

تشخیص تصویری وضعیت شناگران در استخر با استفاده از شبکه‌های عصبی

امیرسعید آراستگان^۱، رضا صفرزاده^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برق مخابرات

۲- کارشناسی ارشد الکترونیک

Amirsaeid2017@gmail.com

خلاصه

در این مقاله با کمک روش‌های پردازش تصویر و شبکه‌های عصبی رقابتی الگوریتمی جهت تشخیص روی آب یا داخل آب بودن شناگران از طریق دوربین‌های نظارتی، ارائه می‌شود. در ابتدا بردارهای آموزشی برای آموزش شبکه مناسب با وضعیت‌های مختلف جسم در محیط آبی و پس‌زمینه تهیه و از این بردارها برای آموزش شبکه استفاده می‌شود. ورودی شبکه عصبی بردار رنگ پیکسل‌های تصویر ورودی و خروجی آن بردار رنگ پیکسل‌های تصویر خروجی شبکه می‌باشد. در مرحله آموزش، شبکه می‌آموزد که به ازای هر کدام از حالات پیکسل‌های متعلق به شناگر زیر آب، شناگر روی آب و یا متعلق به پس‌زمینه، بردار رنگ جداگانه‌ای در خروجی ایجاد کند. سپس برای بهبود نتیجه پردازش‌هایی بر روی تصویر خروجی صورت می‌گیرد و وضعیت شناگر بطور دقیق تعیین می‌شود.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی رقابتی، بردارهای آموزشی، پس‌زمینه، شناسایی الگو

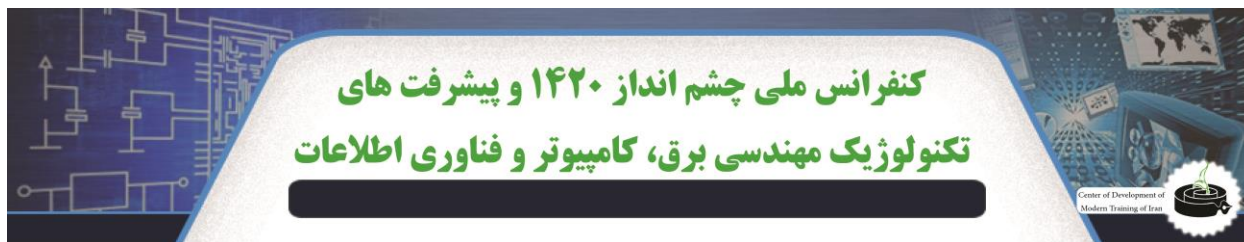
۱. مقدمه

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 بی‌توجهی 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 [۱] 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 [۲] 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 [۴] 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 آستانه گذاری 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

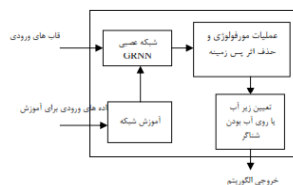


و یا اجسام دیگر در محیط های آبی به کمک شبکه عصبی می باشد. ورودی شبکه عصبی بردار رنگ پیکسل های تصویر ورودی الگوریتم و خروجی آن بردار رنگ پیکسل های تصویر خروجی است. در ابتدا باید بردارهای آموزشی با تنوع کافی را برای آموزش شبکه فراهم کنیم. در این الگوریتم، در مرحله آموزش شبکه یاد می گیرد که بردار رنگ پیکسل های متعلق به پس زمینه در تصویر ورودی را به بردار رنگ مشکی، بردار رنگ پیکسل های 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 پردازش هایی محدود و دقیق پیکسل های متصل به هم در تصویر خروجی شبکه را بدست می آوریم و در صورتی که تعداد پیکسلها هر محدوده از آستانه ای بیشتر باشد نتیجه می گیریم محدوده مد نظر متعلق به هدف، در غیر این صورت محدوده متعلق به پس زمینه بوده و در اثر عواملی همچون شکست نور به صورت اشتباه در مجموعه پیکسل های متعلق به هدف قرار گرفته و باید از مجموعه پیکسل های متعلق به شناگران حذف گردد. با مشخص شدن محدوده های متعلق به شناگران، با استفاده از یک معیار ساده به طور قطع مشخص می کنیم شناگر زیر آب است یا روی آب و در تصویر خروجی الگوریتم یا کاملاً به رنگ سبز در می آید و یا کاملاً به رنگ قرمز.

آموزش پذیر بودن الگوریتم پیشنهادی انعطاف پذیری زیادی را برای الگوریتم ایجاد و امکان استفاده از آن را در محیط های آبی و استخرهای گوناگون فراهم میکند. علاوه بر این استفاده ویدئوی دوربین های نظارتی و عدم نیاز به دوربین های ضد آب موجب کاهش هزینه های مصرفی به طور چشمگیری می گردد. در ادامه جزئیات روش پیشنهادی، بررسی شده و در انتهای مقاله نتایج الگوریتم پیشنهادی مورد بررسی قرار می گیرد.

