نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

امکان‌سنجی به کارگیری روش‌های پردازش تصویر برای تعیین دقیق نقاط قطع سر و دم ماهی

عادل بخشی پور زیارتگاهی[۱]، آرش نورمحمدی مقدمی[۱*]، سید مجتبی شفاعی[۱] و عبدالعباس جعفری[۲]
۱و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی،
دانشگاه شیراز. کد پستی: ٦٥١٨٦-٧١٤٤١
* پست الکترونیک نویسنده مسئول: a.nourmohamadi@shirazu.ac.ir

چکیده

ماهی به عنوان یکی از سالم‌ترین منابع پروتئین نقش مهمی را در تامین نیازهای گوشتی بسیاری از مردم جهان ایفا می‌کند. فرآوری بهینه این منبع غذایی مهم در کیفیت نهایی محصول و کاهش تلفات بسیار مؤثر است. یکی از مراحل مهم فرآوری ماهی فرآیند قطع سر و دم آن می‌باشد. سامانه‌های مکانیکی کنونی دارای دقت پایین در تعیین محل‌های قطع ماهی بوده و منجر به تلفات بالایی می‌شوند. هدف این پژوهش ارائه روشی به منظور تعیین دقیق محل قطع سر و دم ماهی با استفاده از پردازش تصویر بود. تصاویر تهیه شده از دو نوع ماهی مختلف در جعبه ابزار پردازش تصویر نرم افزار متلب پردازش شدند. مجموعه‌ای از روش‌های پردازش رنگی و شکلی به منظور تعیین نقاط برش ماهی بر روی تصاویر اعمال شدند. نتایج نشان داد که الگوریتم ارائه شده قادر به تشخیص محل دقیق قطع دم با خطای کمتر از ۲ میلی‌متر بود. همچنین این مقدار برای تعیین محل قطع سر ماهی کمتر از ٤ میلی‌متر بود. با توجه به نتایج ارزیابی الگوریتم‌ها، می‌توان اظهار کرد که پردازش تصویر روشی دقیق و قابل اطمینان به منظور تعیین نقاط قطع سر و دم ماهی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سفید کولی، ماهی کپور، نقاط قطع، فرآوری غذاهای دریایی.

مقدمه

غذاهای دریایی دارای پروتئین بالا، چربی کم، کلسترول کم و همین طور دارای ویتامین‌ها و املاح می‌باشند. در بین این گروه غذایی، ماهی به دلیل عمومیت و خواص ویژه‌ای که دارا است جایگاه خاصی در سبد غذایی خانوارها پیدا کرده است. ماهی با داشتن پروتئین با کیفیت بالا، چربی‌های سهل‌الهضم و غنی از ویتامین محلول در چربی و انواع مواد معدنی یکی از جایگاه‌های بسیار با اهمیت را در میان فرآورده‌هایی حیوانی مانند گوشت قرمز گوشت طیور، تخم مرغ و شیر به خود اختصاص داده است. از نظر تغذیه‌ای پروتئین‌های ماهی درجه هضم بالایی داشته و کیفیت آن‌ها با توجه به اسیدهای آمینه ضروری برابر با گوشت قرمز می‌باشد. هضم چربی ماهی، سریع و از نظر

اسیدهای چرب غیر اشباع و به خصوص اُمگا-۳ غنی می‌باشد. از این رو پزشکان و متخصصین تغذیه، اهمیت مصرف ماهی را در رژیم غذایی توصیه می‌کنند.

با توجه به نیاز بازار، ضرورت بهداشت و سهولت دستیابی، فرآوری منابع غذایی دریایی، مهم و امری اجتناب-ناپذیر است. یکی از مشکلات موجود در زمینه فرآوری ماهی‌ها، تولید ضایعات قابل توجه و با ارزشی است که با ارائه راهکار مناسب می‌توان این میزان را به حداقل رساند. بر اساس آمارنامه شیلات مربوط به سال ۱۳۸۳، حدود ٤۰ درصد از کل تولید ٤٦۱ هزار تنی شیلات به طرق مختلف دور ریخته می‌شود که خسارت ملی ناشی از این ضایعات بالغ بر ۲۷۰ میلیارد تومان تخمین زده می‌شود (آمارنامه سازمان شیلات، ۱۳۸۳).

کولی (*Alburnus albidus*) ماهی کوچکی است با فلس ریز نقره‌ای که انواع اصلی آن عبارتند از: کاس کولی که گرده آن به رنگ کبود پر طاووسی است (نوع مورد استفاده در این پژوهش)، سیاه کولی که گرده آن سیاه و فلس سربی تیره رنگ دارد و شاه کولی رنگ نقره‌ای تنه پهن دارد. ماهی سفید کولی در ایران در حوضه دریای خزر و در جنوب شرقی اروپا و آسیا زندگی می‌کند. ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) از خانواده‌ای است که دارای دو جفت سبیلک و دندان‌های حلقی می‌باشد. کپور معمولی فلس‌هایی درشت و باله پشتی ممتدی دارد. کپور معمولی در حوضه‌های دریای خزر، رودخانه تجن و تمام حوضه‌های آبریز ایران پراکنش دارد.

