

Одеський національний медичний університет
Міністерство охорони здоров'я України

Вінницький національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЛЯШЕНКО АРТЕМ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 004.932.72:617-089

ДИСЕРТАЦІЯ
СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИНДРОМАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ
ЗА ВІДЕОЛАПАРОСКОПІЧНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ

05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи
технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ А. В. Ляшенко

Науковий керівник: Баязітов Микола Рашитович, доктор медичних наук, професор

Вінниця — 2019

АНОТАЦІЯ

Ляшенко А. В. Система автоматизованої синдромальної діагностики за відеолапароскопічними зображеннями. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – Біологічні та медичні прилади і системи. – Одеський національний медичний університет, МОЗ України, Одеса. – Вінницький національний технічний університет, МОН України, Вінниця, 2019.

У дисертаційній роботі викладені результати досліджень щодо підвищення ефективності та якості оброблення лапароскопічних зображень шляхом побудови моделей, методів і системи автоматизованої синдромальної діагностики.

Розвиток комп'ютерних технологій зумовив включення до порядку денного питання, яке полягає в отриманні якісних зображень тканин в зоні оперативного хірургічного втручання лапароскопічним методом. Це, в свою чергу, буде сприяти підвищенню точності та ефективності діагностики, технічному удосконаленню оптичних систем лапароскопів, подальшому розвитку програмних методів і засобів покращення якості цифрових лапароскопічних зображень та всієї малоінвазивної хірургії в цілому.

Такий підхід суттєво зменшує кількість помилок, зумовлених оптичними властивостями систем – дисторсія, астигматизм, хроматична і сферична аберація. Також обґрунтовується медико-технічний аспект задачі, яку вирішено в дисертаційній роботі. Результати аналізу літературного контенту також підтвердили актуальність проблеми класифікації структур черевної порожнини і малої миски у жінок при проведенні лапароскопічного діагностичного дослідження або хірургічного втручання і довели, що на сьогодні методи ендоскопії не завжди забезпечують необхідну специфічність і чутливість діагностики при автоматизованому виявленні підозрілих з точки зору наявності патологічних змін тканин та їх цілеспрямованому дослідженню.

Визначення основних недоліків існуючих автоматизованих систем і технологій для розпізнавання та комп'ютерного аналізу отриманих з різних джерел біомедичних зображень, акцентувало особливу увагу на усуненні таких: застосування методів і підходів, заснованих на обробленні бінарних зображень, що суттєво ускладнює роботу з кольоровими; використання несертифікованого і некаліброваного обладнання; застосування здебільшого offline оброблення відеозображень, хоча число ситуацій, які потребують online режиму, з кожним роком зростає.

У сконцентрованому вигляді все вищезазначене знайшло своє відображення в меті дисертаційного дослідження, яка полягає у підвищенні ефективності діагностики при лапароскопічному дослідженні органів черевної порожнини і малої миски у жінок шляхом розроблення моделей, методів і системи автоматизованої синдромальної діагностики за характеристиками відеолапароскопічних зображень.

Досягнення поставленої мети було забезпечено шляхом реалізації науково і логічно обґрунтованої сукупності розроблених та удосконалених методів, моделей, критеріїв, алгоритмів і технічних засобів, методологічно відображених і сконцентрованих в системі автоматизованої синдромальної діагностики за лапароскопічними зображеннями.

Об'єктом дослідження є процес діагностики і прийняття рішення хірургом-лапароскопістом при проведенні лапароскопічної діагностики; предметом дослідження – моделі, методи та система автоматизованої синдромальної діагностики за лапароскопічними зображеннями.

В процесі досліджень виявлено, що автоматизована діагностика захворювань за результатами аналізу відеозображень вимагає введення процедури ідентифікації комплексу дескрипторів, характерних для певних патологічних синдромів і розроблення діагностичних алгоритмів їх застосування для підвищення ефективності роботи системи автоматизованої синдромальної діагностики, що дозволило ідентифікувати на основі достовірних структур класів, окремі, раніше не виявлені, патологічні синдроми.

Основною задачею виявлення патологічного об'єкта є створення локальної ознаки на основі кольорових показників, коли при розробленні відповідного алгоритму до уваги береться кадр лапароскопічного зображення, параметри якого можна відобразити за допомогою набору гістограм кольорів відповідних каналів. Це зумовило застосування в дисертаційному дослідженні стандарту відеопослідовності MPEG-7, представленого стандартною кольоровою RGB-комбінацією. Водночас, зважаючи на особливості лапароскопічного зображення, а саме – переважання каналу червоного кольору, за наявності артефактів освітлення для розпізнавання зображення, більш гнучкою та адаптивною виявилась кольорова палітра HSV, в якій основними інформативними ознаками є яскравість і насиченість кольору.

Застосування палітри HSV суттєво посприяло розв'язанню задачі ідентифікації об'єктів за диференційними критеріями та ознаками, за умови використання каліброваного лапароскопічного обладнання з можливістю розрахунку передачі кольору, деформації об'єктів та чутливості до світла і забезпечило якісний аналіз патологічних об'єктів.

Створення системи автоматизованої синдромальної діагностики за лапароскопічними відеозображеннями ініціювало розроблення відповідної діагностичної інформаційної технології, висока ефективність якої була доведена при діагностиці уражень печінки та яєчників. Більше того, зазначена ефективність і функціональні можливості були підтверджені при діагнозах, які не входили у вибірки навчання класифікаторів, але були охарактеризовані в рамках ознак відповідного патологічного синдрому.

В дисертаційній роботі розв'язано науково-технічну задачу підвищення ефективності діагностики при лапароскопічному дослідженні органів черевної порожнини і малої миски у жінок шляхом розроблення моделей, методів і системи автоматизованої синдромальної діагностики за характеристиками відеолапароскопічних зображень.

В дисертаційній роботі одержані такі нові наукові результати.

1. Вперше розроблено математичну модель виявлення патологічних синдромів при лапароскопічній діагностиці, яка представлена логічною послідовністю етапів: визначення на відеопослідовності потенційних об'єктів захворювання; розпізнавання та ідентифікації патологічних об'єктів; класифікації їх приналежності до відповідного класу; оброблення та формування діагнозу із застосуванням критеріїв яскравості, кольору, текстури, контуру, що дозволило ідентифікувати на основі достовірних структур класів окремі патологічні синдроми.

2. Удосконалено метод калібрування лапароскопічного обладнання для виявлення патологічних змін на лапароскопічних зображеннях шляхом введення процедури препроцесингу та урахування його оптичних характеристик, що дозволило знизити вплив шуму на якість зображення, підвищити його контраст і насиченість елементів та забезпечити, тим самим, високу якість сегментації відеозображень.

3. Удосконалено структуру процесу аналізу лапароскопічних зображень шляхом введення процедури моніторингу появи синдромальної ділянки на кадровій відеопослідовності в полі зору об'єктиву лапароскопічної камери, що забезпечує виявлення і детекцію патологічних змін в режимі реального часу.

4. Отримав подальшого розвитку метод автоматизованої діагностики захворювань за результатами аналізу лапароскопічних відео-зображень шляхом введення етапу ідентифікації комплексу дескрипторів, характерних для певних патологічних синдромів і розроблення діагностичного алгоритму, які забезпечують підвищення ефективності роботи системи автоматизованої синдромальної діагностики шляхом сегментації зображень за кольором і текстурою з загальною організацією обчислень у вигляді класифікатору.

Результати теоретичних та практичних досліджень, проведених в роботі, мають виразну практичну спрямованість та застосовуються для розроблення системи автоматизованої синдромальної діагностики захворювань черевної порожнини і малої миски, яка забезпечує своєчасне виявлення синдромальної патології на ранніх стадіях захворювання.

Основні практичні результати дисертаційного дослідження такі.

1. Удосконалено алгоритм виявлення патологічних змін за кольоровими ознаками, представленими діапазонами кольорів, які властиві певному класу патологічних змін і характеризуються діапазоном значень, в якому найвищий показник ідентифікації отримано при визначенні кіст печінки (84,0%), а найменший – при діагностиці гепатиту (51,4%).

2. Удосконалено алгоритм локальних бінарних шаблонів для визначення текстурних особливостей зображення шляхом порівняння шаблонних лапароскопічних зображень з досліджуваними та подальшим обчисленням вектора відмінності і застосуванням локального дескриптора, що забезпечило визначення текстурних ознак в режимі реального часу на рівні 79% – для цирозу печінки і 62% – для гепатиту.

3. Застосування розробленої системи автоматизованої класифікації лапароскопічних зображень дозволило своєчасно виявляти та оцінювати патологічний процес, що забезпечило зменшення хибно-позитивних результатів і дозволило попередити оперативні втручання у 64 із 91 обстежених пацієнтів (70,3%) та зниження хибно-негативних діагнозів, що дозволило запобігти прогресивному розвитку захворювання у 45 із 140 (32,1%) пацієнтів. Крім того, зменшення післяопераційних ускладнень спостерігалось у 65,1%, скорочення періоду післяопераційної реабілітації – у 30,5%, а попередження конверсії оперативного втручання – у 34,6% обстежених пацієнтів.

Отримані в дисертаційній роботі результати в подальшому можуть бути використані в лапароскопічній та абдомінальній хірургії для проведення відповідних операцій та визначення рівня оснащення лапароскопічними системами і технологіями різних клінік України.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в практичну діяльність Одеського обласного центру телемедицини на базі Одеської обласної клінічної лікарні та забезпечили найвищу чутливість (88,99%) і специфічність (88,6%) при діагностиці захворювань печінки. Результати роботи також використовується в навчальному процесі кафедри біомедичної інженерії

Вінницького національного технічного університету, що забезпечило високу якість читання лекцій з дисциплін, які пов'язані з обробленням відеозображень і покращило сприйняття матеріалу студентами.

За результатами роботи розроблено систему автоматизованої синдромальної діагностики захворювань органів черевної порожнини і малої миски, яка дозволяє проводити системний аналіз і діагностику стану досліджуваних органів, створювати бази даних, виявляти синдромальну патологію на ранніх стадіях захворювання.

Введення до структури системи автоматизованої синдромальної діагностики за лапароскопічними зображеннями модуля перевірки рішень і тактик лікування на адекватність стану здоров'я пацієнта і підсистеми підтримки прийняття рішення, яка побудована за принципами нечіткої логіки і включає в себе блоки настроювання і зберігання функцій приналежності, базу еталонних лапароскопічних зображень, блок введення інформації та її попереднього оброблення, блок нечіткого виводу, блоки формування і поповнення бази знань, забезпечило виявлення синдромальної патології на ранніх стадіях захворювання з точністю до 90% від всіх діагностованих випадків.

Практичне застосування розробленої системи і технології підтвердило ефективність синдромальної діагностики при нозоформах, які раніше не входили до бази даних навчання класифікатора (ехінококоз, ангіоматоз печінки). Апробація системи показала, що для захворювань печінки найвища специфічність і чутливість відзначаються при діагностиці ангіоматозних запальних змін (88,6% та 88,9% відповідно), а найнижчі значення зазначених показників були отримані при діагностиці цирозу печінки (відповідно 52,8% і 58,0%).

Ключові слова: синдромальна діагностика, лапароскопічне зображення, автоматизована система, оброблення зображень, дескриптор, ідентифікація, критерій оцінювання, алгоритм, модель, метод, класифікація, ефективність.

ABSTRACT

Lyashenko A. V. System of automated syndromic diagnostics by video-laparoscopic images. – Qualification research paper, manuscript copyright.

Dissertation thesis for the degree of a candidate of technical sciences in specialty 05.11.17 – Biological and medical devices and systems. – Odessa National Medical University, MH of Ukraine, Odessa. – Vinnytsia National Technical University, MES of Ukraine, Vinnytsya, 2019.

The dissertation presents the results of research on improving the efficiency and quality of processing laparoscopic images by constructing models, methods and systems for automated syndromic diagnosis.

The global development of computer technology has stated the question, which is to obtain high-quality images of tissues in the area of surgical intervention by laparoscopic method. This, in turn, will help to improve the accuracy and efficiency of diagnosis, to technical improvement of optical systems of laparoscopes, to the further development of software methods and means of improving the quality of digital laparoscopic images and the entire minimally invasive surgery.

