



"مقاله پژوهشی"

مقایسه الگوریتم‌های آموزشی شبکه عصبی مصنوعی در برآورد وزن گوسفندان کردی با استفاده از خصوصیات تصاویر دیجیتال

مهدی خجسته‌کی^۱، داودعلی ساقی^۲ و راضیه ساقی^۳

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم
۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، (نویسنده مسوول: davoudali@yahoo.com)
۳- دانش‌آموخته دکتری ژنتیک و اصلاح نژاد
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۲۵
صفحه: ۱۶۶ تا ۱۷۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: انسان به جهت خستگی، وقوع خطاهای ناخواسته، تأثیرپذیری از محیط و آسیب‌پذیری از رخدادهای طبیعی همواره در تشخیص‌های خود از محیط اطراف و یا موضوعات مختلف دچار اشتباهاتی می‌شود بطوری‌که برداشت افراد مختلف از یک واقعه واحد و منحصر بفردهای بسیار متفاوت و متنوع باشد. امروزه انسان با توسعه فناوری پردازش تصویر سعی دارد با استفاده از امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و با کمک گرفتن از ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر مربوط به اشیاء، گیاهان و حیوانات سرعت و دقت ارزیابی و تشخیص خود را در مورد پدیده‌های اطراف خود افزایش دهد و به این جهت فناوری جدیدی با عنوان پردازش تصویر را ایجاد نموده و آن را در ابعاد مختلف توسعه بخشیده است.

مواد و روش‌ها: با هدف شناسایی بهترین الگوریتم آموزش شبکه عصبی مصنوعی جهت تخمین وزن گوسفندان کردی با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال، تعداد بره‌ها و دام‌های بالغ در سنین مختلف موجود در ایستگاه اصلاح‌نژاد گوسفند استان خراسان شمالی، با استفاده از باسکول وزن‌کشی شدند. در هنگام وزن‌کشی، تصاویری از نمای جانبی دام‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال و با رعایت فاصله ثابت تهیه و ثبت شد. با استفاده از رابط گرافیکی GUI نرم‌افزار متلب (نسخه R2010a) مراحل پردازش تصویر و استخراج خصوصیات عددی از تصاویر دام‌ها انجام شد. سپس سه نوع شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از سه نوع الگوریتم آموزشی مختلف شامل لوبنبرگ مارکوات، اسکیلد کانژوگیت گرادینت و آموزش بیزی آموزش داده شد. خصوصیات تصاویر به‌عنوان ورودی و وزن دام‌ها به‌عنوان خروجی در آموزش شبکه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت دقت مدل‌ها در تخمین وزن مقایسه گردید.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، دقت شبکه‌های عصبی آموزش دیده با سه الگوریتم مورد بررسی شامل اسکیلد کانژوگیت گرادینت، بیزی و لوبنبرگ مارکوات در تخمین وزن در مرحله آموزش به‌ترتیب ۹۱/۹۵، ۹۴/۷۴ و ۹۴/۳۴ درصد برآورد شد. در آزمون عملی که با ارائه ۲۰ تصویر به‌عنوان تست به هر یک از مدل‌ها انجام شد، شبکه آموزش دیده با الگوریتم اسکیلد کانژوگیت گرادینت با خطای ۴/۷ درصد، شبکه بیزی با خطای ۰/۵ درصد و شبکه لوبنبرگ مارکوات با خطای ۲/۱۱ درصد وزن را از روی تصاویر دیجیتال آن‌ها تخمین زدند. هر سه نوع الگوریتم از دقت کافی برای تخمین وزن برخوردار بوده و در این بین دقت شبکه عصبی مصنوعی آموزش دیده با الگوریتم بیزی بیش از دو مدل دیگر بود.

نتیجه‌گیری: عملکرد روش پیشنهادی بر مبنای پردازش تصویر و استفاده از شبکه عصبی مصنوعی از دقت کافی برای تخمین وزن گوسفندان کردی برخوردار بوده و در این بین مدل طراحی شده بر مبنای الگوریتم آموزش بیزی نسبت به دو الگوریتم آموزشی لوبنبرگ مارکوات و اسکیلد کانژوگیت گرادینت از کارایی بهتری برخوردار بود. بر اساس نتایج مطالعه حاضر توسعه اپلیکیشن‌هایی بر مبنای استفاده از هوش مصنوعی برای توزین دام‌های اهلی کاملاً امکان‌پذیر بوده و استفاده از آنها در مواقع متعددی که امکان دسترسی سریع و آسان به ترازو وجود ندارد، پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، تخمین وزن، دقت مدل، شبکه عصبی مصنوعی، گوسفند کردی

مقدمه

انسان همواره سعی دارد تا با کمک گرفتن از علم و فناوری انجام امور مشکل، خطر آفرین، زیان‌بار، زمان‌بر و هزینه‌بر را آسان نموده و تسهیل نماید. معمولاً خصوصیات ظاهری شامل رنگ، شکل، زاویه‌ها و اندازه‌ها به انسان در تشخیص تفاوت‌های ظاهری اشیاء و موجودات زنده و نیز تخمین مقادیر و کمیت‌های مرتبط با آن‌ها کمک می‌کند. امروزه انسان با توسعه فناوری پردازش تصویر سعی دارد با استفاده از امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و با کمک گرفتن از ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر مربوط به اشیاء، گیاهان و حیوانات، سرعت و دقت ارزیابی و تشخیص خود را در مورد آن‌ها افزایش دهد و به این جهت فناوری جدیدی با عنوان پردازش تصویر را ایجاد نموده و آن را در ابعاد مختلف توسعه بخشیده است. استفاده از این فناوری در دامپروری می‌تواند علاوه بر تسهیل فرآیند رکوردبرداری از دام‌ها بویژه در دام‌های سنگین، باعث کاهش هزینه‌های کارگر، افزایش سرعت رکوردبرداری، جلوگیری از خطاهای انسانی و باعث حفظ سلامت دام و انسان شود. با این هدف تا کنون مطالعات متعددی در دامپروری با

