

## برآورد میزان شمارش کلی میکروبی میگوی پرورشی (گونه وانامی) به کمک پردازش تصویر

رضا گلی<sup>۱</sup>، مهدی قاسمی ورنامخواستی<sup>۲\*</sup>، مریم میرزایی<sup>۳</sup>، سید سعید محتسبی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۲. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۳. دانشجوی دکتری تخصصی، بهداشت و کنترل کیفیت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد
۴. استاد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۸، تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۸)

### چکیده

افزایش میزان تولید و مصرف میگو، اهمیت تازگی و کیفیت این محصول غذایی را برای صنعت میگو دو چندان کرده است. امروزه تعیین شاخص‌های کیفی یکی از موضوع‌های جدید و مورد علاقه بسیاری از مهندسان صنایع غذایی و بیوسیستم است، زیرا دانستن میزان کیفیت مواد غذایی می‌تواند اطلاعات بیش‌تری درباره شرایط نگهداری و نظارت آن، ارائه نماید. اهمیت مقوله پردازش تصاویر در کنترل کیفیت بدین جهت است که تعیین کیفیت مواد غذایی با هزینه کم‌تر و راحت‌تر می‌باشد و بدین ترتیب مواد غذایی از آسیب‌های مکانیکی ناشی از آزمون‌های شیمیایی مصون می‌ماند. در این میان، یکی از شاخص‌های تازگی مواد غذایی به خصوص در آبزیان، شمارش کلی میکروبی است. لذا در این مطالعه، سعی شده تا مدلی برای پیش‌بینی مقادیر شمارش کلی میکروبی با کمک پردازش تصویر و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای میگوی وانامی در طی چهار مرحله نگهداری (روز اول، سوم، ششم و نهم) با شرایط نگهداری مرسوم (در یخ و با صفر تا ۲ درجه سانتی‌گراد) برآورد شود. پس از انتخاب بهترین شرایط نورپردازی، تصویر برداری به‌وسیله یک دوربین دیجیتال و در دو نمای بالا و کنار انجام گرفت. این تصاویر به رایانه انتقال داده شدند. سپس برای استخراج ویژگی‌های تصویر از جعبه ابزار پردازش تصویر نرم افزار متلب استفاده شد. مقدار  $a^*$  و  $b^*$  به دست آمده از تصاویر بالا، در طول نگهداری در سطح احتمال ( $p < 0/05$ ) به صورت خطی افزایش داشته است. با مقایسه نتایج به دست آمده از آزمون دانکن، می‌توان دریافت که بین تغییر رنگ میانگین  $R$ ، واریانس  $b^*$ ، میانگین  $V$ ، میانگین  $Y$ ، میانگین  $y$ ، میانگین  $b^*$  و میانگین  $I$  از تصاویر گرفته شده از بالا، در مدت نگهداری با شمارش کلی میکروبی ارتباط قوی وجود دارد. بنابراین، می‌توان از پردازش تصویر با استفاده از پارامترهای رنگ و بافت میگو به‌عنوان روشی غیرمخرب، کم هزینه و آسان برای ارزیابی سریع شمارش کلی میکروبی میگو در صنایع غذایی و کنترل کیفیت مواد غذایی بهره برد.

واژه‌های کلیدی: میگو، شمارش کلی میکروبی، کیفیت، پردازش تصویر، شبکه‌های عصبی مصنوعی.

## 1- مقدمه

میگو<sup>1</sup> یکی از لذیذترین غذاهای دریایی است و نسبت به سایر غذاها نظیر گوشت، ماهی و گروه ماکیان که پروتئین زیادی دارند، کالری کمتری دارد [1]. وانامی یا میگوی پارس سفید غربی<sup>2</sup> یکی از گونه‌های میگو است. این گونه با توجه به ویژگی‌های کیفی آن از جمله طعم و مزه از محبوب‌ترین و با ارزش‌ترین گونه‌های میگوی جهان برای مصرف‌کنندگان به حساب می‌آید. افزایش میزان تولید و مصرف میگو اهمیت تازگی و کیفیت این محصول غذایی را برای صنعت میگو دو چندان کرده است [2]. تعیین شاخص‌های کیفی، امروزه یکی از موضوع‌های جدید و مورد علاقه مهندسان صنایع غذایی و بیوسیستم است؛ زیرا دانستن میزان کیفیت مواد غذایی می‌تواند اطلاعات بیش‌تری درباره شرایط نگهداری و نظارت آن به ما بدهد [3]. سال‌هاست که تغییرات باکتریایی و آنزیمی، دلیل فساد میگو شناخته شده است. ایجاد لکه سیاه، شکستگی، جدا شدن سر و سینه، نرم شدن بافت و سایر تغییرات ارگانولپتیک (حسی) در زمان صید تا فراوری نهایی محصول، از جمله عواملی می‌باشند که سبب کاهش ارزش میگو و در برخی موارد عدم پذیرش آن در بازارهای جهانی و حتی داخلی می‌گردد [4].

پردازش تصویر و ماشین بینایی<sup>3</sup> در سال‌های اخیر از دو جنبه نظری و عملی پیشرفت‌های زیادی داشته است. یکی از حوزه‌های پیشرفت این علم، کنترل کیفیت مواد غذایی است که هم اکنون به سختی و همراه با صرف هزینه و زمان زیاد است. اهمیت مقوله پردازش تصاویر در کنترل کیفیت بدین جهت است که تعیین کیفیت مواد غذایی به صورت راحت‌تر و کم هزینه‌تر می‌باشد و بدین ترتیب مواد غذایی از آسیب‌های مکانیکی در حین آزمون‌های شیمیایی مصون می‌ماند. اساس تعیین کیفیت مواد غذایی در سامانه پردازش تصویر خواص ظاهری نظیر رنگ و ویژگی‌های ریخت شناسی<sup>4</sup> است. این سامانه دارای هزینه پایین و پاسخ‌گویی سریع و دقیق است. با توجه به اهمیت مواد غذایی در سلامت انسان و همین‌طور مصرف بالای آن در تمام دنیا، تعیین کیفیت در حداقل زمان ممکن و با دقت بالا بسیار با اهمیت جلوه می‌کند [5].

به طور کلی یک سامانه پردازش تصویر از دو بخش اصلی شامل بخش گرفتن تصویر و بخش نرم‌افزار پردازش تصویر تشکیل می‌شود. پس از تصویربرداری الگوریتم‌های پردازش تصویر بر روی تصویر ورودی اعمال شده تا اطلاعات لازم از آن استخراج شود. بخش نرم‌افزاری سامانه می‌تواند علاوه بر الگوریتم‌های پردازش تصویر، از سایر ابزارهای هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی نیز برای هوشمند کردن و انجام خودکار عملیات استفاده نمایند [6]. شبکه عصبی مصنوعی<sup>1</sup>، یکی از روش‌های محاسباتی است که به کمک فرایند یادگیری و با استفاده از پردازشگرهایی به نام یاخته عصبی<sup>2</sup> تلاش می‌کند با شناخت روابط ذاتی بین داده‌ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد [7]. با دستیابی به این شرایط فرایند یادگیری محقق شده است [8]. با توجه به ساختار شبکه عصبی مصنوعی، ویژگی‌های عمده آن، سرعت بالای پردازش، توانایی یادگیری الگو به روش اراده الگو، توانایی تعمیم دانش پس از یادگیری، انعطاف‌پذیری در برابر خطاهای ناخواسته و عدم ایجاد اختلال قابل توجه در صورت بروز اشکال در بخشی از اتصال‌های به دلیل توزیع وزن‌های شبکه است [9]. یک شبکه عصبی مصنوعی مدلی است که از شبکه عصبی بیولوژیکی الگوبرداری می‌کند. امروزه محاسبات عصبی از مفاهیم مبتنی بر دانش بسیار محدودی که در زمینه سیستم‌های عصبی بیولوژیکی وجود دارد استفاده می‌کند [10-13].

پژوهش‌های متنوعی برای تعیین کیفیت میگو بر اساس پردازش تصویر، شبکه‌های عصبی و شاخص‌های کیفی در ایران صورت گرفته است. برای نمونه حسین‌پور و همکاران [14-15]، از روش ماشین بینایی برای پایش خطی تغییرات رنگ میگو در طول خشک کردن، استفاده کردند. محبی و همکاران [16]، از شبکه‌های عصبی مصنوعی و پردازش تصویر در پیش‌بینی تغییرات محتوای رطوبتی میگو در حین خشک شدن استفاده نمودند. در مطالعه‌ای دیگر، تاثیر آنتی‌اکسیدان گیاهی عصاره دانه انگور بر کیفیت شیمیایی، حسی و لکه سیاه میگوی سفید غربی طی نگهداری در دمای 18- درجه سانتی‌گراد به مدت شش ماه مورد بررسی قرار گرفت.

1. Shrimp  
2. *Litopenaeus vannamei*  
3. Machine vision  
4. Morphology

1. Artificial neural networks  
2. Neuron

مصنوعی در شرایط مرسوم برای اولین بار در دنیا در این مطالعه انجام شده است که این مورد یکی از جنبه‌های نوآوری در تحقیق حاضر است.

