آشکارسازی رخداد آتش به‌کمک تصاویر ویدئویی در محیط‌های سرباز شهری

فائزه کریمی زارچی[1*]، ولی درهمی[2]، علی‌محمد لطیف[3] و علی ابراهیمی[4]
[1، 2 و 3] کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه یزد، یزد، ایران
[4] واحد فناوری اطلاعات و ارتباطات شرکت گاز استان یزد، یزد، ایران

چکیده

سامانه‌های تشخیص حریق با توجه به قابلیت گسترش سریع و توانایی بالای آتش در تخریب، از اهمیت بالایی برخوردار هستند. روش‌های سنتی شناسایی آتش که بر مبنای اثرات ناشی از آتش مانند دود و حرارت هستند، در محیط‌های بزرگ و سرباز کارایی لازم را ندارند. هدف از این مقاله ارائه روشی کارآمد برای تشخیص آتش به‌کمک تصاویر ویدئویی در محیط‌های سرباز شهری با تمرکز بر انبار شرکت گاز با هزینه محاسباتی پایین است. در روش پیشنهادی از مؤلفهٔ رنگ و ویژگی‌های زمانی و مکانی که خاصیت تفکیک‌کنندگی بالایی دارند، استفاده شده است. ابتدا نواحی نامزد آتش با کمک مدل رنگی انتخاب و سپس با توجه به تغییرات نامنظم پیوسته شعله آتش در قاب‌های متوالی و پراکندگی سطوح روشنایی کانال قرمز، نواحی آتش در تصاویر استخراج می‌شوند. آزمایش‌های انجام‌شده حاکی از آن است که روش پیشنهادی علاوه‌بر این‌که در نمونه ویدئوهای بررسی‌شده، قابلیت تشخیص صددرصدی وقوع آتش را در محیط‌های سرباز شهری دارد، زمان تشخیص را در شرایط مشابه نسبت به روش مقاله پایه ۸۷/۳۵ درصد کاهش داده است.

واژگان کلیدی: تشخیص هوشمند وقوع آتش، تصاویر ویدئویی، پردازش تصویر، زمان تشخیص

Fire detection using video sequences in urban out-door environment

Faeze Karimi zarchi [1*], Vali Derhami [2], AliMohammad Latif [3] & Ali Ebrahimi [4]
[1,2,3] Faculty of Computer Engineering, Yazd University, Yazd, Iran
[4] Manager of Information and Communication Technology Unit of Yazd Gas Company, Yazd, Iran

Abstract

Nowadays automated early warning systems are essential in human life. One of these systems is fire detection which plays an important role in surveillance and security systems because the fire can spread quickly and cause great damage to an area. Traditional fire detection methods usually are based on smoke and temperature detectors (sensors). These methods cannot work properly in large space and out-door environments. They have high false alarm rates, and to cover the entire area, many smoke or temperature fire detectors are required, that is expensive. Due to the rapid developments in CCTV (Closed Circuit Television) surveillance system in recent years and video processing techniques, there is a big trend to replace conventional fire detection techniques with computer vision-based systems. This new technology can provide more reliable information and can be more cost-effective. The main objective of fire detection systems is high detection accuracy, low error rate and reasonable time detect. The video fire detection technology uses CCD cameras to capture images of the observed scene, which provides abundant and intuitive information for fire detection using image processing algorithms.

This paper presents an efficient fire detection system which detects fire areas by analyzing the videos that are acquired by surveillance cameras in urban out-door environment, especially in storage of Yazd Gas Company.

Proposed method uses color, spatial and temporal information that makes a good distinction between the fire

* Corresponding author
*نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات

● تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۵/۸/۱۴ ● تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۹ ● تاریخ انتشار: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷ ● نوع مطالعه: کاربردی

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

and objects which are similar to the fire. The purpose is achieved using multi- filter. The first filter separates red color area as a primary fire candidate. The second filter operates based on the difference between fire candidate areas in the sequence of frames. In the last filter, variation of red channel in the candidate area is computed and compared with the threshold which is updating continuously. In the experiments, the performance of these filters are evaluated separately. The proposed final system is a combination of all filters. Experimental results show that the precision of the final proposed system in urban out-door environment is 100%, and our technique achieves the average detection rate of 87.35% which outperforms other base methods.

Keywords: Fire Detection, Video Sequences, Image Processing, Detection Time

۱- مقدمه

تشخیص رخ‌دادن آتش به‌کمک روش‌های هوشمند و مهار زودهنگام آن، به‌منظور کاهش خسارت‌های فراوان جانی، مالی و زیست‌محیطی ناشی از آن، یکی از موضوعات مهم در دنیای علم و صنعت محسوب می‌شود [1]. روش‌های سنتی ارائه‌شده، بر مبنای اثرات ناشی از آتش مانند دود، گرما و حرارت، گازهای حاصل از احتراق، و تابش‌های نوری است که این‌گونه آشکارسازها در محیط‌های بزرگ و سرباز، کارایی لازم را ندارند؛ ازاین‌رو با توجه به کاربرد وسیع دوربین‌های نظارتی مداربسته در سامانه‌های ایمنی محیط‌های مختلف، تمایل به استفاده از این دوربین‌ها در تشخیص وقایع ناگهانی و خطرناک همچون آتش افزایش یافته است [2,3,4,7,27,30].

علاوه‌بر کارایی مناسب سامانه آشکارسازی آتش مبتنی بر تصاویر ویدئویی در محیط‌های سرباز و بزرگ، مزیت عمده این سامانه نسبت به سایر سامانه‌های آشکارساز سنتی، قابلیت تشخیص وقوع آتش در مراحل اولیه آتش‌سوزی است. دوربین بر خلاف سایر حس‌گرهای سنتی از نوع تماسِ مستقیم نیست؛ بدین معنی که انواع دیگر حس‌گرهای مورد استفاده به این صورت کار می‌کنند که اثرات ناشی از آتش مانند دود یا گاز یا حرارت، باید مدت زمانی را طی کنند تا از محل واقعی وقوع آتش به محل قرارگیری آن حس‌گر برسند و حس‌گر را فعال کنند [5,6,14,27].

مزیت دیگر به‌کارگیری دوربین، امکان بررسی هشدار ایجادشده و تأیید یا عدم تأیید آن، توسط ناظر انسانی است. برتری دیگر استفاده از تصاویر ویدئویی، ارائهٔ اطلاعات جانبی و مفید در راستای تعدیل آتش‌سوزی است [7,8,27,30].

به‌طور عمده سامانه‌های تشخیص آتش مبتنی بر تصاویر ویدئویی، به‌منظور شناسایی خودکار آتش از ویژگی‌های شعله و دود ناشی از آتش در تصاویر، هم‌چون رنگ، شکل، تحرک، بافت استفاده می‌کنند [4,26,28]. تاکنون روش‌های متنوعی جهت تشخیص آتش ارائه شده که در این روش‌ها از طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های مختلف استفاده شده است. در پژوهش‌های اولیه در زمینه آشکارسازی شعله مبتنی بر پردازش تصاویر ویدئویی، بیشتر به مؤلفه رنگ توجه می‌کردند، اما در ادامه برای کاهش خطای تشخیص، ویژگی‌های دیگری نیز از تصویر استخراج کردند. در بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده، قواعد تجربی حاصل از آستانه‌گذاری روی تصویر در فضاهای رنگی مختلف (RGB، HSV، YCbCr)، به‌عنوان مدل رنگی استفاده شده‌اند [3,8,10,11,13,14].

در [12]، از یک مدل آماری ساده مبتنی بر منطق فازی در فضای رنگی YCbCr، برای توصیف نواحی آتش استفاده کرده است، اما از آنجایی که این روش تنها روی تصویر تمرکز داشته، دقت مورد انتظار را نداشت. از این‌رو در پژوهش‌های جدیدتر به جای استفاده از تصاویر از ویدئو بهره برده شد تا با به‌کارگیری تغییرات قاب به قاب آتش در چند قاب متوالی الگوی مناسبی از آتش مدل شود. Borges در سال ۲۰۱۰ با درنظرگرفتن یک توزیع گوسین برای نواحی شعله آتش در فضای RGB، یک مدل رنگی ارائه داد و سپس با استخراج ویژگی‌هایی همچون واریانس تغییرات روشنایی پیکسل‌ها، تغییرات مساحت ناحیه نامزد آتش در دو قاب متوالی، پیچیدگی ناحیه موردبررسی، به‌کمک طبقه‌بند بیزین سعی در تشخیص رخ‌دادن آتش داشته است [7]؛ ولی فرض گوسی‌بودن توزیع نواحی شعله آتش در فضای رنگی RGB، فرض اثبات‌شده و قابل قبولی نیست که باعث کاهش دقت تشخیص و افزایش هزینه محاسباتی روش می‌شود.

برخی مقالات مانند [22] از توصیف‌کننده‌های فوریه برای تفسیر شکل نواحی آتش استفاده کرده‌اند. با توجه به اینکه توصیف‌کننده فوریه، سیگنال‌های تصویر را به‌صورت مجموعه‌ای از سیگنال‌های سینوسی در نظر می‌گیرد و سیگنال‌های نواحی آتش رفتاری تصادفی و نامنظم دارند، از این رو به‌نظر می‌رسد این توصیف‌کننده‌ها کارایی لازم را نداشته باشند. بسیاری از مقالات مانند [17,28] از مدل مخلوط گوسین[1] برای مدل‌کردن پیکسل‌های پس‌زمینه تصاویر استفاده کرده‌اند. به‌کارگیری این روش، پیچیدگی محاسباتی را به همراه دارد که موجب زمان‌برشدن تشخیص

[1] Gaussian Mixture Models (GMM)

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

می‌شود. در مرجع [17] از روش خوشه‌بندی فازی[2] در فضای رنگی LAB، به‌منظور شناسایی نواحی شعله آتش استفاده شده که این روش نیز به‌دلیل ماهیت روش خوشه‌بندی فازی، ممکن است در برخی از موارد در تشخیص سریع وقوع آتش با تأخیر روبه‌رو شود.