یکی از عملیات مهم در فرآوری ماهیان کوچک دریایی، قطع سر و دم ماهی است که در حال حاضر توسط دستگاه های مکانیکی سر و دم زنی ماهی انجام می‌شود. اما مهمترین مشکل این دستگاه ها عدم دقت برش آنهاست که باعث می‌شود میزان زیادی از گوشت ماهی قطع شده و از بین برود. بنابراین به‌کار گیری روشی که بتوان مکان دقیق برش نقاط سر و دم ماهی را تشخیص داده و عمل قطع را انجام دهد بسیار مهم می‌باشد.

با توجه به پیشرفت فن‌آوری و توسعه علوم کامپیوتر باید به دنبال راهکارهایی مناسب جهت کاهش هر چه بیشتر ضایعات ناشی از فرآوری این گروه غذایی مهم بود. هم اکنون پردازش تصویر یکی از ابزارهای کاربردی در بسیاری از فرآیندهای تولید محصولات غذایی است. به کارگیری ماشین بینایی و پردازش تصویر در دهه‌های اخیر رشد فزاینده‌ای در زمینه‌های مختلف داشته است. علاوه بر این رشد روز افزون، فن‌آوری اطلاعات باعث گردیده است که درهر روز و ساعت چندین بار از دستاوردهای مبتنی بر پردازش اطلاعات، خصوصا تصویراستفاده شود. یکی از موضوعات قابل بررسی که در چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از سامانه ماشین بینایی در فرآوری محصولات غذایی می‌باشد.

اکثر تحقیقات انجام شده در زمینه کاربردهای ماشین بینایی در شیلات به استفاده از این روش در درجه‌بندی کیفی و تعیین گونه ماهی اختصاص یافته است (Cadrin and Friedland, 1999; Zion *et al*., 1999; Storbeck and Daan, 2001). در تحقیقی از یک حسگر نوری برای گرفتن تصاویر باینری از چهار گونه ماهی دریایی استفاده شد. از ابعاد مختلف به منظور ایجاد مفسرهای شکلی استفاده شد و تشخیص گونه‌ها با دقتی معادل ۹۵ درصد گزارش گردید (Tayama *et al*., 1982).

در پژوهش دیگری از سامانه ماشین بینایی به منظور برآورد طول ماهی از تصاویر دودویی استفاده شد. دقت روش مذکور در مقایسه با اندازه‌گیری دستی ٪۳± گزارش شد (Strachan, 1993).

با استفاده از فن‌آوری ماشین بینایی به شناسایی و اندازه‌گیری گونه‌های مختلف ماهی پرداخته شد. ماهی‌ها در امتداد یک نوار نقاله در زیریک دوربین دیجیتال در حال حرکت بودند. الگوریتم‌های پردازش تصویر موفق به تعیین جهت‌گیری ماهی و نیز گرد یا پهن بودن ماهی با دقت ٪۱۰۰ شدند. الگوریتم ارائه شده موفق به تشخیص طول با انحراف استاندارد ۱/۲میلی‌متر و تعیین گونه ماهی با دقت ٪۹۹/۸ شد (White *et al.*, 2006).

در بررسی دیگری طبقه‌بندی ماهی‌ها بر مبنای رنگ و بافت با استفاده از ماشین بردار پشتیبان چندکلاسه (MSVM) انجام گرفت. عکس‌ها توسط گوشی موبایل گرفته شدند. مشخصه‌های رنگی و بافتی آماری و بافتی موجکی رنگی تصاویر استخراج شدند. بهترین نتایج زمانی به دست آمدند که از داده‌های تبدیل بافت موجکی استفاده گردید (Hu *et al.*, 2012).

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی در زمینه پیدا نمودن محل مناسب برش سر و دم ماهی صورت نگرفته است، هدف این پژوهش بررسی توانایی پردازش تصویر در تعیین نقاط برش ماهی در نظر گرفته شد. در صورت موفقیت-آمیز بودن این تحقیق می‌توان آن را بر روی دستگاه‌های مکانیکی سر و دم زن ماهی نصب نموده و تلفات حاصل از برش غیردقیق که در دستگاه‌های کنونی وجود دارد را به حداقل رساند.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌ها

در این تحقیق از دو نوع ماهی مختلف برای توسعه الگوریتم تعیین نقاط قطع سر و دم ماهی استفاده شد که عبارت بودند از ماهی سفید کولی و ماهی کپور. نمونه‌های ماهی مورد استفاده در این تحقیق به صورت تازه از بازار ماهی فروشان شهرستان لنگرود تهیه شدند.

