

СТАНОВИЩЕ

от .проф. д-р Милена Николова Милева - Карова
Технически Университет Варна/ Висше Училище по Мениджмънт Варна.
на дисертационния труд на Любомир Евгениев Манов
на тема

„ОТКРИВАНЕ И РАЗПОЗНАВАНЕ НА ЧАСТИЧНО ВИДИМИ ОБЕКТИ
С ВОЕННО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ В ОПТИЧНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ С
ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ”,

представен за придобиване на образователната и научна степен „доктор”
по докторска програма „Автоматизирани системи за обработка на
информация и управление“

1. Актуалност и значимост на разработвания научен проблем

Предоставеният за становище дисертационен труд разработва изключително актуален проблем в научноприложно отношение, а именно проблема с откриване и разпознаване на частично видими обекти с военно предназначение в оптични изображения с използване на изкуствен интелект. Темата е актуална и в посока на научно и научно - практическо отношение. Докторантът използва най-съвременни начини за разпознаване на обекти в оптични изображения, което предполага нужната квалификация и практически знания, които той несъмнено притежава.

Докторантът е направил широк литературен обзор по тематиката на дисертацията. В своята литературна справка той е цитирал 136 източника, обхващащи периода основно от 2006г. до 2025г., като са включени и няколко класически произведения в областта от 1969 и 1989. Начинът на изложение, терминологията и нивото на представената записка говорят за много добро познаване на проблематиката. В дисертационния труд е направен много добър анализ на необходимостта за откриване и разпознаване на частично видими обекти с военно предназначение. Посочени са предимствата на развитието на изкуствения интелект и дълбоко структурираното обучение на многослойни невронни мрежи, което предполага нови възможности за автоматизирана обработка на големи обеми от визуална информация. Бурното развитие на конволюционните невронни мрежи (CNN) и свързаните с тях архитектури и методи на обучение, показват значителен напредък при решаването на задачи по откриване и разпознаване на обекти в изображения. Приложението им в специфичната област при откриване на изображения с частична видимост при обекти с военно предназначение е недостатъчно изследвано. Това е предпоставка за направената разработка и изследвания, адаптирани към военната област с прилагане на невронни архитектури, тренировъчни стратегии и набори от данни, съобразени с особеностите на задачата.

Като допълнителен мотив за разработката на дисертационния труд е представена необходимостта от повишаване на степента на автоматизация и обективност при вземането на решения на тактическо и оперативно ниво. Чрез внедряване на методи на изкуствения интелект в системите за наблюдение и анализ се цели намаляване на

натоварването върху операторите, ограничаване на субективния фактор и повишаване на своевременността и надеждността на предоставяната информация.

Планирането и управлението на военните операции трябва да се основава на точна, надеждна и своевременна информация, която се осигурява от автоматизирани системи, базирани на методи на изкуствения интелект и в частност дълбоко структурираното обучение на многослойни невронни мрежи. Разработената и изследвана от докторанта програмна система напълно обезпечава изискванията на съвременните системи за разузнаване, наблюдение и целеуказване.

Изключително добре е формулирана основната цел на разработката. Много добре са разработени математическите модели и алгоритми за откриване и разпознаване на частично видими обекти с военно предназначение в оптични изображения, в съответствие с поставените задачи.

Научната новост в дисертационния труд се заключава в предложения подход за разпознаване на частично закрити военни обекти в оптични изображения от структурирана специализирана база от данни с използване на невронни архитектури с дълбоко структурирано обучение. За целта са изпълнени множество задачи: 1) извършен е анализ на съществуващите подходи за откриване и разпознаване на обекти в оптични изображения с използване на невронни мрежи; 2) структурирана е специализирана база от данни от оптични изображения на военната техника с частично закритие на обекти; 3) извършена е оценка на набор от съвременни предварително обучени невронни мрежи чрез създадената база от данни от оптични изображения на военна техника; 4) осъществен е избор на невронна архитектура на многослойна невронна мрежа; 5) невронна мрежа за откриване, разпознаване и класификация на частично закрити военни обекти в оптични изображения е проектирана, изследвана и реализирана.

Избраните методики на изследване и разработка напълно съответстват на поставената цел и формулираните задачи за постигането ѝ.

2. Оценка на научните резултати и приносите на дисертационния труд.

Направеният систематичен литературен обзор в първа глава на дисертационния труд показва широко познаване на тематиката на разработката и спомага за обогатяване на съществуващите знания на общността, занимаваща се с откриване и разпознаване на обекти с частична видимост в изображения в областта на военното дело.

