مقاله پژوهشی

تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از MediaPipe Facemesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق

Doi: 10.30508/kdip.2024.452512.1101

منصور حسابی‌مقدم[۱] | حمیدرضا غفاری[۲] | مهدی خزائی‌پور[۳]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، بیرجند، ایران
۲- استادیار گروه فنی و مهندسی، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فردوس، فردوس، ایران
۳- دانشیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۷
صفحه: ۱۰۱ - ۸۸

چکیده

در پاسخ به نیاز اساسی به تشخیص دقیق چهره‌های متنقبضی که ماسک می‌پوشند، این مقاله یک رویکرد نوآورانه ارائه می‌دهد که از روش‌های عمیق یادگیری دو مرحله‌ای موازی به همراه الگوریتم‌های متا-هیوریستیک هیبریدی بهره می‌برد. چالش‌های مرتبط با تشخیص افرادی که ماسک می‌پوشند، از طریق یک چارچوب جامع آدرس داده می‌شوند که از فناوری‌های روز و ورودی‌های متنوع بهره می‌برد. این روش شامل یک استراتژی الگوریتمی موازی است، که تشخیص چهره‌ها با و بدون ماسک به منظور دقت بهینه‌سازی می‌شود. هنگام شناسایی چهره‌های بدون ماسک، الگوریتم خاصی استفاده می‌شود، در حالی که تشخیص چهره‌های با ماسک از یک الگوریتم جداگانه استفاده می‌کند. علاوه بر این، یک ادغام منابع داده متعدد شامل تصاویر چهره با ماسک و ورودی‌های سنسورهای دما، دقت تشخیص را افزایش می‌دهد. مرکز اصلی این تحقیق در خوشه‌بندی داده‌ها واقع شده است، جایی که مجموعه‌داده‌ها بر اساس حجم آنها سازماندهی می‌شوند، سپس با استفاده از یک شبکه عصبی پیچشی پیشنهادی، دسته‌بندی انجام می‌شود. ویژگی‌های تکراری از هر خوشه با دقت حذف می‌شوند و پردازش موازی پسین توسط الگوریتم‌های متمایز انجام می‌شود. در این مطالعه، دو الگوریتم ترکیبی معرفی شده‌اند و با افزایش حجم داده، می‌توان الگوریتم‌های اضافی را به‌سادگی درج کرد تا قابلیت مقیاس‌پذیری و افزایش دقت را فراهم کنند. این رویکرد نوآورانه توانایی بهبود قابل توجه دقت و کارآیی سیستم‌های تشخیص چهره‌های متنقبضی را به نمایش می‌گذارد و نیاز مهمی در حوزه‌های امنیت تا به سلامت عمومی و فراتر از آن را برطرف می‌کند. همچنین با پیشرفت فناوری و پیشرفت تحقیقات در این حوزه، امکان بهبود دقت تشخیص چهره‌های متنقبضی هنوز امیدوارکننده است.

کلمات کلیدی: تشخیص چهره، ماسک، Media Pipe، یادگیری عمیق.

۱- مقدمه

با توجه به شیوع ویروس کووید-۱۹، استفاده از ماسک به یکی از موارد حیاتی برای جلوگیری از شیوع این ویروس تبدیل شده است. در این راستا، تشخیص چهره افراد نقاب‌دار با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به عنوان یک موضوع تحقیقاتی مهم در زمینه هوش مصنوعی مطرح شده است (کانال و همکاران[1]، ۲۰۲۲؛ ماکیدندو، دوراوی، اکمدو، ماکیندو و کوه[2]، ۲۰۲۳). در این شماره، هدف شناسایی چهره افراد با ماسک است که در بسیاری از کاربردهای مختلف از جمله امنیت، پزشکی و کنترل دسترسی به سیستم‌های امنیتی قابل استفاده است. به طور خاص، در این شماره از Media Pipe Face mesh برای استخراج ویژگی‌های چهره و الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای آموزش مدل‌هایی برای تشخیص چهره افراد دارای ماسک استفاده شده است. این موضوع به دلیل اهمیت آن در مبارزه با شیوع ویروس کووید-۱۹ و همچنین کاربردهای مختلف آن مورد توجه محققان و علاقمندان به حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر است (ماکیندو و جئونگ و کوه[3]، ۲۰۲۰؛ ون کلیف[4]، ۲۰۰۹). با این حال، تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق نیز چالش‌هایی را به همراه دارد. به عنوان مثال، تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به دلیل تغییراتی که ماسک روی صورت ایجاد می‌کند، عموما دقت پایینی دارد. همچنین نویزهایی مانند نور نامطلوب و کاهش کیفیت تصویر نیز می‌تواند بر دقت تشخیص چهره افراد دارای ماسک تاثیر بگذارد. بنابراین انجام تحقیقات بیشتر و بهبود الگوریتم‌ها و مدل‌های یادگیری عمیق برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک می‌تواند چالشی جدی در این زمینه باشد. به طور کلی تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند مشکلات مربوط به تشخیص چهره افراد دارای ماسک را با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق بهبود بخشد و این موضوع جزو اولویت‌های محققان و متخصصان حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر است (کلتنر، ساتر، تریسی و کوآن[5]، ۲۰۱۹؛ حس[6]، ۲۰۲۱). با توجه به مزایای تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، این موضوع به عنوان یکی از موضوعات مهم در حوزه هوش مصنوعی شناخته می‌شود. از جمله کاربردهای این فناوری می‌توان به تشخیص چهره افراد با ماسک در سیستم‌های امنیتی، کنترل دسترسی به سیستم‌های کامپیوتری و تشخیص چهره در حوزه پزشکی اشاره کرد. همچنین با توجه به اینکه استفاده از ماسک به عنوان یکی از راهکارهای اصلی در مبارزه با ویروس کووید-۱۹ مورد استفاده قرار گرفته است، تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق نیز در محیط‌های عمومی کاربرد فراوانی دارد. خواهد داشت. به طور کلی تحقیقات در زمینه تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از

1- Canal & etal
2- Mukhiddinov, Djuraev, Akhmedov, Mukhamadiyev, & Cho
3- Mukhiddinov, Jeong, & Cho
4- Van Kleef
5- Keltner, Sauter, Tracy, & Cowen
6- Hess

MediaPipe Facemesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به دلیل کاربردهای گسترده از اهمیت ویژه ای برخوردار است و می‌تواند موضوع بسیاری از تحقیقات در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر باشد (راخمالیتیچ، یوگیل، یوگیل، نوردینویچ[1]، ۲۰۱۸؛ موکامیدی، خوجیارو، دجوری، وکوه[2]، ۲۰۲۲). همچنین با توجه به گستردگی کاربردهای تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، تحقیق در این زمینه از اولویت‌های محققان و صاحب نظران حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر است. این تحقیقات می‌تواند به بهبود دقت تشخیص چهره افراد دارای ماسک و همچنین بهبود کارایی و عملکرد الگوریتم‌های مورد استفاده در این زمینه کمک کند.