عکس‌برداری

جهت اخذ تصاویر رنگی از دوربین دیجیتالCCD مدل Canon IXUS 960IS با وضوح ۵ مگاپیکسل استفاده شد که در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری در بالای نمونه‌های مورد آزمایش قرار داده شد. لازم به ذکر است تصاویر تهیه شده در حالت سایه تهیه شدند تا اثر بازتابش نور از فلس‌های ماهی به حداقل رسانده شود. تصاویر دیجیتال اخذ شده جهت پردازش توسط نرم افزار MATLAB به کامپیوتر انتقال داده شد.

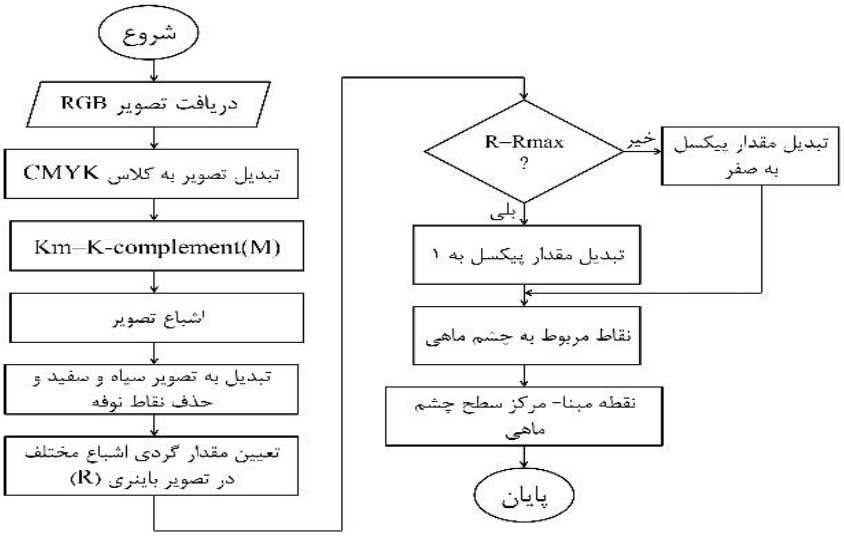
پردازش تصویر

جهت شناسایی و جداسازی اجسام مختلف ابتدا نیاز به پردازش تصاویر می‌باشد. تصویر تهیه شده از نمونه ممکن است دارای نوفه‌های احتمالی باشد. علاوه بر این، تصویر ممکن است دارای قسمت‌هایی باشد که مورد نظر نبوده و

حتی شامل قسمت‌هایی باشد که روی قسمت مورد نظر را پوشانده باشند. نقش اصلی پردازش تصویر عبارت است از اصلاح داده‌های تصویری و آماده‌سازی تصویر به گونه‌ای که از لحاظ کیفیت بهبود یافته باشند. در این بخش به توضیح عملیات پردازش تصاویر تهیه شده از ماهی و سپس استخراج مناطق هدف یعنی نقاط قطع پرداخته می‌شود.

تعیین یک نقطه مبنا در تصویر برای انجام محاسبات پردازش تصویر

نکته مهم در مورد تصاویر ماهی این است که با توجه به شرایط خاص فلس‌های ماهی و انعکاس نور در آن‌ها، تفاوت‌های رنگی در نقاط مختلف بدن ماهی‌ها و همچنین امکان از بین رفتن برخی از پولک‌ها، استخراج یک مؤلفه رنگی برای تعیین هر دو نقطه سر و دم ماهی تقریبا غیرممکن است. به طور کلی فلوچارت کلی الگوریتم پیاده شده به منظور تعیین نقطه مبنا در شکل (۱) نشان داده شده است. ابتدا تصاویر RGB در جعبه ابزار پردازش تصویر نرم افزار MATLAB فراخوانی شد.



شکل ۱- مراحل تعیین نقطه مبنا جهت برش ماهی

تصاویر RGB اولیه به فضاهای رنگی مختلف انتقال داده شده و مؤلفه‌های رنگی در هر کدام از این کلاس‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به تفاوت‌های موجود در مؤلفه‌های رنگی نقاط مختلف ماهی، تفکیک کل ماهی از زمینه تصویر مشکل بود. بنابراین سعی در پیدا کردن نقاطی شد که بتوان بدون جداسازی کل ماهی از زمینه تصویر، از این نقاط به عنوان نقاط مبنا برای تعیین نقاط قطع استفاده نمود.

