International Scientific Conference 20 UNITECH 26

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
19-21 November 2026
GABROVO

ПЕРСПЕКТИВИ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА СИСТЕМИ С КОМПЮТЪРНО ЗРЕНИЕ И AI КАТО ДОПЪЛНИТЕЛЕН ИНФОРМАЦИОНЕН СЛОЙ В ПОЖАРОИЗВЕСТИТЕЛНИ СИСТЕМИ ЗА КОРАБНИ, ПРОМИШЛЕНИ И СПЕЦИАЛИЗИРАНИ ПРОИЗВОДСТВЕНИ СРЕДИ

Дамян Станков[1], Валентин Гюров[2]

[1]Технически университет – Варна, ул. „Студентска“ №1, 9010 Варна, България
**кореспондиращ автор: damyanstankov@gmail.com*

OPPORTUNITIES FOR IMPLEMENTATION OF COMPUTER VISION AND AI SYSTEMS AS AN ADDITIONAL INFORMATION LAYER FOR FIRE DETECTION SYSTEMS IN MARINE, INDUSTRIAL, AND SPECIALIZED MANUFACTURING ENVIRONMENTS

Damyan Stankov[1], Valentin Gyurov[2]

[1]Technical University of Varna, 1 Studentska St., 9010 Varna, Bulgaria
**Corresponding author: damyanstankov@gmail.com*

Abstract
The development of computer vision and artificial intelligence creates new opportunities for early detection and assessment of fire-related events. This paper examines the use of AI-based video analysis as an additional information layer in marine, industrial, and specialized manufacturing environments. The analysis combines results from the authors' previous research with published studies and practical developments in the maritime industry. The possibilities for using RGB and thermal imaging, the limitations of visual recognition under different scene conditions, and the integration of AI-based information with existing fire detection and safety systems are discussed. Practical developments such as Hyundai HiCAMS and Consilium SensEye/SMiG are considered as examples of the transition from experimental computer vision models to integrated safety applications. The results indicate that computer vision can provide additional information for early detection and localization of fire-related events while maintaining the independent operation of the conventional fire detection system.

Keywords: computer vision; artificial intelligence; fire detection; thermal imaging; video analytics.

ВЪВЕДЕНИЕ

Пожарът остава един от съществените рискове както за корабите, така и за редица промишлени обекти. Навременното откриване на началните признаци на пожар е важно в помещения и зони със сложна конфигурация, ограничена видимост или наличие на оборудване и материали с повишена пожарна опасност. При корабите допълнителен фактор е ограничената възможност за външна помощ и необходимостта екипажът да реагира със собствените налични средства [1]. Традиционните пожароизвестителни системи използват различни видове датчици за откриване на дим, повишаване на температурата, пламък или определени газове. Тяхното действие обикновено е свързано с достигане на определена физична величина до мястото на датчика

Print ISSN: 1313-230X, Online ISSN: 3033-1404

и превишаване на зададен праг. Това може да доведе до забавяне на откриването при начално развитие на пожар, когато разстоянието до датчика, вентилацията и характеристиките на наблюдаваната зона влияят върху разпространението на дима и топлината [2].

Развитието на компютърното зрение и методите за дълбоко обучение създава възможност съществуващите системи за наблюдение да бъдат използвани и за автоматично разпознаване на признаци на пожар. Публикувани изследвания показват приложимостта на YOLO-базирани модели за откриване на огън и дим както в корабна среда [3], така и в промишлени обекти [4]. Използването на информация от различни спектрални диапазони представлява допълнителна възможност за повишаване на надеждността. При изследване на корабно приложение комбинирането на RGB и инфрачервени изображения показва по-висока точност и по-нисък брой погрешни разпознавания в сравнение с използването им поотделно [5].

В същото време развитието на подобни технологии не предполага задължително замяна на съществуващите пожароизвестителни системи. По-практична възможност е използването им като допълнителен информационен слой, който предоставя на оператора ранна визуална и диагностична информация за наблюдаваното събитие. Актуалните изменения на SOLAS вече включват изисквания за видеонаблюдение в определени помещения за превозни средства (vehicle spaces), помещения от специална категория (special category spaces) и ro-ro помещения, като се поставя акцент върху бързото определяне на местоположението на пожара и съгласуването на информацията между пожароизвестителната система и видеонаблюдението [6].

Целта на настоящия доклад е да се анализират перспективите за използване на компютърно зрение и изкуствен интелект като допълнителен информационен слой в корабни и промишлени пожароизвестителни системи. Анализът се основава на резултати от разработени от авторите модели за разпознаване на пожароопасни събития, публикувани научни изследвания и примери за практически разработки в морската индустрия.

На тази основа се разглежда концепция за интегриране на визуална, термовизионна и контекстна информация в допълнителен диагностичен слой, предназначен за ранно установяване и локализиране на пожароопасни събития при запазване на независимото действие на конвенционалната пожароизвестителна система.

