

## ارائه الگوریتم مناسب جهت تعیین نقطه بهینه جداسازی سر ماهی بر اساس خصوصیات مستخرج از پردازش تصویر

حسن صفی یاری<sup>1</sup>، عبدالعباس جعفری<sup>2</sup>، محمد حسین رئوفت<sup>3</sup>، حسین عبادی<sup>4</sup>

1 - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز

2 - استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز

3 - استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز

4 - دانشجوی کارشناسی گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز

[Safiyari.hasan@gmail.com](mailto:Safiyari.hasan@gmail.com)

### چکیده

یکی از مشکلاتی که در مکانیزاسیون شیلات در ارتباط با جداسازی سر ماهی وجود دارد، خارج شدن مقداری از گوشت ماهی به عنوان ضایعات می باشد. لذا طراحی دستگاهی که بتواند ضایعات سر زنی ماهی را کم کند ضروری می باشد. جهت حصول این هدف لازم بود مطالعات مقدماتی صورت گیرد. لذا ابتدا با عکسبرداری اشعه ایکس از 75 عدد ماهی قزل آلا، بافت داخلی ماهی به همراه امعاء و احشاء و اسکلت ماهی مشخص گردید. سپس مناسب ترین منطقه جهت جداسازی سر ماهی که کمترین اتلاف گوشت را داشته باشد (در پشت برانشی) شناسایی شد. در ادامه توسط برنامه ای که در نرم افزار MATLAB 2009 تهیه شد فاصله نقطه بهینه برش تا نوک ماهی محاسبه گردید. سپس فاصله بهینه برش بر اساس خصوصیات مستخرج از پردازش تصویر (طول، ارتفاع، قطر معادل، قطر بزرگ بیضی، قطر کوچک بیضی، مساحت و محیط ماهی) در قالب مدل های خطی رگرسیونی با روش گام به گام برآورد شد. نتایج نشان داد که ضرایب تبیین جهت تخمین فاصله بهینه برش توسط خصوصیات مستخرج از پردازش تصویر همگی قابل قبول بودند. بهترین مدل جهت پیش بینی شعاع برش بر اساس قطر معادل  $ED = 1.5072 R + 3.696$  با ضریب تبیین  $R^2 = 93.12$  و  $RMSE = 1.33$  به دست آمد.

کلمات کلیدی: نقطه بهینه برش، جداسازی سر، ماهی قزل آلا، پردازش تصویر

### مقدمه

یکی از منابع مهم و حیاتی در عرصه مواد غذایی برای بشریت، شیلات و فرآورده های وابسته به آن می باشد. نگرانی روز افزون بشریت به تولید هرچه بیشتر برای مقابله با آینده ای نه چندان دور اهمیت آن را بالا می برد و از طرف دیگر موجب شده که تحقیقات و بررسی های ویژه ای در جهت مصرف هر چه بهتر این منابع ارزشمند و قابل دسترس و کاهش ضایعات موجود در این عرصه انجام پذیرد (3).

همانطور که گفته شد، یکی از معضلات موجود در زمینه شیلات و کارگاه های فرآوری آنها، تولید ضایعات قابل توجه و با ارزشی است که با ارائه راهکار مناسب می توان این میزان را به حداقل رساند. آن چه از تحقیقات پیشین بر می آید، از کل تولید 461 هزار تن شیلات، 40 درصد آن به طرق مختلف از جمله پوست، امعاء و احشاء، سر و بال ها و دم دور ریخته می شود که از نظر مقدار بالغ بر صد و هفتاد و شش هزار تن می شود که ارزشی معادل با 12701 میلیارد ریال و یا به عبارتی زبانی حدود 207 میلیارد تومان به همراه خواهد داشت (1).

بنابراین بررسی ضایعات محصولات شیلات و راههای جلوگیری از آن اهمیت ویژه ای دارد. می توان گفت تقریباً 85 درصد از ماهیان صید شده به صورت تازه خوری مصرف شده و توسط بخش شهری و شهروندان تمیز و پاک شده و این میزان 40 درصد ضایعات تولیدی است که پس از پاک شدن به عنوان زباله یا پسماند وارد سیستم جمع آوری زباله های شهری می شود. حدود 15 درصد باقیمانده توسط کارگاههای صنعتی عمل آوری شود (2) که ارائه یک سیستم دقیق و الگوریتم مناسب در زمان تمیز کردن آنها (برای ماهی، جدا کردن سر و دم) موجب کاهش چشمگیر ضایعات و استفاده ی بهینه از مواد غذایی موجود خواهد شد.

