

تشخیص تصویری وضعیت شناگران در استخر با استفاده از شبکه های عصبی

امیرسعید آراستگان^۱، رضا صفرزاده^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد برق مخابرات

^۲ کارشناسی ارشد الکترونیک

چکیده

در این مقاله با کمک روش های پردازش تصویر و شبکه های عصبی رقابتی الگوریتمی جهت تشخیص روی آب یا داخل آب بودن شناگران از طریق دوربین های نظارتی، ارائه می شود. در ابتدا بردارهای آموزشی برای آموزش شبکه متناسب با وضعیت های مختلف جسم در محیط آبی و پس زمینه تهیه و از این بردارها برای آموزش شبکه استفاده می شود. ورودی شبکه عصبی بردار رنگ پیکسل های تصویر ورودی و خروجی آن بردار رنگ پیکسل های تصویر خروجی شبکه می باشد. در مرحله آموزش، شبکه می آموزد که به ازای هر کدام از حالات پیکسل های متعلق به شناگر زیر آب، شناگر روی آب و یا متعلق به پس زمینه، بردار رنگ جداگانه ای در خروجی ایجاد کند. سپس برای بهبود نتیجه پردازش هایی بر روی تصویر خروجی صورت می گیرد و وضعیت شناگر بطور دقیق تعیین می شود.

واژه های کلیدی: شبکه عصبی رقابتی، بردارهای آموزشی، پس زمینه، شناسایی الگو.

۱. مقدمه

تشخیص روی آب یا داخل آب بودن اجسام توسط سامانه‌ها حفاظتی در استخرهای شنا از جمله مسائلی است که می‌تواند تاثیر بسزایی در کاهش تلفات انسانی داشته باشد. غرق شدن انسان‌ها در استخرهای شنا حتی با وجود غریقان نجات حرفه‌ای امری اجتناب ناپذیر است. محیط بسته و خسته کننده استخرهای شنا از جمله عواملی است که می‌تواند موجب بی توجهی غریقان نجات گردد و تلفات را افزایش دهد. با استفاده از سامانه‌های حفاظتی می‌توان این گونه مشکلات را به صورت چشمگیری کاهش داد.

سامانه‌هایی که تاکنون برای این کار ارائه شده‌است غالباً از سنسورهای گوناگون و یا از تصاویر دوربین‌های ضد آب که در دیواره استخر و در عمق‌های گوناگون آب نصب شده‌اند استفاده می‌کنند. به عنوان مثال الگوریتم (فی و همکاران^۱، ۲۰۰۹) از تصاویر دوربین‌های ضد آب استفاده می‌کند. این الگوریتم ابتدا سعی می‌کند مدل دقیقی برای محیط استخر ارائه دهد، سپس از روش‌های تفریق پس‌زمینه برای آشکارسازی اجسام متحرک درون آب استفاده می‌کند. در (خرات^۲ و همکاران، ۲۰۱۲) از یک سنسور فشار، شتاب‌سنج و ژیرسکوپ متصل به قفسه سینه‌ی شخص برای تشخیص حالت انسان در استخر استفاده شده‌است. اطلاعات این سنسورها به یک شبکه عصبی اعمال می‌شود. شبکه عصبی نیز با توجه به آموزش‌هایی که از قبل به آن داده شده‌است تشخیص می‌دهد که انسان در حالت غرق شدن است و یا در حالت عادی شنا.

استفاده از دوربین‌های ضد آب و سنسورهای دیگر برای این کار نیاز به صرف هزینه‌های زیادی دارد. در صورتی که بتوان از ویدئوی دوربین‌های نظارتی برای تشخیص روی آب یا داخل آب بودن اجسام استفاده کرد دیگر نیاز به صرف هزینه‌های بالا نمی‌باشد. الگوریتم ارائه شده در (اسپچ^۳، ۱۹۹۲) از ویدئو دوربین‌های نظارتی برای تشخیص حالت شناگر استفاده می‌کند. در این الگوریتم از یک روش مبتنی بر بلوک برای مدل کردن پس‌زمینه و آستانه گذاری استفاده شده‌است. بلوک پس‌زمینه محیط آبی را به خوبی مدل می‌کند. بلوک آستانه‌گذاری نیز یک آستانه مناسب برای الگوریتم فراهم می‌کند تا بتواند بصورت دقیق تر شناگر را از محیط آبی تشخیص دهد.