۲- مبانی نظری

به طور کلی با توجه به چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد دارای ماسک، بررسی این مشکل به دلیل مزایای گسترده مورد توجه و استقبال محققان در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر قرار گرفته است. به طور کلی انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند به بهبود مسائل مربوط به تشخیص چهره افراد با ماسک و کاربردهای گسترده‌تر این فناوری کمک کرده و باعث توسعه و پیشرفت حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر شود. همچنین تحقیق در زمینه تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به دلیل مزایایی که دارد به یکی از موضوعات جدید و مهم در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر تبدیل شده است. با توجه به اینکه تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به دلیل کاربرد فراوان برای محققان، متخصصان و صنعت گران حائز اهمیت است، بنابراین انجام تحقیقات بیشتر و بهبود روش‌های موجود در این زمینه می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. به طور کلی تحقیقات انجام شده در زمینه تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به عنوان یک موضوع تحقیقاتی جدید و مهم در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر شناخته شده است که می‌تواند چالش‌های مرتبط با آن را بهبود بخشد. شناسایی چهره افراد با ماسک و همچنین در کاربردهای گسترده‌تر این فناوری موثر باشد.

علاوه بر این، تشخیص چهره افراد نقاب‌دار با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به دلیل شیوع ویروس کرونا به یکی از مسائل مهم در سلامت عمومی در بسیاری از کشورها تبدیل شده است. در برخی از کشورها، تشخیص چهره افراد با ماسک به عنوان یکی از موارد ضروری در کنترل شیوع ویروس کرونا مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند نقش مهمی در کنترل شیوع ویروس کرونا و حفظ سلامت جامعه داشته باشد. همچنین با توجه به اینکه تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به یکی از موضوعات مهم در حوزه هوش مصنوعی تبدیل شده است، تحقیقات در این زمینه می‌تواند منجر به توسعه و پیشرفت حوزه هوش مصنوعی و بهبود آن شود. دقت تشخیص صورت افراد ماسک دار را بیاورید. به طور کلی، تحقیقات و پیشرفت‌های بیشتر در تشخیص چهره ماسک‌دار با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، چالش‌های مرتبط با این زمینه را بهبود می‌بخشد و کاربردهای گسترده‌تری از این فناوری ارائه می‌کند (جیم[3]، ۲۰۰۹؛ ساسکیند، لی، کوسی، فیمان، گرابسکی، واندرسون[4]، ۲۰۰۸؛ سکسان، خانا، وگوپتا[5]، ۲۰۲۰). یکی از چالش‌های مرتبط با تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، دقت پایین در تشخیص چهره ماسک شده است. با توجه به اینکه ماسک قسمتی از صورت را می‌پوشاند و از دسترسی به اجزای صورت جلوگیری می‌کند، دقت تشخیص چهره با ماسک کمتر از دقت تشخیص

1- Rakhmatillaevich, Ugli, Ugli, & Nuruddinovich
2- Mukhamadiyev, Khujayarov, Djuraev, & Cho
3- JM
4- Susskind, Lee, Cusi, Feiman, Grabski, & Anderson
5- Saxena, Khanna, & Gupta

چهره بدون ماسک است. علاوه بر این، تغییر شکل ماسک و تفاوت ماسک‌های مختلف، به دلیل شدت رنگ و الگوهای متفاوت آنها، دقت تشخیص چهره را کاهش می‌دهد (دزدییک، کاکولسکا، باسینکاس[1]، ۲۰۲۰؛ گوآ، سوماک، و ستل[2]، ۲۰۱۹؛ رمدانی، اوگیر، کوآتروت[3]، ۲۰۲۲).

از دیگر چالش‌های این حوزه می‌توان به مسائل مربوط به تشخیص چهره در محیط‌های نوری مختلف، مشکلات تشخیص چهره در صورت تغییر مو، مسائل مربوط به تشخیص چهره در محیط‌های افراد و توسعه الگوریتم‌های بهینه‌سازی و بازنگری الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای بهبود دقت اشاره کرد. تشخیص چهره با ماسک به طور کلی چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد با ماسک نیازمند تحقیقات بیشتر در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر و توسعه الگوریتم‌های مناسب برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک است (اکسیا، پان، لی، چن، ولی[4]، ۲۰۲۲؛ مایتری و همکاران[5]، ۲۰۲۲). علاوه بر این، چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد نقاب‌دار با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به دلیل شیوع ویروس کرونا در بسیاری از کشورها به یکی از چالش‌های حیاتی در حوزه سلامت عمومی تبدیل شده است. این چالش‌ها می‌توانند نقش مهمی در کنترل شیوع ویروس کرونا و حفظ سلامت جامعه داشته باشد. همچنین چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد با ماسک نیز در حوزه تجارت الکترونیک و حضور مجازی مطرح می‌شود. با توجه به شیوع ویروس کرونا، فعالیت‌های تجاری بیشتری به صورت آنلاین انجام می‌شود و تشخیص چهره افراد با ماسک در این زمینه نیز نیازمند الزامات مهمی است. به عنوان مثال در پرداخت‌های آنلاین تشخیص چهره افراد دارای ماسک به دلیل کاهش احتمال جعل هویت و کلاهبرداری در پرداخت‌های آنلاین می‌تواند نقش مهمی ایفا کند (لی، ژانگ، وو، سیو، و نیو[6]، ۲۰۲۲). با توجه به تنوع بسیار زیاد انواع ماسک‌ها، یکی از چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد دارای ماسک، شناخت ماسک‌هایی با الگوهای خاص است. ماسک‌هایی با الگوهایی که برای کاربر مناسب نیستند، ممکن است دقت تشخیص چهره را کاهش دهند. همچنین، ماسک‌هایی با رنگ‌ها و طرح‌های شبیه پوست، تشخیص چهره را دشوارتر می‌کنند (موکامیندو، اکمارادو، و دجوآری[7]، ۲۰۱۹).

چالش دیگر در این زمینه مربوط به تشخیص چهره در برابر حرکت است. با توجه به اینکه صورت افراد می‌تواند در موقعیت‌های مختلفی باشد و هنگام حرکت صورت ممکن است ماسک حرکت کند، تشخیص چهره با ماسک و تطبیق آن با چهره ثبت شده می‌تواند چالش برانگیز باشد. چالش‌های دیگر در این زمینه شامل؛ مشکلات در تشخیص چهره در محیط‌های حضوری و نیاز به توسعه الگوریتم‌هایی است که از اطلاعات دیگر به عنوان ورودی برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک استفاده می‌کند. محیط‌های حضوری به محیط‌هایی گفته می‌شود که چهره فرد قابل مشاهده و دسترسی نیست. به عنوان مثال در برخی محیط‌های کاری ممکن است فرد به دلیل استفاده از وسایل ایمنی مانند ماسک یا عینک ایمنی صورت خود را بپوشاند و در نتیجه تشخیص چهره فرد در این محیط‌ها چالش برانگیز باشد (آوازو، عبدالسلامی، موکامیندو، باراتو، موکامادو، و چوو[8]، ۲۰۲۲). همچنین در محیط‌های شخصی مانند مکان‌های عمومی، ایستگاه‌های راه آهن، فرودگاه ها، ساختمان‌های اداری و ... امکان در دسترس قرار دادن دستگاه‌های تشخیص چهره برای تشخیص چهره افراد نیز محدود است. بنابراین، تشخیص چهره در محیط‌های حضوری می‌تواند منجر به چالش‌هایی مانند: کاهش دقت و صحت تشخیص چهره یا تاخیر در تشخیص چهره شود. به طور کلی چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد دارای ماسک نیازمند تحقیقات بیشتر در زمینه هوش مصنوعی و پردازش

1- Dzedzickis, Kaklauskas, & Bucinskas
2- Guo, Soornack, & Settle
3- Ramdani, Ogier, & Coutrot
4- Xia, Pan, Li, Chen, & Li
5- Maithri & etal
6- Li, Zhang, Wu, Cui, & Niu
7- Mukhiddinov, Akmuradov, & Djuraev
8- Avazov, Abdusalomov, Mukhiddinov, Baratov, Makhmudov, & Cho

تصویر برای یافتن راه حل‌های مناسب برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک است (کوه[1]، ۲۰۱۸؛ هانگری، سینگه، و نلیما[2]، ۲۰۲۳).