مؤلفه متحرک‌بودن نواحی شعله آتش، نیز یکی از ویژگی‌های پرکاربرد جهت تشخیص شعله آتش است که علاوه‌بر روش به‌کارگیری توزیع مخلوط گوسین، در بسیاری از مقالات مانند [7,16,18,19,22] به‌منظور استخراج نواحی متحرک از پس‌زمینه تصویر، از روش تفاضل پس‌زمینه به‌روز شونده، استفاده کرده‌اند. در مقاله [23] از مدل تحلیل مؤلفه‌های مستقل هندسی انباشته برای این منظور استفاده شده است؛ اما بررسی‌ها نشان می‌دهد از آنجایی که به‌منظور شناسایی نواحی متحرک با استفاده از هرکدام از روش‌های یادشده نیاز به چندین قاب متوالی است، درصورت استفاده از این ویژگی سرعت تشخیص کاهش می‌یابد.

ویژگی‌های مشتق‌شده از تحلیل بافت تصویر، اطلاعات مهمی درباره وضعیت ساختاری قسمت‌های مختلف تصویر و ارتباط آن با سایر قسمت‌ها دربردارند که در مراجع [5,17,29] جهت شناسایی نواحی آتش از این ویژگی بهره گرفتند. یکی از روش‌های آماری تحلیل بافت، روش‌های مبتنی بر ماتریس هم‌رخداد است که در مراجعی نظیر [5,17,21] از این شیوه استفاده شده است.

در [21] به‌کمک یک شبکهٔ عصبی چندلایه، نواحی نامزد آتش به دو ردهٔ آتش و غیر آتش طبقه‌بندی شده‌اند. سه ویژگی مکانی و یازده ویژگی زمانی از نواحی نامزد آتش در تصویر استخراج شده و این بردار ویژگی به‌عنوان ورودی شبکه عصبی درنظر گرفته شده است. سامانه‌های فازی در مقالات [6,24] برای تشخیص نواحی آتش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در [8,25] از ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی نواحی و تصمیم‌گیری بهره گرفته شده است. از آنجایی که تمامی روش‌های طبقه‌بندی یادشده، از روش‌های یادگیری با ناظر هستند، درصورت عدم وجود داده‌های آموزشی برچسب‌دار معتبر استفاده از این روش‌ها با مشکل روبه‌رو خواهد بود. در [22] از مدل پنهان مارکوف برای مدل‌کردن رفتار زمانی نواحی آتش استفاده شده است.

در یک سامانهٔ تشخیص آتش، پیچیدگی محاسباتی روش به‌کار گرفته‌شده به‌طور مستقیم با زمان تشخیص ارتباط دارد. در بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده [3,4,7]، موضوع زمان تشخیص وقوع آتش مورد بحث قرار نگرفته است. پیش‌بینی می‌شود، در بعضی از سامانه‌های ارائه‌شده، زمان تشخیص با استفاده از پردازنده‌های معمولی به چند ده ثانیه و حتی شاید به دقیقه برسد، که این موضوع چالشی بسیار مهم است؛ چون شناسایی آتش در مراحل آغازین شکل‌گیری آن نقش به‌شدت تأثیرگذاری در فرایند مهار آن خواهد داشت. ممکن است، گذشت چند ثانیه از شروع آتش‌سوزی، خسارت‌های جبران‌ناپذیر جانی و مالی در پی داشته باشد؛ ازاین‌رو هدف از این مقاله، ارائه یک سامانه تشخیص‌دهنده آتش با کمک پردازش تصاویر ویدئویی است که بتواند با دقت مطلوب، در زمان اندکی (حجم محاسبات پایین) وقوع آتش را تشخیص دهد. بدین منظور، پس از بررسی کار سایر پژوهش‌گران، مجموعه‌ای از چند ویژگی به‌عنوان ویژگی نامزد انتخاب شده‌اند و سپس کارایی هر ویژگی با توجه به دو معیار سرعت و دقت، تشخیص آتش بررسی شده است؛ درنهایت توالی ویژگی‌های رنگ، تغییرات مساحت و واریانس تغییرات سطوح روشنایی در کانال قرمز در هر ناحیه نامزد آتش، بهترین کارایی را به‌دنبال داشت.

از جمله ویژگی‌هایی که کارایی آنها در این پژوهش بررسی شده، عبارتند از: واریانس تغییرات روشنایی در کانال‌های رنگی مختلف و در فضاهای رنگی مختلف، ناهمواری مرزها و پیچیدگی شکل، نامتقارن بودن توزیع سطوح روشنایی و ویژگی‌های آماری همچون یک‌ریختی از ماتریس هم‌رخداد و مؤلفهٔ LBP که بافت تصویر را توصیف می‌کنند. به‌طور خاص در مورد ویژگی بافت، استفاده از ویژگی‌های توصیف‌کنندهٔ بافت تصویر، موجب افزایش پیچیدگی زمانی و کاهش سرعت تشخیص آتش شد. از آنجا که مدل نهایی ارائه‌شده در این پژوهش در محیط واقعی اجرا شده است، از به‌کارگیری این نوع ویژگی‌ها به‌دلیل کاهش سرعت تشخیص خودداری شده است؛ درنهایت در مدل نهایی ارائه‌شده، ابتدا خروجی چند مدل رنگی که تا حد امکان نواحی شعله آتش را از سایر نواحی تصویر متمایز می‌کند، از نظر زمان و دقت بررسی شده است که استفاده از روش آستانه‌گذاری تجربی در فضای YCbCr و HSV، بهترین نتیجه را به همراه داشت. در گام بعدی به‌منظور حذف نواحی مشابه آتش در یک آزمایش فقط از ویژگی تغییرات پیوسته مساحت ناحیه شعله آتش کمک گرفته شده است و در آزمایش نهایی برای کاهش خطاهای تشخیص نادرست از ویژگی واریانس تغییرات روشنایی کانال قرمز نواحی نامزد نیز استفاده شد.

[1] Fuzzy C-Means Clustering (FCM)

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

سهم علمی این مقاله به‌اختصار به‌شرح زیر است:

الف) معرفی دو ویژگی مناسب با سربار محاسباتی پایین برای تشخیص حریق:

۱- تغییرات مساحت ناحیه آتش در طول آتش‌سوزی: در لحظات اولیه شروع آتش‌سوزی، شعله آتش مدام در حال سوسوزدن است و مساحت هر ناحیه شعله آتش در حال کم یا زیادشدن است، ازاین‌رو از ویژگی تغییرات نرمال‌شده مساحت در پنج قاب متوالی به جای رشدپذیری استفاده شده است. این موضوع باعث شده دقت تشخیص در روش پیشنهادی نسبت به مقاله پایه افزایش یابد، که مقایسه نتایج در بخش (۴) از مقاله آورده شده است.

۲- واریانس تغییرات روشنایی در کانال قرمز به‌عنوان یک ویژگی متمایزکنندهٔ نواحی آتش از سایر نواحی مشابه: ارائه روش فیلترینگ نواحی نامزد آتش با توجه به این ویژگی با به‌کارگیری یک حد آستانه به‌روزشونده با درنظرگرفتن تصویر ورودی در هر لحظه.

ب) ارائه بهترین روش تشخیص با توجه به ترتیب به‌کارگیری ویژگی‌های معرفی‌شده. گفتنی است ترتیب اعمال مراحل دو و سه الگوریتم، تأثیر قابل توجهی بر روی نتایج پژوهش خواهد داشت.

پ) ارزیابی کارایی چند ساختار طبقه‌بندی هوشمند در تشخیص آتش بر حسب معیارهای دقت و زمان تشخیص. کارایی ساختارهای تصمیم‌گیری شبکه بیزین و شبکه عصبی مصنوعی بررسی شد که نتایج دلخواه از نظر دقت و زمان تشخیص را نداشتند. دقت در این ساختارها مطلوب نبود؛ چون داده‌های استخراج‌شده به‌خصوص در دورهٔ غیر آتش نمایندگی خوبی از انواع داده‌های این رده در واقعیت نداشتند و از آن‌جایی که داده‌های برچسب‌دار جهانی برای مسأله تشخیص حریق در دسترس نبود، ازاین‌رو در این پژوهش از روشی استفاده شد که نیاز به داده‌های آموزشی برچسب دار نباشد.

ت) پیاده‌سازی عملی روش پیشنهادی و تصدیق امکان اجرای برخط آن در یک سامانه رایانه‌ای معمولی در محیط واقعی.

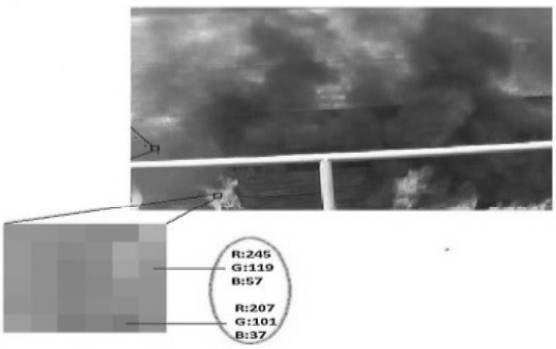
۲- مفاهیم پایه

شاخص رنگ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های متمایزکنندهٔ نواحی آتش از سایر نواحی تصویر است؛ ازاین‌رو یکی از مؤلفه‌های موردنیاز سامانهٔ تشخیص‌دهنده آتش مبتنی بر تصویر، یک مدل رنگی مناسب است. که در این بخش به بررسی این مؤلفه پرداخته شده است.

با بررسی نواحی شعله آتش در تصاویر مختلف، مشاهده شده که رنگ نواحی شعله آتش به قرمزی متمایل است و با توجه به تنوع ماده در حال احتراق و شرایط نور محیط، بین زرد تا قرمز در حال تغییر است. در مرکز ناحیه آتش که درجه حرارت بالایی دارد، رنگ شعله آتش به سفیدی تمایل دارد و با حرکت به سمت لبه‌های ناحیه آتش و کم‌شدن درجهٔ حرارت، در ابتدا به رنگ زرد و درنهایت به سمت قرمزشدن می‌رود. البته نوعی از آتش که رنگ شعله آن آبی‌رنگ است در پژوهش انجام‌شده مورد بحث نبوده است، چون به‌طور کلی در آتش‌سوزی‌های طبیعی دیده نمی‌شود و فقط در مواقع خاص این نوع آتش اتفاق خواهد افتاد [2,5,20].