با بررسی کلاس‌های رنگی متفاوت، در مؤلفه‌های رنگی موجود در کلاس رنگی CMYK بیشترین تمایز بین چشم ماهی و نقاط دیگر آن مشاهده شد. بنابراین با استفاده از ترکیب رنگی رابطه (۱)، چشم ماهی به همراه برخی دیگر از نقاط ماهی کاملا از زمینه تصویر جدا شد.

$$K_m = K - imcomplement(M) \quad (۱)$$

که در رابطه (۱) K_m مقدار مؤلفه رنگی ترکیبی حاصله، K مؤلفه سیاه در تصویر و M مؤلفه رنگی نشان‌دهنده تمایل به قرمز در تصویر می‌باشند.

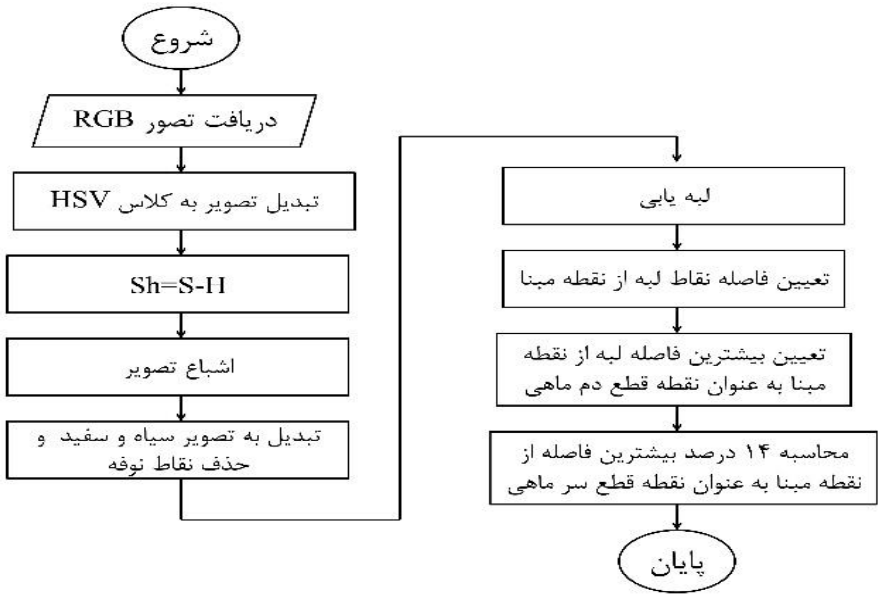
پس از اشباع نقاط غیر صفر در تصویر حاصله و تبدیل آن به تصویر باینری، تصویری به دست آمده شامل نقاط مربوط به چشم، نقاط مربوط به گرده ماهی و مقداری نوفه بود. عملیات حذف نوفه به وسیله اعمال فیلتر میانه انجام شد. سپس تصویر سیاه وسفید حاصله، برچسب زنی شد و از آنجا که چشم ماهی کاملا دایره‌ای می‌باشد، با تعیین مقدار گردی هرکدام از اشیاء موجود در تصویر سیاه و سفید و انتخاب شیئ‌ای که بیشترین مقدار گردی را داشت، چشم ماهی از کل تصویر جدا گردید. مرکز سطح چشم ماهی به عنوان نقطه مبنای محاسبات بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

تعیین نقطه قطع دم ماهی

مطابق آنچه در فلوچارت شکل (۲) نشان داده شده است، در اینجا نیز کلاس‌های رنگی مختلف مورد بررسی قرار گرفت و مؤلفه رنگی ترکیبی رابطه (۲) در فضای رنگی HSV به عنوان بهترین مؤلفه برای جدایش قسمت پایینی ماهی از زمینه تصویر و نیز حذف دم ماهی انتخاب گردید.

$$S_h = S - H \quad (۲)$$

S_h مقدار مؤلفه رنگی ترکیبی حاصله، S و H به ترتیب نمایانگر مقدار اشباع و مقدار رنگ در تصویر می‌باشند.



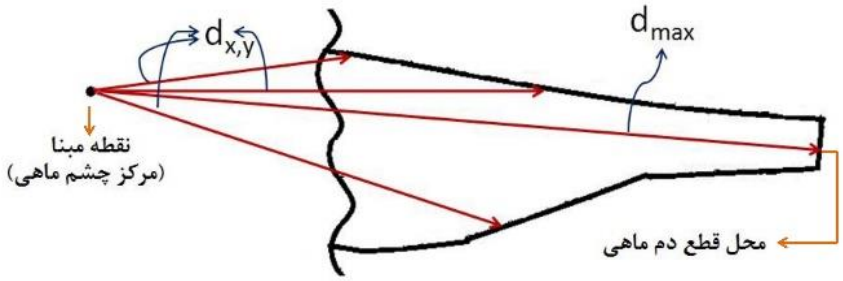
شکل ۲– مراحل تعیین نقطه قطع سر و دم ماهی