ИЗЛОЖЕНИЕ

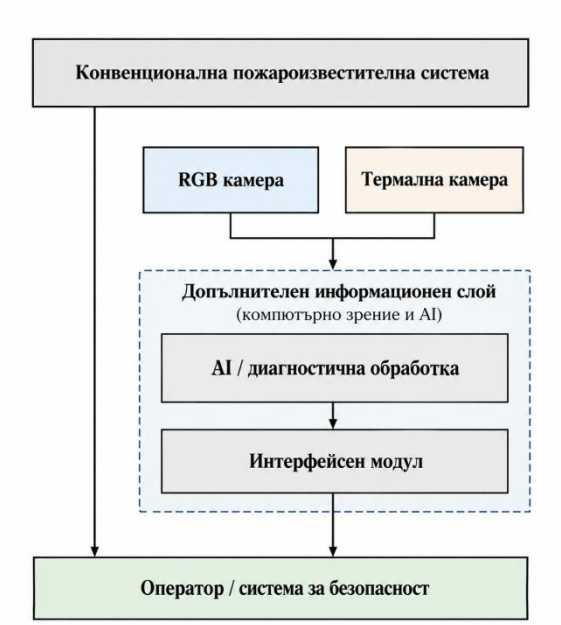
Системите за компютърно зрение дават възможност видеонаблюдението да се използва не само за визуален контрол от оператор, но и като източник на автоматично получавана информация за признаци на пожар. Изображенията от камерите могат да бъдат обработвани в реално време, като се търсят характерни визуални признаци на дим и пламък. При наличие на термовизионен канал към анализа може да бъде добавена и информация за температурното състояние на наблюдаваната зона. Използването на RGB и инфрачервена информация е изследвано при корабни приложения, като комбинирането на двата типа данни показва по-висока точност и по-ниска честота на погрешни разпознавания спрямо използването им поотделно [5].

В настоящото изследване подобна система се разглежда като допълнителен информационен слой, а не като заместител на съществуващата пожароизвестителна система. Нейната задача е да обработва информацията от средствата за визуално и термовизионно наблюдение и да предоставя на оператора допълнителни данни за възникващо събитие. По този начин информацията от AI анализа може да бъде използвана за ранно предупреждение и локализиране на наблюдаваното явление, докато основната пожароизвестителна система продължава да

изпълнява предвидените за нея функции.

Този подход е в съответствие и с развитието на нормативните изисквания към корабните системи. С измененията на SOLAS, приети с Resolution MSC.550 (108), за определени помещения за превозни средства, помещения от специална категория и ro-ro помещения се въвежда ефективно видеонаблюдение, което е необходимо да осигурява непрекъснато наблюдение и възможност за бързо определяне на местоположението на пожар [6]. Наред с това се изисква информацията от пожароизвестителната система да бъде представена логично и недвусмислено, а означенията на зоните да бъдат съгласувани с други системи, включително системата за видеонаблюдение [6]. На фиг. 1 е представена принципната структура на разглеждания подход. Конвенционалната пожароизвестителна система запазва самостоятелното си действие, а информацията от RGB и термовизионните камери се обработва отделно чрез AI-базиран диагностичен модул. Получената информация се предава към оператора или системата за наблюдение като допълнителен източник на данни за възникващото събитие. По този начин се запазва независимостта на основната пожароизвестителна система, като към нея се добавя възможност за ранно визуално откриване и локализиране на признаци на пожар.

Проведените от авторите изследвания показват, че използването на компютърно зрение за пожарна диагностика не се свежда единствено до разпознаване на дим или пламък. В разработената концепция информацията от RGB и термовизионен канал се разглежда съвместно с времеви и контекстни условия, като целта е формиране на диагностично събитие, съдържащо информация за наблюдаваната зона, момента и типа на установения признак [7]. Така резултатът от автоматичния анализ може да бъде представен като структурирана диагностична информация, съдържаща данни за вида, мястото и развитието на установеното събитие.



***Фиг. 1**. Принципна структура на система с компютърно зрение като допълнителен информационен слой в система за пожарна безопасност*

Необходимостта от такъв подход се потвърждава и от проведените експерименти за разграничаване на дим, пара и мъгла, при които са изследвани шест конфигурации на YOLOv8 с различен размер на модела и входна резолюция. Резултатите показват, че по-големият изчислителен капацитет не гарантира по-надеждно разпознаване, като при независими сцени димът се разпознава по-устойчиво от парата и мъглата [8]. Резултатите показват и зависимост на работата на модела от разнообразието на сцените в обучаващите данни. При разделяне на набора от данни на ниво сцена тестовите изображения произхождат от сцени, които не са използвани при обучението. По този начин оценката отчита способността на модела да работи при различни фонове, условия и гледни точки, а не само да разпознава вече познати визуални характеристики [8]. Това обосновава използването на допълнителна термовизионна, времева и контекстна информация за повишаване на надеждността [7], [8]. Подобна посока на развитие се наблюдава и при реални раз-