ویژگیِ دیگرِ رنگ در نواحی شعله آتش اشباع رنگ قرمز است که به‌عنوان یک ویژگی متمایزکننده در استخراج نواحی شعله آتش کاربرد دارد [5]. البته باید توجه کرد که میزان اشباع رنگ قرمز بسته به شرایط محیط اعم از سرباز یا سربسته‌بودن، روز یا شب‌بودن ممکن است، تغییراتی داشته باشد [14]. مدل رنگی مورد استفاده برای سامانهٔ تشخیص‌دهنده می‌تواند در فضاهای رنگی مختلف، از جمله فضای رنگی YCbCr، HSV ارائه شود.

با بررسی کانال‌های رنگی قرمز، سبز و آبی در نواحی شعله آتش به این نتیجه رسیده شده که مقدار سطح روشنایی در کانال قرمز از کانال سبز و مقدار سطح روشنایی کانال سبز از کانال آبی بیشتر است [2,5,13,14].



(شکل-۱): مقادیر رنگ RGB در ناحیه شعله آتش
(Figure-1): RGB color values in the flame region

اما مؤلفه‌های رنگی در فضای HSV بسیار به تفسیر دستگاه بینایی انسان از تصاویر شباهت داشته. ازاین‌رو، در تشخیص نواحی مربوط به شعله آتش نیز کاربرد دارد. این فضا از سه مؤلفهٔ رنگ[1]، شدت اشباع[2] و میزان روشنایی[3] تشکیل

[1] Hue
[2] Saturation
[3] Value

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

شده است که دو مؤلفهٔ رنگ و شدت اشباع به‌طور عمیقی در درک انسان از تصاویر رنگی مؤثر هستند [6,13,14,15].

فضای رنگ YCbCr، به‌طور عمده در تحلیل تصاویر حاصل از ویدئو کاربرد دارد. این فضای رنگ از مؤلفهٔ Y که نشان‌دهندهٔ پارامتر روشنایی[1]، مؤلفهٔ Cr و Cb که به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ رنگ‌های قرمز و آبی هستند، تشکیل شده است.

فضای رنگی YCbCr نیز چون پارامترهای رنگ و روشنایی را به‌طور جداگانه بررسی می‌کند، بسیار به دستگاه سنجش رنگ بینایی انسان نزدیک است [20].

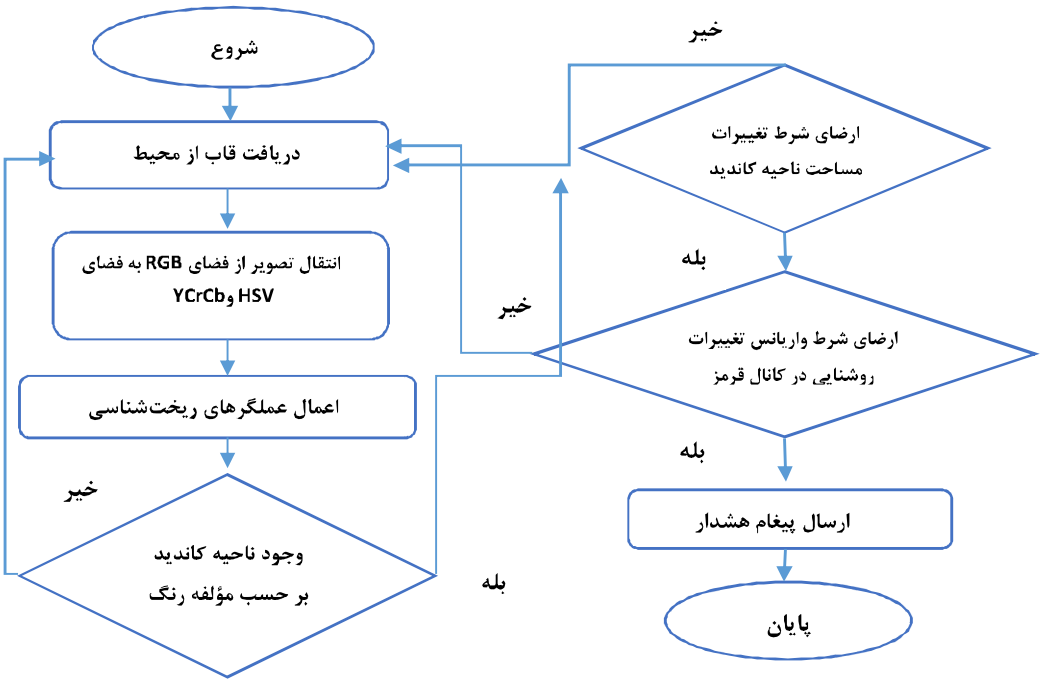
۳- روش پیشنهادی

در این پژوهش فرض شده است که تصاویر ویدئویی از دوربین‌هایی که در محیط به‌صورت ثابت مستقر شده‌اند، دریافت می‌شود. روال کار بدین گونه است که پس از دریافت، تصویر به‌صورت برخط مورد پردازش قرار می‌گیرد. بدین صورت که ابتدا توسط یک مدل رنگی که در فضاهای رنگی YCrCb و HSV بنا شده است، نواحی از تصویر به‌عنوان نامزد ناحیه آتش انتخاب می‌شوند. در گام بعدی نواحی نامزد از نظر تغییرات مساحت در چند قاب متوالی بررسی می‌شوند و درنهایت نواحی باقی‌مانده‌ای که، واریانس تغییرات روشنایی ناحیه قرمز آنها از یک حد آستانه تجربی به‌روزشونده، بزرگ تر باشد به‌عنوان شعلهٔ آتش شناسایی می‌شوند.

شکل (۲)، روندنمای روش پیشنهای را نشان می‌دهد. درکل روش پیشنهادی دارای سه مرحله عمده است که در ادامه بخش، جزئیات هر مرحله بیان می‌شود.

۳-۱- مدل رنگ

ناحیه شعله آتش مشخصات رنگ متمایزکننده‌ای دارد، ازاین‌رو نخستین مرحله روش پیشنهادی بدین صورت است که با اعمال قواعد تجربی حاصل از آستانه‌گذاری مطابق با رابطه (۱)، هر تصویر ورودی به یک تصویر دودویی تبدیل می‌شود. نواحی‌ای که مقادیر روشنایی آن‌ها، یک باقی می‌ماند، نواحی نامزد شعله آتش هستند و سایر نواحی در مراحل بعدی پردازش نادیده گرفته می‌شوند. مقدار H(x,y)، S(x,y) و V(x,y) به‌ترتیب به مؤلفه‌های رنگ، شدت اشباع و روشنایی در فضای رنگی HSV اشاره می‌کنند. مقادیر Y(x,y)، Cb(x,y) و Cr(x,y) نیز مؤلفه‌های روشنایی و رنگ آبی و قرمز در فضای رنگی YCbCr را نشان می‌دهند؛ درنهایت خروجی مرحله نخست از روش پیشنهادی یک تصویر دودویی است که پیکسل‌های نامزد ناحیه آتش مقدار f(x,y)، برابر یک و سایر پیکسل‌ها مقدار f(x,y)، مساوی با صفر دارند.



(شکل-۲): روندنمای روش پیشنهادی

(Figure-2): Flowchart of the proposed method

[1] Luminance

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

$$f(x,y)=\begin{cases}1 & if\ (0.02<H(x,y)<0.4)\ and\\ & (0.2<S(x,y)<1)\ and\\ & (0.9<V(x,y)<1)\ and\\ & (Y(x,y)\geq Ymean)\quad and\\ & (Cb(x,y)\leq Cbmean+10)\ and\\ & (Cr(x,y)\geq Crmean-10)\ and\\ 0 & OtherWise\end{cases} \quad (۱)$$

از آن‌جایی‌که رنگ نواحی شعلهٔ آتش بین سفید و قرمز در حال تغییر است و پیکسل‌های آتش در رنگ قرمز به حالت اشباع می‌رسند، سعی شده است با بهره‌گرفتن از فضای رنگی HSV که به‌خوبی مؤلفه روشنایی و اشباع را از هم متمایز می‌کند؛ این خصیصه را مدل کرد و فضای رنگی YCbCr بهترین فضا، برای مدل‌کردن مقدار بالای مؤلفه‌های روشنایی و رنگ قرمز در ناحیه شعله آتش است. خروجی این مرحله به‌کمک عمل‌گرهای ریخت‌شناسی، هم‌چون بستن[1]، بهبود پیدا می‌کند تا نقاط ریز نزدیک به هم، به‌صورت نواحی یک‌پارچه درنظر گرفته شوند.

گفتنی است که برای به دست‌آوردن یک مدل رنگی مناسب، کارایی مدل خوشه‌بندی تصویر بر اساس مؤلفه رنگ در فضای رنگی LAB با تعداد خوشه سه، و نیز مدل توزیع گوسین در فضای رنگی RGB پیاده‌سازی شد؛ اما کارایی این دو مدل رنگی از نظر دقت و سرعت تشخیص نسبت به مدل به‌کار گرفته‌شده، ضعیف‌تر بود. شکل (۳) نتایج سه مدل رنگی بررسی‌شده بر روی چند نمونه تصویر شامل آتش نمایش می‌دهد. تصاویر موجود در شکل (۳) به‌طور واضح غلط‌بودن فرض گوسی‌بودن توزیع رنگ را در نواحی شعله آتش نمایش می‌دهد.

۲-۳- تغییرات مساحت ناحیه نامزد شعلهٔ آتش در چند قاب متوالی

در این مرحله برای حذف نواحی غیر آتش که رنگی مشابه شعلهٔ آتش دارند، از ویژگی تغییرات پیوستهٔ شعلهٔ آتش استفاده شده؛ زیرا مساحت یک ناحیه متناظر با شعله آتش، همواره به‌طور نامنظم در حال تغییر است؛ درحالی‌که تغییرات مساحت سایر نواحی تصویر، نسبت به شعله آتش کمتر است. برای هر ناحیه نامزد از تصویر، مساحت محاسبه و سپس در قاب دریافتی بعدی پس از عبور از مراحل قبلی، مساحت نواحی نامزد محاسبه می‌شود. نواحی متناظر از دو قاب، با بهره‌گرفتن از مرکز ثقل نواحی انتخاب می‌شوند، چنانچه تغییرات مساحت ناحیه نامزد از سیزده درصد مساحت کل آن ناحیه بیشتر باشد، به‌عنوان نامزد ناحیه آتش باقی می‌ماند؛ در غیر این صورت ناحیه مورد نظر از فهرست نواحی نامزد، حذف می‌شود.

