

СВИРИДОВ А. С., аспірант,  
ЗАВИЗІСТУП Ю. Ю., к. т. н., проф.  
(Харківський національний університет радіоелектроніки)

## Інформаційна технологія процесу переробки інформації для розпізнавання зображень у системах поставарійного моніторингу

Залізничний транспорт є провідною ланкою в транспортній системі. Величезна кількість елементів у конструкціях цієї галузі може призводити до катастроф, які будуть вважатися надзвичайними ситуаціями. У статті досліджено методи розпізнавання зображень у системах поставарійного моніторингу. Метою є підвищення швидкості обробки зображень при розпізнаванні за рахунок параметризації процесу попередньої обробки та сегментації. Інформаційна технологія в умовах поставарійного моніторингу дозволяє знизити час обробки зображень на ~20 %, що дає змогу використовувати її в реальних умовах при надзвичайних ситуаціях на залізниці.

**Ключові слова:** залізниця, інформаційна технологія, трафік, метод, швидкість, алгоритм, обробка зображень, сегментація, параметризація, класифікація, попередня обробка.

### Вступ та аналіз

Залізничний транспорт історично є провідною ланкою в транспортній системі, а величезна кількість елементів у конструкціях і використання людських ресурсів може призводити до катастроф, які будуть вважатися надзвичайними ситуаціями. Надзвичайні ситуації – досить поширене явище, вони можуть бути як природного, так і техногенного характеру. Найважливішим компонентом запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій є комплексне вирішення питань моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій, своєчасного виявлення загроз і реагування на небезпеки. Взаємодія визначальних факторів надзвичайних ситуацій характеризується тим, що їхня дія істотно перевершує ефект окремих факторів у вигляді їх простої суми, тобто в явному вигляді спостерігається явище складно передбачуваного синергізму.

Моніторинг надзвичайних ситуацій в Україні вказує на наявність як природних надзвичайних ситуацій, так і техногенних. У діяльності моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій можна зазначити такі основні проблеми: проблема своєчасного прогнозування, виправданість прогнозів, раннє запобігання надзвичайним ситуаціям, статистика надзвичайних ситуацій (НС) в Україні (рис. 1). У разі виникнення техногенних аварій і пожеж, пов'язаних з ураженням великих площ у зонах підвищеного ризику, обумовлених наявністю радіації, хімічного та біологічного ураження місцевості, вибухонебезпечності, проведення пожежно-рятувальних та аварійно-відновлювальних робіт необхідно максимально скоротити безпосереднє перебування людей у небезпечних зонах, виключивши при цьому можливість їх ураження.

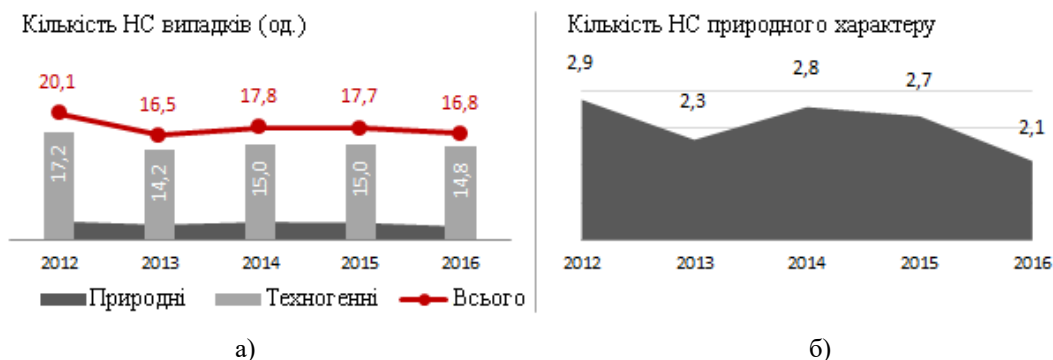


Рис. 1. Статистика надзвичайних ситуацій в Україні за 2012–2016 роки:  
а – кількість НС всього; б – природного характеру

Для виконання цих робіт найбільш ефективним є застосування технології проведення аварійно-рятувальних робіт з використанням робототехнічних комплексів різного призначення. Для вирішення завдань поставарійного моніторингу може бути використана роботизована техніка як військового, так і комерційного призначення. Угруповання робототехніки залежно від розв'язуваних завдань мають містити наземні мобільні робототехнічні комплекси та безпілотні літальні апарати.

