دوره دوازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۸

مجله فناوری اطلاعات در طراحی مهندسی

Information Technology in Engineering Design

http://ited.sinaweb.net

یک روش جدید برای کشف پلاک خودروهای ایرانی با استفاده از تطبیق الگو و یک کلمه خاص در پلاک

ساناز فیضی * (۱) شاهین اکبرپور (۲)

(۱) گروه مهندسی کامپیوتر، واحد فردوس، دانشگاه آزاد اسلامی، فردوس، ایران.*

(۲) گروه مهندسی کامپیوتر، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران.

(تاریخ دریافت : ۱۳۹۸/۱/۱۱ تاریخ پذیرش : ۱۳۹۸/۹/۱۳)

چکیده

تشخیص پلاک خودرو به‌عنوان یک فنّاوری مفید و کاربردی نقش مهمی را در سیستم مدیریت ترافیک هوشمند بازی می‌کند. سیستم تشخیص پلاک خودرو یک سیستم مکانیزه است که توانایی تشخیص شماره پلاک موجود در یک تصویر را دارد. به‌طور نمونه چنین دستگاهی در پارکینگ‌ها، کنترل و اخذ عوارض، کنترل مرزها و همچنین سیستم بررسی سرقت به کار گرفته می‌شود. در این مقاله، سیستم تشخیص پلاک خودرو از مزایای تطبیق الگو به‌منظور پیدا کردن موقعیت پلاک خودرو از طریق تشخیص یک کلمه‌ی خاص (ایران) به‌عنوان یک ویژگی منحصربه‌فرد پلاک‌های خودرو ایرانی استفاده می‌کند. در آزمایش‌ها بر اساس مکان‌یابی پلاک خودرو، از ۱۵۰ تصویر تحت شرایط متفاوت نوری و آب‌وهوایی با صحنه‌های پیچیده فقط ٦ تصویر تشخیص داده نشده است. نرخ تشخیص حدود ۹٦ درصد نشان می‌دهد که روش ارائه‌شده در سیستم مدیریت ترافیک هوشمند کاملاً قابل‌اجرا است.

واژه‌های کلیدی: تشخیص پلاک خودرو، مکان‌یابی پلاک خودرو، تشخیص لبه، فیلتر سوبل، تطبیق الگو.

* عهده‌دار مکاتبات: ساناز فیضی

نشانی:گروه مهندسی کامپیوتر، واحد فردوس، دانشگاه آزاد اسلامی، فردوس، ایران.

تلفن: ۰۹۱٤٤۳۹۳٥۹٤ پست الکترونیکی: *St.s.feizi@ferdowsiau.ac.ir*

۱. مقدمه

در طول سال‌های اخیر تعداد خودروها و عبور و مرور به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش‌یافته است. همان‌طوری که تعداد اتومبیل‌ها به‌طور سریعی رشد می‌کند، مشکلات ترافیک نیز مانند دزدی اتومبیل، سرعت، حرکت در چراغ‌قرمز و غیره افزایش می‌یابد. مدیریت ترافیک (TM) و دستگاه‌های انتقال هوشمند (ITSs) به یک‌راه حل مؤثر و جدید برای کنترل کردن این موقعیت نیاز دارند. TM و ITSs، خودروهای متفاوت را از طریق به کار بردن فنّاوری جدید کامپیوترها و دستگاه‌های ارتباطی کنترل می‌کنند. سیستم ITS وظایفی همچون کنترل کردن چراغ‌های ترافیک و فنّاوری‌های تشخیص پلاک خودرو (LPR) را دارد. امروزه، LPR در ITSs نقش کلیدی در دستگاه‌های تشخیص پلاک خودرو خودکار (ANPR) دارد که یک بخش تحقیقی مهم و قابل‌توجه در پردازش تصویر و بینایی ماشین است [۲،۱]. در حال حاضر، آن در تعدادی برنامه‌های کاربردی مانند اجرای قوانین ترافیک، امنیت مرزی، جلوگیری از سرقت خودروها، مجموعه عوارض خودکار، کنترل خودکار پارکینگ و جلوگیری از جرائم خودرویی به کار گرفته‌شده است.

از روش تطبیق الگو بیشتر در مرحله‌ی تشخیص کاراکترها استفاده‌شده است [۸،۱۶،۳۰،۳۱،۳٤]. همچنین از روش تطبیق الگو در مکان‌یابی پلاک خودرو با در نظر گرفتن ویژگی‌های دیگر مانند پیکسل‌های رنگ [۷،۱]، اندازه [۱٦] استفاده‌شده است. در این مقاله از روش تطبیق الگو بر اساس کلمه‌ی "ایران" برای مکان‌یابی پلاک خودرو استفاده‌شده است. روش پیشنهادی یک روش جدید می‌باشد که در تحقیق‌های قبلی برای مکان‌یابی پلاک خودروهای ایرانی و غیر ایرانی استفاده‌نشده است. به دلیل استفاده از کلمه‌ی "ایران"، روش پیشنهادی برای مکان‌یابی پلاک خودروهای ایرانی ارائه‌شده است. تحقیق جاری به بررسی مراحل LPR، فنّاوری تطبیق الگو به‌عنوان رویکرد انتخاب‌شده در LPD می‌پردازد. سپس الگوریتم پیشنهادی با جزئیات و نتایج آزمایشی الگوریتم ارائه خواهد شد.

