

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ АВІАЦІЙНИХ І КОСМІЧНИХ СИСТЕМ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНО – ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

«На правах рукопису»
УДК 004.932.75,
004.4'236, 004.942

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Єременко В. С.
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна
техніка»**

на тему: «Система розпізнавання цифр»

Виконав:
студент II курсу, групи ВВ-61м
Пахальчук Олег Віталійович _____

Керівник:
доцент кафедри ІВТ, к.т.н. доц.
Бобков Ю. В _____

Рецензент:
зав. кафедри АЕД, д.т.н., проф.
Туз Ю.М. _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018 року

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 235с., 74 рис., 30 табл., 15 додатків, 23 джерела.

Актуальність: З вступом в дію редакції правил дорожнього руху, одним із основних елементів є фото- та відео фіксація порушень ПДР. Для цього необхідна система розпізнавання номерних знаків автомобілів, що робить роботу актуальною.

На сьогоднішній день існує ряд систем, що вирішують подібну задачу. Основними недоліками існуючих систем є те, що вони є складними в плані програмної і апаратної реалізації, або потребують спеціалізованих інструментів, наприклад, спеціалізованої камери відео спостереження, що обмежує їх використання в межах України із-за високої вартості цих технологій. Тому створення системи, що не потребує великих апаратних і програмних затрат є актуальним завданням.

Робота складається з 5 розділів. В першому розділі проведено аналіз існуючих методів розпізнавання цифр, проведено класифікацію цих методів і обрано метод розпізнавання для створення системи розпізнавання цифр. Окрім цього було зроблено огляд систем розпізнавання цифр, що є на ринку на сьогодні. В другому розділі було проведено аналіз і вибір ознак розпізнавання, розкривається сутність обраного методу і обґрунтовується використання апарату нечіткої логіки. В цьому ж розділі описуються теоретичні засади розробки системи нечіткого виводу. В третьому розділі проведено розробку системи розпізнавання цифр. Розроблено загальну структурну схему цієї системи і розроблено її віртуальний макет в середовищі LabVIEW. В четвертому розділі проведено дослідження розробленої системи розпізнавання цифр на стійкість до спотворень зображення цифри у вигляді зміни кута повороту, лінійних розмірів зображення цифри, або його розфокусування. В п'ятому розділі було розроблено стартап-проект. Приведений опис ідеї проекту, проведений технічний аудит цієї ідеї

Ціль виконання роботи: розробка системи розпізнавання цифр, які зображені на автомобільних номерних знаках, та створення віртуального макету в середовищі LabVIEW.

Об'єкт дослідження: система розпізнавання цифр.

Предмет дослідження: характеристики системи розпізнавання цифр.

Метод дослідження – в роботі використовується математично-алгоритмічний апарат теорії розпізнавання образів, математичний апарат нечіткої логіки, методи математичного та програмно-алгоритмічного моделювання з застосуванням пакету LabVIEW.

Наукова новизна: полягає у застосуванні апарату нечіткої логіки в розпізнаванні цифр методом проекцій.

Практичне значення: полягає в застосуванні розробленого програмно-алгоритмічного комплексу та віртуального макету для розпізнавання цифр, а також в розробці лабораторної роботи з дисципліни "Системи розпізнавання образів" кафедри ІВТ.

Апробація результатів дисертації: відбулася на двох науково-технічних конференціях:

- XI Міжнародна науково-технічна конференція «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки» 2017 року;
- Науково-технічна конференція викладачів, науковців, аспірантів та студентів, присвячена Дню Науки 2018 року.

Публікації:

Всього було зроблено 3 публікації:

- Бобков Ю.В., Пахальчук О. В. Розробка та дослідження системи розпізнавання цифр на базі нечіткої логіки в середовищі labview - матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання

авіаційно-космічної техніки, КПІ ім. Ігоря Сікорського - К., 2017. - 63-67 с;

- Бобков Ю.В., Пахальчук О. В. Розробка та дослідження системи розпізнавання цифр на базі нечіткої логіки в середовищі labview //«Інформаційні системи, механіка та керування» №16, КПІ ім. Ігоря Сікорського - К., - ст. 39-49.
- Бобков Ю.В., Пахальчук О. В. Розробка системи розпізнавання цифр номерних знаків автомобілів та її віртуального макету в LabVIEW - матеріали науково-технічної конференції викладачів, науковців, аспірантів та студентів, присвяченої Дню Науки 2018 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського - К., 2018. - 4 с.

