

سامانه برآورد وزن جوجه‌های گوشتی به صورت جداگانه با استفاده از پردازش تصویر و آنالیز رگرسیون چندگانه

سمیه امرایی^۱، سامان آبدانان مهدی‌زاده^{۲*}، سمیه سالاری^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی

و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲. استادیار، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی

رامین خوزستان

۳. استادیار، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، گروه علوم دامی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۷/۴)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی امکان تشخیص تغییرات روزانه وزن جوجه‌های گوشتی با استفاده از پردازش تصویر و آنالیز رگرسیون چندگانه است. بدین منظور تعداد ۳۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه تحت شرایط استاندارد پرورش داده شد. روزانه بعد از اخذ تصاویر، جوجه‌ها به صورت جداگانه وزن می‌شدند. از ۲۴۹۰ تصویر اخذ شده، شش ویژگی (مساحت، محیط، مساحت محدب، قطر بزرگ، قطر کوچک، خروج از مرکز) استخراج و به منظور توسعه مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده قرار گرفتند. روابط خطی بین وزن بدن و این شش ویژگی استخراج شده از تصویر به صورت جداگانه نشان دادند که مقادیر R^2 بدست آمده برای این ویژگی‌ها به جز خروج از مرکز برای هر پرنده به صورت جداگانه بالای ۰/۹ هستند. در ضمن به منظور توسعه مدل رگرسیونی چندگانه و حذف پارامترهای ورودی به این رابطه از روش گام‌به‌گام استفاده گردید. بر اساس مدل توسعه یافته مساحت، محیط، مساحت محدب، قطر بزرگ، قطر کوچک، اثر متقابل مساحت و قطر بزرگ، مساحت محدب و محیط، قطر بزرگ و قطر کوچک توانایی پیشگویی وزن را با $R^2 = ۰/۹۴۵$ ، مقادیر خطای رگرسیون استاندارد (g) ۸۸/۹۳۴ و مقدار دقت نسبی (٪) ۰/۱۲ در سطح احتمال ۵٪ دارا می‌باشد. این مساله حاکی از توانایی پردازش تصویر و رگرسیونی چندگانه در پیشگویی وزن دارد.

واژه‌های کلیدی: پیشگویی وزن، پردازش تصاویر دیجیتال، رگرسیونی چندگانه، جوجه‌های گوشتی

مقدمه

توجه به تقاضای بازار، تولیدکنندگان، تعداد حیوانات را در گله‌ها افزایش داده‌اند که البته این مسأله با در نظر گرفتن کمبود امکانات در رسیدگی و نظارت سبب کاهش بازده در اینگونه افزایش‌های بدون پشتوانه شده است. در نتیجه برای پاسخ به نیاز بازار و در عین حال مراقبت کافی از حیوانات به صورت یک به یک، کشاورزان باید از ابزارهای نظارت بر رفاه، سلامتی و تولید حیواناتشان استفاده کنند (Harris et al., 2010; Botreau et al., 2007; Morris et al., 2007). در حال حاضر فناوری‌هایی موجود هستند که می‌توانند به صورت خودکار حیوانات را به طور جداگانه در ۲۴ ساعت شبانه روز نظارت کنند (Deshazer et al., 1988). در میان این فناوری‌ها، ماشین بینایی و پردازش تصویر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بیش از ۹۰ کاربرد ویژه برای پردازش تصویر در تولید دام شناسایی شده است. در میان کاربردهای مختلف پردازش تصویر در بررسی و نظارت بر حیوانات، برآورد وزن به عنوان یک برنامه اصلی برای توسعه روش‌های پردازش تصویر برای استفاده در تولید دام

در حال حاضر سالانه، بیش از ۶۰ میلیارد حیوان برای تولید مواد غذایی کشتار می‌شوند (Prakash & Stigler, 2012). در ایران نیز صنعت مرغداری گوشتی یکی از مجموعه‌های عمده بخش کشاورزی محسوب می‌گردد. این صنعت با تولید بیش از یک میلیون تن گوشت مرغ نقش مهمی در تأمین پروتئین مورد نیاز کشور را به عهده دارد. به علاوه، گوشت مرغ یکی از اقلام مهم در سبد خانوارها محسوب می‌گردد، به طوری که با مصرف سرانه سالانه ۸۷ کیلوگرم رتبه اول را در میان گروه گوشت‌ها به خود اختصاص داده است. همچنین از لحاظ سهم هزینه‌ای، ۲۷ درصد از هزینه‌های گروه گوشت‌های سبد خانوارها را تشکیل می‌دهد (Khaledi et al., 2011). افزایش تقاضا برای محصولات غذایی مقوی حیوانی^۱، نیاز به تولید حیوانات را افزایش می‌دهد. با

* نویسنده مسئول:

saman.abdanan@gmail.com; s.abdanan@ramin.ac.ir
1. Fosters intensive animal

گروه به طور آهسته اتفاق می‌افتد، نظارت بر وزن برای هر دام به طور یک به یکحائز اهمیت است. این مسأله به کشاورز کمک می‌کند تا رشد آهسته دام را بررسی کرده و تغییرات مناسبی در مدیریت ایجاد کند. تجزیه و تحلیل بصری تصویر به عنوان یک روش برای نظارت مستمر و بی‌درنگ بر تغییرات وزن دام پیشنهاد می‌شود که در نتیجه تشخیص سریعتر مشکلات و تصمیم‌گیری مؤثرتر مدیریتی را سبب می‌گردد (Marchant *et al.*, 1999).

در پژوهش‌های مختلف در برآورد وزن زنده حیوانات مختلف به طور مستقیم از ابعاد بدست آمده از پردازش تصاویر استفاده شده است. از آنجمله می‌توان به پژوهش‌های White *et al.* (2004) (پش‌بینی وزن خوک با ضریب تبیین ۰/۹۵)، Wang *et al.* (2008) (پش‌بینی وزن خوک را با دقت ۰/۳)، Alonso *et al.* (2013) (پش‌بینیوزن گاو را با دقت ۰/۴۲۷)، Kuzuhara *et al.* (2015) (پش‌بینی وزن خوک را با دقت ۰/۸۰) و Viazzi *et al.* (2015) (پش‌بینی وزن ماهی را با دقت ۰/۳±) اشاره نمود. هدف اصلی این پژوهش بدست آوردن برآوردهای دقیقی از وزن جوجه‌های گوشتی با استفاده از ابعاد به دست آمده از پردازش تصاویر دیجیتال می‌باشد. این سیستم می‌تواند کشاورز را جهت انجام یک مدیریت خوب مرزعه‌ای یاری رساند.

