نوع مقاله: پژوهشی

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۳
پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱

سامانه سخت‌افزاری/نرم‌افزاری کنترل و نظارت کووید – ۱۹ بر مبنای یادگیری عمیق

محمدرضا رضاییان*
گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی همدان، همدان، ایران
پست الکترونیکی: rezaeian@hut.ac.ir

رضا اکبری موحد
گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
پست الکترونیکی: r.akbarimovahed@modares.ac.ir

سینا جوادی‌فر
گروه مهندسی برق، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
پست الکترونیکی: jfsina1998@gmail.com

چکیده

سال ۲۰۱۹ میلادی شاهد شیوع بیماری کووید-۱۹ بود که تا به امروز باعث مرگ بسیاری از انسان‌ها شده است. به دلیل ایجاد سویه‌های مختلف از این بیماری، رعایت پروتکل‌های بهداشتی به‌عنوان بهترین راهکار برای مهار این بیماری قلمداد می‌شود. با این حال، نظارت بر رعایت پروتکل‌های بهداشتی به‌صورت انسانی امری زمان‌بر، طاقت‌فرسا و مستعد خطا است. در نتیجه نیاز به یک سامانه نظارتی هوشمند جهت بررسی پوشش ماسک افراد و شناسایی افراد علامت‌دار بی‌توجه به مقررات قرنطینه در محیط‌های عمومی به شدت احساس می‌شود. این مقاله، یک سامانه خودکار سخت‌افزاری/نرم‌افزاری جهت شناسایی پوشش ماسک افراد و اندازه‌گیری دمای بدن را پیشنهاد می‌دهد که شناسایی چهره، تشخیص پوشش ماسک و اندازه‌گیری دمای بدن را به ترتیب با استفاده از الگوریتم ویولاجونز، شبکه عصبی هم‌آمیختی و حسگر دمای غیرتماسی انجام می‌دهد. در صورتی که شخص از ماسک استفاده نکرده باشد و یا دمای بدن او بالاتر از ۳۷/۵ درجه باشد، سامانه هشداری را صادر می‌کند تا از ورود شخص به محل ممانعت شود. این سامانه در ارزیابی میدانی توانست دقت ۹۶٪ در شناسایی چهره و دقت ۱۰۰٪ در تشخیص پوشش ماسک را به‌دست آورد. این سامانه می‌تواند جهت نظارت بر رعایت پروتکل‌های بهداشتی در مراکز عمومی مورد استفاده قرار بگیرد.

واژه‌های کلیدی: کووید-۱۹، تشخیص ماسک، تشخیص اهداف، پردازش تصویر، یادگیری عمیق.

* نویسندهٔ مسئول

۱- مقدمه

در حال حاضر، جهان شـــاهد شیوع همه‌گیری جدیدی تحت عنوان کووید-۱۹ اســـت که تا بـــه امروز باعث مرگ و میر بســـیاری از انسان‌ها و آســـیب دیدن طیف وسیعی از مشـــاغل و کسب و کارها شده و با وجود پیشرفت‌های فراوان بشـــر در حوزه پزشـــکی و فناوری‌های مهندسی، کنترل و درمان آن با چالش‌های فراوانی روبه‌رو است [۱]. بیماری‌زایی این ویروس، دستگاه تنفس را تحت تأثیر قرار می‌دهد و علایمی مشـــابه سرماخوردگی ساده و آنفولانزا را ایجاد می‌کنـــد [۱]. مهمترین علایم این بیماری اختلالات تنفسی، تب، آبریزش بینی، سرفه خشک، سرگیجه، گلودرد، بدن درد، از دست رفتن حس چشایی و بویایی و مشکلات گوارشی است [۲]. برخی از افراد مبتلا به این بیماری هیچ علامتـــی ندارند، یا فقط دچار علائم خفیف هســـتند، اما در برخی از افراد، کووید-۱۹ می‌تواند منجر به مشکلات جدی مانند ســـینه‌پهلو، عدم دریافت اکسیژن کافی و حتی مرگ شود [۳]. این نشانه‌ها بیشـــتر در افراد مسن و افرادی که مشکلات زمینه‌ای دیگری دارند، دیده می‌شود. محققان به درمان قطعـــی این بیماری با وجـــود تلاش‌های متعدد در ســـاخت واکســـن و داروهای موثر به دلیل قدرت سرایت پذیـــری بالای این ویروس و از طرفی پیدایش ســـویه‌های مختلف از آن حداقل در کوتاه مدت خوشـــبین نیســـتند و بر این اســـاس متخصصین امر همچنان بهترین راهکار را رعایت پروتکل‌های بهداشـــتی از سوی تمامی آحاد جامعه می‌دانند [٤]. بر این اســـاس اســـتفاده از پوشش ماسک و رعایت مقررات قرنطینه اصلی‌ترین اقدام پیشگیرانه‌ای است که می‌تواند به طرز قابل توجهی شیوع برخی بیماری‌های ویروسی تنفســـی از جمله کووید-۱۹ را محدود نماید [٤]. در نتیجه بســـیاری از ســـازمان‌ها و نهادها، مـــردم را به رعایت قوانین قرنطینه در صورت وجود علائم مشـــکوک و همچنین پوشـــیدن ماسک در محیط‌های عمومی تشویق و حتـــی برخی دولت‌هـــا آن را اجباری و عـــدم رعایت آن را مستوجب پرداخت جرایم ســـنگین کرده‌اند زیرا به نظر می‌رســـد موثرترین راه موجود برای غلبه برهمه‌گیری این بیماری، رعایت پروتکل‌های بهداشتی از سوی تمامی افراد جامعه اســـت تا حتی‌الامکان زنجیره همه‌گیری این بیماری قطع شود. متاسفانه بسیاری از افراد جامعه این پروتکل‌ها را جهت مقابله با شـــیوع بیماری کووید-۱۹ رعایت نکرده و بدون توجه به آن‌ها در محیط‌های عمومی شهرها تردد دارند. به این علت، وجود یک سامانه نظارتی جهت بررسی پوشـــش ماسک افراد و شناســـایی افراد مشکوک مبتلا به بیماری کوویـــد-۱۹ در محیط‌های عمومی امری بســـیار ضروری در این بازه تاریخی محســـوب می‌شـــود. با این حال، اجرای این فرآیند به‌صورت انســـانی ضمن زمان‌بر بودن، به وضعیت شخص بازرسی کننده نیز بستگی دارد که با توجه به کثرت اماکن عمومی و وسعت شهرها امری بســـیار مشکل و مســـتعد خطا اســـت که حتی در صورت انجـــام، ضمن تحمیل هزینه‌های زیاد از خطاهای انســـانی مصون نخواهد بود. علاوه بـــر آن پایش اطلاعات به علت فقدان یک ســـامانهٔ هوشمند مجددا نیازمند صرف هزینه و وقت زیادی خواهد بود. بر این اســـاس وجود یک سامانهٔ هوشمند خودکار جهت بررســـی پوشش ماسک با قابلیت شناسایی افراد مشـــکوک به بیماری کووید-۱۹ که ناقض قوانین قرنطینه هستند بسیار ضروری است.