работки за морската индустрия. Един от примерите е системата HiCAMS (Hyundai Intelligent Camera Monitoring System) на Hyundai Heavy Industries. Системата е представена през 2021 г. като решение за автоматизиран видео-анализ, при което изображенията от около 20 CCTV камери, разположени в машинни и други технически пространства на кораба, се обработват чрез методи за дълбоко обучение. Основната задача е откриване на дим и други визуални признаци още в началния етап на възникване на пожар [9]. Първоначалната разработка получава Approval in Principle от Korean Register и Liberian Registry, което показва практическия интерес към използването на AI-базиран видеоанализ в корабната безопасност [9].

Развитието на HiCAMS продължава в посока интегриране със съществуващи корабни системи за безопасност. През 2025 г. Hyundai Heavy Industries и Consilium Safety Group обявяват съвместни изпитвания, при които HiCAMS е свързана със системата SMiG (Safety Management Interface Graphics) на Consilium. При пилотното изпитване видеосистемата разпознава дим и пламък, а получената информация се предава към SMiG. Като перспективни области на приложение се посочват откритите товарни палуби на контейнеровози и други големи пространства, при които разпространението на дима до традиционен точков датчик може да изисква допълнително време [10].

Друг практически пример е разработваната от Consilium система SensEye, която превръща видеонаблюдението от пасивен източник на изображение в автоматизиран източник на информация за безопасността. Видеопотоците се анализират в реално време за разпознаване на дим и други предварително зададени събития, а установените събития се предават към SMiG. Системата не е ограничена само до пожарна диагностика и може да разпознава например паднал човек, липсващо оборудване, движение в определени зони и нарушения при използването на лични предпазни средства [11].

В тази архитектура е възможно информацията от камерите да бъде съпоставяна с данните от останалите системи за безопасност. SMiG обединява информация от пожароизвестяване, газови датчици, температурен мониторинг, oil-mist detection и видеоанализ. При установено визуално събитие системата може да извърши проверка спрямо информацията от останалите източници, а при възникване на аларма SensEye може да промени наблюдаваните зони и да насочи анализа към областта с повишен риск [11]. Операторът получава съответния видеопоток и графично означение на установеното събитие, което позволява непосредствена визуална оценка на ситуацията. Производителят изрично разглежда SensEye като средство, което допълва, а не замеля съществуващото пожароизвестяване [11].

Разгледаните решения показват постепенно преминаване от самостоятелно автоматично разпознаване на изображения към интегрирана обработка на информация от различни източници. Камерата в този случай не изпълнява функцията единствено на средство за видеонаблюдение, а се превръща в допълнителен информационен източник към общата система за безопасност. Това е важно при ранното откриване, тъй като визуален признак на дим може да бъде установен преди достигането му до мястото на конвенционален датчик [10], [11].

Приложението на компютърното зрение не се ограничава до корабните системи. Подобни методи се изследват и за производствени предприятия и други промишлени среди с повишен пожарен риск. Разработен за smart factories YOLO v8-базиран модел например е обучен с над 5000 изображения и е предназначен за едновременно разпознаване на дим и огън в реално време [4].

Прилагането на подобни методи в промишлена среда поставя изисквания към изчислителните ресурси, особено

когато обработката трябва да се извършва локално и в реално време. При изследване за откриване на дим и огън във външни мини е разработена модифицирана версия на YOLOv8s с намален брой параметри и изчислителни операции. Полученият модел има с 23.0% по-малко параметри и с 26.4% по-малко FLOPs спрямо базовия YOLOv8s, като едновременно с това е отчетен mAP 91.0% [12]. Тези резултати показват значението на баланса между точност и изчислителна сложност при практическото внедряване на системи за автоматичен видеоанализ.

Целесъобразността от внедряване не трябва да се оценява единствено чрез точността на AI модела, а и според характеристиките на наблюдавания обект, вероятността за възникване на пожар, възможните материални и нематериални щети, времето за реакция на съществуващата система и разходите за изграждане и поддържане на допълнителния информационен слой. Подобна система е целесъобразна в обекти, при които последствията от късното откриване са значителни и визуалната информация може да подпомогне ранната оценка на събитието.

