

КОМБІНОВАНИЙ АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ РАДІОКЕРОВАНОГО ВІЗКА

Ігор Арсенюк¹, Сергій Перевозніков², Вікторія Войтко³, Владислав Гончарук⁴

Вінницький національний технічний університет

Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна, тел.: (0432) 43-78-80,

E-Mail: ¹igrosars@gmail.com, ²serpiv@gmail.com, ³borusfen@i.ua, ⁴messer_vlad@mail.ru

Abstract

The article presents algorithms and mathematical models that can be used to detect radio controlled mechanical objects, such object is an example of radio-controlled cart. The basic methods and algorithms for recognition and analysis of some recognition systems are considered. A general algorithm for recognizing radio controlled truck is offered.

Вступ

На сьогоднішній день можна спостерігати бурхливий розвиток робототехніки і значні досягнення в області створення систем штучного інтелекту. Тому є актуальним проведення досліджень у напрямку, що пов'язаний з робототехнікою – в області комп'ютерного розпізнавання різних механічних об'єктів, зокрема радіокерованого візка. Така задача, безумовно, є актуальною у багатьох сферах діяльності суспільства. Наприклад, подібні системи активно розробляються у військовій сфері, коли використання радіокерованих об'єктів є набагато безпечнішим, ніж використання людського втручання (наприклад, проведення саперних робіт). Також цей напрям досліджень успішно розвивається у галузях, де використання людської праці є дуже небезпечним для здоров'я (наприклад, хімічна і радіаційна розвідка), або взагалі неможливим (космічний та глибоководний простори з екстремальними значеннями тиску/температури). Розв'язання задачі розпізнавання передбачає обробку даних досить великого обсягу, що містяться у зображенні, тому для її розв'язання доцільно використати систему штучного інтелекту [1].

Об'єктом дослідження є радіокерований візок, який слід розпізнати на статичній картинці. Предметом дослідження виступає система, яка здатна виконувати розпізнавання об'єкту в процесі нормально-го сценарію розпізнавання (коли візок присутній на картинці повністю і якість картинки достатня для розв'язання задачі розпізнавання), та у випадку виникнення проблем при розпізнаванні (наприклад, коли візок присутній на картинці частково, або коли картинка дуже малого розміру, чи коли на ній багато завад). Метою роботи є розробка системи, яка ефективно розв'язує задачу розпізнавання складного об'єкту, а саме радіокерованого візка за умови різної якості вхідного зображення.

Аналіз сучасного стану проблеми

В останні роки зріс інтерес до дослідження і побудови систем автоматичного розпізнавання образів та машинного навчання. Прикладів таких систем є досить багато. Наприклад були отримані успішні результати створення пристроїв і програм читання надрукованих символів, де розв'язується задача розпізнавання символів, обробки електрокардіограм, розпізнавання мови, відбитків пальців та інтерпретації фотознімків. В якості інших прикладів можна навести програми, що розпізнають символи рукописного вводу, класифікують сейсмічну активність, знаходять ворожі об'єкти, виконують прогнозування погоди тощо [1]. Наведемо приклади систем, що можуть бути використані для розв'язання задачі розпізнавання радіокерованого візка.

- Автоматична класифікація даних, отриманих дистанційно [2].

Порівняно недавно у Сполучених Штатах Америки виник інтерес до якості навколишнього середовища та стану природних ресурсів, який спонукав до написання ряду додатків розпізнавання образів. Найбільшу увагу серед них привертає автоматична класифікація даних, отриманих дистанційно. Оскільки обсяг даних, одержуваних від багатодіапазонних спектральних портативних пристроїв, встановлених на літаках, супутниках і космічних станціях, надзвичайно великий, виникла необхідність звернутися до автоматичних засобів обробки та аналізу цієї інформації. Дистанційний збір даних використовується під час розв'язання різних задач. Серед областей, що викликають особливу цікавість у наш час, можна відзначити, наприклад, землекористування, оцінку врожаю, виявлення захворювань сільськогосподарських культур, лісове господарство, контроль якості повітря і води, геологічні та географічні дослідження, прогнозування погоди й масу інших завдань, пов'язаних з охороною навколишнього середовища [2].