ونزل (1974) توانست با ثبت اختراعی تحت عنوان دستگاه برش دهنده ماهی مکانیزمی برای پاک کردن ماهی ارائه کند (7) این دستگاه از چند گیره متحرک بر روی تسمه نقاله ای تشکیل شده بود. همچنین یک تیغه برشی مدور برای جداسازی سر و دم ماهی مورد استفاده قرار می گرفت. مشکل اساسی این دستگاه عدم برش سالم و دقیق در محل های مورد نظر بود و به دلیل اصابت با ستون فقرات، منجر به برش کج و ناقص می شد. سپس شخصی به نام هیکس (1994) با ارائه طرحی توانست مدل قبلی را تا حدودی بهبود بخشد (6). وی در طرح پیشنهادی خود از یک تسمه نقاله ی اصلی جهت انتقال ماهی به قسمت برش که از دو چاقوی عمودی تشکیل شده بود، استفاده کرد. نوآوری طرح هیکس در استفاده از یک تسمه نقاله کمکی در بالای نقاله اصلی جهت محکم نگهداشتن ماهی و هدایت آن به محل برش بود، چرا که در مدل های قبلی به دلیل قابلیت سرش بالا در زمان برش از تکیه گاه اصلی منحرف شده و عمل برش را با مشکل رو برو می ساخت. این دستگاه نیز دارای معایب خاصی از جمله نیازمندی بالا به تنظیم مداوم تیغه ها جهت برش سایزهای مختلف و در نتیجه توقف پی در پی در زمان انجام عمل می شود، که این امر موجب شل شدن زود هنگام مهره ها و اتصالات دستگاه می شود. از طرفی به دلیل اینرسی بالای دستگاه و توقف های مداوم، قسمت های حساس مانند تیغه های برش دچار سایش زود تر از موعد خواهند بود. بنابراین، این ضرورت احساس می شود که بتوان با ارائه یک طرح مناسب و دقیق به کمک دستگاههای ماشین بینایی و فرمان های الکتریکی تمام معایب فوق را پوشش داد.

امروزه با توسعه سریع فناوری پردازش رایانه ای و ایجاد نرم افزارهای مربوطه، از مزایای فناوری هوش مصنوعی برای حل مسائل مربوط به مدل سازی سیستم ها و پیش بینی فرآیندها استفاده می شود. تاکنون تحقیقاتی در زمینه پردازش تصویر در ارتباط با آبزیان و به خصوص ماهی صورت گرفته است. زیون و همکاران (1999) الگوریتم پردازش تصویر را جهت تفکیک 3 گونه ماهی گسترش دادند. از هر کدام از گونه ها در شرایط مختلف نوری و در زوایای مختلف در محفظه روشنایی عکس برداری شد. در این تحقیق جداسازی گونه ها با دقت بالای 80 درصد انجام شد (11). لوکا و همکاران (2004) با استفاده از پردازش تصویر، فرآیند های مختلف خشک کردن ماهی را مورد مقایسه قرار دادند. آنها از مقادیر میانگین و انحراف معیار مقادیر رنگی در فضای رنگی  $L^*a^*b$  و آنالیز تشخیصی برای مقایسه استفاده کردند. آنها اختلاف مشخصه های رنگی را تنها راه جداسازی آماری (توسط آنالیز واریانس) نمونه ها بر اساس تکنیک خشک کردن معرفی کرده و این روش را در مقایسه با آنالیز حسی روشی قابل اطمینان و موثر اعلام نمودند (8).

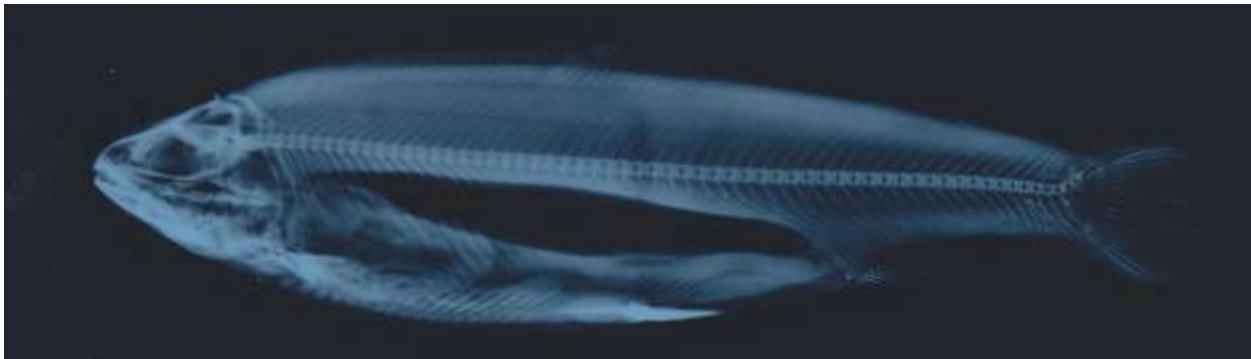
وایت و همکاران (2006) مکانیزمی را جهت تشخیص اتوماتیک 7 گونه ماهی بر حسب گونه و طول به کمک ماشین بینایی پیشنهاد دادند. الگوریتم پردازش تصویر آنها قادر به تشخیص مقدار چرخش ماهی به کمک روش گشتاور ثابت می باشد. همچنین این الگوریتم قادر به تشخیص گونه های مختلف تخت و پهن ماهی با دقت 100 درصد و تشخیص طول ماهی با انحراف معیار  $1/2$  میلیمتر می باشد (10). برمجو و همکاران (2007) از تکنیک پردازش تصویر جهت تشخیص ص سن ماهی استفاده نمودند. یکی از راه های تشخیص سن ماهی ها توجه به اتولیت می باشد که در درون آبشش آن ها قرار دارد. گرچه عوامل مختلفی روی شکل و رنگ اتولیت موثرند، اما