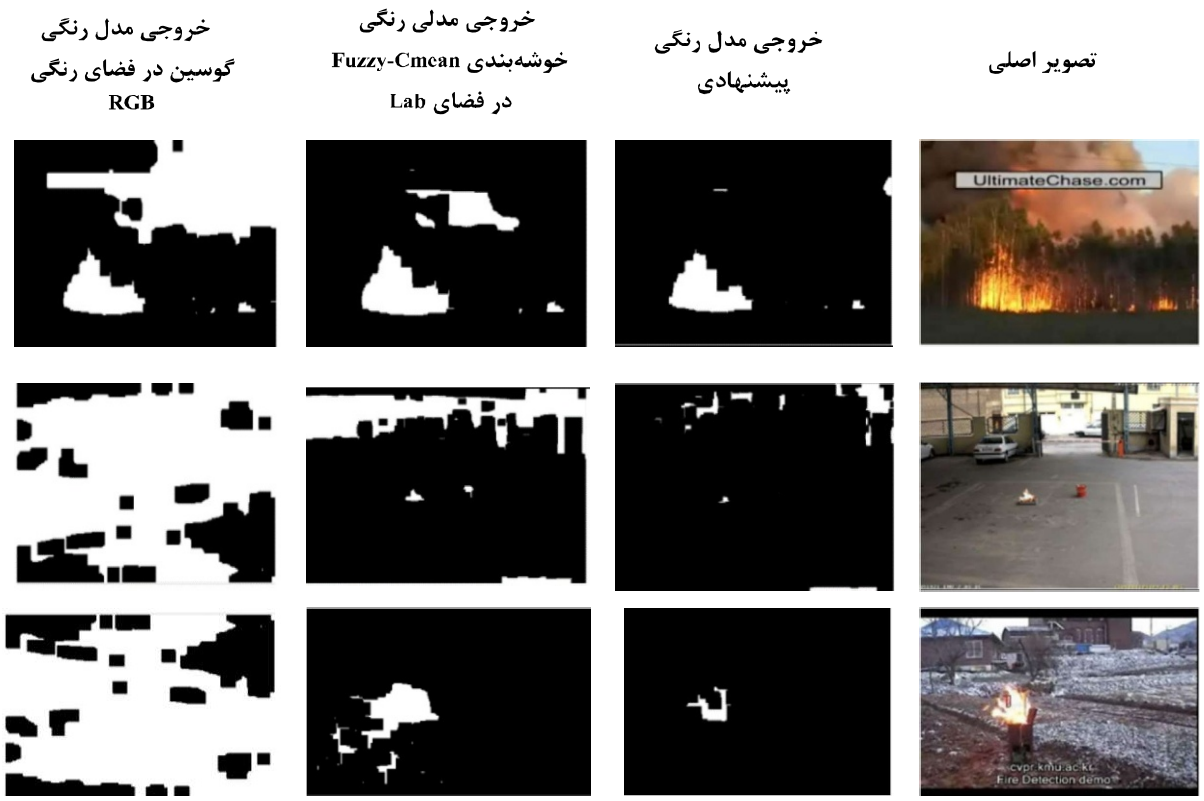
در مرحله بعد، به‌منظور افزایش دقت تشخیص، روند تغییر مساحت یادشده برای پنج قاب متوالی تکرار شده است و اگر شرط تغییرات مساحت دست‌کم به میزان سیزده درصد مساحت ناحیه نامزد در پنج قاب متوالی برقرار باشد، آن ناحیه به‌عنوان آتش تشخیص داده می‌شود. مقادیر سیزده درصد و پنج مرتبه تکرار به‌صورت تجربی به‌دست آمده‌اند. شکل (۴) روندنمای مرحله دوم تشخیص را نمایش می‌دهد. گفتنی است که حد آستانه سیزده درصد با توجه به مقاله پایه و طبق آزمایش‌های انجام‌شده به‌صورت تجربی انتخاب شده است. با توجه به این‌که روش پیشنهادی در محیط‌های سرباز شهری قابلیت تشخیص صددرصدیی وقوع آتش را در ویدئوهای شامل آتش داشته، انتخاب حد آستانه در دو موضوع تأثیرگذار بوده است. موضوع نخست زمان تشخیص آتش در ویدئوهای شامل آتش (نخستین شماره قاب تشخیص داده شده) و موضوع دوم تعداد قاب‌هایی که در ویدئوهای فاقد آتش، به‌اشتباه آتش تشخیص داده شده‌اند؛ بنابراین در اینجا با یک مسألهٔ دوهدفه روبه‌رو بوده‌ایم. هدف نخست کاهش زمان تشخیص در ردهٔ آتش و هدف دوم کاهش خطای تشخیص در ردهٔ غیر آتش است. شکل (۵) نتایج اجرای الگوریتم ارائه‌شده با درنظرگرفتن حد آستانه از سه تا ۲۱ با توجه به دو هدف بیان‌شده در آزمایش‌های انجام‌شده را نمایش می‌دهد. محور افقی مقادیر مختلف حد آستانه و محور عمودی، برای ویدئوهای شامل آتش، زمان نخستین تشخیص و برای ویدئوهای فاقد آتش، درصد تشخیص نادرست را به‌صورت مقادیر نرمال‌شده بین صفر و یک نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، حد آستانه سیزده، در مجموع دو رده ویدئو شامل و فاقد آتش بهترین کارایی را داشته است.

مقادیر حدود آستانهٔ استفاده‌شده در مراحل یک و دوی روش پیشنهادی، با بررسی چند ویدئو که به‌عنوان ویدئوهای مرحلهٔ آموزش، در نظر گرفته شده، حاصل شده‌اند. درنهایت در هنگام ارزیابی کارایی سامانه با ویدئوهایی که در بخش چهارم به آن پرداخته می‌شود، تمامی حدود آستانه به‌صورت ثابت برای کلیه ویدئوها در نظر گرفته می‌شود.

[1] Closing

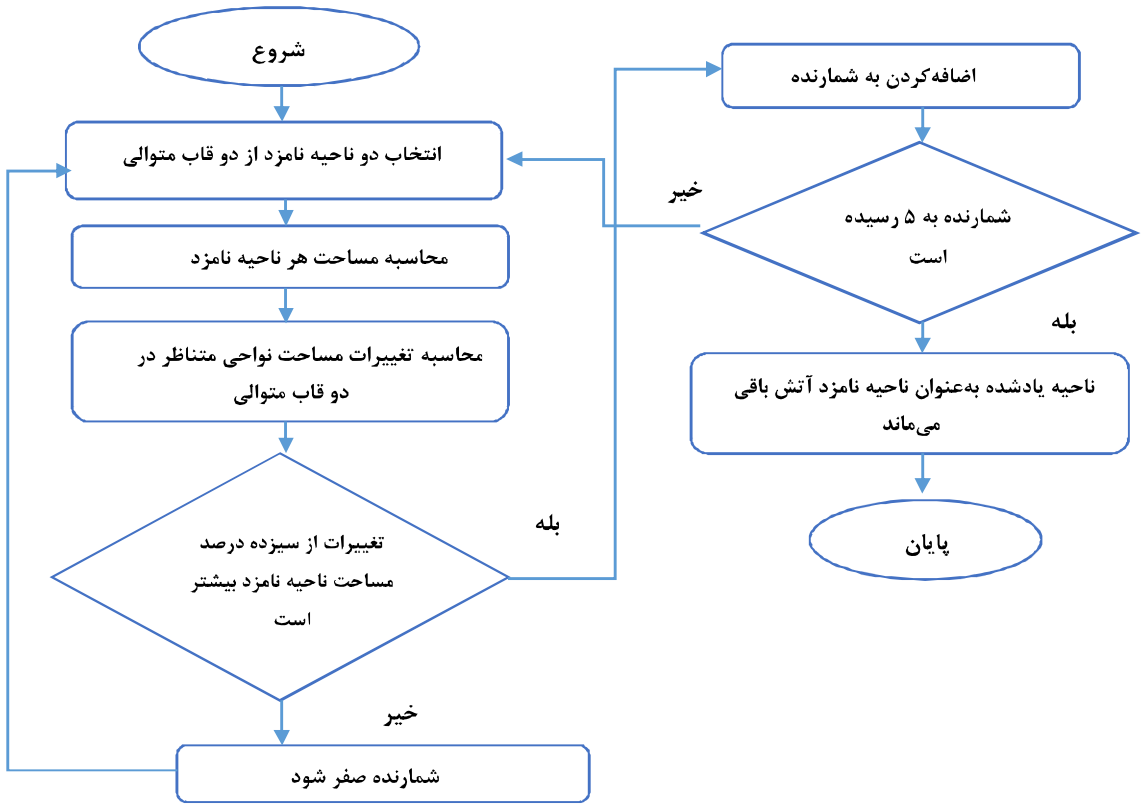
[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]



(شکل-۳): مقایسه کارایی سه مدل رنگی بررسی شده

(Figure-3): Comparison of the performance of the three color models that were investigated



(شکل-۴): روندنمای مرحله دوم روش پیشنهادی

(Figure-4): Flowchart of the second stage of the proposed method

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]



(شکل-۵): بررسی حد آستانه‌های مختلف

(Figure-5): Examination of different thresholds

۳-۳- واریانس تغییرات روشنایی در کانال رنگ قرمز در نواحی شعلهٔ آتش

در این مرحله از روش پیشنهادی، برای کاهش هشدارهای غلط و افزایش دقت سامانه از ویژگی تغییرات پیوستهٔ روشنایی پیکسل‌های ناحیه آتش در کانال رنگ قرمز استفاده شده است. از آنجا که در ناحیه شعله آتش واریانس تغییرات روشنایی زیاد است، هر ناحیهٔ نامزدِ باقی‌مانده از مراحل قبل تنها درصورتی پس از مرحله سوم همچنان نامزد ناحیه آتش باقی می‌ماند که واریانس تغییرات روشنایی کانال قرمز آن ناحیه از حد آستانه تعیین شده بیشتر باشد. حد آستانه برای هر تصویر ورودی با توجه به میانگین تغییرات روشنایی کانال قرمز تمام پیکسل‌های همان تصویر، به‌روز می‌شود.

