نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۱۹، تابستان ۱۳۹۷
ص‌ص: ۱۴۳~۱۵۴

استفاده از فن‌آوری ماشین بینایی برای تخمین وزن جوجه های گوشتی

- **مهدی خجسته کی** (نویسنده مسئول)

بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم، ایران.

- **محمدیگانه پرست**

بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم، ایران.

- **مجید کلانتر نیستانکی**

بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم، ایران.

- **حسن صادقی پناه**

موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

تاریخ دریافت : شهریور ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش : آبان ۱۳۹۶

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۰۶۹۹۰۵۵

Email: mahdikhojastehkey@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI) : 10.22092/ asj.2017.115240.1521

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی امکان استفاده از فناوری بینایی ماشین برای تخمین وزن جوجه های گوشتی انجام شد. تعداد ۶۰۰ قطعه جوجه سویه راس در شرایط استاندارد برای یک دوره ۴۲روزه پرورش یافت. در فواصل زمانی مشخص(۷ روز یکبار)، ۶۰ قطعه جوجه از مجموع ۶۰۰ قطعه به تصادف انتخاب و با ترازوی مناسب وزن کشی شد. در روز وزن کشی همزمان از جوجه ها تصاویر دیجیتال تهیه شد(بصورت انفرادی و در گروه های ۲، ۳ و ٤ تایی). تصاویر دیجیتال جوجه ها ابتدا پیش پردازش اولیه شده و تبدیلات لازم روی عکس ها انجام و با طراحی الگوریتم مناسب خصوصیات مورد نیاز از تصاویر استخراج گردید. از این خصوصیات برای طراحی مدل شبکه عصبی جهت تخمین وزن جوجه ها استفاده شد. ضریب همبستگی بین ویژگی های استخراج شده از تصاویر شامل طول محور اصلی، طول محور فرعی ، جعبه محاطی، مساحت قسمت محدب،مساحت ناحیه پرشده، محیط تصویرو مساحت تصویر با وزن زنده جوجه ها به ترتیب ۰/۹۲، ۰/۹۳، ۰/۵۳، ۰/۹۹، ۰/۹۹، ۰/۹٤و ۰/۹۹ برآوردشد($p<0/01$). شبکه عصبی پرسپترون چند لایه که با الگوریتم پس انتشار خطا آموزش دید، با تعداد ۲۲ نرون در لایه ورودی، ۲۰ نرون در لایه میانی و یک نرون در لایه خروجی بالاترین دقت (۹۹٪) را در تخمین وزن زنده جوجه های گوشتی در مقاطع مختلف زمانی ارائه داد. نتایج بررسی حاضر نشان داد که امکان استفاده از پردازش تصاویر و شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک ابزار مناسب و کارآمد برای تخمین وزن جوجه‌های گوشتی در طول دوره پرورش وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: جوجه گوشتی، تخمین وزن، بینایی ماشین، شبکه عصبی مصنوعی

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 119 pp: 143-154

The feasibility of using machine vision technology to estimate the weight of broiler chickens

By: Mahdi Khojastehkey[*1], Mohammad Yeganehparast [1], Majid Kalantar Neyestanaki [1], Hassan Sadeghipanah[2]

1-Animal science department, Qom Agricultural and Natural resources research and education center.(AREEO).Qom. Iran.

2-Animal science research institute of Iran, Agricultural research, education and extension Organization, .(AREEO).Karaj. Iran.

Received: August 2017 **Accepted: October 2017**

This research was conducted to investigate the feasibility of estimating the weight of broiler chicks using machine vision technology. 600 Ross broiler chicks were reared under standard conditions for a 42-day period. At selected intervals (7 days), 60 birds from a total of 600 chicks were randomly selected and weighed individually using the appropriate scale. At the same times, digital images were captured individually and in groups 2, 3 and 4 of birds. The digital images were initially preprocessed and the necessary changes were made on the photos and required features were extracted from images by designing an appropriate algorithm, and these features were used to design the neural network to estimate the body weight of chicks. The correlation coefficient between the extracted features of digital images including the Major axis length, Minor axis length, Bonding box, Convex Area, Filled area, Perimeter and Area of the image with live weight of the chicks were 0/92, 0/93, 0/53, 0/99, 0/99, 0/94, and 0/99 respectively ($p < 0.01$). A Multilayer perceptron neural network, which was trained with back propagation learning algorithm, containing 22 neurons in the input layer, 20 neurons in the mid layer and one neuron in the output layer presented the highest accuracy(99%) to estimate the weight of broiler chicks at different ages. The results of this study showed that there is a possibility of using image processing and artificial neural network as an appropriate and efficient tool to estimate the weight of broiler chicks during the breeding period.

Key words: Broiler Chickens, Weight estimation, Machine vision, Artificial Neural Network.