موضوع استفاده از هوش مصنوعی انجام شده است. به‌عنوان مثال محققان موفق شدند با استفاده از تغییرات مربوط به تعداد، مقادیر و ارزش پیکسل‌های تصویر یک دام ابعاد و زوایای بدن دام و نمره بدنی آن را تخمین بزنند (۲). همچنین با استفاده از فناوری پردازش تصویر وزن خوک‌ها را از روی تصاویر دیجیتال آن‌ها با خطای ۳ درصد تخمین زده‌اند (۲۴). در فناوری پردازش تصویر، کشف ارتباط بین خصوصیات عددی استخراج شده از تصاویر با مختصات کمی و یا کیفی شیء مورد بررسی معمولاً با استفاده توابع ریاضی انجام می‌شود و این فرآیند در اصطلاح داده کاوی نام دارد. ابزارهای داده کاوی در پردازش تصویر متعدد بوده و از مدل‌های رگرسیون تا انواع شبکه‌های عصبی و مدل‌های ریاضی را شامل می‌شوند و با توجه به تنوع و تعدد ابزارهای داده کاوی تصمیم‌گیری در مورد بهترین ابزار ممکن برای طراحی و توسعه مدل‌های تخمین زنده و یا تشخیص دهنده کار پیچیده‌ای است. در استفاده از فناوری پردازش تصویر در علوم دامی تاکنون انواع مختلفی از ابزارهای داده کاوی نظیر مدل‌های رگرسیون و شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفته است. برای مثال از مدل رگرسیون چندگانه برای

مرحله شبکه می‌تواند به عقب برگشته و با بهینه‌سازی وزن‌ها در مرحله اول آموزش، در مرحله بعدی وزن‌دهی به نورون‌ها را به‌گونه‌ای انجام دهد که میزان خطا و انحراف مدل در مرحله بعد کمتر از مرحله اول باشد (۱۴). نوع الگوریتم آموزشی، نوع مدل و توپولوژی شبکه عصبی مصنوعی و نیز ماهیت داده‌های مورد استفاده بر دقت نهایی مدل داده کاوی در پیش‌بینی یک متغیر مؤثر است (۸). الگوریتم‌های مختلف آموزش لوبنبرگ مارکوات (Levenberg-Marquath)، آموزش بیزی (Bayesian Regulation) و اسکیلد کانژوگیت گرادینت (Scaled Conjugate Gradient) از الگوریتم‌های رایج مورد استفاده در روش پس انتشار خطا هستند که از آن‌ها در مطالعات مختلف برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی از جمله هواشناسی (۴) کشاورزی (۲۳) و صنعت (۲۵) استفاده شده و عملکرد آن‌ها با هم مورد مقایسه قرار گرفته است. با این مقدمه مطالعه حاضر با هدف مدل نمودن تخمین وزن گوسفندان کردی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف آموزش شبکه عصبی مصنوعی از روی خصوصیات تصاویر دیجیتال آن‌ها و نیز معرفی بهترین مدل جهت طراحی و تولید سامانه هوشمند تخمین وزن گوسفندان کردی، به انجام رسید.

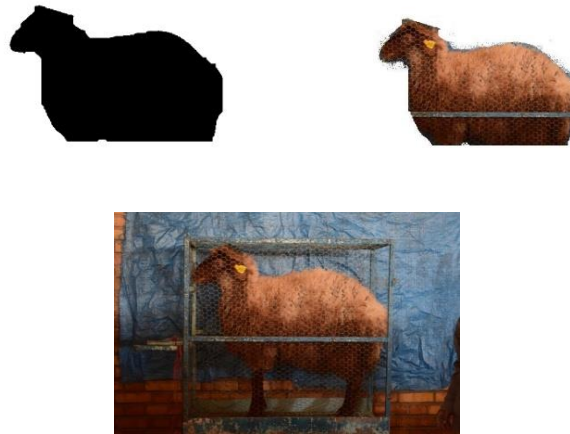
مواد و روش‌ها

رکورد برداری فوتویی و تصویربرداری از دام‌ها؛ در این مطالعه از اطلاعات گوسفندان کردی ایستگاه پرورش و اصلاح‌نژاد گوسفند استان خراسان شمالی استفاده شد. به‌منظور تهیه رکورد مورد نیاز در پروژه حاضر بره‌ها و دام‌های بالغ موجود در گله با استفاده از باسکول وزن‌کشی دام ساخت صنایع توزین با دقت ۰/۱ کیلوگرم وزن شده و رکورد آن‌ها ثبت گردید. هم‌زمان با هر مرحله وزن‌کشی، تصاویری با استفاده از دوربین دیجیتال canon مدل ixus و از فاصله ثابت (۲ متری) از هر یک از دام‌ها تهیه شد. در پایان آزمایش تعداد ۱۴۱ تصویر از بره‌های موجود در گله در سنین مختلف جمع‌آوری گردید.

آماده‌سازی و ویرایش اولیه تصاویر

تصاویر تهیه شده از دام‌ها ابتدا به حافظه رایانه منتقل و پس از فراخوانی، ویرایش‌های لازم جهت بهتر شدن کیفیت روی آن‌ها اعمال شد. برخی اقدامات لازم برای ویرایش اولیه تصاویر، طبق شکل ۱ شامل تبدیل تصویر رنگی به تصاویر خاکستری یا باینری، رفع نویزهای تصویری، رفع سایه‌ها و پیکسل‌های اضافی، کنترل انعکاس نور، جدا کردن تصویر اصلی از پس زمینه، تنظیم بزرگنمایی تصویر، تغییر رنگ تصویر و فیلترینگ و قطعه‌بندی (Segmentation) به‌منظور استفاده از بخشی از یک تصویر بود که با استفاده از رابط گرافیکی (Graphic Unite Interference) در محیط نرم‌افزاری متلب (نسخه R 2010 a) انجام شد.