## 2- مواد و روش‌ها

### 2-1- تهیه میگو

در این پژوهش میگوهای پرورشی پا سفید غربی (وانامی) تازه صید شده مورد آزمایش قرار گرفتند. میگوهای مورد استفاده از یکی از استخرهای پرورش میگو در شهرستان بوشهر در اوایل پاییز سال 1392 تهیه شدند. نمونه‌های میگو در دمای 2-0 درجه سانتی‌گراد (پودر یخ) نگهداری و در ظرفی عایق قرار داده شدند. این میگوها 4 بار در طول 9 روز با فاصله زمانی 72 ساعت مورد آزمایش قرار گرفتند. به منظور یکسان و ثابت بودن شرایط نور پردازی، حذف اثر منابع نوری محیط و به‌دست آوردن تصویری با کیفیت رنگی عالی و نیز کاهش خطای ناشی از ایجاد سایه و اختلال‌ها، از یک اتاقک نور (تاریک) استفاده شد. هم‌چنین زمان تصویربرداری در اوایل شب بوده و روشنایی محیط تصویربرداری نیز با خاموش کردن لامپ‌های اتاق و کشیدن پرده‌های آن ثابت نگه داشته شد. این اتاقک، یک استوانه فلزی که ارتفاع آن با حرکت دادن قسمت دستگیره چرخان آن قابل تنظیم است، مجهز بود. به منظور نورپردازی، در قسمت فوقانی این اتاقک تاریک از چندین لامپ LED با رنگ سفید و زرد استفاده شد [21]. بر روی سقف این اتاقک یک دریچه با ابعادی برابر با ابعاد دوربین دیجیتال ایجاد شد تا تصویربرداری از بالای نمونه‌ها انجام گیرد (شکل 1). ارتفاع سقف و محل قرارگیری نمونه‌ها پس از به‌دست آوردن بهترین تصویر از میگوها، 11 سانتی‌متر و تا انتهای آزمایش ثابت نگه داشته شد.

برای انجام آزمایش، میگوها انتخاب و در اتاقک تاریک از آن‌ها تصویربرداری شد. نخست برای تشخیص ویژگی‌های مشخصه‌های رنگ پوست، میگوها در راستای طولی و قطری درون اتاقک تاریک قرار گرفتند. به منظور تعیین مشخصات رنگی و بافتی از 80 میگو در دو نمای بالا و جانبی، با 2 تکرار، عکس‌برداری شد. این 2 تکرار بدین جهت بود که اگر تصویری واضح نبود از تصویر دیگر استفاده شود. اطلاعات خروجی از این

نتایج نشان داد پروتئین، چربی و خاکستر نمونه‌های آزمایشی در مقایسه با شاهد طی مدت زمان نگهداری در سردخانه در سطح 5 درصد، تفاوت معنی‌داری نداشتند. تا پایان مدت زمان نگهداری در سردخانه لکه‌های سیاه ظاهر نشد، اما در میگوی شاهد بعد از مدت زمان ماندگاری 20 روز در سردخانه ملانوزیز ظاهر شد [17]. دولتی و همکاران [18]، تازگی ماهی را با کمک تغییرات رنگ چشم و آبشش، با استفاده از سامانه ماشین بینایی بررسی کردند. آن‌ها دریافتند سامانه ماشین بینایی می‌تواند به عنوان روشی سریع و کم هزینه برای تعیین تازگی ماهی مورد استفاده قرار گیرد. پژوهش‌هایی مشابه در این زمینه در جهان انجام شده است. زنگ گوینگ‌زاهو [19]، در پژوهش خود به شاخص‌های کیفی میگوی سفید (وانامی) در شرایط مختلف نگهداری پرداخته است. شاخص‌های تعیین کیفیت ایشان شامل آزمون شیمیایی، میکروبی، حسی، بینی الکترونیک<sup>1</sup> و آزمون بافت سنجی (خواص مکانیکی) بود. ایشان توانستند بهترین شرایط نگهداری میگو را با کمک شاخص‌های کیفی تعیین نمایند. در پژوهشی دیگر، اودیلیچوکا و همکاران [20]، به بررسی ماندگاری و کیفیت و عمر مفید میگوی پا سفید اقیانوس آرام (وانامی) تازه برداشت شده و ذخیره شده روی یخ پرداختند. شاخص‌های کیفی مورد بررسی آن‌ها شامل آزمون‌های شیمیایی و آزمون رنگ‌سنجی و کروماتوگرامی بود. آن‌ها دریافتند، تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) در سطح 5 درصد معنی‌دار است. هم‌چنین آن‌ها بهترین مدت ماندگاری میگو با شرایط یخی را 8 روز تخمین زدند. با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه تعیین کیفیت میگو و تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده، مشاهده می‌شود که روش‌های مختلف تعیین کیفیت میگو، هزینه بر و مخرب بوده و هر ساله میزان صید میگو در حال افزایش است. از طرفی دیگر آزمون‌های شیمیایی تعیین کیفیت بسیار گران قیمت است. در این مطالعه سعی شده است روش نوینی برای تخمین آزمون شمارش کلی میکروبی که یکی از شاخص‌های کیفیت مواد غذایی که در ارتباط با ویژگی ظاهری مواد غذایی (مطالعه موردی میگوی وانامی) پرداخته شود. براساس منابعی که توسط نویسندگان این مقاله بررسی شده است تعیین شاخص شمارش کلی میکروبی<sup>2</sup> میگوی وانامی با استفاده از پردازش تصویر و شبکه‌های

1. Electronic Nose

2. Microbial Total count

دوربین توسط کابل رابط از طریق درگاه USB به رایانه منتقل می‌شدند.

## 2-2- پردازش و استخراج پارامترهای رنگی و بافتی از تصاویر

به منظور اصلاح و پردازش تصاویر ورودی از نرم‌افزار MATLAB R2013b استفاده شد. تمامی تصاویر با وضوح  $1050 \times 757$  پیکسل در قالب مدل رنگی RGB تبدیل شدند. با استفاده از جعبه ابزار پردازش تصویر نرم‌افزار مذکور، برنامه‌های مناسبی برای پردازش و تحلیل تصاویر نوشته شد. در مرحله پیش پردازش به منظور تسهیل در استخراج ویژگی‌های رنگی و بافتی مورد نظر ابتدا تصویر رنگی به دودویی تبدیل شد.

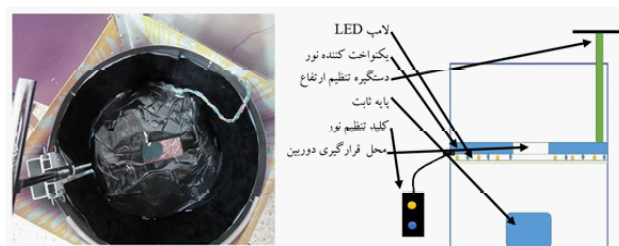
شکل (2-الف) تصویر رنگی میگو و شکل (2-ب) تصویر دودویی اولیه همراه با نویز آن را نشان می‌دهد. در مرحله بعد به کمک روش اتساع و سایش، تصویر دودویی (باینری) شکل (2-ج) تبدیل شد. قطعه‌بندی تصاویر به منظور جداسازی تصویر میگو از زمینه صورت گرفت [22]. در شکل (2-د) مرحله

نهایی ترکیب رنگ صورت پذیرفت.

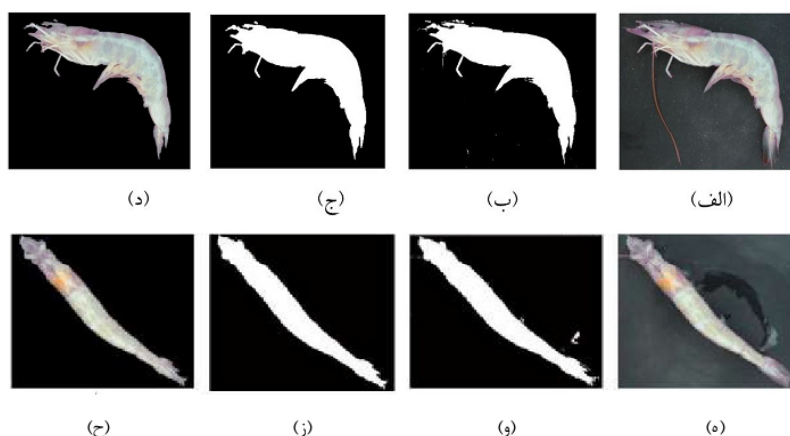
تصاویر دیجیتال میگوها برای اندازه‌گیری مقادیر میانگین و واریانس قرمزی (R)، سبزی (G)، آبی بودن (B)، رنگ مایه<sup>1</sup>، اشباع<sup>2</sup>، ارزش<sup>3</sup>، یکی از فضاها رنگ تلویزیونی I، Y، Q، مولفه لوما (y)، تفاوت آبی بودن (cb)، تفاوت قرمز بودن (cr)، روشنایی (L\*)، قرمزی (a\*)، زردی (b\*)، روشنایی (l)، رنگینگی (c) و فامی تنظیم شدند. میزان شاخص شمارش کلی میکروبی میگو به وسیله تکنیک پردازش تصویر با استفاده از تغییر رنگ سر، پا و دم میگوی پرورشی و انامی محاسبه شد. 36 پارامتر رنگی با دو نمای مختلف تصویر برداری در مدت نگهداری میگو در یخ محاسبه شدند [23].

تصاویر مربوط به روزهای نگهداری مختلف میگو، دارای ویژگی‌های بافتی متفاوتی می‌باشند. این تفاوت‌ها ناشی از همواری<sup>4</sup>، زبری<sup>5</sup> و قاعده‌مندی<sup>6</sup> تصاویر است. به منظور استخراج

1. Hue
2. Saturation
3. Value
4. smoothness
5. coarseness
6. regularity



شکل (1) اتاقک نور و اجزای تشکیل دهنده آن



شکل (2) الف تا د- به ترتیب تصویر اولیه، باینری اولیه، باینری نهایی و تصویر خروجی برای تصویر از کنار ه تا ح- به ترتیب تصویر اولیه، باینری اولیه، باینری نهایی و تصویر خروجی برای تصویر از بالا

مشخصه‌های بافتی، از تصویر رنگی میگوها استفاده و سیستم رنگی RGB به HSV تبدیل شد. بهترین و پرکاربردترین روش برای این منظور استفاده از ماتریس هم‌اتفاقی سطح خاکستری می‌باشد. برای استفاده از این روش باید تصاویر دو بعدی باشند. عناصر  $S, H, B, G, R, V$  همگی دو بعدی هستند. پس از تشکیل ماتریس هم‌اتفاقی عناصر  $S, H, B, G, R, V$  به کمک تابع  $graycomatrix$ ، با استفاده از تابع  $graycoprops$  مشخصه‌های بافتی مورد نظر از این ماتریس‌ها استخراج شد. سپس مشخصه‌های استخراج شده به کمک نرم‌افزار SPSS Ver.22 آنالیز و مشخصه‌های معنی‌دار برای تعیین شمارش کلی میکروبی انتخاب شدند. مشخصه‌های محاسبه شده از روی این ماتریس شامل کنتراست، همجنسی، همبستگی، انرژی و آنتروپی می‌باشد.