۲. مراحل تشخیص پلاک خودرو

یک سیستم LPR شامل سه‌گام اصلی مکان‌یابی پلاک خودرو، جداسازی کاراکترها و تشخیص کاراکترها می‌باشد [۳]. در میان سه‌گام، مکان‌یابی به‌عنوان مهم‌ترین مرحله ملاحظه شده است، دقت بالا در سیستم LPR فقط اگر پلاک‌های خودرو به‌طور صحیحی مکان‌یابی شوند می‌تواند به دست آید [٥،٤]. بنابراین، دستگاه‌ها و روش‌های متفاوت و زیادی برای تشخیص مکان پلاک خودرو طراحی‌شده‌اند.

در اولین مرحله‌ی LPR که مکان‌یابی پلاک خودرو می‌باشد، چندین رویکرد بکار برده شده‌اند؛ همچون تحلیل لبه [۹-٦]، نگاشت‌های فازی و رنگ [۱۰]، فن تطبیق الگو تغییریافته از طریق تحلیل پیکسل‌های رنگی هدف [۱۱]، شرایط نوری در روش‌هایی بر اساس اطلاعات رنگی پلاک خیلی مهم و مسئله‌ساز می‌باشد، بازیابی نشان‌واره‌ی خودرو با تبدیل هدف و یادگیری عمیق [۱۲]، فیلتر چگالی خط [۱۳]، روش‌های مورفولوژی [۱٥،۱٤]که مناسب تصاویر با صحنه‌های پیچیده نیستند. مورفولوژی و یک روش برای وزن دهی نقاط [۱٦] و روش سریع بر مبنای تبدیل جنگل-سازی تصویر برای استخراج پلاک خودرو [۱۷]. تشخیص لبه، مورفولوژی و روش دقیق فاصله تا مرز (DtBs([18])، تشخیص لبه و عملیات مورفولوژی [۱۹]، روش‌های بهبود کنتراست تصویر، حذف کردن کاراکترهای غیر عددی، تحلیل و خوشه‌بندی کاراکترها به‌منظور تعیین مکان پلاک خودرو [۲۰]، استفاده از فن‌های شبکه‌های عصبی با ناحیه

کاندید (RCNN) و نمونه SVM برای تشخیص محل پلاک خودرو [۲۱]، ترکیبی از چهار روش شامل طبقه‌بندی‌های آبشاری و ویژگی‌های الگوی باینری محلی (LBP)، روش برمبنای لبه، روش بر مبنای رنگ و یک روش بر مبنای کنتراست که استفاده از چهار روش سبب افزایش پیچیدگی محاسباتی شده است [۲۲]. یک شبکه تماماً کانولوشنی (FCN) با وزن کم برای مکان‌یابی پلاک خودرو از صحنه‌های پیچیده [۲۳]، یک مطالعه پیگیری خودرو و سیستم LPR را روی یک دستیار دیجیتال شخصی (PDA) پیاده‌سازی کرد [۲٤]. همچنین، تحلیل موجی رویکرد دیگری برای تحلیل بافت در دستگاه‌های LPR انجام‌شده است [۲۵]. یک روش نگاشت چگالی بر مبنای وزن که برای برنامه‌های کاربردی در کشورهایی که ظاهر پلاک به‌طور مداوم تغییر می‌کند وفق داده‌شده است [۲٦]. در شرایط روشنایی مختلف، فن هیستوگرام رنگ ناموفق بوده است [۲۷].

در دومین مرحله LPR، انواع روش‌ها در جداسازی کاراکترها به کار گرفته‌شده است. استفاده از پروجکشن ها و الگوریتم باینری [۲۸،۲۷]، گروهی از محقق‌ها مورفولوژی بر مبنای روش‌های ریاضی ارائه دادند [۳۰،۲۹]. پردازش هیستوگرام که روش هیستوگرام را به‌کاربرده است اما آن در موردی که کاراکترها در چندین خط می‌باشند، موفق نشده است [۳۱]. برای مواجهه با مشکلاتی مانند شدت روشنایی، روشی برای تقویت کنتراست و روش حذف پس‌زمینه و باینری در [۳۲] ارائه‌شده است. بعد از استخراج پلاک خوردو روش‌های تقویت و باینری برای تمییز دادن کاراکترهای پلاک استفاده‌شده است. در این مطالعه، متدلوژی ارائه‌شده از پیمایش کردن عمودی و افقی برای این ماژول استفاده می‌کند.