تخمین وزن بدن گاوها از روی خصوصیات تصاویر دیجیتال آن‌ها استفاده نمودند (۳،۲۱). در مطالعات جداگانه‌ای برای تخمین وزن بره‌های نوزاد (۱۳) و برای تخمین وزن خوک‌ها (۲۴) از شبکه عصبی مصنوعی به‌عنوان ابزار داده کاوی اطلاعات پردازش تصویر استفاده کردند. در مطالعه‌ای نیز با استفاده از مدل‌های مختلف شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چندگانه اقدام به پیش‌بینی تولید شیر گاوهای ساهیوال در اولین دوره شیرآوری نمودند (۵). نتایج ایشان نشان داد که پیش‌بینی‌های انجام شده با روش رگرسیون چندگانه در مجموع ۸ درصد خطای بالاتری نسبت به روش‌های شبکه عصبی مصنوعی داشت (۵). همچنین تا کنون از شبکه‌های عصبی مصنوعی در تشخیص ورم پستان گاوهای شیری (۱۰)؛ پیش‌بینی صفات تولیدی در دام‌های اهلی (۹)؛ تخمین ارزش اصلاحی دام‌ها (۲۲)؛ تعیین کیفیت لاشه دام (۱۹) و تشخیص آبستنی و چرخه فحلی گاوهای شیری (۱۵) نیز استفاده شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی با الگوبرداری از سیستم عصبی انسان ساخته شده و می‌توانند با انجام محاسبه روی داده‌های ورودی، قوانین موجود بین اطلاعات را آموخته و از آن‌ها الگوبرداری کند و برای پیش‌بینی وقایع و یا تشخیص و دسته‌بندی موضوعات جایگزین تشخیص‌های انسانی شود (۱۷). در ساختار شبکه عصبی مصنوعی گره‌های عصبی متعدد در یک یا چند لایه به یکدیگر مرتبط هستند و به‌صورت موازی یک شبکه را تشکیل می‌دهند. در این ساختار هر گره عصبی یک واحد پردازش‌گر اطلاعات است که بر اساس تابع اختصاصی خود عمل کرده و اطلاعات ورودی را پس از پردازش (ضرب در یک وزن خاص) به اطلاعات خروجی تبدیل می‌کند (۱۷). شبکه‌های عصبی ممکن است دو یا چند لایه طراحی شوند و تعداد نورون‌ها در هر لایه نیز بر اساس اطلاعات ورودی و خروجی متغیر باشد. نوع توابع ریاضی مورد استفاده در هر لایه که ارتباط بین نورون‌ها را تعیین می‌کند نیز بر کارایی شبکه عصبی تأثیر گذار است. بر اساس نتایج مطالعات متعدد علاوه بر نوع ساختار و توپولوژی شبکه عصبی مصنوعی و توابع مورد استفاده در نورون‌ها، روش آموزش شبکه عصبی مصنوعی نیز بر دقت نهایی مدل مؤثر است (۱۴). منظور از آموزش شبکه عصبی مصنوعی یا همان یادگیری عبارت است از مجموعه قوانین ریاضی که به شبکه عصبی کمک می‌کند تا بر اساس آن میزان خطای خود را در برآوردها، پیش‌بینی‌ها و یا دسته‌بندی اطلاعات به حداقل برساند. این کار با تعیین وزن‌های بهینه برای نورون‌ها و کاهش انحراف بین اطلاعات ورودی و خروجی انجام می‌شود. برای شبکه‌های عصبی مصنوعی روش‌های آموزشی مبتنی بر پس انتشار خطا از کارایی مناسبی برخوردارند. در این روش پس از وزن‌دهی به نورون‌ها و ضرب وزن‌ها در مقادیر ورودی، یک مقدار خروجی تولید می‌شود که با مقایسه آن با خروجی‌های واقعی، مقدار خطا و انحراف مدل تعیین می‌شود. پس از این



شکل ۱- مراحل آماده‌سازی تصاویر به ترتیب از چپ به راست شامل تصویر اصلی گرفته شده از دام، تصویر قطعه‌بندی شده با حذف پس‌زمینه، تصویر باینری آماده آنالیز

Figure 1. The steps of preparing the images in order from left to right, including the main image taken from the sheep, the fragmented image with the background removed, the binary image ready for analysis

زنده دام‌ها بود که جهت آموزش شبکه مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت مدلی که دارای بالاترین دقت و کمترین خطا بود به‌عنوان مدل نهایی جهت تخمین وزن بره‌ها از روی تصویر آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. معیار انتخاب بهترین مدل مقدار ضریب تعیین مدل (R^2) و مجموع مربعات خطا (MSE) یک مدل در مقایسه با سایر مدل‌های موجود بود.

$$R^2 = \frac{\sum(Y_{pred} - Y)^2}{\sum(Y_{obs} - Y)^2}$$

در رابطه فوق R^2 : ضریب تعیین مدل، Y_{pred} : مقادیر برآورد شده، Y_{obs} : مقادیر مشاهده شده و Y : میانگین مشاهدات است.

$$MSE = 1/n \sum(Y_{obs} - Y_{predic})^2$$

در رابطه فوق MSE: خطای میانگین مربعات، Y_{pred} : مقادیر برآورد شده و Y_{obs} : مقادیر مشاهده شده است.

از تعداد ۱۴۱ تصویر تهیه شده برای تخمین وزن گوسفندان کردی، تعداد ۱۲۱ تصویر برای طراحی اولیه شبکه (شامل مراحل آموزش، اعتبارسنجی و آزمون) و ۲۰ عکس برای آزمایش نهایی شبکه‌های عصبی مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

پردازش تصویر و استخراج خصوصیات

در جدول ۱ ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر و ضریب همبستگی آن‌ها با وزن بدن گوسفندان کردی ارائه شده است. مجموعه ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر برای دو نوع تصویر سیاه و سفید و تصاویر لبه‌گذاری شده ۲۳ ویژگی منحصر به فرد بود.

استخراج خصوصیات و انتخاب خصوصیات مؤثر از یک تصویر

خصوصیات عددی هر تصویر با استفاده از برخی توابع و دستورات موجود در محیط GUI نرم افزار متلب استخراج شد. تعداد ۲۳ خصوصیت مختلف شکل‌شناسی از تصاویر گوسفندان استخراج شد. برخی از مهم‌ترین خصوصیات شامل میانگین، انحراف معیار، فاصله‌ها، زاویه‌ها، مساحت، محیط، طول محور اصلی، طول محور فرعی، قطر معادل، میزان گریز از مرکز، میزان سختی بود. به‌منظور تخمین وزن دام‌ها تنها برخی از این ویژگی‌ها که با صفات مورد مطالعه ارتباط داشت، به‌عنوان ویژگی‌های مؤثر انتخاب شد. مبنای این کار استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بود که در نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) انجام گرفت.