۲. الگوریتم پیشنهادی

شکل ۱ مراحل الگوریتم پیشنهادی را به طور کامل نشان می دهد.



شکل ۱- مراحل الگوریتم پیشنهادی

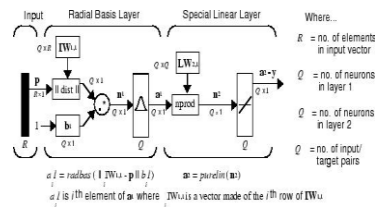
داده های مورد استفاده برای آموزش شبکه باید از وضعیت های مختلف شناگران، برای هر محیط آبی تهیه گردد. هر چه داده های آموزشی بیشتر و متنوع تر باشد پاسخ خروجی الگوریتم بهتر خواهد بود. پس از اتمام مرحله آموزش، می توان الگوریتم را مورد استفاده قرار داد. همانطور که در تصویر شکل ۱ مشخص است، قاب های ورودی به شبکه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

۱-۲. بردارهای آموزشی شبکه

در مرحله آموزش شبکه یاد می گیرد که به ازای بردارهای رنگ تصویر ورودی که بیانگر محدوده رنگ های پس زمینه، شناگر زیر آب و شناگر روی آب می باشند، 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 مکان های 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 می روند بهتر است از انسان ها با رنگ پوست های گوناگون مانند سیاه پوست، سفید پوست و ... تهیه گردد. هر چه داده های آموزشی متنوع تر و کامل تر باشند، پاسخ خروجی شبکه عصبی دقیقتر خواهد بود.

۲-۲. شبکه عصبی GRNN

طرح کلی شبکه عصبی GRNN در شکل ۲ دیده می شود.



شکل ۲- معماری شبکه‌ی GRNN

با توجه به شکل ۲، شبکه عصبی GRNN از دو لایه تشکیل شده است. لایه اول یک لایه‌ی شعاع مبنا می باشد. تعداد نورون‌های این لایه با توجه به بردار ورودی اعمالی به شبکه در هنگام تعریف شبکه تعیین می شود. وزن‌های این لایه نیز برابر با ترانهاده ماتریس ورودی در هنگام تعریف شبکه می باشند. 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 می گردد. لایه دوم این شبکه یک لایه خطی است که متناسب با نورون فعال شده در لایه قبل، بردار مشخصی را در خروجی ایجاد می کند. برای آشنایی بیشتر با این شبکه عصبی می توان به مرجع [۴] 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 می دهد. رنگ قرمز بیانگر جسم زیر آب، رنگ سبز بیانگر جسم نزدیک سطح آب و رنگ مشکی نشان دهنده پس زمینه است.

۲-۳. حذف اثر پس زمینه 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 می دهد. همانطور که مشخص است تصویر به ازای قسمت‌های زیر آب شناگر رنگ قرمز، به ازای قسمت‌های روی آب شناگر رنگ سبز و به ازای پس زمینه رنگ مشکی را نمایش می دهد.



الف ب

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

اما نکته‌ای که وجود دارد تغییر رنگ قسمت‌هایی از پس زمینه در ویدئوی ورودی الگوریتم بر اثر تغییر نور محیط، شکست نور و نویز آبی در طول زمان می باشد. این عوامل ممکن است باعث شود ناحیه کوچکی از پیکسل‌های متعلق به پس زمینه 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 می گیریم و پیکسل‌های مشکی رنگ تصویر خروجی شبکه عصبی را در تصویر خروجی الگوریتم نیز به رنگ مشکی در نظر می گیریم. سپس تصویر باینری، تصویر خروجی شبکه عصبی را بدست می آوریم و عملیات باز و بسته کردن بر روی آن را توسط یک پنجره 3×3 انجام می دهیم. پس از انجام عملیات باز و بسته بر روی تصویر باینری، محدوده‌ی پیکسل‌های متصل به هم در آنرا بدست می آوریم. شکل ۴ پنجره قرمز رنگ محدوده پیکسل‌های متصل به هم را نمایش می دهد.