مرحله سوم LPR تشخیص کاراکترها به‌عنوان مرحله‌ی پایانی می‌باشد. شبکه‌های عصبی کانولوشنی برای به‌طور خودکار تشخیص دادن کاراکترها طراحی‌شده است [۳۳]. تطبیق الگوی هوشمند برای حل مسئله‌ی تشخیص کاراکتر نوری OCR استفاده‌شده است [۳٤]. علاوه بر این، شبکه عصبی بازخوردی چندلایه برای به‌طور موفق جداسازی و تشخیص کاراکترها به کار گرفته‌شده است [۳۵].

۳. روش تطبیق الگو

تطبیق الگو روشی است که بخش‌های تصاویر را با یکدیگر مقایسه می‌کند [۳٦] و می‌تواند در کارخانه‌ها به‌عنوان یک‌قسمتی از کنترل کیفیت [۳۷]، یک روش برای هدایت کردن ربات [۳۸] یا به‌عنوان یک روش برای تشخیص لبه-ها در تصاویر و همچنین در تشخیص چهره و شناسایی بخش‌های معیوب بدن در تصاویر پزشکی استفاده شود. در تطبیق الگو، نمونه تصویر ممکن است برای تشخیص اشیاء مشابه در تصویر منبع استفاده‌شده باشد. اگر یک انحراف معیار تصویر الگو در مقایسه با تصویر منبع به‌قدر کافی مقدار کمی داشته باشد، می‌تواند تطبیق الگو استفاده شود که تطبیق برمبنای پیکسل در پیکسل انجام می‌شود. برای اندازه‌گیری تشابه، انواع برگ خریدها برای الگوریتم‌های تطبیق الگو به کار گرفته‌شده‌اند [۳۹]. اساس روش تطبیق الگو از یک ماسک کانولوشن (الگو) مناسب با یک ویژگی خاص تصویر برای اینکه تشخیص داده شود، استفاده می-کند. این روش می‌تواند به‌آسانی روی تصاویر رنگی و خاکستری اجراشده و نتایج مناسب را روی هردوی آن‌ها ارائه می‌کند. خروجی کانوولوشن در مکان‌هایی که ساختار تصویر با ساختار ماسک تطبیق می‌یابد، بیشترین مقدار خواهد شد [٤۰]. این روش با تشخیص اولیه‌ی یک‌قسمتی از تصویر جستجو برای اینکه به‌عنوان یک الگو استفاده شود، پیاده‌سازی شده

است. بنابراین، یکی از مهم‌ترین قسمت‌های این روش انتخاب یک الگوی مناسب است. در این مطالعه، کلمه فارسی "ایران" انتخاب‌شده است.

٤. روش پیشنهادی

روش‌های مختلفی برای LPD ارائه‌شده است. بیشتر آن‌ها مشکلاتی با مکان‌یابی پلاک خودرودارند که به شرایط مختلف همچون اندازه، روشنایی و آب‌وهوایی بستگی دارد. در این حوزه، یک روش جدید برای LPD در این بخش ارائه‌شده است. این روش در اصل برای مکان‌یابی پلاک خودروی ایرانی با استفاده از تطبیق الگو طراحی‌شده است. تشخیص مکان پلاک خودرو مهم‌ترین قسمت یک فرآیند تشخیص پلاک خودرو است که با جداسازی و تشخیص کاراکتر دنبال می‌شود. روش پیشنهادی شامل ۷ گام؛ دریافت تصویر ورودی، تبدیل تصویر رنگی (RGB) به خاکستری، تشخیص لبه، پر کردن حفره‌ها، استخراج اشیا مستطیل شکل، تطبیق الگو و درنهایت استخراج ناحیه پلاک خودرو می‌باشد. که در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

شکل ۱: مراحل روش پیشنهادی

٤-١- دریافت تصویر

تعدادی تصاویر در شرایط متفاوت روشنایی و آب‌وهوایی با پس‌زمینه‌های پیچیده برای روش پیشنهادی در نظر گرفته‌شده است. این تصاویر از پارکینگ و کنار جاده با استفاده از دوربین دیجیتالی جمع‌آوری‌شده است. یک نمونه از این تصاویر در شکل ۲ نمایش داده‌شده است.

شکل ۲: تصویر ورودی

٤-٢- تبدیل تصویر رنگی به خاکستری

به‌منظور اجرای مرحله‌ی پیش‌پردازش، تصاویر رنگی (RGB) بعدازاینکه به اجزای R، G، B تقسیم می‌شوند به تصویر خاکستری تبدیل‌شده‌اند. شدت پیکسل‌ها بر اساس معادله تبدیل که به‌صورت فرمول ۱ می‌باشد تغییر می یابند.

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \quad (1)$$

یک نمونه از تصویر خاکستری با استفاده از این روش در شکل ۳ نشان داده‌شده است.