- Середовище розробки систем машинного зору National Instruments Vision Development Module (NI Vision DM) [3].

Середовище NI Vision DM (версія 8.5) призначено для інженерів та вчених, що використовують технології технічного зору в промислових і наукових завданнях. Модуль містить у собі інтерактивну оболонку NI Vision Assistant, призначену для розробки прототипів додатків без програмування і потужну бібліотеку з більш ніж 200 функцій обробки зображень IMAQ Vision [3].

Можливість спільного використання NI Vision Assistant та IMAQ Vision дозволяє скоротити терміни створення систем машинного зору, оскільки NI Vision Assistant може здійснювати автоматичну генерацію кодів в Lab VIEW, C/C++ та Visual Basic з тією ж послідовністю операцій, що використовувалася при роботі в NI Vision Assistant. Тут є можливість інтегрувати діаграму відеозбирання в промислову систему вимірювань й автоматизації, що крім цього може містити в собі керування рухом, вимірювальними приладами або пристроями введення/виведення сигналів.

Це середовище є досить потужним та універсальним, проте воно має дещо незручний інтерфейс, в якому важко налаштовувати деталі роботи системи та додавати у систему власні алгоритми розпізнавання.

- Програмний комплекс Ident Smart Studio предметно незалежного розпізнавання графічних об'єктів [4].

Ще одним потужним програмним продуктом, розробленим для розв'язання подібних задач є система розпізнавання складних об'єктів Ident Smart Studio [4], в якій розроблено програмний модуль розпізнавання Pattern Searcher. Дана система призначена для розпізнавання широкого класу об'єктів, в тому числі біологічних об'єктів і живих тварин. Вона може бути адаптована та налаштована користувачем на розпізнавання потрібного класу об'єктів, що говорить про універсальність використання цього програмного продукту. Однак про дану систему була опублікована лише загальна інформація та надана можливість вільного копіювання демонстраційної версії модуля розпізнавання Pattern Searcher 1.0 Demo [4], який реалізує лише мінімум можливостей її роботи на одному прикладі об'єкту розпізнавання і не придатний для розпізнавання широкого класу об'єктів.

Стислий огляд основних методів розпізнавання зображень

Сучасний етап розвитку обчислювальної техніки відзначається інтенсивним пошуком нових принципів обробки інформації, що диктуються вимогами високої продуктивності систем, а також їх гнучкості та надійності.

При роботі із зображеннями слід розв'язати задачі, які виникають у зв'язку з трьома основними проблемами: опис (моделювання) зображення; розробка та вибір математичних засобів обробки і аналізу зображень; апаратна реалізація математичних методів роботи з зображеннями. Тому на сьогоднішній день можна виділити такі основні методи розпізнавання:

- лінгвістичні методи;
- евристичні методи;
- математичні методи.

Лінгвістичний (синтаксичний) метод. Якщо опис образів здійснюється за допомогою підобразів та їх співвідношень, то для конструювання системи розпізнавання використовують лінгвістичний або синтаксичний підхід з використанням принципу загальності властивостей, де мається на увазі те, що образи, які належать одному і тому ж класу, володіють рядом загальних властивостей або ознак, які відображають подібність таких образів. Ці загальні властивості можна частково ввести у пам'ять системи розпізнавання. Коли системі надати неklasифікований образ, то вибирається набір певних ознак, які потім порівнюються з ознаками, закладеними в пам'яті системи розпізнавання. При використанні даного методу основна задача полягає у виділенні таких загальних властивостей об'єктів розпізнавання для їх подальшої класифікації. Часто вибір таких властивостей залежить від розробника системи розпізнавання, а також від предметної області, де буде використовуватись дана система розпізнавання.

Математичний метод. В основу математичного методу покладені правила класифікації, які формулюються і виводяться в рамках визначеного математичного формалізму за допомогою принципів загальності властивостей і кластеризації. Коли образи деякого класу представляють собою вектори, компонентами яких є дійсні числа, то цей клас можна розглядати як кластер. Побудова системи розпізнавання, яка базується на реалізації даного принципу, визначається просторовим розміщенням окремих кластерів. Якщо кластери, котрі відповідають різним класам, рознесені далеко один від одного, то можна користуватися простими схемами розпізнавання, наприклад, класифікацією за принципом мінімальної відстані.