۴- نتایج و پیاده‌سازی

پژوهش انجام‌شده بر روی دو دسته ویدئو اجرا شده است. دسته نخست شامل ویدئوهایی که به‌صورت واقعی از محیط مسکونی/تجاری شهری گرفته شده و دسته دوم شامل ویدئوهایی که از اینترنت گرفته شده است و انواع مختلف محیط‌های شهری و جنگلی را دربرمی‌گیرد. مهم‌ترین پایگاه داده‌ای که از ویدئوهایی در زمینه تشخیص آتش در دسترس است، تارنمای آزمایشگاه دانشگاه بیلکنت آنکارا است. این پایگاه داده در مراجعی همچون [8,13,17] استفاده شده است. روش پیشنهادی این پژوهش نیز بر روی ویدئوهای این پایگاه داده آزمایش شده است. بخشی از ویدئوهای مورد بررسی شامل شعلهٔ آتش و برخی دیگر فاقد شعلهٔ آتش هستند. نرخ دریافت قاب و وضوح تصاویر ویدئوهای دو دسته با هم متفاوت است که در جدول (۷) از بخش پایگاه داده مشخصات جزئی‌تر از ویدئوها آمده است. هفده ویدئوی ابتدایی یادشده در جدول (۷) به ویدئوهایی اشاره دارد که شامل شعلهٔ آتش و هفده ویدئو مربوط به سطر ۱۸ تا سطر ۳۴، ویدئوهای فاقد آتش را که شامل اشیای شبیه آتش هستند، نشان می‌دهد.

به‌منظور پیاده‌سازی روش پیشنهادی این مقاله، از نرم‌افزار متلب (R2015b) نسخه 8.6.0.267246 بر روی پردازندهٔ معمولی هفت‌هسته‌ای با قدرت پردازش ۱/۷۳ گیگاهرتز و با حافظه اصلی ۴/۰۰ گیگا بایت بهره گرفته شده است. جهت سنجش کیفیت سامانه تشخیص آتش پیشنهادی به دو عامل مهم توجه شده است:

۱- دقت تشخیص: دقت تشخیص در ردهٔ آتش باید خیلی بالا باشد؛ چون حتی چند مورد عدم تشخیص، ممکن است، موجب خسارت‌های جبران ناپذیر فراوانی شود.

۲- زمان تشخیص: سیستم باید به گونه‌ای طراحی شود که زمان لازم برای پردازش هر قاب (پیچیدگی محاسباتی) تا حد امکان پایین باشد تا قاب ورودی جدید در سریع‌ترین زمان ممکن، وارد مرحله پردازش شود. بدین ترتیب مشکل انباشتگی قاب‌ها در طول زمان نیز وجود نخواهد داشت. انباشتگی قاب‌ها زمانی رخ می‌دهد که زمان پردازش هر قاب طولانی باشد و سیستم نتواند در فاصلهٔ زمانی بین دریافت دو قاب متوالی، قاب جاری را به‌طور کامل پردازش کند.

در عمده کارهای انجام‌شده پیشین، به پارامتر زمان اهمیت چندانی داده نشده بود؛ ولی در این مقاله تشخیص در کوتاه‌ترین زمان ممکن با یک پردازندهٔ معمولی به‌عنوان یک اولویت مهم مدنظر بوده است.

روال ارزیابی بدین صورت است که برای ویدئوهایی که شامل شعله آتش هستند، ابتدا قابلیت تشخیص یا عدم تشخیص آتش بررسی شده است، چنانچه تشخیص انجام بگیرد، مدت زمان سپری‌شده از شروع آتش تا نخستین تشخیص و هم‌چنین شماره قاب نخستین تشخیص محاسبه شده است. از آنجایی که سامانه ارائه‌شده باید به‌صورت برخط کار کند، همواره نخستین تشخیص بسیار مهم است تا اقدامات لازم صورت گیرد. در ادامه نتایج حاصل از سه رویکرد بیان شده است، جزئیات رویکردهای بررسی شده، بدین شرح است:

۱- رویکرد نخست: روش ارائه‌شده توسط سی‌بمرانگست در سال ۲۰۱۴، که در جدول‌های (۱) و (۳) با نام «روش یک» معرفی می‌شود.

۲- رویکرد دوم: روش پیشنهادی این مقاله با این تفاوت که مرحله سوم (ویژگی مکانی) در نظرگرفته نشده است که در جدول‌های (۱) و (۳) با نام «روش دو» شناخته می‌شود.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

۳- رویکرد سوم: روش پیشنهادی این مقاله، که در جدول‌های (۱) و (۳) با نام «روش سه» شناسایی می‌شود.

۱-۴- نتایج حاصله در ردهٔ آتش

جدول (۱)، اطلاعات مربوط به تشخیص یا عدم تشخیص، مدت زمان تشخیص و شماره قاب نخستین تشخیص را برای هفده ویدئوی مختلف حاوی شعلهٔ آتش که اطلاعات آن‌ها در جدو ل (۷) آمده است، ارائه می‌کند. در مقاله [10] زمان تشخیص روش به‌طور متوسط تا دو دقیقه گزارش شده است که زمان قابل قبولی نیست. با تغییرات اعمال‌شده روش دو و درنهایت روش سه ارائه شدند که دقت و زمان تشخیص به‌مراتب بهتری نسبت به روش یک دارند. روش‌های دو و سه، تنها قادر به تشخیص وقوع آتش در ویدئوی مربوط به سطر هشت نشده‌اند. ویدئوی مربوط به سطر هشت، یک ویدئوی آتش‌سوزی در جنگل است که در آن اثرات ناشی از آتش یعنی دود و شعله به‌صورت همزمان وجود دارد. حضور قابل توجه دود در بین شعله‌های آتش یک دلیل عدم توانایی تشخیص آتش در روش پیشنهادی برای این ویدئو است.

(جدول-۱): نتایج حاصل از سه رویکرد بر روی ویدئوهای شامل شعله آتش

(Table-1): The results of the three approaches on videos that contain flame

شماره	نام ویدئو	قابلیت تشخیص درست			شماره قاب اولین تشخیص			میانگین زمان اولین تشخیص (ثانیه)		
		روش یک	روش دو	روش سه	روش یک	روش دو	روش سه	روش یک	روش دو	روش سه
۱	Fire_demo1.avi	×	✓	✓	-	1	1	-	0.24	0.24
۲	Fire_demo2.avi	✓	✓	✓	322	5	5	79.04	0.73	0.72
۳	Fire_demo3.avi	×	✓	✓	-	1	1	-	0.24	0.23
۴	Fire_demo4.avi	✓	✓	✓	229	2	2	24.029	0.36	0.34
۵	Fire_demo5.avi	✓	✓	✓	110	10	32	11.721	0.96	3.20
۶	Fire_demo6.avi	✓	✓	✓	73	15	68	6.26	1.42	7.47
۷	Forest1.avi	×	✓	✓	-	5	5	-	0.76	0.76
۸	Forest2.avi	×	×	×	-	-	-	-	-	-
۹	Fire5.avi	×	✓	✓	-	1	1	-	0.45	0.45
۱۰	outdoor01.avi	✓	✓	✓	887	113	113	59.15	8.31	8.29
۱۱	out_night_fire.avi	✓	✓	✓	14	5	5	2.33	0.83	0.83
۱۲	Fire1_gaz.avi	×	✓	✓	-	5	5	-	1.80	1.79
۱۳	Fire2_gaz.avi	×	✓	✓	-	5	5	-	1.88	1.88
۱۴	Fire3_gaz.avi	×	✓	✓	-	2	2	-	1.01	1.00
۱۵	Fire4_gaz.avi	×	✓	✓	-	6	6	-	2.33	2.30
۱۶	Fire5_gaz.avi	×	✓	✓	-	2	2	-	0.91	0.92
۱۷	Fire6_gaz.avi	×	✓	✓	-	6	6	-	2.22	2.20

(جدول-۲): خلاصه نتایج روش پیشنهادی در کلاس آتش

(Table-2): Summary of Results of Proposed Method in Fire Class

ویدئو شماره	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
قابلیت تشخیص درست	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
شماره اولین قاب تشخیص داده شده پس از شروع آتش	1	5	1	2	22	68	5	-	1	113	5	5	5	2	6	2	6

در ضمن علت مهم دیگر این عدم توانایی تشخیص به پارامترهای آستانه‌گذاری تجربی مدل رنگی استفاده‌شده برمی‌گردد، چون طبق آزمایش‌های صورت‌گرفته حدود آستانه به‌گونه‌ای تنظیم شده‌اند که برای آتش‌سوزی‌های محیط‌های سربازی شهری کارایی مطلوبی داشته باشند؛ درضمن جدول (۲) نتایج اجرای روش پیشنهادی را بر روی هفده ویدئو شامل آتش به‌اختصار نمایش می‌دهد.

۲-۴- نتایج حاصله در کلاس غیر آتش

جزئیات مربوط به تشخیص وقوع آتش و عدم تشخیص، تعداد قاب‌هایی از هر ویدئو که در یک ویدئوی فاقد آتش که در آن، رخدادن آتش به‌اشتباه شناسایی شده در جدول (۳) آمده

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

است. نتایج حاصل از پیاده‌سازی سه رویکرد یادشده در بخش قبل بر روی هفده ویدئوی فاقد شعله آتش و دارای اشیای مشابه آتش در این جدول بیان شده است.

همان‌طور که جدول (۳) نشان می‌دهد، روش یک بر روی ویدئوهای آزمایش‌شده، خطایی در ردهٔ غیر آتش نداشته است. در روش پیشنهادی (روش سه) تنها در برخی از قاب‌های سه ویدئوی مربوط به سطرهای پنج، یازده و دوازده جدول (۳) از بین هفده ویدئو آزمایش‌شدهٔ فاقد آتش، اعلام تشخیص آتش کرده است. تأثیر ویژگی واریانس تغییرات روشنایی در کانال Red، باعث شده که در این سه ویدئو نیز به‌طور کلی درصد قاب‌هایی که در آن‌ها آتش شناسایی شده است، نسبت به روش دوم کمتر شود. علاوه‌بر این موضوع، ویژگی مکانی استفاده شده، موجب بهبود قابل توجه روش پیشنهادی نسبت به روش دو، شده است. بدین‌صورت‌که در چند ویدئو که روش دو به‌اشتباه وقوع آتش را تشخیص داده بوده، روش پیشنهادی به‌درستی عدم وقوع آتش را پیش‌بینی کرده است.