Анализът на алгоритмите и подходите при работа с многослойни невронни мрежи, изборът на активационна функция, правилната инициализация на теглата, техниките за регуларизация и целия математически апарат са много добра основа за реализацията на новаторски подход при откриване и разпознаване на частично закрити оптични изображения.

Авторът на дисертационния труд е направил основни експерименти по отношение на: оценка на точността на предварително обучени невронни мрежи и трансфер на знания. Резултатите са обобщени и ясно са формулирани изводите, доказващи по-късно дефинираните приноси.

Направен е сравнителен анализ на резултатите от експериментите в 3 етапа.

Целта на първия експериментален етап е да се оцени базовата способност на различните архитектури да се обучават и обобщават върху оригиналната, не разширена база от данни на изображения. Сравнителният анализ на резултатите в дисертационния труд показва нарастване на точността с увеличаване на архитектурната дълбочина до определен праг, след което подобрието се забавя и дори намалява.

Основният фокус при експериментите от етап 2 е оценката на способността на архитектурите да класифицират частично видими обекти при нарастване на обучаващия набор, и без въвеждане на допълнителни фактори в обучението като частична видимост

на обектите. Тези резултати демонстрират, че увеличаването на обучаващите данни подобрява класификационната точност при частична видимост, но не е достатъчно (не преминава 90 %).

Целта на третия експериментален етап е да се оцени способността на различните конволюционни невронни архитектури да класифицират точно частично видими военни обекти, като обучението се провежда директно върху колекция от снимки на военни обекти разширена с контролирана частична оклузия достигаща до 50 %. Резултатите показват значително подобрене в точността при класификация на частично видими обекти спрямо предходните етапи. Наблюдава се ясно изразен максимум при архитектури със средна дълбочина (6 – 8 конволюционни слоя), при които се постига най-добър баланс между точност и дълбочина на мрежата.

Като резултат от проведените експерименти е избрана и представена детайлно архитектурата, която удовлетворява всички поставени критерии и постига класификационна точност над 95 % при минимален брой конволюционни слоеве.

Техниката за трансфер на знания се явява ефективен метод за адаптиране на съществуващи модели към специфична задача за разпознаване на военни обекти. Обучението на невронни мрежи с аргументирани изображения с частично закрити обекти води до съществено повишаване на точността при класифициране на частично видими военни обекти.

Приемам отбелязаните приноси така, както са представени в дисертационния труд:

Научно-приложни приноси:

1. Осъществен е аналитичен обзор на съществуващите методи на изкуствения интелект за откриване и разпознаване на обекти в оптични изображения, включително такива на военна техника, както и при наличие на частично закриване на наблюдаваните в кадъра обекти.

2. Структурирана е специализирана база от данни с оптични изображения на военна техника, включваща сцени от реални бойни и тренировъчни условия, частично закрити обекти и изображения с множество цели в кадъра. Базата от данни е приспособена за обучение, тестване и оценка на работата на невронни мрежи при задачи, свързани с разпознаване на изображения с приложение във военната област.

3. Извършена е систематична експериментална оценка на съвременни предварително обучени известни невронни архитектури, върху специализираната база от данни, чрез което са установени техните възможности и ограничения при разпознаване на военни обекти, включително при условия на частично закриване и повишена сценична сложност.

4. Предложен е подход за обучение на специализирана архитектура на многослойна конволюционна невронна мрежа, предназначена за откриване и разпознаване на частично видими обекти с военно предназначение в оптични изображения. Избраният подход е с фокус върху устойчивост при частично закриване, сложен фон и наличие на множество обекти, което я отличава от стандартните решения, ориентирани към цивилни приложения.

5. Проектирана, реализирана и експериментално оптимизирана е конволюционна невронна мрежа в развойната програмна среда на MATLAB, която се характеризира с по-добра устойчивост при частично закриване и по-добро съотношение между точност и изчислителна ефективност в сравнение с изследваните претренирани архитектури.

6. Предложен е каскаден модел за семантично филтриране, при който предварително тренирана невронна мрежа изпълнява ролята на първичен домейнов филтър, а специализираната невронна мрежа осъществява детайлната класификация на

военните обекти. Моделът осигурява разграничаване на военни и цивилни обекти без необходимост от пълно преобучение чрез разширен набор от класове.

7. Разработен е алгоритъм за разпознаване на допълнителни класове чрез вече налични признаци, извлечени от предварително тренирана невронна мрежа. Алгоритъмът използва статистически интервали и претеглено оценяване в пространството на признаците, без да се изменя първоначалната архитектура и без промяна на броя на изходните класове на мрежата.