در این مقاله نیز بر همین اساس الگوریتمی ارائه می‌شود که با استفاده از ویدئوی دوربین‌های نظارتی قادر به تشخیص روی آب و یا داخل آب بودن شناگران و یا اجسام دیگر در محیط‌های آبی به کمک شبکه عصبی می‌باشد. ورودی شبکه عصبی بردار رنگ پیکسل‌های تصویر ورودی الگوریتم و خروجی آن بردار رنگ پیکسل‌های تصویر خروجی است. در ابتدا باید بردارهای آموزشی با تنوع کافی را برای آموزش شبکه فراهم کنیم. در این الگوریتم، در مرحله آموزش شبکه یاد می‌گیرد که بردار رنگ پیکسل‌های متعلق به پس‌زمینه در تصویر ورودی را به بردار رنگ مشکی، بردار رنگ پیکسل‌های متعلق به شناگر زیر آب در تصویر ورودی را به بردار رنگ قرمز و بردار رنگ متعلق به جسم روی آب در تصویر ورودی را به بردار رنگ متناسب با رنگ سبز در خروجی نگاشت دهد. در ادامه با اعمال تصویر ورودی و بدست آوردن تصویر خروجی شبکه، برای بهبود عملکرد الگوریتم پیشنهادی با استفاده از پردازش‌هایی محدودده دقیق پیکسل‌های متصل به هم در تصویر خروجی شبکه را بدست می‌آوریم و در صورتی که تعداد پیکسلها هر محدودده از آستانه‌ای بیشتر باشد نتیجه می‌گیریم محدودده مد نظر متعلق به هدف، در غیر این صورت محدودده متعلق به پس‌زمینه بوده و در اثر عواملی همچون شکست نور به صورت اشتباه در مجموعه پیکسل‌های متعلق به هدف قرار گرفته و باید از مجموعه پیکسل‌های متعلق به شناگران حذف گردد. با مشخص شدن محدودده‌های متعلق به شناگران، با استفاده از یک معیار ساده به طور قطع مشخص می‌کنیم شناگر زیر آب است یا روی آب و در تصویر خروجی الگوریتم یا کاملاً به رنگ سبز در می‌آید و یا کاملاً به رنگ قرمز.

آموزش‌پذیر بودن الگوریتم پیشنهادی انعطاف پذیری زیادی را برای الگوریتم ایجاد و امکان استفاده از آن را در محیط‌های آبی و استخرهای گوناگون فراهم می‌کند. علاوه بر این استفاده ویدئوی دوربین‌های نظارتی و عدم نیاز به دوربین‌های ضد آب موجب

¹ Fei et al.

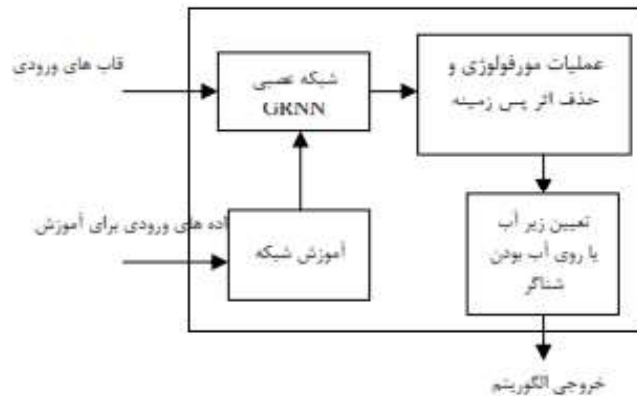
² Kharrat et al.

³ Specht

کاهش هزینه‌های مصرفی به طور چشمگیری می‌گردد. در ادامه جزئیات روش پیشنهادی، بررسی شده و در انتهای مقاله نتایج الگوریتم پیشنهادی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲. الگوریتم پیشنهادی

شکل ۱ مراحل الگوریتم پیشنهادی را به طور کامل نشان می‌دهد.



