспортних засобів, що передбачає використання мікропроцесорної платформи *Arduino*. Використання *Arduino* дозволяє розробнику скомпонувати пристрій з потрібними властивостями та самостійно запрограмувати мікропроцесор до виконання потрібних дій у заданій послідовності.

Таким чином був сконструйований, зібраний, запрограмований спеціально розробленою програмою та експериментально перевірений антиалкогольний блокувальний пристрій. Експериментальна перевірка в умовах, що максимально наближені до реальних (автомобільні стартер та акумулятор) показала, що розроблений пристрій відключає стартер від живлення при наявності заданої кількості алкоголю в повітрі.

Ціна розробленого пристрою навіть з урахуванням податків і відрахувань не є перешкодою для обладнання транспортних засобів антиалкогольними блокувальними пристроями. Вартість комплектуючих на 1 листопада становить близько 500 грн.

Продовженням цього дослідження може стати виготовлення передсерійного зразка блокувального пристрою і його натурні випробування з перепрограмуванням бортових комп'ютерів.

В цілому авторами запропоновано спосіб та пристрій для підвищення безпеки дорожнього руху (звичайно, разом з іншими заходами в цьому напрямку), що дозволить уникнути величезних людських жертв і матеріальних збитків.

Література

1. Organisation for Economic Cooperation and Development. Towards Zero: Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach (Russian version). Paris, 2010. 298 с.
2. Дубровик-Рохова А. Дорогие дороги. День. Київ, 2018. № 60. С. 3.
3. Симбірський Г. Д. Інформаційна технологія дистанційного примусового обмеження швидкості транспортних засобів для підвищення безпеки дорожнього руху. Автомобиль и электроника. Современные технологии: электронное научное специализированное издание. Харків, 2020. Вип. 17. С. 54-62.
4. Рудик А. В Україні на 25% збільшилася кількість ДТП через водіння в нетверезому вигляді. Українські новини. Київ, 19.11.2019.
5. Блум Д. Изучаем Arduino. СПб, БХВ-Петербург, 2015. 336 с.
6. Шликов В.В. Мікропроцесорна техніка. Київ, КПІ, 2018. 144 с.
7. Модуль датчика алкоголю MQ-3 в Києве и Украине [arduino.ua](http://arduino.ua/prod1240-modul-datchika-alkogolya-mq-3). URL: <http://arduino.ua/prod1240-modul-datchika-alkogolya-mq-3> (дата звернення: 16.11.2020).
8. HLS-13F-1 РЕЛЕ (12VDC) ток-20А/контакты-1С. URL: <https://kharkov.prom.ua/p608088170-hls-13f-rele.html> (Звернення 16.11.2020).

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Доц. Шевченко В.О., ХНАДУ

Формалізацію процесу самостійної роботи студентів розглянемо на прикладі самопідготовки студентів при вивченні дисципліни «Інформатика».

Модель сформованих у студентів інформаційних компетенцій представимо формулою (1):

$$МК = \langle КА, КС П(К) \rangle, \quad (1)$$

де МК – модель сформованих компетенцій у студентів з дисципліни «Інформатика»; КА – компетенції, сформовані у студентів на аудиторних заняттях; КС – компетенції, сформовані у студентів під час самостійної роботи за індивідуальними траєкторіями; П(К) - продукційне правило, що визначає вибір методики для самостійної роботи студентів [1].

Представимо процес самостійної роботи студента як організаційну систему, що складається з керуючого центру (інформаційної технології формування індивідуальних траєкторій СРС) та студента (див. рис. 1).

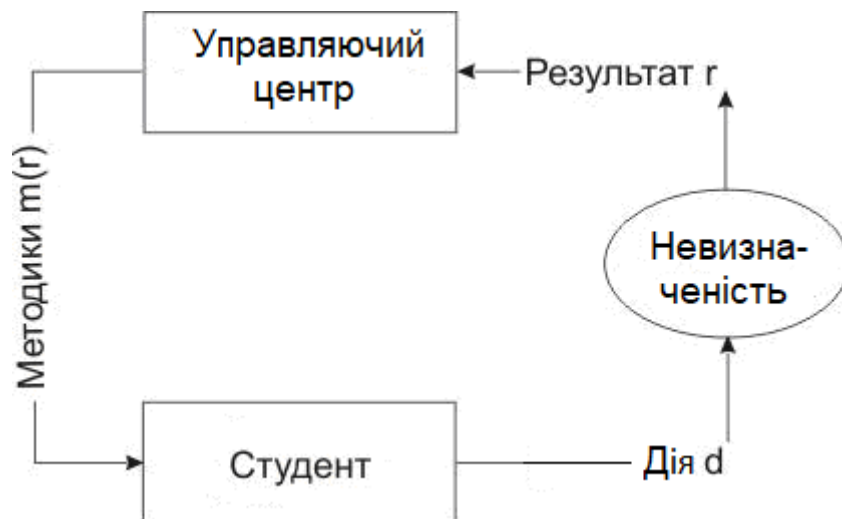


Рис. 1. Модель організаційної індивідуалізованої системи з невизначеністю в діях студента

Студент на основі своїх переваг і особистих суб'єктивних причин вибирає дію d з безлічі допустимих дій D . Ця дія призводить до деякого результату r з безлічі результатів R . Результат пов'язаний з дією d нечітким відображенням $\tilde{\varphi}: D \rightarrow R$ з функцією приналежності $\mu_{\tilde{\varphi}}(d, r)$.

Для фіксованої дії $d \in D$ нечітка множина описує достовірність реалізації того чи іншого результату в тому випадку, якщо студент вибере дію d , тобто

$\mu_{\tilde{\varphi}}(d, r)$ – це достовірність реалізації результату r за умови, що студент вибрав дію d .

Центр не спостерігає дію студента, а спостерігає тільки результат. Студент в залежності від результату r здобуває компетенції з дисципліни. Для того щоб стимулювати студента до вибору потрібної дії центр має можливість призначати методики $m(r)$ в залежності від спостережуваного їм результату r .

Центр має можливість коригувати запропоновані студентам методики в залежності від результату r , отриманого при повторній кластеризації студентів, яка проводиться після здачі модульного контролю. Повторна кластеризація виконується за методикою, запропонованою в [2].

Представимо дисципліну «Інформатика» у вигляді семантичної мережі]. Згідно робочої навчальної програми дисципліна «Інформатика» складається з 7 тем:

1. Основні відомості про обчислювальну техніку (T1).
2. Класифікація програмного забезпечення (T2).
3. Основні поняття і принципи роботи в ОС Windows (T3).
4. Файлові менеджери (T4).
5. Програми - архіватори. Боротьба з вірусами (T5)
6. Текстовий редактор Microsoft Word (T6).
7. Табличний процесор Microsoft Excel (T7).