در زمینه شناســـایی خودکار افرادی که دارای پوشش ماسک یا فاقد آن هستند، تاکنون تحقیقات مختلفی انجام شده اســـت. برای مثال، چاودا و همکارانش یک روش شناسایی افراد دارای پوشش ماسک و افراد بدون ماسک با استفاده از تصویر چهره را معرفی کردند که اساس این روش مبتنی بر شـــبکه‌های عصبی هم‌آمیختی بود [٥]. شـــبکه عصبی هم‌آمیختی مطرح شـــده در این پژوهش از دو زیرشـــبکه هم‌آمیختی تشکیل شده که زیرشبکه اول وظیفه شناسایی ناحیه چهره و زیرشبکه دوم وظیفه طبقه‌بندی چهره به دو ردهٔ با ماسک و بدون ماسک را برعهده داشتند[٥]. لویی و همکاراش نیز در مطالعه دیگری یک روش شناسایی افراد دارای پوشـــش ماســـک از افراد فاقد پوشش ماسک را بر

جدول ۱: خلاصه‌ای از تحقیقات انجام شده در حوزه تشخیص پوشش ماسک افراد در تصاویر و قاب‌های ویدئویی

مطالعه	نوع روش	سال
[۵]	شبکه عصبی هم‌آمیختی دو طبقه	۲۰۲۱
[۶]	یک مدل ترکیبی از روش‌های ردهٔیک یادگیری ماشین و یادگیری انتقالی مدل شبکه عصبی هم‌آمیختی عمیق	۲۰۲۱
[۷]	یک روش مبتنی بر استخراج ویژگی‌های هم‌رخداد و k نزدیک‌ترین همسایه جهت استفاده در گوشی‌های تلفن همراه	۲۰۲۱
[۸]	یک شبکه عصبی هم‌آمیختی محلی مبتنی مدل یولو جهت شناسایی افراد ماسک‌دار و بدون ماسک در تصاویر با دید وسیع	۲۰۲۲

مبنای ترکیب یادگیری انتقالی مدل‌های یادگیری عمیق با روش‌های ردهٔیک یادگیری ماشین ارائه کردند [٦]. در این روش از یک مدل شبکه عصبی هم‌آمیختی از قبل آموزش دیده به‌عنوان استخراج‌کننده ویژگی و از مدل درخت تصمیم‌گیری به‌عنوان طبقه‌بند استفاده گردید[٦]. چن و همکارانش نیز در یک مطالعه متفاوت یک روش خودکار جهت تعیین کیفیت ماسک را با استفاده از دوربین‌های تلفن همراه به‌منظور جلوگیری از انتقال ویروس کرونا مبتنی بر پردازش تصاویر ارائه کردند [۷]. در این روش که بر مبنای یادگیری ماشین ردهٔیک استوار بود، ویژگی‌های هم‌رخداد از تصویر استخراج و از مدل k نزدیک‌ترین همسایه جهت انجام عملیات طبقه‌بندی استفاده گردید[۷]. همچنین وو و همکارانش نیز در سال ۲۰۲۲، یک روش جدید جهت تحلیل پوشش ماسک افراد بر مبنای یادگیری عمیق در تصاویر با دید وسیع را معرفی کردند [۸]. روش مطرح شده در این پژوهش بر اساس توسعه یک شبکه عصبی هم‌آمیختی محلی مبتنی بر مدل یولو بود که می‌توانست چهره افراد در تصاویر را شناسایی و هر چهره را به سه ردهٔ با ماسک، بدون ماسک و ماسک زدن اشتباه طبقه‌بندی کند[۸]. جدول۱ خلاصه‌ای از این پژوهش‌ها را نشان می‌دهد.

با این حال، تمامی این روش‌ها همگی از بار محاسباتی بالایی برخوردار بوده و تنها بر روی سامانه‌های کامپیوتری قدرتمند قابل اجرا هستند و عملا در سامانه‌های تعبیه شده[1] قابلیت اجرایی ندارند. در نتیجه این روش‌ها تنها برای استفاده در دوربین‌های مدار بسته مناسب است و قابلیت بازدارندگی جهت ورود اشخاص بدون ماسک و مشکوک به بیماری‌های تنفسی به اماکن عمومی را ندارند.

همچنین، یکی از شاخص ترین پارامترها در بیماری های تنفسی، سرماخوردگی، آنفولانزا، سارس و کووید-۱۹ دمای بدن است، که در مطالعات قبلی به آن توجهی نشده است. در نتیجه، هدف اصلی این مطالعه ارائه یک سامانهٔ سخت‌افزاری/نرم‌افزاری ارزان قیمت جهت تشخیص پوشش ماسک و اندازه‌گیری دمای بدن افراد با یک الگوریتم سبک است که بتوان آن را روی سامانه‌های تعبیه شده پیاده‌سازی کرد و از آن برای ممانعت ورود اشخاص بدون ماسک و مشکوک به بیماری‌های تنفسی به مراکز عمومی استفاده کرد.

این مقاله در پنج فصل پیکربندی شده که در ادامه به معرفی اجمالی هر یک از فصل‌ها پرداخته می‌شود. فصل دوم تحت عنوان مواد و روش‌ها به معرفی و تشریح پایگاه داده و تمامی روش‌هایی که در سامانهٔ پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، می‌پردازد. در فصل سوم جزییات سامانهٔ پیشنهادی و بخش‌های آن توضیح و در فصل چهارم نتایج حاصل از سامانهٔ پیشنهادی گزارش داده می‌شود. در پایان بر روی سامانهٔ پیشنهادی بحث خواهد شد و یک نتیجه‌گیری کلی از پژوهش انجام شده ارائه می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش کلیات روش به تفضیل ارائه و مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲-۱-پایگاه داده

به‌منظور پیاده‌سازی مدلی که افراد بدون ماسک و با ماسک را تشخیص دهد، به یک مجموعه داده از تصاویر

1- Embedded Systems

چهره بدون ماسک و با ماسک نیاز است. در این پژوهش، از یک پایگاه داده عمومی از تصاویر چهره بدون ماسک و با ماسک اســتفاده شده که شامل ٤٠٩٥ تصویر است [۹]. از ایــن ٤٠٩٥ تصویر، ۲۱٦٥ تصویــر متعلق به ردهٔ بدون ماسک و باقی تصاویر یعنی ۱۹۳۰ تصویر مربوط به ردهٔ با ماسک است. شکل ۱ نمونه برخی از تصاویر این پایگاه داده را نشان می‌دهد. همچنین جهت ارزیابی میدانی سامانهٔ پیشنهادی، ۲۵ نفر داوطلب شــده‌اند تا عملکرد دستگاه بر روی آن‌ها آزمایش شود که از بین این ۲۵ نفر، ۱۹ نفر مرد و ٦ نفر زن بوده‌اند.