شکل ۱- مراحل الگوریتم پیشنهادی

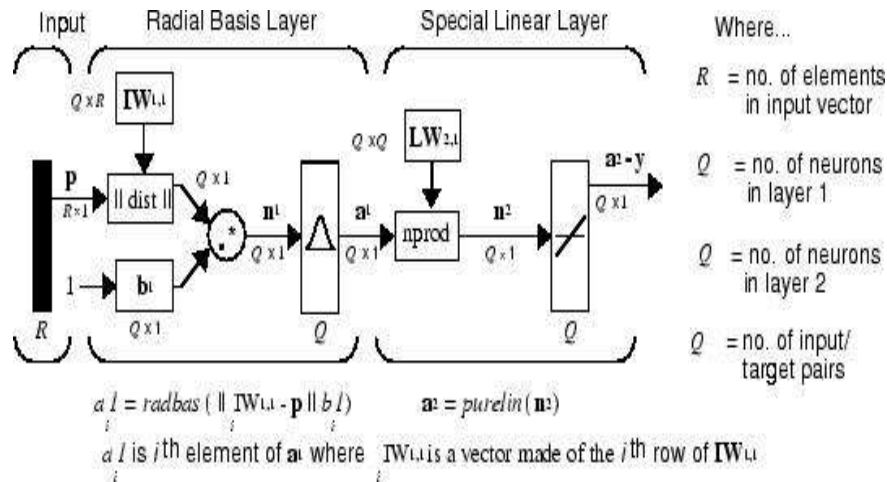
داده‌های مورد استفاده برای آموزش شبکه باید از وضعیت‌های مختلف شناگران، برای هر محیط آبی تهیه گردد. هر چه داده‌های آموزشی بیشتر و متنوع تر باشد پاسخ خروجی الگوریتم بهتر خواهد بود. پس از اتمام مرحله آموزش، می‌توان الگوریتم را مورد استفاده قرار داد. همانطور که در تصویر شکل ۱ مشخص است، قاب‌های ورودی به شبکه عصبی رقابتی GRNN اعمال میشوند. سپس برای بهبود عملکرد، عملیات مورفولوژی بر روی تصویر خروجی شبکه صورت می‌گیرد و محدوده‌های متعلق به شناگران به طور دقیق مشخص میشوند. در نهایت با استفاده از یک معیار ساده، روی آب یا داخل آب بودن شناگران مشخص می‌گردد.

۲-۱ بردارهای آموزشی شبکه

در مرحله آموزش شبکه یاد می‌گیرد که به ازای بردارهای رنگ تصویر ورودی که بیانگر محدوده رنگ‌های پس‌زمینه، شناگر زیر آب و شناگر روی آب می‌باشند، بردار رنگ مد نظر در خروجی شبکه را تولید کند؛ بنابراین بردارهای مورد استفاده برای آموزش باید تنوع کافی را داشته باشند و بهتر است که از مکان‌های مختلف استخر و در شرایط نور پردازی گوناگون محیط تهیه گردند. همچنین بردارهای آموزشی که برای توصیف وضعیت روی آب و یا زیر آب شناگر به کار می‌روند بهتر است از انسان‌ها با رنگ پوست‌های گوناگون مانند سیاه پوست، سفید پوست و ... تهیه گردد. هر چه داده‌های آموزشی متنوع تر و کامل‌تر باشند، پاسخ خروجی شبکه عصبی دقیقتر خواهد بود.

۲-۲ شبکه عصبی GRNN

طرح کلی شبکه عصبی GRNN در شکل ۲ دیده می‌شود.