Ключові слова:

СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ, ЕТАЛОННИЙ МЕТОД, МЕТОД ПРОЕКЦІЙ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, АВТОМОБІЛЬНИЙ НОМЕРНИЙ ЗНАК, ВЕБ-КАМЕРА, ЦИФРА, ВІРТУАЛЬНИЙ МАКЕТ, LABVIEW.

ABSTRACT

Master's dissertation: 236p, 74 figures, 30 tables, 15 applications, 20 sources.

Actuality: With the entry into force of the revision of the rules of the road, one of the main elements is the capture of photo and video violations of SDR. This requires a system for recognizing license plates, which makes the work relevant.

Today, there are a number of systems that solve such a problem. The main disadvantages of existing systems are that they are complex in terms of software and hardware implementation, or require specialized tools such as a specialized video camera that limits their use within Ukraine due to the high cost of these technologies. Therefore, creating a system that does not require large hardware and software costs is actual task.

The work consists of 5 sections. In the first section, an analysis of the existing methods of recognition of numbers is conducted, the classification of these methods is carried out and a method of recognition for the creation of a digital identification system is selected. In addition, a review of digital recognition systems, which is available on the market today, was made. In the second section, an analysis and selection of recognition features were made, the essence of the chosen method was revealed, and the use of the fuzzy logic apparatus was justified. The same section describes the theoretical foundations of fuzzy output system development. In the third section, the development of a system for recognizing numbers. The general structural scheme of this system is developed and its virtual model in the environment of LabVIEW is developed. In the fourth section, the research of the developed digital identification system on the stability of distortion of the image figures is carried out in the form of a change in the angle of rotation, the linear dimensions of the figure of the figure, or its unfocusing. In the fifth section a startup project was developed. The description of the project idea is given, technical audit of this idea is carried out

The purpose of the work: development of the system of recognition of numbers, which are depicted on the license plates, and the creation of a virtual model in the LabVIEW environment.

The object of research: the system of recognition of numbers .

Subject of research: characteristics of the system of recognition of numbers.

Method of research: in the work are used mathematical algorithmic apparatus of the theory of pattern recognition, the mathematical apparatus of fuzzy logic, methods of mathematical and program-algorithmic modeling using LabVIEW package.

Scientific novelty: is the application of a fuzzy logic apparatus in recognizing numbers by the projection method.

Practical significance: is to apply the developed software-algorithmic complex and the virtual model for the recognition of digits, as well as in the development of laboratory work on the discipline "Pattern Recognition Systems" of the Department of IMT

Approbation the results of the dissertation: was held at two scientific and technical conferences:

- XI International Scientific and Technical Conference "Gyrotechnology, Navigation, Motion Control and Aerospace Engineering", 2017;
- Scientific and Technical Conference of Teachers, Scientists, Postgraduates and Students, dedicated to the 2018 Science Day.

Publications:

There were 3 publications in total:

- Bobkov Y.V., Pakhalchuk O.V. Development and research of the system of numbers recognition based on fuzzy logic in the environment LabVIEW- materials of the XI International scientific and technical conference "Gyrotechnology, navigation, traffic control and design of aviation and space technology, KPI im. Igor Sikorsky-K., 2017.- 63-67 p.
- Bobkov Y.V., Pakhalchuk O.V. Development and research of numbers recognition system based on fuzzy logic in the environment LabVIEW //

"Information systems, mechanics and management" №16, KPI im. Igor Sikorsky - K., - art. 39-49.

- Bobkov Y.V., Pakhalchuk O.V. Development of a system for recognizing numbers of license plates of cars and their virtual model in LabVIEW - materials of the scientific and technical conference of teachers, scientists, postgraduates and students on the Day of Science in 2018, KPI them. Igor Sikorsky - K., 2018. - 4 p.

Keywords:

RECOGNITION SYSTEM, ETHNIC METHOD, PROJECT METHOD, FUZZY LOGIC, AUTOMOBILE LICANSE PLATES, WEB-CAMERA, NUMBERS, VIRTUAL MODEL, LABVIEW.