انجام داده کاوی اطلاعات

داده کاوی اطلاعات با هدف کشف ارتباط ریاضی بین خصوصیات استخراج شده حاصل از یک تصویر با خصوصیات مرتبط با وزن دام‌ها انجام شد. مراحل داده کاوی در مطالعه حاضر با استفاده از ابزار شبکه عصبی مصنوعی و به صورت مشخص با به کارگیری روش‌های تخمین موجود در محیط شبکه عصبی مصنوعی نرم‌افزار متلب انجام شد. به‌منظور تخمین وزن بره‌ها از ابزار "تخمین مقادیر" نرم‌افزار متلب استفاده شد. شبکه‌های عصبی پیش‌بینی شده از نوع "شبکه عصبی پیش‌خور" بودند که با الگوریتم "پس انتشار خطا" آموزش داده شدند. در این مطالعه کارایی سه الگوریتم مختلف آموزشی شامل لونیبرگ مارکوات، آموزش بیزی و اسکیلد کانژوگیت گرادینت با یکدیگر مقایسه شدند. اطلاعات ورودی به شبکه‌های عصبی مصنوعی شامل خصوصیات انتخاب شده از تصاویر و اطلاعات خروجی شبکه‌های عصبی شامل وزن

جدول ۱- همبستگی بین خصوصیات استخراج شده از تصاویر دیجیتال با وزن بره‌ها

Table 1. Correlation between characteristics extracted from digital images with the weight of lambs

نوع تصویر مورد استفاده	باینری	معادل لاتین	نوع ویژگی استخراج شده
لبه‌گذاری شده	۰/۸۳*	Area	مساحت
۰/۷۳	۰/۷۶*	Perimeter	محیط
۰/۴۴	۰/۸۳*	Equivalent diameter	قطر معادل
۰/۷۴	۰/۶۳	Major axis length	طول محور اصلی
۰/۶۹	۰/۷۴	Minor axis length	طول محور فرعی
۰/۷۶*	۰/۷۵*	Bonding Box	جعبه محاطی
۰/۷۵*	۰/۸۲*	Convex Area	مساحت محدب
۰/۸۲*	۰/۱۹	Solidity	سختی
-۰/۱۳	۰/۸۳*	Filled Area	مقدار ناحیه پر شده
۰/۶۷	۰/۸۴*	NNZ	تعداد پیکسل سفید
۰/۷۳	۰/۳۶	NNZ	تعداد پیکسل اسکلت
-	-	Euclidian distance	فاصله اقلیدسی
-۰/۴۳	-		

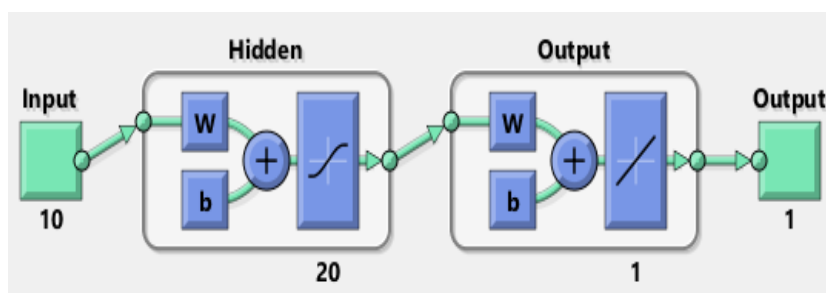
ویژگی‌های انتخاب شده برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی با علامت * مشخص شده‌اند.

نمودند (۱۱). به‌طور مشخص و در مطالعه انجام شده در گوسفندان زندی پژوهشگران موفق شدند از برخی خصوصیات شکل شناسی تصاویر بره‌های یک روزه شامل مساحت، محیط، طول محور اصلی، طول محور فرعی و فاصله اقلیدسی مساحت پوست بره‌های نوزاد را تخمین بزنند (۱۲). این گزارش‌ها با نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کارایی و اثر بخشی ویژگی‌های شکل‌شناسی استخراج شده از تصاویر دیجیتال و همبستگی بالای آنها با وزن زنده گوسفندان کردی تطابق دارد.

نتایج داده کاوی اطلاعات

ساختار شبکه‌های عصبی طراحی شده برای تخمین وزن بره‌ها: در شبکه عصبی نهایی طراحی شده با هدف پیش‌بینی وزن گوسفندان کردی از روی ویژگی تصاویر آنها، تعداد نورون‌های شبکه در لایه ورودی برابر با تعداد خصوصیات مؤثر استخراج شده از هر تصویر و برابر با ۱۰ نورون بود. در لایه خروجی نیز یک نورون به‌عنوان وزن تخمینی بره‌ها پیش‌بینی شد. بر اساس روش آزمون و خطا و با فرض حصول بالاترین دقت پیش‌بینی مدل، در لایه میانی یا پنهان شبکه تعداد ۲۰ نورون برای تمام شبکه‌های عصبی مورد بررسی پیش‌بینی شد. ساختار ارائه شده در شکل ۲ برای تمام شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد بررسی یکسان بود و تنها الگوریتم آموزشی آن-ها با یکدیگر متفاوت بوده و به‌ترتیب از الگوریتم‌های لوبزگ مارکوات، آموزش بیزی و اسکیلد کانژوگیت گرادینت برای این منظور استفاده شد.

میزان همبستگی ویژگی استخراج شده از تصاویر با وزن گوسفندان مورد مطالعه با توجه به ماهیت آن‌ها متفاوت بود و از حداقل ۰/۱۹ تا حدکثر ۰/۸۴ تغییر می‌کرد. برای تخمین وزن گوسفندان کردی از روی تصاویر دیجیتال آنها، در نهایت تعداد ۱۰ ویژگی استخراج شده از تصاویر که با وزن دام‌ها همبستگی معنی‌دار برابر یا بالاتر از ۷۵ درصد داشت، به‌عنوان ویژگی‌های مؤثر در طراحی شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. از آنجا که خصوصیات شکل‌شناسی انتخاب شده از تصاویر گوسفندان بویژه مساحت و محیط عمدتاً با ابعاد بدن گوسفند موجود در تصویر مرتبط هستند، لذا به مرور و با افزایش سن گوسفندان کردی تا سن بلوغ جسمی، افزایش وزن بدن گوسفندان کردی همگام با افزایش حجم و ابعاد بدن آن‌ها همراه است. وجود همبستگی مثبت و بالا بین ویژگی‌های شکل شناسی استخراج شده از تصاویر گوسفندان با وزن بدن آنها در مطالعه حاضر توسط سایر محققان گزارش شده است. برای مثال در یک مطالعه و با استفاده از پردازش تصویر و استخراج خصوصیات شکل‌شناسی نظیر مساحت، محیط، میزان انحنا، میانگین و فاصله اقلیدسی از تصاویر میوه‌های یک باغ، وزن محصول نهایی باغ تخمین زده شد (۱۷). همچنین در مطالعه‌ی دیگری با کمک گرفتن از خصوصیات شکل شناسی تصاویر دیجیتال محققان موفق به تخمین اندازه بدن چهار نوع ماهی مختلف شدند و برای این منظور از ویژگی‌هایی نظیر مساحت، محیط و تعداد پیکسل‌های متعلق به تصاویر ماهی‌ها استفاده