#### 2-4-1- مدل سازی شبکه های عصبی مصنوعی

در این پژوهش از شبکه  $MLP$  استفاده شد که به اختصار توضیح داده می‌شود.

#### 2-4-1-1- شبکه پرسپترون چند لایه (MLP)

این شبکه شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است. برای آموزش این شبکه، به طور معمول از الگوریتم پس انتشار استفاده می‌شود. در طی آموزش شبکه  $MLP$  به کمک الگوریتم یادگیری پس انتشار ابتدا محاسبات از ورودی شبکه به سوی خروجی شبکه انجام گرفت و سپس مقادیر خطای محاسبه شده به لایه‌های قبل انتشار می‌یابد [27]. در ابتدا، محاسبه خروجی به صورت لایه به لایه انجام می‌شود و خروجی هر لایه، ورودی لایه بعدی خواهد بود. در حالت پس انتشار، ابتدا لایه‌های خروجی تعدیل می‌شود، زیرا برای هر یک از نرون‌های لایه خروجی، مقدار مطلوبی وجود دارد و می‌توان به کمک آن‌ها و قاعده‌های بهنگام سازی، وزن‌ها را تعدیل نمود [28].

وارد کردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود. ثابت شده است که هر تابع می‌تواند حداکثر با سه لایه پنهان تقریب زده شود. ابتدا شبکه با یک لایه پنهان آموزش داده می‌شود که در صورت عملکرد نامناسب، تعداد لایه‌های پنهان افزایش خواهد یافت. اندازه یک لایه مخفی به طور معمول به‌طور تجربی به دست می‌آید. برای یک شبکه عصبی، با اندازه معقول، تعداد نرون‌های مخفی با یک نسبت کوچکی از تعداد ورودی‌ها، انتخاب می‌گردد. اگر شبکه  $MLP$  با جواب مطلوب، همگرا نگردد، تعداد نرون‌های مخفی را افزایش می‌دهند و اگر شبکه همگرا گردید و از قدرت تعمیم خوبی

مشخصه‌های بافتی، از تصویر رنگی میگوها استفاده و سیستم رنگی RGB به HSV تبدیل شد. بهترین و پرکاربردترین روش برای این منظور استفاده از ماتریس هم‌اتفاقی سطح خاکستری می‌باشد. برای استفاده از این روش باید تصاویر دو بعدی باشند. عناصر  $S, H, B, G, R, V$  همگی دو بعدی هستند. پس از تشکیل ماتریس هم‌اتفاقی عناصر  $S, H, B, G, R, V$  به کمک تابع  $graycomatrix$ ، با استفاده از تابع  $graycoprops$  مشخصه‌های بافتی مورد نظر از این ماتریس‌ها استخراج شد. سپس مشخصه‌های استخراج شده به کمک نرم‌افزار SPSS Ver.22 آنالیز و مشخصه‌های معنی‌دار برای تعیین شمارش کلی میکروبی انتخاب شدند. مشخصه‌های محاسبه شده از روی این ماتریس شامل کنتراست، همجنسی، همبستگی، انرژی و آنتروپی می‌باشد.

#### 2-3- استخراج پارامتر شمارش کلی میکروبی

بررسی میکروبی مواد غذایی بنا به چند دلیل از جمله، برآورد طول عمر ماندگاری ماده غذایی یا مناسب بودن آن جهت مصرف انسان، بررسی تعداد کل ارگانیزم‌های زنده در محصولاتی که باید در یخچال نگهداری شود، بی‌هوازی‌ها در مواد غذایی بسته‌بندی در خلا، مخمرها در نوشیدنی‌های میوه‌ای و غیره ضروری به نظر می‌رسند. [24].

آزمون‌های میکروبی شامل شناسایی نمونه باکتری‌های موجود در مواد غذایی است. شمارش کلی از جمله آزمایش‌هایی بوده که در آزمایشگاه مواد غذایی انجام می‌شود. مواد و روش دقیق انجام آزمایش‌ها و مراحل طی شده مطابق با جداول و فلوجارت‌های ارائه شده توسط مراجع معتبر بین‌المللی و سازمان ملی استاندارد ایران، استاندارد با شماره 1-2394 می‌باشد. استانداردهای مرجع در این زمینه شامل انواع فارماکوپه‌ها، استاندارد ایران، EN، AOAC و FAO می‌باشد (بی‌نام، 1384). نمونه‌های میگو جهت انجام آزمون میکروبی در ظروف نایلونی درب بسته همراه با یخ به آزمایشگاه منتقل شد [25]. شمارش کلی میکروبی طبق استاندارد ملی، شماره 356 ایران، با عنوان شمارش میکروارگانیزم‌ها، انجام شد [26].

#### 2-4- داده‌های ورودی و خروجی شبکه و ارزیابی عملکرد شبکه

داده‌های رنگی و بافتی، در چهار روز مختلف تعیین شدند.

در شبکه غیر ناظر، هر نرون یک وزن در خود ذخیره می‌کند و شبکه ارتباطات توپولوژیکی بین ورودی‌ها را حفظ می‌کند. آموزش، تست و معتبرسازی شبکه با استفاده از 80 تصویر میگوهای مختلف انجام گرفت (20 تکرار برای هر روز). جهت آموزش از 70٪ تعداد تصویر بهره گرفته و 15٪ جهت آزمون و در پایان نیز جهت معتبر سازی از 15٪ تصاویر استفاده شد.

## 2-5- روش‌های تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در کل تعداد 80 (4×20) نمونه میگو مورد آزمون پردازش تصویر قرار گرفتند. کل داده‌های حاصل وارد نرم افزار Excel 2013 شد. با استفاده از نرم افزار SPSS Ver.22، بررسی‌های آماری و تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش‌های انجام شد. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. سپس نتایج به دست آمده، به منظور مقایسه چهار روز نگهداری میگوها از نظر مشخصه‌های رنگی و بافتی بررسی گردید.

## 3- نتایج و بحث

### 3-1- تجزیه و تحلیل پردازش تصویر

#### 3-1-1- تجزیه و تحلیل اطلاعات رنگی

شکل 4 تصاویر نمونه‌ای از تغییرات میگو در طول نگهداری در یخ را نشان می‌دهد. طبق استاندارد 5750 سازمان استاندارد ایران، میگوی تازه، میگوی است که به دور از نور خورشید قرار گرفته باشد و هیچ‌گونه کار آماده سازی بر روی آن برای عرضه به بازار مصرف، صورت نگرفته باشد (شکل 4-الف و 4-ه). در شرایط مرطوب و خنک، در دمای صفر تا دو درجه سانتی‌گراد، نگهداری شده و از صید آن بیش از بیست و چهار ساعت نگذشته باشد. بر اساس همین استاندارد تغییر رنگ میگو حالتی است که بر اثر آن میگو زرد رنگ شده و مزه و طعم آن تغییر یافته باشد.

نیز برخوردار بود، در صورت امکان تعداد نرون‌های مخفی کم‌تری را مورد آزمایش قرار می‌دهند. جهت آموزش شبکه‌های عصبی از الگوریتم آموزشی مرسوم که بر اساس ساختار معروف پرسپترون چند لایه، مارکوارت-لونبرگ استفاده شد. تعداد تکرارهای شبکه<sup>1</sup> در این بررسی برای هر شبکه 250 دور در نظر گرفته شد. در پایان جهت بررسی و آزمون اعتبار شبکه‌ها، به ارزیابی عملکرد آن‌ها پرداخته شد. برای ارزیابی عملکرد شبکه، از دو روش زیر استفاده گردید:

ضریب تبیین: معیاری بدون بعد و بهترین مقدار آن برابر یک می‌باشد.

رابطه 1 نحوه محاسبه آن را نشان می‌دهد.

$$R^2 = \frac{\sum_{k=1}^K X_k Y_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^K X_k^2 \sum_{k=1}^K Y_k^2}} \quad (1)$$

در این رابطه  $X_k$ ؛ مقادیر مشاهداتی،  $Y_k$ ؛ مقادیر برآورد شده و  $K$  تعداد داده‌ها می‌باشد.

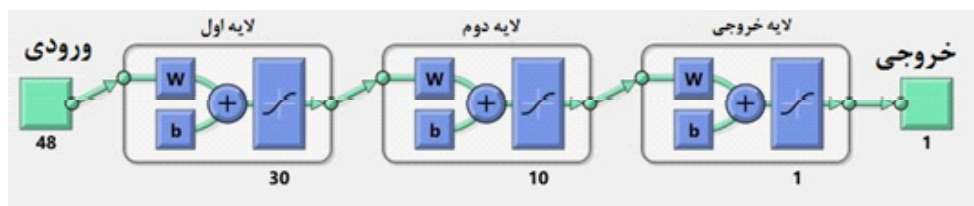
برای یافتن شبکه‌ها با معماری مناسب به کمک الگوریتم‌های آموزشی، از معیار خطای مربعات میانگین استفاده شد.