برای حل چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد با ماسک می‌توان از راه حل‌های مختلفی استفاده کرد (ملائوک، هندوزی[3]، ۲۰۲۰).

۱-استفاده از شبکه‌های عصبی پیچیده: با توجه به تنوع زیاد ماسک‌ها و تغییر شکل صورت در حالات مختلف، می‌توان از شبکه‌های عصبی پیچیده برای تشخیص چهره افراد با ماسک استفاده کرد. این شبکه‌های عصبی را می‌توان با داده‌های بزرگ که از ماسک‌های مختلف، الگوهای چهره و غیره گرفته شده، آموزش داد.

۲-استفاده از چندین ورودی: استفاده از چندین ورودی به جای استفاده از تصویر چهره با ماسک به تنهایی، می‌تواند دقت تشخیص را افزایش دهد. برای مثال می‌توان از ورودی‌هایی مانند تصویر چهره بدون نقاب، ورودی دوربین‌های دیگر مانند دوربین‌های حرارتی یا دستگاه‌های اندازه گیری محیط و دما استفاده کرد.

۳-استفاده از الگوریتم‌های جدید: با توجه به شیوع ویروس کرونا و نیاز به تشخیص چهره با ماسک، تحقیقات بیشتری در این زمینه انجام شده و الگوریتم‌های جدیدی برای تشخیص چهره با ماسک ساخته شده است که باعث افزایش دقت و صحت می‌شود.

۴-استفاده از فناوری‌های مختلف: در برخی محیط‌ها مانند؛ فرودگاه‌ها و ایستگاه‌های راه‌آهن می‌توان از فناوری‌های مختلفی مانند RFID (Radio-Frequency Identification) یا فناوری QR Code برای شناسایی هویت افراد استفاده کرد. با این روش‌ها، فرد می‌تواند بدون نیاز به در دسترس قرار دادن چهره خود با اسکن کارت یا کد، هویت خود را تأیید کند.

۵-توسعه دستگاه‌های دقیق‌تر: دستگاه‌های تشخیص چهره با ماسک در حال حاضر با دقت متوسطی کار می‌کنند. با این حال، با توسعه دستگاه‌های دقیق‌تر و استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌تر، مانند؛ سنسورهای سه بعدی و دوربین‌های با وضوح بالا، می‌توان دقت تشخیص چهره با ماسک‌ها را بهبود بخشید.

به طور کلی راه حل‌های موجود برای حل چالش‌های مرتبط با تشخیص چهره نقاب‌دار شامل؛ فناوری‌های مختلف، الگوریتم‌های جدید، استفاده از ورودی‌های متعدد و توسعه دستگاه‌های دقیق‌تر است. با توجه به پیشرفت تکنولوژی و ادامه تحقیقات در این زمینه، می‌توان در آینده بهبود دقت و صحت تشخیص چهره را با ماسک پیش‌بینی کرد. در این مقاله برای حل چالش‌های موجود و افزایش دقت تشخیص افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh، از روش جدید یادگیری عمیق موازی دو مرحله‌ای به همراه الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی استفاده شده است. از الگوریتم‌های ترکیبی می‌توان برای تشخیص چهره با ماسک استفاده کرد. الگوریتم‌های ترکیبی معمولاً از ترکیب چندین الگوریتم کوچک‌تر به منظور بهبود دقت و دقت تشخیص استفاده می‌کنند.

در این روش در صورت تشخیص چهره بدون ماسک از الگوریتم مربوطه و در صورت تشخیص چهره با ماسک از الگوریتم دوم استفاده می‌شود. همچنین امکان ترکیب ورودی‌های مختلف مانند؛ تصویر چهره با ماسک و ورودی سنسورهای دما و غیره برای بهبود دقت و صحت تشخیص وجود دارد. در واقع در این تحقیق از روش جدیدی با چندین الگوریتم موازی استفاده شده است که داده‌های مرتبط بسته به حجم داده‌ها خوشه‌بندی می‌شوند که این خوشه‌بندی و طبقه‌بندی با شبکه عصبی کانولوشن پیشنهادی و داده‌های اضافی و ویژگی‌های اضافی انجام می‌شود. در هر خوشه حذف می‌شوند. سپس هر خوشه توسط الگوریتم‌های جداگانه به صورت موازی پردازش می‌شود. دو الگوریتم ترکیبی در این تحقیق پیشنهاد شده است، اما اگر تعداد داده‌ها افزایش یابد و مثلاً به سه خوشه تقسیم شود، به سه الگوریتم نیاز است و الگوریتم سوم همان الگوریتم پیشنهادی اول است که تکرار می‌شود.

آثار این نسخه به شرح زیر است. این مقاله چندین سهم مهم در زمینه تشخیص چهره نقاب‌دار دارد.

۱-چارچوب الگوریتمی موازی بدیع: این تحقیق یک رویکرد پیشگام را معرفی می‌کند که از الگوریتم‌های موازی برای

1- Ko
2- Hangaragi, Singh, & Neelima
3- Mellouk, & Handouzi

تشخیص چهره نقاب‌دار استفاده می‌کند. این چارچوب نه تنها دقت را بهبود می‌بخشد، بلکه راه‌حلی مقیاس‌پذیر برای مدیریت مجموعه داده‌های بزرگ ارائه می‌دهد.

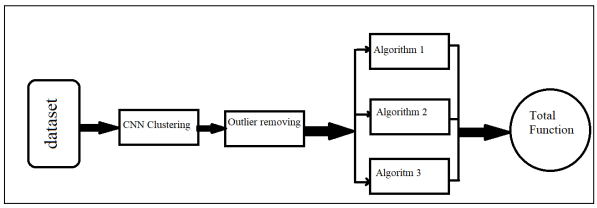
۲-ادغام فناوری‌های پیشرفته: با ترکیب حس‌گرهای سه بعدی و دوربین‌های با وضوح بالا، این تحقیق به توسعه دستگاه‌های تشخیص چهره نقاب‌دار دقیق‌تر کمک می‌کند. این فناوری‌ها توانایی سیستم را در ثبت و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های صورت، حتی زمانی که توسط ماسک‌ها پنهان شده باشند، افزایش می‌دهند.

۳-الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی: الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی پیشنهادی کمک جدیدی به حوزه تشخیص چهره است. این الگوریتم‌ها نقاط قوت رویکردهای متعدد را ترکیب می‌کنند و دقت و استحکام بیشتری را در تشخیص افراد با ماسک ارائه می‌دهند.

۴-پردازش کارآمد داده‌ها: از طریق خوشه‌بندی داده‌ها و تکنیک‌های انتخاب ویژگی، تحقیق پردازش داده‌ها را ساده می‌کند، افزونگی را کاهش می‌دهد و کارایی سیستم‌های تشخیص را بهینه می‌کند. این به تشخیص سریع‌تر و دقیق‌تر چهره نقاب‌دار کمک می‌کند.