شکل ۲- توپولوژی شبکه عصبی چندلایه طراحی شده برای تخمین وزن گوسفندان کردی از روی خصوصیات تصاویر دیجیتال
Figure 2. Multilayer neural network topology designed to estimate the weight of Kurdi sheep from the characteristics of digital images

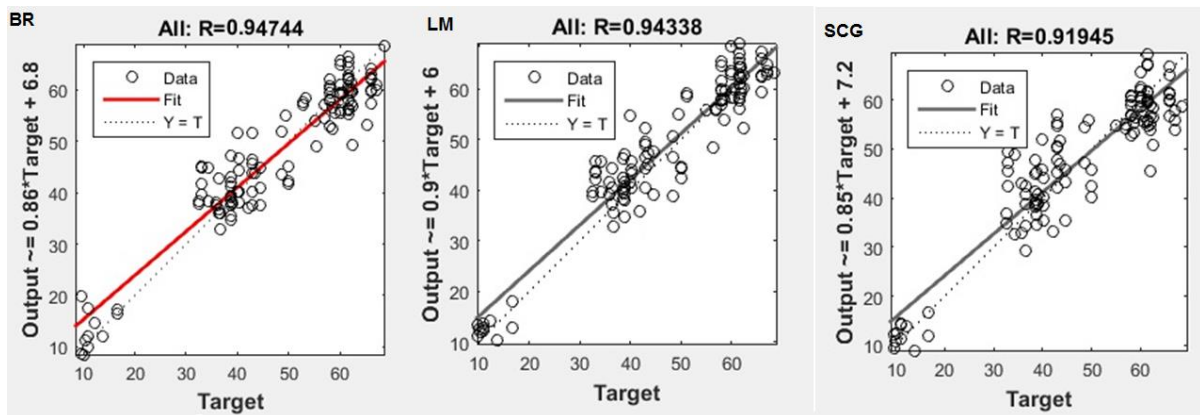
۲ و نمودار دقت شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده برای تخمین وزن بره‌های کردی با استفاده از سه الگوریتم مذکور در شکل ۳ ارائه شده است. بر اساس جدول ۲ دقت مدل‌های آموزش دیده با الگوریتم لونیبرگ مارکوات، بی‌زی و اسکیلد کانژوگیت برای تخمین وزن گوسفندان کردی به ترتیب ۹۴/۷۴ و ۹۱/۹۵ درصد برآورد گردید.

مقایسه دقت مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در تخمین وزن بره‌ها با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمام الگوریتم‌های آموزشی لونیبرگ مارکوات، بی‌زی و اسکیلد کانژوگیت گرادینت از کارایی و دقت مناسبی برای تخمین وزن گوسفندان کردی از روی تصاویر دیجیتال آن‌ها برخوردار بوده‌اند. مشخصات شبکه‌های عصبی مصنوعی آموزش دیده با استفاده از این سه الگوریتم آموزشی در جدول

جدول ۲- خصوصیات شبکه‌های عصبی آموزش دیده با الگوریتم لونیبرگ مارکوات، بی‌زی و اسکیلد کانژوگیت گرادینت

Table 2. Characteristics of neural networks trained with Lunberg-Marquat, Bayesian and Skilled conjugate gradient algorithms

الگوریتم آموزشی	زمان رسیدن به همگرایی	تعداد تکرار تا رسیدن به همگرایی	همبستگی مقادیر واقعی و برآوردهای مدل	خطای میانگین مربعات
لونیبرگ مارکوات	۱ ثانیه	۱۷	۹۴/۳۴	۲۸/۴۴
بی‌زی	۶۹ ثانیه	۱۰۰۰	۹۴/۷۴	۲۶/۲۳
اسکیلد کانژوگیت	۰/۰۱ ثانیه	۳۸	۹۱/۹۵	۳۵/۹۰



شکل ۳- دقت شبکه عصبی آموزش داده شده با الگوریتم آموزش بی‌زی BR، لونیبرگ مارکوات LM و اسکیلد کانژوگیت گرادینت SCG (به ترتیب از چپ به راست)

Figure 3. Accuracy of neural network trained with Bayesian BR training algorithm, Lunberg Marquat LM and SCG conjugate gradient skylight (left to right, respectively)

الگوریتم آموزش بی‌زی در مجموع وزن گوسفندان کردی را با خطای متوسط ۲۱۰ گرم و مدل لونیبرگ مارکوات با خطای ۸۷۰ گرم بیشتر از وزن واقعی تخمین زدند در حالی که مدل اسکیلد کانژوگیت گرادینت وزن گوسفندان کردی را ۱۹۹۰ گرم کمتر از وزن واقعی آن‌ها تخمین زد. میزان خطای مدل‌ها در هر سه الگوریتم آموزشی مورد بررسی، برای گوسفندان سنگین وزن بیش از سایر دام‌ها بود. این موضوع می‌تواند به دلیل اثر مقیاس باشد که با بزرگ‌تر شدن عددها و میانگین آن‌ها میزان انحرافات و واریانس اعداد نیز بیشتر می‌شود. از طرفی این موضوع می‌تواند به تعداد کمتر داده‌های آموزشی برای گروه سنی بزرگ‌تر از ۵۰ کیلوگرم در بررسی حاضر نسبت سایر گروه‌های وزنی مربوط باشد.

بررسی و مقایسه خروجی‌های مدل با وزن واقعی گوسفندان کردی: به منظور بررسی عملی دقت مدل نهایی شبکه عصبی مصنوعی لازم بود تا اطلاعات استخراج شده از تصاویر گوسفندانی که در طراحی اولیه شبکه مورد استفاده قرار نگرفته بود به عنوان آزمون به شبکه‌ها ارائه شود. در جداول ۳ تا ۵ انحراف وزن‌های تخمین زده شده توسط شبکه عصبی و وزن واقعی بدن گوسفندان کردی با هم مقایسه شده است. متوسط میزان خطای مدل در تخمین وزن گوسفندان کردی در شبکه عصبی مصنوعی آموزش دیده با الگوریتم بی‌زی، لونیبرگ مارکوات و اسکیلد کانژوگیت گرادینت به ترتیب ۰/۵، ۲/۱۱ و ۴/۷ درصد برآورد شد. کمترین درصد خطا مربوط به الگوریتم آموزشی بی‌زی و بیشترین درصد خطا مربوط به الگوریتم اسکیلد کانژوگیت گرادینت بود. مدل آموزش دیده با