(2)

$$MSE = \frac{\sum_{p=1}^M \sum_{i=1}^N (S_{ip} - T_{ip})^2}{n_p \times n_0} \quad \left( T_{ip} = \frac{\sum_{p=1}^n S_{ip}}{n} \right)$$

در این معادله MSE خطای مربعات میانگین در مرحله آموزش،  $S_{ip}$  خروجی شبکه در نرون  $i$  و الگوی  $T_{ip}$ ،  $p$  خروجی هدف (حقیقی) در نرون  $i$  و الگوی  $n_0$ ،  $p$  تعداد نرون‌های لایه خروجی،  $N$  تعداد نرون‌های خروجی و  $m$  تعداد الگوهای آموزشی است. از توابع آستانه سیگموئیدی لگاریتمی و تانژانت سیگموئیدی در لایه پنهان و از تابع خطی در لایه خروجی استفاده شد (شکل 3).

1. Epoch



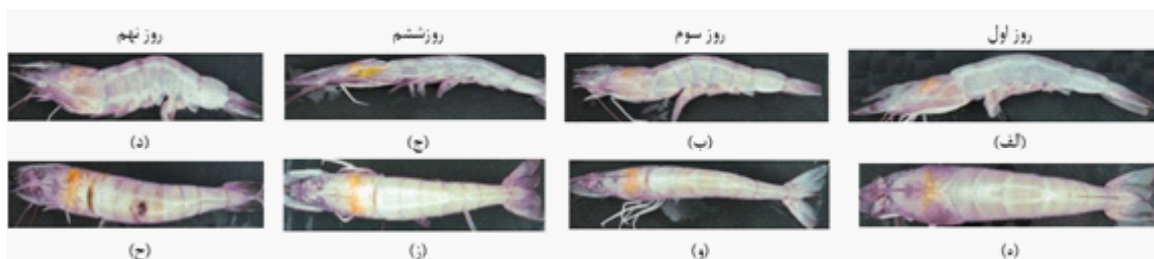
شکل (3) ساختار شبکه مدل ناظر مورد استفاده در این مطالعه

واضح است در طول دوره نگهداری، تصاویر میگو رو به تیرگی میل نموده و زردی تصویر بیش تر می شود (شکل 4-ب و 4-و). این تغییر به واسطه فعال شدن آنزیم ملانوزیم موجود در زیر پوست کیتینی آن فعال شده و بر اثر فعالیت آن لکه های سیاه رنگ بر روی پوست بدن میگو به وجود می آید. این تغییرات را می توان به تغییرات شیمیایی داخلی میگو نسبت داد (شکل

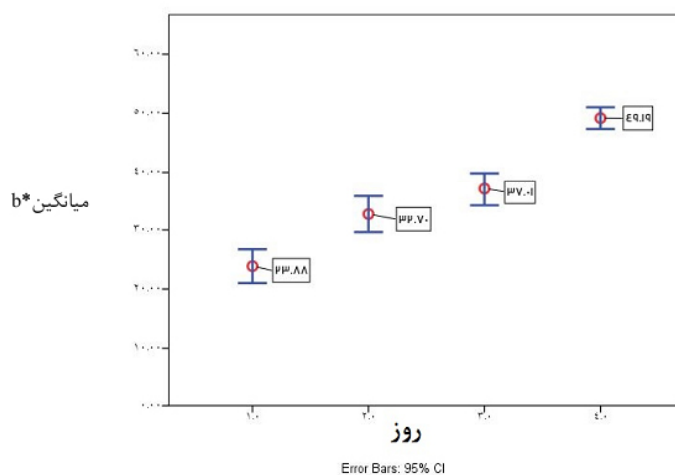
4-ج و 4-ز). در میگو کامل (پوست کنده و تمیز نشده) به مرور زمان آنزیم های هاضمه اکسید می شوند، در نتیجه نقاط سیاه در سر، دم و پا میگو به وجود می آید که اگر آنتی اکسیدان هایی مانند آسکوربیک اسید و سدیم بی سولفات به ظرف نگهداری میگو اضافه شود، از ظاهر شدن آن جلوگیری می شود (شکل 4-د و 4-ح). اولین اتفاقی که پس از دست دادن تازگی در میگو به وجود می آید تغییرات کاتابولیک در نوکلئوتیدها و کربوهیدرات ها است که به سرعت واکنش ترکیبات نیتروژنی و هم چنین هیدرولیز و پراکسیداسیون لیپیدها بستگی دارد. تغییرات شیمیایی در

چربی ها شامل تجزیه و تحلیل چربی، اکسیداسیون چربی و واکنش این مواد با قطعات غیر چربی، مانند پروتئین ها است. به عنوان مثال، رنگدانه زرد نتیجه واکنش تشکیل بین پروتئین و اکسید چربی است. این واکنش به نوبه خود تاثیر به سزایی در کاهش کیفیت میگو در مدت نگهداری به خصوص در شرایط نامناسب نگهداری دارد.

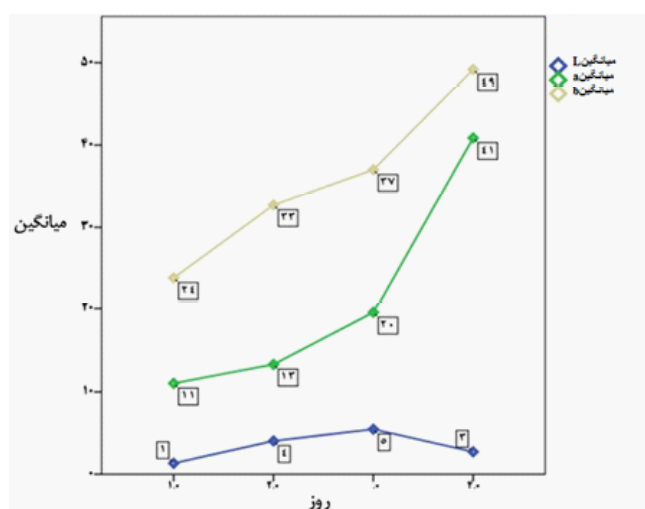
ماهی و دیگر محصولات شیلاتی دارای اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه است که در مقابل فساد اکسیداتیو در طول دوره انجماد بسیار حساس می باشند [29]. کاهش اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه به وسیله اکسیداسیون خودبه خود در طول دوره انجماد به شکل گیری پراکسید و هیدرو پراکسید و تندی چرب می انجامد و بنابراین میزان چربی و اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه نقش مهمی در سلامت و کیفیت محصول دارند [30]. سر میگوها چون از نظر وجود آنزیم های گوارشی غنی بوده، باعث فساد و تباهی گوشت میگو در قسمت انتهایی و دم میگو



شکل (4) تصاویر تغییرات رنگ میگو در طول نگهداری در یخ



شکل (5) تغییرات پارامتر  $b^*$  میگوهای نگهداری شده در یخ در طی 9 روز برای تصاویر از کنار 1: روز اول، 2: روز سوم، 3: روز ششم، 4: روز نهم



شکل (6) تغییرات پارامترهای L، a، b میگوهای نگهداری شده در یخ در طی 9 روز

مشاهده می‌شود، مقدار میانگین (L) در مدت نگهداری همواره کاهش داشته است.

با توجه به یافته‌های این پژوهش و مقایسه آن با مقالات مشابه که در زمینه‌های پردازش تصویر، تعیین کیفیت محصولات شیلاتی یا مواد غذایی می‌توان دلایل تغییر رنگ و بافت در مدت نگهداری 9 روز توجیه نمود. لوزاریگا و همکاران [31]، در بررسی و تحلیل شاخص‌های ظاهری میگوی سفید به‌وسیله ماشین بینایی نشان دادند در تغییر رنگ میگوی سفید در طول ذخیره‌سازی بر روی یخ 20 ویژگی از 64 ویژگی تصویری تفاوت معنی‌داری در سطح 5 درصد نداشتند.

شکل 7 تغییرات پارامترهای H، S و V میگوهای نگهداری شده در یخ را طی 9 روز نشان می‌دهد. طبق شکل، با افزایش تعداد روز نگهداری، مقدار روشنایی کاهش پیدا می‌یابد. بیش‌ترین مقدار روشنایی برابر با 0/347 برای روز نخست و کم‌ترین مقدار آن برای روز نهم با مقدار 0/228 به‌دست آمد. میزان مقدار روشنایی برای روزهای اول، ششم و نهم تفاوت معنی‌داری در سطح 5 درصد نسبت به هم داشتند، ولی مقدار این پارامتر برای روز سوم تفاوت معنی‌داری در سطح 5 درصد با روزهای اول و نهم نداشت. برای پارامترهای میانگین اصل رنگ (H) و میانگین اشباع (S) نیز در روزهای اول و سوم اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد با روزهای ششم و نهم مشاهده شد. علت کاهش میزان درخشندگی را می‌توان در آنزیم‌های گوارشی غنی جستجو کرد. شاید بتوان چنین گفت

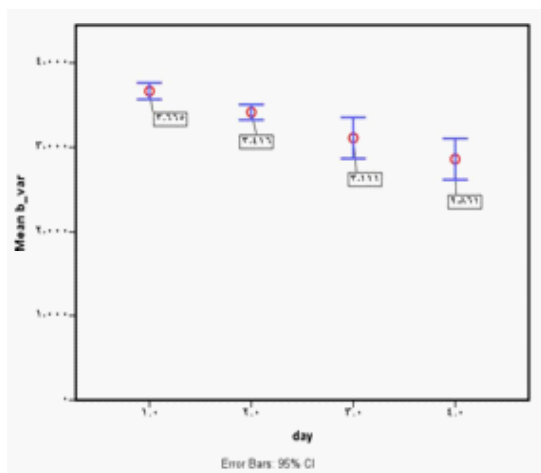
می‌شود. بنابراین تغییرات فیزیکی و شیمیایی بدن میگو با تغییرات رنگ و شمارش کلی میکروبی رابطه مستقیمی دارد. لذا تغییر رنگ سر، دم و پا معیار مناسبی برای تخمین شمارش کلی میکروبی میگو است.