مقدمه

هوش مصنوعی شامل سیستم هایی است که می توانند واکنش هایی شبیه رفتارهای انسان نظیر شبیه سازی فرایندهای فکری و استدلالی، درک مسائل پیچیده، یادگیری و توانایی کسب دانش برای حل مسایل مختلف داشته باشد (Yudkowsky ، ۲۰۰۸). بینایی ماشین یکی از شاخه های مهم هوش مصنوعی است که با هدف استفاده از خصوصیات عکس های ثابت یا متحرک برای شناسایی و تصمیم گیری در مورد افراد، اشیاء و یا موضوعات مختلف کاربرد دارد. در این فن آوری یک سری ویژگی های مشخص از تصاویر استخراج شده و از آن برای تفسیر مفهوم و محتوی موجود در آن تصویر استفاده می شود (Gonzalez and Woods ، ۲۰۰۲). مراحل فرایند بینایی ماشین شامل تهیه تصویر، آماده سازی و پردازش اولیه تصاویر، استخراج خصوصیات از تصاویر، داده کاوی، تهیه مدل و اعتبارسنجی مدل می باشد (Chora، ۲۰۰۷). استفاده از بینایی ماشین در کشاورزی و دامپروری در چند سال اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته است. اکثر مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از بینایی ماشین درکشاورزی با دو هدف دسته بندی موضوعات و تخمین مقادیر انجام شده است (Onder et. al ، ۲۰۱۱؛ Goyal ، ۲۰۱۳). استفاده از این فن آوری در تخمین مقادیر، ابعاد و وزن حیوانات، گیاهان و محصولات موضوع بسیاری از مطالعات بوده است. برای

مثال Banerjee و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از فناوری پردازش تصویر و با دقت ٪۹۸ موفق به تخمین مساحت برگ یک نوع گیاه دارویی شدند. Stajnko و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از پردازش تصاویر حرارتی وزن گاوها را با دقت ۷۹/۸ درصد تخمین زدند.در مطالعه Tasdemir و همکاران (۲۰۱۱) و با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال و مدل فازی همبستگی بین وزن های اصلی و وزن های تخمینی گاوهای هلشتاین ۹۹ درصد گزارش گردید. Wang و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از پردازش تصویر و شبکه عصبی مصنوعی اقدام به بررسی و پیش بینی وزن خوک ها با خطای ۳ درصد نمودند.

Dehrouyeh و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از پردازش تصویر و شبکه عصبی موفق به جدا کردن تخم مرغهای غیر نرمال از تخم مرغ های سالم نمودند. در این مطالعه تخم مرغ‌های دارای لکه خون نسبت به تخم مرغ‌های سالم با دقت ۹۰/۶۶ درصد و تخم مرغ‌های کثیف از سالم با دقت ۹۱/۳۳ درصد بازشناسی شدند. Dewet و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از پردازش تصویر اقدام به تخمین نرخ رشد جوجه‌های گوشتی نمودند و مدل پیشنهادی ایشان وزن جوجه‌ها را از روی تصاویر با دقت ۹۰ درصد تخمین زد. Chmiel و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از فن آوری ماشین بینایی اقدام به تخمین درصد چربی لاشه در جوجه های گوشتی نمودند. همبستگی بین مقادیر واقعی چربی لاشه و مقادیر تخمن زده شده توسط هوش مصنوعی ۸۳ تا ۸۶ برآورد شد. Bhuvaneshwari and Palanivelu (۲۰۱۵) با استفاده از فناوری هوش مصنوعی اقدام به تعیین درصد باروری تخم مرغ با دقت ۹۱/۴ درصد نمودند. Souza و همکاران (۲۰۱۳) نرخ رشد جوجه‌های گوشتی را با استفاده از فن آوری پردازش تصویر با دقت ۹۶ درصد تخمین زدند. با توجه به توسعه روزافزون استفاده از هوش مصنوعی در تسهیل پایش و ارزیابی مسائل و به منظور معرفی روش ساده وکابردی برای افزایش امکان مدیریت خودکارسالن های پرورش طیور، مطالعه حاضر با هدف بررسی امکان تخمین وزن جوجه های گوشتی با استفاده از فن آوری بینایی ماشین در مزرعه تحقیقاتی شهید خوراکیان استان قم به انجام رسید.

مواد و روش‌ها

ماده آزمایشی

تعداد ۶۰۰ قطعه جوجه گوشتی راس تهیه و با در نظر گرفتن شرایط استاندارد توصیه شده برای این سویه طی یک دوره ۴۲ روزه پرورش داده شدند. برنامه واکسیناسیون جوجه ها بر اساس توصیه اداره دامپزشکی استان صورت پذیرفت و آب و خوراک بر اساس نیازهای استاندارد و بصورت نامحدود در اختیار جوجه ها قرار گرفت.

وزن‌کشی و تهیه تصاویر دیجیتال

در روز اول پرورش و همچنین در پایان هر هفته از دوره پرورش ۶۰ قطعه جوجه (معادل ۱۰ درصد از کل گله) به تصادف انتخاب و بصورت انفرادی و در گروه های ۲، ۳ و ۴ تایی با استفاده از ترازوی دیجتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن کشی شدند. همزمان با هر مرحله وزن کشی، تصاویر دیجیتال با استفاده از دوربین canon SX 150 IS و از فاصله ثابت (۹۰ سانتی‌متری) و با تنظیم نور محیط از جوجه ها تهیه شد. در این مطالعه دو دسته تصویر مختلف شامل تصاویر انفرادی و گروهی (در گروه های ۲ و ۳ و ۴ تایی) از نمای فوقانی جوجه ها تهیه شد.

آماده سازی و ویرایش اولیه تصاویر

قبل از انجام آنالیز تصاویر ابتدا هر عکس به حافظه رایانه منتقل و پس از فراخوانی ویرایش های لازم جهت بهتر شدن کیفیت در مورد آن با استفاده از رابط گرافیکی[1] GUI در محیط نرم افزاری متلب[2] انجام شد. برخی اقدامات لازم برای ویرایش اولیه تصاویر شامل تبدیل تصویر رنگی به تصاویر خاکستری یا باینری، رفع نویزهای تصویری، رفع سایه ها و پیکسل‌های اضافی، کنترل انعکاس نور، جدا کردن تصویر اصلی از پس زمینه، تنظیم بزرگنمایی تصویر، تغییر رنگ تصویر و فیلترینگ و قطعه بندی[3] به منظور استفاده از بخشی از یک تصویر بود.