جدول ۳- مقایسه انحراف وزن تخمینی و وزن واقعی بره‌ها توسط مدل لونبرگ مارکوات

Table 3. Comparison of estimated weight deviation and actual weight of lambs by Lunberg-Marquat model

وزن بره‌ها (کیلوگرم)	تعداد مشاهدات	متوسط وزن واقعی	متوسط وزن تخمینی	متوسط خطا کیلوگرم	متوسط خطا درصد
کمتر از ۲۵ کیلوگرم	۵	۱۲/۴۲	۱۴/۲۴	۱/۸۲	۱۷/۸۷
۲۵-۵۰ کیلوگرم	۷	۳۸/۰۸	۳۸/۱۹	۰/۱۱	۰/۲۹
بیش از ۵۰ کیلوگرم	۸	۶۱/۳۸	۵۸/۲۰	۲/۹۶	۷/۱۷
متوسط		۴۱/۲۴	۴۲/۱۱	۰/۸۷	۲/۱۱

جدول ۴- مقایسه انحراف وزن تخمینی و وزن واقعی بره‌ها توسط مدل بی‌زی

Table 4. Comparison of estimated weight deviation and actual weight of lambs by Bayesian model

وزن بره‌ها (کیلوگرم)	تعداد مشاهدات	متوسط وزن واقعی	متوسط وزن تخمینی	متوسط خطا کیلوگرم	متوسط خطا درصد
کمتر از ۲۵ کیلوگرم	۵	۱۲/۴۲	۱۲/۸۸	-۰/۴۵	۳/۶۵
۲۵-۵۰ کیلوگرم	۷	۳۸/۰۸	۴۰/۲۶	۲/۱۷	۵/۶۹
بیش از ۵۰ کیلوگرم	۸	۶۱/۳۸	۵۸/۴۷	-۲/۹۱	-۴/۷۴
متوسط		۴۲/۰۶	۴۲/۲۷	۰/۲۱	۰/۵۰

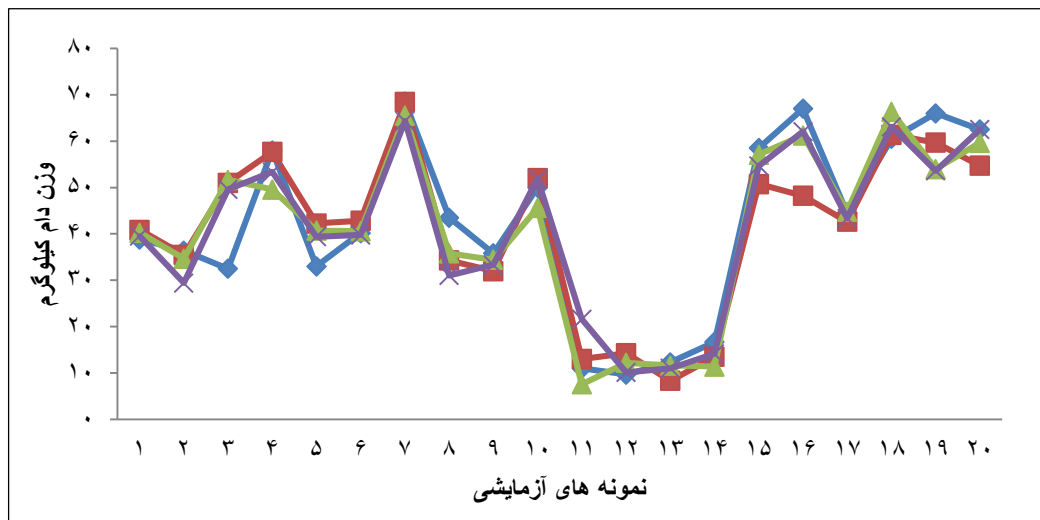
جدول ۵- مقایسه انحراف وزن تخمینی و وزن واقعی بره‌ها توسط مدل اسکیلد کانژوگیت گرادینت

Table 5. Comparison of estimated weight deviation and actual weight of lambs by Skilled Conjugate Gradient Model

وزن بره‌ها (کیلوگرم)	تعداد مشاهدات	متوسط وزن واقعی	متوسط وزن تخمینی	متوسط خطا کیلوگرم	متوسط خطا درصد
کمتر از ۲۵ کیلوگرم	۵	۱۲/۴۳	۱۰/۲۱	-۲/۲۲	-۱۷/۸۵
۲۵-۵۰ کیلوگرم	۷	۳۸/۰۸	۳۹/۹۵	۱/۸۶	۴/۸۹
بیش از ۵۰ کیلوگرم	۸	۶۱/۳۷	۵۵/۶۳	-۵/۷۵	-۹/۳۶
متوسط		۴۲/۲۷	۴۰/۲۷	-۱/۹۹	-۴/۷۰

عصبی مصنوعی آموزش دیده با الگوریتم بی‌زی، لونبرگ مارکوات و اسکیلد کانژوگیت گرادینت به ترتیب ۰/۹۳، ۰/۹۴ و ۰/۹۱ برآورد گردید ($p < 0.05$).

در شکل ۴ نمودار همبستگی بین وزن واقعی گوسفندان کردی و وزن تخمین زده شده توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی نمایش داده شده است. بر اساس نمودار حاضر همبستگی بین وزن‌های واقعی و وزن تخمین زده شده بره‌ها توسط شبکه



شکل ۴- ارتباط بین وزن واقعی بره‌ها و وزن تخمین زده شده آنها توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی مختلف

Figure 4. Relationship between the actual weight of lambs and their estimated weight by different artificial neural networks

تخمین وزن گوسفندان کردی از روی تصاویر آنها در مطالعه حاضر با نتایج سایر گزارشات در این زمینه مشابه بوده و در مواردی نیز دقت آن بالاتر است. برای مثال در یک پژوهش محققان با استفاده از پردازش تصویر، وزن زنده گاو میش‌ها را از روی مساحت جانبی آن‌ها با دقت ۹۰ درصد تخمین زدند (۱۸)

نتایج مطالعه حاضر نشان داد روش پیشنهادی بر مبنای استفاده از پردازش تصویر و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین وزن گوسفندان کردی موفق بوده و با دقتی بین ۹۱/۹ تا ۹۴/۷ درصد وزن گوسفندان کردی را از روی خصوصیات تصاویر دیجیتال آن‌ها تخمین زده است. دقت‌های بدست آمده برای