برمجو و همکاران موفق به دسته بندی ماهی ها بر حسب سن به کمک تصویر برداری از اتولیت شدند (5). اما تحقیقی در ارتباط با تعیین نقطه بهینه جداسازی سر ماهی به کمک ماشین بینایی یافت نشد. آن چه در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته، ارائه یک الگوریتم مناسب به منظور جدا سازی سر ماهی با استفاده از فن آوری ماشین بینایی می باشد. این پژوهش که موضوعی نوین دارد در راستای پژوهش های پیشین در ارتباط با دستگاه های جداساز سر و دم ماهی می باشد که به دلیل وجود معایب و ایرادهای اساسی در آنها و به منظور اصلاح آنها انجام شده است.

## مواد و روشها

### آماده سازی نمونه ها

جهت انجام این تحقیق، ابتدا 75 عدد ماهی قزل آلا خریداری و توسط عکسبرداری اشعه ایکس از آن ها عکس گرفته شد تا بافت داخلی ماهی به همراه امعا و احشاء و اسکلت ماهی مشخص شود. سپس مناسب ترین منطقه جهت جداسازی سر ماهی که کمترین اتلاف گوشت را داشته باشد (درست در پشت برانشی) شناسایی شد. این منطقه حدوداً ابتدای ستون مهره های پشتی نیز می باشد.



شکل 1: عکسبرداری اشعه ایکس از ماهی

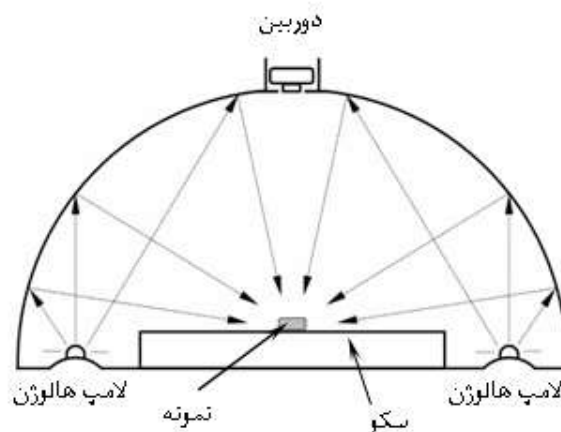
### عکسبرداری

برای تهیه عکس ها از اتاقک نورپردازی با تابش غیرمستقیم که اصطلاحاً آسمان ابری نامیده می شود استفاده گردید (شکل 2). این اتاقک از یک گنبد به قطر 90 سانتیمتر با سطح داخلی صیقلی و سفید رنگ تشکیل شده که نمونه های مورد عکسبرداری در زیر آن قرار می گیرند. در این نورپردازی، لامپ ها در محیط اطراف سکوی عکسبرداری قرار گرفته اند به شکلی که نور مستقیم از لامپ ها به نمونه نمی رسد. پرتو لامپ ها پس از برخورد به سطح داخلی گنبد منعکس شده و بر روی نمونه تابیده می شوند. از آنجا که پرتوهای بازتابش شده از همه طرف بر روی نمونه تابیده می شود هیچ سایه ای در اطراف نمونه تشکیل نمی شود. این نحوه نورپردازی بطور خاص برای پردازش شکل نمونه ها ضروری می باشد.

اثر فلیکر لامپهای فلورسنت موجب می شود که بسته به زمان بسته شدن شاتر دوربین، تغییرات زیادی در شدت سطوح خاکستری<sup>1</sup> تصاویر ایجاد شود. تغییر شدت نور تاثیر زیادی بر دیگر مولفه های تصویر مانند مولفه های بافت تصاویر دارد. به همین دلیل شدت نور فضای عکسبرداری بایستی تا حد امکان ثابت و در یک مقدار

<sup>1</sup> . Gray Level

کنترل شده برای کلیه عکس ها نگه داشته شود . برای حصول این هدف فضای عکس برداری با فضای بیرون در ارتباط نبوده و دیگر اینکه از لامپهای هالوژن با منبع تغذیه جریان مستقیم استفاده شد که نور پیوسته تولید می کنند. جهت اخذ تصاویر رنگی از دوربین دیجیتال (CC) مدل Canon IXUS 960IS استفاده شد که در ارتفاع 45 سانتی متری در بالای نمونه های مورد آزمایش قرار داده شد (شکل 2). تصاویر دیجیتال اخذ شده از ماهی ها که با وضوح 12 مگاپیکسل (3000\*4000 پیکسل) تهیه شده بود جهت پردازش توسط نرم افزار متلب، به کامپیوتر انتقال داده شد.