مواد و روش‌ها

حیوانات آزمایشی

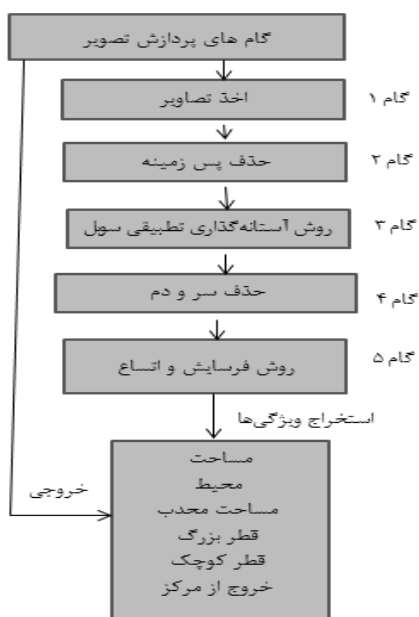
آزمایشی با استفاده از ۳۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه تجاری راس^۲ در محل ایستگاه دامپروری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به مدت ۴۲ روز از تاریخ ۱۳۹۴/۹/۱ تا تاریخ ۱۳۹۴/۱۰/۱۲ انجام شد. پرنده‌ها بر روی بستر و در پن‌هایی به ابعاد یک متر مربع قرار داده شدند. در این بررسی پرنده‌ها در سه پن (تعداد ۱۰ قطعه جوجه در هر پن) جداگانه قرار گرفتند؛ پرنده‌ها به منظور تشخیص از یکدیگر با رنگ خوراکی رنگ شده بودند. در کل دوره پرورش آبخوری و دانخوری به صورت دستی انجام شد. دمای سالن در طول دوره پرورش جوجه گوشتی به این شکل بود که در هفته اول پرورش دما ۳۳ درجه سلسیوس بود و پس از آن به ازای هر هفته پرورش ۲ درجه سلسیوس دمای سالن کاهش یافت. طی سه روز اول پرورش روشنایی به صورت ۲۴ ساعت و پس از آن تا پایان دوره پرورش به صورت ۲۳ ساعت روشنایی و ۱ ساعت

شناخته شد (Schofield *et al.*, 1999). نظارت بر روند تغییرات وزن و استفاده از داده‌های آن برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و همچنین برای تولید گوشت با بازده بالا مؤثر و حیاتی است (Abdanan Mehdizadeh *et al.*, 2015). آگاهی از افزایش وزن روزانه به بهینه کردن مدیریت تغذیه کمک می‌کند. بعلاوه پیش‌بینی و کنترل وزن با سلامت گله ارتباط مستقیم دارد (Schofield *et al.*, 1999).

با توجه به مطالب یاد شده نظارت بر وزن هم در دام و هم در طیور از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. جمع‌آوری داده‌هایوزنی، اطلاعات با ارزشی درباره میزان رشد و یکنواختی وزن مرغ‌ها، ضریب تبدیل غذایی، بروز بیماری در یک گله و سرزندگی در اختیار تولیدکنندگان مرغ‌های گوشتی قرار می‌دهد (Flood *et al.*, 1992; Lott *et al.*, 1982; Turner *et al.*, 1983). پرنده‌ها نه تنها به کشاورز نشان می‌دهد که آیا پرنده‌ها منحنی رشد پیش‌بینی شده را دنبال می‌کنند، بلکه‌میان‌کننده کیفیت مدیریت نیز می‌باشد (Mollah *et al.*, 2010).

روش‌های سنتی بررسی وزن به طور کلی شامل روش‌های ساده دسته‌بندی یک گروه از پرنده‌ها، گرفتن آنها و وزن کردن به تنهایی یا وزن کردن گروهی آنها است. این روش با معایب زیادی همراه است به عنوان مثال برای دستیابی به وزن واقعی بدن گله، باید به اندازه و پراکندگی پرنده‌های انتخاب شده برای توزین دقت بیشتری شود. حداقل باید ۵٪ پرنده‌ها وزن شود و باید به تعداد یکسانی از هر پن^۱ داده برداری صورت پذیرد (Anonymous, 1982). دستیابی به وزن تعداد زیادی از پرنده‌ها با این روش با زحمت بسیاری همراه است (Turner *et al.*, 1983; Ali *et al.*, 1993). و برای پرنده‌ها استرس آور می‌باشد (Doyle & Leeson, 1989; Newberry *et al.*, 1985). خطا در ثبت داده‌ها، بی‌دقتی در تجزیه و تحلیل و همچنین گرفتن مکرر مرغ‌های کم تحرک سبب تأثیر بر میانگین وزن گله می‌شود (Feighner *et al.*, 1986). به خصوص این خطا هنگامی اتفاق می‌افتد که جوجه‌های گوشتی سنگین‌تر به دلیل تحرک کمتر مرتباً وزن می‌شوند. علاوه بر این وزن کردن دستی، کاری زمان‌بر و خسته‌کننده می‌باشد (Schofield, 1990). ماشین‌بینایی به عنوان یک روش جایگزین فن‌آوری بسیار سومند است. تعیین وزن براساس ماشین‌بینایی برای دام و طیور یک روش غیر مخرب، سریع و دقیق است که می‌تواند در طول فرآیند هم برای کشاورز، هم برای دام باعث کاهش استرس شود (Wang *et al.*, 2008). از آنجا که افزایش وزن برای برخی دام‌ها در یک

آستانه‌گذاری تطبیقی سوبل برای محاسبه آستانه بهینه استفاده گردید (Shen et al., 2012). بعد از آستانه‌گذاری روش‌های سایش و اتساع^۲ برای جلوگیری از ایجاد گسستگی و جداسازی بوسیله نویزهای تصویر^۳ ایجاد شده در پس‌زمینه (لکه‌های روشن ناشی از مدفوع، سایه‌های پر و بال و سر) به کار برده شدند و شش ویژگی (مساحت، محیط، مساحت محدب، قطر بزرگ، قطر کوچک و خروج از مرکز) از تصاویر استخراج شدند (Wang et al., 2008).