[1] Graphic Unite Interference
[2] MATLAB
[3] Sigmentation

استخراج خصوصیات از تصاویر و انتخاب خصوصیات موثر

هر یک از تصاویر دیجیتال بر اساس نحوه استقرار پیکسل‌ها و مقادیر متوسط اختصاص یافته به هر پیکسل دارای خصوصیات شکل شناسی و بافت شناسی متفاوتی است. برای استخراج خصوصیات لازم از تصاویر روش های مختلفی بر اساس نوع اطلاعات قابل استخراج از هر عکس مدنظر قرار گرفت. خصوصیات هر تصویر با استفاده از برخی توابع و دستورات موجود در محیط GUI نرم افزار متلب استحصال شد. تعداد ۵۲ خصوصیت مختلف شامل خصوصیات شکل شناسی و بافت از تصاویر مربوط جوجه‌ها استخراج شد. برخی از مهمترین خصوصیات شکل شناسی شامل میانگین، انحراف معیار، فاصله ها، زاویه ها، مساحت، محیط، طول محور اصلی[۴]، طول محور فرعی[۵] ، قطر معادل[۶]، میزان گریز از مرکز[۷]، میزان سختی[۸] بود. همچنین مهمترین خصوصیات بافت شناسی شامل خصوصیات نمودار هیستوگرام، میزان بی نظمی[۹]، انرژی[۱۰]، یکنواختی[۱۱]، همگنی[۱۲] و همبستگی[۱۳] بود. تمام ویژگی های استخراج شده از یک تصویر برای تشخیص و تخمین وزن جوجه ها مورد نیاز نبود و تنها برخی از این ویژگی ها که با صفت مورد مطالعه (وزن جوجه در مقاطع زمانی مختلف) ارتباط بیشتری داشت، به عنوان ویژگی های موثر انتخاب شدند. این کار با استفاده از بررسی ضریب همبستگی پیرسون بین هر یک از خصوصیات تصویر و وزن زنده جوجه ها با استفاده از نرم افزار(۱۶) spss انجام شد.

نحوه محاسبه مقادیر ویژگی ها از روی تصاویر دیجیتال بصورت خلاصه در شکل ۱نمایش داده شده است. در شکل ۱ تصویر سیاه وسفید از دوعدد چهارضلعی داخل هم نمایش داده شده است. در پردازش تصاویر سیاه وسفید در نرم افزارمتلب اولا هر تصویر به پیکسل های تشکیل دهنده آن تجزیه می شود. همانطور که در شکل مشخص است کل تصویر از ۹۰۰ پیکسل(۳۰*۳۰) تشکیل شده است.بنابر این مساحت تصویر برابر با ۹۰۰ و محیط آن برابر با جمع پیکسل های اضلاع آن وبرابر ۱۲۰خواهد بود (۳۰+۳۰+۳۰+۳۰). بر این اساس مساحت مربع سفید رنگ برابر با ۱۶۹(۱۳*۱۳) ومحیط آن برابر با جمع اضلاع آن و مساوی ۵۲خواهدبود. بنابر این ویژگی های مساحت ومحیط در تصاویر جوجه ها به نحو فوق محاسبه می شوند. طول محوراصلی و طول محور فرعی نیز در تصویر اصلی معادل تعداد پیکسل های موجوددر قطر مربع بزرگ و برابر با عدد ۳۰ خواهدبود. در تصاویر سیاه وسفید عدد ۱ به نقاط سفید و عدد صفر به نقاط سیاه تعلق می گیرد. با این حساب یک ماتریس عددی از اعداد صفر و یک تشکیل می شود که ابعاد آن در شکل ۱ برابر با ۳۰ ردیف و ۳۰ ستون است. و نرم افزار بر اساس تعداد ردیف ها وستون های ماتریسو مقادیر عددی مربوط به هر یکاز پیکسل ها(آرایه های ماتریس)محاسباتمتنوعی را انجامداده و ویژگی های متعددی نظیر میانگین، انحراف معیار، کمینه اعداد، بیشین هاعداد و ... را به این ترتیب محاسبه می کند که اصطلاحا به هر یک ازاین اعداد استخراج شده یک ویژگی از آن تصویر می گویندو چون تصاویر مختلف به لحاظ تعداد پیکسل های سیاه وسفید با هم متفاوتند در نتیجه آرایه های ماتریس انها هم متفاوت خواهد بود و در نتیجه ویژگی های عددی تصاویر نیز از یکدیگر متفاوت است.