Зміст

Перелік умовних скорочень . . . . .	.5
Вступ . . . . .	.8
1. Аналіз методів розпізнавання цифр. . . . .	.10
1.1 Методи розпізнавання тексту. . . . .	.10
1.2.1 Класифікація методів розпізнавання тексту	.10
1.2.2 Еталонні методи . . . . .	.12
1.2.3 Структурні методи . . . . .	.18
1.2.4 Комбіновані методи . . . . .	.20
1.2.5 Нейромережеві методи . . . . .	.23
1.2 Системи розпізнавання цифр . . . . .	.29
1.2.1 «РУТА-701» і «РУТА-711» . . . . .	.29
1.2.2 Читаючий автомат ЧАРС . . . . .	.30
1.2.3 Програмний компонент FineReader . . . . .	.31
1.2.4 Технології Google . . . . .	.33
1.2.5 Система розпізнавання номерних знаків на основі камери Bosch REG-X . . . . .	.33
1.2.6 Система розпізнавання «Vehicle Vision» . . . . .	.35
1.2.7 Система розпізнавання номера транспортного засобу для автоматичного збору штрафів. . . . .	.36
1.3 Висновки до розділу 1. . . . .	.39
2. Аналіз і вибір ознак для системи розпізнавання . . . . .	.41
2.1 Аналіз методу проєкцій . . . . .	.41
2.2 Створення блоку попередньої обробки вхідних даних . . . . .	.44
2.3 Визначення лінгвістичних змінних, їх лінгвістичних термів і функцій приналежності . . . . .	.46
2.4 Формування правил нечіткого виводу. . . . .	.51
2.5 Висновки до розділу 2 . . . . .	.57

3. Розробка системи розпізнавання цифр	58
3.1 Розробка структурної схеми системи розпізнавання	58
3.1.1 Опис структурної схеми	59
3.1.2 Опис роботи системи розпізнавання цифр.	60
3.1.3 Розрахунок структурної схеми	60
3.1.4 Блок-схема обробки інформації в ПЕОМ	65
3.2 Розробка віртуального макету блоку обробки інформації.67	
3.2.1 Блок виділення номерного знаку	67
3.2.2 Блок сегментації	69
3.2.3 Блок перетворення кольору зображення	71
3.2.4 Блок виділення інформативних параметрів і система нечіткого виводу	72
3.2.4.1 Блок виділення ознак	72
3.2.4.2 Система нечіткого виводу	75
3.3 Висновки до розділу 3	86
4. Дослідження технічних і метрологічних характеристик розробленої системи розпізнавання цифр	87
4.1 Характеристики системи розпізнавання та фактори, що впливають на результат розпізнавання	87
4.2 Методика проведення дослідження системи розпізнавання.87	
4.2.1 Обґрунтування вибору шрифтів та їх опис.	87
4.2.2 Опис методики проведення дослідження системи розпізнавання	89
4.3 Результати дослідження системи розпізнавання цифр, що працює з файлами	92
4.3.1 Дослідження спрямлених цифр	92
4.3.1.1 Дослідження впливу зміни кута повороту зображення спрямлених цифри	92
4.3.1.2 Дослідження впливу зміни лінійних розмірів зображення спрямлених цифри	95

4.3.1.3 Дослідження впливу розфокусування зображення спрямлених цифри . . . . .	..98
4.3.2 Дослідження цифр номерних знаків . . . . .	..100
4.3.2.1 Дослідження впливу зміни кута повороту зображення цифр номерних знаків . . . . .	..100
4.3.2.2 Дослідження впливу зміни лінійних розмірів зображення цифр номерних знаків . . . . .	..103
4.3.2.3 Дослідження впливу розфокусування цифр номерних знаків . . . . .	..106
4.4 Результати системи розпізнавання цифр номерних знаків, сформованих за допомогою веб-камери . . . . .	..107
4.4.1 Дослідження впливу зміни відстані до номерного знаку . . . . .	..107
4.4.2 Дослідження впливу зміни кута повороту номерного знаку . . . . .	..111
4.5 Висновки до розділу 4. . . . .	..114
5. Розробка стартап-проекту . . . . .	..118
5.1 Опис ідеї проекту . . . . .	..118
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту . . . . .	..122
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.	123
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту . . . . .	..127
5.5 Розроблення маркетингової програми стартаппроекту	..129
5.6 Висновки до 5 розділу . . . . .	..131
Висновки . . . . .	..132
Список використаних джерел . . . . .	..134
Додаток А - Алгоритм і програма розрахунку інтенсивності	..137
Додаток В - Алгоритм і програма обчислення значень переходів	..138
Додаток С - Методичні вказівки до лабораторної роботи «Розробка та дослідження системи розпізнавання цифр з використанням нечіткої логіки» . . . . .	..140