(ب)

(الف)

شکل 2: الف: سکوی عکس برداری و ب: اتاقک نورپردازی و عکس برداری از ماهی ها

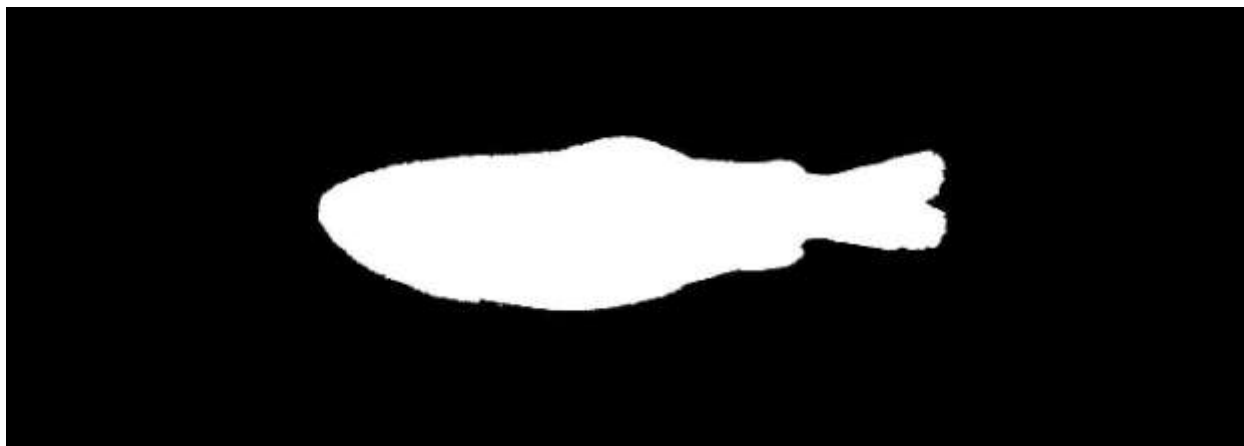
### پردازش تصویر

اولین قدم در استخراج داده های مورد نظر در هر پروژه ماشین بینایی، آنالیز تصاویر می باشد. عملیات گوناگونی در این مرحله انجام می شود که به تصویر، ویژگی های آن و همچنین به داده هایی که برای استخراج از آن تصویر مد نظر است، بستگی دارد. تصاویر ورودی در نرم افزار متلب در ابتدا به صورت رنگی (RGB) بودند (شکل 3 الف) که

برای استخراج خصوصیات شکل، می بایست ابتدا جداسازی شیء مورد نظر (ماهی) از زمینه انجام می گرفت. بدین منظور با آستانگذاری بر روی مولفه آبی (B) تصاویر، ماهی از زمینه آبی رنگ جدا گردید. مطالعات اولیه نشان داد که تقابل رنگ ماهی با رنگ آبی بیش از دو رنگ اصلی دیگر است و لذا رنگ زمینه آبی انتخاب شد. نتیجه عمل جداسازی ماهی از زمینه، تصاویر باینری به شکل صفر و یک بود (شکل 3 ب) که به ترتیب منسوب به زمینه و ماهی می باشد. بنابراین پس از جداسازی، ماهی به رنگ سفید و زمینه به رنگ سیاه نمایان گردید. تصاویر بایستی قبل از آنالیز شدن پیش پردازش شوند تا نویز از تصویر حذف شده و کنتراست افزایش یابد.



(الف)



(ب)

شکل 3: تصویر اصلی رنگی (الف)، تصویر باینری (ب)

برنامه طراحی شده شش ویژگی مختلف را از تصاویر استخراج می نمود. این خصوصیات عبارت بودند از:

- 1 - طول ماهی (Length)
- 2 - ارتفاع ماهی (Height)
- 3 - مساحت ماهی (Surface Area)
- 4 - محیط ماهی (Perimeter)
- 5 - قطر معادل (Equivalent Diameter)