شکل ۲. فلوجارت پردازش تصویر و استخراج ویژگی‌ها

رگرسیون تک و چند متغیره

معادلات خطی و غیرخطی بین وزن بدن و ویژگی‌های تصویر برآورد گردیدند. ضریب تبیین R^2 به منظور تعیین بهترین برآورد به صورت زیر تعریف شد (رابطه ۱):

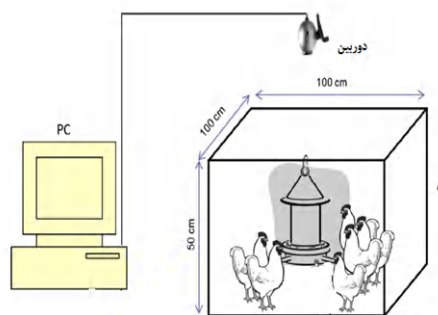
$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{V}_i - \bar{V})^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{V})^2} \quad (\text{رابطه ۱})$$

همچنین خطای رگرسیون استاندارد (SRE) که میزان دقت میانگین پیش بینی وزن می‌باشد (رابطه ۲) و مقدار دقت نسبی (RAV) که بیان کننده دقت نسبی است (رابطه ۳) به منظور بررسی دقت روابط رگرسیونی استفاده شدند. در توسعه مدل رگرسیون چند متغیره علاوه بر ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر (مساحت، محیط، مساحت محدب، قطر بزرگ، قطر کوچک و خروج از مرکز)، توان دوم و حاصلضرب دویه‌دو این ویژگی‌ها به عنوان متغیر مستقل وارد معادله گردیدند. در

تاریکی در نظر گرفته شد (Mollah et al., 2010). پنبندی با استفاده از فنس انجام گردید. در طول دوره پرورش از تراشه نجاری در کف بستر استفاده و تغذیه جوجه‌های گوشتی مطابق جیره غذایی استاندارد NRC (۱۹۹۴) صورت پذیرفت. تمامی پرندگان به آب و خوراک به صورت آزادانه دسترسی داشتند. لازم به ذکر است که دو قطعه از جوجه‌ها در روزهای ۱۵م و ۲۹م دوره تلف شدند.

فیلمبرداری و اخذ تصویر

فیلم‌های ضبط‌شده بلافاصله بعد از توزین دستی با ترازوی (WANT، مدل WT-X، ساخت کشور چین) با دقت ۰/۱ گرم در هر پن گرفته می‌شدند. دوربین‌های فیلم‌برداری شرکت Shany (مدل IFA 7050، ساخت کشور چین) با حسگر Color low light CCD که قابلیت اخذ فیلم به صورت دیجیتال با سرعت ۱۵ فریم بر ثانیه و تفکیک پذیری مکانی 352×288 پیکسل را داشتند به صورتی متمرکز بالای سر حیوانات در ارتفاع یک متر بالاتر از کف قرار داده شدند. این فاصله در طول دوره آزمایش ثابت در نظر گرفته شد (شکل ۱). مرغ‌ها در طول تصویر برداری متحرک و آزاد در نظر گرفته شدند و هر روز پنج دقیقه فیلم برای آنالیز تصویر گرفته شد.



شکل ۱. شماتیک سامانه اخذ و ذخیره‌سازی تصاویر در کامپیوتر

پردازش تصویر و استخراج ویژگی

همان طور که فلوجارت پردازش تصویر و استخراج ویژگی در شکل ۲ مشاهده می‌شود، فیلم‌ها اخذ شده به محیط MatLab R2013a (The MathWorks Inc., Natick, Mass, USA) انتقال یافته و به تصاویری به فرمت bmp تبدیل گردیدند. سپس به منظور جداسازی پیش‌زمینه (جوجه‌ها) از پس‌زمینه (بستر، غذاخوری و آب‌خوری) با توجه به عدم یکنواختی در شرایط نور پردازی و عدم امکان استفاده از آستانه‌گذاری سراسری^۱ از روش

2. Erosion and dilation
3. Artefact

1. Global Thresholding

بیشترین سهم را در مجموع توان‌های دوم رگرسیون داشته باشد. پارامتر α ، در این روش حداکثر سطح قابل قبول خطا در آزمون فرضیه است که در مطالعه حاضر به مقدار ۰/۰۵ در نظر گرفته شد (Abdolazare & Abdanan Mehdizadeh, 2016). توسعه معادله رگرسیون چندگانه در نرم افزار SAS 9.1 (SAS Institute, Cary, NC) انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

حین انجام آزمایش و تحلیل تصاویر مشخص گردید که پرندگان حالت‌های حرکتی خاصی مانند پر زدن و یا باز کردن کامل پرهای خود، دراز کردن پا، سوار شدن بر روی یکدیگر و غیره دارند (شکل ۳) که البته این حرکات پاسخ به محرک‌های مختلف داخلی و خارجی می‌باشد. این اعمال فیزیکی وضعیت و جهت‌گیری و به تبع آن سبب تغییرات اندازه ابعاد بدن و در نتیجه تاثیر بر روی استخراج پارامترهای یاد شده از تصاویر می‌شوند. لذا در بررسی مجددی که بر روی مساحت پزندگانی که در حالت عادی خود بودند در روزهای مختلف پرورش با انتخاب هر یک از آنها به صورت دستی و تعیین مساحت هر کدام، یک بانک اطلاعاتی به منظور حذف این حالت‌های خاص توسعه یافت. از روش یاد شده (Chedid et al., 2003) نیز به منظور حذف حالات فیزیکی خاص استفاده نموده است. البته یک راه حل دیگر برای تعیین این حالات خاص استفاده از مدل توزیع نقطه-ای حیوان می‌باشد که این روش توسط (Cootes et al., 1995) و (Tillet et al., 1997) ارائه شده است. در این روش، مدلی براساس خواص فیزیکی حیوان با توجه به اطلاعات دو بعدی آن توسعه می‌یابد که قادر به تشخیص حالات مختلف حرکتی است. با این حال، عیب اصلی این روش اولاً زمان‌بر بودن آن برای همگرا شدن و ثانیاً، برآزش مدل واقعی با طیف وسیعی از حرکات حیوان است که عملاً امکان پذیر نمی‌باشد. از این رو بعد از اجرای برنامه توسط کاربر به منظور حذف این حالات خاص از کاربر روز پرورش نیز سوال می‌شود که موجب هدایت برنامه به بانک اطلاعاتی مربوط به آن روز و حذف حالات یاد شده می‌گردد.

