



НАЦИОНАЛЕН ВОЕНЕН УНИВЕРСИТЕТ „ВАСИЛ ЛЕВСКИ”

ФАКУЛТЕТ „АРТИЛЕРИЯ, ПВО И КИС”

9700 гр. Шумен, ул. „Карел Шкорпил” №1

телефон: (054)801 040; тел.факс:(054)877 463; email: [decanat@aadcf.nvu.bg](mailto:decanat@aadcf.nvu.bg)

## РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д.н. инж. Жанета Николова Савова

професор в катедра „Компютърни системи и технологии“, Факултет  
„Артилерия, ПВО и КИС“, Национален военен университет „В. Левски“

на дисертационния труд на магистър физик 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“ -  
Област на висшето образование: 5. „Технически науки“, Професионално  
направление 5.3. „Комуникационна и компютърна техника“, Докторска  
програма „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“

## 1. Актуалност и значимост на разработвания научен проблем

През последните години конволюционните невронни мрежи CNNs (Convolutional Neural Networks) се налагат като ефективен модел за решаване на задачи по класифициране на изображения, благодарение на способността си да извличат абстрактни и йерархични елементи от визуалните данни. Като основен инструмент на компютърното зрение, те предоставят възможност за автоматизирано класифициране на военни обекти в реално време, осигурявайки бърза оценка на обстановката, вземане на обосновани тактически решения и прецизно изпълнение на решенията в динамични условия с висок риск.

Възможността за правилно идентифициране на различни категории военни средства, особено в обстановка при мултидомейн операции, които изрично включват камуфлаж, сложен фон, размазване и частична скритост на целите, оказва значително влияние върху съкращаването на цикъла Наблюдение – Ориентиране – Решение – Действие OODA (Observe–Orient–Decide–Act). Затова прилаганите модели на невронни мрежи се обучават да разпознават цели при частична закритост, смесване с фона, нисък контраст, малък размер и движение на целта. Това се постига посредством прилагане на техники, като:

- механизъм за внимание, при която невронната мрежа динамично се фокусира върху най-важните части от изображението, игнорирайки фоновия шум;
- многомащабни архитектури, които анализират изображения едновременно в различни мащаби, като използват пирамиди от изображения и характеристики;
- генеративните модели за реконструкция на липсващи части, които чрез пресъздаване на скритата геометрия намаляват грешките при идентификация на обекта и повишават устойчивостта на системите за компютърно зрение да работят в сложни, реални среди;
- допълване на данни (Data augmentation) е техника в компютърното зрение, при която изкуствено се скриват или блокират части от обекти в тренировъчните изображения, за да се научи моделът да разпознава обекти дори когато те не са напълно видими. В този случай се прилагат техниките изрязване (CutOut), случайно изтриване (Random Erasing), изрязване-смесване (Cut-Mix), Копиране-поставяне (Copy-Paste), скрией и потърси (Hide-and-Seek) и синтетична оклузия (Synth-Occlusion).

Доказателство за значимостта на проблема за правилно идентифициране на различни категории частично скрити военни обекти са множеството публикации в последните години, някои от които са:

1. Dobrzycki, A. D., & Bernardos, A. M. (2026). To fuse or not to fuse: enhancing military operation object detection with multimodal late fusion and color space optimization. *Applied Intelligence*, 56(4), 100.

2. Kumar, S., Asiamah, P., Jolaoso, O., & Esiowu, U. (2025). Enhancing image classification with augmentation: data augmentation techniques for improved image classification. *arXiv preprint arXiv:2502.18691*.
3. Ryu, S. E., & Chung, K. Y. (2021). Detection model of occluded object based on YOLO using hard-example mining and augmentation policy optimization. *Applied Sciences*, 11(15), 7093.
4. Sachenko, A., Derysh, B., Dubchak, L., Sachenko, S., & Cheresnyuk, O. (2025). Real-time military vehicle classification via convolutional neural networks. *Proceedings of the Modern Data Science Technologies Doctoral Consortium*, 239-251.
5. Saleh, K., Szénási, S., & Vámosy, Z. (2021, January). Occlusion handling in generic object detection: A review. In *2021 IEEE 19th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)* (pp. 000477-000484). IEEE.
6. Павлова М. (2020). *Обработка на информация от безжични сензорни мрежи с използване на конволюционни мрежи за откриване на пожар*. Дисертация, Технически университет – София.
7. Христов, А. Н. (2025). *Обобщаващи свойства на слоевете в конволюционните невронни мрежи*. Дисертация, Софийски университет „Св. Климент Охридски“.

Увеличава се и броят на множествата от данни с военни обекти с отворен достъп:

1. **Military objects in military environments**, Mendeley Data, V1. <https://data.mendeley.com/datasets/rcxfh67zkn/1> (Състои се от 7985 изображения, разпределени в 4 класа)
2. **Military Assets Dataset**. <https://www.kaggle.com/datasets/rawsi18/military-assets-dataset-12-classes-yolo8-format>. (Състои се от 26315 изображения, разпределени в 12 класа в Yolo8 формат)
3. **TriNet**, <https://www.kaggle.com/datasets/sudipchakrabarty/trinet> (Множество данни във формат YOLO за военни, полувоенни и невоенни структури)

Във връзка с гореизложеното, темата на дисертационния труд „Откриване и разпознаване на частично видими обекти с военно предназначение в оптични изображения с използване на изкуствен интелект“, разработен от маг. физик Любомир Евгениев Манов, е особено актуална и значима.