شکل ۳: تبدیل تصویر رنگی به خاکستری

٤-٣- تشخیص لبه

تشخیص لبه به‌طور رایج در LPR به‌عنوان یک روش پیش‌پردازش استفاده‌شده است. بعد از حذف نویز و به

کار بردن فیلتر میانه ، پیمایش و تشخیص لبه گام‌های بعدی می‌باشد. یک فهرستی از لبه‌های بالارونده و پایین‌رونده با استفاده از تغییرات پیکسل و آستانه‌ی لبه‌ها پیداشده است. برای این منظور، عملگر سوبل به‌عنوان تشخیص‌دهنده‌ی لبه استفاده‌شده است. هر پیکسل در تصویر نتیجه از محاسبه‌ی مقدار قدر مطلق گرادیان تقریبی برای پیکسل متناظر تصویر منبع حاصل‌شده است. عملگر سوبل تصویر را با استفاده از فیلتر مقادیر عدد صحیح کوچک در جهت‌های افقی و عمودی با استفاده از یک ماسک مناسب برای هر جهت کانولوشن می‌کند. این ماسک روی کل تصویر اعمال‌شده و یک مربع از پیکسل‌ها را در هر زمان پردازش می‌کند. بنابراین ناحیه‌هایی با فرکانس بالا که متناظر با لبه‌ها است، مشخص می‌شوند، همان‌طور که در شکل ٤ نشان داده‌شده است.

شکل ٤: به کار بردن الگوریتم تشخیص لبه

٤-٤- پر کردن حفره‌ها

به‌منظور به دست آوردن موقعیت پلاک خودرو، حفره‌های موجود در تصویر پر می‌شوند. این حفره‌ها به نقاط سفید تبدیل می‌شوند که از طریق تبدیل پیکسل ۰ به ۱ در تصویر که از مرحله تشخیص لبه به‌دست‌آمده‌اند، انجام می‌شود. بنابراین، پیکسل‌های پس‌زمینه به پیکسل‌های پیش‌زمینه تبدیل می‌شوند. پر کردن حفره‌ها از طریق جستجوی همه حفره‌ها در تصویر انجام‌شده است. حفره‌ها در تصویر باینری، ناحیه سیاه محصورشده از طریق ناحیه‌ی سفید می‌باشند. رویکرد پر کردن حفره‌ها مهم است زیرا مرحله‌ی تحلیل اجزای متصل شده به تعیین دقیق ناحیه‌ی پلاک با ویژگی‌های مستطیلی آن وابسته است [٤١]. شکل ٥ نتیجه‌ی این فرآیند را نشان می‌دهد.

شکل ٥: پر کردن حفره‌ها

روش پر کردن حفره‌ها در ابتدا حوزه‌ی هر ناحیه‌ی سیاه/سفید را محاسبه می‌کند، سپس آن حوزه‌ی ناحیه‌ی سیاه را با مقدار آستانه بررسی می‌کند، اگر حوزه کمتر از مقدار آستانه باشد، آن‌ها به‌عنوان حفره تلقی خواهند شد. سپس حفره‌های سیاه از طریق تغییر شدت آن‌ها به رنگ روشن/سفید حذف خواهند شد [٤٢]. حفره‌ها با استفاده از کلاس FillHoles در Aforge پرشده‌اند.

٤-٥- استخراج اشیاء مستطیل شکل

بعد از اتمام تشخیص لبه و پر کردن حفره‌ها، تصویر برای پیدا کردن اشیاء مستطیل شکل پیمایش شده است. در حالت پیمایش افقی محل تصویر، تصویر باینری نشان داده‌شده در شکل ٦، جستجو شده و اشیاء مستطیل شکل برای گروهی از پیکسل‌هایی که همسایه‌ی یکدیگر هستند برچسب‌گذاری شده است. در این مورد، الگوریتم برچسب‌گذاری اجزای متصل شده اعمال‌شده است [٢]. به‌عنوان نتیجه، اشیا مکان‌های کاندید برای ناحیه‌ی پلاک می‌شوند.

شکل ٦: استخراج اشیاء مستطیل شکل و برچسب‌گذاری

٤-٦- تطبیق الگو

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، تطبیق الگو به‌عنوان رویکرد اصلی برای سیستم LPD ارائه و توضیح داده‌شده است. روش پیشنهادی می‌تواند ناحیه درست در یک تصویر جایی که پلاک قرارگرفته شناسایی کند. ابتدا، یک دیتای جدید بر اساس الگوها برای تطبیق اشیاء کاندید جمع‌آوری‌شده است. تصاویر در شرایط روشنایی و آب‌وهوایی متفاوت گرفته‌شده‌اند. شکل ۷ بعضی تصاویری را که در این تحقیق به‌عنوان الگو استفاده‌شده‌اند را نشان می‌دهد.