مجموع مدلی با ۲۷ درجه آزادی بدست آمد که از روش گام‌به-گام به منظور توسعه مدل رگرسیون چند متغیره و حذف متغیرها استفاده گردید (Abdolazare & Abdanan Mehdizadeh, 2016). در ضمن متغیر وابسته (خروجی معادله رگرسیونی) در این پژوهش وزن جوجه‌ها می‌باشد.

$$SRE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-2}} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$RAV = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{(y_i - \hat{y}_i)^2}}{y_i} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در این روابط y_i وزن واقعی مرغ، \hat{y}_i وزن پیش‌بینی شده و n تعداد نمونه‌هاست.

رگرسیون گام به گام

با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره می‌توان بین عوامل مؤثر بر یک پدیده، رابطه‌ای خطی برقرار نمود. رگرسیون چندمتغیره در واقع ارتباط بین یک سری از متغیرهای وابسته را با متغیر مورد نظر برقرار می‌نماید. در مواردی که تعداد عوامل مؤثر بر پدیده کم باشد، می‌توان با بررسی تمام ترکیبات مختلف و مقایسه خطای آنها بهترین مدل رگرسیونی را به دست آورد؛ اما مواردی وجود دارد که تعداد عوامل مؤثر بر پدیده زیاد است و بررسی تمام ترکیبات ممکن وقت‌گیر، و نیازمند محاسبات زیادی است. در این موارد شیوه‌هایی پیشنهاد شده که تمام معادله‌های ممکن را در نظر نمی‌گیرند و متغیرهایی که اهمیت چندانی ندارند (با توجه به مقدار α انتخابی) را در نظر نمی‌گیرند. از این رو سه روش: انتخاب پیشرو، شیوه حذف پس رو و روش گام به گام، برای انتخاب متغیرها پیشنهاد می‌شود. روش گام به گام در اصل یک نوع شیوه انتخاب پیشرو است و بر اساس مدل رگرسیون خطی بنا نهاده شده است. این روش با فرض عدم وجود هیچ متغیر مستقلی در مدل و وجود تنها عرض از مبدا پایه‌گذاری شده در تمام رگرسیون‌های خطی ساده متغیری که بیشترین همبستگی را با پاسخ داشته باشد، به عنوان اولین متغیر در تابع رگرسیونی منظور می‌شود. همچنین در این روش متغیر بعدی که به رابطه رگرسیونی اضافه می‌شود، باید



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۳. حرکات فیزیکی خاص پرندگان (الف) بال‌زدن؛ (ب) دراز کردن پا (ج) به هم چسبیدن پرندگان

است که روابط غیرخطی (درجه ۲، لگاریتمی و نمایی) نیز بر روی داده‌ها برآزش گردیدند اما به دلیل نداشتن تغییر قابل توجه در ضریب تبیین، سادگی و سرعت بالاتر محاسبات روابط خطی استفاده و گزارش گردیدند.

همان طور که در جدول ۱ قابل مشاهده است مقدار R^2 برای پنج ویژگی مساحت، محیط، مساحت محدب، قطر بزرگ و قطر کوچک برای هر چهار پرنده بالای ۰/۹ می‌باشد. این مساله حاکی از توانایی این ویژگی‌ها در پیش بینی وزن است. اما با استفاده از ویژگی خروج از مرکز با توجه به R^2 بسیار پایین انجام این امر امکان پذیر نمی‌باشد. در ضمن در میان این ۶ ویژگی استخراج شده از تصاویر، ویژگی‌های مساحت و مساحت محدب با داشتن بالاترین ضریب تبیین مناسب‌ترین ویژگی در پیشگویی وزن می‌باشند.

همانطور که در شکل (ب) نشان داده شده بعد از آستانه-گذاری تطبیقی و حذف پس‌زمینه، نقاطی در پس‌زمینه که ناشی از مدفوع، غذای ریخته‌شده بر روی بستر و غیره بودند باقی‌مانده و حذف نشدند. در این مرحله به منظور حذف این نقاط از روش آستانه‌گذاری بر روی مساحت استفاده گردید که نتیجه آن در شکل (ج) آورده شده است. همانطور که تصویر نهایی (شکل ۴) مشخص است فقط تصویر پرنده باقی‌مانده و نقاط ناخواسته (نویز) از تصاویر حذف شدند. سپس برای بررسی رابطه بین وزن بدن و تعداد پیکسل‌های مساحت سطحی، تعداد پیکسل‌های محیط، مساحت محدب، خروج از مرکز، قطر بزرگ و قطر کوچک مرغ روابط رگرسیون غیرخطی و خطی به کار برده شد.