از آنجایی که دقت در ردهٔ آتش در یک سامانه تشخیص بسیار مهم است، در روش پیشنهادی پارامترها به‌گونه‌ای تنظیم شده است که حساسیت در تشخیص درست آتش در ردهٔ آتش بالا باشد؛ ازاین‌رو، این چند نمونه تشخیص نادرست در ردهٔ غیر آتش رخ داده است؛ درحالی‌که روش یک با کم‌کردن خطای تشخیص در ردهٔ غیر آتش، خطای زیادی در ردهٔ آتش دارد که چنین خطایی در یک سامانه تشخیص آتش مطلوب نیست. به‌عبارتی در روش پیشنهادی با صفرکردن، تشخیص منفی غلط[1]، درصد کمی تشخیص مثبت غلط پذیرفته شده است. البته، برای حل این مشکل نیز تعداد تشخیص‌ها[2] در طول یک بازهٔ زمانی مشخص می‌تواند معیار وقوع یا عدم وقوع آتش باشد. جدول (۴) نتایج روش پیشنهادی را بر روی هفده ویدئوی فاقد آتش به‌اختصار نمایش می‌دهد.

۳-۴- چند نمونهٔ خروجی

شکل (۶) خروجی حاصل از سه مرحله روش پیشنهادی (روش سه) را برای قاب‌هایی از چند ویدئو حاوی شعله آتش نشان می‌دهد. ستون الف در شکل (۶) یک قاب از ویدئوی ورودی را نمایش می‌دهد و ستون‌های ب، ج و د به‌ترتیب خروجی مراحل اول تا سوم روش پیشنهادی بر روی قاب نمایش‌داده‌شده در ستون الف را به تصویر می‌کشد. شکل (۷) خروجی حاصل از اجرای سه مرحلهٔ روش پیشنهادی را بر روی قاب‌های چند ویدئو فاقد شعله آتش نمایش می‌دهد. مقایسه تصاویر موجود در شکل‌های (۶) و (۷) به‌خوبی بیانگر تأثیر هر کدام از مراحل روش پیشنهادی بر روی دقت روش ارائه شده است.

(جدول-۳): نتایج حاصل از سه رویکرد بر روی ویدئوهای فاقد شعله آتش

(Table-3): The results of the three approaches on videos without flame

شماره	نام ویدئو	قابلیت تشخیص درست			تعداد تشخیص آتش			نسبت تعداد قاب تشخیص داده شده به تعداد کل قاب ویدئو بر حسب درصد		
		روش یک	روش دو	روش سه	روش یک	روش دو	روش سه	روش یک	روش دو	روش سه
۱	non_fire_Demo0.avi	✓	✓	✓	–	–	–	۰	۰	۰
۲	non_fire_Demo1.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰
۳	non_fire_Demo2.avi	✓	×	✓	–	60	–	۰	15.3%	۰
۴	non_fire_Demo3.avi	✓	×	✓	–	12	–	۰	3.6%	۰
۵	non_fire_Demo4.avi	✓	×	×	-	59	36	۰	19.8%	12.1%
۶	non_fire_Demo5.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰
۷	non_fire2.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰
۸	nonfire1_Gaz.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰
۹	nonfire2_Gaz.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰
۱۰	nonfire3_Gaz.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰

[1] False Negative

[2] False Positive

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

۱۱	nonfire4_Gaz.avi	✓	×	×	-	14	3	۰	17.5%	3.75%
۱۲	nonfire5_Gaz.avi	✓	×	×	-	15	27	۰	23.18%	12.27%
۱۳	nonfire6_Gaz.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰
۱۴	nonfire7_Gaz.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰
۱۵	nonfire8_Gaz.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰
۱۶	nonfire9_gaz.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰
۱۷	nonfire10_gaz.avi	✓	✓	✓	-	–	–	۰	۰	۰

(جدول-۴): خلاصه نتایج روش پیشنهادی در کلاس غیر آتش

(Table-4): Summary of Results of Proposed Method in Non-Fire Class

شماره ویدئو	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
تشخیص درست	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓
نسبت تعداد قاب تشخیص‌داده‌شده به تعداد کل قاب ویدئو بر حسب درصد	۰	۰	۰	۰	12.1	۰	۰	۰	۰	۰	3.75	12.27	۰	۰	۰	۰	۰

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک سامانه هوشمند تشخیص آتش با استفاده از تصاویر ویدئویی ارائه شد. تمرکز بر آن بود که علاوه‌بر دقت، هزینهٔ محاسباتی پایینی (زمان تشخیص کوتاه) نیز داشته باشد. سامانه پیشنهادی با تحلیل تصویر در فضاهای رنگی HSV و YCbCr، قاب‌های ورودی را به تصاویر دودویی تبدیل و سپس با بهره‌گیری از ویژگی تغییرات و حرکات پیوسته نواحی شعله آتش و نیز پراکندگی سطوح روشنایی در کانال قرمز فضای RGB در مورد هر ناحیه نامزد آتش، تصمیم‌گیری می‌کند. سعی شده، ویژگی‌های به‌کاررفته در روش پیشنهادی ضمن اینکه قابلیت تفکیک‌کنندگی بالایی دارند، زمان پردازش و استخراج بالایی نیز نداشته باشند. پارامترهای سامانه به‌گونه‌ای تنظیم شد که بهترین عملکرد را برای محیط‌های سرباز شهری با تمرکز روی انبار شرکت گاز داشته باشد. آزمایش‌های انجام‌شده نشان‌گر دقت بالای روش پیشنهادی در تشخیص آتش‌سوزی در محیط‌های سرباز شهری، ضمن زمان تشخیص بسیار پایین است. به‌طورکلی مزایای روش ارائه‌شده در این مقاله، عبارتند از:

- معرفی و استفاده از ویژگی‌های مکانی و زمانی کارا با سربار محاسباتی پایین؛
- سرعت و دقت بالای روش ارائه‌شده بر روی ویدئوهای محیط سرباز شهری؛
- نتایج قابل قبول و دقت صددرصدی تشخیص با اجرای روی رایانه‌ای معمولی؛
- بررسی کارایی چند ویژگی مکانی و زمانی و همچنین ساختارهای تصمیم‌گیری شبکه عصبی و شبکه بیزین جهت تشخیص رخ دادن آتش.

به طورخلاصه با توجه به جدول (۵) دقت تشخیص در ردهٔ آتش در انواع ویدئوهای بررسی‌شده ۰/۹۴ و در ردهٔ غیر آتش ۰/۹۸ است.

(جدول-۵): پارامترهای ارزیابی کارایی روش پیشنهادی

(Table-5): Performance evaluation parameters of the proposed method

دقت در ویدئوهای شامل آتش سرباز شهری شامل آتش(قابلیت تشخیص)	100%
دقت در تمام ویدئوهای شامل آتش(قابلیت تشخیص)	94%
دقت در تمام ویدئوهای فاقد آتش	98%
دقت روش پیشنهادی در تمام ویدئوها در هر دو ردهٔ آتش و غیر آتش	96%
صحت	98%
میزان یادآوری	94%

همچنین پارامترهای دقت[1]، صحت[2]، میزان یادآوری[3] برای روش پیشنهادی محاسبه و در جدول (۵) گزارش شده است. بررسی این پارامترها نشان‌گر این موضوع است که روش پیشنهادی در هر دو ردهٔ آتش و غیر آتش کارایی مطلوبی داشته است؛ علاوه‌بر این جدول (۶) بهبود سرعت عملکرد روش پیشنهادی به روش مقاله پایه را نمایش می‌دهد. طبق این جدول، روش پیشنهادی متوسط زمان تشخیص نخستین قاب آتش در ویدئوهای شامل آتش را ٪۸۳/۹۴ بهبود داده است.