شکل ۷: تصاویر الگو

یک ویژگی شناخته‌شده‌ی پلاک خودروی ایرانی برای به دست آوردن ناحیه‌ی دقیق پلاک‌ها استفاده‌شده است. برای این هدف، کلمه‌ی خاص "ایران" در نظر گرفته‌شده است. این کلمه در همه‌ی خودروهای ایرانی در یک سطر واحد و ناحیه‌ی تعریف‌شده‌ی پلاک خودرو دیده می‌شود. شکل ۸ این کلمه را روی عکس نشان می‌دهد.

شکل ۸: کلمه "ایران" در ناحیه پلاک

در این مرحله، روش مجموع تفاضل مطلق به‌عنوان یک‌فاصله منهتن شناخته‌شده، به‌کاربرده شده است. معادله‌ی روش در فرمول ۲ نشان داده‌شده است.

$$SAD(i,j) = \sum_{x=1}^{n} \sum_{y=1}^{m} |S(i+x, j+y) - T(x,y)| \quad (2)$$

ازآنجایی‌که، SAD مقدار کلی تبدیل‌شده‌ی تعریف مطلق است، در فرمول (۲) تصویر منبع S با اندازه‌ی x×y پیکسل و تصویر الگوی T با اندازه m×n پیکسل می‌باشند. الگوریتم‌های تطبیق الگو کل تصویر را به‌طور کامل پیمایش می‌کنند و هر پیکسل از تصاویر اصلی را با یکی مرتبط شده روی الگو مقایسه می‌کنند. زمانی که نرخ تشابه بالای ۹٦ درصد می‌شود، شیء هدف تشخیص داده‌شده است.

٤-۷- استخراج ناحیه پلاک

همه‌ی نمونه‌های تصویر ورودی در فواصل و شرایط روشنایی و آب‌وهوایی متفاوت با پس‌زمینه‌های پیچیده گرفته‌شده است. بعد از به کار بردن روش تطبیق الگو روی تصویر نهایی، کل بخش پلاک پیداشده است. نتیجه مرحله‌ی آخر در شکل ۹ نشان داده‌شده است.

شکل ۹:استخراج پلاک

۵. آزمایش‌ها و ارزیابی

برای اندازه‌گیری کارایی، روش پیشنهادی روی یک تعداد تصاویر آزموده شده است. ۱۵۰ تصویر شامل خودروهای متفاوت برای ارزیابی روش LPD استفاده‌شده است. به دلیل عدم وجود دیتاست استاندارد، دیتاست تصاویر با استفاده از یک دوربین دیجیتال با رزولوشن ٤۸۰ ×٦٤۰ ایجادشده‌اند. برای بهبود پیچیدگی

و جامعیت تصاویر پایگاه داده‌ی الگو، تصاویر از ترافیک عبوری با شرایط روشنایی و آب‌وهوایی متفاوت و برای انواع مختلف خودرو به‌دست‌آمده‌اند. علاوه بر این، روش ارائه‌شده از طریق زبان برنامه‌نویسی C# و کتابخانه‌ی AForge پیاده –سازی شده است. روش بر روی یک سیستم که مشخصاتش در جدول ۱ نشان داده‌شده است، اجراشده است:

حافظه رم	DDR3-۴GB
نوع پردازنده	i3-350 M clock
تعداد هسته‌های پردازنده	۳
سرعت کلاک پردازنده	۲.۲۷ GHz

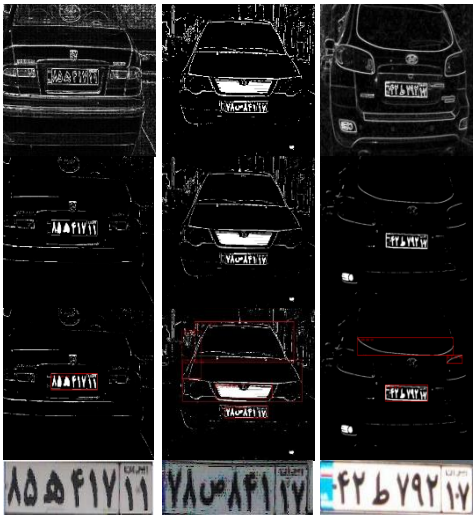
جدول ۱: مشخصات سیستم

بعد از اجرای روش پیشنهادی بر روی دیتاست آماده‌شده، نتایج و دقت تشخیص LPD همان‌طوری که در جدول ۲ نشان داده‌شده ، به‌دست‌آمده است. تعداد تشخیص‌های درست در طول زمان روز و شب به ترتیب در حدود ۱۴۸ و ۱٤٤ از ۱۵۰، می‌باشد که درصد دقت به ترتیب ۹۸.٦ و ۹٦ می‌باشند.