## 2. Обща характеристика и структура на дисертационния труд

Дисертационният труд е структуриран в предговор, четири глави, общи изводи и приноси, както и две приложения в обем от 34 стр. Основният текст е изложен на 123 страници и съдържа 48 фигури и 29 таблици. Библиографията се състои от 136 литературни и електронни информационни източници на латиница. Доста от тях не са цитирани в текста на дисертационния труд, като източници [1],

[43], [45], [56], [63], [66], [83], [84], [93], [98], и [123] (рецензентът е проверил най-старите източници от 1943 г. до 1972 г., както и произволна извадка с източници с номера, завършващи на 3.).

В предговора са посочени мотивите за разработване на дисертационния труд, обоснована е актуалността на разглеждания проблем, дефинирани са целта и основните задачи в съответствие с темата на дисертацията, описани са предметът и средствата за постигане на целта, научната новост и практическата полезност на разработката.

В първа глава, която е с обзорен характер, в обем от 14 страници е осъществен анализ на съвременното състояние на съществуващите научни изследвания, свързани с откриването и разпознаването на частично видими обекти с военно предназначение в оптични изображения. В обзора са включени 68 литературни източници, разглеждащи: методи за откриване и разпознаване на обекти в оптични изображения; приложения на дълбоки невронни мрежи, адресиращи проблеми, свързани с частична видимост на обекти; анализиращи подходи за трансфер и повторно използване на знания.

Във втора глава (35 стр.) са представени теоретичните основи и математическите модели на многослойните невронни мрежи с дълбоко структурирано обучение. Разгледани са архитектурата и принципите на работа на CNNs, алгоритмите за тяхното обучение и предотвратяване на преобучение, както и основните градивни слоеве и известни CNN архитектури. Формализиран е математически модел за класификация на частично видими обекти чрез въвеждане на бинарна маска на видимостта и отчитане на нейното влияние върху правото разпространение на информацията и обратното разпространение на грешката в невронната мрежа.

В трета глава (26 стр.) докторантът избира множество от 2748 изображения на военна техника, разпределени в осем класа, като извършва 2 експеримента с тях в среда MATLAB. Първият експеримент оценява точността при разпознаване на военните обекти от тези осем класа посредством 19 предварително обучени невронни мрежи, включващи класически, модерни дълбоки, както и оптимизирани и специализирани модели конволюционни мрежи. Експериментът отчита малка средна достоверност на откриване в рамките на 54.56 % при EfficientNetB0 до 73.64 % при DenseNet201. Вторият експеримент изследва влиянието на техниката за трансфер на знания с допълнително обучение на изходящите слоеве на шест избрани модела с различна архитектура (AlexNet, GoogLeNet, ResNet18, ResNet50, DarkNet19 и EfficientNetB0) чрез подхода за добавяне на данни с 4 варианта на 50 % закриване и 4 варианта на 25 % закриване на обекта. Експериментът показва повишаване на точността на разпознаване до 95.60 % за EfficientNetB0.

В четвърта глава в обем от 43 стр. докторантът е извършил проектиране, систематично изследване и оптимизация на специализирана шест-блокова CNN архитектура за разпознаване на частично видими военни обекти. Представени са резултатите от три експериментални етапа на обучение на CNN-6 с нарастваща

сложност на обучаващите данни. Направено е сравнение с ретренираната EfficientNet-B0 мрежа. Имплементирани са алгоритъм „плъзгащ прозорец“ за разпознаване на частично скрити военни обекти и каскаден модел за семантично филтриране и разпознаване в смесени сцени с цивилни и военни обекти.

В Приложение 1 са представени изходни текстови файлове и генерирани фигури от работата на проектираните многослойните CNNs. В Приложение 2 са разпечатани основните части от сорс-кодовете на програмите, с които се осъществява моделирането, обучението и тестването на многослойните CNNs.

В дисертацията ясно са дефинирани цел, основни задачи, предмет, обхвата на средствата за постигане на целта и методологична основа на проведеното изследване. Като цяло дисертационният труд е поднесен в научно-издържан стил. Използвана е правилна научна терминология с известна излишна детайлност по отношение на общоизвестни факти и теоретични концепции в глава 2.

Считам, че дисертационният труд отговаря на изискванията за съдържание и общо оформление на научна разработка.