۵-کاربرد در زمینه‌های متنوع: این تحقیق کاربردهای گسترده‌ای در امنیت، سلامت عمومی، تجارت الکترونیک و فراتر از آن دارد. مشارکت‌های آن پتانسیل افزایش سیستم‌های امنیتی، کمک به کنترل شیوع بیماری‌های عفونی و بهبود امنیت پرداخت آنلاین را دارد.

هدف این مقاله، ارتقای پیشرفته‌ترین روش‌های تشخیص چهره نقاب‌دار با پیشنهاد روش‌های نوآورانه، بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته و پرداختن به چالش‌های مرتبط با شناخت افراد دارای ماسک است. مشارکت‌های آن پتانسیل تأثیرگذاری قابل‌توجهی بر حوزه‌های مختلف و بهبود دقت و قابلیت اطمینان سیستم‌های تشخیص چهره در حضور ماسک دارد. در این بخش، روش پیشنهادی را برای بهبود تشخیص چهره نقاب‌دار با استفاده از رویکرد یادگیری عمیق دو مرحله‌ای موازی همراه با الگوریتم‌های فرابتکاری ترکیبی ارائه می‌کنیم. این روش شامل خوشه‌بندی داده‌ها، انتخاب ویژگی، حذف داده‌های پرت و یک رویکرد مبتنی بر اجماع برای دستیابی به دقت بالاتر در تشخیص چهره نقاب‌دار است. شکل شماره (۱) نمای کلی روش پیشنهادی مبتنی بر یادگیری عمیق را ارائه می‌دهد و شکل شماره (۲) استفاده از یک ماتریس همبستگی را در این فرآیند نشان می‌دهد.



شکل (۱): روش پیشنهادی مبتنی بر یادگیری عمیق

خوشه‌بندی با شبکه عصبی کانولوشن (CNN)

روش با خوشه‌بندی داده‌ها بر اساس حجم داده‌ها، آغاز می‌شود. هر خوشه برای رسیدگی به زیر مجموعه‌های خاصی از چالش‌های تشخیص چهره نقاب‌دار طراحی شده است. خوشه‌بندی و طبقه‌بندی با استفاده از یک شبکه عصبی کانولوشن پیشنهادی (CNN) انجام می‌شود. این شبکه برای گروه بندی موثر داده‌های مشابه بهینه شده است.

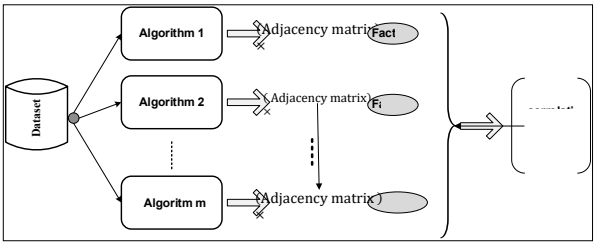
حذف داده‌های پرت: در هر خوشه، ویژگی‌های اضافی و داده‌های پرت به طور سیستماتیک حذف می‌شوند. این فرآیند کارایی و دقت فرآیند شناسایی را افزایش می‌دهد.

الگوریتم‌های موازی

الگوریتم‌های موازی برای هر خوشه استفاده می‌شود که امکان پردازش همزمان را فراهم می‌کند. هر الگوریتم به طور مستقل عمل می‌کند و در تشخیص چهره‌هایی با ویژگی‌های خاص مربوط به ماسک تخصص دارد.

الگوریتم‌ها از ماتریس‌های همسایگی ایجاد شده توسط خوشه‌های مربوطه خود استفاده می‌کنند و اعضا را گام به گام از یک مجموعه تعیین شده انتخاب می‌کنند.

در طول انتخاب اعضا، روش ارزیابی می‌کند که آیا عضو انتخاب شده پتانسیل مشارکت در تصمیم‌گیری نهایی را دارد یا خیر.



شکل (۲): روش پیشنهادی با ماتریس همبستگی

رویکرد مبتنی بر اجماع: روش پیشنهادی از یک رویکرد مبتنی بر اجماع برای ترکیب نتایج به‌دست‌آمده از الگوریتم‌های فردی استفاده می‌کند. تکنیک‌های خوشه‌بندی ترکیبی، از جمله تجزیه و تحلیل ماتریس همبستگی، برای رسیدن به یک تصمیم تشخیص نهایی با دقت بالاتر استفاده می‌شود.

مزایای روش پیشنهادی: با ترکیب نتایج الگوریتم‌های متعدد، روش پیشنهادی به طور قابل توجهی دقت و قابلیت اطمینان تشخیص چهره نقاب‌دار را بهبود می‌بخشد. تشخیص چهره نقاب‌دار را در محیط‌های مختلف، از جمله موقعیت‌هایی که افراد ممکن است به طور جزئی یا کامل صورت خود را بپوشانند، فعال می‌کند.

روش بهبود یافته CNN: این تحقیق یک روش CNN بهبود یافته را معرفی می‌کند که به طور خاص برای تشخیص چهره ماسک شده، طراحی نموده است. جزئیات این روش در بخش‌های بعدی ارائه شده است. لذا روش پیشنهادی از قدرت الگوریتم‌های موازی، خوشه‌بندی داده‌ها، انتخاب ویژگی، و یک رویکرد مبتنی بر اجماع برای افزایش دقت و کارایی تشخیص چهره نقاب‌دار استفاده می‌کند. این یک راه حل امیدوارکننده برای چالش‌های مرتبط با شناخت افراد ماسک پوش در محیط‌های مختلف ارائه می‌دهد. در روش پیشنهادی، هر الگوریتم به‌طور جداگانه چهره را با یک ماسک از خوشه‌های مربوط به الگوریتم خود تشخیص می‌دهد و داده‌های پرت را با استفاده از ماتریس حداکثری مدولاریته و همبستگی حذف می‌کند. در نهایت با یک اجماع به تشخیص با دقت بالاتری خواهیم رسید. استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی در تشخیص چهره با ماسک می‌تواند دقت و صحت تشخیص چهره را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد و امکان تشخیص چهره با ماسک را در محیط‌های شخصی و سایر محیط‌هایی که فرد ممکن است صورت خود را بپوشاند، فراهم کند. همچنین در این تحقیق از روش پیشنهادی بهبود یافته CNN استفاده شده است که جزئیات آن در ادامه بیان شده است.

۳- یافته‌های تحقیق

جزئیات الگوریتم اول

در الگوریتم اول از الگوریتم Media Pipe Face mesh استفاده شده است. این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های تشخیص چهره است که توسط گوگل طراحی شده است. این الگوریتم برای تشخیص ۶۸ نقطه روی صورت انسان از جمله نقاط بینی، چشم، دهان و ... استفاده می‌شود.

Media Pipe Face meshes از شبکه عصبی کانولوشن (CNN) استفاده می‌کند و نقاط مختلف صورت را با توجه به ورودی تصویر چهره تشخیص می‌دهد. این الگوریتم به عنوان یکی از بهترین الگوریتم‌های تشخیص چهره شناخته می‌شود و در بسیاری از نرم‌افزارها و سیستم‌های تشخیص چهره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از جمله کاربردهای این الگوریتم می‌توان به تشخیص حرکات صورت، ارزیابی عینک، عملکرد لباس‌های AR و تشخیص افراد در تصاویر و فیلم‌های دوربین‌های امنیتی اشاره کرد.

در زمینه تشخیص چهره با ماسک نیز می‌توان از Media Pipe Face mesh استفاده کرد و با توجه به نقاط مختلف صورت و وجود ماسک روی صورت، تشخیص چهره را بهبود بخشید.