شکل ۴- محدوده پیکسل های متصل به هم در تصویر باینری

با بدست آمدن محدوده پیکسل های متصل به هم، در صورتی که تعداد پیکسل های هر ناحیه از آستانه N کمتر باشد، نتیجه میگیریم پیکسل های آن ناحیه متعلق به پس زمینه میباشد و در تصویر خروجی الگوریتم این پیکسل ها را به رنگ مشکی در نظر میگیریم. اما در صورتی که تعداد پیکسل های محدوده از N بیشتر باشد، نتیجه میگیریم پیکسل های این ناحیه متعلق به شناگر می باشد. دقت کنیم آستانه N را باید در حدی در نظر بگیریم که محدوده های متعلق به جسم به صورت اشتباه متعلق به پس زمینه در نظر گرفته نشوند.

۲-۴. تعیین زیر آب یا روی آب بودن شناگران

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

$$red_pixel > T \times green_pixel \quad (1)$$

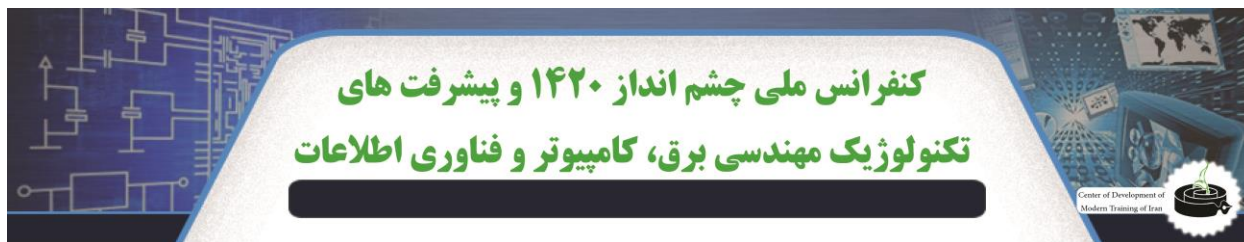
که در آن red_pixel تعداد پیکسل های قرمز رنگ و $green_pixel$ تعداد پیکسل های سبز رنگ موجود در محدوده مد نظر می باشد. با تغییر پارامتر T میتوانیم حساسیت الگوریتم را تغییر دهیم. در صورتی که شناگر نزدیک سطح آب باشد ولی T را عدد کوچکی در نظر بگیریم در تصویر خروجی شناگر به رنگ قرمز در می آید و یا در صورتی 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 در آید. شکل ۵ تصویر خروجی الگوریتم را برای تصویر ورودی شکل (۳-الف) نمایش میدهد، همانطور که مشخص است پس زمینه 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 می باشد 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 آستانه های مختلفی مانند N و T ، همچنین آموزش پذیر بودن شبکه، انعطاف مناسبی را برای الگوریتم فراهم می کند به گونه ای که میتواند در محیط های گوناگون و با حساسیت های قابل تنظیم مورد استفاده قرار بگیرد. در ادامه به بررسی نتایج الگوریتم پیشنهادی می پردازیم. اندازه قابهای تمام ویدئوهای آزمایشی برابر با 414×344 میا شد. همچنین برای حصول تمامی نتایج آستانه های $N=50$ 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 حالت های شناگران و قسمت هایی از محیط استخر را پوشش میدهد. بردار رنگ نقاط داخل کادرهای مشکی ترسیم شده روی تصویر برای آموزش پس زمینه، 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 می آیند از



همین بردارها برای آموزش شبکه استفاده کردیم.



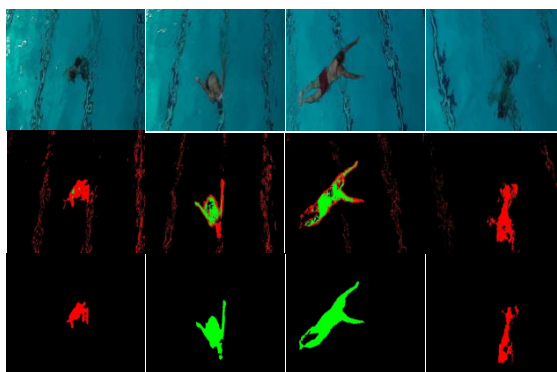
شکل ۶- تصویر ترکیبی مورد استفاده برای آموزش شبکه