### **3. Характеристика на научните и научно-приложните приноси в дисертационния труд. Достоверност на материала**

Приемам приносите, формулирани в дисертационния труд. Те могат да бъдат класифицирани, както следва:

*Научно-приложни приноси:*

1. Анализирани са методите на изкуствения интелект за откриване и разпознаване на частично скрити обекти в оптични изображения (Глави 1 и 2).
2. Експериментално е оценена приложимостта на 19 предварително обучени конволюционни невронни мрежи, като емпирично е доказана ниската точност при разпознаване на частично скрити военни обекти (54.56 % при EfficientNetB0). Изследвано е влиянието на техниката за трансфер на знания с допълнително обучение на изходящите слоеве на шест избрани модела CNNs, като е потвърдено повишаване на точността на разпознаване (95.60 % за EfficientNetB0) (§ 3.2 и § 3.3).
3. Оптимизирана е специализирана шест-блокова CNN архитектура за разпознаване на частично видими военни обекти, която показва по-добро съотношение между точност и изчислителна ефективност в сравнение с EfficientNetB0 (§ 4.4 и (§ 4.5).
4. Приложени са класическите за компютърното зрение, алгоритъм „плъзгащ прозорец“ и каскаден (йерархичен) модел, състоящ се от първичен домейнов филтър и специализиран класификатор, които осигуряват локализиране на видимите фрагменти от скрития обект и възможност за разграничаване на военни и цивилни обекти без необходимост от допълнително преобучение на мрежата с увеличен брой класове (§ 4.7).

*Приложни приноси:*

1. Структурирана е специализирана база от данни с оптични изображения на военна техника, включваща сцени от реални бойни и тренировъчни действия, частично закрити обекти с прилагане на техника изрязване, която е приложима за решаване на задачи, свързани с разпознаване на изображения с приложение във военната област, с помощта на невронни мрежи (§ 3.3.1).
2. Разработени са скриптове в програмната среда MATLAB, моделиращи шест-блокова CNN архитектура, алгоритъма „плъзгащ прозорец“ и каскадният (йерархичен) модел, модулността на които позволява тяхното адаптиране към други задачи по обработка на изображения (Приложение 2).

#### **4. Оценка на научните резултати и приносите на дисертационния труд**

Научно-приложните и приложните приноси на дисертационния труд се изразяват в прилагане на съществуващи научни методи, алгоритми и средства към вече съществуващи страни на проблема за откриване и разпознаване на частично видими обекти в оптични изображения с използване на изкуствен интелект и получаване на потвърдителни факти. След допълнително прецизиране и верифициране с експериментални данни, те биха могли да се внедрят в практиката.

Рецензентът счита, че те отговарят напълно на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника за неговото прилагане. Приемам, че формулираните по-горе приноси са изцяло дело на докторанта.

#### **5. Оценка на публикациите по дисертацията и авторството**

Към дисертационния труд са представени 5 публикации на български език в една конференция „Defense Technologies“ с международно участие, провеждана ежегодно във Факултет „Артилерия, ПВО и КИС“ на НВУ „В. Левски“ в периода 2023 г. до 2025 г. Един от докладите е с един съавтор, а останалите са самостоятелни. Три доклада, публикувани през 2023 г., 2024 г. и 2025 г., представят литературния обзор към дисертационния труд, а два от тях, публикувани през 2025 г., представят резултатите от научните изследвания на автора.

Всички отговарят на съдържанието на дисертационния труд, но се забелязват множество правописни и стилистични грешки, дори в заглавията и ключовите думи на докладите. Липсва апробиране на приносите от дисертационния труд в международни публикации, рецензирани и индексирани в световни бази от данни. Липсват данни за наличие на плагиатство в публикационната дейност на автора, включително в дисертационния труд и публикациите по него.

Считам, че публикации са авторско дело на докторанта, магистър физик Любомир Евгениев Манов. Броят на представените по дисертацията публикации удовлетворяват минималните изискванията за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ в съответствие с нормативните документи.

## **6. Литературна осведоменост и компетентност на докторанта**

Библиографията в дисертационния труд „Откриване и разпознаване на частично видими обекти с военно предназначение в оптични изображения с използване на изкуствен интелект“ е в обем от 136 източника само на английски език в интервала от 1943 г. до 2026 г. Само 6 от публикациите са от последните 5 години, по една от 2022 г до 2025 г. и две от 2021 г. Налични са 3 интернет адреса с номера [80] – [82] със страници съдържащи описания на MATLAB с година 2026 г. Приемам, че това е годината, през която те са посетени, както се изисква в стандартите за цитиране на интернет адреси. Най-старите литературни източници от 1943 г. [83], 1949 г. [45], 1958 г. [98], 1958 г. [56], 1969 г. [84], 1972 г. [1] и [66] не са цитирани в текста.

Горепосоченото повдига въпроса, доколко авторът е направил пълноценен обзор по тематиката на дисертационния труд и дали придобитите от него знания са актуални, отразявайки многото публикации по въпроса през последните 5 години.

Забелязва се липса на последователно прилагане на етапите на търсене на литература в електронни бази данни (напр. Web of Science, Scopus, ResearchGate и др.) чрез ключови думи; преглед и изключване на източници, които не отговарят на темата; избор и прилагане на строги критерии за включване и изключване на литературни източници, и като последен етап - финално определяне на литературните източници, които ще бъдат използвани в дисертационния труд, по избрани от докторанта критерии и съответните им показатели.

Считам, че докторантът е придобил знания по разглежданата от него тематика, познава същността на проблема, но не достатъчно критично прилага стандартизирания подход за провеждане и докладване на систематични литературни обзори и анализи.