В общ вид ползата от ранното визуално откриване може да бъде разгледана чрез разликата

$$\Delta t = t_{conv} - t_{AI} \qquad (1)$$

където t_{conv} е времето от възникване на наблюдаваното събитие до неговото регистриране от конвенционалната пожароизвестителна система, а t_{AI}– моментът на получаване на диагностична информация от системата за компютърно зрение. При $\Delta t > 0$ допълнителният информационен слой предоставя по-ранна информация за наблюдаваното събитие. Стойността на Δt не е постоянна и зависи от вида и развитието на пожара, разположението на датчиците и камерите, вентилацията, видимостта и условията в конкретния обект.

Следователно перспективата за внедряване на подобни системи е най-голяма там, където могат да се съчетаят ранно визуално откриване, пространствено локализиране на събитието и информация от съществуващите системи за безопасност. При корабни и промишлени приложения съчетаването на тези източници може да осигури по-пълна информация за мястото и развитието на наблюдаваното събитие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитието на компютърното зрение и изкуствения интелект създава реални възможности за ранно откриване и оценяване на пожароопасни събития, като разгледаните научни изследвания и индустриални разработки показват постепенното преминаване от експериментални модели към практически приложения в корабни и промишлени обекти.

Проведените от авторите изследвания показват възможностите и ограниченията на подхода, като разпознаването на дим може да бъде реализирано в реално време, но визуално сходни явления като пара и мъгла и промяната на условията между различни сцени остават съществено предизвикателство. Това обосновава използването на допълнителна термовизионна и контекстна информация, вместо надеждността на системата да се основава единствено на резултата от визуален AI модел.

Практическите разработки HiCAMS и SensEye/SMiG потвърждават тенденцията към включване на автоматизирания видеоанализ в по-широки системи за наблюдение и безопасност. На тази основа използването на компютърно зрение като допълнителен информационен слой, без замяна на основната пожароизвестителна система, се очертава като приложим подход както за корабни, така и за промишлени обекти. Целесъобразността на внедряването следва да се определя за конкретния обект в зависимост от пожарния риск, необходимото време за реакция, условията за наблюде-

ние и потенциалните последствия от късното откриване.

Представеното изследване е част от работата по проект ПД/2026 „Разработване и изследване на интелигентна мултисензорна архитектура за мониторинг и подпомагане управлението на корабни системи за пожарна безопасност", финансиран по Фонд научни изследвания при Технически университет - Варна.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Avazov K, Jamil MK, Muminov B, Abdusalomov AB, Cho Y-I. Fire Detection and Notification Method in Ship Areas Using Deep Learning and Computer Vision Approaches. Sensors 2023;23(16):7078. doi:10.3390/s23167078.

[2] Zhu J, Zhang J, Wang Y, Ge Y, Zhang Z, Zhang S. Fire Detection in Ship Engine Rooms Based on Deep Learning. Sensors 2023;23(14):6552. doi:10.3390/s23146552.

[3] Zhang Z, Tan L, Tiong RLK. Ship-Fire Net: An Improved YOLOv8 Algorithm for Ship Fire Detection. Sensors 2024;24(3):727. doi:10.3390/s24030727.

[4] Zhang Z, Tan L, Robert TLK. An Improved Fire and Smoke Detection Method Based on YOLOv8n for Smart Factories. Sensors 2024;24(15):4786. doi:10.3390/s24154786.

[5] Kim D, Ruy W. CNN-based fire detection method on autonomous ships using composite channels composed of RGB and IR data. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering 2022;14:100489. doi:10.1016/j.ijnaoe.2022.100489.

[6] International Maritime Organization. Resolution MSC.550(108): Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. Adopted 23 May 2024.

[7] Stankov D, Gyurov V. Conceptual Architecture for a Computer Vision-Based Diagnostic Layer Supporting Shipboard Foam, Dry Powder and Aerosol Fire-Extinguishing Systems. In: 18th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF 2026). Technical University of Varna, Bulgaria; 2026.

[8] Stankov D, Gyurov V. Study of the Challenges in Recognizing Steam, Smoke and Fog Events in Computer Vision-Based Shipboard Fire Detection Systems. In: 18th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF 2026). Technical University of Varna, Bulgaria; 2026.

[9] HD Hyundai. HHI Group Presents AI-based Fire Monitoring System. Available at: https://esg.hd.com/en/news/529, 2021 (accessed 03 October 2026).

[10] Consilium Safety Group. Consilium and Hyundai to Test AI Cameras for Fire Detection at Sea. Available at: https://www.consiliumsafety.com/en/consilium-and-hyundai-to-test-ai-cameras-for-fire-detection-at-sea/, 2025 (accessed 03 October 2026).

[11] Consilium Safety Group. SensEye – See Everything. Miss Nothing. Available at: https://www.consiliumsafety.com/en/software-solutions/senseye/ (accessed 03 October 2026).

[12] Kong D, Li Y, Duan M. Fire and smoke real-time detection algorithm for coal mines based on improved YOLOv8s. PLOS ONE 2024;19(4):e0300502. doi:10.1371/journal.pone.0300502.