8. Интегриран е алгоритъм за локализиране на военни обекти в изображения чрез имплементиране на „пльзгащ“ прозорец, при което разработената невронна мрежа се използва като специализиран класификатор за откриване и класификация на частично закрити обекти.

9. Извършен е сравнителен анализ между предложената оптимизирана конволюционна невронна мрежа и претренираните известни невронни архитектури, който експериментално потвърждава предимствата на предложената невронна архитектура и разработения каскаден подход по отношение на точност, устойчивост при наличие на частично закриване на наблюдаваните обекти и изчислителна ефективност.

Приложни приноси в дисертационния труд

1. Структурираната специализирана база от данни от оптични изображения на военни обекти, включваща сцени със сложен фон, частично закриване, различни мащаби и наличие на множество обекти в кадъра е анотирана и публикувана за свободен достъп в платформата Kaggle с цел да бъде използвана за тестване на невронни мрежи от други изследователи.

2. Разработен е софтуерен прототип в развойната програмна среда MATLAB, реализиращ предложените невронна архитектура и алгоритми, който може да бъде внедрен в системи за наблюдение и автоматизирано подпомагане на решенията в безпилотни летателни апарати за работа в реално време.

3. Разработените програмни алгоритми са реализирани като модулни и разширяеми софтуерни компоненти, което позволява тяхното адаптиране към други задачи по обработка на изображения, разширяване към допълнителни класове обекти, използване на други типове сензорни данни или интеграция със съществуващи програмни и хардуерни платформи.

Признавам изложените по-горе научно-приложни и приложни приноси като заслуги на докторанта, създадени в хода на дисертационното изследване. Получените резултати имат голяма степен на приложимост и показват значимост на декларираните приноси. Направен е много обстоен анализ на експериментални резултати с експериментална оценка.

Смятам, че личното участие в приносите на дисертацията е достатъчно. Заявените приноси са представени в 5 публикации. Те обхващат период от време – от 2022 до 2025г. Всички са в издания от научни конференции в България. Няма данни за цитирания. Четири от публикациите са самостоятелни, а 1 е в съавторство, където докторантът е на първо място.

3. Критични бележки

Нямам критични бележки.

4. Заключение

1. Дисертацията прави много добро впечатление. Написана е стегнато и ясно, изложението е логически последователно. Литературната осведоменост на докторанта се основава на нови и най-нови източници.

2. Много детайлно и последователно са представени всички методи и алгоритми за обучение на конволюционни невронни мрежи и тяхното приложение за

изграждане на невронна мрежа за откриване, разпознаване и класификация на частично закрити военни обекти в оптични изображения.

3. От моя гледна точка би било добре представянето на резултатите от научната дейност да се публикуват в издания с импакт фактор или в издания, реферирани в международните БД Scopus и Web of Science.

Считам, че обемът и качеството на представения дисертационен труд (50 точки) и представените публикации по тематиката на дисертационния труд (90 точки) удовлетворяват напълно изискванията на ЗРАСРБ за присъждане на ОНС „Доктор“ (докторантът покрива минималните изисквания за придобиване на ОНС „доктор“ според Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Националния военен университет „Васил Левски“).

5. Оценка на дисертационния труд

Предлагам на научното жури да признае актуалността, приносите и резултатите на представения дисертационен труд и да присъди на маг. Любомир Евгениев Манов образователната и научна степен „Доктор“ в област на висше образование – 5. „Технически науки, професионално направление“ – 5.3. „Комуникационна и компютърна техника“, докторска програма „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“.

04.04.2026 г.
гр. Варна

Член на журито:
/проф. д-р инж. Милена Карова./

OPINION

on a dissertation for obtaining an educational and scientific degree PhD

Author of the dissertation: mag. Lyubomir Evgeniev Manov

Dissertation theme: " DETECTION AND RECOGNITION OF PARTIALLY VISIBLE MILITARY OBJECTS IN OPTICAL IMAGES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE"

Professional field: 5.3 "Communication and Computer Engineering"

Scientific specialty: " Automated Systems for Information Processing and Control"

Reviewer: Assoc. Prof. Milena Nikolova Mileva-Karova, PhD

1. Relevance and significance of the scientific problem being developed

The dissertation submitted for opinion develops an extremely topical problem in scientific and applied terms, namely the problem of detecting and recognizing partially visible objects with military purposes in optical images using artificial intelligence. The topic is also topical in terms of scientific and scientific-practical terms. The doctoral student uses the most modern methods for recognizing objects in optical images, which implies the necessary qualifications and practical knowledge, which he undoubtedly possesses.