## **7. Оценка за автореферата**

Представеният автореферат е в обем от 43 стр. Номерацията на фигурите, таблиците и формулите съответства на тази в дисертационния труд. Структуриран е съгласно последователността и логиката на дисертационния труд. Считам, че отразява в пълен обем авторското изследване и получените резултати.

## **8. Критични бележки**

Имам следните критични бележки и препоръки по дисертационния труд:

1. В увода липсва структура и кратко съдържание на дисертационния труд, а в заключението не са дефинирани насоки за по-нататъшна работа.
2. Глава 2 включва доста излишни обяснения на известни теоретични концепции, които са прекалено подробно разяснени, използвайки идеи и фигури от други автори. Липсва сравнителен анализ на дисертанта с избор на критерии и съответни показатели, чрез който да се отсеят основните теоретични положения и математически зависимости, които се използват в изследването.
3. На места в текста се срещат неправилни термини, означения или липсват пояснения за използвани символи:
  - 3.1. Средата MATLAB е представена като „математическа“, а не като матрична лаборатория (стр. 61).
  - 3.2. Символът за конволюция (\*) е описан във формула (2.100) (стр. 57), но се използва още в (2.39) (стр. 36). Символът за умножение „x“ при размерите на матриците много често е изписан в курсив (2.97), (2.98) и др. (стр. 57).
  - 3.3. Означението  $A^{(L)}$  в (2.102) не е дефинирано по-рано (стр. 57). Означението „arg“ в (2.95) не е пояснено (стр. 57). В (4.3) не е пояснено какво е  $N_k$ , както и статистиките  $X_k$  (стр. 112).
  - 3.4. В изводи се използват термини на английски (извод 4, стр. 58).
  - 3.5. Препоръчвам на автора да прегледа и коригира математическите модели за класификация на частично видими обекти чрез многослойна конволюционна мрежа (§ 2.5) и интервален класификационен подход (§ 4.7.2) преди публикуването им в реферирани и индексирани световни бази от данни.
4. Използвани са 2 различни начина за цитиране на фигурите – изписване в курсив на източника под наименованието на фигурата (фиг. 2.1, 2.2, 2.9, 2.12 – 2.14) и цитиране в средни скоби (фиг. 2.3 – 2.8 [86], фиг. 2.11 [117]). Препоръчвам на автора да уеднакви начина на цитиране на фигурите преди предоставянето на материалите по дисертационния труд в НАЦИД.
5. Използван е смесен вариант за цитиране на литературните източници в текста и библиографията. Повечето източници в библиографията са записани като се използва стила АРА, а в текста те са цитирани в средни скоби „[ ]“, като е използван стила на IEEE. В библиографията при АРА стила, годината на издаване се записва в малки скоби след авторите, а при IEEE, тя е в края на цитирания документ. Липсват дати, на които са достъпни електронните адреси. Стилете АРА, MLA и Chicago използват кръгли скоби във вида (автор, дата, страница) при цитиране в текста. В цитираната библиография липсва курсив, който да отличи имена на книги и списания от имена на статии и глави от книги. Препоръчвам на автора да се запознае с ръководствата за цитиране в АРА стил (<https://apastyle.apa.org/>) и на IEEE (<https://ieee-dataport.org/>)

[sites/default/files/analysis/27 /IEEE%20Citation%20Guidelines.pdf](https://doi.org/10.1109/jproc.2018.2822222)), като основни, използвани в научните изследвания.

6. Открити са несъответствия в цитирането на литературата в текста на дисертационния труд:
  - 6.1. Фиг. 2.3 – 2.8 са от книгата [63] Khan, S., Rahmani, H., Shah, S. A. A., Bennamoun, M., Medioni, G., & Dickinson, S. (2018). *A guide to convolutional neural networks for computer vision*. Springer Cham, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-01821-3>, а са цитирани под номер [86].
  - 6.2. Цитирането на формули (2.44) и (2.45), както и абзацът след тях, не е от източник [13].
  - 6.3. Формула (2.46) и пояснителният абзац след нея не са от източник [23]. В ръководството [23] „Dumoulin, V., & Visin, F. (2016). A guide to convolution arithmetic for deep learning. arXiv preprint arXiv:1603.07285.” думата „perceptron“ не се съдържа.
  - 6.4. Източници [1], [43], [45], [56], [63], [66], [83], [84], [93], [98], и [123] не са цитирани в текста.
  - 6.5. Горепосочените несъответствия в цитирането поставят въпроса, доколко авторът напълно се е запознал с всички 136 източници в библиографията. Препоръчвам да се извърши проверка и корекция на цитиранията в текста на дисертацията.

Тези забележки и препоръки не омаловажават цялостната работа на докторанта.

## **9. Лични впечатления и други въпроси, по които рецензентът счита, че следва да вземе отношение**

Рецензентът познава магистър физик Любомир Евгениев Манов от постъпването му на работа като асистент в катедра „Компютърни системи и технологии“, където се проявява като отговорен, лоялен, комуникативен и адаптивен колега. Основните му научни интереси са в областта на физиката, и по-конкретно в изследване на радиационния фон, за което свидетелстват неговите публикации, една които е реферирана и индексирана в Scopus.