---

[4] Major axis length

[5] Minor axis length

[6] Equive diameter

[7] Eccentricity

[8] Solidity

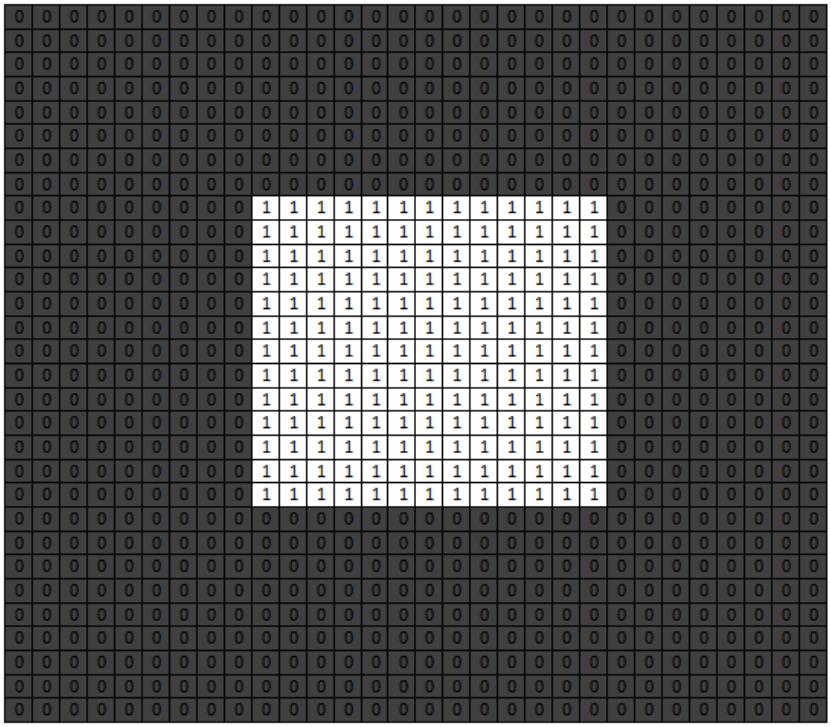
[9] Entropy

[10] Energy

[11] Uniformity

[12] Homogeneity

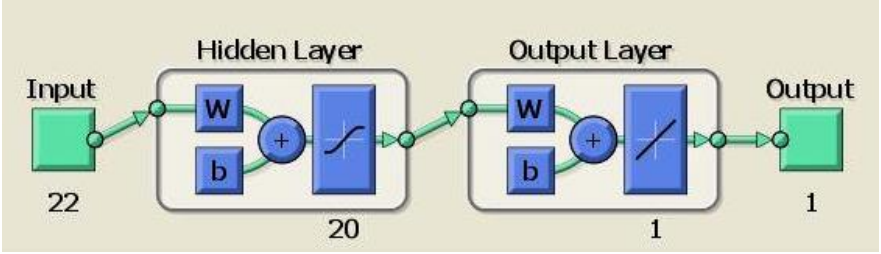
[13] Correlation



شکل۱- نحوه مقدار دهی به پیکسل ها در یک تصویر دیجیتال سیاه وسفید.

داده کاوی اطلاعات

هدف از انجام داده کاوی ایجاد ارتباط ریاضی بین خصوصیات استخراج شده حاصل از آنالیز یک تصویر با خصوصیات مرتبط با ابعاد وزن جوجه ها بود. برای داده کاوی اطلاعات به منظور تخمین وزن جوجه‌ها از محیط شبکه عصبی مصنوعی نرم افزار متلب و ابزار "تخمین مقادیر" nftool استفاده شد. شبکه عصبی پیش بینی شده از نوع "شبکه عصبی پیش‌خور" Feed-forward neural network بود که با الگوریتم "پس انتشار خطا" Back propagation آموزش داده شد. تابع مورد استفاده در لایه دوم از نوع سیگموئیدی و در لایه سوم از نوع خطی بود.



شکل۲- شبکه عصبی طراحی شده برای تخمین وزن جوجه‌ها

تعداد ۲۲ ویژگی انتخاب شده از مجموع خصوصیات استخراج شده به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی و وزن جوجه‌ها به عنوان خروجی شبکه معرفی شد و جهت آموزش شبکه مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت مدلی که دارای بالاترین دقت و کمترین خطا بود به عنوان مدل نهایی جهت تخمین وزن زنده جوجه‌ها از روی تصویر آنها مورد استفاده قرار می گیرد(شکل ۲). معیار انتخاب بهترین مدل مقدار ضریب تعیین مدل و میانگین اشتباه معیار MSE یک مدل در مقایسه با سایر مدل‌های موجود بود. از تعداد ۲۵۹۹ تصویرتهیه شده برای تخمین وزن جوجه ها، تعداد ۲۴۹۱ تصویر برای طراحی اولیه شبکه (شامل مراحل آموزش، اعتبارسنجی و آزمون) و ۱۰۸ عکس برای آزمایش مدل نهایی مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

نتایج مربوط به انتخاب ویژگی‌های موثر

در جدول ۱ ویژگی های استخراج شده همراه با ضریب همبستگی آنها با وزن بدن جوجه‌ها ارائه شده است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که برای تخمین وزن جوجه ها، ویژگی‌های بافت شناسی چندان موثر نبوده و تنها ویژگی‌های شکل شناسی تصاویر با تغییر وزن جوجه ها در روزهای مختلف دوره پرورش ارتباط معنی داری داشت($P<۰/۰۵$). تعداد ۱۱ ویژگی انتخاب شده در جدول ۱ برای دو نوع تصویر سیاه و سفید و تصاویر لبه گذاری شده به صورت مجزا استخراج و تعداد ۲۲ ویژگی منحصر به فرد برای معرفی به شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد.

جدول ۱. خصوصیات انتخاب شده از تصاویر دیجیتال برای تخمین وزن بدن جوجه‌ها.