Технологія, що дозволяє використовувати додатки на основі робототехніки, називається «комп'ютерний зір». Більшість з цих додатків сьогодні працює із зображеннями, що передаються від робототехніки за допомогою бездротової технології із сервером, який отримує та аналізує відповідні дані. Цей підхід добре працює, якщо є достатня пропускна спроможність для відправки зображень належної якості бездротовими технологіями і коли загальна затримка між

захопленням зображення та аналізом забирає мало часу. Сучасне обладнання здатне працювати майже повністю на самій робототехніці на основі додатків. Ці додатки розширюють можливості апаратів і забезпечують доступність результатів у режимі реального часу, що у свою чергу дає змогу швидше приймати рішення користувачами. Отримання високоякісних, стабілізованих зображень і відеороликів мають вирішальне значення для надійної реалізації будь-яких подальших можливостей обробки зображень.

Нові рішення використовують безліч сучасних технологій аналізу зображень у реальному часі, а також докладні знання про місцезнаходження, орієнтацію та характеристики роботизованої техніки за допомогою акселерометрів, гіроскопів, магнітометрів і інших подібних сполучень датчиків для забезпечення надійного зображення стабілізації (рис. 2).

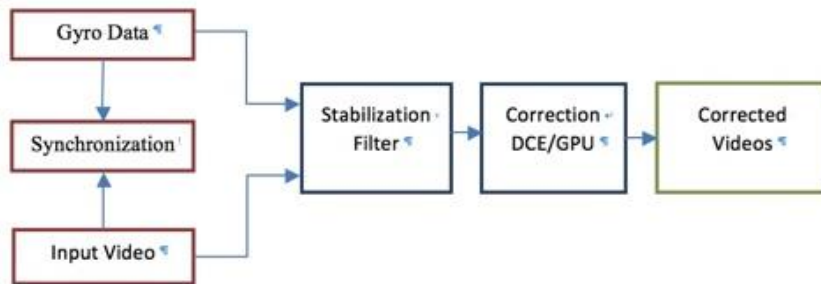


Рис. 2. Електронна стабілізація зображення

Синхронізація гарантує, що злиття даних датчиків будуть відзначені за часом одними й тими самими годинами, так що точне місце розташування, орієнтація і рух дрона під час захоплення кожного відеокadra відомі. За відсутності технологій апаратної стабілізації електронних зображень альтернативно використовують графічний процесор платформи і / або інші доступні гетерогенні обчислювальні ресурси для реалізації різних функцій [3]. Наприклад, адаптивний фільтр стабілізації зображення обчислює сітки корекції зображення, тим самим забезпечуючи природне відео в різних умовах запису (рис. 3).

Вбудована обробка зображень може бути додатково використана для реалізації безлічі інших

бажаних можливостей робототехніки, наприклад, для літальних апаратів – дозволяти літати без наземного втручання. Традиційні підходи до аналізу зображення після захоплення тепер доповнюються різними методами машинного навчання, які в деяких випадках можуть забезпечити помітні поліпшення.

При моніторингу дуже важливими є умови, за яких відбувається його випробування, такими умовами є динамічне освітлення та інші умови, за яких зазвичай використовуються безпілотні літальні апарати. Глибоке навчання ґрунтується на нейронній мережі. Це один з підходів до комп'ютерного навчання, що допомагає при моніторингу у складних обставинах.