پارامترهای آماری مولفه‌های فضای‌های رنگی مورد نظر از روزهای مورد مطالعه، محاسبه شدند. سپس نتایج به‌دست آمده به منظور مقایسه ویژگی‌های رنگی از نظر مشخصه‌های شمارش کلی میکروبی بررسی گردید. در بین این پارامترها، پارامتر  $b^*$  برای تصاویر از بالا و پارامترهای میانگین (R)، واریانس (B)، میانگین (V)، میانگین (Y)، میانگین (b\*) و میانگین (L) برای تصاویر از کنار در مدت روزهای نگهداری در سطح 5 درصد معنی‌دار بود. با افزایش تعداد روزهای نگهداری مقدار  $b^*$  افزایش یافت به طوری که از 23/88 به 49/19 رسید.

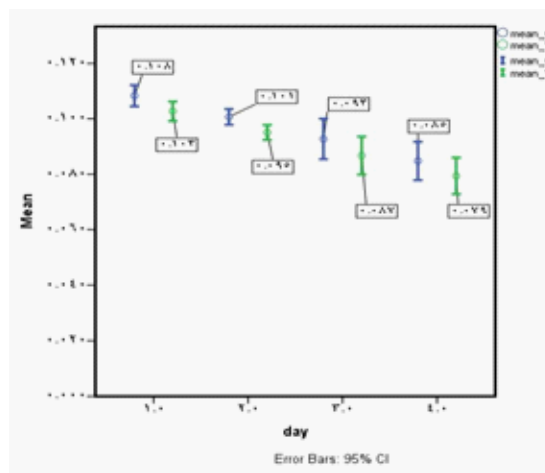
مطابق شکل 6-الف مقایسه میانگین‌های مقدار V و Y در مدت نگهداری در سطح 5 درصد نشان می‌دهد. میزان هر دو پارامتر به ترتیب از مقدار 0/108 به 0/075 و 0/103 به 0/079 کاهش یافت. شکل 6-ب تغییرات پارامتر واریانس (B) را در مدت روزهای نگهداری نشان می‌دهد. مقدار این پارامتر برای میگو همواره کاهش داشته است. این مقدار برای روز اول و روز نهم به ترتیب برابر با 3/665 و 2/861 است. با توجه به شکل 6-ج میانگین (R) و میانگین (y) سیری نزولی ولی میانگین (b\*) سیرلی صعودی داشته است. در شکل 6-د



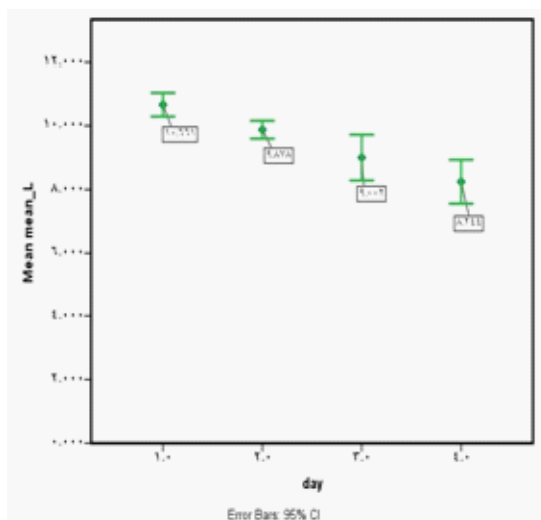
که به دلیل شرایط نامساعد رشد برای میکروارگانیسمها باشد و کاهش می‌تواند مربوط به تغییرات شیمیایی سریع سر و دم میگو و تغییر رنگ آن‌ها از سفید روشن به خاکستری و تیره باشد. محبی و همکاران (2009) در پیش‌بینی تغییرات محتوای رطوبتی میگو با استفاده شبکه‌های عصبی مصنوعی و پردازش دریافتند با افزایش دمای خشک کردن میگو تیره‌تر شده و پارامترهای  $L^*$  کاهش می‌یابد و پارامترهای  $a^*$  و  $b^*$  افزایش می‌یابد. مطابق جدول در هر چهار روز مذکور، برای همه مشخصه‌ها، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بنابراین برای جداسازی میگوها بر اساس روز می‌توان از 12 ویژگی تصویر استفاده کرد. اما به دلیل همپوشانی زیاد، میانگین  $(L^*)$ ، میانگین  $(a^*)$ ، میانگین  $(H)$ ، میانگین  $(S)$ ، و میانگین  $(V)$ ، واریانس  $(H)$ ، واریانس  $(S)$ ، واریانس  $(V)$ ، و بازه  $(V)$  به منظور افزایش دقت برنامه‌ها برای جداسازی روزها بر اساس رنگ میگو، از ویژگی میانگین  $(b^*)$  تصویر استفاده شود.



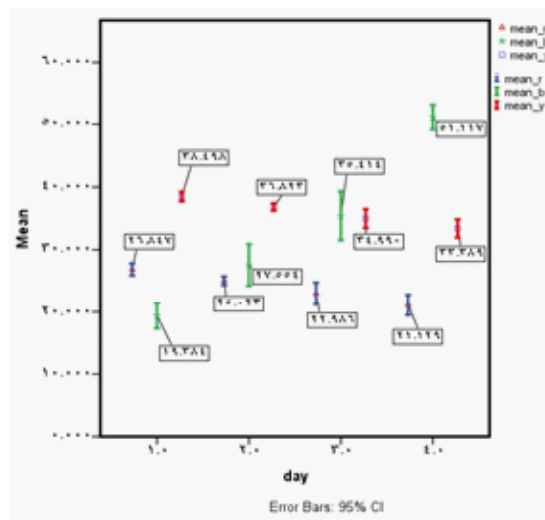
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل (7) الف تا د- به ترتیب تغییرات پارامترهای میانگین  $(V)$ ، میانگین  $(Y)$ ، واریانس  $(B)$ ، میانگین  $(R)$ ، میانگین  $(b^*)$ ، میانگین  $(v)$  و میانگین  $(l)$

**3-1-2- تجزیه و تحلیل اطلاعات بافتی**

میانگین 30 ویژگی بافتی از میگو با نمای تصویر برداری از کنار برای 4 روز نگهداری مورد آزمایش در جدول 1 ارائه شده است. مطابق جدول بین چهار روز مذکور از نظر مشخصه همبستگی مولفه GLCM\_S، GLCM\_G و GLCM\_V؛ مشخصه‌های آنتروپی GLCM\_S، GLCM\_B، GLCM\_G و GLCM\_R و GLCM\_V و هم‌جنسی GLCM\_B تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

میانگین 30 ویژگی بافتی از میگو با نمای تصویر برداری از بالا در جدول 2 ارائه شده است. مطابق جدول بین چهار روز مذکور از نظر مشخصه انرژی مولفه GLCM\_G و GLCM\_B و همچنین مشخصه‌های آنتروپی GLCM\_G و GLCM\_B و هم‌جنسی GLCM\_B و هم‌بستگی GLCM\_G تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

پژوهش‌های مشابهی در این راستا، با کمک ویژگی‌های بافتی و برای محصولات دیگر انجام شده است. اقبال و همکاران (2010) به طبقه بندی کیفیت گوشت خوک قطعه قطعه نشده و ژامبون بوقلمون، بر اساس ویژگی‌های رنگی و بافتی تصاویر پرداختند. آن‌ها 26 پارامتر رنگی و 40 پارامتر بافتی را از تصاویر خارج کردند. فضاها رنگی RGB، HSV و  $L^*a^*b^*$  مورد بررسی قرار گرفت. گوشت‌ها به‌طور موفقیت آمیزی در چهار طبقه قرار گرفتند [32]. در مطالعه دیگر، پوررضا و همکاران (2012) به شناسایی نه رقم بذر گندم ایرانی با استفاده از ویژگی بافت و پردازش تصویر پرداختند. آن‌ها 131 ویژگی بافت را از تصاویر سطح خاکستری، GLCM (ماتریس هم اتفاقی سطح خاکستری)، GLRM (ماتریس ران لنگس (run length) سطح خاکستری)، LBP (الگوهای باینری محلی)، LSP (الگوهای شباهت محلی) و LSN (مشابهت محلی) استخراج کردند [33].

**3-2- نتایج مرتبط با شمارش میکروبی**

نتایج آنالیز به‌دست آمده در خصوص شمارش کلی میکروبی در طی روزهای نگهداری در جدول 3 ارائه شده است. با توجه به جدول، می‌توان دریافت با افزایش روزهای نگهداری مقادیر شمارش کلی میکروبی افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است

حداکثر باکتری مجاز در یک گرم میگو  $10^7$  می‌باشد [34].

در این راستا ذوالفقاری و همکاران (1389) به بررسی روند تغییرات شیمیایی، میکروبی و حسی فیله ماهی قزل‌آلا در مدت 18 روز پرداختند. شاخص‌های مورد ارزیابی شامل اسیدهای چرب آزاد، شاخص تیوباربیتوریک اسید، مجموع بازهای نیتروژنی فرار، بار میکروبی کل و ارزیابی حسی بود. نتایج نشان داد تغییرات بار میکروبی کل در روزهای اولیه کند بوده، ولی از حدود 4 روز به بعد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این افزایش تا روز 12 ادامه داشت [35]. در مطالعه‌ای دیگر، معینی و پذیرا (1382)، تاثیر زمان نگهداری بر کیفیت دو نوع میگو را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نیز از آزمون‌های شمارش کلی باکتریایی و بار میکروبی کل بهره بردند و به نتایج مشابهی دست یافتند [36]. همچنین اودیلیچوکا و همکاران (2013)، در بررسی تغییر رنگ میگوی پا سفید اقیانوس آرام (وانامی) تازه برداشت شده و ذخیره شده بر روی یخ در مدت 12 روز به بررسی تغییر رنگ کل و مشخصه رنگینگی (کروما) پرداختند. آن‌ها تغییر رنگ کل برای 12 روز را بین  $4/92 \pm 2/47$  تا  $7/88 \pm 4/47$  و برای مشخصه رنگینگی (کروما)  $2/52 \pm 0/93$  تا  $6/44 \pm 1/54$  به صورت متغیر محاسبه کردند.