الگوریتم Media Pipe Face mesh یکی از بهترین الگوریتم‌های تشخیص چهره است که در حال حاضر بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک، الگوریتم Media Pipe Face mesh را می‌توان با الگوریتم‌های دیگر ترکیب کرد، مانند:

۱-الگوریتم‌های تشخیص چهره بر اساس روش‌های تشخیص رگ که می‌تواند دقت تشخیص چهره را با توجه به نوع ماسک و جزئیات صورت بهبود بخشد.

۲-الگوریتم‌های تشخیص چهره بر اساس روش‌های مبتنی بر بافت چهره، که می‌تواند با استفاده از تصاویر با بالاترین وضوح، اطلاعات بیشتری را از چهره نقاب دار

استخراج کند.
۳-الگوریتم‌های تشخیص چهره بر اساس روش‌های مبتنی بر توجه، که می‌تواند با تمرکز روی نواحی مهم صورت با ماسک، تشخیص چهره را بهبود بخشد.
۴-الگوریتم‌های تشخیص چهره مبتنی بر روش‌های یادگیری عمیق (روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق) که از شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNN) و یادگیری عمیق استفاده می‌کنند، می‌توانند دقت تشخیص چهره را با ماسک بهبود بخشند.
۵-الگوریتم‌های تشخیص چهره بر اساس روش‌های پردازش تصویر با استفاده از فیلترهای گابور، که می‌تواند تشخیص چهره را با توجه به الگوهای خاص روی صورت بهبود بخشد.

ترکیب هر یک از این الگوریتم‌ها با Media Pipe Face mesh می‌تواند دقت و صحت تشخیص چهره با ماسک را بهبود بخشد. با این حال، برای ترکیب الگوریتم‌ها، به آزمایش‌های بیشتر و ارزیابی دقیق نیاز داریم تا شاهد بهبود قابل توجهی باشیم. همچنین لازم به ذکر است که استفاده از بیش از یک الگوریتم ممکن است زمان پردازش و هزینه محاسباتی را افزایش دهد. اما در این تحقیق از ترکیب این الگوریتم با روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق استفاده شده است که در ادامه روش یادگیری عمیق پیشنهادی ارائه خواهد شد. روش یادگیری عمیق پیشنهادی از ترکیب CNN و LSTM استفاده می‌کند. نشان داده خواهد شد که این روش ترکیبی پیشنهادی علاوه بر دقت تشخیص بسیار بالا، زمان پردازش و هزینه محاسباتی معقولی خواهد داشت.

برای این کار می‌توانید مراحل زیر را انجام دهید.
۱-ورودی ویدئو یا تصویر با ماسک ارسال می‌شود.
۲-ابتدا فریم‌های ورودی برای افزایش کیفیت تصویر از قبل پردازش می‌شوند.
۳-سپس تشخیص چهره با استفاده از CNN ترکیبی پیشنهادی انجام می‌شود.
۴-پس از تشخیص چهره، ۴۶۸ نقطه روی صورت با ماسک (لندمارک) با استفاده از CNN پیشرفته پیشنهادی تعیین می‌شود.
۵-در ادامه برای هر نقطه مختصات ۳ بعدی آن نقطه محاسبه می‌شود.
۶-نتایج به همراه اطلاعات مربوط به صورت (مانند موقعیت صورت در تصویر) در خروجی برگردانده می‌شود.

جزئیات الگوریتم دوم

الگوریتم ترکیبی دیگری را می‌توان برای بخش داده بدون ماسک استفاده کرد. این روش ابتدا مجموعه داده‌ها را به عنوان الگوهای ورودی می‌پذیرد و با استفاده از IG ویژگی‌های مهم را از الگوهای ورودی انتخاب می‌کند. سپس ویژگی‌های انتخاب شده با استفاده از GA کاهش می‌یابد. در نهایت این روش از برنامه‌ریزی ژنتیکی برای طبقه‌بندی انواع ماسک‌ها استفاده می‌کند. روش پیشنهادی از IG برای انتخاب ویژگی‌های مهم از الگوهای داده ورودی (اعم از افراد پوشیده و بدون ماسک) استفاده می‌کند. الگوریتم IG به صورت زیر عمل می‌کند.
۱-ایجاد یک ویژگی طبقه‌بندی.
۲-آنتروپی طبقه‌بندی را برای هر کلاس از نمونه‌های شناخته شده، محاسبه کنید.
۳-برای هر ویژگی (ژن)، احتمال تمام مقادیر آن را محاسبه کنید. (محاسبه احتمالات مشروط).
۴-با توجه به احتمال به دست آمده برای هر ژن (خصلت) آنتروپی شرطی را محاسبه می‌کند.
۵-محاسبه به دست آوردن اطلاعات برای همه ژن‌ها یا صفات.
۶-نتایج به دست آمده در گام ۵ را مرتب کنید و ویژگی k با بیشترین سود را به عنوان زیرمجموعه فشرده شده ژن FS انتخاب کنید، بسته به آستانه دارد.

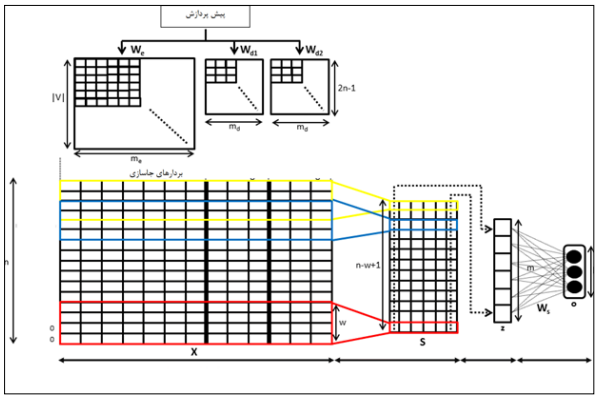
در روش پیشنهادی، در صورت افزایش تعداد داده‌ها و خوشه‌ها و در نتیجه افزایش تعداد الگوریتم‌های مورد نیاز، به تناوب از الگوریتم اول و دوم استفاده می‌شود.

شبکه عصبی عمیق پیشنهادی

در روش پیشنهادی ارائه شده در بالا، یک شبکه دو بعدی CNN و LSTM برای شبکه عصبی استفاده شده است. مدل‌های یادگیری عمیق گروهی از مدل‌ها هستند که می‌توانند سلسله مراتبی از ویژگی‌ها را با ساختن ویژگی‌های سطح بالا از ویژگی‌های سطح پایین بیاموزند و به این ترتیب