Семантична мережа дисципліни «Інформатика» представлена на рис. 2:

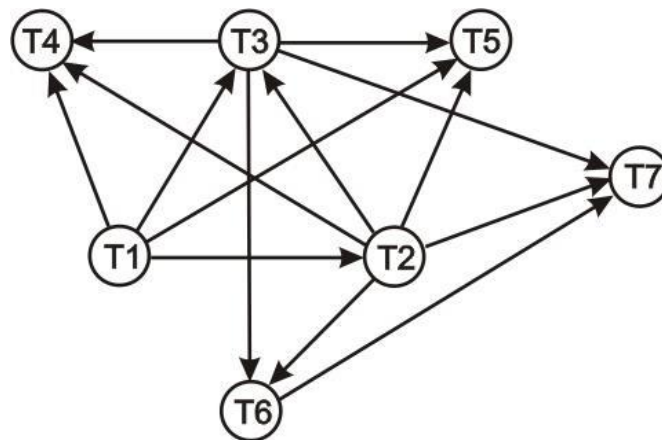


Рис. 2. Ілюстрація зв'язків тем дисципліни «Інформатика»

Аналітично семантична мережа представляється сукупністю множин пар тем дисципліни: $\{(T1, T2), (T1, T3), (T1, T4), (T1, T5), (T2, T3), (T2, T4), (T2, T5), (T2, T6), (T2, T7), (T3, T4), (T3, T5), (T3, T6), (T3, T7), (T6, T7)\}$ і множиною відносин між ними.

Для виявлення структурної організації кожної теми дисципліни представимо навчальний матеріал у вигляді фрейму.

Узагальнена структура знань, представлена фреймом, має вигляд:

$$\{IF, \langle Is1 : Zs1 \rangle, \langle Is2 : Zs1 \rangle, \dots, \langle Isn : Zsn \rangle\}, \quad (2)$$

де IF – ім'я фрейму; Isi – ім'я i-го слоту; Zsi - значення i-го слоту.

Імена фреймам задаємо строго у відповідності з темами занять дисципліни «Інформатика», тобто кожна тема дисципліни буде представлена окремим фреймом.

Будемо розрізняти такі види слотів:

1) слоти-лекції (sl), що складаються з слотів-лекційних питань (sv);
2) слоти- лабораторні заняття (slr), що складаються з слотів-лабораторних завдань (slz);

3) тимчасові слоти (st), в яких зберігається інформація про час вивчення теми.

Значення sv і slz будемо інтерпретувати нечіткими висловлюваннями, ступінь істинності яких приймає значення в інтервалі $[0,1]$.

Для імітації процесу накопичення знань студентами на додаткових заняттях за індивідуальною програмою введемо поняття порожніх слотів $\langle \emptyset : \emptyset \rangle$, у яких імена і значення відсутні.

З огляду на вищесказане, фрейм теми дисципліни «Інформатика» запишемо у вигляді формули:

$$\begin{aligned} \tilde{F} = & \left\{ T_i \left\langle L_{1, T_i} : \left\langle \overbrace{V_{1, L_1} : (\mu : D \rightarrow [0,1])}^{sv_1} \right\rangle, \dots, \left\langle \overbrace{V_{q_1, L_1} : (\mu : D \rightarrow [0,1])}^{sv_{q_1}} \right\rangle \right\rangle \rightarrow [0,1], \dots, \right. \\ & \dots, \left\langle \overbrace{L_{m, T_i} : \left\langle V_{1, L_m} : (\mu : D \rightarrow [0,1]) \right\rangle, \dots, \left\langle V_{q_m, L_m} : (\mu : D \rightarrow [0,1]) \right\rangle}^{sl_m} \right\rangle \rightarrow [0,1] \times \\ & \times \left\langle LR_{1, T_i} : \left\langle \overbrace{Z_{1, LR_1} : (\mu : D \rightarrow [0,1])}^{slz_1} \right\rangle, \dots, \left\langle \overbrace{Z_{k_1, LR_1} : (\mu : D \rightarrow [0,1])}^{slz_{k_1}} \right\rangle \right\rangle \rightarrow [0,1], \dots, \\ & \dots, \left\langle \overbrace{LR_{j, T_i} : \left\langle Z_{1, LR_j} : (\mu : D \rightarrow [0,1]) \right\rangle, \dots, \left\langle Z_{k_j, LR_j} : (\mu : D \rightarrow [0,1]) \right\rangle}^{slr_j} \right\rangle \rightarrow [0,1] \right\rangle \rightarrow \\ & \rightarrow [0,1] \left\langle \overbrace{T^t : \left\langle t_{r_1} : zt_{r_1} \right\rangle, \dots, \left\langle t_{r_9} : zt_{r_9} \right\rangle}^{st} \left\langle t_{lr_1} : zt_{lr_1} \right\rangle, \dots, \left\langle t_{lr_9} : zt_{lr_9} \right\rangle \right\rangle \times \\ & \times \left\langle \overbrace{\emptyset : \langle \emptyset \rangle, \dots, \langle \emptyset \rangle}^{\emptyset} \right\rangle \left. \right\}, \quad (3) \end{aligned}$$

де $\tilde{F}$ – фрейм дисципліни; T_i – назва i -ої теми дисципліни, $i = \overline{1,7}$; L_{1,T_i}, L_{m,T_i} – назва першої і останньої лекції i -ої теми дисципліни, m – кількість лекцій в i -ій темі; V_{1,L_1}, V_{q_1,L_1} – назва першого і останнього питання першої лекції, q_1 – кількість запитань в першій лекції; V_{1,L_m}, V_{q_m,L_m} – назва першого і останнього питання останньої лекції, q_m – кількість запитань в останній лекції; LR_{1,T_i}, LR_{j,T_i} – назва першої і останньої лабораторної роботи по i -ій темі, j – кількість лабораторних робіт по i -ій темі; Z_{1,LR_1}, Z_{k_1,LR_1} – назва першого і останнього завдання в першій лабораторній роботі, k_1 – кількість завдань під час першого лабораторній роботі; Z_{1,LR_j}, Z_{k_j,LR_j} – назва першого і останнього завдання в останній лабораторній роботі, k_j – кількість завдань в останній лабораторній роботі; μ – функція приналежності; D – навчальний матеріал відповідного слота; T^t – інтервал часу, виділений на вивчення дисципліни; t_r – інтервали часу, виділені на вивчення навчального матеріалу лекцій відповідно до розкладу занять; t_{lr} – інтервали часу, виділені на виконання лабораторних робіт відповідно до розкладу занять.

На основі розроблених моделей запропонуємо метод коригування індивідуальних траєкторій для самостійної роботи студентів. Суть методу: коригування методик $m(r)$ проводиться з урахуванням тем T_i , за якими конкретний студент не встигає. Темі визначаються з питань, на які студент дав невірні відповіді при здачі першого модульного контролю. Модульний контроль проводиться шляхом спеціального тестування в системі Moodle.