This approach significantly reduces the number of errors caused by the optical properties of the system – distortion, astigmatism, chromatic and spherical aberration. The medical-technical aspect of the problem, which is solved in the thesis, is also substantiated. The results of the analysis of the literary content also confirmed the relevance of the problem of classification of structures of the abdominal cavity and small pelvis in women during laparoscopic diagnostic examination or surgery and proved that nowadays endoscopy methods do not always provide the necessary specificity and sensitivity of diagnosis at the automated detection of points in tissues suspected for pathological changes and their purposeful study.

Identifying the main disadvantages of existing automated systems and technologies for the recognition and computer analysis of biomedical images obtained from different sources has focused on addressing the following: the application of

methods and approaches based on binary image processing, which significantly complicates the processing color ones; use of non-certified and non-calibrated equipment; the use of mostly offline video processing, although the number of situations requiring online mode is increasing every year.

Thus, the aim of the dissertation research is to increase the efficiency of diagnostics in laparoscopic examination of abdominal and small pelvis organs in women by developing models, methods and systems of automated syndromic diagnostics according to the characteristics of video laparoscopic images.

Achieving this goal was ensured by the implementation of scientifically and logically valid set of developed and improved methods, models, criteria, algorithms and technical means, methodologically displayed and concentrated in the system of automated syndromic diagnostics by laparoscopic images.

The object of the study is the process of diagnosis and decision making by a laparoscopic surgeon when performing a laparoscopic diagnostics; the subject of research are the models, methods and system of automated syndromic diagnostics by laparoscopic images.

In the course of research it is revealed that automated diagnosis of diseases according to the results of video analysis requires the implementation of a procedure for the identification of a complex of characteristic descriptors of certain pathological syndromes and the development of diagnostic algorithms for their use to improve the efficiency of the automated syndromic diagnosis system, which allows to identify and detect structures, local previously unspecified pathological syndromes.

The main task of detecting any pathological object is to create a local trait based on color indicators, when developing the appropriate algorithm takes into account the frame of laparoscopic image, the parameters of which can be displayed using a set of color histograms of the corresponding channels. This led to the use of the standard video sequence MPEG-7, represented by the standard RGB color combination. At the same time, due to the features of the laparoscopic image, namely the predominance of the red channel in the presence of lighting artifacts, the HSV

color palette was found to be more flexible and adaptive, because its main informative features are the brightness and saturation of the color.

The use of the HSV palette significantly helped to solve the problem of identification of objects by differential criteria and features, provided the use of calibrated laparoscopic equipment with the ability to calculate color transfer, deformation of objects and sensitivity to light and provided a qualitative analysis of pathological objects.

The development of a system for automated syndromic diagnosis by laparoscopic video images initiated the creation of appropriate diagnostic information technology that was also held. Its high efficiency was proven in the diagnosis of liver and ovarian lesions. Moreover, the indicated efficiency and functionality were confirmed in diagnoses that were not included into the training sample of the classifiers, but were characterized within the features of the relevant pathological syndrome.

The dissertation research solves the scientific and technical issue of increasing the efficiency of diagnostics by laparoscopic examination of abdominal and small pelvis organs in women by developing models, methods and system for automated syndromic diagnostics according to the characteristics of video laparoscopic images.

The thesis contains the following new scientific results.

1. A mathematical model for the detection of pathological syndromes in laparoscopic diagnosis has been developed, which is represented by a logical sequence of stages: identification of video objects of potential disease objects in the video sequence; recognition and identification of pathological objects; classification of their belonging to the corresponding class; the processing and diagnosis using the criteria of brightness, color, texture, contour, which allowed us to identify separate, previously undetected pathological syndromes on the basis of reliable class structures.

2. The method of calibration of laparoscopic equipment for the detection of pathological changes in laparoscopic images was improved by introducing a preprocessing procedure and taking into account its optical characteristics, which

allowed to reduce the noise impact on image quality, to increase its contrast and saturation of elements, and thus to provide high quality of image segmentation.

3. The structure of the process of analysis of laparoscopic images has been improved by introducing a procedure for monitoring the occurrence of a syndromic area on a personnel video sequence in the field of view of a lens of a laparoscopic camera, which provides detection and identification of pathology in real time mode.

4. The process of automated diagnostics of diseases by the results of analysis of laparoscopic video images was further developed by introducing the stage of identification of a complex of characteristic descriptors of certain pathological syndromes and development of a diagnostic algorithm, which ensure the efficiency of the system of automated syndromic diagnostics by color and texture image segmentation with the general structure of calculations as a classifier.

The results of theoretical and practical studies performed in the paper have a clear practical orientation and were used to develop a system of automated syndromic diagnosis of diseases of the abdominal cavity and small pelvis, which provides timely detection of syndromic pathology in the early stages of the disease.

The main practical results of the dissertation are as follows.

1. The algorithm for detecting pathological changes by color features was improved, that is represented by color ranges, which are characteristic for a specific class of pathological changes and are characterized by a range of values, in which the highest index of identification was obtained in the determination of liver cysts (84.0%) and the lowest – in the diagnosis of hepatitis (51.4%).

2. The algorithm of local binary templates for the definition of textural features of the image was improved by comparing the template laparoscopic images with the examined ones, and subsequent calculations of the difference vector and the application of the local descriptor, which provided the definition of textural features in the real time mode on the level of 79% for liver cirrhosis and 62% for hepatitis.

3. The use of the developed system for automated classification of laparoscopic images allowed to detect and evaluate the pathological process in a timely manner, which provided reduction of false-positive results and allowed to prevent surgical

interventions in 64 of 91 examined patients (70.3%) and decrease the number of false-negative diagnoses that prevented the progressive development of the disease in 45 of 140 (32.1%) patients. In addition, the reduction of postoperative complications was observed in 65.1%, the reduction of the postoperative rehabilitation period – in 30.5%, and the prevention of conversion of surgical intervention – in 34.6% of the examined patients.

The results obtained in the dissertation can later be used in laparoscopic and abdominal surgery to perform appropriate operations and to determine the level of equipment of laparoscopic systems and technologies in different clinics of Ukraine.

The results of the dissertation were implemented in the practical activity of the Odesa Regional Center of Telemedicine at the Odesa Regional Clinical Hospital and provided the highest sensitivity (88.99%) and specificity (88.6%) in the diagnosis of liver diseases. The results of the work are also used in the educational process at the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, which provided high quality lectures on the subjects related to video processing and improved the perception of material by students.

According to the results of the work, a system of automated syndromic diagnostics of diseases of the abdominal cavity and small pelvis was developed. It allows to carry out systematic analysis and diagnostics of the condition of the investigated organs, to create databases, to detect syndromic pathology in the early stages of the disease.

The structure of the system of automated syndromic diagnostics by laparoscopic images was supplemented with the module of decision checking and treatment tactics for the adequacy of the patient's health and decision support subsystem, which is built on the principles of fuzzy logic and includes blocks of tuning and storage of membership functions, databases of reference frames, the block of input information and its pre-processing, the block of fuzzy output, blocks of formation and updating of the knowledge base. That ensured the detection of syndromic pathology in the early stages of the disease with an accuracy of up to 90% in all diagnosed cases.

The practical application of the developed system and technology confirmed the effectiveness of syndromic diagnosis in nosoforms that were not previously included in the training database of the classifier (echinococcosis, liver angiomas). Testing of the system showed that for liver diseases the highest specificity and sensitivity were observed in the diagnosis of angiomatous inflammatory changes (88.6% and 88.9%, respectively), and the lowest values of these indicators were obtained in the diagnosis of cirrhosis (52.8% and 58%, respectively).

Keywords: syndromic diagnosis, laparoscopic imaging, automated system, image processing, descriptor, identification, evaluation criterion, algorithm, model, method, classification, efficiency.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

[1] А. В. Ляшенко, Л. С. Годлевський, Д. М. Баязітов та А. Б. Бузиновський, “Інформаційно-технічна система автоматизованої лапароскопічної діагностики”, *Радіоелектроніка, інформатика, управління*, № 4, с. 90-96, 2016.

[2] А. В. Ляшенко, Л. С. Годлевський, Д. М. Баязітов та А. Б. Бузиновський, “Застосування алгоритма на основі дескриптора текстури в розпізнаванні відеолапароскопічних зображень”, *Вісник Херсонського національного технічного університету*, № 2 (61), с. 212-217, 2017.

[3] А. В. Ляшенко, Л. С. Годлевський, Д. М. Баязітов та А. Б. Бузиновський, “Застосування алгоритму на основі дескриптора кольору в розпізнаванні лапароскопічних відео зображень”, *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*, № 1 (79), с. 128-133, 2017.

[4] D. N. Bayazitov, A. V. Lyashenko, and A. V. Buzinovsky, “Computer automatic diagnostics (cad) of appenidicites based on classification of laparoscopic images”. *Вестник Южно-Казахстанской фармацевтической академии. Республиканский научный журн*, № 3 (76), с. 17-21, 2016.

[5] А. В. Ляшенко, “Система автоматизованої синдромальної діагностики за лапароскопічними захворюваннями”, *Вісник Хмельницького національного університету, Серія Технічні науки*, № 3 (273), с. 151-158, 2019.

[6] K. V. Selivanova, O. G. Avrunin, O. V. Kobylanski, M. I. Palamarchuk, and A. V. Lyashenko, “Biometric Hand tremor identification on graphics tablet”, *Proceeding of SPIE*, p. 7, 2019.

[7] D. N. Bayazitov et al., “The effectiveness of automatic laparoscopic diagnostics of liver pathology using different methods of digital images classification”, *Pathologia*, vol. 14, no. 2, pp. 182-187, 2017.

[8] Д. Н. Баязітов, А. В. Ляшенко та А. Б. Бузиновський, “Лапароскопическая синдромальная диагностика патологии яичников по

характеристикам цифрових зображень”, на *XV–е чтения В.В. Подвысоцкого: Бюллетень материалов научной конференции, УкрНИИ медицины транспорта*, Одесса, 2016, с. 22-23.

[9] А. Б. Бузиновський, О. С. Коваленко, Д. М. Баязітов, А. В. Ляшенко та О.М. Ненова “Ефективність лапароскопічних хірургічних втручань із застосуванням системи підтримки прийняття рішень”, на *XV–е чтения В.В. Подвысоцкого: Бюллетень материалов научной конференции, УкрНИИ медицины транспорта*, Одесса, 2016, с. 38-39.

[10] А. В. Ляшенко, Д. Н. Баязитов, А. Б. Бузиновский, О.Н. Ненова та К. А. Биднюк, “Анализ цветности цифровых изображений биологической поверхности в дистанционной диагностике заболеваний”, на *XV–е чтения В.В. Подвысоцкого: Бюллетень материалов научной конференции, УкрНИИ медицины транспорта*, Одесса, 2016, с. 123-124.

[11] А. В. Ляшенко, Д. М. Баязітов, А. Б. Бузиновський та Л. С. Годлевський, “Автоматизована діагностика стану печінки за відеолапароскопічними зображеннями”, на *Всеукраїнської наук.-метод. відеоконф. з між народ. участю В зб: Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини*, Запоріжжя, 2016, с. 28-31.

[12] А. В. Ляшенко, Д. М. Баязітов, А. Б. Бузиновський, Г. Заровна та А. Єрін, “Технологія автоматизованої лапароскопічної діагностики стану печінки”, на *Наук. конф. з міжнарод. участю, Конф. молодих вчених Одеського національного медичного університету «Сучасні теоретичні та практичні аспекти клінічної медицини (для студентів та молодих вчених), присвячена 100-річчю з дня народження І. Г. Герцена»*, Одеса, 2017, с. 32-33.

[13] Д. М. Баязітов, А. Б. Бузиновський, А. В. Ляшенко та Л. С. Годлевський, “Ретроспективна порівняльна ефективність хірургічного та медикаментозного лікування пацієнтів за методом побудови дерева рішень”, на *Всеукраїнської наук.-метод. відеоконф. з між народ. участю Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2018*, Запоріжжя, 2018, с. 97-98

[14] Д. Р. Баязітов, А. В. Ляшенко та К. О. Приболовець, “Застосування системи розпізнавання лапароскопічних зображень при наданні хірургічної допомоги при апендициті”, на *Наук.-практ. конф. молодих вчених ОНМедУ з міжнародною участю, присвяченої 100-річчю з дня народження С.І.Корхова*, В зб.: «Сучасні теоретичні та практичні аспекти клінічної медицини». Одеса, 2018, с. 29-30.