پس از حذف نوفه‌های احتمالی، عملیات لبه‌یابی روی تصویر حاصله انجام شد و فاصله نقاط مختلف لبه از نقطه مبنا از رابطه (۳) محاسبه گردید.

$$d_{x,y} = \sqrt{(x - x_b)^2 + (y - y_b)^2} \qquad (۳)$$

$d_{x,y}$ فاصله هر نقطه از لبه در تصویر S_h از نقطه مبنا، x و y به ترتیب مؤلفه‌های افقی و عمودی نقاط روی لبه و x_b و y_b به ترتیب مؤلفه افقی و عمودی نقطه مبنا می‌باشند.

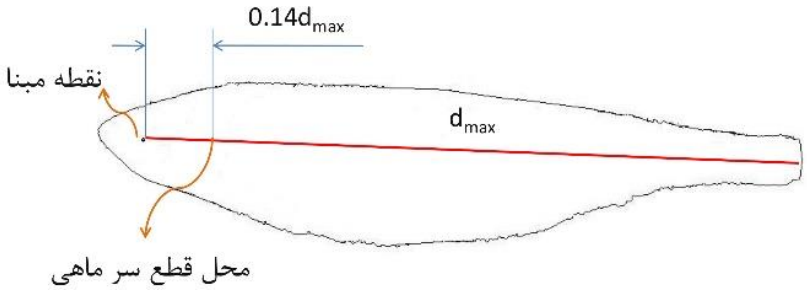
در نهایت با انتخاب نقطه‌ای که بیشترین فاصله را از نقطه مبنا داشت، محل برش دم ماهی به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳- چگونگی تعیین محل قطع دم ماهی

تعیین نقطه قطع سر ماهی

با توجه به بررسی‌های اولیه انجام شده در این پژوهش، امکان تعیین مستقیم سر ماهی در تصویر وجود نداشت. بنابراین برای تعیین نقطه قطع سر ماهی به این طریق عمل شد که در یک نمونه‌گیری ۳۰ تایی از ماهی سفید کولی مشخص شد که فاصله نقطه قطع سر ماهی از نقطه مبنا به اندازه ۱٤±۰/٤ درصدی مقدار فاصله بین نقطه مبنا تا نقطه قطع دم ماهی می‌باشد. این مقدار برای ماهی کپور، ۱۷±۰/۳ اندازه‌گیری شد. بنابراین با اعمال این رابطه بر روی خط واسط بین نقطه مبنا و نقطه قطع دم ماهی، نقطه قطع سر ماهی به دست آمد. در شکل (٤) طرح‌واره‌ای از محل قطع سر ماهی برای ماهی سفید کولی نشان داده شده است.