استخراج ویژگی به صورت خودکار انجام می‌شود. do این ماشین‌های یادگیری را می‌توان به دو روش تحت نظارت و بدون نظارت استفاده کرد و در هر دو مورد نتایج رقابتی در زمینه تشخیص و پردازش سیگنال نشان داده است. شبکه‌های عصبی کانولوشنال دسته‌ای از مدل‌های عمیق هستند که در آن‌ها فیلترهای قابل آموزش و عمل‌گرهای ماکسیمم جمع‌آوری یک‌بار بر روی بردارهای ورودی اعمال می‌شوند و سلسله مراتبی از ویژگی‌ها را با افزایش پیچیدگی ایجاد می‌کنند. آنها تبدیل می‌شوند نشان داده شده است که اگر این مدل‌ها با تنظیمات خاص آموزش داده شوند، می‌توانند بدون اتکاء به ویژگی‌های دستی به نتایج پیشرفته‌ای در زمینه پردازش سیگنال دست یابند. معماری‌های چند فازی و ادغام ویژگی‌های مختلف نیز این نتایج را بهبود بخشیده است. هسته اصلی شبکه‌های کانولوشن فیلترهای کانولوشنی هستند که بر روی کل بردار ورودی عمل می‌کنند. این ساختار شامل روش دو بعدی پیشنهادی و همچنین ماژول‌های اضافه شده برای بهبود عملکرد می‌باشد. لازم به ذکر است که در قسمت یکپارچه سازی، روش شبکه عصبی با روش فازی ترکیب شده است. در این روش پیشنهادی، ترجیح این است که بردارهای بازنمایی نیز بخشی از فرآیند یادگیری مدل باشند و از بردارهای تولید شده آماده استفاده نکنیم. با این روش، اطمینان حاصل می‌کنید، بردارهای نمایش آموخته شده برای داده‌های مورد استفاده در این تحقیق مناسب خواهند بود، زیرا بردارهای آموزش دیده موجود برای کاربردهای خاص دیگر هستند، اما تحقیقات بر روی داده‌های ریزآرایه تمرکز دارد.

یکی دیگر از نوآوری‌های روش پیشنهادی این است که علاوه بر شبکه‌های کانولوشن دو بعدی، از شبکه‌های LSTM نیز استفاده شده است. و در نهایت پیش‌بینی انجام شده توسط هر دو نوع شبکه در تصمیم‌گیری نهایی اعمال شده است. این کار در لایه ادغام انجام می‌شود. در راه حل پیشنهادی مقاله حاضر، از هر دو این خروجی‌ها استفاده شده است. با توجه به نمودار جریان ترسیم شده، فرآیند بالایی نمودار در بخش شبکه‌های عمیق از بردار یک بعدی خروجی از شبکه‌های کانولوشن دو بعدی به عنوان بردار ویژگی برای آموزش شبکه‌های LSTM استفاده می‌کند. شکل شماره (۳) قرارگیری بردارهای نمایشی را برای آموزش یک شبکه کانولوشن دو بعدی نشان می‌دهد.



شکل (۳): نمونه‌ای از آرایش بردارهای نمایش برای آموزش شبکه کانولوشن

ادغام

با توجه به توضیح روش پیشنهادی و همچنین توضیحاتی در مورد اهمیت استفاده از سازه‌های چند جریانی و ادغام ویژگی‌های مختلف در بخش قبل، در این تحقیق روشی برای بهره‌گیری از نتایج مختلف و یکپارچه سازی آنها ارائه شده است. این نوع ادغام به عنوان یکپارچه‌سازی دیرهنگام شناخته می‌شود زیرا نتایج را در قسمت نهایی مدل ترکیب می‌کنند. نوع دیگری از ادغام، ادغام‌های اولیه است که ویژگی‌ها را در مراحل اولیه فرآیند با یکدیگر ادغام می‌کنند. به منظور انجام یکپارچه‌سازی، از احتمالات تولید شده توسط لایه soft ax هر شبکه استفاده شده است. به عبارت دقیق‌تر، هر شبکه به طور جداگانه آموزش داده می‌شود و سپس هنگام پیش‌بینی برچسب یک عبارت، احتمالات ایجاد شده توسط هر شبکه برای آن عبارت ابتدا در عدد ضرب می‌شود و در نهایت حداکثر این احتمالات جدید به عنوان پیش‌بینی‌های انجام شده برای عبارت ورودی در نظر گرفته می‌شوند. اگر فرض کنیم که $\vec{P}_{2d}(C|x)$ احتمالات ایجاد شده برای یک عبارت ورودی توسط شبکه دو بعدی پیشنهادی و $\vec{P}_{LSTM}(C|x)$. احتمالات تولید شده برای همان عبارت توسط شبکه LSTM هستند، آنگاه $\vec{P}_{new}(C|x)$ نقاط پیش‌بینی شده برای آن عبارت بر اساس رابطه زیر خواهد بود. C مجموعه‌ای از برچسب‌های مجموعه داده است.

$$\vec{P}_{2d}(C = i|x, W, b) = \text{softmax}(Wx + b) = \frac{e^{w_i x + b_i}}{\sum_j e^{w_j x + b_j}}$$

$$\vec{P}_{LSTM}(C = i|x, W, b) = \text{softmax}(Wx + b) = \frac{e^{w_i x + b_i}}{\sum_j e^{w_j x + b_j}}$$

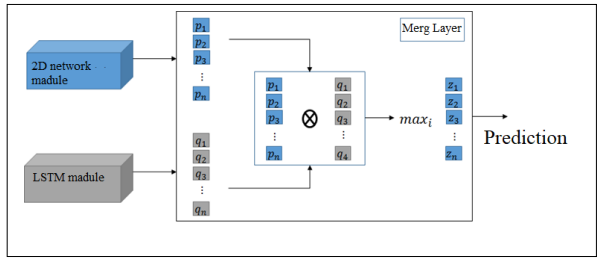
$$\vec{P}_{new}(C = i|x, W, b) = \vec{P}_{2d}(C = i|x, W, b) \otimes \vec{P}_{3d}(C = i|x, W, b)$$

$$\vec{P}_{2d} = [p^1_{2d}, p^2_{2d}, p^3_{2d}, \dots, p^l_{2d}], \vec{P}_{3d} = [p^1_{3d}, p^2_{3d}, p^3_{3d}, \dots, p^l_{3d}]$$

که در آن ⊗ علامت ضرب تعداد گروه‌ها و ا برابر با تعداد گروه‌ها است. در نهایت، برچسب پیش‌بینی شده برای افعال هدف رابطه زیر خواهد بود (چن و همکاران[1]، ۲۰۲۲)

$$C_predict = \text{argmax}_i\ P(C=i \mid x, W, b)$$

مزیت این روش سهولت اجرا است. این سهولت از آنجا ناشی می‌شود که دو شبکه به طور جداگانه آموزش داده می‌شوند و در نتیجه هیچ تداخلی بین الگوریتم‌های انتشار برگشتی در دو شبکه وجود ندارد. شکل شماره (۴) لایه یکپارچه‌سازی را نشان می‌دهد.



شکل (۴): نحوه عملکرد لایه ادغام برای ادغام احتمالات ایجاد شده توسط شبکه دو بعدی و شبکه LSTM

برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی، از سه شاخص حساسیت، ویژگی و دقت بر اساس رابطه (۱)، (۲) و (۳) استفاده شد.

$$sensitivity = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (1)$$

$$specificity = \frac{TN}{(TN + FP)} \quad (2)$$

$$accuracy = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FN + FP)} \quad (3)$$

پاسخ مثبت واقعی (TP): رکوردهایی در این دسته وجود دارد که در دسته مثبت قرار دارند و طبقه‌بندی کننده به درستی آنها را مثبت تشخیص داده است.

پاسخ منفی واقعی (TN) : رکوردهایی در این دسته وجود دارد که در دسته منفی قرار دارند و طبقه‌بندی کننده به درستی آنها را منفی تشخیص داده است.

پاسخ مثبت کاذب (FP) : رکوردهایی در این دسته که در دسته منفی قرار دارند و توسط طبقه‌بندی کننده به اشتباه مثبت تشخیص داده شده‌اند.