جدول ۲: نتایج ارزیابی در شرایط متفاوت

شرایط روشنایی	تعداد تشخیص درست	نرخ دقت (٪)
روز	۱٤۸/۱۵۰	۹۸.٦٪
شب	۱٤٤/۱۵۰	۹٦٪

شکل ۱۰ بعضی نمونه‌های موفق در استخراج مکان پلاک خودرو را نشان می‌دهد. همه‌ی گام‌های روش پیشنهادی در این شکل نشان داده‌شده‌اند.



شکل ۱۰: مکان‌یابی پلاک خودرو

روش پیشنهادی همچنین با روش‌های دیگر همچون مورفولوژی [۱۵]، چگالی خط [۱۳]، ویژگی‌های لبه [۱۸] و وزن دهی نقاط [۱٦] با استفاده از پلاک خودروی ایرانی مقایسه شده است. کل فرآیند، تصویر خودرو را به‌عنوان ورودی می‌گیرد و ناحیه‌ی پلاک خودرو را به‌عنوان خروجی می‌دهد. برای ارزیابی کارایی LPD، سخت‌افزار و نرم‌افزار مشابه استفاده‌شده است. دیتاست با چهار روش آزمودن شده و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج در جدول ۳ نشان داده‌شده‌اند.

جدول ۳: نتایج مقایسه با روش‌های دیگر

روش‌های LPD	تعداد صحیح در روز	تعداد صحیح در شب
روش پیشنهادی	۱٤۸/۱۵۰ (۹۸.٦٪)	۱٤٤/۱۵۰ (۹٦٪)
مورفولوژی[۱۵]	۱٤۱/۱۵۰ (۹٤٪)	۱۳۹/۱۵۰ (٪۹۲.٦)
ویژگی‌های لبه[۱۸]	۱٤۲/۱۵۰ (۹٤.٦٪)	۱٤۱/۱۵۰ (۹٤٪)
وزن دهی نقاط[۱٦]	۱٤۰/۱۵۰ (۹۳.۳٪)	۱۳۹/۱۵۰ (۹۲.٦٪)
چگالی خط[۱۳]	۱٤۲/۱۵۰ (۹٤.٦٪)	۱٤۰/۱۵۰ (۹۳.۳٪)

آزمایش دیگری روی ۲۰۰ تصویر دیگر در شرایط جوی متفاوت، آزمودن شده است که تعداد صحیح مکان‌یابی پلاک خودرو در جدول ٤ نشان داده‌شده است.

جدول ٤: نتایج آزمایش در شرایط روشنایی و جوی متفاوت

آب‌وهوا	نور	استفاده از فلش	تعداد تصاویر	تعداد صحیح
ابری	عادی	نشد	۵۰	٤٨ (٩٦٪)
بارانی	عادی	نشد	۵۰	٤٤ (٨٨٪)
صاف	زیاد	نشد	۵۰	۵۰(١٠٠٪)
صاف	کم	شد	۵۰	۵۰(١٠٠٪)

نتایج نشان می‌دهد که سیستم برای تشخیص محل پلاک خودرو در یک تصویر با شرایط آب‌وهوایی و نوری متفاوت با پس‌زمینه‌ی پیچیده توانا است.

٦. نتیجه‌گیری

این مطالعه در اصل روی تشخیص ناحیه‌ی پلاک خودرو تمرکز کرده است. یک روش جدید که یک رویکرد قوی برای تشخیص و مکان‌یابی پلاک‌های خودروی ایرانی بر مبنای تطبیق الگو می‌باشد، ارائه‌شده است. سیستم LPR در اصل شامل سه مرحله‌ی مکان‌یابی پلاک خودرو، جداسازی کاراکتر و تشخیص کاراکتر می‌باشد. بخش اصلی روش پیشنهادی به‌صورت ذیل می‌باشد: ۱. تشخیص لبه از طریق سوبل ۲. توسعه دادن یک سیستم تطبیق الگو به‌عنوان یک روش مکان‌یابی ۳. استفاده کردن از کلمه‌ی "ایران" در پلاک خودروی ایرانی. برای اندازه‌گیری کارایی، روش پیشنهادی روی یک تعداد زیادی تصاویر گرفته‌شده در زمان روز و شب در شرایط جوی و روشنایی متفاوت با پس‌زمینه‌های پیچیده آزمودن شده است و نتایج رضایت بخشی به‌دست‌آمده است. الگوریتم تطبیق الگو با روش SAD به کار گرفته‌شده که به‌عنوان یک ابزار قوی برای اجرای این الگوریتم شناخته‌شده است. سرانجام، با ۹۸.٦ درصد مکان‌یابی صحیح در استخراج ناحیه‌ی پلاک برای روز و ۹٦ درصد مکان‌یابی صحیح برای شب ثابت‌شده است. نتایج ارائه‌شده‌ی بالا نشان می‌دهد که سیستم مؤثر و کارا در مکان‌یابی ناحیه‌ی پلاک است. در ادامه، بعضی روش‌های LPR برای یک مقایسه‌ی بهتر پیاده‌سازی شده بودند. نتایج نشان می‌دهد که، سیستم LPD پیشنهادشده نتایج رضایت بخشی دارند. کارهای آتی می‌تواند ترکیب این روش با یک جداسازی کاراکتر و سیستم تشخیص کاراکتر و همچنین استفاده کردن از این روش در زمان واقعی باشد. به‌عبارت‌دیگر، سیستم برای شناسایی پلاک خودروی ایرانی سفارشی‌شده است اما این سیستم می‌تواند دوباره برای پلاک خودروهای چندملیتی در زمان آتی در جهت صفات خودشان طراحی و آزمودن شود.