6 - قطر بزرگ بیضی

7 - قطر کوچک بیضی

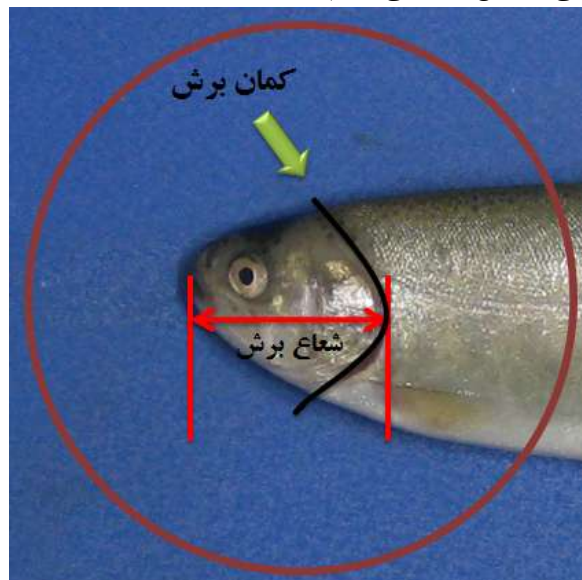
برای محاسبه مساحت نمونه ها، تصویر سیاه و سفید فراخوانی شده و با شمارش تعداد پیکسل هایی که دارای مقدار سیاه و سفید معادل یک بودند، مقدار مساحت محاسبه شد. محیط در یک تصویر سیاه و سفید برابر با مجموعه پیکسل هایی است که در مرزهای هر ناحیه وجود دارد. طبق تعریف، قطر معادل یا قطر مساحت یک شکل برابر با قطر دایره ای است که مساحتی برابر با مساحت شکل مورد نظر دارد. بنابراین قطر معادل نمونه ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید [9]:

(1)

$$\text{Equivalent Diameter} = \sqrt{\frac{4 \times \text{Surface Area}}{\pi}}$$

قطر بزرگ و قطر کوچک بیضی به ترتیب برابر است با طول بزرگ ترین و کوچک ترین محور بیضی محیط شده بر ماهی ها.

به منظور به حد اقل رساندن ضایعات در هنگام جداسازی سر ماهی، تیغه ای با طرح منحنی شکل که انحنای آن بزرگترین شعاع برانشی ماهی متداول را شامل شود می بایست در نقطه تعیین شده اقدام به جداسازی سر ماهی نماید (شکل 4). انتهای سرپوش برانشی، نقطه بهینه برای بوش سر ماهی می باشد. بنابراین فاصله بین نوک ماهی تا انتهای سرپوش برانشی را شعاع برش می نامیم.



شکل 4: شعاع و کمان برش

به منظور ارزیابی عملکرد مدل ها و تشخیص بهترین مدل از سه پارامتر ضریب تبیین ( $R^2$ )، خطای میانگین مربعات ریشه (RMSE) و میانگین اشتباهات (ME) بین مقادیر پیش بینی شده و محاسبه شده، استفاده شد (4). به طوریکه مدلی که بالاترین  $R^2$  و کمترین RMSE را دارد، به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید. ضریب تبیین، خطای میانگین مربعات ریشه و میانگین اشتباهات از روابط زیر به دست آمدند:

$$R^2 = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{\text{exp}i} - Y_{\text{pred},i})^2}{\sum_{i=1}^N (Y_{\text{exp}i})^2} \right] \times 100 \quad (2)$$

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{\text{pred},i} - Y_{\text{exp}i})^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$ME = \frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^N (Y_{\text{pred},i} - Y_{\text{exp}i}) \right] \quad (4)$$

که در این روابط:

$\hat{Y}_{\text{pred},i} = Y_{\text{pred},i}$  = آمین فاصله بهینه برش پیش بینی شده بر اساس مدل مربوطه

$Y_{\text{exp},i} = \hat{Y}_{\text{exp},i}$  = آمین فاصله بهینه برش به دست آمده از آزمایش

$N$  = تعداد مشاهدات

برای تعیین درصد بهبود یک مدل نسبت به یک مدل منبأ (مدلی با بالاترین خطای میانگین مربعات ریشه) پارامتر بهبود نسبی  $RI^2$  بر حسب درصد به قرار زیر محاسبه گردید:

$$RI = \frac{RMSE_{M_i} - RMSE_{M_j}}{RMSE_{M_i}} \times 100 \quad (5)$$

که در این فرمول:

$RMSE_{M_i}$  = بیشترین خطای میانگین مربعات ریشه مربوط به  $i$  آمین مدل

$RMSE_{M_j}$  = خطای میانگین مربعات ریشه مربوط به  $j$  آمین مدل

تمام مدل ها بر اساس معادله زیر به دست آمدند:

$$Y = K_1 X_1 + K_2 \quad (6)$$

که در این معادله  $Y$  = متغیر وابسته (در این تحقیق شعاع برش (فاصله بهینه برش از نوک ماهی))،  $X_1$  = متغیر-های مستقل (طول، عرض، ضخامت، سطح تصویر عمود و ...)،  $K_1$  = ضریب رگرسیون و  $K_2$  = ثابت رگرسیون می باشد. برای پیش بینی مدل ها از نرم افزار های اکسل و SPSS 16 استفاده شد. با استفاده از مدل های به دست آمده و با توجه به آماره های گفته شده، بهترین معادله برای پیش بینی شعاع بهینه برش سر ماهی مشخص می شود.