Додаток D – Результати дослідження впливу зміни кута повороту зображення спрямлених цифр . . . . .	..166
Додаток E - Результати дослідження впливу зміни лінійних розмірів зображення спрямлених цифр . . . . .	..173
Додаток F - Результати дослідження впливу розфокусування зображення спрямлених цифр. . . . .	..184
Додаток G - Результати дослідження впливу зміни кута повороту зображення цифр номерних знаків . . . . .	..186
Додаток H - Результати дослідження впливу зміни кута повороту зображення цифр номерних знаків розробленої СНВ . . . . .	..187
Додаток I - Результати дослідження впливу зміни значення гістерезису при зміні кута повороту цифр номерних знаків. . . . .	..193
Додаток J - Результати дослідження впливу зміни лінійних розмірів цифр номерних знаків . . . . .	..198
Додаток K - Результати дослідження впливу розфокусування зображення цифр номерних знаків . . . . .	..210
Додаток L - Результати дослідження впливу зміни відстані до номерного знаку . . . . .	..212
Додаток M - Результати дослідження впливу зміни кута повороту номерного знаку . . . . .	..229
Додаток N - Результати дослідження системи розпізнавання цифр із автоматичним вирівнюванням зображення номерного знаку . . . . .	..235

ВСТУП

Сучасний розвиток інформаційних технологій обумовлює інтелектуалізацію і автоматизацію вимірювань і технічних процесів. Основною складовою для реалізації цього є різноманітні засоби обчислювальної техніки, наприклад, ЕОМ, ПК та мікроконтролери, тощо.

Вони можуть виконувати різноманітні операції з обробки інформації. Для реалізації цих функцій необхідно забезпечити введення цієї інформації в належному для наступної обробки вигляді. Для цих цілей використовуються різні пристрої вводу, зокрема пристрої вводу візуальної (зображення), звукової та іншої інформації. Застосування різноманітних систем розпізнавання отримало широке застосування. Однією з поширених задач є введення алфавітно-цифрової інформації, що здійснюється за допомогою відповідних систем розпізнавання. Так, розпізнавання цифр застосовується для:

- ідентифікації будь-яких об'єктів, які промарковані цифровим кодом, наприклад, механічних, річкових і повітряних транспортних засобів ;
- введення візуальних зображень цифр в засоби обчислювальної техніки;
- зчитування Captch;
- зчитування інформації для безпілотних автомобілів про номери автострад, номери будинків, знаки обмеження швидкості, тощо.

Існуючі системи, наприклад, програми типу АBBYY FineRider, різноманітні нейронні системи з навчанням (наприклад, для розпізнавання Captch) достатньо чутливі до спотворень зображень, а також є достатньо складними та потребують значних обчислювальних потужностей.

Метою даної роботи є створення системи розпізнавання цифр, які зображені на автомобільних номерних знаках. Існує задача розпізнавання номерних знаків порушників правил дорожнього руху. Система розпізнавання повинна бути достатньо простою і легкою в програмному плані, щоб її можна було використовувати на пристроях із невеликими

технічними і обчислювальними характеристиками, а також мати високу швидкодію. Також дана система має бути стійкою до різноманітних спотворень, таких як, спотворення зображення із-за поведінки умов, із-за пори дня, із-за швидкості об'єкту, на якому розташований номерний знак, тощо.

ВИСНОВКИ

Провівши аналіз існуючих систем розпізнавання номерних знаків, можна зробити висновок, що вони не відповідають поставленій задачі розпізнавання, адже вони є складними в плані програмної і апаратної реалізації, або потребують спеціалізованих інструментів, наприклад, спеціалізованої камери відео спостереження в системі на основі камери Bosch REG-X.

Отже, на основі вищесказаного, робимо висновок, що для реалізації поставленої задачі розпізнавання оптимальним рішенням є використання методу проєкцій із сімейства еталонних методів, що використовують цифрові еталони з нечіткою логікою і відносяться до методів без навчання.