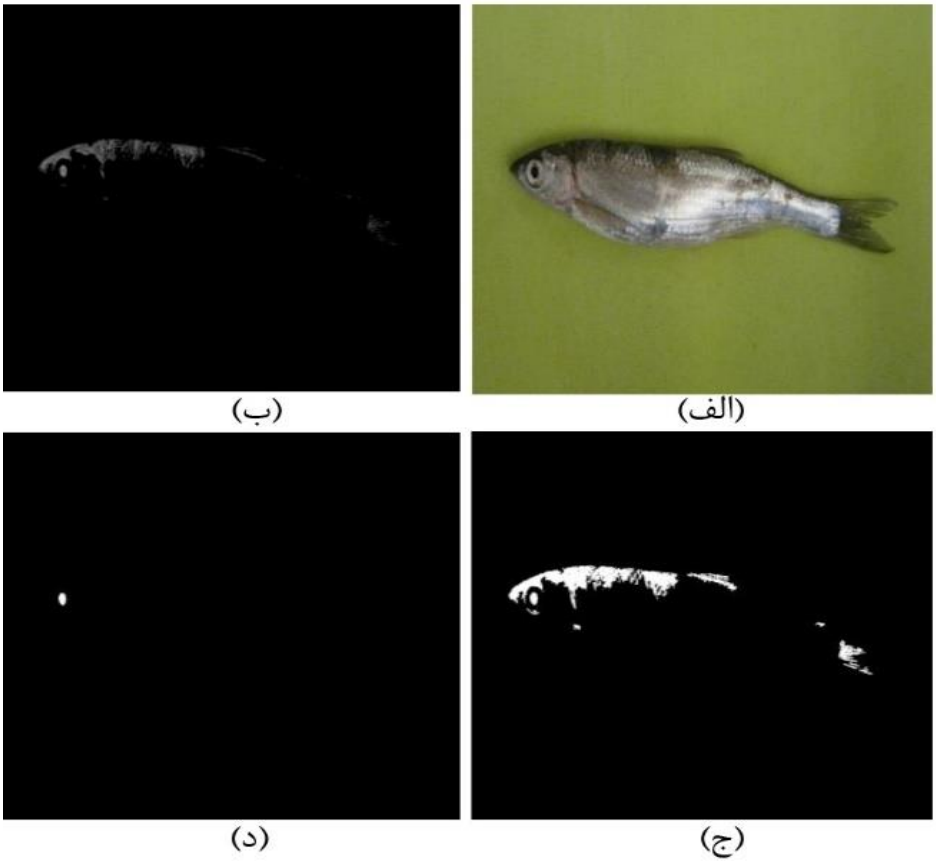


شکل ٤- چگونگی تعیین محل قطع سر ماهی کولی

نتایج و بحث

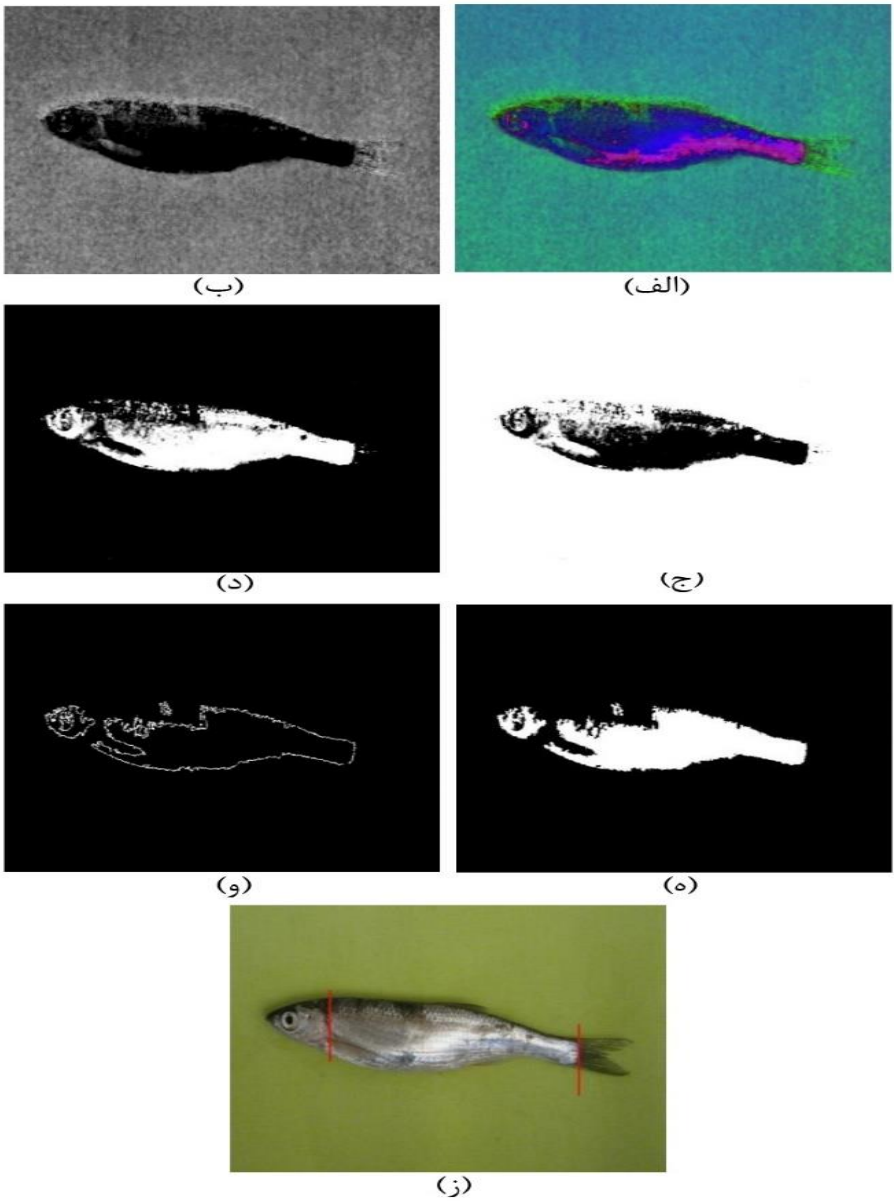
جهت نمایش گرافیکی مراحل مختلف تعیین نقطه مبنا نتایج حاصل از بخش‌های مختلف پردازش تصویر در شکل (۵) نشان داده شده است. نکته قابل توجه این بود که کلیه مراحل الگوریتم به جز موارد جزئی مانند مقادیر حد آستانه و یا برخی مکمل‌های تصاویر، برای هر دو نوع ماهی یکسان بود.