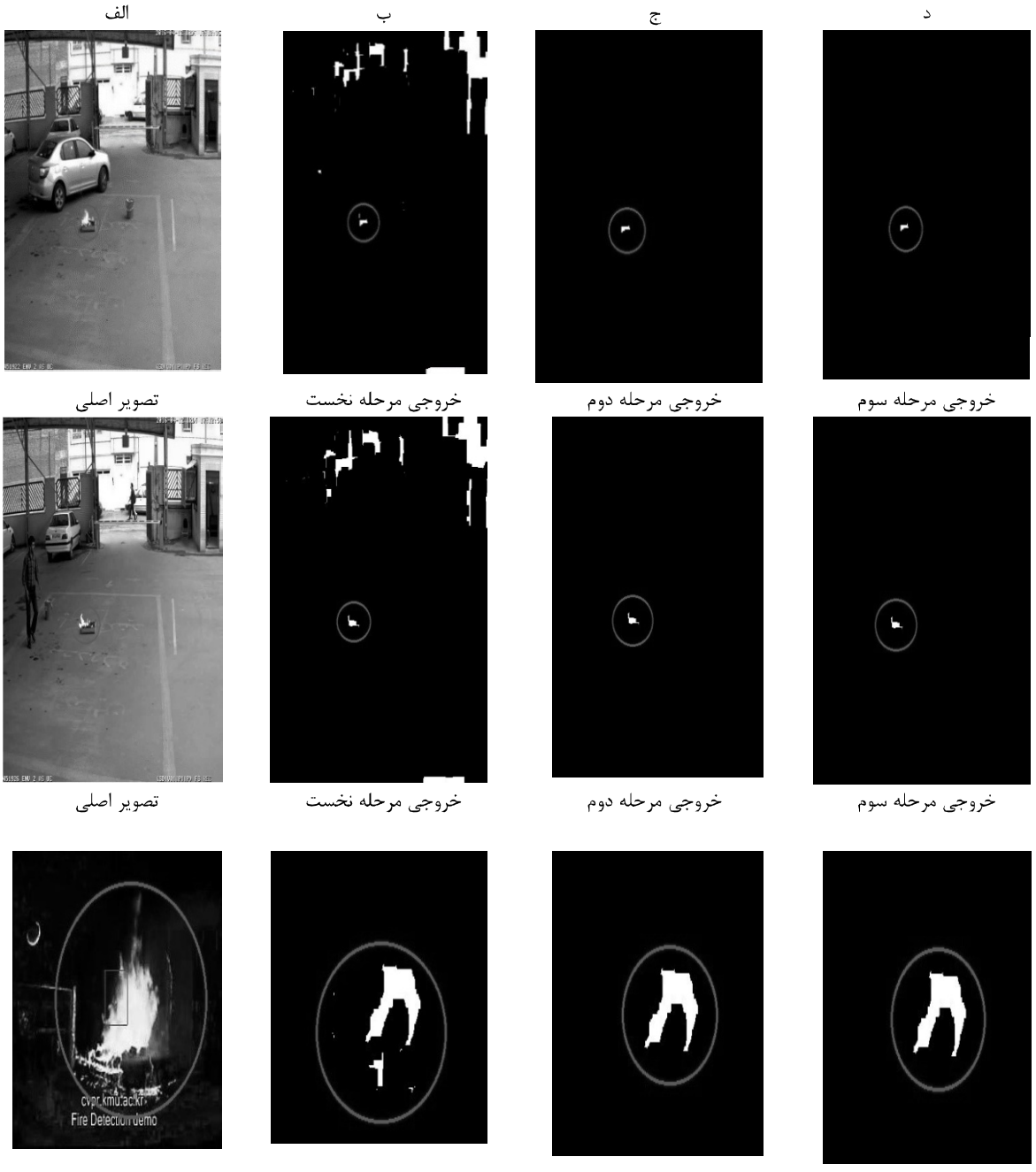
[1] Accuracy
[2] Precision
[3] Recall

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

(جدول-۶): مقایسه زمان تشخیص در ویدئوهای شامل آتش

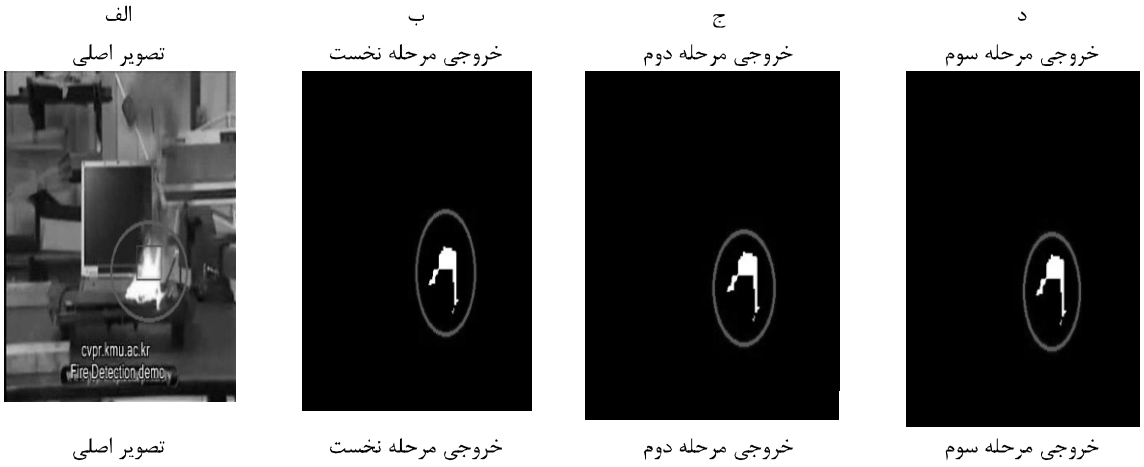
(Table-6): Comparison of detection time in videos contain fire

ویدئو شماره	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
اولین قاب تشخیص داد شده در روش مقاله پایه	-	322	-	229	110	73	-	-	-	887	14	-	-	-	-	-	-
اولین قاب تشخیص داده شده در روش پیشنهادی	1	1	51	2	32	68	5	-	1	113	5	5	5	2	6	2	6
درصد بهبود زمان تشخیص	100	100	100	99	71	6.9	100	0	100	87	64	100	100	100	100	100	100
میانگین بهبود زمان تشخیص	83.94																



[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]



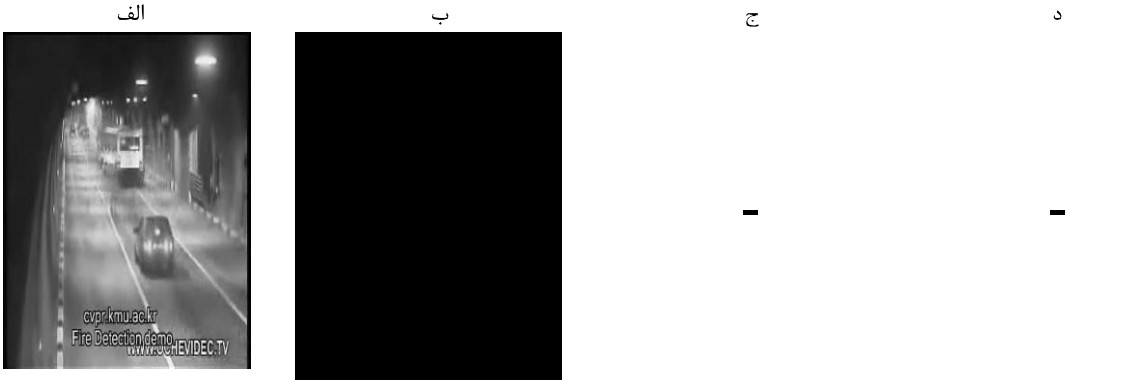
(شکل-۶): خروجی اجرای روش پیشنهادی روی چند قاب شامل شعله آتش

(Figure-6): Output of the proposed method on several frames that contain flame



[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]



(شکل-۷): خروجی اجرای روش پیشنهادی روی چند قاب فاقد شعله آتش

(Figure-7): Output of the proposed method on multiple frames without flame

۶- پایگاه داده

پژوهش انجام‌شده بر روی دو دسته ویدئو اجرا شده است. دستهٔ نخست شامل ویدئوهایی است که از تارنمای پردازش سیگنال و تصویر دانشگاه بیلکنت آنکارا گرفته شده است، که انواع مختلف محیط‌های شهری و جنگلی را دربرمی‌گیرد و دسته دوم شامل ویدئوهایی است که به‌صورت واقعی از محیط مسکونی/صنعتی شهری گرفته شده است. بخشی از ویدئوهای مورد بررسی شامل شعله آتش و برخی دیگر فاقد شعلهٔ آتش هستند. نرخ دریافت قاب در ثانیه، وضوح تصاویر و تعداد قاب‌های ویدئوهای دو دسته باهم متفاوت است که در جدول (۷) مشخصات ویدئوها آمده است.

برای آزمایش کارایی روش پیشنهادی بر روی ویدئوهای شرکت گاز، با توجه به این‌که دوربین‌های نظارتی در محیط مدنظر از قبل نصب بود، چند ویدئو در شرایط مختلف از این دوربین‌ها دریافت شد. این ویدئوها در سه دسته متفاوت قرار می‌گیرند که دستهٔ نخست تصاویری را در روز با حضور آتش دربرمی‌گیرد و دستهٔ دوم ویدئوهایی در روز بدون حضور آتش است و درنهایت دستهٔ سوم ویدئوهایی از شب با حضور اجسام متحرک شبیه آتش است. در جدول (۷)، ویدئوهای مربوط به سطر ۱۲ تا ۱۷ به ویدئوهای شامل آتش‌گرفته‌شده از شرکت گاز اشاره دارد و ویدئوهای مربوط به سطر ۲۵ تا ۳۴، ویدئوهای فاقد شعله آتش‌گرفته‌شده از شرکت گاز را دربرمی‌گیرند. سایر ویدئوها، ویدئوهای دریافتی از اینترنت است.

(جدول-۷): اطلاعات ویدئوهای استفاده شده

(Table-7): Information of all video that were used

شماره	نام ویدئو	تعداد قاب در ثانیه	رزولوشن	توضیح
۱	Fire_demo1.avi	30 fps	320 × 240	محیط سربسته شهری
۲	Fire_demo2.avi	30 fps	320 × 240	محیط جنگل
۳	Fire_demo3.avi	30 fps	320 × 240	محیط سربسته شهری
۴	Fire_demo4.avi	30 fps	320 × 240	محیط سربسته شهری
۵	Fire_demo5.avi	30 fps	320 × 240	محیط سرباز شهری
۶	Fire_demo6.avi	30 fps	320 × 240	محیط سربسته شهری
۷	Forest1.avi	15 fps	400 × 256	محیط جنگل
۸	Forest2.avi	15 fps	400 × 256	محیط جنگل
۹	Fire5.avi	15 fps	320 × 240	محیط جنگل
۱۰	Outdoor01.avi	24 fps	320 × 240	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۱۱	Out_night_fire.avi	24 fps	640 × 80	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۱۲	Fire1_gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۱۳	Fire2_gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۱۴	Fire3_gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۱۵	Fire4_gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

۱۶	Fire5_gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۱۷	Fire6_gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۱۸	non_fire_Demo0.avi	30 fps	320 × 240	محیط سربسته شهری
۱۹	non_fire_Demo1.avi	30 fps	320 × 240	محیط سربسته شهری
۲۰	non_fire_Demo2.avi	30 fps	320 × 240	محیط سرباز شهری
۲۱	non_fire_Demo3.avi	30 fps	320 × 240	محیط سرباز شهری
۲۲	non_fire_Demo4.avi	30 fps	320 × 240	محیط سرباز شهری
۲۳	non_fire_Demo5.avi	30 fps	320 × 240	محیط سربسته شهری
۲۴	non_fire2.avi	30 fps	320 × 240	محیط سربسته شهری
۲۵	nonfire1_Gaz.avi	25 fps	320 × 240	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۲۶	nonfire2_Gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۲۷	nonfire3_Gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۲۸	nonfire4_Gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۲۹	nonfire5_Gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۳۰	nonfire6_Gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۳۱	nonfire7_Gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۳۲	nonfire8_Gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۳۳	nonfire9_gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)
۳۴	nonfire10_gaz.avi	25 fps	640 × 480	محیط سرباز شهری (شرکت گاز)

سپاس‌گزاری

این پژوهش با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی گاز ایران اجرا شده است؛ بدین‌وسیله از همکاری و حمایت این شرکت صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنیم.