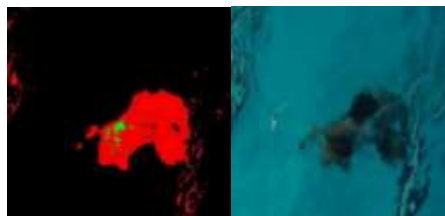
شکل ۲- معماری شبکه‌ی GRNN

با توجه به شکل ۲، شبکه عصبی GRNN از دو لایه تشکیل شده است. لایه اول یک لایه‌ی شعاع مینا می‌باشد. تعداد نورون‌های این لایه با توجه به بردار ورودی اعمالی به شبکه در هنگام تعریف شبکه تعیین می‌شود. وزن‌های این لایه نیز برابر با ترانزاده ماتریس ورودی در هنگام تعریف شبکه می‌باشند. عملکرد این لایه به این صورت است که با اعمال ماتریس ورودی به شبکه، نزدیکتر بودن وزن یک نورون به ورودی منجر به خروجی یک در همان نورون می‌گردد. لایه دوم این شبکه یک لایه خطی است که متناسب با نورون فعال شده در لایه قبل، بردار مشخصی را در خروجی ایجاد می‌کند. برای آشنایی بیشتر با این شبکه عصبی می‌توان به مرجع (اسپچ، ۱۹۹۲) مراجعه کرد.

ورودی شبکه عصبی مقادیر رنگ پیکسل‌های قاب‌های ورودی است. شبکه عصبی این بردارهای ورودی را به یکی از بردارهای رنگ قرمز، سبز یا مشکی در فضای RGB نگاشت می‌دهد. رنگ قرمز بیانگر جسم زیر آب، رنگ سبز بیانگر جسم نزدیک سطح آب و رنگ مشکی نشان دهنده پس‌زمینه است.

۲-۳ حذف اثر پس‌زمینه و تعیین محدوده شناگران در استخر

همانطور که در قسمت ۲-۲ توضیح دادیم، ورودی شبکه عصبی بردار رنگ پیکسل‌های قاب‌های ورودی و خروجی آن بردار رنگ پیکسل‌های تصویر خروجی شبکه عصبی است. شکل ۳ تصاویر نمونه‌ی ورودی الگوریتم و خروجی شبکه عصبی، پس از آموزش را نمایش می‌دهد. همانطور که مشخص است تصویر به ازای قسمت‌های زیر آب شناگر رنگ قرمز، به ازای قسمت‌های روی آب شناگر رنگ سبز و به ازای پس‌زمینه رنگ مشکی را نمایش می‌دهد.



الف ب

شکل ۳- الف- تصویر ورودی الگوریتم، ب- تصویر خروجی شبکه عصبی

اما نکته‌ای که وجود دارد تغییر رنگ قسمت‌هایی از پس‌زمینه در ویدئوی ورودی الگوریتم بر اثر تغییر نور محیط، شکست نور و

نویز آبی در طول زمان می‌باشد. این عوامل ممکن است باعث شود ناحیه کوچکی از پیکسل‌های متعلق به پس‌زمینه به صورت اشتباه در دسته‌ی پیکسل‌های متعلق به جسم قرار بگیرد و در تصویر خروجی شبکه به رنگ سبز یا قرمز درآید. علاوه بر این بهتر است به طور قطع مشخص شود جسم روی آب است یا زیر آب، یعنی یا به طور کامل به رنگ سبز درآید و یا به طور کامل به رنگ قرمز.

بدین منظور ابتدا تصویر خروجی الگوریتم را هم اندازه تصویر خروجی شبکه عصبی در نظر می‌گیریم و پیکسل‌های مشکی رنگ تصویر خروجی شبکه عصبی را در تصویر خروجی الگوریتم نیز به رنگ مشکی در نظر می‌گیریم. سپس تصویر باینری، تصویر خروجی شبکه عصبی را بدست می‌آوریم و عملیات باز و بسته کردن بر روی آن را توسط یک پنجره 3×3 انجام می‌دهیم. پس از انجام عملیات باز و بسته بر روی تصویر باینری، محدوده‌ی پیکسل‌های متصل به هم در آنرا بدست می‌آوریم. شکل ۴ پنجره قرمز رنگ محدوده پیکسل‌های متصل به هم را نمایش می‌دهد.