پاسخ منفی کاذب (FN) : رکوردهایی در این دسته که در دسته مثبت هستند و توسط طبقه‌بندی کننده به اشتباه منفی تشخیص داده شده‌اند.

مجموعه داده: مجموعه داده شامل مجموعه‌ای از تصاویر است که در آن افراد دارای انواع مختلف ماسک و دیگران بدون ماسک هستند. این شامل بیش از ۱۰۰۰ تصویر است که آن را به یک مجموعه داده نسبتاً بزرگ تبدیل می‌کند. هر تصویر سناریو یا نمونه‌ای متفاوت از فردی را نشان می‌دهد که یا ماسک زده است یا نه.

شکل (۵): یک نمونه از مجموعه داده

جدول شماره (۱) معیارهای عملکرد روش پیشنهادی را بر روی مجموعه داده ارائه می‌کند و اثربخشی آن را در تشخیص چهره نقاب‌دار برجسته می‌کند. این حساسیت که به آن نرخ مثبت واقعی یا یادآوری نیز گفته می‌شود، یک معیار بسیار مهم در این زمینه است زیرا توانایی مدل

1- Chen & etal

را برای شناسایی صحیح افراد دارای ماسک ارزیابی می‌کند. با حساسیت ۹۵٫۲ درصد، روش پیشنهادی مهارت خود را در تشخیص دقیق افراد با ماسک نشان می‌دهد که یک جنبه مهم در کاربردهای مختلف دنیای واقعی است. علاوه بر این، ویژگی، که ظرفیت مدل را برای شناسایی صحیح افراد بدون ماسک می‌سنجد، به همان اندازه چشمگیر است و ۹۸٫۵٪ است. این ویژگی بالا نشان می‌دهد که این مدل در تشخیص افرادی که از ماسک استفاده نمی‌کنند برتر است. علاوه بر این، دقت کلی ۹۷٫۱٪ منعکس کننده عملکرد قوی مدل در طبقه بندی صحیح موارد مثبت و منفی است. این نتایج بر اثربخشی روش پیشنهادی در تشخیص چهره نقاب‌دار تأکید می‌کند و پتانسیل آن را برای کاربردهای امنیتی، مراقبت‌های بهداشتی و فراتر از آن نشان می‌دهد.

جدول (۱): حساسیت، ویژگی و دقت روش پیشنهادی در مجموعه داده

Metric	Value
Sensitivity	95.2%
Specificity	98.5%
Accuracy	97.1%

جدول شماره (۲)، مقایسه‌ای جامع از روش پیشنهادی با سایر روش‌های پیشرفته در حوزه تشخیص چهره نقاب‌دار ارائه می‌دهد. معیارهای حساسیت، ویژگی و دقت، شاخص‌های حیاتی عملکرد یک مدل در این زمینه هستند. روش پیشنهادی نتایج استثنایی را نشان می‌دهد و دارای حساسیت ۹۵٫۲ درصدی است که نشان‌دهنده ظرفیت آن برای شناسایی دقیق افرادی است که از ماسک استفاده می‌کنند. علاوه بر این، ویژگی ۹۸٫۵٪ آن نشان دهنده مهارت آن در تشخیص افراد بدون ماسک است. دقت کلی ۹۷٫۱ درصد استحکام روش پیشنهادی را در طبقه‌بندی صحیح موارد مثبت و منفی نشان می‌دهد.

هنگامی که با روش‌های پیشرفته دیگر مانند DeepID، VGGFace۲ و Arc Face کنار هم قرار می‌گیرد، آشکار می‌شود که روش پیشنهادی از نظر حساسیت، ویژگی و دقت کلی به طور مداوم از همتایان خود بهتر است. این مقایسه بر اثربخشی و رقابت روش پیشنهادی در کار چالش برانگیز تشخیص چهره نقابدار تاکید می‌کند و آن را به عنوان یک راه حل امیدوارکننده برای کاربردهای عملی مختلف، از جمله امنیت، مراقبت‌های بهداشتی، و سیستم‌های کنترل دسترسی قرار می‌دهد.

جدول ۲: مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌های پیشرفته تشخیص چهره نقاب‌دار

Method	Sensitivity	Specificity	Accuracy
Proposed method	95.2%	98.5%	97.1%
DeepID	92.3%	96.5%	94.9%
VGGFace2	93.7%	97.2%	95.5%
ArcFace	94.5%	98.0%	96.3%

جدول شماره (۳) مطالعه‌ای را ارائه می‌دهد که برای ارزیابی تأثیر اجزای مختلف در روش پیشنهادی برای تشخیص چهره نقاب‌دار انجام شده است. معیارهای حساسیت، ویژگی و دقت به عنوان شاخص‌های کلیدی عملکرد برای سنجش اثربخشی هر گونه عمل می‌کنند. این مطالعه اهمیت شبکه‌های CNN و LSTM را در روش پیشنهادی روشن می‌کند. در حالی که CNN در ویژگی‌های مبتنی بر تصویر برتر است،LSTM مدل را با گرفتن وابستگی‌های زمانی تکمیل می‌کند که در نهایت منجر به دقت کلی ۹۷٫۱٪ می‌شود. این تجزیه و تحلیل تأثیر هم افزایی این مؤلفه‌ها و سهم جمعی آنها را در موفقیت روش پیشنهادی در حوزه تشخیص چهره نقاب‌دار برجسته می‌کند.

جدول (۳): مطالعه ابلیشن برای ارزیابی تاثیر اجزای مختلف روش پیشنهادی			
Component	Sensitivity	Specificity	Accuracy
Proposed method with both CNN and LSTM networks	95.2%	98.5%	97.1%
Proposed method with only CNN network	93.7%	97.2%	95.5%
Proposed method with only LSTM network	94.5%	98.0%	96.3%

جدول شماره (۴)، ارزیابی جامعی از عملکرد روش پیشنهادی در انواع مختلف ماسک‌ها ارائه می‌کند و سازگاری و اثربخشی آن را در تشخیص افرادی که انواع مختلف ماسک می‌پوشند را نشان می‌دهد. معیارهای حساسیت، ویژگی و دقت، بینش ارزشمندی در مورد قابلیت‌های مدل برای هر نوع ماسک ارائه می‌دهند. برای افرادی که از ماسک‌های جراحی استفاده می‌کنند، روش پیشنهادی حساسیت قابل توجه ۹۶٫۵٪ را نشان می‌دهد که نشان دهنده توانایی آن در شناسایی دقیق افراد دارای ماسک جراحی است. ویژگی بالای ۹۹٫۰٪ دقت مدل را در تشخیص افراد بدون ماسک جراحی نشان می‌دهد، که منجر به دقت کلی ۹۷٫۸٪ می‌شود. هنگام ارزیابی افرادی که از ماسک‌های پارچه‌ای استفاده می‌کنند، این مدل عملکرد قوی با حساسیت ۹۴٫۸٪ را حفظ می‌کند که نشان دهنده مهارت آن در تشخیص افراد با ماسک‌های پارچه‌ای است. ویژگی ۹۸٫۲٪ و دقت ۹۶٫۵٪ بیشتر بر اثربخشی آن در این سناریو تأکید می‌کند. افرادی که از ماسک‌های تنفسی N95 استفاده می‌کنند نیز با روش پیشنهادی به طور دقیق شناسایی می‌شوند، همان‌طور که با حساسیت ۹۵٫۷٪ مشهود است. ویژگی بالای ۹۸٫۷٪ حداقل نتایج کاذب را تضمین می‌کند و به دقت کلی ۹۷٫۲٪ کمک می‌کند. حتی برای افرادی که از انواع دیگر ماسک استفاده می‌کنند، روش پیشنهادی عملکرد خوب را حفظ می‌کند، با حساسیت ۹۳٫۵٪ که نشان دهنده توانایی آن در شناسایی افراد با انواع ماسک‌های مختلف است. ویژگی ۹۷٫۰٪ و دقت ۹۵٫۳٪ تطبیق‌پذیری مدل را در کار با انواع مختلف ماسک برجسته می‌کند.