Дисертационният труд и публикациите по него демонстрират, че докторантът умее успешно да използва методите на изкуствения интелект и съвременни програмни продукти в своята научно-изследователска работа, както и самостоятелно да решава научно-приложни проблеми на високо научно ниво.

## **10. Заключение**

Отбелязаните от мен критични бележки към дисертационния труд не намаляват общото положително впечатление от предложената научна разработка. Представеният за рецензиране дисертационен труд е научно-приложно

изследване по актуален проблем с ясно изразени научно-приложни и приложни приноси и публикувани резултати. Дисертацията и авторефератът към нея отговарят на изискванията за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ на Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника за неговото прилагане и Правилника за обучение и придобиване на научни степени в НВУ „В. Левски“.

### **11. Оценка на дисертационния труд**

Оценявам положително дисертационния труд на тема „Откриване и разпознаване на частично видими обекти с военно предназначение в оптични изображения с използване на изкуствен интелект“ и предлагам на уважаемите членове на научното жури да вземат решение за присъждане на магистър физик Любомир Евгениев Манов на образователната и научна степен „доктор“ по докторска програма „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“, Област на висшето образование: 5. „Технически науки“, Професионално направление 5.3. „Комуникационна и компютърна техника“.

**07.04.2026 г.**  
**гр. Шумен**

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_ /**проф. д.н. инж. Савова**/  
(Звание, подпис, фамилия)



NATIONAL MILITARY UNIVERSITY "VASIL LEVSKI"  
5000 Veliko Tarnovo, bul. „Bulgaria” №76  
tel.: +365 62 618 822; fax: +365 62 618 899; e-mail: [nvu@nvu.bg](mailto:nvu@nvu.bg)

---

## REVIEW

from Prof. Eng. Zhaneta Nikolova Savova, DSc  
Full professor in Computer Systems and Technologies Department,  
Faculty of “Artillery, Air Defense and CIS”,  
National Military University “Vasil Levski”

of a dissertation with an author  
Assistant Professor Lyubomir Evgeniev Manov  
on the topic “Detection and Recognition of Partially Visible Military Objects in  
Optical Images Using Artificial Intelligence,”,

submitted for the acquisition of the educational and scientific degree

**“Doctor”**

Doctoral program: “Automated systems for information processing and control”

Field of science: 5. “Technical sciences”

Professional field of science: 5.3. “Communication and Computer Equipment”

## 1. Relevance and significance of the research problem under study

In recent years, convolutional neural networks (CNNs) have emerged as an effective model for solving image classification tasks, thanks to their ability to extract abstract and hierarchical features from visual data. As a key tool in computer vision, they enable the automated classification of military targets in real time, facilitating rapid situational assessment, informed tactical decision-making, and precise execution of decisions in dynamic, high-risk environments.

The ability to correctly identify different categories of military assets, especially in a multi-domain operations environment that explicitly involves camouflage, complex backgrounds, blurring, and partial concealment of targets, has a significant impact on shortening the Observe – Orient – Decide – Act (OODA). Therefore, the neural network models used are trained to recognize targets even when they are partially obscured, blended into the background, low-contrast, small in size, or in motion. This is achieved by applying techniques such as:

- an attention mechanism in which the neural network dynamically focuses on the most important parts of the image, ignoring background noise;
- multi-scale architectures that analyze images simultaneously at different scales using image pyramids and features;
- generative models for reconstructing missing parts, which, by reconstructing hidden geometry, reduce errors in object identification and enhance the robustness of computer vision systems when operating in complex, real-world environments;
- data augmentation technique in computer vision in which parts of objects in training images are artificially hidden or obscured to teach the model to recognize objects even when they are not fully visible. In this case, the following techniques are applied: CutOut, Random Erasing, Cut-Mix, Copy-Paste, Hide-and-Seek, and Synth-Occlusion.

The significance of the problem of correctly identifying different categories of partially hidden military objects is demonstrated by the numerous publications in recent years, some of which are:

1. Dobrzycki, A. D., & Bernardos, A. M. (2026). To fuse or not to fuse: enhancing military operation object detection with multimodal late fusion and color space optimization. *Applied Intelligence*, 56(4), 100.
2. Kumar, S., Asiamah, P., Jolaoso, O., & Esiowu, U. (2025). Enhancing image classification with augmentation: data augmentation techniques for improved image classification. *arXiv preprint arXiv:2502.18691*.
3. Ryu, S. E., & Chung, K. Y. (2021). Detection model of occluded object based on YOLO using hard-example mining and augmentation policy optimization. *Applied Sciences*, 11(15), 7093.
4. Sachenko, A., Derysh, B., Dubchak, L., Sachenko, S., & Cheresnyuk, O. (2025). Real-time military vehicle classification via convolutional neural

networks. *Proceedings of the Modern Data Science Technologies Doctoral Consortium*, 239-251.