۲-۲-الگوریتم ویولاجونز

در ســال ۲۰۰۱ الگوریتم ویولا جونــز به‌عنوان اولین ســامانه بیدرنگ شناسایی چهره در حالت تمام رخ توسط جونــز و همکارانش معرفی شــد [۱۰]. این روش از ســه فرآیند ترتیبی برای عملکرد خود بهره می‌گیرد. در ابتدا، این روش یک بازنمایی جدید از تصویر به نام تصویر تجمعی[۲] می‌ســازد که به روش این امکان را می‌دهد که ویژگی‌ها به شکل سریع‌تری استخراج شــوند. سپس ویژگی‌های هار[۳] از تصویر تجمعی را اســتخراج کردنــد. این ویژگی‌ها در واقع مستطیل‌هایی هســتند که بخش‌های مختلف صورت را توصیــف می‌کنند و بر روی عکس‌ها بــا روند تکراری قرار می‌گیرند. سپس، از یک نسخه تغییر یافته از الگوریتم یادگیری بوســتینگ به نام آدابوست در این روش استفاده شــده که هم برای انتخاب ویژگی و هــم به‌عنوان طبقه‌بند در الگوریتم پیشــنهادی آن‌ها مورد اســتفاده قرار گرفت. سپس برای افزایش ســرعت محاسبات، ساختار آبشاری از طبقه‌بندها ارایه کردند که به ســرعت نواحی پس‌زمینه تصویر را در لایه های اولیه آبشــار رد کرده و محاسبات بیشــتر را روی ناحیه هــای نامزد چهره انجــام می‌دهد. الگوریتــم ویولاجونز بــه دلیل دقت بــالا در عملکردش و عملکرد ســریعش، در کاربردهای بیدرنگ مورد اســتفاده قرار می‌گیرد [۱۰]. با توجه به عملکرد قابل پذیرش الگوریتم

2- Integral Image
3- Harr Features

شکل ۱: نمونه‌هایی از تصاویر پایگاه داده استفاده شده جهت پیاده‌سازی و ارزیابی مدل تشخیص دهنده ماسک [۹]

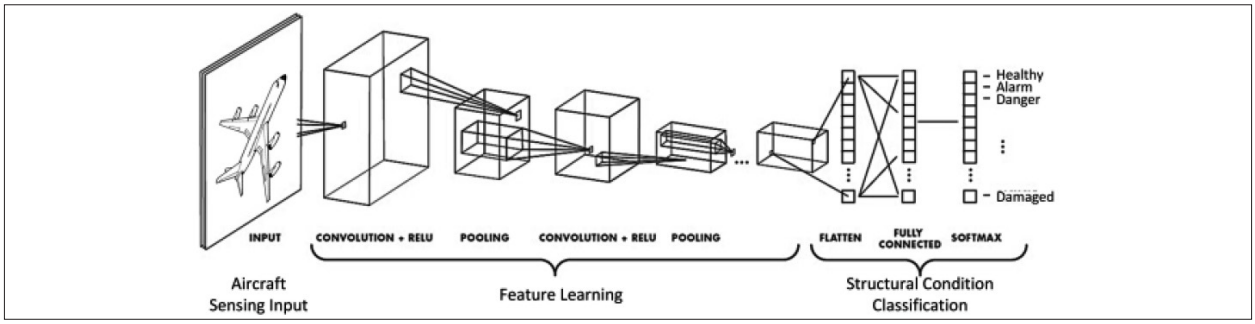
ویولاجونز در زمینه‌های ســرعت و دقت، در این پژوهش برای شناسایی چهره از این الگوریتم استفاده شده است.

۲-۳-شبکه عصبی هم‌آمیختی

شــبکه عصبی هم‌آمیختی[٤] یکی از تکنیک‌های مرسوم یادگیری عمیق اســت که ازمدل عصبی بیولوژیکی قشــر بصری مغز الگو برداری شــده است [۱۱]. به اثبات رسیده اســت که ناحیه قشر بصری شامل نگاشت‌های مختلفی از میدان دید فراهم شــده توسط چشم انســان است که این نگاشت‌ها توســط اعصاب مختلف در ناحیه قشری ایجاد و برخی فرآیندهای بیوشــیمی بر روی آن اعمال شــده و در طول حرکــت در ناحیه قدامی مغز کوچک‌تر و عمیق‌تر می‌شوند [۱۱]. شبکه عصبی هم‌آمیختی نیز به‌گونه‌ای مطرح شــده است که بتواند تا حدی این فرآیند صورت گرفته در قشــر بصری مغز را شبیه‌ســازی کند. به عبارتی، تکنیک شبکه عصبی هم‌آمیختی قادر است با دریافت یک ورودی چندبعدی مثل تصویر و سیگنال، نگاشت‌های مختلفی از آن را در طول شــبکه ایجاد و در انتهای شبکه بهترین آن‌ها را انتخاب و عملیات نهایی را انجام دهد [۱۲].

بر اساس شکل ۲، که مبین ساختار کلی یک مدل شبکه عصبی هم‌آمیختی اســت، در طول شبکه ابتدا نگاشت‌های ســطوح درکی پایین اســتخراج و به ترتیب سطوح درکی نگاشــت‌ها بالا و بالاتر می‌رود. پیکربندی یک مدل شــبکه عصبی هم‌آمیختی شــامل لایه‌های مختلف و متصل به هم

4- Convolutional Neural Network



شکل ۲: یک مثال از ساختار یک شبکه عصبی هم‌آمیختی [۱۴]