[15] А. В. Ляшенко, М. Р. Баязітов, С. М. Злепко, Л. Г. Коваль та Я. І. Ярославський, “Особливості сегментації лапароскопічних відео зображень”, на *Наук.-практ. конф. Медицинская наука и практика в условиях современных трансформационных процессов*, Львів, 2019, с. 33-37.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ..... | 20 |
| ВСТУП..... | 21 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ, ЗАСОБІВ І СИСТЕМ | |
| АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИНДРОМАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗА | |
| ЛАПАРОСКОПІЧНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ..... | |
| 1.1 Аналіз візуальних методів лапароскопічної діагностики | 30 |
| 1.2 Основні критерії і методи виявлення об'єктів на зображенні | 37 |
| 1.2.1 Технології сегментації зображень | 42 |
| 1.3 Методи і технології підвищення інформативності | |
| лапароскопічних зображень | 50 |
| 1.4 Методи ідентифікації об'єктів..... | 59 |
| Висновки до 1 розділу | 63 |
| РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ І МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ | |
| ЛАПАРОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ..... | |
| 2.1 Розроблення методу сегментації кольорового зображення | |
| для виділення патологічних ознак | 67 |
| 2.2 Розроблення методу виявлення сукупності ознак захворювання за | |
| розподілом лапароскопічних зображень на класи | 70 |
| 2.3 Побудова математичної моделі виявлення патологічних | |
| синдромів при лапароскопічній діагностиці | 73 |
| Висновки до 2 розділу | 83 |
| РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ | |
| ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ЛАПАРОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ..... | |
| 3.1 Розроблення алгоритмів локалізації та виявлення | |
| дескрипторів за кольором..... | 84 |
| 3.1.1 Дослідження процедури виявлення патологічних змін за | |
| допомогою алгоритму локалізації за кольором | 91 |

| | |
|--|-----|
| 3.2 Розроблення алгоритмів локалізації та виявлення дескрипторів за контуром..... | 95 |
| 3.2.1 Дослідження процедури виявлення патологічних змін за допомогою алгоритму локалізації за контуром..... | 103 |
| 3.3 Розроблення модифікованого алгоритму локалізації дескриптора за текстурними ознаками на основі локальних бінарних шаблонів..... | 107 |
| 3.3.1 Дослідження процедури виявлення патологічних змін за текстурними ознаками | 113 |
| Висновки до3 розділу | 115 |
| РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИНДРОМАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗА ВІДЕОЛАПАРОСКОПІЧНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ | |
| 4.1 Структурно-функціональна організація системи автоматизованої синдромальної діагностики (САСД). Розроблення структурної схеми системи | 117 |
| 4.2 Апаратні засоби системи автоматизованої лапароскопічної діагностики..... | 128 |
| 4.2.1 Тестування лапароскопічної камери | 130 |
| 4.2.2 Оцінювання розподільчої здатності лапароскопічних камер | 132 |
| 4.2.3 Аналіз характеристик передачі кольору в лапароскопічних камерах | 134 |
| 4.3 Програмна підтримка системи автоматизованої синдромальної діагностики за відеолапароскопічними зображеннями | 141 |
| 4.4 Створення технології автоматизованої синдромальної діагностики з підсистемою підтримки прийняття рішень (ППР) | 146 |
| Висновки до 4 розділу | 149 |
| РОЗДІЛ 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ І СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИНДРОМАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ..... | |
| | 151 |

| | |
|---|-----|
| 5.1 Критерії визначення ефективності методу класифікації патологічних синдромальних захворювань | 151 |
| 5.2 Оцінювання ефективності роботи системи автоматизованої діагностики за лапароскопічними зображеннями | 159 |
| 5.3 Аналіз результатів клінічної діагностики за допомогою бустинга в режимі реального часу | 160 |
| Висновки до 5 розділу | 163 |
| ВИСНОВКИ | 164 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 166 |
| ДОДАТКИ | 195 |
| Додаток А Список публікацій здобувача за темою дисертації | 196 |
| Додаток Б Акти впровадження..... | 198 |
| Додаток В. Методи навчання класифікатора | 201 |
| Додаток Г. Дескриптори виділення ознак | 209 |
| Додаток Д. Препроцесинг зображення | 213 |
| Додаток Е. Метод виділення характерних ознак за головними компонентами..... | 216 |
| Додаток Ж. Текст програмного забезпечення системи..... | 218 |
| Додаток К. Методи калібрування лапароскопічного обладнання | 229 |

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Лапароскопічна хірургія (ЛХ) сьогодні є успішною альтернативою відкритим хірургічним втручанням [Dray X., 2011; Sodergren M.H. et al., 2010; Kano N., 2009; Yan S.L., 2009;]. Переваги ЛХ полягають в малій травматичності, що забезпечує скорочення реабілітації пацієнтів в післяопераційному періоді [Баязітов М. Р. 2007-2012; Грубнік В.В. 1995-2015; Kano N. 2009; Sodergren. 2009]. Водночас основною технічною умовою успіху ЛХ є отримання якісного зображення операційного поля, та можливість збільшення зображення, що зменшує ризик травматичності і число помилок під час виконання операції [Blum T., 2008; Kati D. et al, 2014].

Підвищення ефективності ЛХ відбувається в напрямку мініатюризації лапароскопів, удосконалення оптичних систем та розвитку інформаційних технологій процесингу та аналізу лапароскопічних зображень (ЛЗ) [N. Padoy et al., 2012; R.Stauder et al., 2014; Winsberg F et al., 2006]. Значний прогрес ЛХ сьогодні пов'язано з подальшим розвитком методів виділення необхідної інформації з відповідних зображень [Шлезінгер М. І., 2004, 2013; Xu Y., 2006; Довбиш А. С., 2009-2014; Гольцев А. Д., 2013; Girshick R.V., 2014]. Діагностика за цифровими відеозображеннями здійснюється за кількісними характеристиками пікселів та інтенсивності градієнтів [Т. Blum., 2010], просторово-часовими властивостями [L.Zappella et al., 2013], та комбінаціями окремих характеристик контуру, форми, текстури [Гольцев А. Д., Гриценко В. І., 2013; Bier G.et al., 2018; Lalys F.et al., 2012; Miura S.et al., 2019; Sato M.et al., 2019].

Слід зазначити, що відповідно до завдання автоматизованої лапароскопічної діагностики – online визначення характеру патологічних змін – використовують обмежене число інформативних критеріїв, яке спрямоване на швидке визначення типових синдромальних патологічних змін, спочатку, в полі зору хірурга лапароскопіста [Daniel O'Neill, 2009], а потім на фіксованому

лапароскопічному зображенні. За подібних умов також важливою проблемою залишається коректний вибір інформативних критеріїв – характеристик лапароскопічних зображень, які можуть бути застосовані для ідентифікації типових змін візуалізованої поверхні тканин, а також алгоритмів їх використання [Neofytou M.S. et al., 2008; Nwoye C.I. et al., 2019], що потребує удосконалення всього процесу лапароскопічної діагностики.

Водночас, існує низка факторів, що стримують розвиток лапароскопічних технологій і систем, до яких слід віднести: обмежений рівень інвестицій в лапароскопічне обладнання і технології; дефіцит лікарів, які володіють відповідними лапароскопічними техніками і методиками; недостатній початковий рівень оснащення відеоендоскопічними і телекомунікаційними технологіями обласних і регіональних закладів охорони здоров'я (ЗОЗ); високий відсоток традиційних травматичних методик хірургічного втручання.

На інформаційному рівні існує достатньо питань, пов'язаних з обробленням біомедичних, в т.ч. і лапароскопічних відеозображень, серед яких слід відзначити: неоднозначність виділення інформаційних діагностичних ознак та їх надлишковість; неможливість встановлення точного діагнозу, що зумовлено застосуванням ненормованих характеристик і критеріїв; недостатню ефективність оброблення великих обсягів даних з заданою достовірністю.

Не завжди на відповідному апаратно-програмному рівні здійснюється структурно-функціональна організація оптичних обчислювально-вимірювальних каналів систем автоматичної діагностики; оптимізація технічних рішень базових функціональних елементів комплексів і систем; адекватне оцінювання розроблених моделей і методів.

Таким чином, підвищення ефективності та якості оброблення лапароскопічних зображень шляхом побудови моделей, розроблення методів і систем автоматизованої діагностики найбільш поширених в хірургічній практиці синдромів є важливим та актуальним науково-практичним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась в рамках держбюджетних тем «Аналіз, розробка і впровадження

комплексних інформаційних систем в закладах системи охорони здоров'я» (№ держ. реєстрації 0112u008306, термін виконання 01.2013-12.2017; та 0117u007489, термін виконання 2017-2021 р.р.), які виконувались в Одеському національному медичному університеті МОЗ України, де автор був співвиконавцем.

Мета і завдання дослідження полягає в підвищенні ефективності діагностики при лапароскопічному дослідженні органів черевної порожнини і малої миски у жінок шляхом розроблення моделей, методів і системи автоматизованої синдромальної діагностики за характеристиками відеолапароскопічних зображень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз сучасних методів визначення характеристик лапароскопічних зображень з використанням автоматизованих систем і технологій діагностики за лапароскопічними зображеннями органів черевної порожнини та малої миски у жінок.

2. Визначити комплекс інформативних критеріїв для захвату та класифікації лапароскопічних зображень органів черевної порожнини та малої миски у жінок при запальних і пухлинних ураженнях.

3. Удосконалити метод калібрування лапароскопічного обладнання з урахуванням його оптичних характеристик при ендоскопічному хірургічному втручанні.

4. Розробити модель виявлення за лапароскопічними зображеннями синдромальної патології органів черевної порожнини і малої миски у жінок.

5. Розробити метод визначення за лапароскопічними інформативними ознаками синдромів осередкових і дифузних змін тканин шляхом аналізу кольору, текстури і контуру органів черевної порожнини і малої миски.

6. Запропонувати алгоритмічно-програмну інтерпретацію розроблених методів і моделей.

7. Розробити систему автоматизованої синдромальної діагностики за лапароскопічними зображеннями органів черевної порожнини і малої миски.

8. Впровадити систему синдромальної діагностики, провести її апробацію і визначити ефективність за клінічними показниками.

Об'єктом дослідження є процес діагностики і прийняття рішення хірургом-лапароскопістом при проведенні лапароскопічної діагностики.

Предмет дослідження – моделі, методи та система автоматизованої синдромальної діагностики за ЛЗ.

Методи дослідження: для оброблення даних застосовували методи дискретного оброблення інформації, методи математичної статистики, визначення інформативності показників, методи комп'ютерного зору; для розроблення вирішальних правил - алгоритми ідентифікації патологічних станів за текстурними, контурними, кольоровими характеристиками; для навчання класифікаторів – метод опорних векторів і каскадний метод; для розроблення системи і технології – методи системного аналізу та об'єктно-орієнтованого проектування; для розроблення програмного забезпечення – середовище MS Visual Studio Express і мову програмування C#; для розроблення системи ідентифікації та класифікації – бібліотеку OpenCV; систему управління базами даних (СУБД) і середовище Microsoft SQL SERVER 2008 R2.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

1. Вперше розроблено математичну модель виявлення патологічних синдромів при лапароскопічній діагностиці, яка представлена логічною послідовністю етапів: визначення на відеопослідовності потенційних об'єктів захворювання; розпізнавання та ідентифікації патологічних об'єктів; класифікації їх приналежності до відповідного класу; оброблення та формування діагнозу із застосуванням критеріїв яскравості, кольору, текстури, контуру, що дозволило ідентифікувати на основі достовірних структур класів, окремі-патологічні синдроми.

2. Удосконалено метод калібрування лапароскопічного обладнання для виявлення патологічних змін на ЛЗ шляхом введення процедури препроцесингу та урахування його оптичних характеристик, що дозволило знизити вплив

шуму на якість зображення, підвищити його контраст і насиченість елементів та забезпечити, тим самим, високу якість сегментації відеозображень.

3. Удосконалено структуру процесу аналізу лапароскопічних зображень шляхом введення процедури моніторингу появи синдромальної ділянки на кадровій відеопослідовності в полі зору об'єктиву лапароскопічної камери забезпечує виявлення і детекцію патологічних змін в режимі реального часу.