## نتایج و بحث

نتایج به دست آمده جهت پیش بینی شعاع برش (فاصله بهینه برش از نوک ماهی) بر اساس برخی خصوصیات فیزیکی در جدول 1 آورده شده است.

<sup>1</sup> Relative Improvement

جدول 1: مدل های به دست آمده برای پیش بینی فاصله بهینه برش بر اساس خصوصیات مستخرج از پردازش تصویر

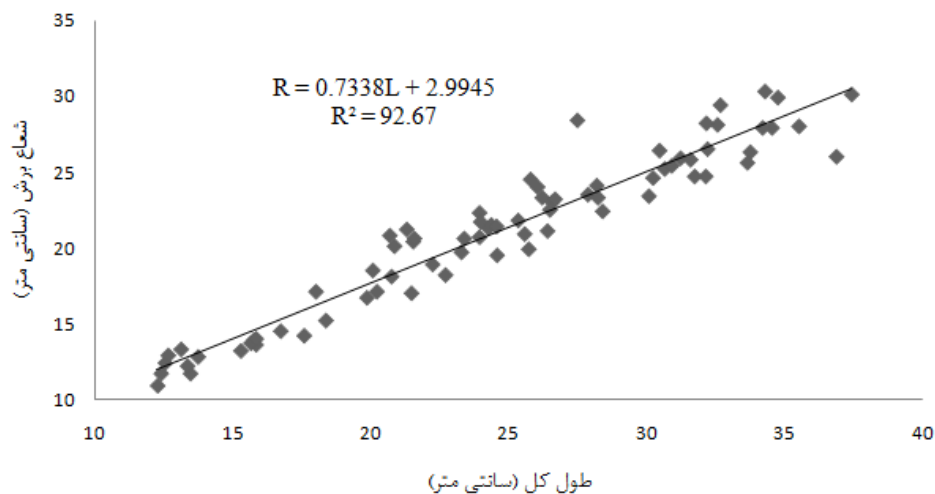
شماره مدل	مدل	$R^2$	RMSE	ME	RI
1	$R=K_1(L)+K_2$	92/67	1/42	-0/00095	49/10
2	$R=K_1(H)+K_2$	89/05	1/73	-0/00025	37/99
3	$R=K_1(S.A)+K_2$	90/39	1/62	-0/00455	41/93
4	$R=K_1(P)+K_2$	71/64	2/79	0/00139	0
5	$R=K_1(D_{eq})+K_2$	93/12	1/33	-0/00007	52/32
6	$R=K_1(D_{major})+K_2$	92/61	1/42	0/00098	49/10
7	$R=K_1(D_{minor})+K_2$	90/29	1/63	0/00004	41/58

با توجه به نتایج به دست آمده، مدل شماره 4 با داشتن بالاترین RMSE به عنوان یک مدل مبنا برای تعیین پارامتر بهبود نسبی (RI) مورد استفاده قرار گرفت. به جز معادله شماره 4 که دارای ضریب تبیین  $R^2$  71/64 بود، تمام مدل ها دارای ضریب تبیین  $R^2$  بالای 89 درصد بودند که قابل قبول می باشد. مدل های شماره 1 و 6 به همراه ثابت های آن ها به ترتیب در معادلات (7) و (8) آورده شده است:

$$R = 0.7338L + 2.9945 \quad (7)$$

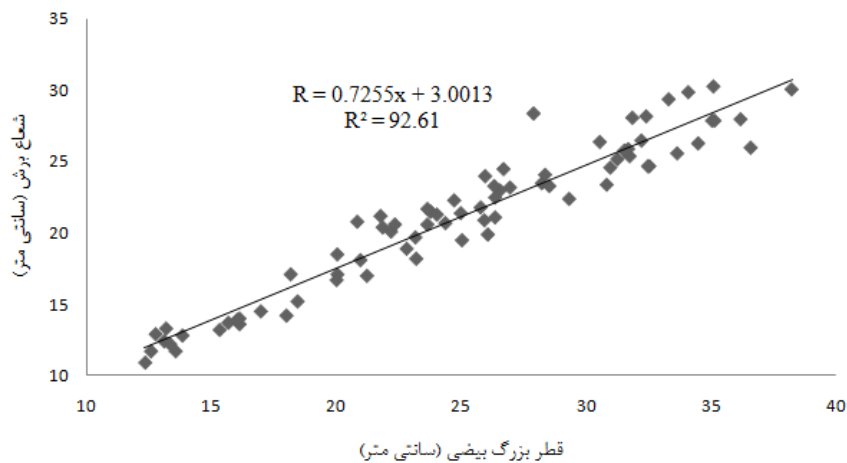
$$R = 0.7255x + 3.0013 \quad (8)$$

این دو مدل به دلیل آن که رابطه طول ماهی با شعاع برش را نشان می دهند و از آنجا که با افزایش طول ماهی، طول برانشی و استخوان سر نیز افزایش می یابد، دارای ضریب تبیین بالایی می باشند. خطای میانگین مربعات ریشه برای دو مدل یکسان بوده اما مدل شماره 1 دارای ضریب تبیین بالاتری نسبت به مدل شماره 6 می باشد (شکل های 5 و 6).