Сформулюємо продукційні правила формування індивідуальних траєкторій СРС (4) і продукційні правила коригування індивідуальних траєкторій самостійної роботи студентів (5):

$$\begin{aligned} \text{ПФО} &= \langle K_o \rightarrow M_o \rangle; \\ \text{ПФХ} &= \langle K_x \ \& \ V_i \rightarrow M_x \ \& \ M_i \rangle; \\ \text{ПФУ} &= \langle K_y \ \& \ V_i \rightarrow M_y \ \& \ M_i \rangle; \\ \text{ПФП} &= \langle K_{\pi} \ \& \ V_i \rightarrow M_{\pi} \ \& \ M_i \rangle, \end{aligned} \tag{4}$$

де ПФО, ПФХ, ПФУ та ПФП – правила формування індивідуальних траєкторій для класу «Відмінно», «Добре», «Задовільно» і «Погано» відповідно; K_o, K_x, K_y, K_{π} – умова приналежності до відповідного класу; V_i – питання першої теми дисципліни, за якими студент має незадовільну оцінку; M_o, M_x, M_y, M_{π} – індивідуальна методика для самопідготовки студентів відповідного класу; M_i – методика, спрямована на вивчення «проблемних» для студента тем.

$$\begin{aligned}
\Pi\Pi &= \langle K_{\Pi} \& T_i \& M_{\Pi} \rightarrow M_i \& M_c \rangle, \quad i = \overline{1,7}, \\
\Pi Y &= \langle K_y \& T_i \& M_y \rightarrow M_i \& M_c \rangle, \quad i = \overline{1,7}, \\
\Pi X &= \langle K_x \& T_i \& M_x \rightarrow M_i \& M_c \rangle, \quad i = \overline{1,7},
\end{aligned}
\tag{5}$$

де $\Pi\Pi$, ΠY , ΠX – продукційні правила коригування індивідуальних траєкторій для самопідготовки студентів типологічного класу «Погано» «Задовільно» і «Добре» відповідно; K_{Π} , K_y , K_x – умова приналежності студента до відповідного класу, T_i – тема дисципліни, з питань якої студент має незадовільну оцінку; M_{Π} , M_y , M_x – індивідуальна методика для самопідготовки студентів відповідного класу; M_i – скоригована методика з поглибленою підготовкою по i -й темі дисципліни; M_c – скоригована методика з урахуванням переваг студента за оцінкою його компетенцій.

Висновки: Процес самостійної роботи студента формалізований продукційними правилами (4, 5), які являють собою продукційні моделі формування і коригування індивідуальних траєкторій самостійної роботи студентів. Розроблені моделі дозволяють створити інформаційну технологію формування індивідуальних траєкторій самостійної роботи студентів.

Література

1. Шевченко В.О. Побудова моделей поведінки студентів з урахуванням їх мотивацій до підвищення успішності на основі матриць нечітких відносин / В.О. Шевченко, А.І. Кудін // Моделювання та інформаційні технології в науці, техніці та освіті: збірник наук. праць за матеріалами міжн. наук.-практ. Internet-конф. – Х., ХНАДУ, 21.11.2018. С. 235 – 238.
2. Шевченко В. А. Распределение студентов на типологические группы с помощью кластерного анализа в зависимости от факторов, влияющих на успеваемость. Збірник матеріалів міжнародної науково-методичної конференції "Проблеми інтеграції національних закладів вищої освіти до Європейського освітнього середовища". Т. 2 "Сучасні підходи до забезпечення якості вищої освіти" – Х.: ХНАДУ, 29.10.2012, стор. 120 – 123.

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАС З УРАХУВАННЯМ ТОПОЛОГІЧНОЇ ТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ СКЛАДОВИХ

Доц. Плєхова Г.А., ХНАДУ

При проектуванні інженерних мереж (водопроводу, теплотрас і ін.) В неоднорозв'язних областях виникають завдання пошуку ламаних мінімальної довжини і / або зламів, для вирішення яких не можуть бути застосовані традиційні методи варіаційного типу. Для вирішення базової задачі, побудови в неоднорозв'язній багатокутній області F ламаної мінімальної довжини на безперервному сімействі шляхів $U = P_{S_0}$ запропонований метод [1], що дає рішення виду

$$p = C_0, C_1, \dots, C_n; \quad C_0 = A, \quad C_n = B, \quad (1)$$

де - вершини кордону FrF .

Однак, поряд з нею актуальні і такі стандартні задачі мінімізації числа зламів (тобто внутрішніх вершин C_i), де $l(p)$ – довжина, $n(p)$ – число зламів траси p : задача $S_n: n(p) > \min, \quad p \in U$; задача $S_{n,l}: l(p) > \min, \quad p \in U_n$; $U_n = \arg \min n(p), \quad p \in U$; задача $S_{n+1}: f(p) = a \times l(p) + b \times n(p) > \min, \quad p \in U$.

Для вирішення цих задач пропонується єдиний підхід, заснований на наведених нижче властивостях класів ламаних $S_n, S_{n,l}$. Так, розглянемо деяку ламану $p \in U$ в поданні (1), $n > 1$. Її фрагмент $AC_1C_2 \dots C_k$ назовемо канонічним, якщо в вершинах $C_2 \dots C_{k-1}$ знак кута повороту той самий, що й в C_1 , а в C_k – протилежний, або $C_k = B$. Нехай $v(p)$ – число канонічних ламаних, утворюючих їх шлях, j – кут повороту ламаної на канонічній ділянці j , ($j=1, 2, \dots, m=v(p)$), а $[AO/д]$ – ціла частина цього повороту в одиницях d .

Лема 1. Нехай p_1, p_n, p_{nl} – рішення стандартних задач S_1, S_n, S_{nl} відповідно, та $k = v(p_1)$. Тоді має місце наступна оцінка

$$n(p_{nl}) = n(p_n) \geq v(p_1) - 1 + \sum_{i=1}^{k-1} (1 + [\Delta\Phi_i / \pi]) + [\Delta\Phi_k / \pi]. \quad (2)$$

Задача S_1 . Дана траса p мінімального числа зламів, яка на ділянці A_0ABB_0 співпадає з межею області F на відрізку $OO' \subset AB$. Необхідно знайти таке положення прямої $A'B'$ (кут x відносно OO' , що проходить через вершини O або O' , щоб ламана $B_0B'A'A_0$ лежала в області F та її довжина була мінімальною для всіх таких пар точок, що лежать на прямих A_0C, B_0C .