**3-3- تعیین شاخص های میکروبی با کمک مدل سازی رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی**

مطابق جدول 4 مدل رگرسیونی برای تخمین شاخص شمارش کلی میکروبی میگو بر اساس پارامترهای رنگی RGB، HSV، YIQ، YCbCr و  $L^*a^*b^*$  تصاویر بالا و کنار در مدت نگهداری تقریب زده شد. بهترین معادله تقریب زده شده، تخمین شاخص شمارش کلی میکروبی میگو برای شاخص رنگی  $L^*a^*b^*$  تصاویر از بالا با ضریب تبیین  $R^2 = 0/97$  به‌دست آمد. از نتایج جدول 4 می‌توان به خوبی دریافت شاخص‌های رنگی YCbCr و  $L^*a^*b^*$  تصاویر بهترین شاخص برای تخمین شمارش کلی میکروبی میگو هستند.

نتایج عملکرد شبکه عصبی برای تخمین شاخص‌های میکروبی تصاویر گرفته شده از کنار، در جدول 5 آورده شده است. همان‌طور که از جدول مذکور نیز مشخص است، از بین ساختارهای مختلف لایه پنهان، توپولوژی‌هایی که بهترین

جدول (1) میانگین ویژگی‌های بافتی میگو با نمای تصویر برداری از کنار برای 4 روز نگهداری

روز نگهداری				
نهم	ششم	سوم	اول	
0/0502 <sup>a</sup>	0/0569 <sup>ab</sup>	0/0483 <sup>a</sup>	0/0630 <sup>b</sup>	کنتراست (GLCM_ R)
0/9749 <sup>b</sup>	0/9717 <sup>ab</sup>	0/9760 <sup>b</sup>	0/9687 <sup>a</sup>	هم جنسی (GLCM_ R)
0/4879 <sup>ab</sup>	0/5670 <sup>a</sup>	0/5327 <sup>b</sup>	0/4482 <sup>a</sup>	انرژی (GLCM_ R)
0/9894 <sup>ab</sup>	0/9880 <sup>a</sup>	0/9903 <sup>b</sup>	0/9889 <sup>ab</sup>	هم بستگی (GLCM_ R)
0/9918 <sup>a</sup>	0/9871 <sup>a</sup>	0/9936 <sup>a</sup>	0/9939 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_ R)
0/0541 <sup>a</sup>	0/0603 <sup>a</sup>	0/0599 <sup>a</sup>	0/0807 <sup>b</sup>	کنتراست (GLCM_ G)
0/9730 <sup>b</sup>	0/9700 <sup>b</sup>	0/9702 <sup>b</sup>	0/9598 <sup>a</sup>	هم جنسی (GLCM_ G)
0/4498 <sup>b</sup>	0/4262 <sup>b</sup>	0/4547 <sup>b</sup>	0/3225 <sup>a</sup>	انرژی (GLCM_ G)
0/9871 <sup>a</sup>	0/9852 <sup>a</sup>	0/9875 <sup>a</sup>	0/9852 <sup>a</sup>	هم بستگی (GLCM_ G)
0/9954 <sup>a</sup>	0/9923 <sup>a</sup>	0/9939 <sup>a</sup>	0/9936 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_ G)
0/0588 <sup>a</sup>	0/0625 <sup>a</sup>	0/0598 <sup>a</sup>	0/0776 <sup>b</sup>	کنتراست (GLCM_ B)
0/9706 <sup>a</sup>	0/9690 <sup>a</sup>	0/9703 <sup>a</sup>	0/9614 <sup>a</sup>	هم جنسی (GLCM_ B)
0/4174 <sup>b</sup>	0/4109 <sup>b</sup>	0/4435 <sup>b</sup>	0/3122 <sup>a</sup>	انرژی (GLCM_ B)
0/9860 <sup>a</sup>	0/9855 <sup>a</sup>	0/9875 <sup>a</sup>	0/9846 <sup>ba</sup>	هم بستگی (GLCM_ B)
0/9951 <sup>a</sup>	0/9913 <sup>a</sup>	0/9944 <sup>a</sup>	0/9942 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_ B)
0/2751 <sup>a</sup>	0/3227 <sup>b</sup>	0/3395 <sup>b</sup>	0/2641 <sup>a</sup>	کنتراست (GLCM_ B)
0/9763 <sup>b</sup>	0/9710 <sup>a</sup>	0/9712 <sup>a</sup>	0/9763 <sup>a</sup>	هم جنسی (GLCM_ H)
0/4346 <sup>c</sup>	0/4171 <sup>bc</sup>	0/3476 <sup>a</sup>	0/3919 <sup>b</sup>	انرژی (GLCM_ H)
0/9160 <sup>c</sup>	0/8901 <sup>a</sup>	0/8902 <sup>a</sup>	0/9038 <sup>b</sup>	هم بستگی (GLCM_ H)
0/2192 <sup>b</sup>	0/9222 <sup>a</sup>	0/1156 <sup>a</sup>	0/8076 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_ H)
0/0556 <sup>b</sup>	0/0525 <sup>b</sup>	0/0446 <sup>a</sup>	0/0429 <sup>a</sup>	کنتراست (GLCM_ S)
0/9723 <sup>a</sup>	0/9739 <sup>a</sup>	0/9777 <sup>b</sup>	0/9786 <sup>b</sup>	هم جنسی (GLCM_ S)
0/4438 <sup>a</sup>	0/4513 <sup>a</sup>	0/5034 <sup>b</sup>	0/5000 <sup>b</sup>	انرژی (GLCM_ S)
0/9101 <sup>a</sup>	0/9175 <sup>a</sup>	0/9151 <sup>a</sup>	0/9171 <sup>a</sup>	هم بستگی (GLCM_ S)
0/9295 <sup>a</sup>	0/9622 <sup>a</sup>	0/9357 <sup>a</sup>	0/9637 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_ S)
0/0583 <sup>a</sup>	0/0619 <sup>a</sup>	0/0583 <sup>a</sup>	0/0783 <sup>b</sup>	کنتراست (GLCM_ V)
0/9709 <sup>b</sup>	0/9693 <sup>b</sup>	0/9710 <sup>b</sup>	0/9611 <sup>a</sup>	هم جنسی (GLCM_ V)
0/4184 <sup>b</sup>	0/4076 <sup>b</sup>	0/4450 <sup>b</sup>	0/3100 <sup>a</sup>	انرژی (GLCM_ V)
0/9878 <sup>a</sup>	0/9870 <sup>a</sup>	0/9889 <sup>a</sup>	0/9863 <sup>a</sup>	هم بستگی (GLCM_ V)
0/9953 <sup>a</sup>	0/9913 <sup>a</sup>	0/9956 <sup>a</sup>	0/9933 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_ V)

میانگین‌های با علامت یکسان در هر سطر در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

جدول (2) میانگین ویژگی‌های بافتی میگو با نمای تصویر برداری از بالا برای 4 روز نگهداری

روز نگهداری				
نهم	ششم	سوم	اول	
0/0549 <sup>a</sup>	0/0593 <sup>a</sup>	0/0738 <sup>b</sup>	0/829 <sup>b</sup>	کنتراست (GLCM_R)
0/9725 <sup>b</sup>	0/9704 <sup>b</sup>	0/9632 <sup>a</sup>	0/9586 <sup>a</sup>	هم‌جنسی (GLCM_R)
0/4558 <sup>b</sup>	0/4447 <sup>b</sup>	0/4492 <sup>b</sup>	0/3352 <sup>a</sup>	انرژی (GLCM_R)
0/9860 <sup>c</sup>	0/9848 <sup>b</sup>	0/9825 <sup>ab</sup>	0/9811 <sup>a</sup>	هم‌بستگی (GLCM_R)
0/9932 <sup>ab</sup>	0/9918 <sup>a</sup>	0/9981 <sup>b</sup>	0/9968 <sup>ab</sup>	آنتروپی (GLCM_R)
0/0679 <sup>a</sup>	0/0710 <sup>ab</sup>	0/0690 <sup>a</sup>	0/0798 <sup>b</sup>	کنتراست (GLCM_G)
0/9602 <sup>b</sup>	0/9645 <sup>ab</sup>	0/9656 <sup>b</sup>	0/9602 <sup>a</sup>	هم‌جنسی (GLCM_G)
0/3668 <sup>a</sup>	0/3623 <sup>a</sup>	0/3333 <sup>a</sup>	0/3323 <sup>a</sup>	انرژی (GLCM_G)
0/9793 <sup>a</sup>	0/9782 <sup>a</sup>	0/9806 <sup>a</sup>	0/9786 <sup>a</sup>	هم‌بستگی (GLCM_G)
0/9931 <sup>a</sup>	0/9919 <sup>a</sup>	0/9963 <sup>a</sup>	0/9967 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_G)
0/0621 <sup>ab</sup>	0/0680 <sup>b</sup>	0/0581 <sup>a</sup>	0/0695 <sup>b</sup>	کنتراست (GLCM_B)
0/9690 <sup>a</sup>	0/9661 <sup>a</sup>	0/9710 <sup>a</sup>	0/9653 <sup>a</sup>	هم‌جنسی (GLCM_B)
0/3462 <sup>a</sup>	0/3575 <sup>a</sup>	0/3332 <sup>a</sup>	0/3449 <sup>a</sup>	انرژی (GLCM_B)
0/9793 <sup>a</sup>	0/9788 <sup>a</sup>	0/9827 <sup>a</sup>	0/9790 <sup>b</sup>	هم‌بستگی (GLCM_B)
1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	0/9900 <sup>a</sup>	0/9900 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_B)
0/2046 <sup>a</sup>	0/2439 <sup>bc</sup>	0/2656 <sup>c</sup>	0/2278 <sup>ab</sup>	کنتراست (GLCM_H)
0/9797 <sup>b</sup>	0/9754 <sup>a</sup>	0/9746 <sup>a</sup>	0/9762 <sup>a</sup>	هم‌جنسی (GLCM_H)
0/4669 <sup>c</sup>	0/4418 <sup>bc</sup>	0/3571 <sup>a</sup>	0/4195 <sup>b</sup>	انرژی (GLCM_H)
0/9350 <sup>c</sup>	0/9126 <sup>a</sup>	0/9129 <sup>a</sup>	0/9221 <sup>b</sup>	هم‌بستگی (GLCM_H)
0/2832 <sup>b</sup>	0/1026 <sup>a</sup>	0/1950 <sup>ab</sup>	0/1070 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_H)
0/0551 <sup>c</sup>	0/0469 <sup>b</sup>	0/0426 <sup>ab</sup>	0/0395 <sup>a</sup>	کنتراست (GLCM_S)
0/9724 <sup>a</sup>	0/9766 <sup>b</sup>	0/9786 <sup>bc</sup>	0/9802 <sup>c</sup>	هم‌جنسی (GLCM_S)
0/4579 <sup>a</sup>	0/4706 <sup>ab</sup>	0/4913 <sup>b</sup>	0/4678 <sup>ab</sup>	انرژی (GLCM_S)
0/9215 <sup>a</sup>	0/9251 <sup>ab</sup>	0/9290 <sup>ab</sup>	0/9335 <sup>b</sup>	هم‌بستگی (GLCM_S)
0/9566 <sup>b</sup>	0/9335 <sup>ab</sup>	0/9090 <sup>a</sup>	0/9029 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_S)
0/0628 <sup>a</sup>	0/0691 <sup>ab</sup>	0/0616 <sup>a</sup>	0/0726 <sup>b</sup>	کنتراست (GLCM_V)
0/9686 <sup>b</sup>	0/9655 <sup>ab</sup>	0/9693 <sup>b</sup>	0/9638 <sup>a</sup>	هم‌جنسی (GLCM_V)
0/3443 <sup>a</sup>	0/3532 <sup>a</sup>	0/3274 <sup>a</sup>	0/3443 <sup>a</sup>	انرژی (GLCM_V)
0/9836 <sup>ab</sup>	0/9820 <sup>a</sup>	0/9848 <sup>b</sup>	0/9823 <sup>ab</sup>	هم‌بستگی (GLCM_V)
0/9947 <sup>a</sup>	0/9928 <sup>a</sup>	0/9955 <sup>a</sup>	0/9975 <sup>a</sup>	آنتروپی (GLCM_V)