شکل شماره 5: رابطه طول ماهی با شعاع برش



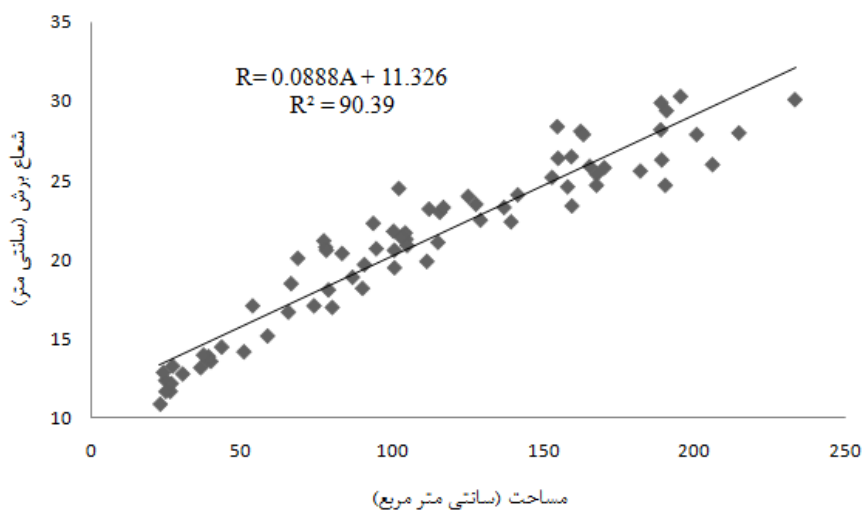


شکل 6: رابطه قطر بزرگ بیضی با شعاع برش

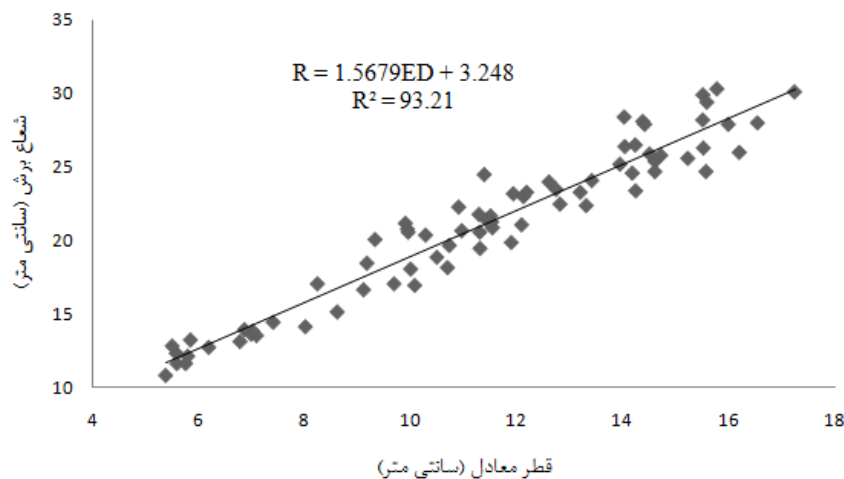
با توجه به نتایج به دست آمده، بهترین مدل برای پیش بینی شعاع برش، مدل شماره 5 می باشد که بالاترین ضریب تبیین  $R^2 = 93.12$  و پایین ترین خطای میانگین مربعات ریشه  $RMSE = 1.33$  را به دست داده است که در معادله (9) آورده شده است:

$$R = 1.5072(ED) + 3.696 \quad (9)$$

همانطور که فرمول شماره 1 نشان می دهد، قطر معادل از جذر مساحت ماهی به دست می آید. از آنجا که مساحت ماهی دارای ضریب تبیین بالای 90 درصد می باشد (شکل شماره 7)، عامل جذر نیز موجب کاهش خطا می گردد و به همین دلیل قطر معادل بهترین برازش داده ها را نشان می دهد. شکل شماره 8 نیز رابطه بین قطر معادل و شعاع برش را نشان می دهد.