Вирішення цієї задачі для точки O має наступний вид, де $\alpha, \beta, \delta, \gamma$ – кути A_0AB, B_0BA, ACO, OCB , а C – точка перетину прямих A_0A, B_0B

$$x = \alpha - \arcsin \left[\sqrt{\frac{\sin \delta}{\sin \gamma} \sin(\beta + x)} \right]. \quad (3)$$

Нехай p_1 – рішення задачі S_1 у вигляді (1). Розглянемо оптимізуючі деформації f_n та f_{nl} шляхи p_1 , реалізуючі симпліціальне поповнення та варіювання ламаних, які мінімізують відповідні функціонали. Нехай C_i, C_{i+1} – вершини деякої ламаної p , а Z – точка перетину прямих $C_{i-1}C_i$ та $C_{i+1}C_{i+2}$, що лежить по іншу сторону від прямої C_iC_{i+1} по відношенню до точки дотику з кордоном $L=Fr F$. Такий 2-симплекс $s_i = C_iZC_{i+1}$ назовемо симпліціальним поповненням шляху p , якщо він лежить в F ; в цьому випадку замінюємо в p вершини C_i, C_{i+1} вершиною Z , а цю операцію назовемо *процедурою 1* (симплічальною деформацією ламаної). При цьому симплекс s_i назовемо фінальним, якщо його 1-симплекси $C_iZ, C_{i+1}Z$ не належать іншим симпліціальним поповненням шляху p . Якщо ж симплекс s_i не лежить в F , вважаємо, що ламана p на цій ділянці не може бути поповнена; однак, в цьому випадку не виключено, що вона може бути поповнена симплексом $s_i^* \subset F$, який отриманий деформацією симплекса s_i , яку назовемо *процедурою 2* (варіації 2-симплекса).

Алгоритм 1. Застосовуємо до шляху p_i процедуру 1 до отримання всіх можливих симпліціальних поповнень. Якщо залишилися 2-симплекси $K = \{s_i\}$, якими ламана p_i не може бути поповнена, застосовуємо до них процедуру 2 і виключаємо з K всі ті симплекси, що поповнили шлях p_i . Отриману ламану позначимо p_n' .

Алгоритм 2. Вирішуємо задачу S_1 для всіх симплічально не поповнених 1-симплексів ламаної p_l' з K . Отриманий шлях позначимо p_{nl}' .

Лема 2. Якщо симпліціальні поповнення ламаної p_i (крім, можливо, фінальних) лежать в F , то шлях p_n' (відповідно p_{nl}' , визначає рішення задачі S_{n+1} для числа вершин $n(p_n')$, і задач S_n, S_{n+1} якщо в (2) маємо рівність.

Застосування алгоритмів 1 і 2 дозволяє мінімізувати число зламів і довжину ламаної в $P_{sd}[A, B]$, хоча і не гарантує досягнення мінімального числа зламів. Однак, практична цінність оптимального рішення може виявитися сумнівною, тому що не виключає отримання ламаної з кутами повороту, близькими до d , що абсолютно неприйнятно для більшості додатків.

Розглянемо тепер задачу S_{n+1} . Нехай $n_1 = n(p_1)$, $n_2 = n(p_{nl}')$, $n_1 > n_2 + 1$.

Алгоритм 2. Початкова установка: $t := p_1$, $p_t' = p_1$.

1. Вважаємо $m:=m-1$ і застосовуємо алгоритм 2 до кожного 2-симпліціального поповненню шляху p_{m+1}' . Найкоротшу з отриманих ламаних позначимо p_m' .
2. Якщо $m=n_2+1$, переходимо до кроку 3; інакше - до кроку 1.
3. Обчислюємо $f_m = a \times l(p_m') + b \times n(p_m')$ при $m = n_2, n_2+1, \dots, n_1$ і приймаємо шлях p_k' на якому $f(p)$ досягає мінімуму, за рішення задачі S_{n+1} .

Література

1. Смеляков С.В., Стоян Ю.Г. Математическая модель некоторых задач оптимизации на путях // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1981. №1. С. 180–188.

ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ НА МІСЬКОМУ ПАСАЖИРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ЛІНІЙНОГО ТА ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Ст. викл. Козачок Л.М., ХНАДУ

У пошуку нових ефективних методів та інструментів управління пасажирськими перевезеннями, які спрямовані на мінімізацію часу обслуговування та досягнення максимального показника задоволення потреб пасажирів у транспорті, роботу маршруту та вивчення пасажиропотоку на ньому корисно розглянути за допомогою методів нечіткої логіки, що забезпечують механізм роботи з неточними поняттями, вводять нечіткі множини, проводять з ними логічні дії та отримують кінцевий результат поставленої задачі. У даній роботі з використанням функцій приналежності нечітким множинам розроблено алгоритм пошуку розкладу роботи транспортних засобів на маршруті як послідовності інтервалів обслуговування, що відповідають у ході поставленої задачі нечіткій функції цілі – задоволення потреб населення у перевезеннях та нечітким обмеженням на використання транспортних засобів, які обслуговують маршрут міського пасажирського транспорту.

У ході розгляду різноманітних підходів до поліпшення роботи пасажирського транспорту у містах та методів, спрямованих на це, звернемо увагу на відповідні варіанти удосконалення управління перевезеннями пасажирів на маршрутах. У якості таких регуляторів можуть бути використані наступні показники: зменшення інтервалів між виходами на маршрут для виконання перевезень конкретними транспортними засобами, розробка розкладів, які враховують удосконалення якості роботи на маршруті, залучення інших видів транспортних засобів з певною пасажиромісткістю. Коректування та створення нових графіків роботи маршруту, нових розкладів обслуговування пасажирів транспортними засобами рухомого складу також мають спиратися на змінення інтервалів руху на маршруті, на змінення часу початку та закінчення роботи по перевезенню пасажирів [2]. Велике значення у цих розробках набуває урахування змін пасажиропотоку впродовж робочої доби на маршруті та дослідження побудованої за необхідними об'ємами перевезень епюри інтенсивності пасажиропотоку та кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті [4].

Таким чином, побудова розкладів, що спираються на змінення часу роботи транспортних засобів на маршруті в залежності від кількості пасажирів, які використовують автобусний пасажирський транспорт в певні періоди часу та на певних ділянках є перспективним напрямком розвитку методів управління та врегулювання роботи маршрутів транспортних систем міст.

В багатьох наукових роботах також останнього часу надані розробки нових ефективних методів та інструментів управління пасажирськими перевезеннями, які спрямовані на мінімізацію часу обслуговування, досягнення максимального показника задоволення потреб пасажирів у транспорті на необхідних, економічно активних ділянках транспортної мережі міста та на мінімізацію затрат при використанні транспортних засобів на маршруті, тобто і на енергозбереження ресурсів економіки міст [1].

Вивчення пасажиропотоку корисно розглянути за допомогою методів нечіткої логіки, які гарантують високий рівень обробки вхідних даних та низьку затримку у часі обробки цих даних. Також нечітка логіка допомагає визначати значення достовірності практичних результатів. Нечітка логіка при вірно введених означеннях дає також проміжні оцінки критеріїв між абсолютно вірним значенням та абсолютно хибним значенням з урахуванням того, що при більших значеннях функції приналежності до певної множини вище достовірність критерію, що розглядається.