Евристичний аналіз. В основу евристичного покладено інтуїція і досвід людини: в ньому використовуються принципи перерахування членів класу і загальні властивості. Зазвичай системи, побудовані за такими методами, містять набір специфічних процедур, розроблених для конкретних задач розпізнавання. Це означає, що структура і якість евристичної системи в значній мірі визначається талантом та досвідом роботи тих, хто її розробляє.

Підхід до розв'язання поставленої задачі

Під час розробки системи розпізнавання потрібно проаналізувати відомі методи, які можна використати для розв'язання цієї задачі та обрати найраціональніший з них. Отже, розглянемо структурно-інваріантні методи для побудови формального опису та обробки даних і розпізнавання складних зображень, а також лінгвістичний метод розпізнавання зображень, де спільною властивістю об'єктів розпізна-

вання є колір; а також розпізнавання на основі нейронної мережі.

Структурно-інваріантні алгоритми призначені для побудови формального опису однозв'язних об'єктів на основі аналізу інформації про взаємне розташування на контурі точок локального екстремуму кривизни та класифікації таким чином утворених описів [5].

Алгоритм буде системою ознак досліджуваного об'єкту на основі знаходження спеціальних точок – полюсів при інтерполяції контура. Контур представляється за допомогою параметричних функцій $x(t) = x_b$, $y(t) = y_b$, $t = 1, \dots, N$, де N – кількість точок контура.

Для обчислення значень полюсів використовується параметричне представлення інтерполяційного полінома третього степеня у формі Лагранжа. Для функцій $x(t)$ та $y(t)$ цей поліном має вигляд:

$$P_{iii} = -\frac{(t_2 - t_1)^2}{(t_2 - t_0)(t_1 - t_0)} P_{000} + \frac{(t_2 - t_0)^2}{(t_2 - t_1)(t_1 - t_0)} P_{111} - \frac{(t_1 - t_0)^2}{(t_2 - t_1)(t_2 - t_0)} P_{222}, \quad (1)$$

де P_{iii} – значення полюса; P_{000} , P_{111} , P_{222} – значення у вузлових точках інтерполяції; t_i – елементи неспадної послідовності, сформованої з координат вузлових точок.

Полюси P_{iii} розташовуються неподалік від геометричного об'єкта і довільна лінійна зміна параметра t не впливає на геометричне розташування полюсів.

$$t = aT + b, \quad (2)$$

де $a, b \in R$ (R – область знаходження об'єкта), T – період дискретизації. Така заміна означає композицію перетворення переносу та перетворення подібності. Отже, величини відстаней полюсів до кривих $x(t)$ та $y(t)$ можна використати як опис об'єкта.

Для того, щоб визначити вид кожної частини контура розглядаються рівняння дотичних проведених в точках локальних екстремумів (ТЛЕ). Якщо для проведених дотичних виконується умова

$$|k_1 - k_2| \leq \left| k - \frac{|k_1 + k_2|}{2} \right|, \quad (3)$$

де k , k_1 , k_2 – кутові коефіцієнти, відповідно, прямої, проведеної через ТЛЕ, та дотичних, проведених в цих точках, то приймається, що відповідна частина контура – відрізок прямої. Якщо ж така умова не виконується – то знаходиться точка перетину нормалей до дотичних (r_1), проведених в ТЛЕ, і відстані від цієї точки до ТЛЕ (r_2). У випадку, коли для величин цих відстаней виконується умова

$$|r_1 - r_2| \leq \frac{\max(r_1, r_2)}{|r_1 - r_2|}, \quad (4)$$

де r_1 , r_2 – обчислені величини, приймаємо, що частина контура – дуга кола, в протилежному випадку частина контура – дуга еліпса.

В кожному випадку частині контура ставиться у відповідність символ: l – якщо частина контура – відрізок прямої, c – якщо частина контура – дуга кола, e – якщо частина контура – дуга еліпса.

Показано, що така система ознак володіє інваріантними властивостями при афінних перетвореннях об'єкта [5].