4. Отримав подальшого розвитку метод автоматизованої діагностики захворювань за результатами аналізу лапароскопічних відео-зображень шляхом введення етапу ідентифікації комплексу дескрипторів, характерних для певних патологічних синдромів і розроблення діагностичного алгоритму, які забезпечують підвищення ефективності роботи системи автоматизованої синдромальної діагностики шляхом сегментації зображень за кольором і текстурою з загальною організацією обчислень у вигляді класифікатору.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблено систему автоматизованої синдромальної діагностики захворювань органів черевної порожнини і малої миски, яка дозволяє проводити діагностику стану досліджуваних органів, створювати бази даних, виявляти синдромальну патологію на ранніх стадіях захворювання з точністю до 90% від всіх діагностованих випадків.

Удосконалено алгоритм виявлення патологічних змін за кольоровими ознаками, представленими діапазонами кольорів, які властиві певному класу патологічних змін і характеризуються діапазоном значень, в якому найвищий показник ідентифікації отримано при визначенні кіст печінки (84,0%), а найменший – при діагностиці гепатиту (51,4%). Удосконалено алгоритм локальних бінарних шаблонів для визначення текстурних особливостей зображення шляхом порівняння шаблонних ЛЗ з досліджуваними та подальшим обчисленням вектора відмінності і застосуванням локального дескриптора, що забезпечило визначення текстурних ознак в режимі реального часу на рівні 79% – для цирозу печінки і 62% – для гепатиту.

Застосування розробленої системи автоматизованої класифікації лапароскопічних зображень дозволило своєчасно виявляти та оцінювати патологічний процес, що забезпечило зменшення хибно-позитивних результатів і дозволило попередити оперативні втручання у 64 із 91 обстежених пацієнтів (70,3%) та зниження хибно-негативних діагнозів, що дозволило запобігти прогресивному розвитку захворювання у 45 із 140 (32,1%) пацієнтів. Крім того, зменшення післяопераційних ускладнень спостерігалось у 65,1%, скорочення періоду післяопераційної реабілітації – у 30,5%, а попередження конверсії оперативного втручання у – 34,6% обстежених пацієнтів.

Отримані в дисертаційній роботі результати в подальшому можуть бути використані в лапароскопічній та абдомінальній хірургії для проведення відповідних операцій та визначення рівня оснащення лапароскопічними системами і технологіями різних клінік України.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в практичну діяльність Одеського обласного центру телемедицини на базі Одеської обласної клінічної лікарні (акт впровадження від 17.12.2018), забезпечити найвищу чутливість (88,99%) і специфічність (88,6%) при діагностиці захворювань печінки. Результати роботи також використовується в навчальному процесі кафедри біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету (акт впровадження від 20.06.2019), що забезпечило високу якість читання лекцій по дисциплінах, що пов'язані з обробленням відео зображень і покращило сприйняття матеріалу студентами.

Особистий внесок дисертанта. Основні результати дисертації отримані автором особисто. У роботах, написаних у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в наступному: в [1] розробив структурну схему системи автоматизованої лапароскопічної діагностики; в [2] визначив умови застосування і розробив структуру алгоритму на основі дескриптору кольору; в [3] запропонував структуру алгоритму на основі дескриптору текстур, визначив його предметну область та можливі обмеження; в [4] розробив комп'ютерну систему розпізнавання і діагностики лапароскопічних зображень,

отриманих при операції апендициту; в [5] запропонував підхід до оцінки ефективності комп'ютерної діагностики на основі двох класифікаторів – ознак Хаара та AdaBoost; в [6] дослідив вплив тремору рук хірурга на якість лапароскопічних хірургічних втручань за критерієм визначення контуру лапароскопічних зображень; у [7] розробив метод класифікації захворювання органів черевної порожнини; в [8] визначив перелік характеристик цифрових лапароскопічних зображень для діагностики патології яєчників; в [9] запропонував застосовувати систему підтримки прийняття рішень для підвищення ефективності лапароскопічних зображень; в [10] визначив особливості аналізу кольору цифрових лапароскопічних зображень в режимі дистанційної діагностики; в [11], [12] розробив технологію автоматизованої лапароскопічної діагностики стану печінки; в [13] обґрунтував можливість застосування методу побудови дерева рішень для ретроспективного порівняння результатів хірургічного і медикаментозного лікування; в [14] обґрунтував необхідність застосування системи розпізнавання лапароскопічних зображень; у [15] визначив і сформулював особливості сегментації лапароскопічних відеозображень.

Апробація результатів дисертації.

Матеріали дисертаційної роботи були представлені та обговорені на наукових конференціях: II міжнародному конгресі «Впровадження сучасних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України» (м. Київ, 2013 р.); науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні досягнення медичної інформатики» (м. Київ, 2013 р.); міжнародній конференції «Інформаційні технології в неврології, психіатрії, епілептології і медичній статистиці» (м. Київ, 2013 р.); Всеукраїнській науково-методичній відеоконференції з міжнародною участю «Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини» (м. Запоріжжя, 2014 р.); наукових конференціях «XV-е читання В.В. Підвисоцького» (Одеса, 2016 р.); «XVI-х читання В.В. Підвисоцького» (Одеса, 2017р.); МНПК «Медична наука і практика в умовах сучасних трансформаційних процесів» (м. Львів, 2019 р.).

Публікації. Матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 15 наукових працях, в тому числі 4 статті у наукових виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань України з технічних наук, 1 – в закордонному виданні, 1 стаття у виданні, яке індексується наукометричною базою даних Scopus, 1 стаття у виданні, яке індексується наукометричною базою даних Web of Sciences, 8 матеріалів і тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 244 сторінках машинописного тексту, складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел та 8 додатків. Основна частина дисертації викладена на 140 сторінках. Дисертаційна робота містить 26 таблиць та 45 рисунків. Список використаних джерел включає 257 найменування, з них 95 кирилицею та 162 латиницею.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] А. В. Ляшенко, Л. С. Годлевський, Д. М. Баязітов та А. Б. Бузиновський, “Інформаційно-технічна система автоматизованої лапароскопічної діагностики”, *Радіоелектроніка, інформатика, управління*, №4, с. 90-96, 2016.

[2] А. В. Ляшенко, Л. С. Годлевський, Д. М. Баязітов та А. Б. Бузиновський, “Застосування алгоритма на основі дескриптора текстури в розпізнаванні відеолапароскопічних зображень”, *Вісник Херсонського національного технічного університету*, №2(61), с. 212-217, 2017.

[3] А. В. Ляшенко, Л. С. Годлевський, Д. М. Баязітов та А. Б. Бузиновський, “Застосування алгоритму на основі дескриптора кольору в розпізнаванні лапароскопічних відео зображень”, *Вісник Житомирського державного технологічного / університету. Серія: Технічні науки*, №1(79), с. 128-133, 2017.

[4] D. N. Bayazitov, A.V. Lyashenko, A.V. Buzinovsky, “Computer automatic diagnostics (cad) of appendicitis based on classification of laparoscopic images”. *Вестник Южно-Казахстанской фармацевтической академии. Республиканский научный журн*, №3(76), с. 17-21, 2016.

[5] А. В. Ляшенко, “Система автоматизованої синдромальної діагностики за лапароскопічними захворюваннями”, *Вісник Хмельницького національного університету, Серія Технічні науки*, №3(273), с. 151-158, 2019.

[6] K. V. Selivanova, O. G. Avrunin, O. V. Kobylanski, M. I. Palamarchuk, F. V. Lyashenko, “Biometric Hand tremor identification on graphics tablet”, *Proceeding of SPIE*, p. 7, 2019.

[7] D. N. Bayazitov et al., “The effectiveness of automatic laparoscopic diagnostics of liver pathology using different methods of digital images classification”, *Pathologia*, vol. 14, no. 2, pp. 182-187, 2017.

[8] Д. Н. Баязітов, А. В. Ляшенко та А. Б. Бузиновський, “Лапароскопическая синдромальная диагностика патологии яичников по

характеристикам цифрових зображень”, XV–е чтения В.В. Подвысоцкого: *Бюллетень матеріалів наукової конференції, УкрНІІІ медицини транспорту, Одеса, 2016, с. 22-23.*

[9] А. Б. Бузиновський, О. С. Коваленко, Д. М. Баязітов, А. В. Ляшенко та О.М. Нєнова “Ефективність лапароскопічних хірургічних втручань із застосуванням системи підтримки прийняття рішень”, XV–е чтения В.В. Подвысоцкого: *Бюллетень матеріалів наукової конференції, УкрНІІІ медицини транспорту, Одеса, 2016, с. 38-39.*

[10] А. В. Ляшенко, Д. Н. Баязітов, А. Б. Бузиновський, О.Н. Нєнова та К. А. Биднюк, “Аналіз цвітності цвітності цифрових зображень біологічної поверхності в дистанційній діагностиці захворювань”, XV–е чтения В.В. Подвысоцкого: *Бюллетень матеріалів наукової конференції, УкрНІІІ медицини транспорту, Одеса, 2016, с. 123-124.*

[11] А. В. Ляшенко, Д. М. Баязітов, А. Б. Бузиновський та Л. С. Годлевський, “Автоматизована діагностика стану печінки за відеолапароскопічними зображеннями”, на *Всеукраїнській наук.-метод. відеоконф. з міжнарод. участю В зб: Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини, Запоріжжя, 2016, с. 28-31.*

[12] А. В. Ляшенко, Д. М. Баязітов, А. Б. Бузиновський, Г. Заровна та А. Єрін, “Технологія автоматизованої лапароскопічної діагностики стану печінки”, на *Наук. конф. з міжнарод. участю, Конф. молодих вчених Одеського національного медичного університету «Сучасні теоретичні та практичні аспекти клінічної медицини (для студентів та молодих вчених), присвячена 100-річчю з дня народження І. Г. Герцена», Одеса, 27-28 квітня 2017, с. 32-33.*

[13] Д. М. Баязітов, А. Б. Бузиновський, А. В. Ляшенко та Л. С. Годлевський, “Ретроспективна порівняльна ефективність хірургічного та медикаментозного лікування пацієнтів за методом побудови дерева рішень”, на *Всеукраїнській наук.-метод. відеоконф. з міжнарод. участю Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2018, Запоріжжя, 25-26 квітня 2018, с. 97-98*

[14] Д. Р. Баязітов, А. В. Ляшенко та К. О. Приболовец, “Застосування системи розпізнавання лапароскопічних зображень при наданні хірургічної допомоги при апендициті”, на *Наук.-практ. конф. молодих вчених ОНМедУ з міжнародною участю, присвяченої 100-річчю з дня народження С.І.Корхова*, В зб.: «Сучасні теоретичні та практичні аспекти клінічної медицини». Одеса. 19-20 квітня 2018, с. 29-30.

[15] А. В. Ляшенко, М. Р. Баязітов, С. М. Злепко, Л. Г. Коваль та Я. І. Ярославський, “Особливості сегментації лапароскопічних відео зображень”, на *Наук.-практ. конф. Медицинская наука и практика в условиях современных трансформационных процессов*, Львів, 23-25 квітня 2019, с. 33-37.

[16] А. Б. Беяев и др., “Технология создания распределенных интеллектуальных систем”, *Переславль-Залесский*, с. 124-137, 1997.

[17] Библиотека компьютерного зрения OpenCV. [Электронный ресурс]. Доступно: http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tutorials/py_objdetect/py_face_detection/py_face_detection.html. Дата обращения:

[18] Е. А. Биднюк, Л. С. Годлевский, И. А. Самченко, О. В. Деньга, Н. Р. Баязитов, А. С. Коваленко и А. В. Ляшенко, “Применение телемедицинских технологий при проведении плановых стоматологических осмотров: методические рекомендации”, *Шымкент*, Одесса, 2013, 28 с.

[19] М. С. Агеев, Б. В. Добров и Н. В. Макаров-Землянский, “Метод машинного обучения, основанный на моделировании логики рубрикатора”, *Труды 5ой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» - RCDL2003*, Санкт-Петербург, Россия, 2003, [Электронный ресурс]. Доступно: <http://rcdl.ru/doc/2003/B2.pdf>. Дата обращения: Груд. 15, 2018.

[20] Т. Т. Ч. Буй, «Алгоритмы распознавания лиц и жестов на основе вейвлет-преобразований и метода главных компонент». Дис. канд. техн. наук, Томск, 2014.

[21] С. В. Абламейко, А. М. Недзведь, *Обработка оптических изображений клеточных структур в медицине*. Минск, Беларуси: ОИПИ НАН, 2005, с. 155.