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

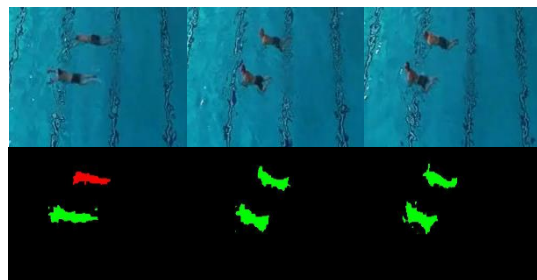


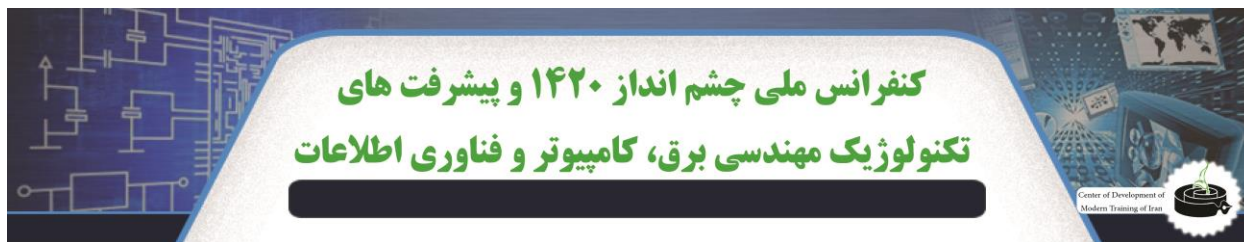
شکل ۷- تصویر خروجی الگوریتم پس از آموزش

شکل ۸ برخی قاب های 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 قاب های 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 پس زمینه به طور کامل به رنگ مشکی درآمده، همچنین شناگر روی آب به طور کامل به رنگ سبز و شناگر درون آب به طور کامل به رنگ قرمز درآمده است.



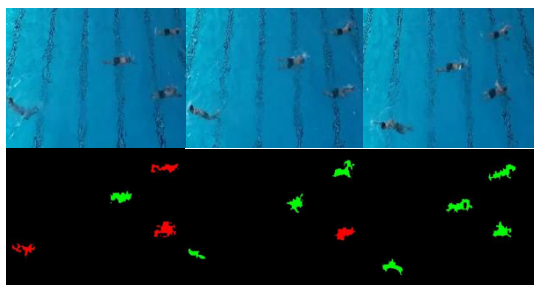
شکل ۸- بررسی نتایج الگوریتم. سطر اول قاب های ورودی الگوریتم، سطر دوم تصاویر خروجی شبکه عصبی، سطر سوم تصاویر خروجی الگوریتم. تصاویر شکل های ۹ و ۱۰ تصاویر ورودی و خروجی الگوریتم را برای ویدئوهای دیگر ضبط شده در استخر نمایش میدهند.





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 می باشد.



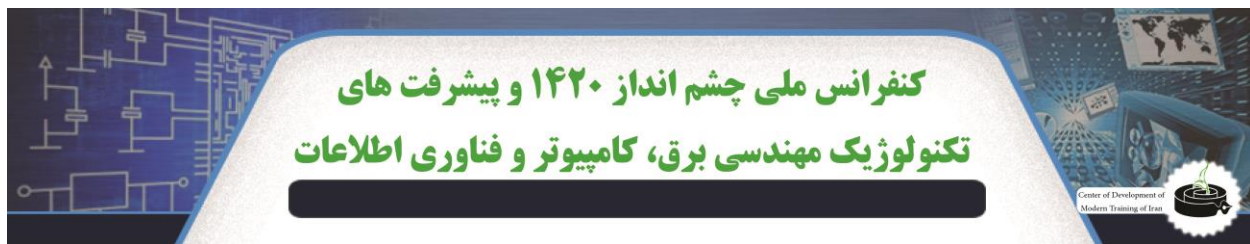
شکل ۱۰- بررسی پاسخ الگوریتم در شرایط فیلمبرداری نامناسب. سطر اول قابهای ورودی الگوریتم، سطر دوم تصاویر خروجی الگوریتم.

4. نتیجه گیری

غرق شدن انسانها در استخرهای شنا امری اجتناب ناپذیر است که هر ساله تعداد زیادی تلفات بر جای می گذارد. از این روی آشکارسازی و تشخیص وضعیت شناگران در استخرهای شنا توسط سامانه های حفاظتی، میتواند تاثیر بسزایی در کاهش تلفات انسانی داشته باشد. اکثر روش هایی که تاکنون برای این منظور ارائه شده است از حسگرها و یا دوربین های ضد آب برای تشخیص وضعیت شناگران استفاده می کنند. در این مقاله با استفاده از پردازش تصویر و شبکه ی عصبی، الگوریتمی ارائه شده که قادر به جدا سازی پس زمینه و تشخیص روی آب یا داخل آب بودن شناگران با دقت بالا، از طریق تصاویر دوربین های نظارتی می باشد. پس از اعمال تصاویر دوربین نظارتی به ورودی شبکه عصبی و دریافت تصویر از خروجی آن، انجام پردازش هایی ساده بر روی تصویر خروجی شبکه منجر به حذف کامل اثر پس زمینه و بهبود عملکرد الگوریتم می گردد. آموزش پذیر بودن الگوریتم پیشنهادی انعطاف پذیری زیادی را برای الگوریتم ایجاد می کند، به گونه ای که میتواند در استخرها و محیط های 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.