Для класифікації об'єктів значення кожної функції вхідного об'єкту порівнюються із значеннями відповідної функції представника класу. За критерій береться мінімум середньоквадратичної похибки. Якщо величина похибки приймає мінімальне значення при порівнянні із представником класу, то вважаємо, що вхідний об'єкт належить до того ж класу, що і представник. Таке застосування критерію мінімуму середньоквадратичної похибки можливе завдяки властивості періодичності функцій – коли функція повторює свої значення через деякий ненульовий період, тобто не змінює свого значення при додаванні до аргументу фіксованого ненульового числа (періоду).

Розглянемо використання нейромережових технологій для розв'язання задачі розпізнавання. Великий поштовх розвитку нейрокібернетики дав нейрофізіолог Френк Розенблат, який запропонував модель машини, що розпізнає, і назвав її “Персептрон” (від латинського *percepto* – розумію, пізнаю). Під час її розробки він виходив з деяких прийнятих уявлень про структуру мозку та зорового апарата. Прагнувши відтворити функції людського мозку, він використав просту модель біологічного нейрона і систему зв'язків між ними [6].

Сприймаючим пристроєм персептрона слугує фотоелектрична модель сітківки – поле рецепторів, що складається з декількох сотень фотоопорів (S -елементів). Кожен елемент поля рецепторів може перебувати у двох станах – збудженому або незбудженому, залежно від того, падає чи ні на відповідний фотоопір контур проектованої на поле фігури. На виході кожного елемента з'являється сигнал x_i ($i = 1, 2, \dots, n$, де n – число елементів), який дорівнює одиниці, якщо елемент збуджений, і нулю – в протилежному випадку (рис 1.). Наступним шаблоном персептрона є асоціативні елементи або A -елементи, кожен з яких має кілька входів та один вихід. При підготовці персептрона до експерименту до входів A -елемента підключаються виходи рецепторів, причому підключення кожного з них може бути зроблене зі знаком плюс

або мінус. Вибір рецепторів, що підключають до даного A -елемента, також як і вибір знака підключення, виконується випадково. В ході експерименту зв'язок рецепторів з A -елементами залишається незмінним. A -елементи виконують алгебраїчне підсумовування сигналів, що надійшли на їхні входи, і отриману суму порівнюють із однаковою для всіх A -елементів величиною [4].

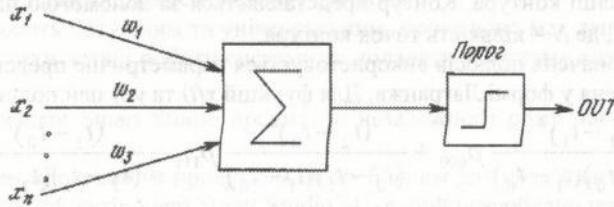


Рис.1. Перцептронний нейрон

Однак використання нейронних мереж для задач розпізнавання також не завжди є оптимальним, оскільки даний метод має і ряд недоліків. Наприклад, не завжди існує така комбінація вагових коефіцієнтів, при якій наявна множина образів буде вдало розпізнана; або відсутність методу, за яким можна визначити, скільки часу знадобиться для навчання нейромережі; схильність мережі до хибних реакцій на вхідний сигнал, низька ефективність при перенавчанні, коли необхідно ввести нові дані, не знищуючи інформації, яка збережена раніше. Всі ці недоліки є досить суттєвими і значно ускладняють процес побудови ефективної системи розпізнавання.

Алгоритм розпізнавання, що заснований на методі лінгвістичного розпізнавання, де спільною ознакою об'єктів розпізнавання виступає колір, є найпростішим та швидкісним, проте він не забезпечує достатньої точності розпізнавання, оскільки має ряд недоліків. Одним з суттєвіших серед таких недоліків є той, що алгоритм може виявитись зовсім неефективним при зміні яскравості картинки, або у випадку появи на ній світлових відблисків. Тому даний алгоритм у процесі розпізнавання пропонується застосовувати у комбінації з структурно-інваріантним, так як це підвищить точність розпізнавання. Отже при розпізнаванні візка пропонується використовувати комбінований алгоритм, що складається з структурно-інваріантного алгоритму, який буде виконувати розпізнавання форми радіокерованого візка та алгоритм що заснований на методі лінгвістичного розпізнавання. Це підвищить точність та швидкість системи розпізнавання, а також дещо підвищить її завадостійкість.