نتاج نشان داد که الگوریتم ایجاد شده در این پژوهش، از بین ۲۰ عکسی که برای هر نوع ماهی به منظور آزمون الگوریتم به کار رفت، توانست در تمامی تصاویر چشم ماهی را به درستی تشخیص دهد. لازم به ذکر است که انتخاب مرکز سطح چشم ماهی به عنوان نقطه مبنا این مزیت را دارد که پردازش‌های بعدی که با توجه به مکان چشم ماهی صورت می‌گیرد به زاویه قرارگیری ماهی نسبت به افق حساس نخواهند بود.



شکل ۵- تصاویر حاصل از مراحل پردازش تصویر جهت یافتن نقطه مبنا الف) تصویر رنگی اولیه، ب) تصویر حاصل از تفاضل مکمل مؤلفه فیروزه‌ای از مؤلفه سیاه در کلاس رنگی CMYK، ج) تصویر سیاه و سفید حاصل از تصویر (ب) پس از حذف نوفه و د) تصویر چشم ماهی حاصل از انتخاب شیء با بیشترین گردی در شکل (ج)

در شکل (٦) مراحل مختلف عملیات پردازش تصویر به منظور یافتن نقاط قطع سر و دم ماهی کولی نشان داده شده است.



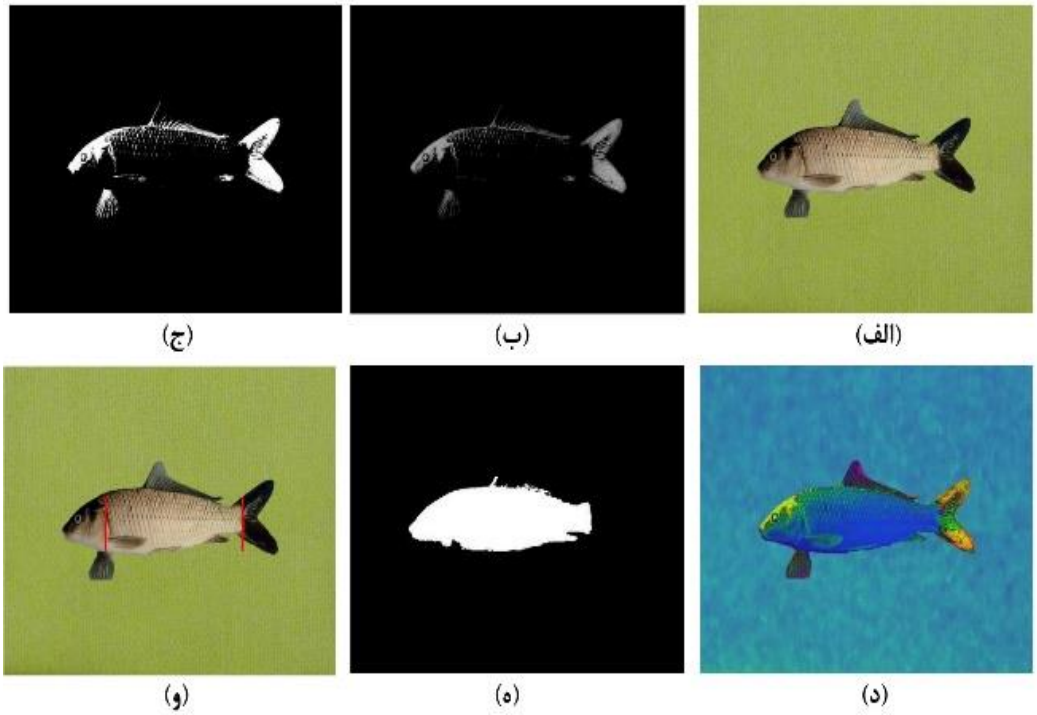
شکل ٦- مراحل مختلف آماده‌سازی تصویر جهت انجام محاسبات نقطه سر و دم ماهی. الف) تصویر در کلاس HSV، ب) تصویر حاصل از تفاضل مؤلفه رنگ از مؤلفه اشباع، ج) تصویر حاصل از اشباع تصوی (ب)، د) تصویر سیاه و سفید ایجاد شده از تصویر (ج)، ه) تصویر قسمت (د) پس از حذف نوفه و پیکسل‌های اضافی، و) تصویر حاصل از عملیات لبه یابی بر روی تصویر (ه)، ز) تصویر محل‌های محاسبه شده توسط الگوریتم برای قطع سر و دم ماهی کولی سفید

نتایج نشان داد که از بین تصاویر استفاده شده به منظور ارزیابی، الگوریتم طراحی شده توانست مکان قطع دم ماهی کولی را با میزان خطایی معادل ۱/٦±۰/۳ میلی‌متر تشخیص دهد، این میزان برای تشخیص مکان قطع سر ماهی کولی کمتر از ۳/٤±۰/٤ میلی‌متر بود. مقادیر فوق برای ماهی کپور به تربیت ۱/۸±۰/۳ و ۳/۷±۰/۵ بودند که مقادیر خطا برای ماهی کپور مقادیر بیشتری بود.

