

УДК 004.932:656.223

М.Б. КОПИТЧУК, О.В. ОЛЕЩУК

Одеський національний політехнічний університет, Україна

## ДИВЕРСИФІКАЦІЯ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ

*Зроблено огляд інформаційно-вимірювальних систем, що використовуються в галузі управління вантажопотоками. Виявлені слабкі місця цих систем і запропоновано комплексне їх використання, що дозволить за рахунок диверсифікації збільшити надійність визначення допоміжної інформації, і як наслідок підвищити якість зважування і ідентифікації транспортних засобів. Іншим набутком сумісного використання різних джерел інформації може стати зменшення обчислювальних витрат. Якщо точність та достовірність результатів, отриманих після обробки тензоданих, є достатньою, то немає необхідності детально обробляти більш об'ємні відеодані для визначення швидкості та меж вагонів.*

**Ключові слова:** система управління вантажопотоками, відеоспостереження, ідентифікація, зважування.

### Вступ

Сучасні задачі, що вирішуються в автомобільних та залізничних транспортних системах вимагають наявності повної, оперативної та достовірної інформації про транспортні засоби та вантаж, що перевозяться. Тому інформаційно-вимірювальні системи в пунктах обліку стають все більш автоматизованими.

В першу чергу це стосується ваговимірювальних систем. Широко застосовуються засоби для зважування у русі. Зростає припустима швидкість пересування транспортних засобів під час зважування [1]. Основні величини, що підлягають вимірюванню у подібних системах – це маса, швидкість та напрямок руху.

Інша застосування інформаційних технологій пов'язано із системами відеоспостереження. Їх звичайна роль полягає в отриманні і зберіганні відеозаписів проходження залізничних составів через пункти обліку, тобто відеодані призначені лише для перегляду представниками служби безпеки.

Розглядаючи характерні проблеми і задачі, що стосуються ваговимірювальних систем, можна зробити висновок, що для них важливе вирішення задачі ідентифікації транспортних засобів.

Використання для цього інтелектуальних систем ідентифікації, заснованих на обробці і розпізнаванні відеоданих [2], показало високу ефективність за рахунок підвищення контролеспроможності, надійності та пропускної здатності пунктів обліку.

Аналіз функціонування систем ідентифікації показав, що для власних нужд як проміжні результати в них визначаються та використовуються такі

дані як швидкість та напрямок руху, а також детальна інформація про розташування вагонів у певні моменти часу.

Таким чином, ваговимірювальні системи та системи ідентифікації окрім своїх специфічних основних функцій вирішують ряд спільних задач.

При цьому використовуються принципово різні джерела даних: сигнали тензодатчиків у ваговимірювальних системах та відеодані у системах ідентифікації.

### 1. Визначення швидкості руху состава

Швидкість руху состава впливає на точність зважування і є важливою складовою безпеки руху, тому вона часто вказується у документах. До того ж, значення швидкості під час перебування вагонів у полі зору телекамер використовується у ряді методів ідентифікації.

Існує кілька основних способів вимірювання швидкості, що відрізняються один від одного потрібними для цього вимірювальні засоби, витратами обчислювальних ресурсів, тощо.

Як датчики швидкості можуть бути використані залізничні ваги для зважування в русі. По сигналах з тензодатчиків можуть бути визначені моменти наїзду і зїзду з вагової платформи і, враховуючи, що довжина вагової платформи відома, то по кожному колесу може бути визначена швидкість його переміщення під час знаходження на ваговій платформі (рис. 1).

Графік "1" відображає сигнали тензодатчика, розташованого на одному краю вагової платформи,

графік "2" – на іншому, графік "3" показує сумарну вагу, що знаходиться на платформі.

Ключові моменти часу  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_4$ , коли спостерігається різке збільшення маси на одному краю платформи, відповідають наїздам першого, другого і третього колеса вагону.

Моменти часу  $t_3$  і  $t_5$ , коли на другому краю платформи вага різко знижується, відповідають зїздам першого і другого колеса. Тоді можна визначити швидкість руху состава як

$$v_{13} = \frac{L_{\text{плат}}}{t_3 - t_1}, \quad v_{25} = \frac{L_{\text{плат}}}{t_5 - t_2},$$

де  $v_{13}$ ,  $v_{25}$  – швидкість руху в інтервалах часу  $[t_3, t_1]$  та  $[t_5, t_2]$ ;  $L_{\text{плат}}$  – довжина вагової платформи.