جدول (۴): ارزیابی روش پیشنهادی بر روی انواع ماسک			
Mask type	Sensitivity	Specificity	Accuracy
Surgical mask	96.5%	99.0%	97.8%
Cloth mask	94.8%	98.2%	96.5%
N95 respirator	95.7%	98.7%	97.2%
Other types of masks	93.5%	97.0%	95.3%

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، به چالش حیاتی تشخیص چهره نقاب‌دار با استفاده از یک رویکرد مبتنی بر یادگیری عمیق جدید پرداخته شد. روش پیشنهادی، که ترکیبی از شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNN) و شبکه‌های حافظه کوتاه‌مدت (LSTM) است، عملکرد قابل‌توجهی را در شناسایی افرادی که ماسک می‌پوشند نشان داده است. از طریق ارزیابی و مقایسه گسترده با روش‌های پیشرفته، رویکرد ما به طور مداوم از نظر حساسیت، ویژگی و دقت کلی بهتر از همتایان خود عمل می‌کند. علاوه بر این، یک مطالعه فرسایشی نقش محوری هر دو مؤلفه CNN و LSTM را در مدل ما تأیید کرد و سهم هم افزایی آنها را در موفقیت آن برجسته کرد. ما همچنین سازگاری این مدل را در انواع مختلف ماسک‌ها، از جمله ماسک‌های جراحی،

ماسک‌های پارچه‌ای، ماسک‌های تنفسی N۹۵ و انواع دیگر به نمایش گذاشته‌ایم و کارآیی آن را در سناریوهای مختلف دنیای واقعی تأیید می‌کنیم. پیامدهای تحقیق ما فراتر از حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر است. با توجه به اهمیت مداوم پوشیدن ماسک در زمینه سلامت عمومی، کار ما در برنامه‌هایی مانند سیستم‌های امنیتی، کنترل دسترسی، مراقبت‌های بهداشتی و تجارت الکترونیک نویدبخش است. در نتیجه، روش پیشنهادی ما یک راه‌حل قوی و همه کاره برای چالش تشخیص چهره نقاب‌دار ارائه می‌کند. حساسیت بالا، ویژگی و دقت به دست آمده توسط مدل ما بر پتانسیل آن برای کمک به حوزه‌های مختلف تاکید می‌کند و بر ارزش تحقیقات در حال انجام در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر تأکید می‌کند.

منابع:

1-Avazov, K., Abdusalomov, A., Mukhiddinov, M., Baratov, N., Makhmudov, F., & Cho, Y. I. (2022). An improvement for the automatic classification method for ultrasound images used on CNN. *International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing*, *20*(02), 2150054.
2-Canal, F. Z., Müller, T. R., Matias, J. C., Scotton, G. G., de Sa Junior, A. R., Pozzebon, E., & Sobieranski, A. C. (2022). A survey on facial emotion recognition techniques: A state-of-the-art literature review. *Information Sciences*, *582*, 593-617.
3-Chen, X., Wang, X., Zhang, K., Fung, K. M., Thai, T. C., Moore, K., ... & Qiu, Y. (2022). Recent advances and clinical applications of deep learning in medical image analysis. *Medical image analysis*, *79*, 102444.
4-Dzedzickis, A., Kaklauskas, A., & Bucinskas, V. (2020). Human emotion recognition: Review of sensors and methods. *Sensors*, *20*(3), 592.
5-Guo, K., Soornack, Y., & Settle, R. (2019). Expression-dependent susceptibility to face distortions in processing of facial expressions of emotion. *Vision research*, *157*, 112-122.
6-Hess, U. (2021). Who to whom and why: The social nature of emotional mimicry. *Psychophysiology*, *58*(1), e13675.
7-JM, S. (2009). Expressing fear enhances sensory acquisition. *Nature Neurosci*, *43*, 822-829.
8-Keltner, D., Sauter, D., Tracy, J., & Cowen, A. (2019). Emotional expression: Advances in basic emotion theory. *Journal of nonverbal behavior*, *43*, 133-160.
9-Ko, B. C. (2018). A brief review of facial emotion recognition based on visual information. *sensors*, *18*(2), 401.
10-Li, W., Zhang, L., Wu, C., Cui, Z., & Niu, C. (2022). A new lightweight deep neural network for surface scratch detection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *123*(5), 1999-2015.
11-Maithri, M., Raghavendra, U., Gudigar, A., Samanth, J., Barua, P. D., Murugappan, M., ... & Acharya, U. R. (2022). Automated emotion recognition: Current trends and future perspectives. *Computer methods*

and programs in biomedicine, *215*, 106646.
12-Mellouk, W., & Handouzi, W. (2020). Facial emotion recognition using deep learning: review and insights. *Procedia Computer Science*, *175*, 689-694.
13-Mukhiddinov, M., Akmuradov, B., & Djuraev, O. (2019, November). Robust text recognition for Uzbek language in natural scene images. In *2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)* (pp. 1-5). IEEE.
14-Mukhiddinov, M., Jeong, R. G., & Cho, J. (2020). Saliency cuts: salient region extraction based on local adaptive thresholding for image information recognition of the visually impaired. *Int. Arab J. Inf. Technol.*, *17*(5), 713-720.
15-Mukhiddinov, M., Djuraev, O., Akhmedov, F., Mukhamadiyev, A., & Cho, J. (2023). Masked face emotion recognition based on facial landmarks and deep learning approaches for visually impaired people. *Sensors*, *23*(3), 1080.
16-Mukhamadiyev, A., Khujayarov, I., Djuraev, O., & Cho, J. (2022). Automatic speech recognition method based on deep learning approaches for Uzbek language. *Sensors*, *22*(10), 3683.
17-Rakhmatillaevich, K. U., Ugli, M. M. N., Ugli, M. A. O., & Nuruddinovich, D. O. (2018). A novel method for extracting text from naturalscene images and TTS. *European science review*, *1*(11-12), 30-33.
18-Ramdani, C., Ogier, M., & Coutrot, A. (2022). Communicating and reading emotion with masked faces in the Covid era: A short review of the literature. *Psychiatry research*, *316*, 114755.
19-Saxena, A., Khanna, A., & Gupta, D. (2020). Emotion recognition and detection methods: A comprehensive survey. *Journal of Artificial Intelligence and Systems*, *2*(1), 53-79.
20-Susskind, J. M., Lee, D. H., Cusi, A., Feiman, R., Grabski, W., & Anderson, A. K. (2008). Expressing fear enhances sensory acquisition. *Nature neuroscience*, *11*(7), 843-850.
21-Van Kleef, G. A. (2009). How emotions regulate social life: The emotions as social information (EASI) model. *Current directions in psychological science*, *18*(3), 184-188.
22-Xia, C., Pan, Z., Li, Y., Chen, J., & Li, H. (2022). Vision-based melt pool monitoring for wire-arc additive manufacturing using deep learning method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *120*(1), 551-562.

©Authors, Published by Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).