مهمترین دلیل افزایش خطا هنگام تشخیص مکان قطع سر ماهی‌ها، این عامل است که در الگوریتم ارائه شده مکان قطع سر ماهی بر اساس نتایج جامعه آماری برای ماهی‌ها در نظر گرفته شد و امکان تشخیص این نقطه بر اساس خصوصیات ظاهری تصویر وجود نداشت.

با توجه به نکات گفته شده می‌توان گفت که الگوریتم ارائه شده در تشخیص محل قطع سر و دم ماهی بسیار موفق بوده و نتایج قابل اعتمادی را به دست می‌دهد.

در شکل (۷) تصاویر مربوط به برخی از مراحل تشخیص نقاط سر و دم ماهی کپور به طور اجمالی آورده شده است.



شکل ۷- تصاویر برخی مراحل اجرای الگوریتم بر روی نمونه‌های عکس ماهی کپور. الف) تصویر رنگی اولیه، ب) تصویر حاصل از تفاضل مکمل مؤلفه فیروزه‌ای از مؤلفه سیاه در کلاس رنگی CMYK، ج) تصویر سیاه و سفید حاصل از تصویر (ب) پس از حذف نوفه، د) تصویر در کلاس HSV، ه) تصویر باینری حاصل از مؤلفه اشباع تصویر (د) پس از حذف نوفه، ز) تصویر محل‌های محاسبه شده توسط الگوریتم برای قطع سر و دم ماهی کپور

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر امکان تعیین مکان قطع سر و دم ماهی سفید کولی و ماهی کپور با استفاده از روش‌های پردازش تصویر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که الگوریتم ارائه شده در تعیین نقاط قطع بسیار دقیق عمل می‌نماید. با وجود برخی تفاوت‌های ظاهری دو نوع ماهی، کلیه مراحل الگوریتم به جز برخی موارد جزئی برای هر دو

نمونه ماهی یکسان بود. با توجه به نتایج این تحقیق و همچنین ویژگی‌های سامانه‌های ماشین بینایی می‌توان از این فن‌آوری به عنوان روشی سریع، دقیق، ارزان و قابل اطمینان در فرآیندهای فرآوری ماهی استفاده نمود.

منابع و مآخذ

۱- بی نام. ۱۳۸۳. سالنامه آماری ایران: آمارنامه سازمان شیلات. ۸۷ صفحه.

2- Cadrin, S. X. and Friedland, K. D. 1999. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. Fisheries Research, 43(1-3): 129-139.

3- Hu, J., Li, D., Duan, Q., Han, Y., Chen, G. and Si, X. 2012. Fish species classification by color, texture and multi-class support vector machine using computer vision. Computers and Electronics in Agriculture, 88(1): 133-140.

4- Strachan, N. J. C. 1993. Length measurement of fish by computer vision. Computers and Electronics in Agriculture, 8(2): 93-104.

5- Storbeck, F. and Daan, B. 2001. Fish species recognition using computer vision and a neural network. Fisheries Research, 51(1): 11-15.

6- Tayama, I., Shimdate, M., Kubota, N. and Nomura, Y. 1982. Application of optical sensor to fish sorting. Reito (Tokyo) Refrigeration, 57(1): 1146-1150.

7- White, D. J., Svellingen, C. and Strachan, N. J. C. 2006. Automated measurement of species and length of fish by computer vision. Fisheries Researchs, 80(2-3): 203-210.

8- Zion, B., Shklyar, A. and Karplus, I. 1999. Sorting fish by computer vision. Computers and Electronics in Agriculture, 23(3): 175-187.

Feasibility study of image processing techniques application for accurate determining the fish head and tail cut-off points

Abstract

Fish as one of the healthiest sources of protein, plays an important role in providing the meat need of most people in the world. The optimal treatment of this food source is very effective for the product's final quality and the reduction of losses. One of the important stages of fish processing is the process of cutting off the head and tail. Current mechanical systems have low accuracy in locating the fish cut-off points and result in high losses. The aim of this study was to present a method to determine the precise location of the fish head and tail cut points using image processing techniques. Pictures taken from two different species of fish were processed in MATLAB Image Processing Toolbox. Sets of color and shape processing methods were applied on the images to determine cut-off points. Results revealed that the proposed algorithm was able to detect the exact location of the tail cut point with an error of less than 2 mm. Also this value was less than 4 mm for locating the fish head cut point. According to the evaluation results, it can be asserted that image processing is an accurate and reliable method to determine the fish head and tail cut-off points.

Keywords: White Bleak, Carp Fish, Cut-off Points, Seafood Processing.