На ділянці  $[t_2, t_3]$  швидкість може бути визначена як по моментах зїзду і наїзду першого колеса, так і по зїздах і наїздах другого колеса. Як правило, вибирається усереднене значення  $v_{23} = (v_{13} + v_{25})/2$ .

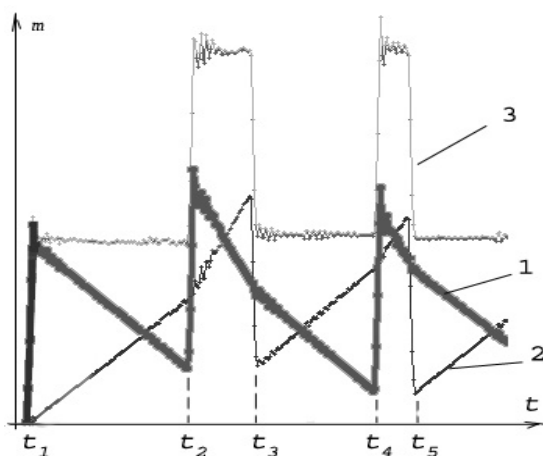


Рис. 1. Визначення швидкості руху состава по сигналах тензодатчиків

З недоліків вимірювання швидкості по тензодатчиках слід зазначити неможливість безпосереднього вимірювання швидкості, коли жодне з коліс вагону не знаходиться на ваговій платформі. В цьому випадку швидкість інтерполюється по вимірюваннях швидкостей сусідніх коліс.

У разі достатньої короткої вагової платформи (для поосного зважування) обчислена швидкість критична до точності визначення моментів зїзду і наїзду. При використанні платформи для потележного зважування швидкість кожного колеса обчислюється із значним усереднюванням за часом, що критично у разі нерівномірного руху состава.

Якщо відеоспостереження використовується як автономна вимірювальна система, то швидкість може бути зміряна тільки шляхом аналізу відеоданих. Цей спосіб є найбільш точним і найбільш ресурсоемним. Що стосується точності, то вона підвищується як за рахунок безперервного вимірювання кадрів з високою частотою, так і за рахунок безпосереднього обчислення кутової швидкості або швидкості, вираженої в просторі відеодатчиків, а не лінійній швидкості, як у випадку з використанням тензодатчиків.

Відмінності в швидкостях можуть виявитися при спостереженні состава, що містить вагони різної ширини. Для вагону, чий борт більше наближений до відеодатчиків, кутова швидкість буде більшою при тій же лінійній швидкості руху.

Важливим є визначити наявні апріорні дані, що дозволяють виявити вид функціональної залежності швидкості від часу та визначити граничні умови.

Для об'єктів даної предметної області характерна значна інерційність, тому буде справедливе допущення, що швидкість руху состава для сусідніх кадрів відеофайлу істотно не змінюється.

Точне знання швидкості руху состава в кожен момент часу дозволить розглядати відеофайл як тримірний сигнал з можливістю рівноцінної заміни моменту часу на зсув уздовж горизонтальної осі.

У місцях яскраво виражених відхилень від площини швидкість визначається неточно, а часто абсолютно невірно. Тому отриманий набір значень швидкості, відповідної часу вимірювання кожного кадру, слід пропустити через медіанний фільтр для усунення викидів.

## 2. Визначення меж вагонів

При використанні тензодатчиків для визначення меж вагонів насамперед отримуються ключові моменти часу, в які спостерігаються різкі зміни значення сигнал, що відповідають наїздам та зїздам колеса з вагової платформи. Далі обчислюється швидкість руху в дані моменти часу та відстань між колесами.

Маючи інформацію про типи вагонів, що підлягають зважуванню, та їх характеристики, такі як кількість осей та відстань між ними, зважувальна система намагається виявити точне розташування вагонів. Задача ускладнюється тим, що моменти зїзду та наїду визначаються з певною похибкою, швидкість руху не є постійною величиною, а також тим, що присутні коливання состава, які для порожніх вагонів за амплітудою можуть порівнюватися із величиною корисного сигналу. У випадках, коли

технологічний процес вимагає зупинок на вагах та/або зворотного ходу состава, визначення меж вагонів базуючись лише на сигналах тензодатчиків є майже неможливим. Для системи розпізнавання номерів вагонів початковими даними є відеофайл, що містить запис проходження состава. Однією з перших дій при обробці відеофайлу повинне бути його розбиття на ділянки, що містять проїзд перед телекамерою кожного вагону, і, відповідно, підрахунок кількості вагонів.