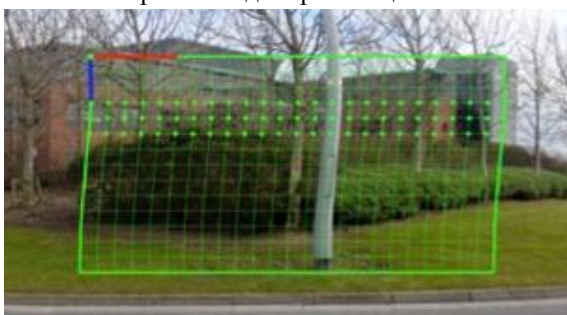


Рис. 3. Усунення спотворень з використанням корекційної сітки

Зображення, отримані в процесі поставарійного моніторингу, відрізняються від зображень будь-якого іншого походження (рис. 4). Відмінною характеристикою таких зображень є: зашумленість,

дуже високі або дуже низькі показники яскравості та контрастності, розфокусованість, змазаність, низька роздільна здатність та ін. [3].



Рис. 4. Приклади зображень поставарійного моніторингу

Системи поставарійного моніторингу потребують оперативного аналізу зображень, при цьому існуючі методи обробки зображень не розраховані на функціонування за наявності вимог щодо оперативного аналізу, а при накладанні вимог до оперативності існуючих методів істотно знижується якість розпізнавання зображень.

### Результати досліджень

Розроблено інформаційну технологію, яка дасть змогу проводити аналіз зображень поставарійного моніторингу. Інформаційна технологія складається з двох модулів. Зображення, яке потрапляє в систему розпізнавання, аналізується на його існуючі параметри, і залежно від параметрів система пропонує найбільш відповідні алгоритми – перший модуль (рис. 5) [1].

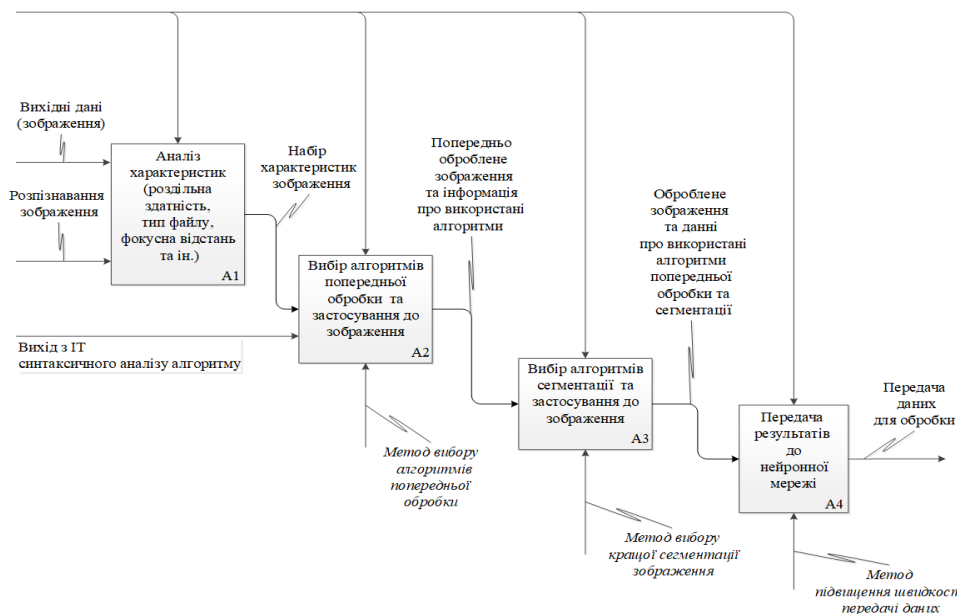


Рис. 5. Інформаційна технологія, модуль попередньої обробки та сегментації

Для можливості пропонувати алгоритми необхідно мати достатню базу існуючих алгоритмів, які будуть групуватися залежно від формату, роздільної здатності, кольору та інших параметрів зображень, якими їх можна характеризувати [2]. Для наповнення бази використовується другий модуль інформаційної технології (рис. 6). Цей модуль дає змогу проаналізувати алгоритм і у вигляді вихідних даних отримати інформацію про те, чи існує алгоритм у базі, чи є він унікальним. За умови, якщо він не унікальний

або чи не є новий алгоритм більш трудомістким. Також метод дозволяє отримати інформацію, для яких зображень призначено цей алгоритм, та іншу інформацію для подальшого коректного використання алгоритму. Дані, отримані від синтаксичного аналізу, а також дані, отримані від самого зображення, на етапі аналізу будуть використовуватися в системі прийняття рішень для оптимізації процесу вибору алгоритмів для етапів попередньої обробки та сегментації у першому модулі.