[22] Л. С. Годлевський, М. Р. Баязитов, К. А. Біднюк, А. В. Ляшенко, “Використання телемедичних засобів в реорганізації процесу надання консультативно-діагностичної допомоги населенню”, *Східноєвропейський журнал громадського здоров'я*, №21, с. 18, 2012.

[23] Г. М. Рутенбург, В. В. Стрижелецкий, Е. М. Альтмарк, Е. В. Шмидт, “Возможности эндовидеохирургии в лечении сочетанных заболеваний”, *Вестник Санкт–Петербургского университета*, №4, с. 51-57, 2007.

[24] Ю. В. Вороненко, О. П. Мінцер, В. В. Краснов, *Електронні навчальні посібники для відображення медичних процедурних знань: принципи, етапи створення, методологія*. Київ, 2009, с. 160.

[25] А. Ю. Гладырева, Н. Н. Будник, А. С. Коваленко, “Исследование показателей качества рентгеновских изображений”, *Электроника и связь 2' Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии»*, с. 62 – 67, 2010.

[26] Б. А. Алпатов, А. А. Селяев, “Алгоритм оценки местоположения объекта на двумерном изображении”, *Изв. вузов. Приборостроение*, Т. XXXI. № 5, с. 3-6, 1988.

[27] О. С. Амосов, “Нейросетевые и нечеткие методы оценивания стохастических систем”. дис. д-ра техн. наук, Комсомольск-на-Амуре, 2004.

[28] А. Д. Гольцев, “Алгоритм последовательного определения текстурных признаков, характеризующих однородные текстурные области, для задачи сегментации изображений”, *Кибернетика и вычислительная техника*, Вип. 173, с. 25-34, 2013.

[29] Х. Гома, UML. *Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений: Пер. с англ.* Москва, Россия: ДМК Пресс, 2002, с. 704.

[30] Р. Гонсалес, Р. Вудс, *Цифровая обработка изображений*. Москва. Россия: Техносфера, 2005, 1072 с.

[31] П. А. Чочиа, “Сегментация изображений на основе анализа расстояний в пространстве признаков”, Т. 50, № 6, с. 97-110, 2014. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://www.sibran.ru/upload/iblock/6c5/6c577369ee7b71132c5a75b17718abff.pdf>. Дата обращения: Дек. 15, 2018.

[32] Д. Н. Баязитов, А. Б. Бузиновский, О. Н. Ненова и К. А. Биднюк, “Анализ цветности цветности цифровых изображений биологической поверхности в дистанционной диагностике заболеваний”, *XV-е чтения В.В. Подвысоцкого: Бюллетень материалов научной конференции*, Одесса, УкрНИИ медицины транспорта, 2016, с. 123.

[33] В. И. Гриценко, Л.М. Козак, А.С. Коваленко, А.А. Пезенцали, Н.С. Рогозинская, В.Г. Осташко, “Медицинские информационные системы как элементы единого информационного медицинского пространства”, *Кибернетика и вычислительная техника*, Вып. 174, с. 30-46, 2013.

[34] Н. А. Гуревич, “Лапароскопическая диагностика и лечение острых хирургических заболеваний органов брюшной полости” авто-рат канд. медю наук, Минск, 2007.

[35] А. С. Довбиш, О.В. Коробченко, “Оптимізація словника ознак розпізнавання інтелектуальної системи керування”, на наук.-практ. конф. *Інформатика, математика, автоматика*, Суми, 2013, с. 37.

[36] А. С. Довбиш, *Основи проектування інтелектуальних систем*, навч. посіб. Суми, Україна: СумДУ, 2009, с. 170.

[37] А.С. Довбиш, І.В. Шелехов, *Основи теорії розпізнавання образів*, навч. Посіб., Суми, Україна: СумДУ, 2015, ч. 1, 109 с.

[38] А. В. Антонов, С. Х. Аль-Шукри, “Эндовидеохирургические операции на почках и верхних отделах мочеточников” *Издательство до «УроМедиа»*, с. 210, 2013.

[39] Д. Баженов, Оценка классификатора (точность, полнота, F-мера). [Электронный ресурс]. Доступно: <http://bazhenov.me/blog/2012/07/21/classification-performance-evaluation.html>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[40] К. Барченко,, А. Васаженко, А. Васюра, “Відстеження об’єктів у відеопослідовностях на основі методу монте-карло”, *Вісник Хмельницького національного університету*, №4, 2012. [Електронний ресурс], Режим доступу: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2012_4/20bar.pdf

[41] Б. Дюран, П. Оделл, *Кластерный анализ*. Москва, Россия: Статистика, 1977.

[42] А. Б. Бузиновський, О. С. Коваленко, Д. М. Баязітов, О. М. Нєнова, “Ефективність лапароскопічних хірургічних втручань із застосуванням системи підтримки прийняття рішень”, на *XV-е научн. конф. В.В. Подвысоцкого УкрНИИ медицины транспорта*, Одесса, 2016, с. 38

[43] Н. Р. Баязитов, Л. С. Годлевский, “Информативность лапароскопических изображений при диагностической минилапароскопии”, *Журнал клинической информатики и телемедицины*, № 1, с. 50 – 56, 2010.

[44] Н. Р. Баязитов, С. Г. Четверіков, В. Ю. Вододюк, О. О. Олійник, “Перший досвід застосування мінілапароскопічних та комбінованих транслюмінальних оперативних втручань в хірургічному лікуванні захворювань органів черевної порожнини”, на *XXII з’їзді хірургів України, Науковий конгрес «IV-ті міжнародні читання»*, Вінниця, 2010, с. 224 – 225.

[45] И. А. Зеленцов, Распознавание образов. Обзорная лекция. [Електронний ресурс], Режим доступу: http://it-claim.ru/Persons/Zelencov/Lecture_text.pdf. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[46] Н.Р. Баязитов, С.В. Калинин, “Телемедицина как приоритетный инструмент информационно–методической организации работы медицинского учреждения”, *Интегративна антропология*, № 2, с. 44 – 49, 2006.

[47] С. Э. Иванов, Лапароскопия яичников. Диагностика удаление и методы реабилитации. [Електронний ресурс], Режим доступу: <http://www.polimed.com/articles-laparoskopiya-jaichnika-diagnosticheskaja.htm>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[48] Ю.С. Иванов, “Обзор нейросетевых технологий в задачах распознавания лиц”, на *Всероссийская научн-практ. конф. Актуальные проблемы математики, физики, информатики в вузе и школе*, 2010, с. 90-94.

[49] А.К. Богданов, В.Д. Проценко, *Практические применения современных методов анализа изображений в медицине*. Учебное пособие, Москва, Россия: РУНД, 2008, с. 77.

[50] Н. Р. Баязитов, “Телехирургия: новые возможности лапароскопических технологий”, *Досягнення біології та медицини*, № 2 (12), с. 84 – 98, 2008.

[51] М. Р. Баязітов, С. В. Калинчук, “Інформаційні технології (ІТ) в роботі лікувально–профілактичних закладів”, *Досягнення біології та медицини*, № 1, с. 82 – 87, 2007.

[52] А. С. Довбиш, Інтелектуальна система діагностування та прогнозування перебігу і наслідків патологічного. Суми, Україна: СумДУ, 2014, с. 124.

[53] М. Р. Баязітов, Л. С. Годлевський, К. А. Біднюк, “Телемедичне консультування пацієнтів хірургічного профілю в телемедичній мережі Одеського регіону”, на *конф. з міжнародн. участю Медична та біологічна інформатика і кібернетика: віхи розвитку*, Київ, 2011, с. 127.

[54] Н. Р. Баязитов, Л. С. Годлевский, А. В. Ляшенко, “Дисторсия и хроматическая аберрация как факторы диагностической информативности лапароскопических изображений”, *Інтегративна антропология*, № 1, с.64 – 69, 2011.

[55] М. В. Каргополова, Роль лапароскопии в диагностике отдаленных метастазов рака шейки матки. [Электронный ресурс], Режим доступа: http://www.medline.ru/public/pdf/13_083.pdf. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[56] В. А. Кислов, В. Е. Оловянный, С. Г. Лихно, “Однопортовая видеоэндоскопическая трансумбиликальная холецистэктомия, первый опыт”, *Эндоскопическая хирургия*, №1, с. 197 – 198, 2009.

[57] Б. А. Кобринский, “Автоматизированные диагностические и информационно-аналитические системы в педиатрии”, *Русский Медицинский Журнал*, Том 7, № 4, с. 6, 1999.

[58] Б.А. Кобринский, “Системы искусственного интеллекта в медицине: Состояние, проблемы и перспективы”, *Новости искусственного Интеллекта*, № 2, с. 65-79, 1995.

[59] О. С. Коваленко, В. І. Буряк, “Стандартизація інформаційних систем медичного обслуговування з урахуванням загальноєвропейської інтеграції”, *Клиническая информатика и телемедицина*, №1, с.35–40, 2004.

[60] О.С.Коваленко, В.Г.Осташко, “Телемедицина – сучасність та майбутнє”, *Медична техніка*, №2(3), с.6– 8, 2008.

[61] М. А. Колосовский, “Влияние шумов камеры на качество работы системы видеонаблюдения”, на *Всероссийская студенческая научн-практ. конф. «Молодая Наука — 2014»*, Москва, 2014, с. 154.

[62] М. А. Колосовский, “Трекинг объектов в задаче видеонаблюдения”, *Программная инженерия*, № 5, с. 32–40, 2014.

[63] М. А. Колосовский, Е. Н. Крючкова, “Оценка свойств изображения для адаптации алгоритма семантической сегментации под конкретное изображение”, на *IV Всероссийская конф. «Знания–Онтологии–Теории» (ЗОНТ–13)*, Новосибирск, 2013, с. 229–233.

[64] А. Колосовський, Модельно–алгоритмічне забезпечення інтелектуальної системи видеонаблюдения за нерегульованими пішохідними переходами. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://www.sibsubtis.ru/upload/iblock/e0d/Колосовский.%20Автореферат.pdf>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[65] Н. Р. Баязитов, А. В. Ляшенко, Е. А. Биднюк, Л. С. Годлевский, “Контрастно-дискриминативные характеристики как фактор диагностической информативности лапароскопических изображений”, *Досягнення біології та медицини*, № 2, с. 63-70, 2012.

[66] П. Г. Круг, *Нейронные сети и нейрокомпьютеры: Учебное пособие по курсу «Микропроцессоры» для студентов, обучающихся по направлению «Ин- форматика и вычислительная техника»*, Москва, Россия: МЭИ, 2002.

[67] Д. Н. Баязитов, А. Б. Бузиновский, “Лапароскопическая синдромальная диагностика патологии яичников по характеристикам цифровых изображений” на *XV-е чтения В.В. Подвысоцкого: Бюллетень материалов научной конференции УкрНИИ медицины транспорта*, Одесса, 2016, с. 22.

[68] Н.А. Лисенко, А. С. Довбиш, “Математичне моделювання діагностики проліферативних захворювань молочної залози”, на міжнародних наук-практ. конф. студентів, молодих вчених, лікарів та викладачів присвячених Дню науки в Україні та 60-річчю СумДУ Сучасні досягнення внутрішньої медицини. Сучасні досягнення в хірургії. Сучасні досягнення теоретичної та практичної медицини, Суми, 2008, с.107.

[69] А. Мальцев, Пару слов о распознавании образов. [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/208090/>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[70] Мартиненко, С.С. Кластеризация биомедицинской информации [Текст] / С.С. Мартиненко // Сучасні інформаційні системи і технології : матеріали Першої міжнародної науково-практичної конференції, м. Суми, 15-18 травня 2012 р. / Ред.кол.: А.С. Довбиш, О.А. Борисенко, І.В. Баранова. — Суми : СумДУ, 2012. — С. 198.

[71] Медицинский центр новых информационных технологий (МЦНИТ). [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://pediatr.mtunet.ru/News/mcnit-30.html>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[72] В. В. Москаленко, А. С. Довбиш, *Вступ до інформаційного аналізу і синтезу інфокомунікаційних систем*, навч. посіб. Суми, Україна: СумДУ, 2016, с. 226.