میانگین‌های با علامت یکسان در هر سطر در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

جدول (3) میانگین شمارش کلی میکروبی برای روزهای نگهداری

روز نگهداری			
اول	سوم	ششم	نهم
$(2/3 \pm 0/5) \times 10^5$	$(3/067 \pm 0/737) \times 10^5$	$(3/833 \pm 0/907) \times 10^5$	$(4/833 \pm 0/954) \times 10^5$

جدول (4) مدل رگرسیونی برای تخمین شاخص شمارش کلی میکروبی میگو بر اساس پارامترهای رنگی تصاویر بالا و کنار در مدت نگهداری

شاخص رنگی	مدل	ضریب تبیین $R^2$
RGB تصاویر از کنار	$M = 1/269R - 1/109G + 0/073B$	0/884
RGB تصاویر از بالا	$M = 1/328R - 0/647G - 0/603B$	0/844
HSV تصاویر از کنار	$M = 17/241H + 143/602S - 6/810V$	0/857
HSV تصاویر از بالا	$M = -16/156H + 302/789S - 7/671V$	0/854
YIQ تصاویر از کنار	$M = 22/122Y + 407/353I + 352/051Q$	0/884
YIQ تصاویر از بالا	$M = 19/839Y + 539/018I + 54/999Q$	0/844
ycber تصاویر از کنار	$M = -0/114y - 0/943cb + 1/007cr$	0/908
ycber تصاویر از بالا	$M = -0/202y - 0/060cb + 0/024cr$	0/904
$L^*a^*b^*$ تصاویر از کنار	$M = -0/030L^* - 0/008a^* + 0/105b^*$	0/937
$L^*a^*b^*$ تصاویر از بالا	$M = -0/189L^* - 0/081a^* + 0/174b^*$	0/925

M = شمارش کلی میکروبی

جدول (5) عملکرد شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین شاخص های میکروبی با کمک شاخص های رنگی تصاویر گرفته شده

نوع تصویر	توپولوژی	MSE	$R^2$
کنار	36-30-10-1	$4/05 \times 10^{-5}$	0/89
بالا	36-30-10-1	$9/50 \times 10^{-11}$	0/93

میانگین مربعات خطا = MSE، ضریب تغییرات =  $R^2$ 

نتیجه را برای پیش بینی تازگی میگو داشتند، آورده شده است. بهترین شبکه پیش بینی ممکن یعنی تطابق شبکه بر هدف برای این توپولوژی ها، مقادیر ضریب تغییرات ( $R^2$ ) و میانگین مربع خطای آموزشی (MSE) به ترتیب آورده شده است. شرایط مذکور برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی ایده آل است، زیرا ضریب تبیین بیانگر انطباق کامل نقاط پیش بینی شده بر نقاط داده های تجربی است و خطای بسیار پایین شبکه بیانگر تقریب های مناسبی نسبت به مقادیر تجربی پیشگویی نموده می باشد.

اعتبارسنجی شبکه عصبی مصنوعی آموزش داده شده برای 15٪ داده های تجربی است که برای آموزش در اختیار شبکه نبوده اند. مشاهده می شود که شبکه عصبی آموزش داده شده تقریب های مناسبی نسبت به مقادیر تجربی پیشگویی نموده

#### 4- نتیجه گیری

در این مقاله برای تخمین شاخص شمارش کلی میکروبی میگو ابتدا با استفاده از روش پردازش تصویر مشخصه‌های رنگی و بافتی را شناسایی و استخراج کرده و در نهایت پیش‌بینی را با استفاده از مدل رگرسیونی و شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون انجام دادیم.

مقایسه بین ضرایب تبیین  $R^2$ ، مدل رگرسیونی (جدول 4) و مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی (جدول‌های 5 و 6) با توپولوژی 1-10-30-36، نشان می‌دهد که بهترین فضای رنگی برای تخمین شمارش میکروبی، فضای رنگی  $L^*a^*b^*$  می‌باشد. در این مدل ضریب تبیین برای تصاویر از بالا و کنار به ترتیب برابر با 0/925 و 0/937 است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مدل شبکه عصبی بهترین روش برای تخمین شمارش کلی میکروبی استفاده از ویژگی رنگی تصاویر از بالا و کنار است؛ زیرا مقدار ضریب تبیین و مربع کم‌ترین خطا به ترتیب 0/89،  $e^{-5}$  و 4/05 به دست آمد.

شاید بتوان کم‌تر شدن مقدار ضریب تبیین در مدل شبکه عصبی نسبت به مدل رگرسیونی را به ورودی زیاد شبکه عصبی ربط داد. لذا به پژوهشگران علاقمند به ادامه کار در این زمینه توصیه و پیشنهاد می‌شود که برای به دست آوردن بهترین عملکرد شبکه عصبی داده‌های ورودی شبکه عصبی را با استفاده از روش‌های PCA بهینه‌سازی و انتخاب کنند. بنابراین نتایج حاصل، می‌توان از هر دو مدل با تقریب خوبی به عنوان روشی ساده و کم هزینه برای پیش‌بینی شمارش کلی میکروبی با زمان و تغییرات رنگی و بافتی در سیستم‌های کنترل به کار برد. با توجه به پژوهش انجام شده توصیه می‌گردد که کارایی دیگر شبکه‌های عصبی، از جمله شبکه کوانتیزه نمودن برداری، ماشین بردار پشتیبانی و شبکه عصبی تابعی پایه شعاعی را نیز آزمایش نموده تا میزان کارایی سه شبکه فوق را جهت استفاده در این قبیل محصولات بیازماییم. از آنجایی که نتایج تحقیقات حاکی از تغییر رنگ ظاهری گوشت میگو همراه با تغییرات شدید در بوی آن، با افزایش روزهای نگهداری بوده است، پیشنهاد می‌شود از بینی الکترونیک برای تخمین شاخص‌های میکروبی میگو استفاده و نتایج به دست آمده با نتایج این تحقیق مورد بررسی قرار گیرد، زیرا این روش، روشی کم هزینه و غیر مخرب می‌باشد.

است. پیش‌بینی شمارش کلی میکروبی میگو برای 4 روز مختلف بر اساس مشخصه‌های رنگی و بافتی برای اولین بار در دنیا مطرح می‌گردد و امید است که در آینده نه چندان دور این پژوهش ارتقا داده شده و برای تعیین و کنترل کیفیت محصولات شیلاتی مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به آزمون شبکه‌های مختلف و بررسی نتایج آن، مشاهده گردید که الگوریتم پس انتشار خطا با توپولوژی‌های مذکور، واجد بهترین نتیجه از نظر معیارهای در نظر گرفته شده برای شبکه عصبی است. زمانی که خطا در حین آموزش دیدن زیاد باشد و یا با الگوهای نامناسب صورت پذیرد، منحنی آموزش شبکه به سوی خط بهترین حالت میل نموده و مقداری از خط هدف فاصله دارد. در حالت فعلی، مشاهده می‌شود که خط بهترین حالت و هدف نزدیک به هم هستند. بنابراین می‌توان بیان کرد که آموزش شبکه به بهترین صورت انجام پذیرفته است. در این جا با سه مجموعه، مجموعه آموزشی، مجموعه برای اعتبار سنجی و مجموعه‌ای برای آزمون کار شده است. این نمودار نشان می‌دهد که با افزایش تکرارها در مجموعه آموزش، مقدار MSE کاهش می‌یابد. با افزایش تعداد دوره‌ها، خطا کاهش پیدا می‌کند، یعنی شبکه بر روی داده‌های آموزشی برازنده می‌شود. بیش‌ترین ضریب تغییرات ( $R^2$ ) با مقدار 0/93 برای تخمین شاخص شمارش کلی میکروبی بوده است.