Процес застосування нечіткої логіки до вхідних значень являє собою скінчену кількість правил, які використовуються при отриманні вихідних значень, та відповідно при прийнятті рішень для удосконалення технічних процесів. Поняття нечіткої множини введено Zadeh у роботах 1965 р. [6], воно є поняттям множини з нечіткими границями. На заміну цільовій функції цілочислового програмування введена функція приналежності множині, значення якої змінюються у інтервалі від 0 до 1, $\mu(x) \in [0; 1]$, вказуючи на ступінь відповідності обраній множині. Введемо позначення X деякої множини значень, відносно яких обговорюється критерій A , тоді нечітка множина елементів X буде надана як набір впорядкованих пар $\{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$, $\mu_A(x)$ – ступінь, який вказує наскільки x належить нечіткій множині A .

Нечіткі множини та операції з ними будемо застосовувати для програмування та управління процесами на міському пасажирському транспорті. Нехай парк деякого транспортного підприємства складається з транспортних засобів рухомого складу у необмеженій кількості, спочатку зробимо таке припущення. Це транспортне підприємство обслуговує деякий маршрут пасажирських міських перевезень. Розглянемо можливі варіанти руху автобусів та посадки пасажирів у автобуси на зупинках.

Поняття часових станів, які створюють простір часових станів.

Як було описано у роботах Беллмана Р. Е., простір Ω неперервного часу обслуговування перетворюється у дискретний скінчений простір станів Ω , де $|\Omega| < \infty$ з однаковими інтервалами часу у 1 хвилину

$$\forall \omega_i, \omega_{i+1} \in \Omega : \omega_{i+1} - \omega_i = 1 .$$

Поняття простору часових етапів (відрізків часу).

Простір часового етапу Q ділиться на простір часового етапу Q , де $N = |Q| < \infty$ з еквівалентними інтервалами $s \in [5, 30]$ в залежності від

обслуговування пасажирів. Часовий стан ω відповідає часовому етапу $q(\omega, s)$, який визначається наступним чином:

$$q(\omega, s) = [\omega, s].$$

Розклад роботи автобусів на маршруті по обслуговуванню пасажирів.

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_N\}$ – розклад, який являє собою та надає проміжки часу обслуговування. Мається на увазі обслуговування пасажирів на маршруті певним автобусом при чому z_N є моментом часу відправлення на маршрут N -го автобусу, який відраховується від моменту часу виходу першого автобусу на маршрут. Також час початку та закінчення обслуговування пасажирів на маршруті z_1 та z_N задані спочатку, де N – кількість автобусів, працюючих на маршруті.

Знаходження значень змінних, які будуть рішенням задачі.

$t \in T$ є значеннями, що належать скінченій множині усіх значень інтервалів часу та являють собою проміжки часу, що проходять між двома послідовними зупинками автобусу:

$$t_1 < t_2 < \dots < t_M, |T| = M, t_{i+1} - t_i = 1, \forall i = \overline{1, M-1}.$$

Множина зупинок на маршруті.

Припустимо, що кількість пасажирів, які обслуговуються за інтервали часу $t_i, i = \overline{1, M}$, розподілена рівномірно. Множину зупинок позначимо $b_j \in \{b_1, b_2, \dots, b_J\}, j = \overline{1, J}$.

Максимальна пасажиромісткість являє собою максимальну кількість пасажирів, яка перевозиться одним автобусом, та позначається $p_i, i = \overline{1, N}$. Також для розгляду завдань можна використовувати поняття бажаної пасажиромісткості, яке було введено Ceder A.

Тобто для вивчення роботи по обслуговуванню на маршруті системи міського пасажирського транспорту та постановці задачі оптимізації вводяться умови з системи обмежень у певному часовому стані $\omega \in \Omega$ на певному часовому етапі $q \in Q$ та у певному проміжку часу $t \in T$.

Опишемо пасажиропотік.

Швидкість потоку пасажирів (інтенсивність), прибуваючих на зупинку на етапі $q \in Q$ позначимо v_i^q .

Множина пасажирів, що очікують автобусна зупинці $i \in J$ має міцність (кількість пасажирів) буде записано $v_i^q \cdot t$, час очікування автобуса цими пасажирами буде $\frac{v_i^q \cdot t^2}{2}$.

Інтенсивність потоку пасажирів, що використовують автобус, сідають у автобус на зупинці i , виходять з автобусу на зупинці j на часовому етапі $q \in Q$ позначимо λ_{ij}^q , а кількість таких пасажирів знаходиться як $v_i^q \cdot t \cdot \lambda_{ij}^q$.

Кількість пасажирів, що продовжують шлях поїздки у автобусі після j -ої зупинки позначимо $K_j^{\omega,t}$ при цьому проміжок часу ω буде різницею у часі між відправленням автобусу від зупинки j та останнім автобусом на маршруті у момент відправлення його від першої зупинки при розгляді певного часового стану ω

$$K_j^{\omega,t} = K_{j-1}^{\omega,t} + v_j^q \cdot t_\omega - \sum_{i=1}^{j-1} v_i^q \cdot t_\omega \cdot \lambda_{ij}^q. \quad (1)$$

Визначимо використованість конкретної зупинки, її **значущість**, яка залежить від кількості пасажирів, що заходять у автобус та виходять із автобусу на зупинці j при розгляді етапу часу q :

$$b_j^q = \frac{v_j^q + \sum_{i=1}^{j-1} v_i^q \cdot \lambda_{ij}^q}{\sum_{j=1}^J (v_j^q + \sum_{i=1}^{j-1} v_i^q \cdot \lambda_{ij}^q)}, \quad (2)$$

де $\sum_{j=1}^J b_j^q = 1$.

Функцію приналежності до множини часових інтервалів, що відповідають нечіткій функції цілі, яка чисельно визначає ступінь задоволення потреб пасажирів, кількість яких $K_j^{\omega,t}$ є кількістю пасажирів, що відправляються від зупинки j , буде позначено $\mu_{g,P}(K_j^{\omega,t})$, де P – максимальна місткість транспортного засобу.

Позначимо $\mu_g^\omega(t)$ та $\mu_c^\omega(t)$ функції приналежності, які використовуються для цільової функції та системи обмежень, аргументом цих функцій буде часовий інтервал t , який розглядається у часовому стані ω транспортної системи. Приналежність часового інтервалу до необхідної множини часових інтервалів розглядається для кожної зупинки $j = \overline{1, J-1}$ з урахуванням значущості цієї зупинки як ваги, що була задані вище рівністю (2).