Завдання ускладнюється тим, що фон може бути різномірним. У одному випадку, наприклад, при денному освітленні фон містить добре помітні нерухомі об'єкти, такі як будівлі, стовпи, дерева та ін. У нічний час використовується штучне освітлення, орієнтоване, перш за все на підсвічування залізничного состава. При цьому окремі фонові складові, що знаходяться в безпосередній близькості, освітлені, інші – утворюють суцільний темний фон. В деяких випадках фон утворюють рухомі під час відеозйомки об'єкти (автомобілі, залізничні состави, що проходять по сусідній вітці, та ін.).

Враховуючи об'єм даних, що містяться у відеофайлі, для розбиття його на складові, особливо для вирішення завдання в реальному часі, необхідні методи, використовуючі найбільш прості операції. По можливості слід використовувати допоміжні вимірювальні пристрої, що дозволяють відстежувати наїзд і з'їзд кожного колеса та/або визначати положення міжвагонного інтервалу з фіксацією відповідного моменту часу. Як подібні пристрої можуть застосовуватися ультразвукові, оптичні і механічні датчики, вагонні ваги з відповідним програмним забезпеченням та ін.

Розглянемо найбільш складну ситуацію, коли додаткова інформація відсутня, кількість вагонів і їх тип невідомий.

Для визначення меж вагонів може використовуватися метод розрізнення текстур залізничного состава і фона. Його слід застосовувати у випадках, коли під час зйомки фон нерухомий і добре помітний. Якщо ж зйомка проводиться в нічний час на темному фоні, допустиме застосування подібних методів тільки при яскравому штучному освітленні, коли зображення об'єкту гарантовано яскравіше за фон. Якщо фон виразно видно, але може істотно змінитися за час спостереження, то в чистому вигляді методи розрізнення текстур застосовувати не слід.

На рис. 2, а показаний окремих кадр проходження состава, що містить міжвагонний проміжок, а на рис. 2, б – наступний за ним кадр. Враховуючи, що освітленість і чутливість відеодатчиків істотно не змінилася за час між вимірюваннями цих кадрів можна попіксельно відняти один кадр з іншого і отримати статичну різницю кадрів (рис. 2, в):

$$D_s(m, n, k) = |g_k(m, n, k) - g_k(m, n, k - 1)|. \quad (1)$$

Результат береться за абсолютним значення, оскільки цікавить зміна яскравості без урахування напрямку зміни.

На ділянках, де в обох кадрах був видний фон, він взаємно компенсується і дає в результаті однорідний колір, близький до чорного. Ділянки, що містять зображення вагону, дадуть результат, значно залежний від типу вагону і відповідної йому текстури. І лише в областях, де фон на одному кадрі замінюється зображенням вагону, будуть отримані виразно помітні неоднорідності. Для подальшого аналізу розглядатиметься вираз

$$D_d(m, n, k) = |g_k(m, n, k) - g_k(m + v(\tau)\Delta_\tau, n, k - 1)|, \quad (2)$$

де  $D_d(m, n, k)$  – динамічна різниця кадрів,  $v(\tau)$  – швидкість руху состава у момент часу  $\tau$ ,  $g_k(m, n, k)$  – вихідне зображення в точці з координатами  $m, n$  на  $k$ -му кадрі.

Тут і далі вважається, що швидкість істотно не змінюється протягом інтервалу часу  $2\Delta_\tau$  при будь-якому  $\tau$ .

Зображення, що є результатом динамічного віднімання кадрів (рис. 2, г), містить чорний (нульовою) колір в ділянках, де на обох порівнюваних кадрах було присутнє зображення вагонів, яскраві неоднорідності в місцях перекриття зображення вагону і фону і непередбачуваний результат при невідомій яскравості на фонових ділянках.

Використовуючи той факт, що область перекриття вагона і фону відмінна від нуля і в статичній, і в динамічній різниці кадрів, а фонові ділянки і ділянки із зображеннями вагонів близькі до нуля у відповідних різницях кадрів, то функція перекриття

$$p_{ds}(m, n, k) = D_s(m, n, k)D_d(m, n, k) \quad (3)$$

буде істотно відмінна від нуля тільки в області перекриття.