شکل ۴- محدوده پیکسل‌های متصل به هم در تصویر باینری

با بدست آمدن محدوده پیکسل‌های متصل به هم، در صورتی که تعداد پیکسل‌های هر ناحیه از آستانه‌ی N کمتر باشد، نتیجه می‌گیریم پیکسل‌های آن ناحیه متعلق به پس‌زمینه می‌باشد و در تصویر خروجی الگوریتم این پیکسل‌ها را به رنگ مشکی در نظر می‌گیریم؛ اما در صورتی که تعداد پیکسل‌های محدوده از N بیشتر باشد، نتیجه می‌گیریم پیکسل‌های این ناحیه متعلق به شناگر می‌باشد. دقت کنیم آستانه N را باید در حدی در نظر بگیریم که محدوده‌های متعلق به جسم به صورت اشتباه متعلق به پس‌زمینه در نظر گرفته نشوند.

۲-۴ تعیین زیر آب یا روی آب بودن شناگران

پس از تعیین محدوده‌های متعلق به جسم، برای مشخص کردن زیر آب یا روی آب بودن شناگر از رابطه (۱) استفاده می‌کنیم:

$$\boxed{red_pixel > T \times green_pixel} \quad (1)$$

که در آن red_pixel تعداد پیکسل‌های قرمز رنگ و $green_pixel$ تعداد پیکسل‌های سبز رنگ موجود در محدوده مد نظر می‌باشد. با تغییر پارامتر T می‌توانیم حساسیت الگوریتم را تغییر دهیم. در صورتی که شناگر نزدیک سطح آب باشد ولی T را عدد کوچکی در نظر بگیریم در تصویر خروجی شناگر به رنگ قرمز در می‌آید و یا در صورتی که بخش زیادی از شناگر زیر آب باشد و T را عدد بزرگی در نظر بگیریم ممکن است در تصویر خروجی شناگر به رنگ سبز درآید.

شکل ۵ تصویر خروجی الگوریتم را برای تصویر ورودی شکل (۳-الف) نمایش می‌دهد، همانطور که مشخص است پس‌زمینه به طور کامل به رنگ مشکی و شناگر بدلیل زیر آب بودن، به طور کامل به رنگ قرمز درآمده است. اندازه این تصویر برابر با 414×344 می‌باشد همچنین برای حصول این نتیجه $N=50$ و $T=5.5$ در نظر گرفته شده است.



شکل ۵- تصویر خروجی الگوریتم

۳. نتایج الگوریتم پیشنهادی

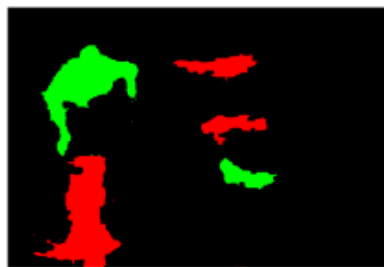
برای آزمایش الگوریتم از ویدئوهای تهیه شده از یک استخر استفاده کردیم. در تهیه بردارهای آموزشی سعی کردیم تنوع کافی وجود داشته باشد. وجود آستانه‌های مختلفی مانند N و T ، همچنین آموزش پذیر بودن شبکه، انعطاف مناسبی را برای الگوریتم فراهم می‌کند به گونه‌ای که می‌تواند در محیط‌های گوناگون و با حساسیت‌های قابل تنظیم مورد استفاده قرار بگیرد. در ادامه به بررسی نتایج الگوریتم پیشنهادی می‌پردازیم.

اندازه قابهای تمام ویدئوهای آزمایشی برابر با 414×344 میباشد. همچنین برای حصول تمامی نتایج آستانه‌های $N=50$ و $T=5.5$ در نظر گرفته شده است. شکل ۶ تصویری را نمایش میدهد که از آن برای آموزش شبکه عصبی استفاده کردیم. این تصویر تعدادی از حالت‌های شناگران و قسمت‌هایی از محیط استخر را پوشش میدهد. بردار رنگ نقاط داخل کادرهای مشکی ترسیم شده روی تصویر برای آموزش پس‌زمینه، بردار رنگ نقاط داخل کادرهای سبز برای آموزش شناگر روی آب و بردار رنگ نقاط داخل کادر قرمز رنگ برای آموزش حالت شناگر زیر آب استفاده شده است. برای حصول تمام نتایجی که در ادامه می‌آیند از همین بردارها برای آموزش شبکه استفاده کردیم.