Для цих функцій приналежності отримаємо наступні формули:

$$\mu_g^\omega(t) = \sum_{j=1}^{J-1} b_j^q \cdot \mu_{g,P}(K_j^{\omega,t}) \quad (3)$$

$$\mu_c^\omega(t) = \sum_{j=1}^{J-1} b_j^q \cdot \mu_{c,P}(K_j^{\omega,t}) \quad (4)$$

Далі запишемо функцію приналежності, яка вказує на ступінь відповідності часового інтервалу t обслуговування транспортним засобом пасажирів нечіткій цільовій функції та нечітким обмеженням, тобто функцію приналежності до множини часових інтервалів, що найбільш відповідають нечіткій цілі та нечітким обмеженням у певному часовому стані ω . Ця формула буде мати наступний вигляд:

$$\mu_o^\omega(t) = \mu_g^\omega(t) \wedge \mu_c^\omega(t). \quad (5)$$

Для $d \in (0; 1)$ введемо поняття d -рівня функції $\mu_o^\omega(t)$, який позначимо як множину $U_d(\mu_o)$, також позначимо n_o – кількість часових інтервалів, що будуть включені до оптимального розкладу Z^* роботи на маршруті та будуть оптимізувати цей розклад у часовому стані ω . Множина O_d^ω є підмножиною $U_d(\mu_o)$, що містить інтервали, які мають найвищий ступінь відповідності, відображений у функції приналежності, кількість елементів цієї множини буде n_o .

Таким чином

$$O_{d,n_o}^\omega(t) \subset U_d(\mu_o) = \overline{\{t | \mu_o^\omega(t) > d\}},$$

$$|\mu_{O_{d,n_o}^\omega}(t)| = |\mu_o| \leq n_o. \quad (6)$$

Для того, щоб оцінювати оптимальність розкладу руху Z транспортних засобів на маршруті необхідно обчислити величини, які є характеристиками цього розкладу, та за допомогою значень цих характеристик можна оптимізувати розклад руху. Спочатку запишемо формули для обчислення загального часу обслуговування пасажирів транспортними засобами на маршруті T_z , загального часу руху пасажирів, що залежить від стану транспортної системи, T_ω , загального часу очікування пасажирами транспортних засобів на маршруті T_w :

$$T_z = \sum_{\omega=z_1}^{z_N} \sum_{j=1}^{J-1} \omega_j^q \quad (7)$$

$$T_\omega = \sum_{\omega=z_2}^{z_N} \sum_{j=1}^{J-1} (K_j^{\omega,t} \cdot \omega_j^q) \quad (8)$$

$$T_w = \sum_{\omega=z_2}^{z_N} \sum_{j=1}^{J-1} \frac{v_j^q \cdot t_{\omega}^2}{2} \quad (9)$$

Далі ми можемо вивести формулу для обчислення середнього ступеню задоволення потреб населення у автобусах, які виконують перевезення на маршруті впродовж робочої доби як середнього значення функції приналежності до множини часових інтервалів, що найбільш відповідають нечіткій цілі, тобто ступінь відповідності цільовій функції. Також буде записана формула для обчислення середнього значення ступеню використання транспортних засобів впродовж добової роботи на маршруті як середнє значення функції приналежності, що вказує на ступінь відповідності нечітким обмеженням:

$$\begin{aligned} \overline{\mu_g} &= \frac{1}{N-1} \sum_{\omega=z_2}^{z_N} \mu_g^{\omega}(t) , \\ \overline{\mu_c} &= \frac{1}{N-1} \sum_{\omega=z_2}^{z_N} \mu_c^{\omega}(t) . \end{aligned} \quad (10)$$

Нечіткі цілі постановки задачі повинні підпорядковуватися головному критерію розгляду і вирішення задачі побудови розкладу руху та оптимального управління на маршруті, цей критерій враховує вартість роботи розкладу, що складається з вартості часу роботи транспортних засобів по обслуговуванню пасажирів та вартості часу очікування пасажирями транспортних засобів на маршруті:

$$C = c_z \cdot T_z + c_w \cdot T_w ,$$

де c_z - затрати на одну годину обслуговування маршруту транспортним засобом, c_w - затрати пасажирів за одну годину очікування на зупинках.

Визначення оптимального інтервалу часу t_{ω} для кожного часового стану ω .

При вирішенні задачі можна будувати чітку математичну модель з чіткими обмеженнями на пропускну здатність автобусів при цьому оптимальний часовий інтервал визначається так, щоб отримати максимальне сукупне навантаження, яке наближається до бажаної зайнятості транспортних засобів та задоволення потреб населення у перевезеннях.

Якщо будувати нечітку модель для вирішення задачі, що поставлена, то оптимальні часові інтервали, що будуть входити до оптимального розкладу роботи на маршруті, визначаються як нечіткою цільовою функцією так і

нечіткими обмеженнями, згрупованими у систему, у певному часовому стані роботи на маршруті:

$$t_{\omega} = \begin{cases} \arg \max \mu_{\omega}^{\omega}(t) & \text{якщо } \mu_{\omega}^{\omega}(t) \leq d, \\ O_{d,n_o}^{\omega}(t) & \text{якщо } \mu_{\omega}^{\omega}(t) > d, \end{cases} \quad (11)$$

при $t \in T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$.

Математична модель при цьому перетворює чітку цільову функцію у дві нечіткі функції приналежності – нечітку ціль задоволення пасажирів та нечітку обмеження використання пропускної спроможності транспортного засобу. Для певного часового інтервалу у певному стані часу кількість пасажирів у транспортному засобі на кожній зупинці b_j відрізняється. У наслідок цього $\mu_g^{\omega}(t)$ та $\mu_c^{\omega}(t)$ отримується агрегацією усіх μ_g та μ_c на зупинці јнад усіма зупинками $j = \{1, 2, \dots, J - 1\}$, враховуючи ваги кожної зупинки b_j^q на етапі роботи транспортної системи $q \in Q$.

У рівнянні знаходження часових інтервалів оптимального розкладу робіт сказано, що при $\mu_{\omega}^{\omega}(t) \leq d$ множина оптимальних часових інтервалів складається з одного елементу t_{ω} , що максимізує $\mu_{\omega}^{\omega}(t)$, де d – певний рівень значень функції приналежності. Якщо $\mu_{\omega}^{\omega}(t) > d$, то множина часових інтервалів оптимального розкладу є множиною $O_{d,n_o}^{\omega}(t)$, що складається з інтервалів, які мають найвищий ступінь відповідності, відображений у функції приналежності, кількість елементів цієї множини буде n_o , елементи будуть розташовані у порядку не зростання їх величин. Рішенням поставленої задачі буде матриця O розміру $p \times q$, елементи якої будуть $O(\omega, t_{\omega}) = \mu_{\omega}^{\omega}(t)\omega$.

Простір прийняття рішень O є базою для формування розкладу Z як графіку часу обслуговування, при якому два послідовних відправлення автобусів по сполученню відповідають станам $\omega, \omega + t_{\omega}$, де t_{ω} - часовий інтервал, що відповідає стану ω .