[73] Нейронные сети. Часть 1. Основы искусственных нейронных сетей. [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/40137/>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[74] Н. В. Некрасова, ЛАПАРОСКОПИЯ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ПЕЧЕНИ. [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.anticancer.ru/articles/articles-345.html>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[75] Л. О. Куцевляк та ін., Осложнения при оперативной лапароскопии. [Электронный ресурс], Режим доступа: http://www.emergencymed.org.ua/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=54. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[76] К. Д. Павлун, А. С. Довбиш, “Інформаційне та програмне забезпечення системи керування електронним мікроскопом”, на *III Міжвузівська наук-техн. конф. викладачів, співробітників і студентів Інформатика, математика, механіка*, Суми, 2008, с. 165-167.

[77] М. С. Попов, Разработка нейросетей, выбор их параметров, их оптимизация для распознавания видеоизображений людей. [Электронный ресурс], Режим доступа: http://neuroface.narod.ru/files/NN_FFI.pdf. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[78] П. Радько, Глава 2. Основы ИНС. [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://neuralnet.info/глава-2-основы-инс/>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[79] Л.М. Касаткина, А.М. Касаткин, А.Д. Гольцев, Д.А. Рачковский “Реализация идей академика Н. М. Амосова в нейросетевых информационных технологиях”, *Кибернетика и вычислительная техника*, Вып. 174, с. 18-29, 2013.

[80] М. С. Руденко, С. С. Мартиненко, “Розпізнавання онкологічних захворювань”, на *IV міжвузівської науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів Інформатика, математика, механіка (ИММ-2009)*, Суми, 2009, с. 45.

[81] Д. А. Рачковский, С. В. Слипченко, Э. М. Куссуль, Т. Н. Байдык, “Свойства кодов числовых величин для схемы случайных подпространств RSC”, *Кибернетика и системный анализ*, № 4, с. 39–52, 2005.

[82] К. А. Біднюк, Л. С. Годлевський, М. Р.Баязітов, А. Б. Ляшенко,

“Система моніторингу стоматологічного статусу пацієнтів з використанням брекет-технологій”, на *II Міжнародномк медичнрмк конгресі «Впровадження сучасних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України»*, Київ, 2013, с.89.

[83] Р. В. Ставицкий, В. П. Гуслистый, А. Д. Беридзе, “Медицинская диагностика и динамика кластерного анализа: алгоритмы кластеризации, некоторые их свойства и возможности применения”, *Проблемы окружающей среды и природных ресурсов*, № 2, с. 24-28, 1997.

[84] Е. А. Биднюк, Л. С. Годлевский, Н. Р. Баязитов, А. В. Ляшенко, “Телемедицинское мониторирование ортодонтических пациентов школьного возраста в системе специализированной диспансеризации” на *Наук-практ. конф. з міжнародною участю «Сучасні здобутки медичної інформатики»*, Київ, 2013, №3, с.48 - 50.

[85] В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко, *Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие*. СПб: СПбГУ ИТМО, с. 192, 2008

[86] И. А. Худобяк, Лапароскопия в гинекологии. [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.diagnos.ru/procedures/manipulation/laparoskopia-gin>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[87] А.А. Хуршудов, В.Н. Марков, “Визуальный трекинг объектов для обучения локальным признакам”, на *III Международной научн-практ. конф. Новейшие исследования в современной науке: опыт, традиции, инновации*, 2015, с. 67–71.

[88] А.А. Хуршудов, “Обнаружение локальных пространственных структур для распознавания изображений”, *Научно-технические ведомости СПбГУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление.*, № 5(205), с. 72–82, 2014.

[89] А.А. Хуршудов, “Построение трехмерных карт признаков на основе видеофрагментов методом оптического потока”, *Научно-технические ведомости СПбГУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление.*, № 2(217), с. 115-125, 2015.

[90] Н. Р. Баязитов, А. В. Ляшенко, Е. А. Биднюк, Л. С. Годлевский, Е. В. Коболев, “Цветовые характеристики изображений, получаемых при применении лапароскопов различного диаметра, в корректной миниинвазивной диагностике”, *Досягнення біології та медицини*, №1 (21), с.61 – 66, 2013.

[91] П. С. Черкас, “Методы, алгоритмы и средства автоматического управления процессом формирования изображений в системах распознавания текстовых меток реального времени”, дис. канд. техн. наук, Череповец, 2013, 149 с.

[92] Эквиализация изображения. [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://algorithmlib.org/equalization>. Дата звернення: Груд. 15, 2018.

[93] В. Н. Юдин, “Система информационной поддержки врачебных решений, основанная на модифицированном методе динамического кластерного анализа”, *Новейшие исследования в современной науке: опыт, традиции, инновации: Сборники трудов ИСП РАН*, с. 103–120, 2002.

[94] P. Zhao, H. Zhu, H. Li et al, “A Directional-Edge-Based Real-Time Object Tracking System Employing Multiple Candidate-Location Generation”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 23, no. 3, pp. 503–517, 2013.

[95] X. Li, W. Hu, C. Shen et al., “A survey of appearance models in visual object tracking”, *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, vol. 4, no. 58, pp. 42, 2013.

[96] T. Abeel, T. Helleputte, Y. Van de Peer, P. Dupont, Y. Saeys, “Robust biomarker identification for cancer diagnosis with ensemble feature selection methods”, *Bioinformatics*, vol. 26(3), pp. 392-398, 2010.

[97] L. V. Ackerman, E.E. Gose, “Breast lesion classification by computer and xeroradiograph”, *Cancer*, vol. 30(4), pp. 1025-1035, 1972.

[98] N. Ahuja, “Dot pattern processing using Voronoi neighborhoods. Pattern Analysis and Machine Intelligence”, *IEEE Transactions on*, vol. 3, pp. 336-343, 1982.

- [99] Al Mutaz MA, S. Dress, N. Zaki, “Detection of masses in digital mammogram using second order statistics and artificial neural network”, *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, vol. 3(3), pp. 176-186, 2011.
- [100] M. Andriluka, S. Roth, B. Schiele, “People-Tracking-by-Detection and PeopleDetection-by-Tracking”, in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2008, vol. 5(1), pp. 136-141.
- [101] A. Koutsia, T. Semertzidis, K. Dimitropoulos et al., “Automated visual traffic monitoring and surveillance through a network of distributed units”, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (ISPRS)*, Beijing, China, 2008, pp. 599–604.
- [102] J.-Y. Bouguet, *Camera Calibration Toolbox for Matlab*. [Online]. Available: http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/. Accessed on: May 03, 2014.
- [103] P. N. Belhumeur, J. P. Hespanha, D. J. Kriegman, “Eigenfaces vs Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, pp. 711-720, 1997.
- [104] R. E. Bellman, “Perturbation techniques in mathematics, engineering and physics”, *Courier Corporation*, pp. 214, 2003.
- [105] M. Ben-Bassat, “Pattern recognition and reduction of dimensionality”, *Handbook of Statistics*, vol. 2, pp. 773-910, 1982.
- [106] Y. Bengio, A. Courville, P. Vincent, “Representation learning: A review and new perspectives”, *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 35(8), pp. 1798–1828, 2013.
- [107] Z. Albisser, “Computer-Aided Screening of Capsule Endoscopy Videos”, *Master’s Thesis Autumn*, University of Oslo, 2015, pp. 250.
- [108] Y. M. Bishop, S. E. Fienberg, W. Paul Holland, *Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice*. USA: Springer, 1995.

- [109] L. Bouarfa, P. P. Jonker, J. Dankelman, “Discovery of high-level tasks in the operating room”, *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 44(3), pp. 455–462, 2011.
- [110] G. Bradski, “The OpenCV library”, *Doctor Dobbs Journal*, vol. 25, no 11, pp. 120–126, 2000.
- [111] V. Bruce. “The role of the face in communication: Implications for videophone design”, *Interacting with computers*, vol. 8(2), pp. 166-76, 1996.
- [112] D . Brzakovic, X. Luo, P. Brzakovic, “An approach to automated detection of tumors in mammograms”, *Medical Imaging, IEEE Transactions on*,; vol. 9(3), pp. 233-41, 1990.
- [113] J. Canny, “Вычислительный подход к обнаружению края”, *Сделки IEEE на Аналитической и Машинной Разведке Образца*, vol. 8(6), pp. 679-698, 1986.
- [114] J. Boisvert, F. Cheriet, G.Grimard, “Segmentation of Laparoscopic Images for computer Assisted Surgery”, *Lecture Notes in Computer Sciences*, Vol. 2749, pp. 587-594, 2003.
- [115] O. Chapelle, P. Haffiier, V. Vapnik, “Support vector for histogram-based image classification”, *IEEE transactions on Neural Networks*, vol. 10(5), pp. 1055-1065, 1999.
- [116] H. Cheng, X. Shi, R. Min, L. Hu, X. Cai, H. Du, “Approaches for automated detection and classification of masses in mammograms”, *Pattern recognition*, vol. 39(4), pp. 646-668, 2006.
- [117] H. Cheng, X. Cai, X. Chen, L. Hu, X. Lou, “Computer-aided detection and classification of microcalcifications in mammograms: a survey”, *Pattern recognition*, vol. 36(12), pp. 2967-2991, 2003.
- [118] R. Chereau, T. P. Breckon, “Robust motion filtering as an enabler to video stabilization for a tele-operated mobile robot”, *Proceedings of Society of PhotoOptical Instrumentation Engineers (SPIE), Electro-Optical Remote Sensing, Photonic Technologies, and Applications VII / SPIE*, no. 88970I, pp. 21, 2013.

[119] K. Cleary, H.Y. Chung, S.K. Mun, “Or 2020 workshop overview: operating room of the future”, *International Congress Series*, vol. 1268, pp. 847–852, 2004.

[120] T. S. Ling, L. K. Meng, L. M. Kuan et al., “Colour-based object tracking in surveillance application”, *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS2009) International Association of Engineers*, vol. 1, pp. 459–464, 2009.

[121] D. Comaniciu, V. Ramesh, P. Meer, “Kernel-based object tracking”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)*, vol. 25, no. 5, pp. 564–577, 2003.

[122] Р.Н. Абу Шамсия, Лапароскопическая абдоминальная хирургия: современные возможности и перспективы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aapu.org.ua/wp-content/uploads/laparoskopicheskaya-abdominalnaya-hirurgiya.pdf>. Дата обращения: Дек. 15, 2018.

[123] D. Stoyanov, G. Z. Yang, “Удаление зеркальных компонентов отражения для автоматизированной лапароскопической хирургии, которой помогают”, на *Международной конференции IEEE по вопросам Обработки изображения, 2005. ICIP 2005*, 2005, vol. 3, pp. 632-635.

[124] O'Neill. Daniel, Video Analytics Software And Intelligent Light Controls Help Satisfy Sustainability, Security. [Online]. Available: <http://www.facilitiesnet.com/security/article/Video-Analytics-Software-and-Intelligent-Light-Controls-Help-Satisfy-Sustainability-Security--11350>. Accessed on: Dec. 15, 2018.

[125] L. Deng. “The MNIST database of handwritten digit images for machine learning research”, *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 29(6), pp. 141–142, 2012.

[126] M. Lux, M. Riegler, “Annotation of endoscopic videos on mobile devices: A bottom- up approach”, in *Proceedings of the 4th ACM Multimedia Systems Conference*, 2013, pp. 141–145.

- [127] DICOM reference guide. Health Devices, vol. 30, no. 1-2, pp. 5 – 30, 2001.
- [128] R. Hussein, U. Engelmann, A. Schroeter, H. P. Meinzer, “DICOM structured reporting: Part 1. Overview and characteristics”, *Radiographics*, vol. 24(3), pp. 891–896, 2004.
- [129] R. Hussein, U. Engelmann, A. Schroeter, H. P. Meinzer, “DICOM structured reporting: Part 2. Problems and challenges in implementation for PACS workstations”, *Radiographics*, vol. 24(3), pp. 897–909, 2004.
- [130] M. Donoser, “Bischof H. Efficient maximally stable extremal region (MSER) tracking”, Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) IEEE, 2006, pp. 553–560.
- [131] X.Dray, P.Marteaux, “The future of gastrointestinal therapeutic endoscopy: NOTES”, *Gastroenterologie Clinique et Biologique*, vol. 33, no 8–9. pp. 758–766, 2009.
- [132] A. Droniou, O. Sigaud, “Da Vinci Products. Intuitive Surgical”, International Conference on Machine Learning, pp. 17-24, 2014.
- [133] M. Zhou et al., “Polyp detection and radius measurement in small intestine using video capsule endoscopy”, *Biomedical Engineering and Informatics*,.- pp. 237–241, 2014.
- [134] EndoNet: A Deep Architecture for Recognition Tasks on Laparoscopic Videos. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1602.03012>. Accessed on: Dec. 15, 2018.
- [135] M. Enzweiler, D. M. Gavrilu, “Monocular pedestrian detection: Survey and experiments”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)*, vol. 31, no. 12, pp. 2179–2195, 2009
- [136] R. Etxeberria, I. Inza, P. Larrañaga, B. Sierra, “Feature subset selection by Bayesian network-based optimization”, *Artificial intelligence*, vol. 123(1), pp. 157-84, 2000.