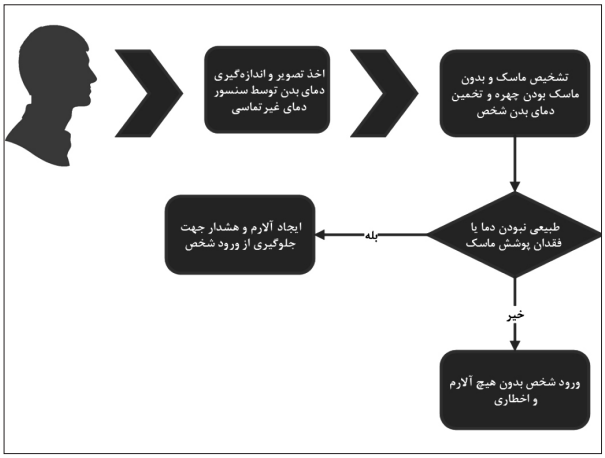
اســت که توانایی عملکردهایی همچون ایجاد نگاشت‌های مختلف از داده ورودی، نمونه‌برداری از نگاشت‌های ایجاد شــده، توابع تصمیم‌گیری، ستونی‌سازی نگاشت حجمی و ضرب برداری وزن‌های قابل تنظیم بر روی نگاشت ستونی شــده را دارند [۱۳]. این لایه‌ها که پایه و اســاس مدل‌های شــبکه عصبی هم‌آمیختی را تشــکیل می‌دهند عبارتند از: لایه‌های هم‌آمیختی، لایه‌هــای ادغام، لایه‌های تمام‌متصل، لایه‌های فعال‌ســاز، لایه بیشینه‌نرم و لایه حذف تصادفی. لایــه هم‌آمیختی هســته اصلــی مدل‌های شــبکه عصبی هم‌آمیختی است که وظیفه آن تولید نگاشت‌های مختلف از داده ورودی اســت. به عبارت دیگر این لایه‌ها با تولید این نگاشت‌ها، ویژگی‌های مختلفی را از داده ورودی استخراج می‌کنند کــه این ویژگی‌ها بــر مبنای میــزان درک پایین، متوسط و بالا از داده ورودی استخراج می‌شود [۱۳-۱۱]. لایه هم‌آمیختی از چندین پالایهٔ مکانی قابل آموزش تشکیل شــده اســت که هر کدام از این پالایه‌ها با داده ورودی در عملیــات هم‌آمیختــی شــرکت می‌کننــد. وزن و اریب این پالایه‌ها مقادیر ثابتی نیســت و طی فرآیند آموزش شبکه به‌گونه‌ای تنظیم می‌شــوند که عملکرد مطلوب برای شبکه تحت آموزش حاصل شــود. لایه‌های ادغام وظیفه کاهش ابعــاد (عرض و ارتفاع) نگاشــت ورودی را بر عهده دارند تا تعداد پارامترهای قابل آموزش شــبکه و بار محاسباتی شــبکه کاهش یابــد [۱۳-۱۱]. به عبارت دیگــر، این لایه‌ها عملیات نمونه‌برداری از نگاشت ورودی در راستای عرض و ارتفــاع آن را انجام می‌دهند. این لایه یک پنجره با ارتفاع و عرض ثابت در نظر می‌گیرد و این پنجره را در راســتای عرض و ارتفاع نگاشــت ورودی در هر یک از باندهای آن می‌لغزانــد. این لایه در هربار لغزش، مقادیری از نگاشــت ورودی کــه در ناحیه پنجره لغزان قــرار دارد را در نظر گرفته و بــر روی آن‌ها نوعی تحلیل آماری از پیش تعیین شده اعمال می‌کند و نتیجه این تحلیل را در نگاشت خروجی قرار می‌دهد [۱۴]. بر اســاس نــوع تحلیل آماری، لایه‌های ادغام به شکل‌های مختلفی تعریف می‌شوند که متداول‌ترین آن‌ها لایه ادغام بیشــینه و لایه ادغام میانگین اســت. لایه ادغام بیشــینه، بیش‌ترین مقدار از مقادیر نگاشت ورودی کــه در ناحیه پنجره لغزان قــرار دارد را انتخاب می‌کند و لایه ادغام میانگین، مقدار متوســط مقادیر نگاشت ورودی محصور که در ناحیه پنجره لغزان قرار دارد را در نگاشت خروجی قرار می‌دهد. لایه فعال‌ســاز از یک تابع غیرخطی تشکیل شده اســت که این تابع بر روی تک تک درایه‌های نگاشت ورودی اعمال می‌شــود. از لحاظ بیولوژیکی، این لایه تا حدی رخ دادن پتانســیل عمل در سلول‌های عصبی را شبیه‌سازی می‌کند. انواع توابع غیرخطی که می‌تواند در این لایه مورد اســتفاده قرار بگیرد عبارتند از: تابع درجه ۲، قدر مطلق، سیگموید، تانژانت هایپربولیک و غیره [۱۴]. متداول‌ترین تابع غیرخطی که در مدل‌های شــبکه عصبی هم‌آمیختــی مورد اســتفاده قرار می‌گیــرد تابع واحدهای خطی یکسوساز[5] است [۱۴]. تحقیقات مختلفی نشان داده‌اند کــه به‌کارگیری این تابع باعث می‌شــود که ضمن افزایش ســرعت آموزش شــبکه، از مقوله‌هایی همچون غیرممکن شدن مشتق‌گیری در زمان آموزش شبکه جلوگیری شود [۱۳-۱۵]. این تابع همانند یک پالایه مقادیر بزرگتر از صفر

5- Rectified Linear Unit

را عبور داده و به جای مقادیر کوچک‌تر یا مساوی با صفر، مقدار صفر را جایگزین می‌کند

بعد از معرفی شـــدن تابع واحدهای خطی یکسوساز، نوع تعمیم‌یافتـــه‌ای از آن تحت عنوان تابع واحدهای خطی یکسوساز نشتی[6] معرفی شد که به جای صفر کردن مقادیر کوچک‌تـــر از صفر، آن‌ها را با یک ضریب که عموما از یک کوچک‌تر است جایگزین می‌نماید [۱۴،۱۵]. لایه تمام‌متصل یک نگاشت حجمی را دریافت، آن را ستونی و سپس آن را در یـــک بردار وزن و اریب که تمامی مقادیر آن‌ها متغیر و قابل آموزش است، ضرب و جمع ماتریسی می‌کند و نتیجه این عملیات را در اختیار لایه بعدی قرار می‌دهند. لازم به ذکر است که همانند لایه هم‌آمیختی، وزن‌ها و اریب‌های موجود در این لایه‌ها، مقادیر ثابتی نیستند و طی فرآیند آموزش به گونه‌ای تنظیم می‌شوند که نتیجه مطلوب برای شبکه تحت آموزش به ازای هر ورودی حاصل شـــود. به‌طور معمول، در انتهای معماری‌های مدل‌های شبکه عصبی هم‌آمیختی چندیـــن لایه تمام‌متصل قرار می‌گیرند تا این لایه‌ها بتوانند بهترین ویژگی‌ها را انتخاب و در نهایت خروجی مطلوب را تولید کنند [۱۶]. در انتهای معماری‌های یادگیری عمیق که برای هدف طبقه‌بندی داده‌ها پیاده‌سازی می‌شوند، عموما لایه‌ای تحت عنوان لایه بیشـــینه نرم قرار می‌گیرد. این لایه با دریافت خروجی آخرین لایه تمام‌متصل، چندین احتمال بـــرای داده ورودی به ازای تعداد رده‌های موجود تولید و داده ورودی را به ردهٔ متناظر با بیشترین احتمال طبقه‌بندی می‌کند [۱۴]. یکی از روش‌های کاهش بیش‌برازش در تمامی ساختارهای یادگیری عمیق، استفاده از لایه حذف تصادفی است. این لایه در زمان آموزش شبکه به‌صورت تصادفی برخـــی از وزن‌های قابل آموزش (چه در لایه هم‌آمیختی و چـــه در لایه تمام‌متصل) را صفر می‌کنـــد [۱۳]. این فرآیند وزن‌های شـــبکه را مجبور می‌کند که به شکل مطلوب‌تری در زمان آموزش بهینه شـــوند. از طرف دیگر، این فرآیند ضمن ممانعت از وقوع همبستگی وزن‌ها نسبت به یکدیگر باعث جلوگیری از وقوع بیش برازش می‌شود. لازم به ذکر