نتایج استخراج روابط رگرسیونی حاصل از تصاویر ۴ جوجه گوشتی به دلخواه در جدول آورده شده است. شایان ذکر



شکل ۴. نمونه‌ای از اخذ تصویر (الف) تصویر اصلی مرغ (ب) حذف پس زمینه و تصویر باینری شده (ج) تصویر بعد از حذف نویز و نقاط ناخواسته

جدول ۱. نتایج رگرسیون بدست آمده از تصاویر ۴ جوجه گوشتی انتخابی به صورت یک به یک

| شماره پرنده | روابط رگرسیون خطی وزن | مقدار R^2 | SRE(g) | RAV(%) |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------|-----------|
| ۲ | $y=0.0084a-144/46$ | ۰/۹۵ | ۱۷۷/۴۴ | ۰/۴۲۴۸۴۳ |
| | $y=1/4445p-942/13$ | ۰/۹۴ | ۱۹۵/۲۷ | ۰/۸۶۸۰۲۹ |
| | $y=0.0081c-138/54$ | ۰/۹۶ | ۱۶۸/۲۰۹ | ۰/۴۰۸۲۴ |
| | $y=4/1185M-967/5$ | ۰/۹۳ | ۲۰۸/۱۴۷۴ | ۰/۹۰۷۶۴۷ |
| | $y=6/4416m-1083/6$ | ۰/۹۱ | ۲۲۹/۹۶۲ | ۰/۹۵۹۲۹۲ |
| ۱۰ | $y=3551/5e-1617/4$ | ۰/۰۹ | ۷۶۶/۵۲۵۴ | ۲/۹۵۰۳۹۵ |
| | $y=0.00733a-127/04$ | ۰/۹۵ | ۱۴۹/۲۹۴۳۹ | ۰/۳۷۸۸۴۵۹ |
| | $y=1/1539p-724/44$ | ۰/۹۱ | ۲۱۲/۰۳۳۶۷ | ۰/۷۷۶۱۹ |
| | $y=0.0069c-117/74$ | ۰/۹۵ | ۱۶۲/۸۳۲۳ | ۰/۳۶۴۸۸۹ |
| | $y=3/0925M-685/79$ | ۰/۹۱ | ۲۰۷/۷۰۰۶۱ | ۰/۷۴۲۵۸۳۲ |
| ۲۵ | $y=5/8043m-931/78$ | ۰/۸۹ | ۲۳۵/۹۳۰۷ | ۷۱۰/۴۶۵۹۵ |
| | $y=3451/3e-1773$ | ۰/۱۸ | ۶۲۸/۸۷۵۶۲ | ۲/۴۴۴۵۱۲۴ |
| | $y=0.0066a-116/63$ | ۰/۹۶ | ۱۳۴/۲۷۵۵۲ | ۰/۳۵۶۳۰۳۴ |
| | $y=1/1829p-796/03$ | ۰/۹۰ | ۲۱۶/۹۷۵۲۹ | ۰/۷۳۹۱۲۸۹ |
| | $y=0.0065c-122/75$ | ۰/۹۶ | ۱۳۴/۲۷۵۵۲ | ۰/۳۵۶۳۰۳۴ |
| ۳۰ | $y=3/1322M-744/61$ | ۰/۸۹ | ۲۲۹/۰۰۱۴ | ۰/۷۴۵۸۳۷ |
| | $y=5/5428m-954$ | ۰/۹۳ | ۱۷۸/۳۱۷۸ | ۰/۶۶۸۶۷۶ |
| | $y=3671/3e-1863/8$ | ۰/۱۶ | ۶۴۸/۵۰۹۳ | ۲/۰۷۰۳۵۷ |
| | $y=0.0076a-125/13$ | ۰/۹۷ | ۹۳/۱۲۵۳۵ | ۰/۱۳۸۹۹۷ |
| | $y=1/0076p-727/25$ | ۰/۹۲ | ۹۲/۵۵۵۰۳۴ | ۰/۱۵۷۷۷۹۳ |
| ۳۰ | $y=0.0074c-131/78$ | ۰/۹۷ | ۹۲/۵۵۵۰۳۴ | ۰/۱۵۷۷۷۹۳ |
| | $y=3/1645M-694/57$ | ۰/۹۳ | ۱۵۶/۹۳۶۹ | ۰/۵۲۱۱۰۴ |
| | $y=5/495m-861/87$ | ۰/۹۳ | ۱۴۹/۴۷۴۵ | ۰/۴۹۰۹۷۴ |
| | $y=3552/6e-1892/2$ | ۰/۱۹ | ۵۳۳/۰۶۰۵ | ۱/۶۵۲۱۹۷ |

a: تعداد پیکسل‌های مساحت سطح، p: تعداد پیکسل‌های محیط، c: مساحت محدب، M: قطر بزرگ، m: قطر کوچک، e: خروج از مرکز

که در جدول مشخص شده مدل توسعه یافته با روش گام به گام از ۲۷ درجه آزادی که وارد مدل گردید ۸ تای آنها را نگه داشته است؛ از این ۸ درجه آزادی ۵ مورد مربوط به متغیرهای خطی (عرض از مبدا، مساحت، مساحت محدب، قطر بزرگ و قطر کوچک) و ۳ مورد مربوط متغیرهای غیرخطی (مساحت × قطر اصلی، مساحت محدب × محیط و قطر بزرگ × قطر کوچک) می‌باشند. در مدل رگرسیونی توسعه یافته علاوه بر معنی‌دار بودن معادله کلی، بخش خطی و غیرخطی آن نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند. بعلاوه عدم معنی‌داری دوری از برازش معادله و همچنین ضریب تبیین ۰/۹۴۵ نشان از صحت معادله توسعه یافته دارند.

جدول ۲ نتایج رگرسیون به دست آمده از تصاویر همه جوجه‌های گوشتی را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در بررسی کل داده‌ها مقدار R^2 برای ویژگی‌های مساحت، محیط، مساحت محدب، قطر بزرگ، قطر کوچک به ترتیب ۰/۹۴۳۷، ۰/۹۰۳۱، ۰/۹۳۲۴، ۰/۸۸۹۱ و ۰/۹۱۲۵ بدست آمد. این در حالی است که مقدار R^2 مطابق آنالیز جوجه‌ها به صورت تکی برای خروج از مرکز مقدار قابل قبولی ندارد. این موضوع استفاده از پنج ویژگی اولیه و حذف خروج از مرکز را برای پیش‌بینی وزن تأیید می‌کند.