Загальний алгоритм розпізнавання радіокерованого візка

Розробимо загальний алгоритм роботи системи розпізнавання. На вхід алгоритму подається масив даних, в якому записані усі властивості кожного пікселя зображення. Далі масив послідовно обробляється (попіксельно від першого до останнього, як промінь електронів пробігає по екрану телевізора) під час перевірки кожного пікселя перевіряються його властивості згідно логічних правил алгоритму. Якщо точка зовсім не відповідає за властивостями такої, яку потрібно розпізнати – то відповідний піксель надалі не обробляється і алгоритм починає розглядати не сусідню точку, а точку, яка знаходиться на певній відстані від даного пікселя. Такий метод, як показали дослідження, дозволяє підвищити швидкість алгоритму до 40%. Якщо знайдено точку, яка відповідає за властивостями такої, яку потрібно розпізнати, то алгоритм починає проглядати сусідні точки і якщо їхні властивості задовольняють умову розпізнавання – то дана область вважається розпізнаною (наприклад розпізнано передню частину візка), і алгоритм продовжує свою роботу доти, поки не буде знайдено координати передньої та задньої частини візка, а також поки не буде визначено його орієнтацію на картинці. Якщо алгоритм, що заснований на методі лінгвістичного розпізнавання розпізнав візок не повністю, або виявилися додаткові складності при розпізнаванні (наприклад на картинці присутні декілька візків) – то виконується алгоритм, що працює за структурно-інваріантним методом. Даний алгоритм працює дещо повільніше, проте він вже працює не з усією картинкою, а з даними, що отримані при роботі лінгвістичного алгоритму. Результатом роботи алгоритму є координати місцезнаходження візка та його орієнтація, або повідомлення про неможливість розпізнавання візка [7].

Враховуючи вищенаведені міркування стосовно основних принципів роботи алгоритму розпізнавання радіокерованого візка, отримаємо схему, що наведено на рис. 2.