عملکرد شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین شاخص‌های میکروبی با کمک شاخص‌های بافتی تصاویر گرفته شده در جدول 6 ارائه شده است. مطابق جدول بیش‌ترین ضریب تغییرات ( $R^2$ ) با مقدار 0/88 برای شاخص شمارش کلی میکروبی بوده است. بنابراین برای تخمین شاخص شمارش کلی میکروبی تصاویر گرفته شده از بالا بهتر از تصاویر گرفته شده از کنار است.

در پژوهش‌های مشابه، دولتی و همکاران (2013)، در تعیین تازگی ماهی نیز این افزایش مقدار  $L^*$  را در 17 روز گزارش کردند. آن‌ها، این تغییرات را مربوط به تغییرات شیمیایی سریع رنگ چشم ماهی از سیاه تیره به سیاه روشن آسمانی دانستند. هم‌چنین آن‌ها از دو مدل رگرسیونی و شبکه عصبی برای تخمین میزان تازگی ماهی بهره بردند. نتایج نشان داد که هر دو مدل پیش‌بینی تازگی به خوبی کارایی دارند. مدل رگرسیونی به عنوان روش محاسباتی آسان‌تر و مدل شبکه عصبی به عنوان روش کارآمدتر توصیه شدند.

جدول (6) عملکرد شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین شاخص شمارش کلی میکروبی با کمک شاخص‌های بافتی تصاویر گرفته شده

نوع تصویر	توپولوژی	MSE	R <sup>2</sup>
کنار	36-30-10-1	8/06 e-5	0/87
بالا	36-30-10-1	0/000149	0/88

میانگین مربعات خطا=MSE، ضریب تغییرات=R<sup>2</sup>

## منابع

- [1] محبی، م.؛ اکبرزاده، م.؛ شهیدی، ف.؛ پورشهابی، م. (1387). بررسی امکان کاربرد ماشین بینایی و شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی میزان رطوبت میگوی خشک شده. *چهارمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران*.
- [2] منهای، م. (1384) مبانی شبکه‌های عصبی (هوش محاسباتی). چاپ سوم، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر، جلد 1، ص 712.
- [3] اصلاح، پ. (1383) آنالیز برگشتی در آزمایش SASW با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران، دانشکده فنی، دانشگاه ارومیه*.
- [4] استاندارد ملی ایران، کد 5750، (1380). میگوی تازه، آماده سازی، طبقه‌بندی، بسته‌بندی و نشانه‌گذاری.
- [5] گلی، ر.؛ قاسمی ورنامخواستی، م. (1392) بررسی روش‌های مهم فیزیکی و کاربردی اخیر در تعیین تازگی و کیفیت میگو. *هشتمین کنگره ملی مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون*.
- [6] گلی، ر.؛ محمد رزداری، آ.؛ قاسمی ورنامخواستی، م. (1392). کاربرد سامانه پردازش تصویر به منظور ارزیابی خصوصیات و طول ماهی. *دومین همایش ملی توسعه و پرورش ماهیان سردآبی*.
- [7] محمودی، ا. (1384) ارائه یک الگوریتم مناسب مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی جهت جداسازی پسته‌های خندان از پسته‌های ناخندان به روش آکوستیکی به صورت زمان واقعی. *رساله دکتری، دانشگاه تهران*. ص 222.
- [8] سیگاری، م.ح.؛ سیگاری، ح.؛ مزینی، ن. (1389) تخمین مدت زمان خشک‌شدن مواد غذایی با استفاده از بینایی کامپیوتر و شبکه عصبی. *ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون*.
- [9] Shafafi Zenoozian, M., Pourreza, H.R., Sigari, M. H., Razavi, S.M.A., Shahidi, F. (2007). An application of image analysis to dehydration of osmosed pumpkin by hot air drying. *4th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing*, 588-592.
- [10] Otsu, N., (1979). A threshold selection method from gray-level histograms, *IEEE transactions on systems, Man, and Cybernetics*, 9(1) 1, 62-66.
- [11] Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., Leon, J. (2006). Color measurements in L\*a\*b\* units from RGB digital images. *Food Res. Int.*, 39, 1084-1091.
- [12] منهای، م.ب. (1379) مبانی شبکه‌های عصبی. جلد اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- [13] بیل، آر.؛ جکسون، تی. (1380) آشنایی با شبکه‌های عصبی. ترجمه دکتر محمود البرزی، چاپ اول، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
- [14] Hosseinpour, S. Rafiee, S.H., Mohtasebi, S.S., Aghbashlo, M. (2013). Application of computer vision technique for on-line monitoring of shrimp color changes during drying. *J. Food Eng.*, 115(1), 99-114.
- [15] Hosseinpour, S., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S. (2011). Application of image processing to analyze shrinkage and shape changes of shrimp batch during drying. *J. Drying Technol.*, 29(12), 1416-1438.
- [16] Mohebbi, M., Akbarzadeh Totonchi, M.R., Shahidi, F., Pourshahabi, M.R. (2007). Investigate the sibility of machine vision and artificial neural networks in predicting moisture content of dried shrimp.

- treated with different slaughter processing by infrared spectroscopy. *J. Food Chem.*, 151, 306–310.
- [25] Anonymous. Institute of shrimp. (2008). Brief review the shrimp. Extension organizations. *Agriculture Research and Education, Institute of Fisheries Research.*
- [26] Norman, F.H., Benjamin, K.S. (2000). *Seafood Enzymes Utilization and Influence on Postharvest Sea-Food Quality*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- [27] بهروزی خزاعی، ن.؛ توکلی، ت.؛ امیری چایجان، ر.؛ خوش تقاضا، م.ه. (1389) کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی محتوای رطوبتی در طی فرایند خشک کردن انگور. *ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون.*
- [28] Dayhoff, J.E. (1990). *Neural Network Principles*. Prentice-Hall International, U.S.A
- [29] Khanna, T. (1990). *Foundation of Neural Networks*. Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.
- [30] Jeong, J.W., Jo, J.H., Lim, S.D., Kang, T.S. (1991). Change in quality of frozen breaded raw shrimp by storage temperature fluctuation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23, 532–537.
- [31] Luzuriaga, D.A., Balaban, Murat. O., Yeralan S., (1997). Analysis of visual quality attributes of white shrimp by machine vision. *J. Food Sci.*, 62.
- [32] Iqbal, A., Valous, N.A., Mendoza. F., Sun, D.W., Allen, P. (2010). Classification of presliced pork and Turkey ham qualities based on image colour and textural features and their relationships with consumer responses. *Meat Sci.*, 84, 455–465.
- [33] Pourreza .A., Pourreza, H.R., Abbaspour-Fard, M.H., Sadrnia, H. Identification of nine Iranian wheat seed varieties by textural analysis with image processing. *Comput. Electron. Agr.*, 83, 102–108
- [34] استاندارد ملی ایران. شماره 356. (1375) شمارش کلی میکروبی با عنوان شمارش میکروارگانیسیم‌ها.
- [35] ذوالفقاری، م.؛ شعبانپور، ب.؛ فلاح زاده، س. (1389) In: Proceeding of the 4th Conference on machine vision and image processing, 13-14 Feb, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- [17] سیف زاده، م.؛ خانی پور، ع.؛ جلیلی، س.ح. (1392) بررسی تاثیر آنتی اکسیدان گیاهی عصاره دانه انگور بر کیفیت شیمیایی، حسی و لکه سیاه میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) طی نگهداری در دمای 18- درجه سانتی‌گراد به مدت شش ماه. *مجله علوم و صنایع غذایی، دوره 10، شماره 40، ص 69-79.*
- [18] Dowlati, M., Mohtasebi, S.S., Omid, M., Razavi, S.H., Jamzad, M., Guardia, M. (2013). Freshness assessment of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by machine vision based on gill and eye color changes. *J. Food Eng.*, 119, 277–287.
- [19] Qingzhu, Z. (2003). Quality indicators of northern shrimp (*Pandalus borealis*) stored under different cooling conditions. *Final project* Dalian Fisheries University. Heishijiao 52. DaLian. 116023. China.
- [20] Odilichukwu, R.C., Okpala., Choo, W.S., Dykes, G.A. (2013). Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeusvannamei*) freshly harvested and stored on ice. *LWT. Food Sci. Technol.*, 55, 110-116.
- [21] برآنی، م. (1393) تعیین میزان چروکیدگی قارچ خوراکی در طی فرایند خشک کردن با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال. *پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی.*
- [22] Sajikumar, N., Thandaveswara, B.S. (1999). Non Liner rainfall run off Model using artificial neural network. *J. Haydrology*, 216, 32-35.
- [23] Mohebbi, M., Akbarzadeh, M.R., Shahidi, F., Moussavi, M., Ghoddusi, H.B. (2009). Computer vision system (CVS) for moisture content estimation in dehydrated shrimp. *Comput. Electron. Agr.*, 69 (2), 128–134.
- [24] Lin Fu, L., Chen, X., Wang, Y. (2014). Quality evaluation of farmed whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*,



بررسی روند تغییرات شیمیایی، میکروبی و حسی فیله ماهی قزل آلابی رنگین کمان جهت تعیین مدت زمان ماندگاری آن طی نگهداری در دمای یخچال. *مجله منابع طبیعی ایران*. دوره 64، شماره 2، ص 107-119.

[36] معینی، س.؛ پذیرا، ع. (1382) تاثیر زمان نگهداری در سردخانه در کیفیت میگوی پرورشی و دریایی. *نشریه شیلات. مجله منابع طبیعی ایران*. دوره 57، شماره 3، ص 469-478.