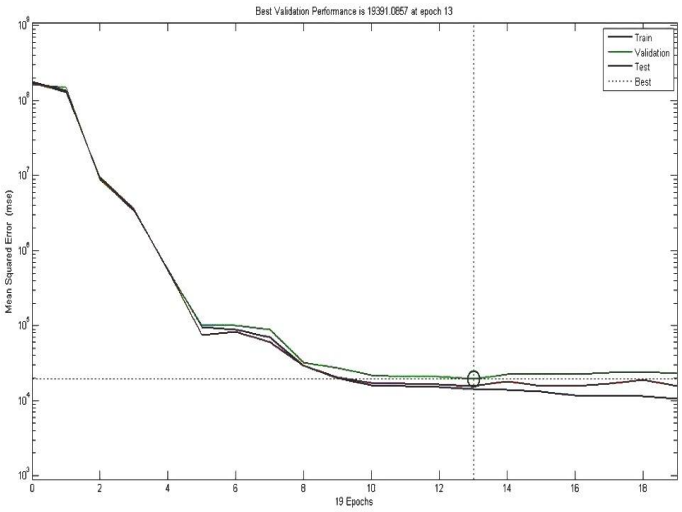
نتایج مطالعات متعدد در خصوص تخمین وزن و ابعاد اشیا و موجودات زنده نشان می دهد که ویژگی‌های شکل شناسی در اغلب موارد با تغییرات ابعاد و اندازه موضوعات مورد مطالعه ارتباط ریاضی معنی داری دارد. در مطالعه Forbes و همکاران (۲۰۰۰) ویژگی‌های شکل شناسی شامل مساحت، محیط، میزان انحنا، میانگین و فاصله اقلیدسی به عنوان ویژگی های موثر برای تخمین وزن محصول میوه مورد استفاده قرارگرفت. Hao وهمکاران (۲۰۱۶) با کمک گرفتن از خصوصیات شکل شناسی نظیر مساحت، محیط و تعداد نقاط غیر صفرتصویر موفق به تخمین اندازه چهار نوع ماهی مختلف شدند. Bailey و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده پردازش تصویر روشی را برای تخمین سریع وزن اجسام پیشنهاد دادند که در آن از ویژگی های شکل شناسی استفاده شده بود. Khojastehkey و همکاران (۲۰۱۵) از خصوصیات مساحت، محیط، طول محور اصلی، طول محور فرعی و فاصله اقلیدسی برای تخمین مساحت پوست بره های نوزاد در گوسفند زندی استفاده نمودند. تمام این گزارش‌ها نتایج مطالعه حاضر در خصوص اثر بخشی و ارتباط بالای ویژگی‌های شکل شناسی با وزن جوجه‌های گوشتی را تایید می کند.

داده کاوی اطلاعات برای تخمین وزن جوجه‌ها

نمودار کارایی شبکه عصبی مصنوعی و نمودار دقت شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده به منظور تخمین وزن جوجه‌ها از روی خصوصیات تصاویر دیجیتال آنها به ترتیب در تصاویر ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۱. خصوصیات انتخاب شده از تصاویر دیجیتال برای تخمین وزن بدن جوجه‌ها.

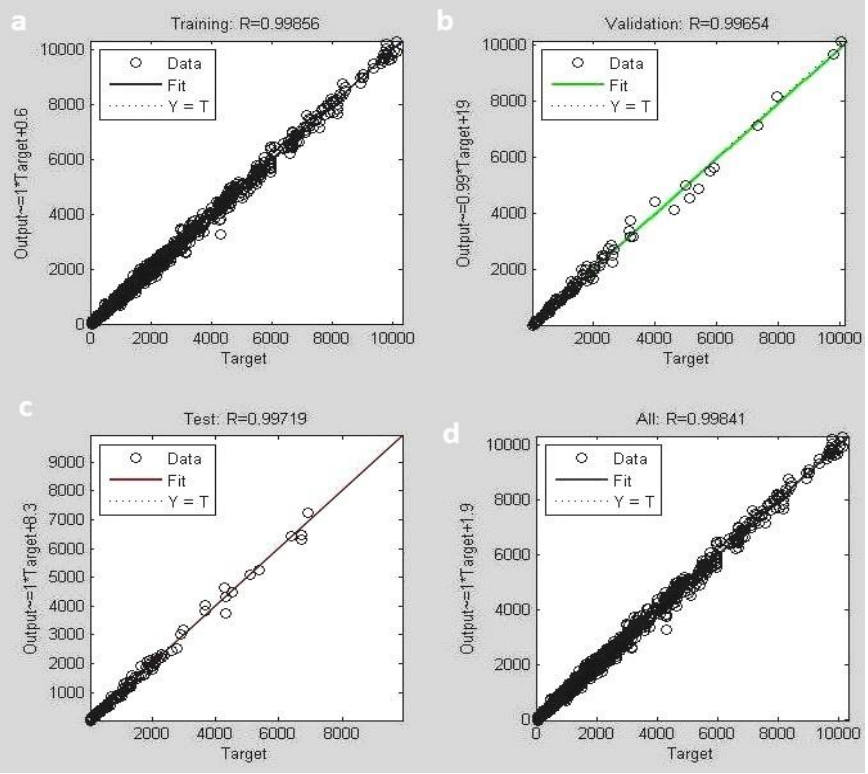
نوع ویژگی	نام ویژگی	معادل لاتین	ضریب همبستگی	P-value
	مقدار ناحیه پر شده	Filled Area	۰/۹۹	۰/۰۱
	مساحت	Area	۰/۹۹	۰/۰۱
	محیط	Perimeter	۰/۹۴	۰/۰۱
	طول محور اصلی	Major axis length	۰/۹۲	۰/۰۱
	طول محور فرعی	Minor axis length	۰/۹۳	۰/۰۱
	قطر معادل	Equve diameter	۰/۹۲	۰/۰۱
	فاصله اقلیدسی	Euclidian distance	۰/۹۴	۰/۰۱
	گریز از مرکز	Eccentricity	۰/۰۶	۰/۵۶
	سختی	Solidity	-۰/۲۱	۰/۳۸
شکل شناسی	جهت	Orientation	۰/۱۷	۰/۱۱
	تعداد پیکسل سفید	NNZ	۰/۹۹	۰/۰۱
	عدد ایولر	Euler number	۰/۱۸	۰/۱۲
	بسط	Extent	-۰/۰۹	۰/۷۸
	مساحت محدب	Convex Area	۰/۹۹	۰/۰۱
	میزان پیچ و تاب	Curvature	۰/۰۵	۰/۶۱
	حداکثر محیطی	Regional Max	۰/۲	۰/۱۹
	حداقل های محیطی	Regional Min	۰/۱۸	۰/۱۱
	تعداد پیکسل سفیدتصاویر باریک شده	bwulterode	۰/۹۷	۰/۰۰۱
	جعبه محاطی	Bonding Box	۰/۵۳	۰/۰۱
	چولگی	Skewness	۰/۳۶	۰/۰۵
	کشیدگی	Kurtosis	۰/۲۴	۰/۰۶
	انتروپی	Entropy	۰/۰۶	۰/۴۱
	انرژی	Energy	-۰/۱۷	۰/۲۲
بافت شناسی	یکنواختی	Homogeneity	-۰/۱۹	۰/۱۵
	همبستگی	Correlation	۰/۳۱	۰/۰۶
	بازتابش	Lustre	۰/۰۱	۰/۸۱