جدول ۳ نتایج مدل رگرسیون چند متغیره توسعه داده شده با روش گام به گام را نشان می‌دهد. به منظور توسعه این مدل حدود دو سوم داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. همانطور

جدول ۲. نتایج رگرسیون به دست آمده از همه تصاویر صبح و عصر جوجه‌های گوشتی به صورت یک به یک

| RAV(%) | SRE(g) | R^2 | روابط رگرسیون خطی وزن | ویژگی استخراج شده از تصاویر |
|---------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------------|
| ۰/۵۲۰۵۶ | ۲۸۲/۴۹۵۵۴ | ۰/۹۴۳۸ | $y=۰/۰۰۷۶x-۱۳۱/۷۸$ | مساحت |
| ۱/۰۸۴۳۵ | ۱۱۷۹/۰۳۹۶ | ۰/۹۰۳۱ | $y=۱/۲۴۴۵x-۷۹۸/۰۸$ | محیط |
| ۰/۵۲۹۳۷ | ۲۸۶/۹۰۰۸۹ | ۰/۹۴۲۴ | $y=۰/۰۰۷۳x-۱۲۹/۰۷$ | مساحت محدب |
| ۰/۷۸۴۹۱ | ۳۰۴/۱۵۵۰۷ | ۰/۸۸۹۱ | $y=۳۳۶۴۵x-۷۵۱/۱۵$ | قطر بزرگ |
| ۰/۸۶۲۶۹ | ۳۰۰/۶۷۸۵۸ | ۰/۹۱۲۵ | $y=۵/۷۷۲۴x-۹۷/۰۲$ | قطر کوچک |
| ۲/۱۴۲۵۴ | ۶۱۶/۴۶۵۰۱ | ۰/۱۵۱۱ | $y=۳۳۹۸/۴x-۱۶۳۹/۶$ | خروج از مرکز |

جدول ۴. ضرایب مورد استفاده در معادله توسعه یافته با روش گام به گام

| t-test | خطای استاندارد | ضرایب | |
|---------|-------------------------|---------------------------|---------------------|
| ۴/۰۷۷ | ۶۵/۶۷۱ | ۲۶۷/۷۴** | عرض از مبدا |
| ۱۱/۵۰۸ | ۰/۰۰۲۶۶۵۳ | ۰/۰۳۰۶۷۴** | مساحت |
| ۱/۶۳۸۲ | ۰/۲۱۰۴۹ | ۰/۳۴۴۸۲ ^{NS} | محیط |
| ۱/۷۰۵۵ | ۰/۰۰۲۵۰۰۷ | ۰/۰۴۲۶۴۹* | مساحت محدب |
| -۲/۷۳۰۱ | ۰/۵۲۶۷۱ | -۱/۴۳۸** | قطر بزرگ |
| -۶/۸۷۶۶ | ۰/۴۹۹۲۳ | -۳/۴۳۳** | قطر کوچک |
| -۶/۴۷۱۸ | ۲/۲۱۱۲×۱۰ ^{-۶} | -۱/۴۳۱۱×۱۰ ^{-۵} | مساحت × قطر اصلی |
| ۲/۹۶۵۶ | ۸/۸۵۴۲×۱۰ ^{-۷} | ۲/۶۲۵۸×۱۰ ^{-۶} * | مساحت محدب × محیط |
| -۶/۳۳۷۴ | ۰/۰۰۱۹۸۴۱ | -۰/۰۱۲۵۷۴** | قطر بزرگ × قطر کوچک |

***، **، * و NS در جدول به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۵ و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

شکل ۵ به منظور آزمون رابطه رگرسیونی چند متغیره توسعه یافته با یک سوم داده‌ها ترسیم گردید. همانطور که از شکل مشخص است ارتباط خطی میان مقدار واقعی وزن و مقدار پیش‌بینی شده با ضریب تبیین $R^2 = ۰/۹۶۳$ وجود دارد که نشان از نزدیکی مقادیر واقعی وزن و پیشگویی شده توسط رابطه رگرسیونی برای داده‌های مشاهده نشده می‌باشد. همچنین مقادیر $RAV=۰/۱۲(\%)$ و $SRE=۸۸/۹۳۴(g)$ می‌باشند.

جدول ۳. مدل رگرسیون چند متغیره با روش گام به گام

| F | میانگین | مجموع مربعات درجه آزادی | مجموع مربعات | |
|--------|--------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|
| | | | ۴/۱۶۱۱×۱۰ ^۵ | کل |
| ۴۲۳۲ | ۹/۹۵۴۴×۱۰ ^۷ * | ۸ | ۸/۴۳۸۷×۱۰ ^۸ | مدل |
| ۶۷۲۰/۴ | ۱/۵۸۰۸×۱۰ ^۸ * | ۵ | ۷/۹۶۳۵×۱۰ ^۸ | خطی |
| ۸۴/۵۹۱ | ۱/۹۸۹۷×۱۰ ^۶ * | ۳ | ۵/۹۶۹۲×۱۰ ^۶ | غیر خطی |
| | ۲۳۵۲۲ | ۲۰۲۰ | ۴/۷۵۱۴×۱۰ ^۷ | باقی مانده |
| ۴/۲۹۷ | ۲۳۶۲۱ ^{NS} | ۲۰۰۹ | ۴/۷۴۵۴×۱۰ ^۷ | دوری از برازش |
| | ۵۴۹۷ | ۱۱ | ۶۰۴۶۷ | خطا |

* و NS در جدول به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

جدول ۴ ضرایب بدست آمده در معادله رگرسیونی توسعه یافته با روش گام به گام را نشان می‌دهد. مطابق این جدول مساحت، محیط، مساحت محدب، قطر بزرگ، قطر کوچک، اثر متقابل مساحت و قطر اصلی، مساحت محدب و محیط، قطر بزرگ و قطر کوچک در پیشگویی وزن در رابطه رگرسیونی مورد استفاده قرار گرفتند. مطابق با آنالیز آماری صورت گرفته بر روی ضرایب به جز محیط تمامی متغیرهای وارد شده در مدل، دارای اثر معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) در پیشگویی وزن داشتند.