بلدچین‌های اروپایی با استفاده از مدل‌های مختلف شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی شد و نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی آموزش دیده با الگوریتم آموزشی لوبنبرگ مارکوات با دقت ۷۱/۴ درصد نسبت به الگوریتم بیزی با دقت ۶۸/۵ درصد از کارایی بهتری برخوردار بود که با نتایج مطالعه حاضر در گوسفند کردی چندان منطبق نیست (۶). شاید یکی از علل مهم برتری اندک الگوریتم بیزی نسبت به الگوریتم لوبنبرگ مارکوات و اسکیلد کانژوگیت گرادینت در تخمین وزن گوسفندان کردی، توانایی مدل‌های بیزی در یادگیری الگوهای پیچیده و با تابعیت غیرخطی باشد. الگوریتم آموزش بیزی در حالتی که ما اطلاعات ناقص و مبهمی را در اختیار داریم نیز مدل کارآمدی برای پیش‌بینی و تخمین موارد مدنظر است. مدل کردن موضوعات پیچیده و با عوامل موثر متعدد و متنوع نیز یکی دیگر از قابلیت‌های الگوریتم آموزش بیزی است. واقعیت آن است که نوع الگوریتم آموزشی، نوع مدل و توپولوژی شبکه عصبی مصنوعی و نیز ماهیت داده‌های مورد استفاده بر دقت نهایی مدل داده کاوی در پیش‌بینی یک متغیر موثر است (۸) و بنابراین شاید بهتر باشد برای داشتن برآوردهای دقیق‌تر از وزن دام و از جمله گوسفندان کردی، استفاده از مدل‌های آموزشی بیزی بیشتر مورد توجه قرار بگیرد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد روش پیشنهادی بر مبنای پردازش تصویر و استفاده از شبکه عصبی مصنوعی از دقت کافی برای تخمین وزن گوسفندان کردی برخوردار بوده و در این بین مدل طراحی شده بر مبنای الگوریتم آموزش بیزی نسبت به دو الگوریتم آموزشی لوبنبرگ مارکوات و اسکیلد کانژوگیت گرادینت از کارایی بهتری برخوردار بود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

که این گزارش نتایج مطالعه حاضر را تایید می‌کند. همچنین پژوهشگران در مطالعات جداگانه‌ای با استفاده از پردازش تصویر و شبکه مصنوعی اقدام به پیش‌بینی وزن خوک‌ها نموده و خطای مدل نهایی آنها کمتر از ۵ درصد برآورد شد که نتایج آن‌ها تا حد زیادی دقت مدل‌های مورد بررسی در مطالعه حاضر در مورد گوسفندان کردی را تایید می‌کند (۲۴).

در مقایسه بین سه روش آموزشی مورد بررسی در مطالعه حاضر توجه به این نکته مهم است که هرچند الگوریتم آموزش اسکیلد کانژوگیت گرادینت نسبت به دو الگوریتم بیزی و لوبنبرگ مارکوات به لحاظ دقت نهایی مدل، کارایی پایین‌تری داشت، اما تفاوت‌های مشاهده شده بین الگوریتم‌های مختلف آموزشی در مطالعه حاضر چندان قابل توجه نبود. مشابه با نتایج مطالعه حاضر، عده‌ای از محققان از الگوریتم‌های مختلف آموزش شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین ظرفیت شیرواری گاوهای شیری استفاده نمودند (۲۰). نتایج مطالعه ایشان نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین الگوریتم‌های مختلف مورد بررسی از جمله الگوریتم آموزشی لوبنبرگ مارکوات، بیزی و اسکیلد کانژوگیت گرادینت در پیش‌بینی ظرفیت شیرواری گاوها بر اساس رکوردهای ماهانه آنها وجود نداشت هرچند به لحاظ عددی دقت الگوریتم آموزشی لوبنبرگ مارکوات ۱ تا ۲ درصد بیش از سایر الگوریتم‌های مورد بررسی بود که نتایج این بررسی با نتایج مطالعه حاضر تا حد زیادی انطباق دارد. در مطالعه دیگری محققان با استفاده از مدل‌های مختلف رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی اقدام به تخمین وزن بزهای کرکی نمودند (۱). نتایج مطالعه ایشان نشان داد که دقت الگوریتم‌های آموزشی لوبنبرگ مارکوات، بیزی و اسکیلد کانژوگیت گرادینت به ترتیب برابر ۹۰/۱، ۹۱ و ۸۹/۸ درصد بوده و بطور کلی دقت مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی آموزش دیده بر مبنای الگوریتم بیزی اندکی بیش از الگوریتم لوبنبرگ مارکوات بود که این گزارش نتایج مطالعه حاضر در گوسفندان کردی را تایید می‌کند. در یک بررسی تولید تخم در

منابع

1. Akkol, S., A. Akilli and I. Cemal. 2017. Comparison of artificial neural network and multiple linear regression for prediction of live weight in hair goats. *YYU Journal of Agricultural Science*, 27(1): 21-29.
2. Alvarez, J.R., M. Arroqui, P. Manquede and J. Toloz. 2017. Advances in automatic detection of body condition score of cows. A. mini review. *Journal of Dairy, Veterinary and animal Research*, 5(4): 00149.
3. Anglart, D. 2010. Automatic estimation of body weight and body condition score in dairy cows using 3d imaging technique, Master thesis.
4. Avazpour, S., B. Bakhtiari and K. Qaderi. 1398. Performance evaluation of neural network and multivariate regression methods for estimation of total solar radiation at several stations in arid and semi-arid climates. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(8): 1855-1869 (In Persian).
5. Dongrec, V.B., R.S. Gandhia, A. Singh and A.P. Ruhil. 2012. Comparative efficiency of artificial neural networks and multiple linear regression analysis for prediction of first lactation 305-day milk yield in Sahiwal cattle. *Livestock Science*, 192-197.
6. Felipe, V.P.S., M.A. Silva, B.D. Valente and G.J.M. Rosa. 2015. Using multiple regression, Bayesian networks and artificial neural networks for prediction of total egg production in European quails based on earlier expressed phenotypes. *Poultry Science*, 94: 772-780.
7. 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.