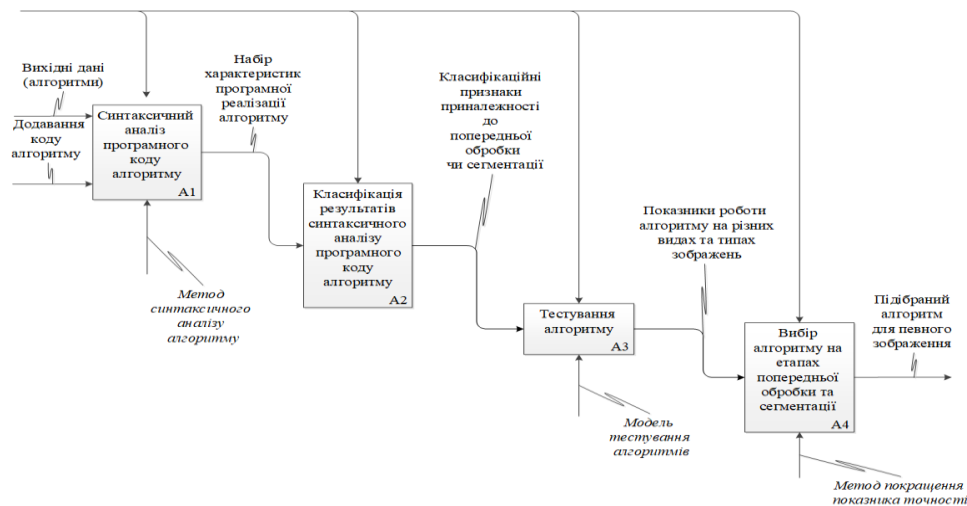


Рис. 6. Інформаційна технологія, модуль синтаксичного аналізу

**Метод параметризації попередньої обробки та сегментації при розпізнаванні зображень.** Запропонований метод побудований на виборі необхідних наборів алгоритмів на етапах попередньої обробки та сегментації. Вибір базується на аналітичних даних. Пропонований метод відрізняється від класичного оновленими етапами: аналіз зображення, вибір алгоритмів попередньої обробки, вибір алгоритмів сегментації. На кожному з етапів використовуються правила вибору алгоритму або набору алгоритмів.

У запропонованому методі на вхід подається зображення. При успішному завантаженні зображення воно перевіряється на відповідність ключовим характеристикам (параметрам)  $1.1-N.N$ , які надаються у вигляді роздільної здатності, формату, кольору та ін. На підставі отриманих характеристик зображення генерується інформація у вигляді обмежень на використання алгоритмів на наступних етапах. Інформація, отримана на кожному етапі, використовується для зниження помилки вибору та застосування алгоритмів на наступних етапах. При виникненні неоднозначних результатів вводиться поправка [3].

На основі отриманої на етапі 1 інформації та аналізу зображення пропонуються найбільш придатні

алгоритми попередньої обробки. У процесі виконання даного етапу генерується інформація про алгоритми, які були обрані та застосовані до зображення. Ця інформація об'єднується з інформацією, отриманою на етапі аналізу вхідного зображення. Результатом цього етапу є оброблене зображення, підготовлене для проведення етапу вибору алгоритмів сегментації зображення [4].

На етапі сегментації зображення здійснюється аналіз інформації попередніх етапів. На підставі цих даних відбувається вибір кількох ( $n$ ) алгоритмів сегментації зображення. Кожен з обраних алгоритмів застосовується до отриманого з попереднього етапу зображення та зберігається у вигляді окремого зображення. Далі на етапі сегментації застосовується алгоритм об'єднання результатів. Результатом цього етапу є деталізоване зображення, а також інформація у вигляді обраних алгоритмів.

Застосування методу дає змогу підвищити швидкість та якість розпізнавання зображень, зокрема при використанні нейронних мереж з різним ступенем навчання, шляхом введення додаткового параметра в нейронну мережу у вигляді інформації про зображення.