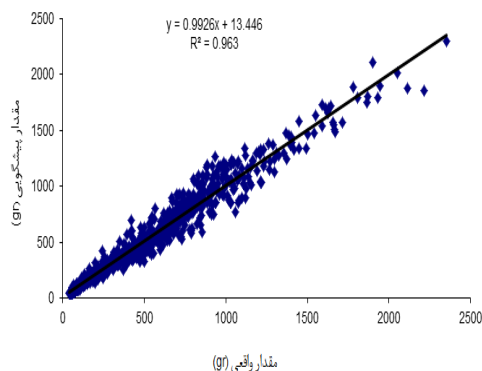
اندازه‌گیری حداقل ۱٪ گله می‌باشد تا بتوان این اندازه‌گیری را نماینده وزن گله دانست. این سطح از داده‌برداری برای گله‌های با تعداد بالا امری دشوار محسوب می‌شود. حال آنکه یک دوربین در یک ارتفاع مناسب (در یک دوربین معمولی به صورت یک قانون سر انگشتی در صورتی که ۱ متر بالاتر از کف نصب شود، می‌تواند حدود ۵ متر کف را در یک عکس پوشش دهد)، با اشغال به طور متوسط ۱۶ پرند در هر متر مربع، این به معنی ۸۰ پرند در یک تصویر است (Anonymous, 1982). بنابراین در یک گله ۱۰۰۰۰ پرند، دو دوربین در گوشه‌های متقابل پن برای به دست آوردن یک تصویر نماینده از وزن بدن گله کافی است. امروزه، سیستم‌های دوربینی و روش‌های پردازش تصویر به خوبی با توجه به قیمت نسبتاً ارزان و داده‌برداری به صورت برخط بسیار مورد توجه می‌باشد. واضح است که سود قابل توجهی با سیستم دوربینیو کار در مزارع بزرگ وجود دارد. با این حال، به دلیل اینکه دقت برآورد وزن زنده به عوامل بسیاری، مانند نژاد، سن، نوع روش آنالیز تصویر و تغییر در اندازه‌گیری‌های مکرر وجود دارد، هیچ الگوی واحدی به عنوان الگوی پیش‌بینی وزن بدن از داده‌های تصویر عاری از عیب نبوده است. بنابراین، به کار بیشتری به منظور بهبود این روش‌ها نیاز است.

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش امکان تشخیص تغییرات روزانه وزن جوجه‌های گوشتی با استفاده از پردازش تصویر و آنالیز رگرسیون چندگانه بود. از تصاویر بدست آمده از جوجه‌ها شش ویژگی مساحت، محیط، مساحت محدب، قطر بزرگ، قطر کوچک، خروج از مرکز استخراج و معادلات خطی بین وزن بدن و ویژگی‌های تصویر محاسبه گردید. مقادیر R^2 برای هر شش ویژگی به جز خروج از مرکز برای تقریباً همه‌ی پرنده‌ها به صورت جداگانه بالای ۹۰٪ محاسبه گردید. در نهایت میان ویژگی‌های استخراج شده و وزن واقعی به روش گام‌به‌گام آنالیز رگرسیونی چندگانه صورت پذیرفت. با توجه به معنی‌داری معادله رگرسیونی در سطح احتمال ۵٪، مقادیر $RAV=0/124$ ، $SRE=0/188$ و $R^2=0/945$ و همچنین معنی‌داری نبودن عدم برآزش مشخص گردید که رابطه رگرسیونی چندگانه با سامانه بینایی ماشین توانایی پیشگویی وزن را دارد.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان از حمایت مالی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان قدردانی می‌نمایند.



شکل ۵. رابطه میان وزن واقعی و پیشگویی شده با یک سوم داده‌ها

Kashihaet *al.* (2014) با کمک پردازش تصویر به پیشگویی وزن ۴۰ عدد خوک در چهار پن پرداختند. در این پژوهش خوک‌ها بوسیله یک دوربین از بالا نظارت می‌شدند. در این مطالعه وزن خوک با دقت ۹۷/۵٪ در سطح گروهی (خطا ۰/۸۲ کیلوگرم) و ۹۶/۲٪ به صورت یک به یک (خطا ۱/۲۳ کیلوگرم) برآورد گردید. (Tasdemir *et al.* (2011) در پژوهشی به برآورد وزن گاوهای هلشتاین با استفاده از ابعاد استخراج شده از بدن حیوان با کمک پردازش تصویر دیجیتال و روابط رگرسیونی چندگانه پرداختند. مطابق نتایج بدست آمده در بهترین حالت دقت ضریب تبیین ۰/۹۷ بدست آمد. همانطور که از پژوهش (Kashihaet *al.* (2014) و (Tasdemir *et al.* (2011) مشخص است ضریب تبیین بالاتری گزارش گردیده است. اما این نکته در مورد پژوهش حاضر و دو مطالعه قبلی باید مورد توجه قرار گیرد که وجود پر در جوجه‌ها سبب تغییر جعلی ابعاد می‌شود؛ که این مساله سبب بروز اعمال خطا در برآورد وزن می‌گردد. در پژوهشی دیگر (Mollahet *al.* (2010) صد جوجه گوشتی تاکستان تحت شرایط استاندارد پرورش دادند و ۱۲۰۰ تصویر دیجیتال از ۲۰ جوجه گوشتی در طول دوره ۴۲-۷ روز رشدشان به صورت تصادفی انتخاب شده بودند اخذ گردید. معادله پیش‌بینی وزن توسعه داده شده بر اساس پیکسل‌های مساحت سطح ورودی دارای ضریب تبیین ۰/۹۹۹ گردید. علت بالاتر بودن ضریب تبیین در این پژوهش می‌تواند به دو دلیل باشد. یکی اینکه تمامی تصاویر درون جعبه‌ای اخذ شدند که این مساله دقت تصویر برداری را افزایش می‌دهد. اما با توجه به فلسفه استفاده از پردازش تصویر و عدم دخالت فرد در داده برداری یک ضعف بزرگ محسوب می‌باشد. از طرف دیگر جوجه‌ها در کل دوره پرورش مورد ارزیابی قرار نگرفتند و تنها در ۶ روز از پرورش وزن آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در عمل به منظور بررسی وزن در گله‌ها نیاز به