- [137] F. Lalys, L. Riffaud, D. Bouget, P. Jannin, “A framework for the recognition of high-level surgical tasks from video images for cataract surgeries”, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 59(4), pp. 966–976, 2012.
- [138] F. R. J. Ilgner, P. Christoph, G. S. Andreas, S. Klaus, M. Westhofen T. M. Lehmann, “Colour Texture Analysis for Quantitative Laryngoscopy”, *Acta Otolaryngol*, vol. 123, pp. 730-734, 2003.
- [139] D. Wang, H. Lu, Z. Xiao et al., “Fast and effective color-based object tracking by boosted color distribution”, *Pattern Analysis and Applications*, vol. 16, no. 4, pp. 647–661, 2013.
- [140] G. Forestier, F. Lalys, L. Riffaud, D. L. Collins, J. Meixensberger, S. N. Wassef, T. Neumuth, B. Goulet, P. Jannin, “Multi-site study of surgical practice in neurosurgery based on surgical process models”, *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 46(5), pp. 822 – 829, 2013.
- [141] D. Forsyth, J. Ponce, *Computer Vision: A Modern Approach (2nd Edition)*, USA: Prentice Hall, 2011, pp. 793.
- [142] Y. Matsushita, E. Ofek, X. Tang et al., “Full-frame video stabilization”, *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, IEEE, 2005, vol. 1, pp. 50–57.
- [143] A. Fusiello, E. Trucco, A. Verri, “A compact algorithm for rectification of stereo pairs”, *Machine Vision and Applications*, vol. 12(1), pp. 16–22, 2000.
- [144] S. Gauglitz, T. Hollerer, M. Turk, “Evaluation of interest point detectors and feature descriptors for visual tracking”, *International Journal of Computer Vision (IJCV)*, vol. 94, no. 3, pp. 335–360, 2011.
- [145] P. Gestraud, A. C. Haury, J. P. Vert, “The influence of feature selection methods on accuracy, stability and interpretability of molecular signatures”, *PloS one*, vol. 6(12), 2011. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028210>. Accessed on: Dec. 15, 2018.

- [146] К. Фрейзер, Ф. Ремондино, Методы калибровки цифровых камер. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://masters.donntu.org/2017/igg/raevskiy/library/book_10.html. Дата обращения: Дек. 15, 2018.
- [147] L. Grady, “Random walks for image segmentation”, *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 28(11), pp. 1768–1778, 2006.
- [148] I. Dimitrovski, G. Kakasevski, A. Buckovska et al., “Grid Enabled Computer Vision System for Measuring Traffic Parameters”, *Advances and Innovations III in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, Springer, 2007, pp. 561–565.
- [149] N. Gujaria et al., “Development and use of genic molecular markers (GMMs) for construction of a transcript map of chickpea (*Cicer arietinum* L.)”, *Theor Appl Genet*, vol. 122(8), pp.1577–1589. 2011.
- [150] C-e Guo, S-C. Zhu, Y. N. Wu, “Towards a mathematical theory of primal sketch and sketchability”, *Proceedings Ninth IEEE International Conference on Computer Vision*, IEEE, 2003, pp. 875-903.
- [151] B. Han, D. Comaniciu, L. Davis, “Sequential kernel density approximation through mode propagation: applications to background modeling”, *Proceedings of Asian Conference on Computer Vision (ACCV)*, Asian Federation of Computer Vision Societies, 2004, pp. 6.
- [152] R. M. Haralick, K. Shanmugam, I. H. Dinstein, “Textural features for image classification”, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 6, pp. 610-21, 1973.
- [153] R. M. Haralick, L. G. Shapiro, “Image segmentation techniques”, *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 29(1), pp. 100-132, 1985
- [154] R. M. Haralick, “Statistical and structural approaches to texture”, *Proceedings of the IEEE*, vol. 67(5), pp. 786-804, 1979
- [155] M. A. Hearst, S.T. Dumais, E. Osman et al., “Support vector machines”, *Intelligent Systems and their Applications*, vol. 4, pp. 18–28, 1998.

[156] A. Krizhevsky, G. E. Hinton, “Learning multiple layers of features from tiny images”, *Computer Science Department, University of Toronto, Tech. Rep.*, vol. 1(4), pp. 7–10, 2009.

[157] Z. Huo, et al., “Analysis of spiculation in the computerized classification of mammographic masses”, *Medical Physics*, vol. 22(10), pp. 1569-79, 1995.

[158] I. Invision, Классификация данных методом опорных векторов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/105220/>. Дата звернення: Грудень 15, 2018.

[159] T. Hirano, S. Yoneyama, Y. Okada et al., “Integrating vision and language: semantic description of traffic events from image sequences”, *Advances in Visual Computing*, Springer, 2007, pp. 459–468.

[160] A. Koutsia, T. Semertzidis, K. Dimitropoulos et al., “Intelligent traffic monitoring and surveillance with multiple cameras”, *International Workshop on ContentBased Multimedia Indexing (CBMI)*, IEEE, 2008, pp. 125–132.

[161] A. Jain, D. Zongker, “Feature selection: Evaluation, application, and small sample performance”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.19(2), pp. 153-158, 1997.

[162] A. K. Jain, R. P. W. Duin, J. Mao, “Statistical pattern recognition: A review”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22(1), pp. 4-37, 2000.

[163] A. K. Jain, M. N. Murty, P. J. Flynn, “Data clustering: a review”, *ACM computing surveys (CSUR)*, vol. 31(3), pp. 264-323, 1999.

[164] D. W. Marquardt, “An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters”, *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, Vol. 11, No. 2, pp. 431-441, 1963.

[165] L.-W. Kang, C.-W. Lin, Y.-H. Fu, “Automatic single-image-based rain streaks removal via image decomposition”, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 21, no. 4, pp. 1742–1755, 2012.

- [166] N.Kano, “The future of NOTES from the conservative point of view”, *Journal of HepatoBiliary Pancreatic Surgery*, vol. 16, no. 3, pp. 288–291, 2009.
- [167] A. Karahaliou et al., “Can texture of tissue surrounding microcalcifications in mammography be used for breast cancer diagnosis?”, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, vol. 580(2), pp. 1071-1074, 2007.
- [168] D. Kati et al., “Knowledge-driven formalization of laparoscopic surgeries for rule-based intraoperative context-aware assistance”, *In IPCAI*, vol. 8498 of LNCS, pp. 158–167.
- [169] S. S. Keerthi, O. Chapelle, D. DeCoste, “Building support vector machines with reduced classifier complexity”, *Journal of Machine Learning Research*, vol. 8, pp.1-22, 2006.
- [170] D. Keysers, “Comparison and combination of state-of-the-art techniques for handwritten character recognition: topping the mnist benchmark”, pp. 21–27, 2007. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/0710.2231>. Accessed on: Dec. 15, 2018.
- [171] A. R. Khalifa, “Evaluating the effectiveness of region growing and edge detection segmentation algorithms”, *Journal of American science*, vol. 6, no. 10, pp. 580-587. 2010.
- [172] A. M. Khuzi, R. Besar, W. W. Zaki, N. Ahmad, “Identification of masses in digital mammogram using gray level co-occurrence matrices”, *Biomedical Imaging and Intervention Journal*, vol. 5(3), pp. 17, 2009.
- [173] A.V. Kovalenko et al., “Application of mobile photography with smartphone cameras for Monitoring of early caries appearance in the course of orthodontic correction with dental brackets”, *Applied Medical Informatics*, vol. 4, no. 33, pp. 21-26, 2013.
- [174] A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks”, *In Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 25, pp. 1097–1105, 2016.

- [175] W.-J. Kuo, R.-F. Chang, W. K. Moon, C. C. Lee, D.-R. Chen, “Computer-aided diagnosis of breast tumors with different US systems”, *Academic radiology*, vol. 9(7), pp. 793-799, 2002
- [176] L.S. Godlevsky et al., “Application of mobile photography with smartphone cameras for monitoring of orthodontic correction with dental brackets”, *China Journal of Modern Medicine*, vol. 15, pp. 10-14, 2014.
- [177] L.Zappella, B.Bjar, G. Hager, R.Vidal, “Surgical gesture classification from video and kinematic data”, *Medical Image Analysis*, vol. 17(7), pp.732-745, 2013.
- [178] E. Lachat et al., “First Experiences With Kinect V2 Sensor for Close Range 3D Modelling”, in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Spain, 2015, pp. 93-100.
- [179] F. Lalys, D. Bouget, L. Riffaud, P. Jannin, “Automatic knowledge-based recognition of low-level tasks in ophthalmological procedures”, *IJCARS*, vol. 8(1), pp. 39-49, 2012.
- [180] J. E. Larsson, B. Hayes-Roth, “Guardian: An Intelligent Autonomous Agent for Medical Monitoring and Diagnosis”, *IEEE Intelligent Systems and their Applications*, vol. 13(1), pp. 58-64, 1998. [Online]. Available: <http://www.medinfosource.com/catalog/670info.html>. Accessed on: Dec. 15, 2018.
- [181] Z. Zhang, “A Flexible New Technique for Camera Calibration”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, no. 11, pp. 1330-1334, 2000.
- [182] B. Leibe, E. Seemann, B. Schiele, “Pedestrian detection in crowded scenes”, in *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, IEEE, 2005, vol. 1, pp. 878–885.
- [183] H. Li, M. Kallergi, L. Clarke, V. Jain, R. Clark, “Markov random field for tumor detection in digital mammography”, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 14(3), pp. 565-76, 1995.

- [184] L. Li, W Qian, L. P. Clarke, R. A. Clark, J. A. Thomas, “Improving mass detection by adaptive and multiscale processing in digitized mammograms”, *Medical Imaging, International Society for Optics and Photonics*, pp. 147-169, 1999.
- [185] G. S. Lodwick, C. L. Haun, W. E. Smith, R. F. Keller, E. D. Robertson, “Computer Diagnosis of Primary Bone Tumors: A Preliminary Report 1”, *Radiology*, vol. 80(2), pp. 273-275, 1963.
- [186] L. B. Lusted, “Medical electronics”, *The New England journal of medicine*, vol. 252(14), pp. 580-585, 1955.
- [187] M. Tham, L. Shen, S. L. Lee, H. H. Tan, “A general approach for analysis and application of discrete multiwavelet transforms”, *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 48(2), pp. 457-464, 2000.
- [188] M. S. Neophytou, V. Tanos, I. P. Constantinou, M. S. Pattichis, E. C. Kyriacou, and C. S. Pattichis, “Computer–Aided Diagnosis in Hysteroscopic Imaging”, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 19, no. 3, pp. 1129-1136, 2014.
- [189] E. Maggio, P. Tsai, A. Cavallaro, “Video tracking: theory and practice”, John Wiley & Sons, 2011. 108
- [190] J. Malik, D. Koller, J. Weber, “Robust multiple car tracking with occlusion reasoning”, Berkeley, USA: University of California, 1994, pp. 189-196.
- [191] А.В. Козырева, О некоторых способах калибровки видеокамеры. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor_kas_13_kozyreva_2.pdf. Дата обращения: Дек. 15, 2018.
- [192] M. E. Mavroforakis , H. V. Georgiou , N. Dimitropoulos, D. Cavouras, S. Theodoridis, “Mammographic masses characterization based on localized texture and dataset fractal analysis using linear, neural and support vector machine classifiers”, *Artificial Intelligence in Medicine*, vo;. 37(2), pp.145-162, 2006.
- [193] M. McDaris-Dass, “Telesurgery: The Medical Wave of the Future”, University of Southern California: Technology Commercialization Alliance, pp. 161-174.

[194] Microsoft Visual Studio. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.visualstudio.com/ru-ru/visual-studio-homepage-vs.aspx>. Дата звернення: Грудень 15, 2018.

[195] K. Mikolajczyk, C. Schmid, “A Performance Evaluation of Local Descriptors”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.27, no.10, pp. 1615-1630, 2005.