Швидкість розпізнавання оброблених за допомогою запропонованого методу зображень щодо



тих, що були оброблені за допомогою класичних методів, збільшується на 5–6 %, а щодо тих зображень, що не оброблялися, – на 11,5 % (рис. 7).

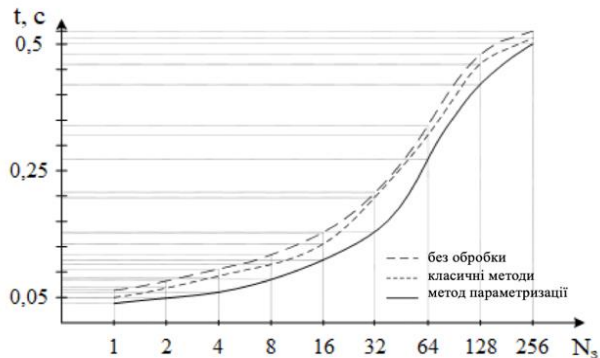


Рис. 7. Залежність часу обробки зображень ( $t$ ) від їх кількості ( $N_s$ )

У свою чергу було виявлено, що використання методу параметризації при навчанні і тестуванні нейронної мережі дозволяє зменшити обсяг тестового набору (рис. 8).

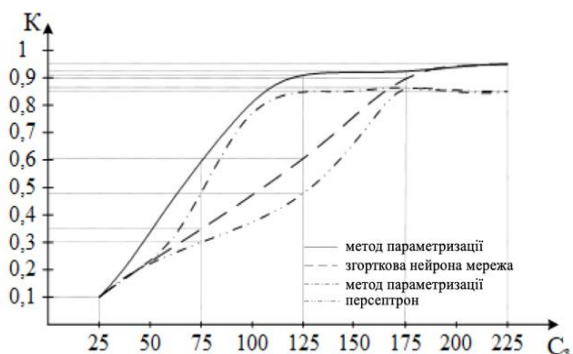


Рис. 8. Залежність часу обробки зображень ( $t$ ) від їх кількості ( $N_s$ )

**Метод класифікації засобів попередньої обробки та сегментації зображень.** Метод містить три основні блоки: аналіз вхідних алгоритмів, синтаксичний аналіз коду, виділення ознак (рис. 9).

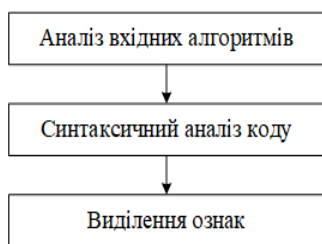


Рис. 9. Схема методу визначення ознак програмних реалізацій алгоритмів на основі синтаксичного аналізу

Задача першого блоку полягає в перевірці кількості алгоритмів на вході, а також прийнятті рішення щодо мови програмування, яка використовувалась. На вхід методу можна подавати як поодинокі алгоритми, так і подані у вигляді бібліотеки. Після визначення мови програмування проводиться синтаксичний аналіз коду для виявлення ознак алгоритму. Однак, на даному етапі, за умови, що на вхід методу подавалася нова бібліотека, необхідно аналізувати кожен алгоритм цієї бібліотеки окремо. Відповідно, проводиться додатковий синтаксичний аналіз, побудований на пошуку ключових слів мови, якою було написано бібліотеку. Ключові слова в мові програмування є зарезервованими словами, за допомогою яких компілятор може знайти початок і кінець функцій, константи та інші. На першому етапі відбувається аналіз введеної інформації. У вигляді результату додаткового синтаксичного аналізу отримуються структуровані дані алгоритмів бібліотек.

Другим блоком є блок синтаксичного аналізу коду, в ньому використано синтаксичний аналізатор, задачею якого є подання даних алгоритму у вигляді структурованої інформації. Завдяки семантиці дані аналізуються та виділяються ознаки цього алгоритму.

Синтаксичний аналізатор розпізнає структуру поданого на вхід системи алгоритму, а саме синтаксичні залежності ключових слів. Результатом є побудоване синтаксичне дерево, що виконує різноманітні трансформації лексичного змісту з переподожження залежних ключових слів, а також виділяє семантику, зокрема – застосовування алгоритму зважування альтернативних варіантів побудови дерева [5]. Пропозиція допускає кілька альтернативних варіантів зв'язування ключових слів. У цьому випадку аналізатор застосовує евристичні та базу знань, але може в кінці повернути кілька варіантів синтаксичного дерева. Аналізовані блоки коду можуть мати різну складність, включати невідому типізацію даних або відступ від нормативного синтаксису.