REFERENCE

- Abdanan Mehdizadeh, S., Neves, D. P., Tschärke, M., Nääs, I. A. & Banhazi, T. M. (2015). Image analysis method to evaluate beak and head motion of broiler chickens during feeding. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114, 85-95.
- Abdolazare, Z., & Abdanan Mehdizadeh, S. A. (2016). Nonlinear mathematical modeling of seed spacing uniformity of a pneumatic planter using genetic programming and image processing. *Neural Computing and Applications*, 1-13.
- Ali, N.M. (1993). Variance in pigs dimensions as measured by image analysis. *Livestock Environment IV, Fourth International Symposium*, University of Warwick, Coventry, UK, American Society of Agricultural Engineers, MI, pp. 151-158.
- Alonso, J., Castañón, Á. R., & Bahamonde, A. (2013). Support Vector Regression to predict carcass weight in beef cattle in advance of the slaughter. *Computers and Electronics in Agriculture*, 91, 116-120.
- Anonymous. (1982). Live bird weighing simplified. *Poultry International*, 6: 44-50.
- Botreau, R., Veissier, I., Butterworth, A., Bracke, M.B.M., & Keeling, L.J. (2007). Definition of criteria for overall assessment of animal welfare. *Journal of Animal Welfare*, 16 (2), 225-228.
- Brandl, N., & Jørgensen, E. (1996). Determination of live weight of pigs from dimensions measured using image analysis. *Computers and electronics in agriculture*, 15(1), 57-72.
- Chedad, A., Aerts, J.M., Vranken, E., Lippens, M., Zoons, J., & Berckmans, D. (2003). Do heavy broiler chickens visit automatic weighing systems less than lighter birds? *British Poultry Science*, 44, 663-668.
- Cootes, T. F., Taylor, C. J., Cooper, D. H., & Graham, J. (1995). Active shape models-their training and application. *Computer vision and image understanding*, 61(1), 38-59.
- Deshazer, J.A., Moran, P., Onyango, C.M., Randall, J.M., & Schofield, C.P. (1988). *Imaging Systems to Improve Stockmanship in Pig Production*. AFRC Institute of Engineering Research, pp. 24.
- Doyle, I. & Leeson, S. (1989). Automatic weighing of poultry reared on a litter floor. *Canadian Journal of Animal Science*, 69, 1075-1081.
- Feighner, S.D., Godowsky, E.F., & Miller, B.M. (1986). Portable microcomputer-based weighing systems: applications in poultry science. *Poultry Science*, 65, 868-873.
- Flood, C.A., Koon, J.L., Trumbull, R.D., & Brewer, R.N. (1992). Broiler growth data-1986-1991. *Transactions of the ASAE*, 35(2), 703-709.
- Harris, P.J., Schaare, P.N., Cook, C.J., & Henderson, J.D. (2001). An ambulatory physiological monitor for animal welfare studies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 32 (3), 181-194.
- Kashiha, M., Bahr, C., Ott, S., Moons, C. P., Niewold, T. A., Ödberg, F. O., & Berckmans, D. (2014). Automatic weight estimation of individual pigs using image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 107, 38-44.
- Khaledi, M., Shokatfadaie, M., & Nekofar, F. (2011). Investigation of Iran marketing chicken performance. *Journal of Agricultural Economics and Development (Agricultural Science and Technology)*, 24(4), 448-445.
- Kuzuhara, Y., Kawamura, K., Yoshitoshi, R., Tamaki, T., Sugai, S., Ikegami, M., & Yasuda, T. (2015). A preliminary study for predicting body weight and milk properties in lactating Holstein cows using a three-dimensional camera system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 111, 186-193.
- Lott, B.D., Reece, F. N. & Mcnaughton, J.L. (1982). An automated weighing system for use in poultry research. *Poultry Science*, 61-236-238.
- Marchant, J.A. & Schofield, C.P. (1993). Extending the image process algorithm for outlining pigs in scenes. *Computers and Electronics in Agriculture*, 8, 261-275.
- Marchant, J.A., Schofield, C.P., & White, R.P. (1999). Pig growth and conformation monitoring using image analysis. *Journal of Animal Science*, 68, 141-150.
- Mollah, M. B. R., Hasan, M. A., Salam, M. A., & Ali, M. A. (2010). Digital image analysis to estimate the live weight of broiler. *Computers and electronics in agriculture*, 72(1), 48-52.
- Morris, J.E., Cronin, G.M., & Bush, R.D. (2012). Improving sheep production and welfare in extensive systems through precision sheep management. *Animal Production Science*, 52 (7), 665-670.
- Newberry, R.C., Hunt, J.R. & Garriner, E.E. (1985). Behaviour of roaster chickens towards an automatic weighing perch. *British Poultry Science*, 26, 229-237.
- NRC. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th edition. National. Academy. Press, Washington, DC.
- Prakash, A., & Stigler, M. (2012). *Fao Statistical Yearbook*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/>
- Schofield, C.P., (1990). Evaluation of image analysis as a means of estimating the weight of pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 47, 287-296.
- Schofield, C.P., Marchant, J.A., White, R.P., Brandl, N., & Wilson, M. (1999). Monitoring pig growth using a prototype imaging system. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72, 205-210.
- Shen, H., Li, S., Gu, D., & Chang, H. (2012). Bearing defect inspection based on machine vision. *Measurement*, 45(4), 719-733.

- Tasdemir, S., Urkmez, A., & Inal, S. (2011). Determination of body measurements on the Holstein cows using digital image analysis and estimation of live weight with regression analysis. *Computers and electronics in agriculture*, 76(2), 189-197.
- Tillet, R.D., Onyango, C.M. & Marchant, J.A. (1997). Using model-based-image processing to track animal movements. *Computers and Electronics in Agriculture*, 17, 249-261
- Turner, M.J.B., Gurney, P. & Belyavin, C.G. (1983). Automatic weighing of layer replacement pullets housed on litter or in cages. *British Poultry Science*, 24, 33-45.
- Viazzi, S., Van Hoestenbergh, S., Goddeeris, B. M., & Berckmans, D. (2015). Automatic mass estimation of Jade perch *Scortumbarcoo* by computer vision. *Aquacultural Engineering*, 64, 42-48.
- Wang, Y., Yang, W., Winter, P., & Walker, L. (2008). Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network. *Biosystems Engineering*, 100(1), 117-125.
- White, R.P., Schofield, C.P., Green, D.M., Parsons, D.J., & Whittemore, C.T. (2004). The effectiveness of a visual image analysis (VIA) system for monitoring the performance of growing/finishing pigs. *Animal Science*, 78, 409-418.