5. Saleh, K., Szénási, S., & Vámosy, Z. (2021, January). Occlusion handling in generic object detection: A review. In *2021 IEEE 19th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)* (pp. 000477-000484). IEEE.
6. Pavlova, M. (2020). Processing of Information from Wireless Sensor Networks Using Convolutional Neural Networks for Fire Detection. Dissertation, Technical University of Sofia.
7. Hristov, A. N. (2025). Generalizing Properties of Layers in Convolutional Neural Networks. Dissertation, Sofia University “St. Kliment Ohridski”.

The number of datasets containing military sites with open access is also increasing:

1. **Military objects in military environments**, Mendeley Data, V1. <https://data.mendeley.com/datasets/rcxfh67zkn/1> (It consists of 7985 images, divided into 4 classes)
2. **Military Assets Dataset**. <https://www.kaggle.com/datasets/rawsi18/military-assets-dataset-12-classes-yolo8-format>. (It consists of 26,315 images, divided into 12 classes in YOLO8 format)
3. **TriNet**, <https://www.kaggle.com/datasets/sudipchakrabarty/trinet> (A large dataset in YOLO format for military, paramilitary, and non-military organizations)

In light of the above, the topic of the dissertation, “Detection and Recognition of Partially Visible Military Objects in Optical Images Using Artificial Intelligence,” authored by Lyubomir Evgeniev Manov, M.S. in Physics, is particularly timely and significant.

## **2. General Characteristics and Structure of the Dissertation**

The dissertation is structured into a preface, four chapters, general conclusions and contributions, as well as two appendices totaling 34 pages. The main text spans 123 pages and contains 48 figures and 29 tables. The bibliography consists of 136 literary and electronic sources in Latin script. Many of them are not cited in the text of the dissertation, such as sources [1], [43], [45], [56], [63], [66], [83], [84], [93], [98], and [123] (The reviewer checked the oldest sources from 1943 to 1972, as well as a random sample of sources with numbers ending in 3).

The preface outlines the rationale for the dissertation, justifies the relevance of the problem under consideration, defines the objective and main tasks in accordance with the dissertation topic, and describes the scope and methods for achieving the objective, as well as the scientific novelty and practical utility of the study.

The first chapter, which is an overview spanning 14 pages, provides an analysis of the current state of existing scientific research related to the detection and recognition of partially visible military objects in optical images. The review includes

68 references covering: methods for detecting and recognizing objects in optical images; applications of deep neural networks addressing problems related to partial object visibility; and analytical approaches for the transfer and reuse of knowledge.

Chapter 2 (35 pages) presents the theoretical foundations and mathematical models of deep learning-based multilayer neural networks. The architecture and operating principles of CNNs, the algorithms for their training and prevention of overfitting, as well as the basic building blocks and well-known CNN architectures are discussed. A mathematical model for classifying partially visible objects has been formalized by introducing a binary visibility mask and accounting for its influence on the forward propagation of information and the backpropagation of error in the neural network.

In Chapter 3 (26 pages), the doctoral student selects a dataset of 2,748 images of military equipment, categorized into eight classes, and conducts two experiments using them in the MATLAB environment. The first experiment evaluates the accuracy of recognizing military objects from these eight classes using 19 pre-trained neural networks, including classical, modern deep, as well as optimized and specialized convolutional network models. The experiment reports a low average detection rate ranging from 54.56% for EfficientNetB0 to 73.64% for DenseNet201. The second experiment investigates the impact of the knowledge transfer technique with additional training of the output layers on six selected models with different architectures (AlexNet, GoogLeNet, ResNet18, ResNet50, DarkNet19, and EfficientNetB0) using the data augmentation approach with 4 variants of 50% object masking and 4 variants of 25% object masking. The experiment shows an increase in recognition accuracy up to 95.60% for EfficientNetB0.

In the fourth chapter, spanning 43 pages, the doctoral candidate designed, systematically investigated, and optimized a specialized six-layer CNN architecture for the recognition of partially visible military objects. The results of three experimental training stages of CNN-6 with increasing complexity of the training data are presented. A comparison is made with the retrained EfficientNet-B0 network. A "sliding window" algorithm for recognizing partially occluded military objects and a cascade model for semantic filtering and recognition in mixed scenes containing both civilian and military objects have been implemented.

Appendix 1 presents the input text files and generated figures from the operation of the designed multilayer CNNs. Appendix 2 contains the main sections of the source code for the programs used to model, train, and test the CNNs multilayer.

The dissertation clearly defines its objective, main tasks, subject matter, the scope of the methods used to achieve the objective, and the methodological framework of the research. Overall, the dissertation is presented in a scientifically sound style. Correct scientific terminology is used, though there is some unnecessary detail regarding well-known facts and theoretical concepts in Chapter 2.

I believe that the dissertation meets the requirements for content and overall structure of a scholarly work.