The doctoral student has made an extensive literature review on the topic of the dissertation. In his literature review, he has cited 136 sources, covering the period mainly from 2006 to 2025, and several classic works in the field from 1969 and 1989 are also included. The manner of presentation, terminology and the level of the presented note speak of a very good knowledge of the issue. The dissertation has made a very good analysis of the need for detecting and recognizing partially visible objects with military purposes. The advantages of the development of artificial intelligence and the deeply structured training of multilayer neural networks are indicated, which implies new opportunities for automated processing of large volumes of visual information. The rapid development of convolutional neural networks (CNN) and their associated architectures and training methods show significant progress in solving tasks of detecting and recognizing objects in images. Their application in the specific area of detecting images with partial visibility of objects with military purposes has been insufficiently studied. This is a prerequisite for the development and research carried out, adapted to the military field with the application of neural architectures, training strategies and data sets, tailored to the specifics of the task.

As an additional motive for the development of the dissertation work, the need to increase the degree of automation and objectivity in decision-making at the tactical and operational level is presented. By implementing artificial intelligence methods in monitoring and analysis systems, the aim is to reduce the burden on operators, limit the subjective factor, and increase the timeliness and reliability of the information provided.

The planning and management of military operations must be based on accurate, reliable and timely information, which is provided by automated systems based on artificial intelligence methods and in particular the deep structured learning of multilayer neural networks. The software system developed and researched by the doctoral student fully meets the requirements of modern intelligence, surveillance and target designation systems.

The main goal of the development is formulated extremely well. The mathematical models and algorithms for detecting and recognizing partially visible objects of military purpose in optical images are very well developed, in accordance with the tasks set.

The scientific novelty of the dissertation work lies in the proposed approach for recognizing partially hidden military objects in optical images from a structured specialized

database using neural architectures with deep structured learning. For this purpose, numerous tasks have been completed: 1) an analysis of existing approaches for detecting and recognizing objects in optical images using neural networks was performed; 2) a specialized database of optical images of military equipment with partial occlusion of objects was structured; 3) an evaluation of a set of modern pre-trained neural networks was carried out using the created database of optical images of military equipment; 4) a selection of neural architecture of a multilayer neural network was made; 5) a neural network for detection, recognition and classification of partially occluded military objects in optical images was designed, studied and implemented.

The selected research and development methodologies fully correspond to the set goal and the formulated tasks for its achievement.

2. Evaluation of the scientific results and contributions of the dissertation work.

The systematic literature review in the first chapter of the dissertation demonstrates a broad knowledge of the topic of the work and helps to enrich the existing knowledge of the community dealing with the detection and recognition of objects with partial visibility in images in the field of military affairs.

The analysis of algorithms and approaches when working with multilayer neural networks, the choice of activation function, the correct initialization of weights, regularization techniques and the entire mathematical apparatus are a very good basis for the implementation of an innovative approach to the detection and recognition of partially obscured optical images.

The author of the dissertation has conducted basic experiments in terms of: assessing the accuracy of pre-trained neural networks and knowledge transfer. The results are summarized and the conclusions are clearly formulated, proving the contributions defined later.

A comparative analysis of the results of the experiments has been conducted in 3 stages.

The aim of the first experimental stage is to assess the basic ability of the different architectures to train and generalize on the original, unexpanded image dataset. The comparative analysis of the results in the dissertation work shows an increase in accuracy with increasing architectural depth up to a certain threshold, after which the improvement slows down and even decreases.

The main focus of the experiments in stage 2 is to assess the ability of the architectures to classify partially visible objects as the training set increases, and without introducing additional factors in the training such as partial visibility of the objects. These results demonstrate that increasing the training data improves the classification accuracy under partial visibility, but it is not enough (it does not exceed 90 %).

The aim of the third experimental stage is to assess the ability of different convolutional neural architectures to accurately classify partially visible military objects, with training being conducted directly on a collection of photographs of military objects extended with controlled partial occlusion reaching up to 50%. The results show a significant improvement in the accuracy of classification of partially visible objects compared to the previous stages. A clear maximum is observed for architectures with medium depth (6 – 8 convolutional layers), in which the best balance between accuracy and network depth is achieved.

As a result of the experiments, the architecture that satisfies all the set criteria and achieves classification accuracy over 95% with a minimum number of convolutional layers has been selected and presented in detail.

The knowledge transfer technique is an effective method for adapting existing models to a specific task of military object recognition. Training neural networks with reasoned images with partially obscured objects leads to a significant increase in accuracy in classifying partially visible military objects.

I accept the noted contributions as presented in the dissertation:

Scientific and applied contributions:

1. An analytical review of existing artificial intelligence methods for detecting and recognizing objects in optical images, including those of military equipment, as well as in the presence of partial occlusion of the objects observed in the frame, was carried out.