Щоб ефективно справлятися з різними задачами, синтаксичний аналізатор застосовує кілька різних алгоритмів, включаючи низхідний синтаксичний аналіз і синтаксичний аналіз знизу, а також він застосовує семантичний аналіз для уточнення результатів у випадку, коли програмний код має недоліки, що ускладнюють читання.

Завдання структурного синтаксичного аналізатора – визначити синтаксичну структуру алгоритму, що дає змогу розпізнати синтаксично коректні (або майже коректні) блоки коду. Синтаксичний аналізатор дозволяє отримувати інформацію щодо синтаксичних відношень ключових слів/змінних і визначає деякі ознаки. Алгоритм розпізнавання синтаксису спроектовано так, що він породжує за набором заданих правил можливі блоки і, зіставляючи їх з наявними,

підтверджує одне зі своїх припущень, розуміючи синтаксис та значення коду.

Такий аналіз проводиться з метою створення структури даних на основі алгоритму, що дає змогу використовувати отримані дані для виділення ознак даного алгоритму.

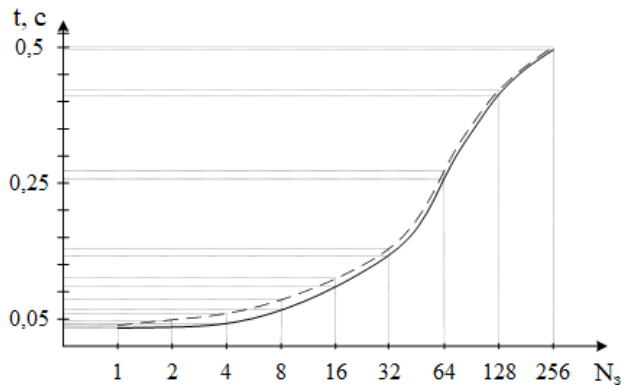


Рис. 10. Залежність часу обробки зображень ( $t$ ) від їх кількості ( $N_z$ )

Метод класифікації засобів попередньої обробки та сегментації зображень дає змогу знизити час роботи відносно методу параметризації попередньої обробки та сегментації на 2 % (рис. 10).

#### Модель трафіка підсистеми передавання зображення в системах поставарійного моніторингу.

Для зменшення часу передачі даних в умовах обмеженої пропускної спроможності критичних ділянок бездротової мережі передачі даних найбільш раціонально використовувати методи, побудовані на використанні властивостей фрактального трафіка, що дають можливість провести короткострокове прогнозування його інтенсивності [6].

Вдосконалено розширену ON/OFF-модель трафіка, яка використовується на вході в критичну ділянку, що у свою чергу дозволяє при моделюванні врахувати особливості хендовера і, в разі фрактального характеру трафіка, виконати короткостроковий прогноз його інтенсивності, а також метод управління передачею даних, призначений для використання в протоколі транспортного рівня бездротових мереж TCP Freeze [7].

Використання запропонованого методу дозволяє зменшити час передачі даних у мережі внаслідок реалізації алгоритму управління розміром плаваючого вікна протоколу, що згладжує флуктуації останнього та приводить до меншого числа повторних передач пакетів даних, а також обробку події хендовера [8].

Особливістю запропонованого методу є відмова від пріоритетності на критичній ділянці у визначенні

точки розподілу та пропорційний розподіл пропускної спроможності між потоками службового та інформаційного трафіка [9]. Впливом можливого збільшення часу затримки пакетів службового трафіка можна знехтувати, оскільки час реакції мережі на зміну топології значно більший, ніж час проходження пакета через критичну ділянку.

Запропонований метод дозволяє дістатися динаміки протоколу TCP Freeze, порівнянної з такою для TCP Reno, в разі гетерогенного мережного середовища, водночас зберігаючи її незмінною в разі гомогенного мережного середовища [10].