За результатами аналізу обраного методу було обрано ознаки для системи розпізнавання, а саме два додатні та два від'ємні переходи, що визначаються як різниця між поточним локальним максимумом (або мінімумом) і попереднім локальним мінімумом (або максимумом) кількості пікселів (інтенсивності), що належать зображенню цифри. Кількість пікселів підраховується в межах вертикальних секторів, на які розбивається зображення цифр, і ширина яких в пікселях може задаватися. Ще одним інформативним параметром є кількість переходів, що підраховуються при поділі зображення цифри на горизонтальні сектори.

Розроблено структурну схему системи розпізнавання цифр, на основі якої було спроектовано систему розпізнавання в середовищі LabVIEW у вигляді двох взаємопов'язаних систем: системи розпізнавання цифр, що працює із готовими файлами і система розпізнавання, що працює із веб-камерою. В основі цих систем лежить система нечіткого виводу, яка будується з урахуванням вибраних ознак розпізнавання. Для цієї системи були визначено лінгвістичні змінні, функції приналежності і їх границі і правила нечіткого виводу.

Для дослідження основних технічних і метрологічних характеристик системи розпізнавання цифр було проведено дослідження з використанням

спрямлених цифр, цифр, що зображенні на номерних знаках і власне номерних знаків. Дослідження проводилися з метою визначення впливу спотворення зображення у вигляді повороту зображення, зміни його лінійних розмірів і при його розфокусуванні, на розпізнавання цифр.

Дослідження показали, що обраний метод показує хороші результати у випадку використання спрямлених цифр за умов спотворення зображень цих цифр за рахунок зміни кута повороту до 6° і лінійних розмірів до 5%, а також за умов розфокусування зображення в межах 10%.

При дослідженні системи розпізнавання при використанні цифр номерних знаків, за умов спотворення зображень у вигляді повороту зображення цифри було визначено, що для цього шрифту такі спотворення внесуть достатньо великі зміни, що призведе до некоректних результатів. При проведенні дослідження СР на стійкість до спотворень у вигляді зміни лінійних розмірів зображень цифр номерних знаків, система розпізнає всі цифри при зміні лінійного розміру в межах 5% при ширині сектору 2-3. У випадку розфокусування зображення цифри номерного знаку, коректно розпізнаються усі цифри при розмиття його границь до 30%.

Отже, дослідження системи на розпізнавання цифр, що зображуються на номерних знаках і власне розпізнавання номерних знаків за допомогою веб-камери показали гірші результати. В результаті чого, робимо висновок, що для кращого розпізнавання цифр на номерних знаках, в рамках поставленої задачі потрібно вводити додаткові блоки обробки інформації, наприклад використання автоматичних алгоритмів повороту зображення, або проводити оптимізацію, чи модернізацію, системи нечіткого виводу, що в тій, чи іншій мірі призводить до ускладнення системи розпізнавання і вимагає високої обчислювальної здатності техніки, яка використовується для розпізнавання.

Даний факт в деякій мірі суперечить поставленій задачі, але для її досягнення можна використовувати відносний мінімум обчислювальної здатності апаратури для отримання оптимальних результатів розпізнавання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобков Ю. В. Дистанційний курс «Системи розпізнавання образів (Лекції)» – Режим доступу:
<http://moodle.ipro.kpi.ua/moodle/course/view.php?id301> – Дата доступу 28.02.2018 – Бобков Ю. В. Дистанційний курс «Системи розпізнавання образів (Лекції)».
2. Васильев В. И. - Распознающие системы. Справочник. – 2-е изд. – Киев: Наукова думка, 1983. – 424 с.
3. Ерош И.Л., Сергеев М.Б., Соловьев Н.В. – Методы быстрого распознавания символов, пригодные для аппаратной реализации / И. Л. Ерош, М. Б. Сергеев, Н. В. Соловьев // Информационно-управляющие системы, №4, 2004. – 58 с.
4. Пескова С.А., Гуров А.И., Кузин А.В. – Центральные и периферийные устройства электронных вычислительных средств / Под ред. О.П.Глудкина. – М.: Радио и связь, 1999. - с.: ил.
5. Ковалевский В. А. – Методы оптимальных решений в распознавании изображений, В. А. Ковалевский. – «Наука», М., 1976, 328 стр.
6. Фу К. – Структурные методы в распознавании образов / К. Фу ; пер. с англ. Н.В.Завалишина ; под ред. М. А. Айзермана. – М. : Мир, 1977. – 319 с.
7. Исследование алгоритмов распознавания регистрационных номеров автомобилей – Режим доступу:
https://knowledge.allbest.ru/programming/3c0a65625b3ad78a5d43a88521206d37_0.html – Дата доступу: 12.03.2018 – Исследование алгоритмов распознавания регистрационных номеров автомобилей
8. Признаки символов, используемые для автоматического распознавания – Режим доступу:
https://knowledge.allbest.ru/programming/2c0b65625a2ad79a5c53a88521316c27_0.html – Дата доступу: 12.03.2018 – Признаки символов, используемые для автоматического распознавания.