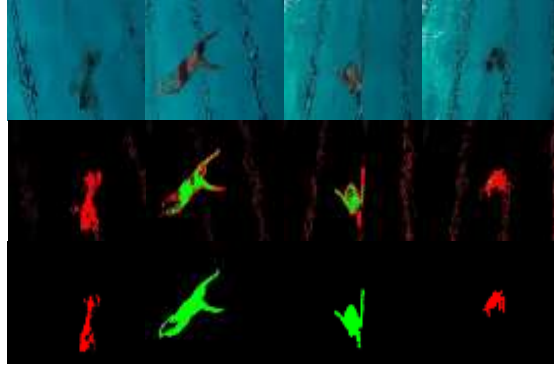
شکل ۶- تصویر ترکیبی مورد استفاده برای آموزش شبکه

شکل ۷ نتیجه اعمال تصویر شکل ۶ به الگوریتم، پس از آموزش الگوریتم را نشان میدهد.



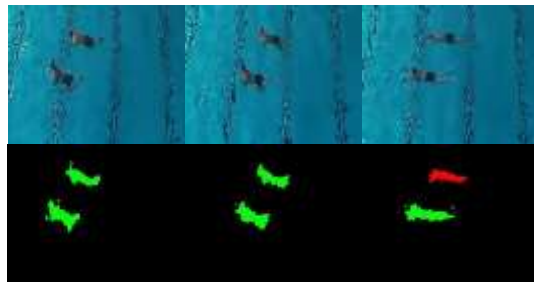
شکل ۷- تصویر خروجی الگوریتم پس از آموزش

شکل ۸ برخی قاب‌های یکی از ویدئوهای ضبط شده در استخر به همراه تصاویر خروجی شبکه عصبی و خروجی الگوریتم را نشان می‌دهد. سطر اول در این شکل نشان دهنده قاب‌های ویدئو ضبط شده، سطر دوم تصویر خروجی شبکه عصبی و سطر سوم نشانگر تصاویر خروجی الگوریتم می‌باشند. همانطور که در تصاویر خروجی الگوریتم مشخص است پس‌زمینه به طور کامل به رنگ مشکی درآمده، همچنین شناگر روی آب به‌طور کامل به رنگ سبز و شناگر درون آب به‌طور کامل به رنگ قرمز درآمده‌است.



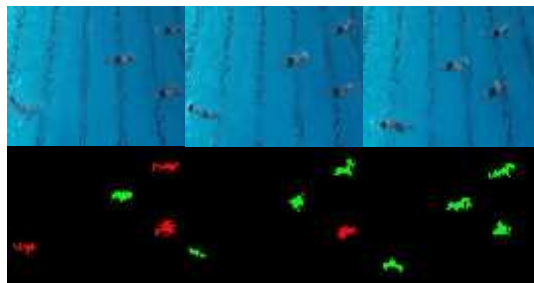
شکل ۸- بررسی نتایج الگوریتم. سطر اول قاب‌های ورودی الگوریتم، سطر دوم تصاویر خروجی شبکه عصبی، سطر سوم تصاویر خروجی الگوریتم.

تصاویر شکل‌های ۹ و ۱۰ تصاویر ورودی و خروجی الگوریتم را برای ویدئوهای دیگر ضبط شده در استخر نمایش می‌دهند.



شکل ۹- بررسی نتایج الگوریتم. سطر اول قاب‌های ورودی الگوریتم، سطر دوم تصاویر خروجی الگوریتم.

علیرغم این که در قاب‌های ورودی شکل ۱۰، فاصله دوربین فیلمبردار با شناگرها زیاد است، اما الگوریتم همچنان قادر به تشخیص وضعیت شناگرها می‌باشد.