Цей метод також має низку переваг. Модифікації виробляються тільки в алгоритмі джерела, що не тягне за собою змін у структурі й інших елементах мережі. Не проводиться додавання нових змінних в алгоритм, отже, не виникає потреби їх коректного завдання, оскільки запропонований алгоритм адаптивний до стану ділянки мережі, через яку встановлено маршрут з'єднання. Результат роботи запропонованого модифікованого алгоритму управління передачею даних практично не відрізняється від оригінального, реалізованого в протоколі TCP Freeze, в разі бездротового гомогенного мережного середовища.

#### Висновки

Розроблено інформаційну технологію, яка дає змогу зменшити час обробки зображень у системах поставарійного моніторингу. Інформаційна технологія складається з двох модулів. Визначено, що для зменшення часу передачі даних за умов обмеженої пропускної спроможності критичних ділянок бездротової мережі передачі даних, для роботизованої техніки, найбільш раціонально використовувати методи, побудовані на використанні властивостей фрактального трафіка, що дають змогу провести короткострокове прогнозування його інтенсивності. Вдосконалена розширена ON/OFF-модель трафіка, яка використовується на вході до критичної ділянки, дає змогу при моделюванні врахувати особливості хендовера і, у разі фрактального характеру трафіка, виконати короткостроковий прогноз його інтенсивності. Інформаційна технологія використовує метод параметризації попередньої обробки та сегментації при розпізнаванні зображення. Завдяки цьому методу швидкість розпізнавання оброблених зображень відносно тих, що були оброблені за допомогою класичних методів, збільшується на 5–6 %, а відносно тих зображень, що не оброблялись, – на 11,5 %. А метод класифікації засобів попередньої обробки та сегментації зображень, що дозволяє структурувати дані за існуючими алгоритмами попередньої обробки та сегментації, дасть змогу знизити час роботи відносно методу параметризації ще на 2 %. Ця інформаційна технологія в умовах поставарійного моніторингу дозволяє знизити час

обробки зображень у цілому на 20 %, що вказує на можливість використовувати її в реальних умовах під час надзвичайних ситуацій на залізниці.

#### Список використаних джерел

1. Метод підвищення надійності передачі даних під час використання протоколу TCP Freeze шляхом підвищення пропускної спроможності [Текст] // Системи управління навігації та зв'язку : зб. наук. праць. – Полтава : Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2018. – Вип. 3(49). – С. 135-138.
2. Метод підбору алгоритмів розпізнавання зображень [Текст] // Системи управління навігації та зв'язку : зб. наук. праць. – Полтава : Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2018. – Вип. 1(47). – С. 137-140.
3. Метод визначення ознак програмних реалізацій алгоритмів на основі синтаксичного аналізу [Текст] // Системи управління навігації та зв'язку : зб. наук. праць. – Полтава : Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2018. – Вип. 2(48). – С. 87-90.
4. Метод перерозподілу пропускної здатності критичної ділянки на основі удосконалення on/off-моделі трафіку [Текст] // Сучасні інформаційні системи : зб. наук. праць. – Харків : Харківський технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Т. 2. – № 2. – С. 139-143.
5. Robust TCP Connections for Fault Tolerant Computing / R. Ekwall, P. Urban, and A. Schiper // Proc. Int. Conf. on Parallel and Distributed Systems, 2003, P. 501-508.
6. Кучук, Г. А. Метод перераспределения пропускной способности для уменьшения времени передачи данных в беспроводной сети [Текст] / Г. А. Кучук, А. С. Мохаммад, А. А. Коваленко // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків : ХУПС, 2011. – Вип. 3 (29). – С. 140–145.
7. Perkins, D. D. Factors Affecting the Performance of Ad Hoc Networks [Text] / Dmitri D. Perkins, Herman D. Hughes, Charles B. Owen // ICC. – 2002. – Vol. 4. – P. 2048–2052.
8. Ng, C. H. Performance Evaluation of TCP over WLAN 802.11 with the Snoop Performance Enhancing Proxy [Електронний ресурс] / C. H. Ng, J. Chow, L. Trajkovic. – Режим доступа: [www2.ensc.sfu.ca/~ljilja/papers/opnetwork02\\_chiho\\_jack.pdf](http://www2.ensc.sfu.ca/~ljilja/papers/opnetwork02_chiho_jack.pdf).
9. Xylomenos, G. TCP Performance Issue over Wireless Links [Text] / G. Xylomenos, G. C. Polyzos, P. Mahonen, M. Saarenen // IEEE Communications Magazine. – 2001. – № 4. – P. 52–58.
10. Robust TCP Connections for Fault Tolerant Computing / R. Ekwall, P. Urban, and A. Schiper // Proc. Int. Conf. on Parallel and Distributed Systems., 2003, P. 501-508.