۷. مراجع

[1] F. Zhifan, “Research and Implementation of an Improved License Plate Recognition Algorithm,” pp. 2300–2305, 4th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2011.

[2] Y. Wen, Y. Lu, J. Yan, Z. Zhou, K. Deneen and P. Shi, “An Algorithm for License Plate Recognition Applied to Intelligent Transportation System,” IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, Vol. 12, No. 3, 2011.
[3] R. Kumari and Sharma, " A Machine Learning Algorithm for Automatic Number Plate Recognition," International Journal of Computer Applications, Vol. 174, No. 1, pp. 6-9, 2017.
[4] A. Akoum, B. Daya, and P. Chauvet, “Two Neural Networks for License Number”, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol. 12, No. 1, pp. 25-32, 2010.
[5] K. Parasuraman and P. V. Kumar, “An Efficient Method for Indian Vehicle License Plate Extraction and Character Segmentation,” IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, 2010.
[6] M. A. Mobarhan, A. Shahbahrami, and S. Parva, “A License Plate Detection Algorithm Using Edge Features,” Advances in Computer Science, AISC 166, pp. 413–421, 2012.
[7] A. H. Ashtari, J. Nordin, S. Mostafa, and M. Kahaki, “A New Reliable Approach for Persian License Plate Detection on Colour Images,” International Conference on Electrical Engineering and Informatics, July, 2011.
[8] P. S. Ha and M. Shakeri, “License Plate Automatic Recognition based on Edge Detection,” IEEE Conference on Artificial Intelligence and Robotics (IRANOPEN), Qazvin, Iran pp. 170–174, 2016.
[9] M. Nejati, A. Majidi, and M. Jalalat, “License Plate Recognition Based On Edge Histogram Analysis and Classifier Ensemble,” IEEE Conference on Signal Processing and Intelligent Systems (SPIS), Tehran, Iran, pp. 48–52, 2015.
[10] F. Wang, D. Zhang, L. Man, and J. Yu, “A Naive Bayesian Approach for Color Recognition of License Plates,” International Conference on Intelligent Control and Information Processing, pp. 154–159, 2010.
[11] A. H. Ashtari, G. S. Member, J. Nordin, and M. Fathy, “An Iranian License Plate Recognition System Based on Color Features,” International Journal of Digital Information and Biomedical Engineering ,IEEE Trans, Vol. 15, No. 4, pp. 1690–1705, 2014.
[12] L. Huan, W. Li and Q. Yujian,“Vehicle logo Retrieval based on Hough Transform and deep learning,” IEEE International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW), pp. 967-973, 2017.
[13] Y. Yuan, W. Zou, Y. Zhao, X. Wang, X. Hu, and N. Komodakis, “A Robust and Efficient Approach to License Plate Detection,” IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 26, No. 3, pp. 1102 – 1114, 2016.
[14] j. Yapez, S. Bumko, “Improved license plate localisation algorithm based on morphological operations," IET Intelligent Transport Systems, Vol. 12, No. 6, pp. 542 – 549, 2018.
[15] W. Devapriya, C. N. K. Babu and T. Srihari, " Indian License Plate Detection and Recognition Using Morphological Operation and Template Matching”, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer and Information Engineering, Vol. 9, No. 4, pp. 1049–1055, 2015.
[16] H. V. Dastjerdi, V. Rostam and F. Kheiri “Automatic License Plate Detection System Based on the Point Weighting and Template Matching,” 7th IEEE Information Conference on Information and Knowledge Technology (IKT), Urmia, Iran, pp. 7–11, 2015.
[17] C. D. Nguyen, M. Ardabilian, L. Chen, and U. De Lyon, “Unifying Approach for Fast License Plate Localization and Super-Resolution.” International Conference on Pattern Recognition, pp. 376-379, 2010.
[18] P. Dhar , S. Guha , T. Biswas , Md. Zainal Abedin , "A System Design for License Plate Recognition by Using Edge Detection and Convolution Neural Network," International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2), 2018.
[19] D. Chai, Y. Zuo, “Extraction, Segmentation and Recognition of Vehicle’s License Plate Numbers," Future of Information and Communication Conference ,pp. 724-732, 2018.
[20] S. Poursiyah, H. Salami, M. Mohebbi, H. Tabatabaee, "An Effective and Fast Iranian License Plate Detection Using Statistical and Geometrical Approaches," Advances in Science and Technology Research Journal, vol. 12, no. 4, pp. 115-125, December 2018.
[21] M. A. Rafique, W. Pedrycz, M. Jeon, "Vehicle license plate detection using region-based convolutional neural networks," Soft Computing, vol. 22, no. 19, pp. 6429-6440, 2018.
[22] E. Rashedi, H. Nezamabadipour, "A hierarchical algorithm for vehicle license plate localization," Multimedia Tools and Applications, vol. 77, no. 2, pp. 2771-2790, 2018.
[23] H. Xiang, Y. Zhao, Y. Yuan, G. Zhang, X. Hu, "Lightweight fully convolutional network for license plate detection," Optik, vol. 178, pp. 1185-1194, 2019.
[24] S. Yang, Y. Lu, L. Chen, and D. Cherng, “Hardware-accelerated Vehicle License Plate Detection at High-definition Image,” 1th IEEE International Conference on Robot, Vision and Signal Processing, 2011.
[25] S. Kumar, N. Khanna, and S. Chaudhury, “Locating Text in Images using Matched Wavelets,” 8th IEEE International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR’05), 2005.