6- Leaky Rectified Linear Activation



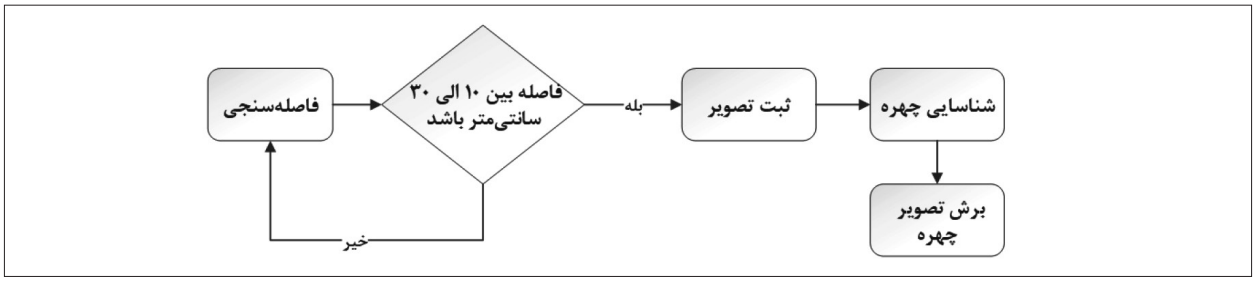
شکل ۳: روندنمای کلی عملکرد سامانهٔ پیشنهادی

اســـت که حضور این لایه در معماری‌های شـــبکه عصبی هم‌آمیختی الزامی نیست.

۳-سامانهٔ پیشنهادی

روندنمای کلی طرح پیشنهادی تشخیص پوشش ماسک افراد و اندازه‌گیری دمای بدن در این مقاله که یک ســـامانهٔ سخت‌افزاری/ نرم‌افزاری اســـت در شکل ۳ قابل مشاهده است.

نحوه عملکرد آن بدین صورت است که با نزدیک شدن شخص به آن، تصویربرداری سامانه آغاز و یک تصویر از چهره شخص اخذ می‌گردد. پس از شناسایی ناحیه چهره با اســـتفاده از الگوریتم ویولا جونز، تصویر چهره شناسایی شده از تصویر اصلی جدا می‌شود. با اعمال تصویر چهره به یک مدل شبکه عصبی هم‌آمیختی، تصویر چهره به یکی از رده‌های با ماســـک و بدون ماسک طبقه‌بندی می‌گردد. در مرحله بعد، دمای شـــخص از طریق یک حســـگر دمای غیرتماسی اندازه‌گیری می‌شـــود. در صورتی که شخص ماســـک پوشیده و دمای بدن او کمتر از ۳۷/۵ درجه باشد، شـــخص در ردهٔ مجاز قرار گرفته و هیچ هشداری صادر نمی‌شـــود. اما در صورتی که عکس هر یـــک از دو حالت بـــالا رخ دهد، ضمن قرارگیری شـــخص در ردهٔ غیرمجاز، هشـــدار سامانه فعال می‌شود. لازم به ذکر است که تمامی اطلاعات اعم از وضعیت پوشش ماسک، دمای بدن و چهره



شکل ۴: روندنمای بخش شناسایی چهره در سامانه پیشنهادی

شناسایی شـــده پس از ثبت تصویر و اندازه‌گیری دما در صفحه نمایش ســـامانه نشان داده می‌شـــود. کلیه مراحل این ســـامانه که به ترتیب شـــامل مراحل شناسایی چهره، تشـــخیص ماسک، اندازه‌گیری دمای بدن و سنجش فرد از لحاظ مجاز و غیرمجاز بودن اســـت در ادامه توضیح داده می‌شود.

۳-۱-شناسایی چهره

روندنمای بخش شناســـایی خودکار چهره در شکل ٤ نمایش داده شده است. این بخش از لحاظ سخت‌افزاری از یک حسگر فاصله‌سنج (حسگر فراصوت HC-SR05) و یک دوربین (دوربین ٥ مگاپیکسلی معمولی رزبری‌پای) تشکیل شده و هسته اصلی بخش نرم‌افزاری آن مبتنی بر الگوریتم ویولاجونز است که وظیفه شناسایی چهره را بر عهده دارد. سامانه با استفاده از حســـگر فاصله‌سنج، در هر لحظه به فاصله‌سنجی پرداخته و در صورتی که شخص در فاصله ۱۰ الی ۳۰ ســـانتی‌متری آن باشـــد، دوربین را فعال و یک تصویر از شخص روبه‌روی سامانه اخذ می‌کند. به عبارتی حداقل فاصله و حداکثر فاصله برای شروع به‌کار دستگاه به ترتیب برابر ۱۰ و ۳۰ ســـانتی‌متر اســـت. پس از تبدیل تصویر به تصویر ســـطح خاکستری، الگوریتم ویولاجونز بر روی آن اعمال می‌شود که خروجی آن شناسایی ناحیه چهره در تصویر است.