**Свиридов А. С., Завизиступ Ю. Ю.**

**Информационная технология процесса переработки информации для распознавания изображений в системах поставарийного мониторинга.**

**Аннотация.** Железнодорожный транспорт является ведущим звеном в транспортной системе, а огромное количество элементов в конструкциях может приводить к катастрофам, которые будут считаться чрезвычайными ситуациями. Предметом исследования в статье являются методы распознавания изображений в системах поставарийного мониторинга. Целью является повышение скорости обработки изображений при распознавании за счет параметризации процесса предварительной обработки и сегментации. Информационная технология в условиях поставарийного мониторинга позволяет снизить время обработки изображений на ~ 20 %, что дает возможность использовать ее в реальных условиях при чрезвычайных ситуациях на железной дороге.

**Ключевые слова:** железная дорога, информационная технология, трафик, метод, скорость, алгоритм, обработка изображений, сегментация, параметризация, классификация, предварительная обработка.

**Svyrydov A.S., Zavizistup Y.Y. Information technology for the process of information processing for images recognition in monitoring systems.**

**Abstract.** Rail transport has historically been a leading element in the transport system, a huge number of elements in structures can lead to disasters that will be considered emergency situations. The subject of the article is the image recognition methods in the systems of post-accident monitoring. The purpose of the development is to increase the speed of processing and presentation of images when recognizing in systems of post-accident monitoring by parameterizing the process of pre-processing and segmentation during information analyzing. The article analyzes the current state and trends in the development of systems for post-accident monitoring and identifies existing models and methods used in the process of image recognition. The developed parameterization method and the method of classification of preprocessing and image segmentation tools are presented, and traffic models of the image transmission subsystem in post-monitoring monitoring systems are developed. A comparative assessment of the developed and existing methods used in post-accident monitoring is

given. When developing information technology, the following methods were used: the set-theoretic approach, queuing theory methods, optimization models, etc. It was found that to reduce the data transfer time it is most efficient to use methods based on using the properties of fractal traffic. An advanced expanded traffic model allows you to perform a short-term forecast of its intensity. Information technology uses the method of parameterization of preprocessing and segmentation in image recognition. Thanks to this method, the recognition rate grows by ~ 14.5%. And the method of classifying the means of preprocessing and segmentation of images will make it possible to reduce the operating time relative to the method of parameterization by another ~ 2%. In general, thanks to the integration of information technology methods under conditions of post-accident monitoring, it reduces the processing time of images by ~ 20%, which indicates the possibility of using it in real conditions in emergency situations on the railway.

**Keywords:** railway, information technology, traffic, method, speed, algorithm, image processing, segmentation, parameterization, classification, preprocessing.

*Надійшла 12.03.2019 р.*

**Свиридов А. С.**, аспірант, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна. E-mail: [SvyrydovArtem@gmail.com](mailto:SvyrydovArtem@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-9830-4103>

**Зави́зиступ Ю. Ю.**, кандидат технічних наук, професор кафедри електронно обчислювальних машин, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна. E-mail: [yurii.zavyzistup@nure.ua](mailto:yurii.zavyzistup@nure.ua).

**Svyrydov A. S.**, a graduate student, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [SvyrydovArtem@gmail.com](mailto:SvyrydovArtem@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-9830-4103>

**Zavyzistup Y. Y.**, Candidate of Engineering Sciences, professor department of electronic computers, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [yurii.zavyzistup@nure.ua](mailto:yurii.zavyzistup@nure.ua).