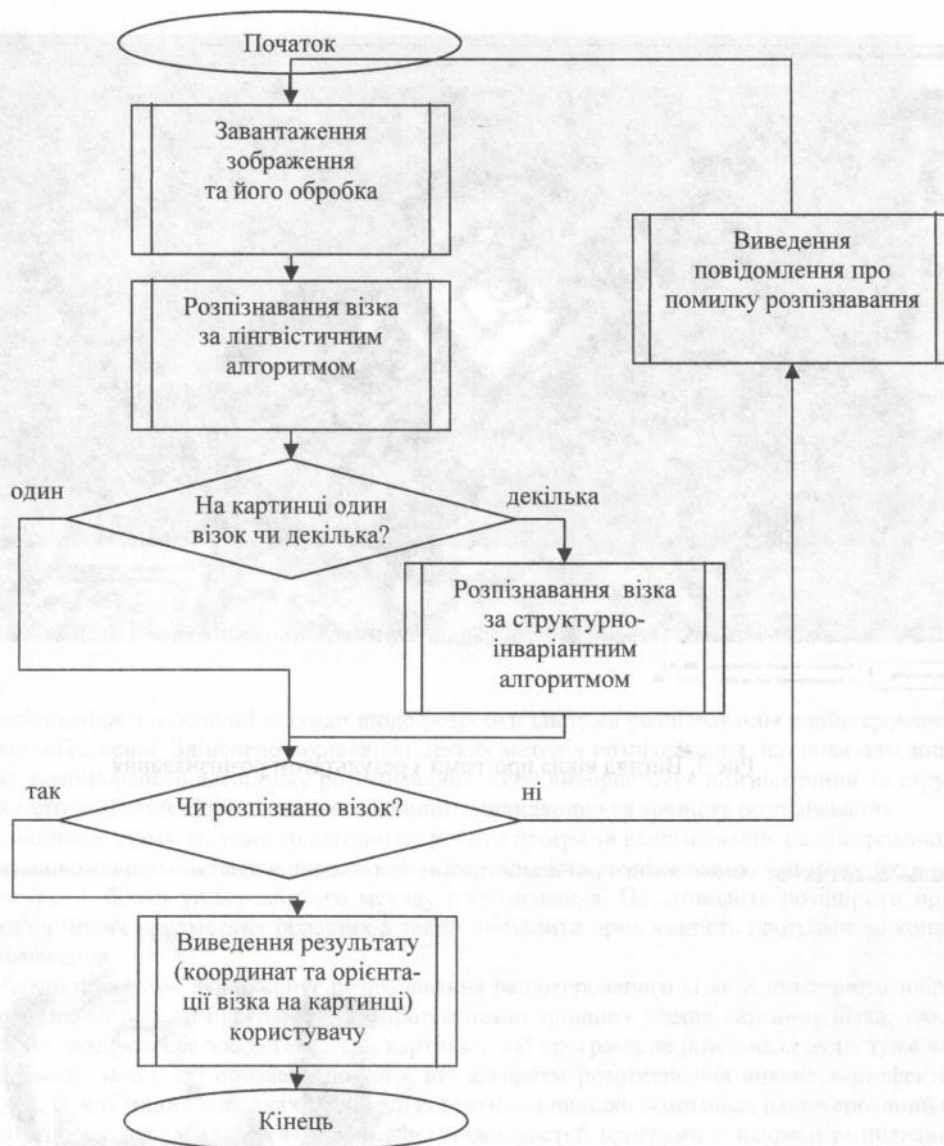


Рис.2. Алгоритм роботи основного програмного модуля системи

Результати тестування програми розпізнавання радіокерованого візка

На основі запропонованого вище алгоритму розпізнавання розроблено програмний продукт, який досить ефективно вирішує задачу розпізнавання радіокерованого візка на статичній картинці.

• Результати роботи програми наведено нижче.

Було протестовано 30 зображень, з яких лише 3 не було розпізнано. Наводити всіх їх немає сенсу, оскільки серед них багато аналогічних, тому наведемо лише три приклади зображень, які характерні таким класам зображень, як якісні, яскраві та неякісні (дуже темні).

Так, на рис. 3 видно, що об'єкт розпізнавання видно чітко, і тому його було розпізнано правильно і швидко (час розпізнавання склав менше 40 мс, координати: (686;762); (1124;1100), орієнтація – 48°).

У випадку надмірної яскравості зображення та наявності на ньому великої кількості відблисків лінгвістичний алгоритм дещо неправильно розпізнав одну з координат, тому тут ще застосовувався структурно-інваріантний алгоритм, в результаті чого швидкодія системи зменшилась і візок був розпізнаний вже за 150 мс (рис. 4), координати: (1156;413); (1218;885), орієнтація 2° .

У випадку, ж коли картинка дуже неякісна і візка майже не видно (рис. 5) – програма аналізувала картинку протягом 100 мс., але не знайшовши об'єкт розпізнавання припинила роботу і вивела повідомлення про помилку. Для того, щоб розпізнавати такі неякісні картини, потрібно їх обробляти спеціальними програмними фільтрами перед розпізнаванням, але тоді час розпізнавання суттєво зростає.