۷- مراجع 7- References

[1] Kh. Rezaee, M. Ghezelbash, and J. hadadnia, "Accurate and intelligent fire monitoring system in various environments using image processing," *20th Iranian Conference on Electric*, 2012.

[۱]رضایی، خسرو، قزلباش، محمد راسق، حدادنیا، جواد، سیستم دقیق و هوشمند پایش آتش در محیط‌های گوناگون با استفاده از پردازش تصویر، بیستمین کنفرانس مهندسی برق ایران، ۱۳۹۱.

[2] J. Chen, Y. He, and J. Wang, "Multi-feature fusion based fast video flame detection, " *Building Environment Journal*, vol. 45, no. 5, pp. 1113–1122, 2010.

[3] W. Wang, and H. Zhou, "Fire detection based on flame color and area," *International Conference on Computer Science and Automation Engineering, vol. 3*, pp. 222–226,2012.

[4] Q. Zhou, X. Yang, and L. Bu, "Analysis of shape features of flame and interference image in video fire detection," *Chinese Automation Congress* (CAC, pp. 633–637), 2015.

[5] A. E Cetin, et al,"Video fire detection - review," *Digital Signal Processes A Reveiw Journal*, vol. 23, no.6, pp. 1827–1843, 2013.

[6] H. Chao, and K. Tzu-Hsin, "Real-time video-based fire smoke detection system," *International Conference on Advanced Inteliigent Mechatronics*, pp.1845-1850, 2009.

[7] B. Ko, K. Cheong, and J, Nam,"Early fire detection algorithm based on irregular patterns of flames and hierarchical Baycsian Networks," *Fire Safety Journal*, vol. 45, no.4, pp. 262-270, 2010.

[8] B. C. KO, K. H. Cheong, and J-. Nam,"Fire detection based on vision sensor and support vector machines,"*Fire Safety Journal*, vol. 44, no. 3, pp. 322–329, 2009.

[9] W. Phillips, and M. Shah, and N. D. V. Lob, "Flame recognition in video," *Pattern Recognition Letters*, vol. 23, pp. 319-327, 2002.

[10] J. Seebamrungsat, S. Praising, and P. Riyamongkol,"Fire detection in the buildings using image processing," *Third ICT International Student Project Conference*, pp. 95–98, 2014.

[11] G. F. Shidik, et al., "Multi color feature background subtraction and time frame selection for fire detection," *IEEE International Conference on Robotics, Biomimetics, and Intelligent Computational Systems (ROBIONETICS)*, pp. 115-120, 2013.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

[12] T. Ccilik, H. Ozkaramanli, and H. Demirel, "Fire pixel classification using fuzzy logic and statistical color model," in *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, vol. 1, pp. 1000–1205, 2007.

[13] B.-H. Cho, J.-W. Bac, and S.-H. Jung, "Image processing-based fire detection system using statistic color model," *8th International Conference on Advanced Language Processing and Web Information Technology*, pp. 245–250, 2008.

[14] T-H. Chen, P-H. Wu, and Y. Chiou,"An early fire-detection method based on image processing," in *International Conference on Image Processing, (ICIP '04)*, vol. 3, pp. 1707–1710, 2004.

[15] S. C. Pol, et al., "Fire detection using image processing and sensors, " *International Journal of Engineering Trends and Applications*, vol. 3, pp. 85–87, 2016.

[16] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, U. Gudukbay, and A. E. Cetin,"Computer vision based method for real-time fire and flame detection," *Pattern Recognition Letters*, vol. 27, pp. 49–58, 2006.

[17] T. X. Truong, and J. Kim, "Fire flame detection in video sequences using multi-stage pattern recognition techniques," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 25, no. 7, pp. 1365-1372, 2012.

[18] Y. Zhao, and G. Tang, "Fire video recognition based on flame and smoke characteristics, " in *The 2nd International Conference on Systems and Informatics (ICSAI 2014),*pp. 113–118, 2014.

[19] K. Dimitropolos, P. Barmpoutis, N. Grammalidis, "Spatio-temporal flame modeling and dynamic texture analysis for automatic video-based fire detection," *IEEE transactions on circuits and systems for video technology*, vol. 25, no. 2, pp.339-351, 2015.

[20] X-L. Zhou, et al.,"Early fire detection based on flame contours in video," *Information Technology Journal*, vol. 9, no. 5, pp. 899-908, 2010.

[21] M. Akarami, "Study and improvement of fire detection algorithm in video images", M.S. Thesis, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Yazd University, 2012.

[۲۱] اکرمی، محمد، مطالعه و بهبود الگوریتم‌های تشخیص آتش در تصاویر ویدئویی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندس برق و کامپیوتر، دانشگاه یزد، ۱۳۹۱.

[22] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, and A. E. Cetin, "Flame detection in video using hidden Markov models, " in *IEEE International Conference on Image Processing*, vol. 2, pp. 1230–1233, 2005.

[23] J. Rong, et al.,"Fire flame detection based on GICA and target tracking," *Optics & Laser Technology*, vol. 47, pp. 283–291, 2013.

[24] H. SunJae. ,K. Byoungchul, and N. Jae, "Fire-flame detection based on fuzzy finite automation," *20th International Conference on Pattern Recognition(ICPR)*, pp.3919-3922, 2010.

[25] J. Z, et al., "SVM based forest fire detection using static and dynamic features, " *Computer Science Information Systems Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 821–841, 2011.

[26] J. Antony, and J. C. Prasad, "Real Time Fire and smoke detection using multi-expert system for video-surveillance," *international journal for innovative research in science & technology*, vol. 3, 2016.

[27] K. Muhammad, J. Ahmad, and S. Wookbaik, "Early fire detection using convolutional neural networks duringnsurveillance for effective disaster management," *Neurocomputing*, vol. 288, pp. 30-42, 2018.

[28] H. Xian-Feng, et al., "Video fire detection based on gaussian mixture model and multi-color features," *Signal, Image and Video Processing*, vol. 11, no. 8, pp. 1419-1425, 2017.

[29] M. Mahdavi, H. Ahaki, and B, NaserSharif, "Design of a currency recognition system based on neural network using image texture and color ", *Signal and Date Processing Journal*, Issue. 7, No. 2, 2011.

[۲۹] مهدوی، مهرگان، آهکی، حبیب، ناصرشریف، بابک، طراحی یک سیستم تشخیص اسکناس مبتنی بر شبکه عصبی با استفاده از مشخصه‌های بافت و رنگ تصویر، مجله پردازش علائم و داده‌ها، دوره ۷، شماره ۲، ۱۳۸۹.

[30] A. Feizy, "Application of Sparse representation and camera collaboration in visual surveillance systems," *Signal and Date Processing Journal*, Issue. 15, No. 3, 2018.

[۳۰] فیضی، اصغر، استفاده از نمایش پراکنده و همکاری دوربین‌ها برای کاربردهای نظارت بینایی، مجله پردازش علائم و داده‌ها، دوره ۱۵، شماره ۳، ۱۳۹۷.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]



فائزه کریمی زارچی مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار از دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۱ و مدرک کارشناسی ارشد خود را با درجه عالی در رشته مهندسی کامپیوتر گراش هوش مصنوعی و رباتیک از دانشگاه یزد در سال ۱۳۹۵ دریافت کرده است. ایشان در دوره کارشناسی ارشد به‌عنوان دانشجوی ممتاز دروه بوده‌اند.
نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:
karimi.faezeh796@gmail.com



ولی درهمی دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق (سیستم‌های کنترل هوشمند) از دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۷۵ به اتمام رسانیده و در سال ۱۳۷۷ و ۱۳۸۶ به‌ترتیب مدرک کارشناسی ارشد و دکترای خود را از دانشگاه تربیت مدرس در رشته مهندسی برق (سیستم‌های کنترل هوشمند) دریافت کرده است. وی هم‌اکنون دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر و عضو هیئت علمی دانشگاه یزد است. زمینه پژوهشی مورد علاقه ایشان سامانه‌های فازی عصبی، کنترل هوشمند، یادگیری تقویتی، رباتیک، موتور جستجو و فناوری اطلاعات است. ایشان بیش از ۱۵۰ مقاله چاپ شده در نشریات و کنفرانس‌های معتبر دارند.
نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:
vderhami@yazd.ac.ir



علی‌محمد لطیف فارغ التحصیل رشته مهندسی کامپیوتر در مقطع دکترا از دانشگاه اصفهان است. ایشان دوره کارشناسی را در سال ۱۳۷۲ در رشته مهندسی برق الکترویک از دانشگاه صنعتی اصفهان به اتمام رسانیده و در سال ۱۳۷۵ مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشتهٔ مهندسی برق گرایش الکترونیک از دانشگاه صنعتی امیرکبیر اخذ کرده است. وی هم‌اکنون دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر و عضو هیئت علمی دانشگاه یزد است. زمینه پژوهشی مورد علاقه ایشان، پردازش تصاویر دیجیتال و محاسبات نرم است. ایشان تعداد زیادی مقاله و انتشارات در این زمینه دارند.
نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:
alatif@yazd.ac.ir



علی ابراهیمی دانشجوی دکترای مهندسی کامپیوتر در رشته سیستم‌های نرم‌افزاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد است؛ ایشان تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار در سال ۹۳ با رتبه ممتاز از دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد به اتمام رسانده است. موضوعات پژوهشی مورد علاقه نام‌برده مبحث پردازش تصویر، شبکه‌های کامپیوتر و داده‌کاوی است. مقالات متعددی در کنفرانس‌های داخلی و مجلات معتبر خارجی در زمینه پردازش تصویر و امنیت سامانه‌های نرم‌افزاری از ایشان به چاپ رسیده است. در حال حاضر به‌عنوان رئیس فناوری اطلاعات و ارتباطات شرکت گاز استان یزد مشغول به کار است.
نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:
ebrahimi@nigc-yazd.ir

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78]

[DOI: 10.29252/jsdp.16.3.78] [Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-10]