Враховуючи, що ця область в кадрових різницях неоднорідна (її текстура залежить від текстур фону і вагонів) і межа вагон-фон більшою чи меншою мірою вертикальна, то, щоб спростити її знаходження і істотно понизити подальші обчислювальні витрати має сенс спочатку підсумувати кадрові різниці по вертикалі, а потім перемножувати їх, тобто замість (3) використовувати величину

$$p_{ds}(m, k) = \sum_{n=0}^{N-1} D_s(m, n, k) \cdot \sum_{n=0}^{N-1} D_d(m, n, k). \quad (4)$$

Якщо наперед відомо, що на кадрах, що зіставляються, присутнє зображення міжвагонного інтервалу, то його точне розташування відповідає максимуму функції (4).

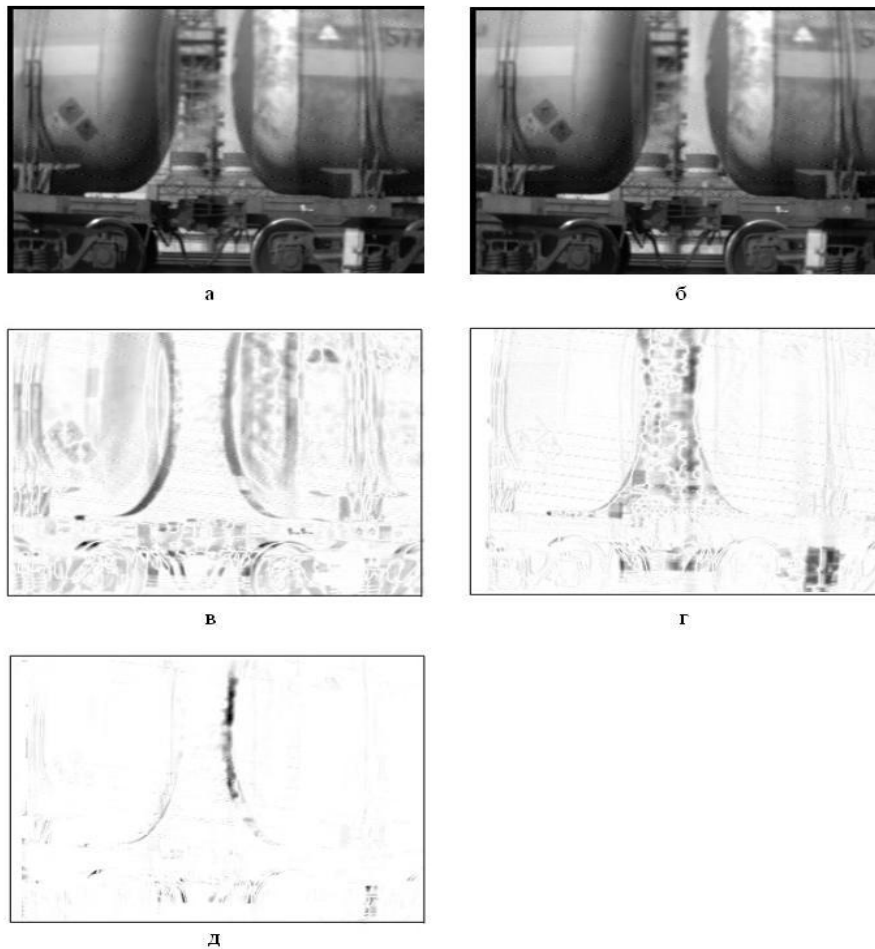


Рис. 2. Порівняння сусідніх кадрів: а –  $i$ -й кадр відеофайлу, б –  $(i+1)$ -й кадр відеофайлу, в – результат статичного віднімання кадрів, г – результат динамічного віднімання кадрів, д – поєднання статичної і динамічної різниці

У загальному випадку інформація про наявність міжвагонного інтервалу на зображенні відсутня, тому величина максимуму функції (4) може побічно свідчити про можливість наявності міжвагонного інтервалу у вказаній області.

Якщо  $p_{ds}(m, k)$  перевищує деяке наперед встановлене порогове значення  $\bar{\mu}_{ds}$ , то ухвалюється рішення про приналежність даної ділянки зображення до граничної області вагон-фон.

Слід враховувати, що ухвалення рішення про наявність однієї межі припускає наявність поблизу межі з фоном для сусіднього вагону. Її пошук проводиться, якщо є необхідність в точному визначенні меж вагонів, а не тільки в підрахунку їх кількості і грубому розмежуванні часових інтервалів спостереження вагонів.

Залежно від типу вагону, рівномірності освітлення, текстури фону та ін. такі параметри як відстань між межами, їх форма і вираженість розрізняються.