شکل ۱۰- بررسی پاسخ الگوریتم در شرایط فیلمبرداری نامناسب. سطر اول قاب‌های ورودی الگوریتم، سطر دوم تصاویر خروجی الگوریتم.

۴. نتیجه‌گیری

غرق شدن انسانها در استخرهای شنا امری اجتناب ناپذیر است که هر ساله تعداد زیادی تلفات بر جای می‌گذارد. از این روی آشکارسازی و تشخیص وضعیت شناگران در استخرهای شنا توسط سامانه‌های حفاظتی، میتواند تاثیر بسزایی در کاهش تلفات انسانی داشته باشد. اکثر روش‌هایی که تاکنون برای این منظور ارائه شده است از حسگرها و یا دوربین‌های ضد آب برای تشخیص وضعیت شناگران استفاده می‌کنند.

در این مقاله با استفاده از پردازش تصویر و شبکه ی عصبی، الگوریتمی ارائه شده که قادر به جداسازی پس‌زمینه و تشخیص روی آب یا داخل آب بودن شناگران با دقت بالا، از طریق تصاویر دوربین‌های نظارتی می‌باشد. پس از اعمال تصاویر دوربین نظارتی به ورودی شبکه عصبی و دریافت تصویر از خروجی آن، انجام پردازش‌هایی ساده بر روی تصویر خروجی شبکه منجر به حذف کامل اثر پس‌زمینه و بهبود عملکرد الگوریتم می‌گردد. آموزش‌پذیر بودن الگوریتم پیشنهادی انعطاف‌پذیری زیادی را برای الگوریتم ایجاد می‌کند، به گونه‌ای که میتواند در استخرها و محیط‌های آبی گوناگون براحتی مورد استفاده قرار بگیرد.

مراجع

1. L.Fei, W.Xueli and C.Dongsheng, "Drowning Detection Based on Background Subtraction," 2009 International Conference on Embedded Software and Systems, pp.341-343, 25-27 May 2009.
2. M.Kharrat, Y.Wakuda, N.Koshizuka and K.Sakamura, "Near drowning pattern recognition using neural network and wearable pressure and inertial sensors attached at swimmer's chest level," 2012 International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, pp.281-284, 28-30 Nov 2012.
3. H.Eng, K-A.Toh, AH.Kam, J.Wang and W-Y.Yau, "An automatic drowning detection surveillance system for challenging outdoor pool environments," 2003 IEEE International Conference on Computer Vision, pp.532-539, 13-16 Oct 2003.
4. D.Specht, "A general regression neural network," *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol.2, no.6, pp.568-576, Nov 1991.
5. W.Lu and Y-P Tan, "Swimmer motion analysis with application to drowning detection," 2002 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, vol.2, pp.660-663, 2002.
6. W.Lu and Y-P Tan, "A vision-based approach to early detection of drowning incidents in swimming pools," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol.14, no.2, pp.159-178, Feb 2004.
7. H-L Eng, K-A Toh, W-Y Yau and J.Wang, "DEWS: A Live Visual Surveillance System for Early Drowning Detection at Pool," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol.18, no.2, pp.196-210, Feb 2008.
8. W.Lu and Y-P Tan, "A camera-based system for early detection of drowning incidents," 2002 International Conference on Image Processing, vol.3, pp.445-448, 2002.

Visual Detection of Pool Swimmers Using Neural Networks

Amir Saeid Arastegan¹, Reza Safarzadeh²

1. Master student of electrical – telecommunications engineering,

2. Master of electronic engineering

Abstract

Using image processing methods and competitive neural networks, we provide in this paper an algorithm to detect whether swimmers are swimming on top of or under water by means of surveillance cameras. Educational vectors are first prepared for network education based on different states of objects in the water environment and backgrounds and the vectors are then used for network education. The input of the vector neural network is the color of the input image pixels, and the output of that vector is the color of the output image pixels. In the education phase, the network learns that the vector creates a separate color in the output depending on different states of pixels belonging to the underwater swimmer or belonging to the background. The output image is then processed to improve the result, and the swimmer's status is determined precisely.

Keywords: Competitive neural network, educational vectors, backgrounds, pattern recognition