۳-۲-تشخیص ماسک

دومین بخش از ســـامانهٔ پیشـــنهادی یک مدل شـــبکه عصبی هم‌آمیختی است که وظیفه شناسایی پوشش ماسک را انجام می‌دهد. ورودی این شبکه تصویر جدا شده چهره و خروجی آن نتیجه طبقه‌بندی تصویر جدا شـــده چهره به یکی از رده‌های با ماسک و بدون ماسک است. مدل شبکه عصبی هم‌آمیختی از نوع ResNet است که از قبل آموزش دیده شـــده و بر اســـاس یادگیری انتقالی برای طبقه‌بندی تصاویر چهره با ماســـک و بدون ماسک بهینه شده است. برای یادگیـــری انتقالی این مـــدل، از پایـــگاه داده معرفی شـــده در بخش ۲-۱ استفاده شـــده است، بدین‌صورت که ۸۰٪ مجموعـــه داده بـــرای آموزش مـــدل و ۲۰٪ آن برای اعتبارســـنجی مدل اســـتفاده شده اســـت. این مدل پس از آموزش، قادر است یک تصویر چهره را دریافت و آن را به یکی از دو ردهٔ با ماسک و بدون ماسک طبقه‌بندی کند. تابع خطای مدل پیشنهادی و بهینه‌ساز آن جهت آموزش مدل به ترتیب تابع آنتروپی‌مقطعی دودویی و بهینه‌ساز آدام است. نرخ یادگیری مدل برابر با مقدار ۰/۰۰۰۳ انتخاب شـــده که در طـــول آموزش مدل ثابت باقـــی می‌ماند. همچنین تعداد دوره و اندازه‌بـــچ برای آموزش مدل نیز به ترتیب برابر با مقادیر ۱۸ و ۳۲ انتخاب شـــده‌اند. در راستای پیاده‌سازی این مدل، از کتابخانه کراس در محیط برنامه‌نویسی پایتون اســـتفاده شده اســـت. آموزش و آزمایش این مدل نیز در فضای ابری رایگان گوگل کولب انجام شده که از یک GPU از نوع NVIDIA Tesla k80 برای آموزش و آزمایش شبکه‌ها بهره می‌برد. لازم به ذکر است که پس از آموزش، این مدل در قالب یک فایل ذخیره و روی سامانه سخت‌افزاری منتقل می‌شود.

۳-۳-اندازه‌گیری دمای بدن

پس از شناسایی پوشش ماسک، اندازه‌گیری دمای بدن

از طریق پردازنده میکروکامپیوتر سامانه (رزبری‌پای ٤ رم ۲ گیگ)، مرتبط با حسگر دمای غیرتماسی مادون قرمز MLX90614 از طریق پروتکل I2C انجام می‌گیرد. در زمانی که پیشانی کاربر نزدیک دستگاه است، حسگر یک اشعه مادون قرمز ارسال و اشعه بازگشتی از سطح پیشانی را ثبت و آن را پردازش و به پردازنده ارسال می‌کند.

۳-٤-سنجش مجاز یا غیرمجاز بودن شخص

در مرحله پایانی از عملکرد سامانهٔ پیشنهادی، سنجش مجاز یا غیرمجاز بودن شخص بر اساس پوشش ماسک و دمای اندازه‌گیری شده بررسی می‌شود. در صورتی که شخص ماسک نپوشیده یا دمای بدن او از ۳۷/٥ درجه بیشتر باشد، شخص مورد نظر در ردهٔ غیرمجاز قرار خواهد گرفت و هشدار سامانه فعال می‌شود تا نگهبانان دروازه از ورود فرد مشکوک جلوگیری کنند. در غیر این صورت، شخص مورد نظر در ردهٔ مجاز قرار خواهد گرفت و سامانه هیچ‌گونه هشداری را صادر نمی‌کند.

۴-نتایج

پس از تشریح سامانهٔ پیشنهادی، در این قسمت نتایج حاصل از ارزیابی آن ارائه می‌شود. برای این منظور، در ابتدای این فصل نحوه ارزیابی مدل تشخیص دهنده ماسک که هسته اصلی سامانه است تشریح و سپس معیارهای ارزیابی مورد استفاده به‌طور دقیق توضیح داده می‌شود. سپس، به ترتیب نتایج به‌دست آمده از ارزیابی مدل تشخیص‌دهنده ماسک و همچنین ارزیابی میدانی به‌صورت کمی و کیفی ارائه می‌شود.

٤-۱- معیارها و نحوه ارزیابی

برای ارزیابی مدل هوش مصنوعی تشخیص دهنده ماسک، با اختصاص ۸۰٪ پایگاه داده به مجموعه آموزش، مدل آموزشی ایجاد و با ۲۰٪ باقی‌مانده به مجموعه اعتبارسنجی، ارزیابی مدل انجام شد. ارزیابی مدل توسط مجموعه اعتبارسنجی با استفاده از شاخص‌های دقت[7] و خطا[8] که در روابط ۱ و ۲ ذکر شده برآورد می‌گردد.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}, \qquad (۱$$

$$Loss = 1 - Accuracy, \qquad (۲$$

در این روابط، TP و TN به ترتیب برابر تعداد موارد با ماسکی و بدون ماسکی است که توسط سامانه به درستی تشخیص داده شده‌اند، و به همین ترتیب FP و FN تعداد موارد با ماسکی و بدون ماسکی است که توسط سامانه به اشتباه تشخیص داده شده‌اند. همچنین برای سنجش الگوریتم شناسایی چهره از معیار نرخ شناسایی‌های صحیح (CIR) [9] مطابق رابطه ۳ استفاده شده است.

$$CIR = \frac{N_{CI}}{M}, \qquad ۳$$

در رابطه ۳، NCI مبین تعداد چهره‌های درست شناسایی شده توسط الگوریتم و M تعداد کل چهره‌ها است.

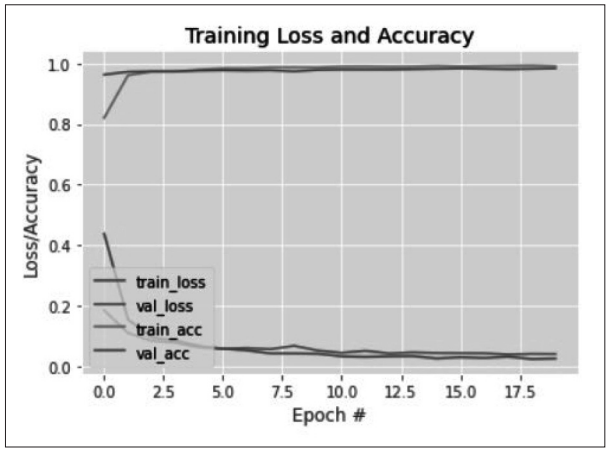
٤-۲-نتایج مدل تشخیص‌دهنده ماسک

شکل ٥ نمودار دقت و خطای مدل تشخیص دهنده ماسک را در زمان آموزش مدل به ازای مجموعه داده‌های آموزش و اعتبارسنجی نمایش می‌دهد. بر اساس شکل ٥، مدل در دوره ۱۸ توانسته بالاترین دقت و کمترین خطا را به ازای مجموعه داده‌های آموزش و اعتبارسنجی کسب کند. در این دوره دقت و خطای مدل به ازای مجموعه داده‌های آموزش و اعتبارسنجی در نزدیک‌ترین حالت نسبت به یکدیگر هستند که این موضوع در کنار میزان بالای مقادیر دقت و از طرفی میزان مقدار پایین مقادیر خطا، نشان از آموزش بهینه مدل در این دوره دارد که نه دچار بیش‌برازش و نه دچار کم‌برازش شده است. در نتیجه آموزش مدل در این دوره یعنی دوره ۱۸ متوقف شده است. از لحاظ کمّی مدل پیشنهادی توانست در آخرین دوره یعنی دوره ۱۸ دقت‌های ۹۹٪ و ۹۸٪ را به ازای مجموعه‌های آموزش و اعتبارسنجی به‌دست بیاورد.