شکل۳- نمودار کارایی شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده برای تخمین وزن جوجه‌های گوشتی.

همانطور که در شکل۳ مشاهده می شود بهترین عملکرد شبکه عصبی در مرحله ۱۳ حاصل شده است. این نمودار نشان‌دهنده عملکرد مناسب شبکه عصبی است، زیرا نمودارهای مربوط به اعتبارسنجی و آزمون شبکه دارای تغییرات مشابه و یکسانی هستند و در نقطه ای که بهترین کارایی بدست آمده است بین این منحنی ها تقاطع وجود ندارد. بر اساس شکل ۴ میزان دقت شبکه عصبی مصنوعی بر حسب ضریب تبیین مدل در مرحله آموزش ۰/۹۹۸، در مرحله اعتبارسنجی ۰/۹۹۶، در مرحله آزمون ۰/۹۹۷ و در مجموع مراحل ۰/۹۹۸ برآورد شد که این میزان دقت در تخمین مقادیر وزن جوجه ها قابل توجه و مناسب است. به منظور اطمینان از دقت و صحت عملکرد مدل نهایی طراحی شده با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی یک سری تصاویر انفرادی جوجه‌هایی که اطلاعات آنها در طراحی اولیه شبکه مورد استفاده قرار نگرفته بود به عنوان آزمون به شبکه معرفی شد.

در جدول ۲ انحراف وزن‌های تخمینی و وزن واقعی توده زنده جوجه‌های ارزیابی شده توسط مدل نهایی با هم مقایسه شده است. بر اساس اطلاعات این جدول مقدار انحراف از مقادیر واقعی وزن در توده زنده جوجه‌هایی با وزن ۳۸ تا۲۰۰گرم بطور متوسط ۵/۱۲- گرم و در توده زنده مورد ارزیابی با وزن ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ گرم ۲۲/۹- گرم برآورد شد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود با افزایش وزن توده زنده مورد ارزیابی در تصاویر میزان انحراف مقادیر وزن تخمین زده شده ازشبکه عصبی مصنوعی با مقادیر وزن واقعی جوجه‌ها افزایش می یابد که این موضوع به علت تاثیر اثر مقیاس می باشد. اما بررسی درصد انحراف از مقادیر واقعی وزن نشان می دهد که درصد خطای مدل در تخمین وزن جوجه‌های سنگین‌تر نسبت به تخمین وزن جوجه های سبک‌تر، کمتر است و دراین باره درصد خطای مدل از ۴/۲۶ درصد در جوجه های با دامنه وزن ۳۸ تا۲۰۰ گرم به مقدار ۰/۹۱ درصد در توده وزن زنده ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ گرم کاهش یافته است. ارائه ۱۰۸ تصویر مجزا به مدل نهایی به منظور تخمین وزن جوجه‌ها از روی تصاویر آنها نشان داد که مدل طراحی شده در عمل نیز می تواند بخوبی و با انحراف کمتر از ۳/۷۶گرم و درصد خطای ۱/۹۱ وزن زنده جوجه‌های را از روی ویژگی‌های تصاویر دیجیتال آنها تخمین بزند.