[26] R. B. Miete, V. S. L. Nathan, and V. Seetharaman, "A New Methodology for License Plate Recognition," IETE Journal of Research, Vol.51, No.4, pp. 279-286, 2005.
[27] L. Xu, "A new method for license plate detection based on color and edge information of Lab space," IEEE International Conference on Multimedia and Signal Processing, 2011.
[28] Y. Yoon, K. Ban, H. Yoon, and J. Kim, "Blob Extraction based Character Segmentation Method for Automatic License Plate Recognition System," IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 2192-2196, 2011.
[29] C. C. Liu, Z. C. Luo "Extraction of Vehicle License Plate Number Using License Plate Calibration," IET International Conference on Frontier Computing. Theory, Technologies and Applications, pp. 187–192, 2010.
[30] S. Dey, A. Choudhury and J. Mukherjee, "An Efficient Technique to Recognize License Plate using Morphological Edge Detection and Character Matching Algorithm," Journal on Image Processing and Computing Theory , Vol. 101, No. 15, pp. 36–41, 2014.
[31] D. R. devi, D. Kanagapushpavaui, "Automatic License Plate Recognition," 3th International Conference on Trendz in Information Sciences and Computing, pp. 75–78, 2011.
[32] S. Kashef, H. Nezamabadipour, E.Rashedi, "Adaptive enhancement and binarization techniques for degraded plate images," Multimedia Tools and Applications, vol. 77, no. 13, pp. 16579-16595, 2018.
[33] Y. Liu, H. Huang, J. Cao, T. Huang, "Convolutional neural networks-based intelligent recognition of chines license plates", Soft Computing, Vol. 22, No. 7, pp. 2403–2419, 2018.
[34] N. F. Gazcón ,C. I. Chesnevar and S. M. Castro, "Automatic vehicle identification for Argentinean license plates using intelligent template matching," Vol. 11, No. 2, pp.1066–1074, 2012.
[35] S. Roy, A. Choudhury, and J. Mukherjee, "An Approach towards Detection of Indian Number Plate from Vehicle," 1th International Conference on Innovative Computing, Information and Control, pp. 241–244, 2013.
[36] O. T. Aksoy, O. Tokul and M. H. Cedimoglu, "An industrial visual inspection system that uses inductive learning," Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 6, No.12, pp. 569–574, 2004.
[37] N. N. Dawoud, B. B. Samir, J. Janier, "Fast Template Matching Method Based Optimized Sum of Absolute Difference Algorithm for Face Localization," International Journal of Computer Applications, Vol. 18, No. 8, pp. 30–34, 2011.
[38] A. Broumandnia, and M. Fathy "Application of pattern recognition for Farsi license plate recognition," Journal on Image Process (GVIP), Vol. 5, No. 1, pp. 15–21, 2005.
[39] J. Sampathkumar and K. Rajamani, "An elegant approach for automatic license plate recognition," International Conference on Image Information Processing(Iciip), pp. 1-6, 2011.
[40] M. Ligang and Y. Yongjuan, "Automatic License Plate Detection Based on Connected Component Analysis and Template Matching," 2th IEEE International Conference on Intelligent Control and Information Processing. pp. 1090–1093, 2011.
[41] O. Hosam, " Car License Plate Localization Using Hole Filling and Support Vector Machine Approach," International Review on Computers and Software, Vol. 09, No. 10, October 2014.
[42] Somasundaram and T. Kalaiselvi, "A Method for Filling Holes in Objects of Medical Images Using Region Labeling and Run Length Encoding Schemes," Image Processing (NCIMP 2010), pp. 110-115, 2010.