8. Gianola, D., H. Okut, K.A. Weigel and G.J.M. Rosa. 2011. Predicting complex quantitative traits with Bayesian neural networks: a case study with Jersey cows and wheat. *BMC Genetics*, 2011, 12:87-101.
9. Grzesiak, W., R. Lacroix, J. Wójcik and P. Blaszczyk. 2003. A comparison of neural network and multiple regression predictions for 305-day lactation yield using partial lactation records. *Canadian Journal of Animal Science*, 83: 307-310.
10. Hassan, K.J., S. Samarasinghe and M.G. Lopez- Benavidest. 2009. Use of neural networks to detect minor and major pathogens that cause bovine mastitis. *Journal of Dairy Science*, 92: 1493-1499.
11. Hao, M., H. Yu and D. Li. 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.
12. Khojastehkey, M., A.A. Aslaminejad, M.M. Shariati and R. Dianat. 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*, DOI: 10.1080/09712119.2015.1031789.
13. Khojastehkey, M., M.A. Abbasi, A. Akbari Sharif and A.M. Hassani. 1395. Weight estimation of Zandi lambs using image processing and artificial neural network. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 112: 99-104 (In Persian).
14. Krenker, A., J. Bešter and A. Kos. 2011. Introduction to the Artificial Neural Networks, *Artificial Neural Networks - Methodological Advances and Biomedical Applications*, Prof. Kenji Suzuki (Ed.), ISBN: 978- 953-307-243-2, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/artificial-neural-networksmethodological-advances-and-biomedical-applications/introduction-to-the-artificial-neural-networks>.
15. Krieter, J., E. Stamer and W. Junge. 2006. Control charts and neural networks for oestrus detection in dairy cows. *Lecture Notes in Informatics, Land- und Ernährungswirtschaft im Wandel-Aufgaben und Herausforderungen für die Agrar und Umweltinformatik, Referate der 26, GIL Jahrestagung, 6–8 March 2006, Potsdam*, pp: 133-136.
16. Li, Z., C.H. Luo, G. Teng and T. Lin. 2015. Estimation of pig weight by machine vision. A review. 7th international conference on computer and computing technology in agriculture. Beijing, China, 42-49.
17. Menhaj, M.B. 2011. *Computational Intelligence (Vol. I) Basics of neural networks*. First Edition. Amir Kabir University of Technology Publishing Center (In Persian).
18. Negretti, P., G. Bianconi, S. Bartocci and S. Terramoccia. 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.
19. Okut, H., X.L. Wu, G.J.M. Rosa, S. Bauck, B.W. Woodward, R.D. Schnabel, J.F. Taylor and D. Gianola 2013. Predicting expected progeny difference for marbling score in Angus cattle using artificial neural networks and Bayesian regression models. *Genetics Selection Evolution* 2013, 45:34.
20. Ruhil, P., R.S. Gandhi, D. Monalisa, K. Behra and T.V. Raja. 2011. Prediction of Lactation Yield based on Partial Lactation Records Using Artificial Neural Networks. *Proceedings of the 5 th National Conference; INDIACom-2011. Bharati Vidyapeeth's Institute of Computer Applications and Management, New Delhi*.
21. Seo, K.W., H.T. Kim, D.W. Lee and Y.C. Yoon. 2011. Image processing algorithms for weight estimation of dairy cattle. *Baio Si'SEU'tem gonghag*.
22. Shahinfar, S., H. Mehrabani-Yeganeh, C. Lucas, A. Kalhor, M. Kazemian and K.A. Weigel. 2012. Prediction of breeding values for dairy cattle using artificial neural networks and neuro-fuzzy systems. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Article ID 127130, 9 p.
23. Shojaei, M.H., H. Mortezapour, K. Jafari Naimi and M.M. Maharlooei. 2018 Temperature prediction of a greenhouse equipped with evaporative cooling system using regression models and artificial neural network (Case Study in Kerman City). *Iranian Journal of Agricultural Machinery Engineering*, 49(4): 567-576 (In Persian).
24. Wang, Y., W. Yang, P. Winter and L. Walker. 2008. Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network. *Biosystems Engineering*, 100: 117-125.
25. Yaqub, M., B. Eren and V. Eyüpoğlu. 2016. Assessment of neural network training algorithms for the prediction of polymeric inclusion membranes efficiency. *SAÜ Fen Bil Der 20. Cilt, 3. Sayı, s. 533-542*.

Comparison of Artificial Neural Network Training Algorithms for Predicting the Weight of Kurdi Sheep using Image Processing

Mehdi Khojastehki¹, Davood Ali Saggi² and Razieh Saggi³

1- Faculty Member of Qom Agriculture and Natural Resources Research and Education Center

2- Faculty Member of Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center,

(Corresponding author: davoudali@yahoo.com)

3- PhD Student in Genetics and Breeding

Received: 1 January, 2022

Accepted: 16 July, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Due to weakness, the occurrence of unwanted errors, the impact of the environment and exposure to natural events, human always make mistakes in their diagnoses of the environment or different topics, so that different people 's perception of a single and unique event may be very different and be diverse. Nowadays, with the development of image processing technology, human beings try to evaluate the speed and accuracy of their evaluation and diagnosis about objects, plants and animals by using hardware and software facilities and by using the features extracted from images related to objects, plants and animals. To increase and therefore has created a new technology called image processing and has developed it in various dimensions.

Material and Methods: In order to identify the best artificial neural network training algorithm for estimating the weight of Kurdi sheep using digital image processing, lambs and adult animals at the sheep breeding station of North Khorasan province were weighed using a scale. During the weighing, some digital images were taken from the side view of sheep using a digital camera by discerning fixed distance. Image processing steps and feature extraction from images of sheep were done using GUI of MATLAB (R2010a) software. Then, three types of artificial neural networks were trained using different types of educational procedure, including Levenberg Marquarth (LM), Scaled Conjugate Gradient (SCG), and Bayesian Regularization (BR) Training algorithms. The extracted features from images were used as input and weight of sheep as output in the training steps of ANNs, and the accuracy of the ANN models in estimating the weight of sheep was compared.

Results: As results, the accuracy of the trained ANNs with the three algorithms including SCG, BR and LM, in estimating the weight of sheep in the training phase was estimated to be 91.95, 94.74 and 94.94%, respectively. In the practical test, which was performed by presenting 20 images as a test to each ANN models, the trained ANNs with the SCG, BR and LM algorithm had 4.7%, 0.5% and 2.11% error in estimating the weight. The results showed that all three types of ANN training algorithms had acceptable accuracy to estimate the weight of sheep, meanwhile the accuracy of the artificial neural network trained with BR algorithm was better than the others.

Conclusion: The performance of the proposed method based on image processing and the use of artificial neural network is accurate enough to estimate the weight of Kurdi sheep. It had better performance. Based on the results of the present study, it is quite possible to develop applications based on the use of artificial intelligence to weigh domestic animals, and use of this technology is recommended in several cases where there is no quick and easy access to the scales.

Keywords: Accuracy of model, Artificial Neural Network, Image processing, Kurdi sheep, Weight estimation