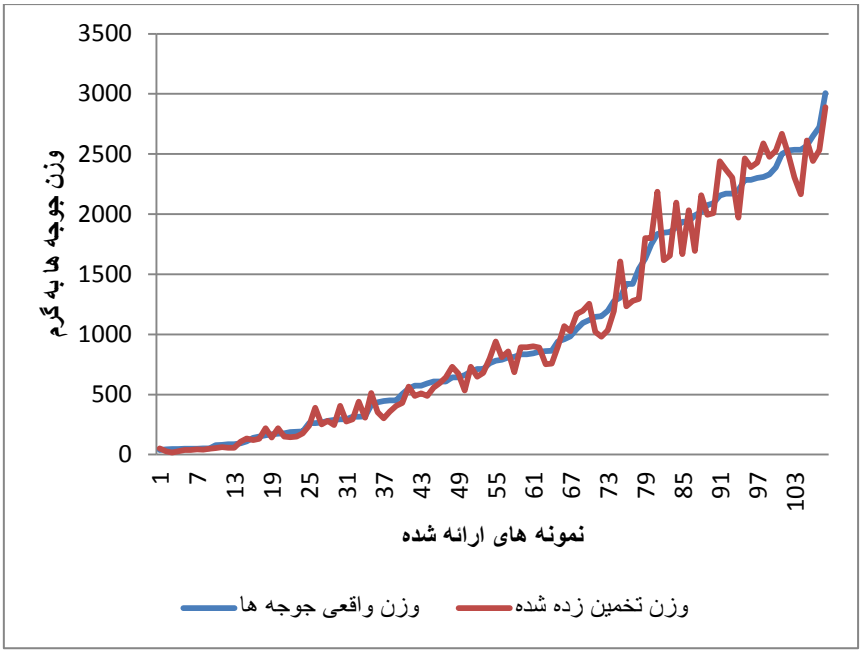


شکل ۴- دقت شبکه عصبی در تخمین وزن جوجه‌ها طی مراحل آموزش (a)، اعتبارسنجی (b)، آزمون (c) و مجموع مراحل (d)

جدول۲- مقایسه انحراف وزن واقعی و وزن تخمینی توده جوجه‌ها (انفرادی و گروهی) توسط مدل نهایی.

دسته بندی وزن جوجه ها	تعداد رکورد	میزان انحراف از وزن واقعی	درصد انحراف	حداقل انحراف	حداکثر انحراف
۳۸ تا ۲۰۰ گرم	۲۴	-۵/۱۲	۴/۲۶	-۲۷/۶	۱۸/۸
۲۰۰ تا ۵۰۰ گرم	۲۲	۷/۶۳	۲/۱۸	-۳۴/۴	۴۰/۸
۵۰۰ تا ۱۵۰۰ گرم	۳۱	۸/۳۵	۰/۹۳	-۷۴/۵	۹۰/۳
۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ گرم	۳۱	-۲۲/۹	۰/۹۱	-۱۳۶/۲	۱۵۴/۳
متوسط		-۳/۷۶	۱/۹۱	-۷۳/۶۱	۸۲/۶۹

بر اساس شکل ۵ روند تغییرات مقادیر تخمین زده شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و مقادیر واقعی وزن جوجه‌ها کاملا بر هم منطبق و مشابه یکدیگر است. بررسی و مقایسه خروجی های مدل نشان داد که بین وزن واقعی جوجه‌ها و وزن های تخمین زده شده توسط مدل نهایی ۹۸/۸ درصد همبستگی وجود دارد. نتایج مطالعه حاضر در خصوص همبستگی بالای وزن‌های واقعی و وزن‌های تخمین زده شده توسط مدل نهایی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است. در مطالعه Negretti و همکاران (۲۰۰۷) همبستگی بین مساحت جانبی خرگوش‌ها با وزن زنده آنها ۸۷ درصد برآورد شد. بین تخمین مساحت جانبی بدن از روی تصاویر خرگوش‌ها با اندازه های واقعی آنها همبستگی بسیار بالا و معنی داری بین ۹۲ تا ۹۹ درصد در سه گونه مختلف خرگوش بدست آمد.



شکل۵۴- ارتباط مقادیر وزن واقعی توده جوجه‌ها و مقادیر وزن زنده تخمین زده توسط شبکه عصبی مصنوعی.

در مطالعه دیگر Tasdemir و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال و مدل فازی وزن گاوهای هلشتاین را تخمین زدند. نتایج استفاده از مدل پیشنهادی آنها نشان داد بین وزن های اصلی و وزن های تخمینی گاوهای هلشتاین همبستگی بسیار بالا و معنی دار ۹۹ درصد وجود داشت. این نتایج با نتایج مطالعه حاضر درباره تخمین وزن جوجه ها از روی مساحت فوقانی بدن آنها در تصاویر دیجیتال مطابقت داشت.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده بر اساس ویژگی‌های شکل شناسی از دقت قابل قبولی برای تخمین وزن جوجه ها برخوردار است. نتایج مشابه با مطالعه حاضر در سایر گزارشات نیز ارائه شده است. برای مثال Bazlur and Mollah (۲۰۱۰) با استفاده از اندازه‌های بدن جوجه‌های گوشتی حاصل از تصاویر آنها و استفاده از رگرسیون خطی با دقت ۳۰ تا ۹۸ درصد موفق به تخمین وزن جوجه‌های گوشتی شدند.

همچنین Junior و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از پردازش تصویر مساحت سطح بدن مرغ را با دقت ۹۹ درصد تخمین زدند.

Amraei و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش‌های مختلف داده کاوی اقدام به تخمین وزن جوجه‌های گوشتی کردند و نتایج بررسی آنها موید آن بود که روش مبتنی بر استفاده از مدل بیز[14] بالاترین دقت را داشت و با خطای متوسط ۵۰ گرم وزن جوجه‌ها را از سن ۱ تا ۴۲ روز تخمین زد. همچنین De Wet و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از پردازش تصویر با خطای ۱۰تا ۱۵درصد موفق به تخمین وزن و سرعت رشد جوجه‌های گوشتی شدند که دقت این گزارشات غالبا نسبت به نتایج مطالعه حاضر پائین‌تر و مدل پیشنهادی در مطالعه حاضر از کارایی مناسب‌تری در تخمین وزن جوجه‌ها برخوردار است.

نتیجه گیری

نتایج بررسی حاضر نشان داد که استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال جوجه‌های گوشتی به همراه داده کاوی اطلاعات با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ابزار مناسب و کارآمدی برای تخمین وزن وسرعت رشد جوجه‌ها در طول دوره پرورش فراهم می کند و با انجام مطالعات تکمیلی در مورد سویه‌های رایج در بازار امکان تخمین وزن جوجه‌های گوشتی با استفاده از فناوری پردازش تصویر وجود خواهد داشت.