Запишемо послідовні кроки пошуку простору рішень $O(\omega, t_{\omega})$:

- Спочатку усім елементам матриці $O(\omega, t)$ присвоїмо нульові значення, також $K_j^{\omega, t} = 0$;
- У циклі по $\omega \in \Omega, t \in T, j = \overline{1, J - 1}$ будемо обчислювати кількість пасажирів, які продовжують переміщення у автобусі після j -ї зупинки за формулою, наведеною вище:

$$K_j^{\omega, t} = K_{j-1}^{\omega, t} + t_{\omega} (v_j^q - \sum_{i=1}^{J-1} v_j^q \cdot \lambda_{ij}^q), \text{ де } q = [\frac{\omega}{\omega_0}].$$

- Знаходимо значення функцій приналежності у циклі по $\omega \in \Omega, t \in T$:

$$\mu_g^\omega(t) = \sum_{j=1}^{J-1} b_j^q \cdot \mu_{g,B}(K_j^{\omega,t}) ,$$

$$\mu_c^\omega(t) = \sum_{j=1}^{J-1} b_j^q \cdot \mu_{c,B}(K_j^{\omega,t}) ,$$

$$\mu_o^\omega(t) = \mu_g^\omega(t) \wedge \mu_c^\omega(t) .$$

- У циклі по $t \in T$ обчислюємо оптимальні часові інтервали, множину, що відповідає простору рішень у вигляді матриці O

$$t_\omega = \arg \max \mu_o^\omega(t) ,$$

$$O(\omega, t_\omega) = \mu_o^\omega(t_\omega) .$$

- Розташувати значення функції $\mu_o^\omega(t)$ по спаданню значень елементів, результат записати у вектор- стовпчик

$$spuskO = descending(\mu_o^\omega(t)) .$$

- У циклі по $n = \overline{1, n_o}$ виконати наступні дії: якщо $spuskO(n) \leq d$ тоді $t_\omega = spuskO(n)$, $O(\omega, t_\omega) = spuskO(n)$.

У ході виконання наведеного вище алгоритму ми отримаємо розклад роботи транспортних засобів на маршруті у запису послідовності інтервалів обслуговування. Цей розклад буде наближений до оптимального розкладу роботи, що можна розглянути, враховуючи кількість рейсів автобусів N , час обслуговування маршруту транспортними засобами T_z , час знаходження пасажирів у дорозі на маршруті T_ω , час очікування пасажирів транспортною засобу T_w , середню кількість пасажирів у автобусі P , середній ступінь задоволення потреб пасажирів $\overline{\mu_g}$ та середнє значення ступеню використання транспортних засобів впродовж добової роботи на маршруті $\overline{\mu_c}$. Вартість роботи рухомого складу на маршруті, що розглядається, за побудованим розкладом обчислюється наступним чином:

$$C = c_z \cdot T_z + c_w \cdot T_w .$$

Література

1. Левковець П.Р., Мороз М.М., Кобилецький Р.В. Удосконалення логістичного управління перевезень пасажирів. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. 2007. Вип. 6 (47). С. 113-115.
2. Ceder A. Planning and Evaluation of Passenger Ferry Service in Hong Kong. Transportation. 2006. Vol. 33. P. 133–152.
3. Ceder A., Voß S., Daduna J. Efficient Timetabling and Vehicle Scheduling for Public Transport. Computer-Aided Scheduling of Public Transport. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. 2001. Vol. 505. P. 37-52.
4. Горбачов П.Ф., Любий Є.В. Моделювання попиту на перевезення населення малих міст маршрутним пасажирським транспортом: монографія. Харків: ХНАДУ, 2014. 257 с.
5. Alvarez A., Casado S., Gonzalez Velarde J., Pacheco J. A computational tool for optimizing the urban public transport. Journal of Computer System Sciences International. 2010. Vol. 49(2). P. 244-252.
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control. 1965. Vol. 8(3). P. 338-353.

КРИТЕРІЇ ТА МОДЕЛІ БАГАТОКЛАСОВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРИНЦИПУ ONE-VS-ALL

к.т.н., доц. Полякова Т.В., ХНАДУ

У задачі зіставлення описів не завжди вихідні дані є досить коректними, тому виникає необхідність вибору поліпшеної в деякому сенсі множини ознак для зіставлення описів. У подібних випадках можуть застосовуватись методи оцінки параметрів, що враховують наявність викидів у вихідних даних, наприклад, схеми голосування, а також родина методів на основі випадкових вибірок (RANSAC). Схема роботи алгоритму RANSAC полягає в циклічному повторенні пошуку відповідності чотирьох ХО (характерних ознак) на досліджуваному об'єкті та еталоні. Найкращою відповідністю вважається та, в якій досягнутий мінімум суми відхилень всіх ХО об'єкта та еталона при деякому перетворенні за задану кількість циклів (≤ 2000). В результаті використовуються тільки ті точки, відхилення яких становить менше заданого порогу.

Запропонований метод зіставлення структурних описів відео-об'єктів на основі побудови та аналізу моделей ОПС (ознакових просторових структур) полягає в реалізації наступних основних етапів:

- 1) виокремлення на зображенні множини ХО та формування масивів $\mathcal{U}_i$ із значеннями координат X_i, Y_i ;
- 2) побудова множини ОПС z_i у вигляді структури на основі $\mathcal{U}_i$;
- 3) цілеспрямована обробка множини ОПС з метою зменшення надлишковості та скорочення обсягу обчислень;
- 4) обчислення міри подоби між описами ОПС шляхом голосування компонентів описів;
- 5) ухвалення рішення про клас відео-об'єкту на основі значення обчисленого критерію подоби.

Будемо розглядати класифікацію як відображення структурних компонентів об'єкта у вигляді опису U на компоненти множини еталонів у вигляді кінцевої множини еталонних описів $\{U(j)\}_{j=1}^J$. Реалізуємо це відображення шляхом вирішення задачі оптимізації у вигляді

$$j^* = \arg \max_{j \in J} \vartheta(U, U(j)), \quad (1)$$

де J – множина номерів класів ($j^*, j \in J$),

$U, U(j)$ – відповідно опису у вигляді множин ОПС об'єкту і j -го еталону,

ϑ – міра подоби для множин.

Міра подоби є ненормованим показником для кількісного визначення ступеня подібності об'єктів. Максимальне значення величини $\vartheta(U, U(j))$ означає, що об'єкт найкраще відповідає j -му еталону.

В якості міри ϑ може бути використана і метрика для множин. Такими метриками можуть бути метрики Хаусдорфа, Танімото та інші. Найкраща відповідність характеризує значення метрики, рівне нулю. З іншого боку відомо, що обчислення значень метрики для множин вимагає більшої кількості обчислювальних операцій, ніж обчислення подоби на основі кількості голосів елементів. Тому на практиці в більшості ситуацій для описів використовують міри подоби, а на рівні окремих елементів описів - метрики.

Зазвичай значення критерію ϑ обчислюється шляхом аналізу хеш-таблиці, побудованої на попередньому етапі класифікації на основі аналізу множини еталонних описів. Обчислення значення $\vartheta(U, U(j))$ полягає в підрахунку кількості голосів, поданих елементами множини базисів в описі об'єкта за еталон з номером j у вигляді ОПС. Можлива кількість голосів, враховуючи нормування, залежить від методу голосування.