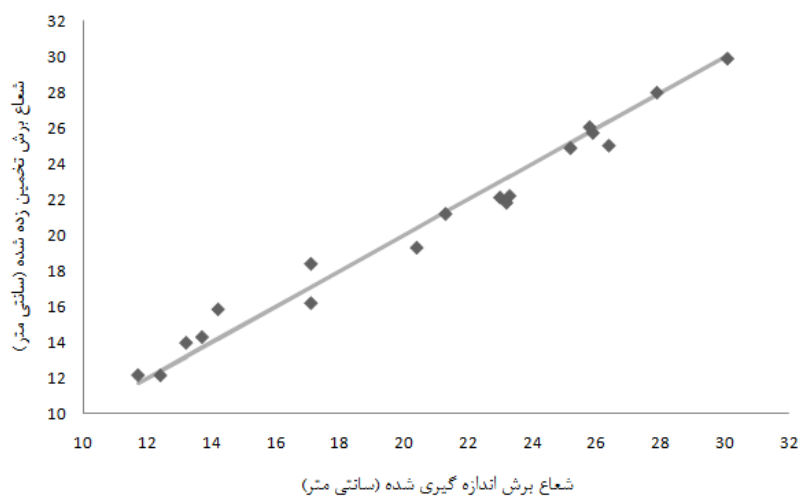


شکل 7: رابطه مساحت با شعاع برش



شکل 8: رابطه قطر معادل با شعاع برش

جهت ارزیابی معادله رگرسیون به دست آمده (تخمین شعاع برش به وسیله قطر معادل) از روش مقایسه با خط یک به یک استفاده شد (شکل 9). بدین منظور از نرم افزار Graph Pad 5 استفاده گردید. نتایج نشان داد که بین معادله مورد نظر و معادله خط یک به یک اختلاف معنی داری وجود ندارد و این نشان دهنده تخمین خوب این معادله می باشد.



شکل 9: نمودار مقدار تخمین زده شده شعاع برش به شعاع برش اندازه گیری شده و خط یک به یک

بهترین ویژگی تعیین کننده موقعیت نقطه جداسازی سر ماهی، قطر معادل ماهی می باشد . بر همین اساس مناسب ترین مدل جهت پیش بینی شعاع برش بر اساس قطر معادل به صورت  $R = 1.5072 ED + 3.696$  معرفی گردید که دارای ضریب تبیین  $R^2 = 93.12$  و  $RMSE = 1.33$  می باشد. شعاع برش تخمین زده شده و شعاع برش اندازه گیری شده دارای ضریب تبیین 98/02 بوده و مقایسه با خط یک به یک نشان داد که مدل به دست آمده بر اساس قطر معادل دارای دقت کافی می باشد . با توجه به اینکه استفاده از روش پردازش تصویر به منظور پیش بینی شعاع برش دارای دقت کافی بوده و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می باشد ، می توان با تعیین شعاع برش، فاصله مناسب قرار گیری تیغه برش از نوک ماهی را مشخص نمود . استفاده از روش پردازش تصویر علاوه بر دقت بالا، دارای سرعت بالای پردازش بوده و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می باشد.

### منابع

- 1 - آمارنامه سازمان شیلات. 1383. سالنامه آماری مرکز ایران. 87 صفحه.
- 2 - شادان، ع. 1387. بررسی ابعاد اقتصادی ضایعات محصولات کشاورزی در ایران، موسسه پژوهشهای برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی
- 3 - نفیسی بهابادی، م .، 1385. راهنمای عملی تکثیر و پرورش ماهی قزل آلی رنگین کمان . انتشارات دانشگاه هرمزگان. 288 صفحه.
- 4- Amini M, Abbaspour KC, Khademi H, Fathianpour N, Afyuni M, et al., 2005. Neural network models to predict cation exchange capacity in arid regions of Iran. Soil Science Euro J 56: 551-559.
- 5- Bermejio, S., B. Monegal and J. Cabestany. 2007. Fish Age Categorization from Otolith Images Using Multi-Class Support Vector Machines. Fisheries Research. 84. 247- 253.
- 6- Inventor: Timothy S.Hicks, Seattle, Wash – 17 oct 1994, Appl.No.324, 880 – Patent No.5, 480,347.
- 7- Inventor: Werner Wenzel, Lubeck, Germany-15 may 1972, Appl, No.252, 980-Patent, No.3, 843,998.
- 8- Louka, N., F. Juhel, V. Fazilleau and P. Loonis. 2004. A novel colorimetry analysis used to compare different drying fish processes. Food Control 15, 327-334.
- 9- Mohsenin, N. N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. 2nd ed., New York: Gordon and Breach Science Publishers.

- 
- 10- White, D. J., C. Svellingen and N. J. C. Strachan. 2006. Automated Measurement of Species and Length of Fish by Computer Vision. Fisheries Research. 80. 203- 210.
- 11- Zion, B., A. Shklyar, and I. Karplus. 1999. Sorting Fish by Computer Vision. Computers and Electronics in Agriculture. 23. 175- 187.