7- Accuracy

8- Loss

9- Correct identification rate



شکل ۵: نمودار دقت و خطای مدل تشخیص دهنده ماسک به ازای مجموعه داده‌های آموزش و اعتبارسنجی

مقدار خطای مدل نیز در آخرین دوره به ازای مجموعه‌های آموزش و اعتبارسنجی به ترتیب برابر با ۲٪ و ٤٪ به‌دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که مدل تشخیص دهنده ماسک می‌تواند تصاویر چهره بدون ماسک و با ماسک را با دقت بسیار بالایی طبقه‌بندی کند.

٤-۳-ارزیابی میدانی

جهت ارزیابی میدانی سامانهٔ نهایی و بررسی کارآیی عملکرد آن، ۲۵ نفر شامل ۱۹ مرد و ٦ زن که هر کدام یک بار با ماسک و یک بار بدون ماسک جلوی سامانه پیشنهادی قرار می‌گرفتند، انتخاب شدند. شکل ٦ نمونه‌هایی از نتایج سامانهٔ پیشنهادی را در ارزیابی میدانی نمایش می‌دهد. الگوریتم شناسایی چهره سامانهٔ پیشنهادی توانست چهره ۲٤ نفر از نامزدها را به درستی شناسایی و تنها در یک مورد نتوانست چهره فرد را شناسایی کند. بر اساس این نتایج، میزان CIR به‌دست آمده در این ارزیابی برابر ۹٦٪ به‌دست آمد که نتیجه نسبتا خوبی است. با این حال در شرایط ایده‌آل، الگوریتم شناسایی چهره باید به شکل دقیق‌تری از حالت فعلی کار کند زیرا در صورتی که شناسایی چهره به درستی انجام نشود، بخش‌های بعدی سامانه هم دچار خطا می‌شوند. در زمینه تشخیص این‌که شخص آیا ماسک زده یا خیر، سامانه توانست تمامی ۲٤ چهره شناسایی شده را به درستی تشخیص دهد که این موضوع نشان از دقت بسیار بالا و مطلوب عملکرد بخش تشخیص‌دهنده ماسک دارد. در زمینه تشخیص دما نیز سامانه توانست دمای افراد را در محدوده بین ۳۵ الی ۳٦ درجه تشخیص دهد که بسیار نزدیک به دمای مرجع افراد سالم است که این نتایج هم نشان از عملکرد مطلوب بخش اندازه‌گیری دمای بدن در سامانه پیشنهادی دارد.

۵-بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش یک سامانهٔ سخت‌افزاری-نرم‌افزاری را پیشنهاد می‌کند که وظیفه تشخیص پوشش ماسک افراد و اندازه‌گیری دمای بدن آن‌ها را بر عهده دارد. شاخص‌های سخت‌افزاری این سامانه شامل ثبت تصویر به وسیله دوربین، فاصله‌سنجی و اندازه‌گیری دما با استفاده از حسگر دمای غیرتماسی مادون قرمز و شاخص‌های نرم‌افزاری آن شامل شناسایی چهره و تشخیص ماسک است. شناسایی چهره با استفاده از الگوریتم ویولاجونز و تشخیص پوشش ماسک با استفاده از یک مدل شبکه عصبی پیچشی از نوع ResNet که بر اساس یادگیری انتقالی برای طبقه‌بندی تصاویر چهره بدون ماسک و با ماسک بهینه شده انجام می‌شود. در مقایسه با مطالعات پیشین که سعی در ارائه روش‌های تشخیص ماسک چهره داشته‌اند، این مطالعه یک سیستم سخت‌افزاری/نرم‌افزاری با الگوریتم قابل نصب بر روی سخت‌افزارهای تعبیه شده را معرفی می‌کند که از ورود افراد بدون ماسک و مشکوک به بیماری‌های تنفسی از نظر ویژگی بالینی دمای بدن به مراکز عمومی ممانعت می‌کند. به بیان دیگر، مطالعات قبلی تنها بر ارائه روش‌هایی بر اساس تصاویر دوربین‌های مدار بسته تمرکز داشتند که همگی آن‌ها جهت اجرا به سامانه‌های کامپیوتری قدرتمندی نیاز داشتند [۱٤-۱۲]. همچنین در این مطالعات عامل دمای بدن به‌عنوان یک عامل مهم در شناسایی افراد مشکوک مبتلا به بیماری کوید-۱۹ نادیده گرفته شده است. این در حالی است که این مطالعه یک سیستم سخت‌افزاری/نرم‌افزاری جهت تشخیص ماسک و اندازه‌گیری دمای بدن با قابلیت اجرایی

شدن روی سامانه‌های تعبیه شده را ارائه می‌کند. یکی از نکات مهم بخش نرم‌افزاری سامانهٔ پیشنهادی سبک بودن الگوریتم آن است که ناشی از به‌کارگیری الگوریتم ویولاجونز و استفاده از حسگر فاصله‌سنج است. نقش حسگر فاصله‌سنج در سبک شدن الگوریتم بدین صورت است که تنها در صورت حضور شخص روبه‌روی دستگاه، عملیات شناسایی چهره و تشخیص ماسک انجام و بدین شکل از پردازش قاب‌های متوالی جلوگیری می‌کند. با این حال این سامانه از لحاظ عملکرد شناسایی چهره کمی دچار ضعف است و در برخی شرایط مثل افتادن سایه روی صورت نمی‌تواند چهره را به خوبی شناسایی کند. برای رفع این مشکل می‌توان به جای الگوریتم ویولاجونز از الگوریتم‌های دیگر شناسایی چهره نظیر MTCNN[10] [۱۷]، FaceNet [۱۸] و DBCFace [۱۹] استفاده کرد. با این حال، استفاده از الگوریتم‌های ذکر شده مستلزم به‌کارگیری یک بستر سخت‌افزاری قوی‌تر نسبت به رزپری‌پای ٤ است. از طرف دیگر، حسگر دمای غیرتماسی به‌کار رفته در سامانه، بُرد مطلوب زیادی ندارد و شخص حتما باید پیشانی خود را در فاصله ۱۰ الی ۳۰ سانتی‌متری به دستگاه نزدیک کند تا یک اندازه‌گیری صحیح از دمای شخص انجام شود.