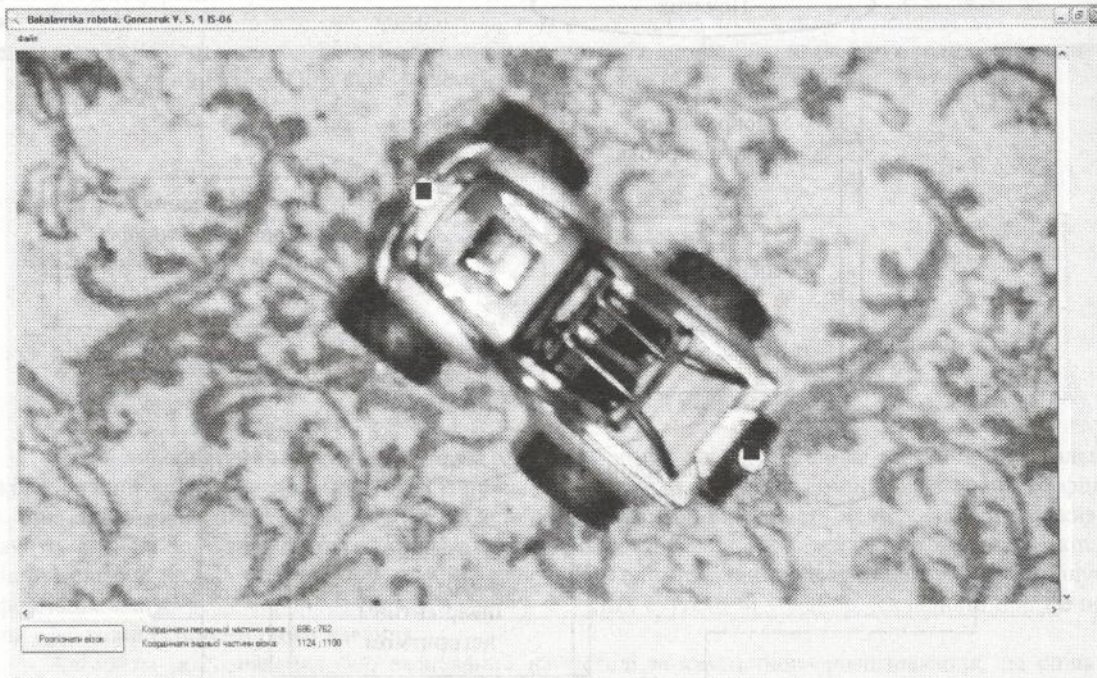


Рис.3. Вигляд вікна програми з результатом розпізнавання

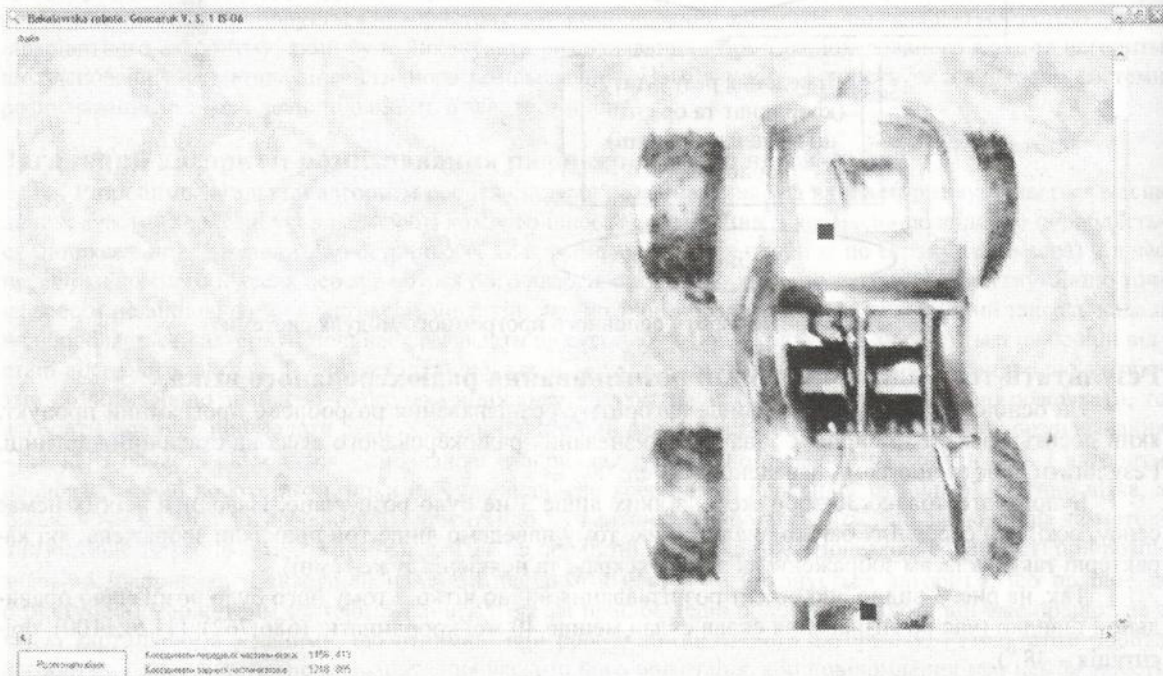


Рис.4. Вигляд вікна програми при неточному розпізнаванні

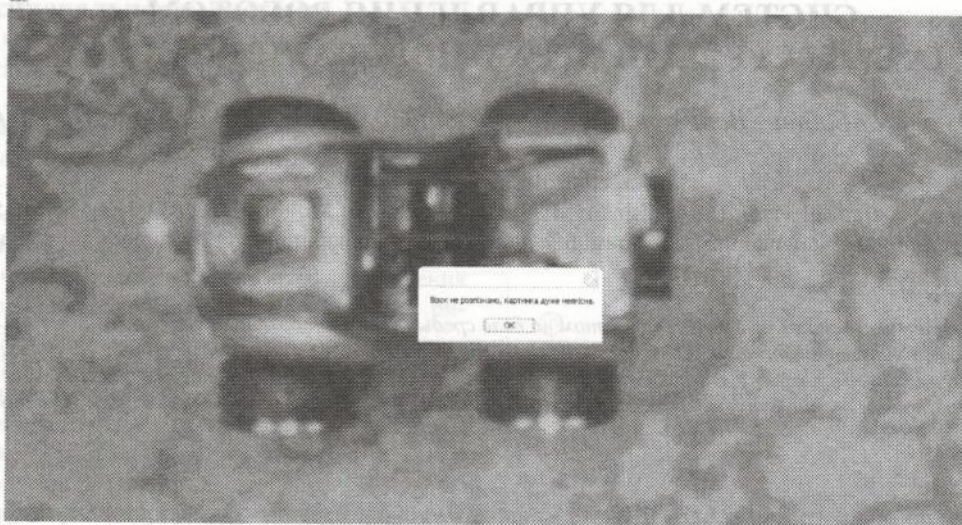


Рис.5. Вигляд вікна програми у випадку неможливості розпізнати візок

Висновки

У статті досліджено основні підходи щодо розробки системи розпізнавання радіокерованого візка на статичному зображенні. Здійснено порівняння деяких методів розпізнавання, що показало доцільність використання комбінованого алгоритму розпізнавання, який використовує лінгвістичний та структурно-інваріантний методи. Такий підхід дозволяє підвищити швидкодію та точність розпізнавання.

Запропоновано схему загального алгоритму роботи програми розпізнавання радіокерованого візка. Основним недоліком даної системи є недостатня універсальність розпізнавання, яка може бути поліпшена при застосуванні більш універсального методу розпізнавання. Це дозволить розширити працездатність системи і в інших предметних областях а також зменшити прив'язаність програми до конкретного об'єкту розпізнавання.

Розроблено програму, яка виконує розпізнавання радіокерованого візка зі статичного зображення. Під час випробування роботи програми було протестовано тридцять різних картинок візка, з яких було вірно розпізнано двадцять сім зображень. Три картинки, які програма не розпізнала були дуже неякісними і містили багато завад, які призвели до того, що алгоритм розпізнавання виявився неефективним у даних випадках. В усіх інших випадках програма коректно та швидко розпізнала радіокерований візок.