2. A specialized database of optical images of military equipment was structured, including scenes from real combat and training conditions, partially occluded objects and images with multiple targets in the frame. The database is adapted for training, testing and evaluating the performance of neural networks in tasks related to image recognition with application in the military field.

3. A systematic experimental evaluation of modern pre-trained known neural architectures was carried out on the specialized database, through which their capabilities and limitations in recognizing military objects, including under conditions of partial occlusion and increased scene complexity, were established.

4. An approach is proposed for training a specialized architecture of a multilayer convolutional neural network, designed for detection and recognition of partially visible objects of military purpose in optical images. The chosen approach focuses on resilience to partial occlusion, complex background and the presence of multiple objects, which distinguishes it from standard solutions oriented towards civilian applications.

5. A convolutional neural network was designed, implemented and experimentally optimized in the MATLAB development environment, which is characterized by better resilience to partial occlusion and a better ratio between accuracy and computational efficiency compared to the studied pre-trained architectures.

6. A cascade model for semantic filtering is proposed, in which a pre-trained neural network acts as a primary domain filter, and the specialized neural network performs the detailed classification of military objects. The model provides differentiation between military and civilian objects without the need for complete retraining through an expanded set of classes.

7. An algorithm for recognizing additional classes using already available features extracted from a pre-trained neural network has been developed. The algorithm uses statistical intervals and weighted scoring in the feature space, without changing the initial architecture and without changing the number of output classes of the network.

8. An algorithm for localized military objects in images has been integrated by implementing a “sliding” window, in which the developed neural network is used as a specialized classifier for detecting and classifying partially obscured objects.

9. A comparative analysis has been performed between the proposed optimized convolutional neural network and the pre-trained known neural architectures, which experimentally confirms the advantages of the proposed neural architecture and the developed cascade approach in terms of accuracy, robustness in the presence of partial obscuration of the observed objects, and computational efficiency.

Applied contributions to the dissertation

1. The structured specialized database of optical images of military objects, including scenes with complex backgrounds, partial occlusion, different scales and the presence of multiple objects in the frame, has been annotated and published for free access on the Kaggle platform in order to be used for testing neural networks by other researchers.

2. A software prototype has been developed in the MATLAB development environment, implementing the proposed neural architecture and algorithms, which can be implemented in surveillance systems and automated decision support in unmanned aerial vehicles for real-time operation.

3. The developed software algorithms are implemented as modular and extensible software components, which allows their adaptation to other image processing tasks, extension to additional classes of objects, use of other types of sensor data or integration with existing software and hardware platforms.

I recognize the above-mentioned scientific-applied and applied contributions as the merits of the doctoral student, created in the course of the dissertation research. The results obtained have a high degree of applicability and show the significance of the declared contributions. A very thorough analysis of experimental results with experimental evaluation has been made.

I believe that personal participation in the contributions of the dissertation is sufficient. The declared contributions are presented in 5 publications. They cover a period of time - from 2022 to 2025. All are in issues of scientific conferences in Bulgaria. There is no data on citations. Four of the publications are independent, and 1 is co-authored, where the doctoral student is in first place.

3. Critical remarks

I have no critical remarks.

4. Conclusion

1. The dissertation makes a very good impression. It is written concisely and clearly, the presentation is logically consistent. The doctoral student's literary awareness is based on new and latest sources.

2. All methods and algorithms for training convolutional neural networks and their application for building a neural network for detecting, recognizing and classifying partially obscured military objects in optical images are presented in very detailed and consistent manner.

3. From my point of view, it would be good to present the results of scientific activity in publications with an impact factor or in publications referenced in the international databases Scopus and Web of Science.

I believe that the volume and quality of the presented dissertation work (50 points) and the presented publications on the topic of the dissertation work (90 points) fully satisfy the requirements of the Law on the Promotion of Scientific Research and Development of the Republic of Bulgaria for awarding the ONS "Doctor" (the doctoral student meets the minimum requirements for acquiring the ONS "Doctor" according to the Regulations on the Conditions and Procedure for Acquiring Scientific Degrees at the National Military University "Vasil Levski").

5. Evaluation of the dissertation work

I propose to the scientific jury to recognize the relevance, contributions and results of the presented dissertation work and to award to Mag. Lyubomir Evgeniev Manov the educational and scientific degree "Doctor" in the field of higher education - 5. "Technical Sciences, Professional Field" - 5.3. "Communication and Computer Engineering", doctoral program "Automated Information Processing and Management Systems".

04.04.2026.
Varna

Signature:
/Prof. Milena Karova, PhD/