به هر حال، این سامانه در شرایط همه‌گیری کرونا می‌تواند در بسیاری از سازمان‌ها و اماکن عمومی نظیر ادارات و ارگان‌های دولتی، مراکز خرید، مدارس و دانشگاه‌ها، مجتمع‌های ساختمانی، هتل‌ها و غیره مورد استفاده قرار بگیرد. از جمله ویژگی‌های برجسته این سامانه، توانایی آن در شناسایی خودکار افراد بدون ماسک و با ماسک با اندازه‌گیری دمای آن‌ها است که نیاز ارگان‌ها و سازمان‌ها به نیروی انسانی برای کنترل پروتکل‌های بهداشتی را کاهش می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از ارزیابی سامانهٔ پیشنهادی نشان می‌دهد که این سامانه از دقت بالایی در طبقه‌بندی تصاویر چهره بدون ماسک و با ماسک برخوردار است. برای آن که اندازه‌گیری دما از فاصله دورتر (فاصله یک متری و

شکل ۶: نمونه‌هایی از خروجی سامانه پیشنهادی

بیشتر) ممکن شود می‌توان از حسگرهای دمایی گران قیمت‌تر و دوربین‌های حرارتی نظیر MLX90640 استفاده کرد. برای بهبود سامانهٔ پیشنهادی می‌توان قابلیت‌های دیگری را نیز به آن اضافه نمود. برای مثال می‌توان به بخش نرم‌افزاری آن سنجش صحیح یا غلط بودن پوشیدن ماسک را اضافه کرد. بدین صورت که سامانه تشخیص دهد که شخص آیا به‌طور صحیح ماسک پوشیده است یا خیر و در صورت درست نپوشیدن ماسک، یک اخطار به شخص بدهد. علاوه بر این می‌توان این قابلیت را به سامانه اضافه نمود که تعداد شخص بررسی شده به همراه اطلاعات تحلیل آن‌ها اعم از وضعیت پوشش ماسک، دمای اندازه‌گیری شده و ساعت ثبت شده در قالب یک فایل متنی در سامانه ذخیره شود و بتوان آن را از طریق درگاه USB از روی سامانهٔ برداشت. می‌توان به سامانهٔ پیشنهادی نیز قابلیت احراز هویت از طریق چهره را نیز اضافه کرد بدین صورت که بعد از تحلیل ماسک و دمای بدن، شخص ماسک را برداشته و احراز هویت او با توجه به پایگاه دادهٔ ذخیره شده سامانه انجام شود. همچنین با پایش اطلاعات به‌دست آمده از سامانهٔ پیشنهادی، می‌توان اطلاعاتی از قبیل تعداد افراد رعایت‌کننده پروتکل‌های بهداشتی جهت تخمین وقوع پیک‌های بعدی را فراهم و در اختیار سازمان‌های مدیریت کنترل بحران و پدافند غیرعامل قرار داد.

10- Multi-task Convolutional Neural Network

مراجع

[1] A. S. Fauci, H. C. Lane, and R. R. Redfield, "Covid-19—navigating the uncharted," ed: Mass Medical Soc, 2020.

[2] L. Yang et al., "COVID-19: immunopathogenesis and Immunotherapeutics," Signal transduction and targeted therapy, vol. 5, no. 1, pp. 1-8, 2020.

[3] T. P. Velavan and C. G. Meyer, "The COVID-19 epidemic," Tropical medicine & international health, vol. 25, no. 3, p. 278, 2020.

[4] Khanna, R.C., et al., COVID-19 pandemic: Lessons learned and future directions. Indian Journal of Ophthalmology, 2020. 68(5): p. 703.

[5] A. Chavda, J. Dsouza, S. Badgujar, and A. Damani, "Multi-stage cnn architecture for face mask detection," in 2021 6th International Conference for Convergence in Technology (I2CT), 2021, pp. 1-8: IEEE.

[6] M. Loey, G. Manogaran, M. H. N. Taha, and N. E. M. Khalifa, "A hybrid deep transfer learning model with machine learning methods for face mask detection in the era of the COVID-19 pandemic," Measurement, vol. 167, p. 108288, 2021.

[7] Y. Chen et al., "Face mask assistant: Detection of face mask service stage based on mobile phone," IEEE Sensors Journal, vol. 21, no. 9, pp. 11084-11093, 2021.

[8] Wu, P., et al., FMD-Yolo: An efficient face mask detection method for COVID-19 prevention and control in public. Image and Vision Computing, 2022. 117: p. 104341.

[9] D. B. Chandrika Deb, and Shweta Patil. (5/14/2021). Face Mask Detection. Available: https://github.com/chandrikadeb7/Face-Mask-Detection

[10] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," in Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition. CVPR 2001, 2001, vol. 1, pp. I-I: Ieee.

[11] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, Deep learning. MIT press, 2016.

[12] N. O'Mahony et al., "Deep learning vs. traditional computer vision," in Science and Information Conference, 2019, pp. 128-144: Springer.

[13] I. Tabian, H. Fu, and Z. Sharif Khodaei, "A convolutional neural network for impact detection and characterization of complex composite structures," Sensors, vol. 19, no. 22, p. 4933, 2019.

[14] K. O'Shea and R. Nash, "An introduction to convolutional neural networks," arXiv preprint arXiv:1511.08458, 2015.

[15] S. Pouyanfar et al., "A survey on deep learning: Algorithms, techniques, and applications," ACM Computing Surveys (CSUR), vol. 51, no. 5, pp. 1-36, 2018.

[16] S. Albawi, T. A. Mohammed, and S. Al-Zawi, "Understanding of a convolutional neural network," in 2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET), 2017, pp. 1-6: Ieee.

[17] X. Yin and X. Liu, "Multi-task convolutional neural network for pose-invariant face recognition," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 27, no. 2, pp. 964-975, 2017.

[18] F. Schroff, D. Kalenichenko, and J. Philbin, "Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering," in Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2015, pp. 815-823.

[19] X. Li, S. Lai, and X. Qian, "DBCFace: Towards Pure Convolutional Neural Network Face Detection," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2021.

جدیدترین کتاب
از انتشارات انجمن انفورماتیک ایران
منتشر شد!

تراوش‌های ذهنی

تهیهٔ کتاب از دفتر انجمن انفورماتیک ایران
(۶۶۴۱۲۸۶۱) و فروشگاه اینترنتی چاره
www.chare.ir

قیمت ۴۰/۰۰۰ تومان