[196] P. Miller, S. Astley, “Classification of breast tissue by texture analysis”, *Image and Vision Computing*, vol. 10(5), pp. 277-282, 1992.

[197] A. Mitiche, P. Bouthemy, “Computation and analysis of image motion: A synopsis of current problems and methods”, *International Journal of Computer Vision (IJCV)*, vol. 19, no. 1, pp. 29–55, 1996.

[198] A. K. Mohanty, S. Beberta, S. K. Lenka, “Classifying benign and malignant mass using GLCM and GLRLM based texture features from mammogram”, *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 1(3), pp. 687-693, 2011.

[199] AK Mohanty, PK Champati, SK Swain, SK Lenka, “A review on computer aided mammography for breast cancer diagnosis and classification using image mining methodology”, *International Journal of Computer Science and Communication*, vol. 2(2), pp. 531-538, 2011.

[200] N. Padoy, T. Blum, S. A. Ahmadi, H. Feussner, M. O. Berger, N. Navab, “Statistical modeling and recognition of surgical workflow”, *Medical Image Analysis*, vol. 16(3), pp. 632–641, 2012.

[201] В. М. Глаголев, “Описание и программное устранение дисторсии объективов”, *Известия Тульского государственного университета, Технические науки*, Вып. 9, Ч. 2, с. 188-195, 2017.

[202] S. L. Yan, M. T. Fawcett, “NOTES: new dimension of minimally invasive surgery”, *ANZ J. Surgery*, vol. 79, no. 5, pp. 337–343, 2009.

[203] T. Ojala, K. Valkealahti, E. Oja, M. Pietikäinen, “Texture discrimination with multidimensional distributions of signed gray-level differences”, *Pattern Recognition*, vol. 34(3), 727-739, 2001.

[204] B. A. Olshausen, “Emergence of simple-cell receptive field properties by learning a sparse code for natural images”, *Nature*, no. 6583, pp. 607–609, 1996.

OpenCV library: Version 2.4.6. [Online]. Available: <http://opencv.org>. Accessed on: Dec. 15, 2018.

[205] K. E. Papoutsakis, A. A. Argyros, “Integrating tracking with fine object segmentation”, *Image and Vision Computing*, vol. 31, no. 10, pp. 771–785, 2013.

[206] R. Sznitman, C.J. Becker, P. Fua, “Fast part-based classification for instrument detection in minimally invasive surgery”, *In MICCAI*, pp. 692–699, 2014.

[207] R. Stauder, A. Okur, L. Peter, A. Schneider, M. Kranzfelder, H. Feussner, N. Navab, “Random forests for phase detection in surgical workflow analysis”, *In IPCAI*, vol. 8498 of LNCS, pp. 148–157, 2014

[208] L. Ralaivola, F. d’Alcher Buc, “Incremental Support Vector Machine Learning: A Local Approach”, *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2130, pp. 322-329, 2001.

[209] M. Rastgarpour, J. Shanbehzadeh, “Application of AI Techniques in Medical Image Segmentation and Novel Categorization of Available Methods and Tools”, in *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011, IMECS 2011*, Hong Kong, 2011.

[210] P. Rawat, J. Singhai, “Efficient Video Stabilization Technique for Hand Held Mobile Videos”, *International Journal of Signal Processing, Image Processing & Pattern Recognition*, vol. 6, no. 3, pp. 17–32, 2013.

[211] X. Ren, J. Malik, “Tracking as repeated figure/ground segmentation”, in *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, IEEE, 2007, pp. 1–8.

[212] R. I. Hartley, Self-Calibration of Stationary Cameras. [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.68.9707&rep=rep1&type=pdf>. Accessed on: Dec. 15, 2018.

- [213] K. Robert, Test monitor. [Online]. Available: https://www.overclockers.ru/lab/68092_3/obzor-i-testirovanie-monitora-dexp-w240.html. Accessed on: Dec. 15, 2018.
- [214] S. A. Karkanis, D. K. Iakovidis, D. E. Maroulis, D. A. Karras, M. Tzivras, “Computer-Aided Tumor Detection in Endoscopic Video Using Color Wavelet Features”, *IEEE Trans. on Info. Tech. in Biom.*, vol. 7, no. 3, pp. 141-152, 2003.
- [215] R. Sabeenian, V. Palanisamy, “Texture Image Classification using Multi Resolution Combined Statistical and Spatial Frequency Method”, *International Journal of Technology And Engineering System(IJTES)*, vol. 2, no. 1, pp. 213-234, 2007.
- [216] B Sahiner et al., “Classification of mass and normal breast tissue: a convolution neural network classifier with spatial domain and texture images”, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 15, no. 5, pp. 598-610, 1996.
- [217] P. K. Sahoo, S. Soltani, A. K. Wong, “A survey of thresholding techniques”, *Computer vision, graphics, and image processing*, vol.; 41, no. 2, pp. 233-260, 1988.
- [218] L. Seong-Wang, J. K. Young. “Off-line Recognition of Totally Unconstrained Handwritten Numerals Using Multilayer Cluster Neural Network”, in *Proc. Of the 12th IAPR International Conference on Pattern Recognition. Jerusalem, Israel, 1994*, pp. 507-509.
- [219] A. Shashua, Y.Gdalyahu, G. Hayun, “Pedestrian detection for driving assistance systems: Single-frame classification and system level performance”, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 1–6, 2004.
- [220] S. Shimojo, G. H. Silverman, K. Nakayama, “Occlusion and the solution to the aperture problem for motion”, *Vision research*, vol. 29(5), pp. 619–626, 1989.
- [221] W. Siedlecki, J. Sklansky, “On automatic feature selection”, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol. 2(02), pp. 197-220, 1988.

[222] Y. Shu, G.A. Bilodeau, F. Cheriet, “Segmentation of laparoscopic images: Integrating graph-based segmentation and multistage region merging”, in *Conference The 2nd Canadian Conference on Computer and Robot Vision (CRV'05)*, Victoria, BC, Canada, 2005.

[223] H. Soltanian-Zadeh, F. Rafiee-Rad, “Comparison of multiwavelet, wavelet, Haralick, and shape features for microcalcification classification in mammograms”, *Pattern Recognition*, vol. 37(10), pp. 1973-1986, 2004.

[224] C. Stauffer, W. E. L. Grimson, “Adaptive background mixture models for real-time tracking”, in *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, IEEE, 1999, Vol. 2, pp. 7.

[225] V. Sturmangriff, Применение локальных бинарных шаблонов к решению задачи распознавания лиц. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/193658/>. Дата звернення: Груд. 15, 2018

[226] T. Blum, H. Feussner, N. Navab, “Modeling and segmentation of surgical workflow from laparoscopic video”, *In MICCAI*, vol. 6363 of LNCS, pp. 400–407, 2010.

[227] Ba Tu. Truong, S. Venkatesh, “Determining dramatic intensification VIA flashing lights in movies”, *Computer Society Digital Library (CSDL)*, vol. 112, pp. 12-23, 2012.

[228] M. Tuceryan, A. Jain, “Texture Analysis”, in *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*, World Scientific, 1993, pp. 235-276.

[229] M. Tuceryan, A. K. Jain, “Texture segmentation using Voronoi polygons”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 12(2), 211-216, 1990.

[230] T. Tuytelaars, K. Mikolajczyk, “Local Invariant Feature Detectors: A Survey”, *Foundation and Trends in Computer Vision*, vol.3, no. 3, pp. 177-280, 2007.

[231] M. Valera, S. Velastin, “Intelligent distributed surveillance systems: a review”, *IEE Proceedings Vision, Image and Signal Processing*, vol. 152, pp. 192–204, 2005.

[232] A. Vedaldi, A. Fulkerson, VLFeat: An Open and Portable Library of Computer Vision Algorithms. [Online]. Available: URL: <http://www.vlfeat.org/> Accessed on: Dec. 15, 2018.

[233] C. J. Veenman, M. J. Reinders, E. Backer, “Resolving motion correspondence for densely moving points”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)*, vol. 23, no. 1, pp. 54–72, 2001.

[234] B. Verma, J. Zakos, “A computer-aided diagnosis system for digital mammograms based on fuzzy- neural and feature extraction techniques”, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 5(1), pp. 46-54, 2001.

[235] G. Adinarayana et al., “Video surveillance system for speed violated vehicle detection”, *International Journal of Electronics & Communication Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 50–54, 2011.

[236] P. Viola, M. J. Jones, D. Snow, “Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance”, in *Ninth International Conference on Computer Vision (ICCV)*, IEEE, 2003, pp. 734–741.

[237] P. Viola, M. J. Jones, “Robust Real-Time Face Detection”, *International Journal of Computer Vision*, vol. 57, no. 2, pp. 137-154, 2004.

[238] Vishal B. Langote, Dr. D. S. Chaudhar, “Segmentation Techniques For Image Analysis”, *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, vol. 1, no. 2, pp. 253-255, 2012.

[239] Visual C#. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/kx37x362.aspx>. Дата звернення: Грудень 156, 2018

[240] A. Smeulders, et al., “Visual tracking: An experimental survey”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)*, vol. 36, no. 7, pp. 1442–1468, 2013.

[241] K. Toyama et al., “Wallflower: Principles and practice of background maintenance”, in *The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, IEEE, 1999, vol. 1, pp. 255–261.

- [242] J. Wang , Y. Yagi, “Integrating color and shape-texture features for adaptive realtime object tracking”, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 17, no. 2. pp. 235–240, 2008.
- [243] G. Wang, D. Kim, J. Gu, “Review on vehicle detection based on video for traffic surveillance”, in *International Conference on Automation and Logistics (ICAL)*, IEEE, 2008, pp. 2961–2966.
- [244] S. Wang, *Learning to Extract Parameterized Features by Predicting Transformed Images*. Toronto, 2011, pp. 53.
- [245] J. Weston, A. Elisseeff, B. Schölkopf, M. Tipping, “Use of the zero norm with linear models and kernel methods”, *The Journal of Machine Learning Research*, vol. 3, pp. 1439-61, 2003.
- [246] E. Wiggin, Lucas-Kanade Tracker with pyramid and iteration. [Online]: Available: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/30822>. Accessed on: Dec. 15, 2018.
- [247] T. H. Wing, L. HaoWooi, H. Yong, “Two-Stage License Plate Detection Using Gentle Adaboost and SIFT-SVM”, in *First Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems*, Dong Hoi, 2006, pp. 109-114.
- [248] F. Winsberg, M. Elkin, Jr. J. Macy, V. Bordaz, W. Weymouth, “Detection of Radiographic Abnormalities in Mammograms by Means of Optical Scanning and Computer Analysis 1”, *Radiology*, vol. 89(2), pp. 211-215, 1967.
- [249] Y. Xu, H. Ji, C. Fermuller, “A projective invariant for textures”, in *2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06)*, New York, 2006, pp. 145-158.
- [250] A. Yadollahpour, “Early Breast Cancer Detection using Mammogram Images: A Review of Image Processing Techniques”, *Biosciences Biotechnology Research Asia*, vol. 12, pp. 225-234, 2015.
- [251] Y. Zhang, H. Qu, Y. Wang, “Adaptive image segmentation based on fast thresholding and image merging”, in *16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence-Workshops (ICAT'06)*, Hangzhou, 2006, pp.

[252] J. Zhu, S. Rosset, T. Hastie, R. Tibshirani, “1-norm support vector machines”, *Advances in neural information processing systems*, vol. 16, no. 1, pp. 49-56, 2004.

[253] F. Zuo, P. H. N. de With, “Fast facial feature extraction using a deformable shape model with haarwavelet based local texture attributes”, *Image Processing*, vol. 3, pp. 1425–1428.,2004.

[254] С. В. Фролов, Т. А. Фролова, *Приборы, системы и комплексы медико-биологического назначения*, Тамбов, Россия: Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017.

[255] Источник света DSS0A: светитель с ксеноновым и галогенным источником света для эндоскопических операций. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://medexim.ua/catalog/endoscopy/dss0a.html>. Дата обращения: Дек. 15, 2018.

[256] Люксметр Ю-116 Ю-117 – описания, технические характеристики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pribori.net.ua/U116.html>. Дата обращения: Дек. 15, 2018.

[257] Измерительный прибор. Эндоскоп ronex OU. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ronex.ee/ProductsRU/Endoscopes,_video-inspection_tools_RU. Дата обращения: Дек. 15, 2018.