[14] Bayesian model

منابع

Amraei, S., Abdanan Mehdizadeh, S. and Salari, S. (2017). Broiler weight estimation based on machine vision and artificial neural network. *British PoultryScience*. 58(2*). http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2016.1259530*

Bailey, D.G., Mercer, K.A., Plaw,C., Ball,R., and Barraclough, H.(2004). High Speed Weight Estimation by Image Analysis. *Proceedings of the 2004 New Zealand National Conference on Non Destructive Testing June 27-29, 2004, Palmerston North, New Zealand.*

Banerjee, K., Jasrai, Y.T., and Jain, N.K .(2012). An Accessible and Accurate Image Analysis for Root Length and Leaf Area Estimation: A Case Application to Azadirachta indica Seedlings. *American-Eurasian Journal of agricultural and environmental sciences.* 12: 64-76.

Bazlur, M.d., and Mollah,R .(2010). Digital image analysis to estimate the live weight of broiler. *Computers and Electronics in Agriculture*. 72(1): 48-52.

Bhuvaneshwari,M. L.M. and Palanivelu M.S. (2015). Improvement in detection of chicken egg fertility using image processing teqniques. *International Journal On Engineering Technology and Sciences*. 2(4):64-67.

Chmiel,M., Sowi_nski,M., Dasiewicz,K.2011. Application of computer vision systems for estimation of fat content in poultry meat. *Food Control*. 22 : 1424-1427.

Chora,R.S.(2007). Image Feature Extraction Techniques and Their Applications for CBIR and Biometrics Systems. *International Journal of Biology and Biomedical Engineering.* 1(1): 6-16.

Dehrouyeh, M.H. , Omid, M. , Ahmadi, H., Mohtasebi, S.S., and Jamzad, M.(2005). Grading and Quality Inspection of Defected Eggs Using Machine Vision. *International Journal of Advance Science and Technology*. 16: 43-50.

De Wet, L., Vranken, E., Chedad, A., Aerts, J.M., Ceunen, J., Berckmans, D.(2003). Computer-assisted image analysis to quantify daily growth rates of broiler chickens. *British Poultry Science*. 44(4):524-32.

Forbes,K.(2000). Volume Estimation of Fruit from Digital Profile Images. A dissertation submitted to the Department of Electrical Engineering, University of Cape Town, in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Engineering

Gonzalez, R., and Woods, R. E.(2002). Digital Image Processing. *2nd eddition .Addison-Wesley*.

Goyal, S.(2013). Predicting properties of cereals using artificial neural networks: A review. *Scientific Journal of Crop Science.* 2: 95-115.

Hao,M., Yu,H., and Li,D.(2016). The Measurement of Fish Size by Machine Vision-A Review. *IFIP International Federation for Information Processing. IFIP AICT*. 479:15–32, *DOI: 10.1007/978-3-319-48354-2_2.*

Junior, Y.T., Silva, E., Junior, R.A.B., Lopes, M.A., Damascene, F.A., Silva, G.C.D.A.E.(2011). Digital Surface Area Assessment of Broiler Chickens. *Engenharia Agrícola, Jabotcabal.* 31:468-476.

Khojastehkey,M. Aslaminejad ,A.A. shariati,M.M. and Dianat,R.(2015). Body size estimation of new born lambs using image processing and its effect on the genetic gain of a simulated population. *Journal of Applied Animal Research*.44(1):326-330. *DOI: 10.1080/09712119.2015.1031789.*

Negretti ,P., Bianconi , G. , Bartocci,S. , and Terramoccia, S.(2007). Lateral Trunk Surface as a new parameter to estimate live body weight by Visual Image Analysis. *Italian Journal of Animal Science.* 6:1223-1225.

Onder, H., Arl, A., Ocak, S., Eker, S., and Tufekci, H.(2011).Use of Image Analysis in Animal Science. *Journal of Information Technology in Agriculture.* 1:1-4.

Phyu, T.N.(2009). Survey of Classification Techniques in Data Mining. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, March 18 - 20, Hong Kong.*

Souza, C. F., Mogami, C.A., Ferreira,I.F., Pinto,F.A.C., Inoue,K.R.A., Júnior.H.S.(2013). Methodology for determination of body mass gain of broilers in commercial aviaries via digital image analysis. *American Society of Agricultural and Biological Engineers, annual international meeting, Kansas city,Missouri,USA/ Doi: http://dx.doi.org/10.13031/aim.20131620477* .

Stajnko, D., Vindiš,P., Janžekovič,M., and Brus,M.(2010). Non Invasive Estimating of Cattle Live Weight Using Thermal Imaging. *New Trends in Technologies: Control, Management, Computational Intelligence and Network Systems*, Meng Joo Er (Ed.), ISBN: 978-953-307-213-5.438 pages. Chapter 13.

Tasdemir,S., Urkmez,A., and Inal,S.(2011). A fuzzy rule-based system for predicting the live weight of Holstein cows whose body dimensions were determined by image analysis. *Turkish Journal of Electronic Engineering and Computer Science.* 19(4):689-703.

Wang, Y., Yang,W., Winter,P., and Walker,L.(2008). Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network. *Biosystems Engineering*. 100:117–125.

Yudkowsky,E.(2008). Artificial Intelligence as a Positive and Negative Factor in Global Risk, *edited by Nick Bostrom and Milan M. Ćirković*, 308–345. New York: Oxford University Press.