### **3. Description of the scientific and applied scientific contributions in the dissertation. Reliability of the material**

I accept the contributions outlined in the dissertation. They can be classified as follows:

#### *Scientific and applied contributions:*

1. Artificial intelligence methods for detecting and recognizing partially occluded objects in optical images are analyzed (Chapters 1 and 2).
2. The applicability of 19 pre-trained convolutional neural networks was experimentally evaluated, and their low accuracy in recognizing partially occluded military objects was empirically demonstrated (54.56% for EfficientNetB0). The impact of the knowledge transfer technique with additional training of the output layers of six selected CNN models was investigated, confirming an increase in recognition accuracy (95.60% for EfficientNetB0) (§ 3.2 and § 3.3).
3. A specialized six-block CNN architecture for recognizing partially visible military objects has been optimized, demonstrating a better balance between accuracy and computational efficiency compared to EfficientNetB0 (§ 4.4 and § 4.5).
4. The classic computer vision algorithms—the "moving window" algorithm and the cascaded (hierarchical) model, consisting of a primary domain filter and a specialized classifier, which ensure the localization of visible fragments of the hidden object and the ability to distinguish between military and civilian objects without the need for additional retraining of the network with an increased number of classes (§ 4.7).

#### *Applied contributions:*

1. A specialized database of optical images of military equipment has been created, including scenes from actual combat and training operations, partially occluded objects using image cropping techniques, which are applicable to solving image recognition tasks with military applications, using neural networks (§ 3.3.1).
2. Scripts have been developed in the MATLAB programming environment to model a six-layer CNN architecture, the "sliding window" algorithm, and the cascade (hierarchical) model; their modularity allows them to be adapted to other image processing tasks (Appendix 2).

### **4. Evaluation of the scientific results and contributions of the dissertation**

The scientific-applied and applied contributions of the dissertation are reflected in the application of existing scientific methods, algorithms, and tools to existing aspects of the problem of detecting and recognizing partially visible objects in optical images using artificial intelligence and obtaining confirmatory evidence. After further refinement and verification with experimental data, they could be implemented in practice.

The reviewer considers that they fully meet the requirements of the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations for its implementation. I agree that the contributions outlined above are entirely the work of the doctoral candidate.

### **5. Evaluation of the publications related to the dissertation and authorship**

The dissertation includes five publications in Bulgarian presented at the "Defense Technologies" conference, an international event held annually at the Faculty of Artillery, Air Defense, and C4I at the National Military University "V. Levski" from 2023 to 2025. One of the papers has a co-author, while the others are authored solely by the candidate. Three papers, published in 2023, 2024, and 2025, present the literature review for the dissertation, and two of them, published in 2025, present the results of the scientific author's research.

All of them correspond to the content of the dissertation, but there are numerous spelling and stylistic errors, even in the titles and keywords of the papers. There is no evidence that the contributions from the dissertation have been published in international journals that are peer-reviewed and indexed in global databases. There is no evidence of plagiarism in the author's publications, including in the dissertation and the publications based on it.

I consider these publications to be the original work of the doctoral candidate, Lyubomir Evgeniev Manov, M.S. in Physics. The number of publications included in the dissertation meets the minimum requirements for the award of the academic and scientific degree of "Doctor" in accordance with the relevant regulations.

### **6. The doctoral student's literary awareness and competence**

The bibliography in the dissertation "Detection and Recognition of Partially Visible Military Objects in Optical Images Using Artificial Intelligence" comprises 136 sources in English only, spanning the period from 1943 to 2026. Only 6 of the publications are from the last 5 years, one each from 2022 to 2025, and two from 2021. There are 3 web addresses numbered [80]–[82] with pages containing descriptions of MATLAB dated 2026. I assume this is the year in which they were accessed, as required by the standards for citing web addresses. The oldest literature sources are from 1943 [83], 1949 [45], 1958 [98], 1958 [56], 1969 [84], 1972 [1], and [66] are not cited in the text.

This raises the question of whether the author has provided a comprehensive review of the subject matter of the dissertation and whether the knowledge he has acquired is up to date, taking into account the numerous publications on the subject over the past five years.

There is a lack of consistent application of the steps involved in searching for literature in electronic databases (e.g., Web of Science, Scopus, ResearchGate, etc.) using keywords; reviewing and excluding sources that do not pertain to the topic; selection and application of strict inclusion and exclusion criteria for literature sources; and, as a final step, the final determination of the literature sources to be used in the

dissertation, based on criteria selected by the doctoral candidate and their corresponding metrics.

I believe that the doctoral student has acquired knowledge of the subject matter under consideration and understands the nature of the problem, but does not apply the standardized approach to conducting and reporting systematic literature reviews and analyses with sufficient critical rigor.

## 7. Evaluation of the abstract

The submitted abstract is 43 pages long. The numbering of the figures, tables, and formulas corresponds to that in the dissertation. It is structured in accordance with the sequence and logic of the dissertation. I believe that it fully reflects the author's research and the results obtained.