При достатній освітленості вагонів і фону для составів, що містять хопера або піввагони, викорис-

тання методу, заснованого на розрізненні текстур, дає відмінні результати. При зйомках в нічний час вагони із слабо вираженою текстурою, такі як цистерни, слабо відмітні від фону. Позначається і той факт, що бічні межі цистерн не вертикальні, тому списи максимумів пологіші і розтягнуті уздовж часової осі. При цьому сторонні елементи конструкції можуть давати помилкові сплески, порівнянні з максимумами при міжвагонних інтервалах.

Результати розбиття для критих вагонів навіть при нормальному освітленні часто є незадовільними. Причиною цього є край низька міжвагонна відстань (менше 0.5 м). При цьому фон може бути видний тільки в невеликій області по центру зображення, а в решті частини (при погляді на вагон під невеликим кутом) фон загулений бічною стінкою вагону.

У таких випадках метод застосовний, але тільки за умови, що безпосередньо напроти камери фонові ділянка висококонтрастна і гарантовано не співпадаюча з текстурою вагону і зйомка проводиться з чималою частотою кадрів так, що міжвагонний інтервал, проходячи через вісь напрямку камери, обов'язково фіксується.

## Висновки

Кожен з методів, заснованих на обробці тензоданих та відеоданих, має свої сильні та слабкі сторони. Спільне використання цих методів дозволить збільшити надійність системи в цілому. При цьому важливо мати критерії для оцінки достовірності результатів застосування кожного з методів.

Іншим набутком сумісного використання різних джерел інформації може стати зменшення обчислювальних витрат.

Якщо точність та достовірність результатів, отриманих після обробки тензоданих, є достатньою, то немає необхідності детально обробляти більш об'ємні відеодані для визначення швидкості та меж вагонів.

Обчислювальні ресурси, що звільняються при цьому, можуть використовуватися для безпосереднього покращення якості ідентифікації транспортних засобів.

## Література

1. Копытчук Н.Б. Использование метода циклического интегрирования для определения параметров сигнала при ограниченном времени наблюдения / Н.Б. Копытчук, В.М. Огинский, О.В. Олещук // Труды Одесского политехнического университета. – 2001. – Вып. 1 (13). – С. 158-162.

2. Олещук О.В. Система распознавания номеров железнодорожных вагонов / О.В. Олещук // Вісник ЧІТІ (Черкаського інженерно-технологічного інституту). – 2004. – № 2. – С. 17-22.

Надійшла до редакції 5.02.2009

**Рецензент:** д-р. техн. наук, проф., начальник відділу М.О. Ястребенський, Державний НТЦ ядерної та радіаційної безпеки, Харків.

## ДИВЕРСИФИКАЦИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОПОТОКАМИ

*Н.Б. Копытчук, О.В. Олещук*

Сделан обзор информационно-измерительных систем, использующихся в отрасли управления грузопотоками. Выявлены слабые места этих систем и предложено комплексное использование, что позволит за счет диверсификации увеличить надежность определения вспомогательной информации, и, как следствие, повысить качество взвешивания и идентификации транспортных средств. Другим достоянием совместимого использования разных источников информации может стать уменьшение вычислительных расходов. Если точность и достоверность результатов, полученных после обработки тензоданных, является достаточной, то нет необходимости детально обрабатывать более объемные видеоданные для определения скорости и границ вагонов.

**Ключевые слова:** система управления грузопотоками, видеонаблюдение, идентификация, взвешивание.

## CARGO TRAFFIC AUTOMATED CONTROL SYSTEMS DIVERSITY

*M.B. Kopytchuk, O.V. Oleschuk*

Review of information-measuring systems used in cargo traffic control sector was performed. Weaknesses of these systems were explored and their complex usage was proposed, that will allow due to diversity to increase reliability of auxiliary information determination and as a consequence to increase the quality of transport facilities weighting and identification. Decreasing calculable expenses can become other property of the compatible use of different information generators. If exactness and authenticity of results, got after treatment of tensodatas, is sufficient, there is not a necessity in detail to process by more volumes videoinformation for determination of speed and scopes of carriages.

**Keywords:** cargo traffic control system, video surveillance, identification, weighting

**Копитчук Микола Борисович** – д-р техн. наук, проф. кафедри комп'ютерних інтелектуальних систем і мереж, Одеський національний політехнічний університет, інститут комп'ютерних систем, кафедра комп'ютерних інтелектуальних систем і мереж,

**Олещук Олег Владиславович** – канд. техн. наук, старш. викл. кафедри комп'ютерних інтелектуальних систем і мереж, Одеський національний політехнічний університет, інститут комп'ютерних систем,