9. Петров С. П. – Сверточная нейронная сеть для распознавания символов номерного знака автомобиля / С. П. Петров // Журнал международного университета «Дубна», №3, 2013.
10. Rūta-701 – Режим доступа: <https://lt.wikipedia.org/wiki/R%C5%ABta-701> – Дата доступа: 30.03.2018 – Rūta-701.
11. Telksnys L.; Zilinskas A. – *Computers in Lithuania. Annals of the History of Computing* / L. Telksnys, A. Zilinskas // *IEEE*, №21, 1999. – 31-37p.
12. Ковалевский В. А – [Методы оптимальных решений в применении к распознаванию образов и к разработке читающих автоматов : Автореф. дис.. д-ра техн. наук : спец.:255–Техническая кибернетика / В. А. Ковалевский ; АН УССР, ин-т кибернетики. – К., 1968. – 43 с.](#)
13. АБВУУ FineReader: взгляд изнутри. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/632560> – Дата доступа: 28.04.2017 – АБВУУ FineReader: взгляд изнутри.
14. Car Number Plate Recognition System - Режим доступа: <https://leater.com/en/services/car-number-plate-recognition-system-.html> – Дата доступа: 30.03.2018 – Car Number Plate Recognition System.
15. 車番認識システムトータルセキュリティと保守メンテナンスのプロフェッショナルの株式会社ネエチア(Система розпізнавання номера автомобіля | Загальна кількість спеціалістів із технічного обслуговування і технічного обслуговування Neetia) – Режим доступа: <http://e-nature.co.jp/product/vehicle/> – Дата доступа: 30.03.2018 – 車番認識システムトータルセキュリティと保守メンテナンスのプロフェッショナルの株式会社ネエチア(Система розпізнавання номера автомобіля | Загальна кількість спеціалістів із технічного обслуговування і технічного обслуговування Neetia).
16. Soomro S. R., Javed M. A., Memon F. A. - Vehicle Number Recognition system for automatic toll tax collection / S. R. Soomro, M. A. Javed, F. A.

Memon // *IEEE, International Conference of Robotics and Artificial Intelligence, 2012.* – 125-129p.

17. Бобков Ю. В. Дистанційний курс «Системи розпізнавання образів (Лабораторні роботи) – Режим доступу:
<http://moodle.ipk.kpi.ua/moodle/course/view.php?id301> – Дата доступу 28.02.2018 – Бобков Ю. В. Дистанційний курс «Системи розпізнавання образів (Лабораторні роботи)».
18. Camera Catalog – All models 2015-2016 // Toshiba Teli Corporation, July 2015. – 44 p.
19. Как вычислить расстояние до объекта по фотографии – Режим доступу:
<https://bootsector.livejournal.com/43436.html> – Дата доступу 04.04.2018 – Как вычислить расстояние до объекта по фотографии.
20. Сегментация – Режим доступу:
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Сегментация_\(обработка_изображений\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сегментация_(обработка_изображений)) – Дата доступу 04.05.2018 – Сегментация
21. Бобков Ю.В., Пахальчук О. В. Розробка та дослідження системи розпізнавання цифр на базі нечіткої логіки в середовищі labview - тези XI Міжнародної науково-технічної конференції «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки, КПІ ім. Ігоря Сікорського - К., 2017. - 63-67 с.
22. Бобков Ю.В., Пахальчук О. В. Розробка та дослідження системи розпізнавання цифр на базі нечіткої логіки в середовищі labview //«Інформаційні системи, механіка та керування» №16, КПІ ім. Ігоря Сікорського - К., - ст. 39-49.
23. Бобков Ю.В., Пахальчук О. В. Розробка системи розпізнавання цифр номерних знаків автомобілів та її віртуального макету в LabVIEW - тези науково-технічної конференції викладачів, науковців, аспірантів та студентів, присвяченої Дню Науки 2018 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського - К., 2018. - 4 с.