Достовірність класифікації із застосуванням конкретного методу може оцінюватись значенням критерію θ , обчислюється як відношення найближчого максимуму міри подоби серед еталонів бази до значення міри подоби аналізованого об'єкта із справжнім еталоном. Значення критерію $\theta \in [0,1]$ демонструє, наскільки впевнено здійснюється ухвалення рішення на основі розрахованого максимуму голосів, відданих за конкретний еталон. Чим менше значення θ (ближче до 0), тим значуще глобальне оптимальне рішення по відношенню до локального оптимуму, відповідно до найбільш близької серед інших (можливо, помилкових) класів. Експерименти довели, що для кількох еталонів бази Coil-20 із застосуванням традиційного методу параметр θ досягає значення $\theta = 0,8$, в той час як для запропонованого методу на основі ОПС значення $\theta = 0,02$, що значно краще щодо достовірності при розрізненні об'єктів. Таке низьке значення критерію θ для розробленого методу підтверджує його високий показник правильної класифікації для аналізованої бази відео-інформації.

Запропонований метод зіставлення, заснований за допомогою аналізу описів у вигляді структур просторових ознак із застосуванням голосування, за рахунок введення і використання в процесі обчислення подібності нових інформаційних зв'язків у вигляді відповідності структур в цілому призводить до вдосконалення процедури класифікації та забезпечує вирішення завдань з більш високим рівнем достовірності. Необхідної якості класифікації візуальних об'єктів з точки зору рівня стійкості до аддитивних перешкод для конкретних баз відеоданих можна досягти шляхом вибору мір подоби та критерію прийняття рішень про клас, враховуючи параметричне визначення.

Існує два найбільш поширених підходи до побудови моделей голосування стосовно ОПС.

Однозначне голосування. Шляхом обчислення мінімальної відстані від трійки α_q як ознаки об'єкта до елементів множини $\{\alpha_p\}_j$ j -го еталона визначається

$$\rho(\alpha_q, \{\alpha_p\}_j) = \min_p \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}), \quad (2)$$

де $\rho(\alpha_q, \alpha_{pj})$ – деяка метрика на множині ГЮ (геометричних інваріантних ознак).

Як метрику при зіставленні двох векторів ГПІ (трійок) можна використовувати, наприклад, Манхеттенську відстань

$$\rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) = |\zeta_q - \zeta_{pj}| + |\eta_q - \eta_{pj}| + |\gamma_q - \gamma_{pj}| \quad (3)$$

або євклидову метрику

$$\rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) = \sqrt{(\zeta_q - \zeta_{pj})^2 + (\eta_q - \eta_{pj})^2 + (\gamma_q - \gamma_{pj})^2}. \quad (4)$$

Далі необхідно оцінити важливість величини $\rho(\alpha_q, \{\alpha_p\}_j)$, отриманої при розрахунку значення (2) шляхом порівняння з деяким порогом ε для метрики. Якщо виконується умова $\rho(\alpha_q, \{\alpha_p\}_j) < \varepsilon$, то значення числа голосів j -го еталону збільшуємо на одиницю, вважаючи, що ознака α_q знайшла відповідність в описі еталону j . Тут кожна трійка α_q інваріантів еталона може сформувати лише один голос (або не сформувати). Максимальна кількість голосів в такій схемі дорівнює кількості ознак об'єкта.

Формально функція обчислення голосу має вигляд:

$$h(\alpha_q, j) = \begin{cases} 1, & \min_p \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) \leq \varepsilon, \\ 0, & \min_p \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) > \varepsilon. \end{cases} \quad (5)$$

Реалізація принципу однозначного голосування елементів z_i пов'язана з аналізом окремих рядків матриці P на предмет формування голосу, рівного 0 або 1. За отриманим набором відповідей (голосів) можна обчислити значення критерію подібності двох описів у вигляді суми

$$L(j) = \sum_{q=1}^{n_1} h(\alpha_q, j), \quad (6)$$

де n_1 – кількість ознак об'єкту.

Більш практичним є порівняння описів, починаючи з ознак еталона. В такому випадку здійснюється пошук еталонної інформації на невідомому об'єкті. Максимальна кількість голосів в цьому випадку дорівнює кількості ознак еталона.

Множинне голосування. Голос за еталон j надається кожен раз у випадку, якщо $\rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) \leq \varepsilon$. Максимальна кількість голосів в цьому методі дорівнює добутку кількості ознак об'єкта і еталону.

Формально функцію отримання голосу можна подати у вигляді:

$$h(\alpha_q, j) = \begin{cases} 1, & \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) \leq \varepsilon, \\ 0, & \rho(\alpha_q, \alpha_{pj}) > \varepsilon, \end{cases} \quad (7)$$

де α_q, α_{pj} – ознаки об'єкта й еталона j -го класу відповідно,

$\rho(\alpha_q, \alpha_{pj})$ – відстань між, $j \in J$,

ε – поріг значущості.

Підсумкова функція для класу-кандидата з номером j у випадку множинного та однозначного голосування співпадає і визначена виразом (6). Отримане значення критерію подоби ділиться на максимально можливу кількість голосів, в результаті чого маємо нормоване значення $L(j) \in [0,1]$, що дозволяє прийняти рішення відповідно до максимальної частки голосів, поданих за клас j .

Остаточний результат застосування методів зіставлення безпосередньо залежить від обраного порогу ε . Окрім того, прийняття рішення при множинному голосуванні завжди спирається на більшу кількість голосів, ніж однозначне, що потребує додаткового нормування.

Використання структурних просторових відношень елементів опису шляхом переходу у простір ГП, побудоване на основі координат ХО, дає можливість удосконалення структурної класифікації шляхом введення нових ресурсів, що мають інформаційні властивості високорівневої системи ознак.

Експериментальні дослідження ефективності запропонованих моделей для бази зображень Coil-20 проводились з використанням різних програмних бібліотек та платформ на мові Python, а саме: Anaconda, PyOpenCL. Просторова перешкода моделювалася шляхом переходу координат точок опису в межах від ± 1 до ± 3 з певною ймовірністю (рівень перешкоди).

Експерименти показали, що застосування моделі однозначного голосування більш перешкодостійкі, ніж множинне голосування. Наприклад, при значенні $p = 0,35$ ймовірність правильної класифікації в околі спотворення ± 3 для однозначного голосування склала 0,9, а для множинного – 0,83.

Застосування комбінацій координат XO у вигляді відношень і побудова рішень, заснованих на групових властивостях підмножин множини ознак, закладено в природі структурного уявлення як спосіб грануляції інформації для отримання нових знань про об'єкт, що підлягає розпізнаванню.

МАТЕРІАЛИ
85-ї Науково-технічної та
науково-методичної конференції ХНАДУ
Секція «Інформатика та прикладна
математика»

Відповідальний за випуск

В.І. Фастовець

В авторській редакції