В майбутньому передбачається розширення можливостей програми у напрямі розпізнавання рухомих зображень в режимі реального часу, де буде розпізнаватись не статична картинка, а динамічне відео, що дозволить використати дану програму як модуль до комплексної системи керування радіокерованими об'єктами в реальному режимі часу.

Література:

- [1] Люгер Д. Ф. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем/ Люгер Д. Ф. – Вильямс, 2005. – 864 с.
- [2] Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов/ Ту Дж. – изд. "Мир". Москва, 1988. – 401 с.
- [3] National Instruments Инструментарій для створення систем машинного зору. – Режим доступу: <http://industrial-embedded.com/national-module-8-5>
- [4] Мальчевский С. А. Проект Ident Smart Studio, матеріали. – Режим доступу: <http://iss.norcity.ru/download.php?cat=3>
- [5] Жихарев В. Я. Структурно-інваріантні алгоритми. – Режим доступу: <http://www.lib.ua-ru.net/inode/32708.html>
- [6] Кузьменко В. М. Використання нейромережових технологій. – Режим доступу: <http://bestreferat.com.ua/referat/detail-39910.html>
- [7] Гончарук В. С. Система розпізнавання радіокерованого візка. – Режим доступу: <http://conf.vstu.vinnica.ua/allvntu/2010/initki/kn.php>