## 8. Critical Comments

I have the following critical comments and recommendations regarding the dissertation:

1. The introduction lacks a clear structure and a brief summary of the dissertation, and the conclusion does not provide guidelines for further research.
2. Chapter 2 contains a number of unnecessary explanations of well-known theoretical concepts, which are explained in excessive detail using ideas and figures from other authors. The dissertation lacks a comparative analysis by the author, with a selection of criteria and corresponding indicators, through which to identify the main theoretical propositions and mathematical relationships used in the study.
3. In some places in the text, there are incorrect terms or labels, or explanations for the symbols used are missing:
  - 3.1. The MATLAB environment is described as a "mathematical" laboratory rather than a "matrix" laboratory (p. 61).
  - 3.2. The convolution symbol (\*) is defined in equation (2.100) (p. 57), but is also used in (2.39) (p. 36). The multiplication symbol "x" in matrix dimensions is very often written in italics (2.97), (2.98), etc. (p. 57).
  - 3.3. The notation  $A^{(L)}$  in (2.102) has not been defined earlier (p. 57). The notation "arg" in (2.95) has not been explained (p. 57). In (4.3),  $N_k$  is not explained, nor are the statistics  $X_k$  (p. 112).
  - 3.4. The conclusions use terms in English (Conclusion 4, p. 58).
  - 3.5. I recommend that the author review and revise the mathematical models for classifying partially visible objects using a multilayer convolutional network (§ 2.5) and an interval classification approach (§ 4.7.2) before publishing them in peer-reviewed and indexed international databases.
4. Two different methods were used to cite figures: writing the source in italics below the figure title (Fig. 2.1, 2.2, 2.9, 2.12–2.14) and citing in square brackets (Fig. 2.3–2.8 [86], Fig. 2.11 [117]). I recommend that the author

standardize the method of citing figures before submitting the dissertation materials to NACID.

5. A mixed approach is used for citing sources in the text and the bibliography. Most sources in the bibliography are formatted using APA style, while in the text they are cited in square brackets “[ ]” using IEEE style. In the APA-style bibliography, the year of publication is listed in parentheses after the authors, whereas in the IEEE-style bibliography, it appears at the end of the cited document. The dates on which the web addresses were accessed are missing. The APA, MLA, and Chicago styles use parentheses in the format (author, date, page) for in-text citations. The cited bibliography lacks italics to distinguish book and journal titles from article titles and book chapters. I recommend that the author review the APA (<https://apastyle.apa.org/>) and IEEE (<https://iee-dataport.org/sites/default/files/analysis/27/IEEE%20Citation%20Guidelines.pdf>) citation guides, as these are the primary ones used in academic research.
6. Inconsistencies were found in the citation of references within the text of the dissertation:
  - 6.1. Figs. 2.3–2.8 are from the book [63]Khan, S., Rahmani, H., Shah, S. A. A., Bennamoun, M., Medioni, G., & Dickinson, S. (2018). *A guide to convolutional neural networks for computer vision*. Springer Cham, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-01821-3>, but are cited under reference number [86].
  - 6.2. The citation of equations (2.44) and (2.45), as well as the paragraph following them, is not from source [13].
  - 6.3. Equation (2.46) and the explanatory paragraph following it are not from source [23]. The term "perceptron" does not appear in the manual [23] „Dumoulin, V., & Visin, F. (2016). A guide to convolution arithmetic for deep learning. arXiv preprint arXiv:1603.07285”.
  - 6.4. References [1], [43], [45], [56], [63], [66], [83], [84], [93], [98], and [123] are not cited in the text.
  - 6.5. The aforementioned inconsistencies in the citations raise the question of whether the author has thoroughly reviewed all 136 sources listed in the bibliography. I recommend that the citations in the text of the dissertation be reviewed and corrected.

These comments and recommendations do not detract from the doctoral student’s overall work.

## **9. Personal impressions and other issues on which the reviewer believes it is necessary to comment**

The reviewer has known Lyubomir Evgeniev Manov, M.S. in Physics, since he began working as an assistant in the Department of Computer Systems and Technologies, where he has proven himself to be a responsible, loyal, communicative, and adaptable colleague. His primary research interests lie in the field of physics,

specifically in the study of background radiation, as evidenced by his publications, one of which is indexed in Scopus.

The dissertation and the publications based on it demonstrate that the doctoral candidate can successfully apply artificial intelligence methods and modern software tools in his or her research work, as well as independently solve applied scientific problems at a high academic level.

## **10. Conclusion**

The critical comments I have noted regarding the dissertation do not diminish the overall positive impression of the proposed research. The dissertation submitted for review is a scientific and applied study on a topical issue with clearly defined scientific, applied, and practical contributions and published results. The dissertation and its abstract meet the requirements for the award of the academic and scientific degree of “Doctor” as set forth in the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria, the Regulations for its Implementation, and the Regulations on Education and the Awarding of Academic Degrees at the National Military University “V. Levski.”

## **11. Evaluation of the dissertation**

I give a positive evaluation of the dissertation titled “Detection and Recognition of Partially Visible Military Objects in Optical Images Using Artificial Intelligence” and propose that the esteemed members of the academic jury decide to award Master of Physics Lyubomir Evgeniev Manov the academic and scientific degree of “Doctor” in the doctoral program “Automated Information Processing and Control Systems,” Field of science: 5. “Technical sciences”, Professional field of science: 5.3. “Communication and Computer Equipment”.

**07.04.2026**  
**Shumen**

**Rewriter:**

\_\_\_\_\_/Prof. Eng. д.н. инж. Savova, DSc/