



## مقایسه کارایی سه نوع شبکه عصبی مصنوعی در شناسایی بذر بیست گونه علف هرز

محمد رضا باقری<sup>۱</sup>، محمد حسن راشد محصل<sup>۲\*</sup>، محمود رضا گلزاریان<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۹

### چکیده

این مطالعه به منظور تعیین کارایی سه شبکه عصبی مصنوعی در شناسایی بذر بیست گونه علف هرز از روی تصاویر حاصل از اسکن بذرها انجام شد. برای این منظور پانزده خصوصیت مربوط به شکل و اندازه بذرها توسط نرم‌افزار پردازش تصویر از این تصاویر استخراج و سپس بر مبنای این داده‌ها سه شبکه عصبی شامل: شبکه چند لایه پرسپترون، شبکه پیش‌خور تعمیم یافته و شبکه RBF/GRNN/PNN تشکیل شد. پس از مرحله آموزش، شبکه‌ها مورد آزمون قرار گرفتند. در مقایسه نتایج حاصل از آزمون هر سه شبکه مشخص شد که شبکه عصبی پیش‌خور تعمیم یافته دارای بالاترین میانگین درصد شناسایی صحیح (۹۰٪) و قادر به تشخیص بذر هشت گونه با دقت ۱۰۰ درصد می‌باشد، کمترین میزان دقت شناسایی توسط آن ۵۲ درصد بود. شبکه RBF/GRNN/PNN با کمترین مقدار میانگین شناسایی صحیح (۶۱ درصد) فقط توانایی تشخیص چهار گونه را با دقت ۱۰۰ درصد داشت و کمترین میزان شناسایی صحیح توسط آن صفر بود. شبکه چند لایه پرسپترون با میانگین شناسایی ۷۱ درصد، کارایی حد واسطی در بین سه شبکه داشت. نتایج نشان دادند که شبکه پیش‌خور تعمیم یافته در بین سه شبکه مذکور از کارایی بالاتری در شناسایی بذرهای مورد مطالعه برخوردار است.

**کلمات کلیدی:** پردازش تصویر، ماشین بینایی، مورفولوژی بذر، هوش مصنوعی، طبقه‌بندی بذر

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد

\* نویسنده مسئول: mhrmohassel@yahoo.com

## مقدمه

انجام مقاصد مختلف می‌باشد (۷). یک سامانه بینایی ماشین به طور کلی شامل پنج جزء اساسی زیر می‌باشد: سامانه روشنایی، دوربین، صفحه تصویربرداری، سخت افزار و نرم‌افزار رایانه‌ای (۱۳). تصاویر لازم را می‌توان به کمک دوربین‌های عکاسی، استرئومیکروسکوپ‌های عکس‌بردار و اسکنرها تهیه کرد. اسکنرهای تخت ارزان قیمت قادرند عکس‌هایی با کیفیت بالا از بذرها و گیاهچه‌ها بگیرند (۸). الگوریتم‌های پردازش تصویر فراوانی در دسترس هستند که دید ماشینی را برای شناسایی خودکار بذرها مناسب ساخته‌اند (۱۲). برای این که الگوهای یک تصویر مشخص شود باید یک سری مشخصات عام و یا خاص از دل تصویر بیرون کشیده شود که به این کار استخراج ویژگی گفته می‌شود. به عنوان مثال در تشخیص امضاء بوسیله پردازش تصویر یک سری ویژگی‌ها (مانند شیب خط‌ها) از تصویر اسکن شده امضاء بیرون کشیده می‌شود، که به وسیله آن می‌توان صاحب امضاء را تشخیص داد. ویژگی‌های قابل استخراج را می‌توان در سه گروه شکلی، رنگی و بافتی تقسیم‌بندی کرد. شکل یکی از معمول‌ترین وسایل سنجش اشیا است که در مقایسه با رنگ و بافت ساده‌تر اندازه‌گیری می‌شود. ویژگی‌های شکلی می‌توانند بطور مستقل و یا در ترکیب با معیار اندازه سنجش شوند (۶). ویژگی‌های اندازه و شکل بذرها از عوامل اصلی برای شناسایی خودکار بذرها می‌باشند (۱۲). این الگوریتم‌ها قادرند خصوصیات شکل، اندازه، بافت و رنگ بذرها را از تصاویر بذرها استخراج کنند.

شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۵</sup> سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی نوینی هستند که به منظور یادگیری ماشینی و اعمال دانش بدست آمده از مرحله آموزش در جهت پیش‌بینی خروجی از سامانه‌های پیچیده بکار گرفته می‌شوند. ایده اصلی این شبکه‌ها تا حدودی الهام گرفته از شیوه کارکرد سیستم‌های عصبی زیستی می‌باشد به طوری که این سیستم‌ها از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق‌العاده به هم پیوسته موسوم به نورون تشکیل می‌شوند که برای حل یک مسئله بطور هماهنگ عمل می‌کنند (شکل ۱). شبکه‌های عصبی مصنوعی کاربردهای عمده‌ای در تشخیص الگو، خوشه‌بندی، پیش‌بینی یا برون‌یابی و... دارا می‌باشند که آنها را برای شناسایی خودکار بذرها مناسب ساخته است (۱۲). در سال‌های اخیر استفاده از فناوری پردازش تصویر به منظور کنترل کیفیت محصولات کشاورزی رو به گسترش بوده است (۵). بینایی ماشینی

خسارات ناشی از علف‌های هرز از آفات و امراض بیشتر است به طوری که در کشورهای توسعه یافته مناطق معتدله میزان این خسارت بین ۱۰ تا ۱۵ درصد کل محصول تخمین زده شده است (۳). مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد مواد شیمیایی سبب شده است که در رابطه با کنترل علف‌های هرز قبل از هر چیز به بیولوژی و اکولوژی علف‌های هرز توجه ویژه شود (۳). امروزه بذرها به عنوان بخش مهمی از بیولوژی علف‌های هرز مورد توجه می‌باشد و از طرف دیگر، شناسایی بذرها کاربردهای فراوانی در تحقیقات و صنایع کشاورزی دارد که از آن جمله می‌توان به مطالعات بانک بذر خاک و تعیین خلوص توده‌های بذر اشاره کرد (۱۰). ویژگی‌های مورفولوژیک بذر به علت پایداری در بسیاری از گونه‌های گیاهی، ابزار قابل اعتمادی برای پژوهش‌های تاکسونومیک و نیز شناسایی ارقام مختلف گیاهی به شمار می‌آید (۵). اهمیت مطالعات مورفولوژی بذر تنها در زمینه مطالعات اکولوژی و تاکسونومی نیست بلکه در علوم کشاورزی و علف‌های هرز و خصوصا در زمینه مطالعات بانک بذر خاک کاربردهای فراوانی دارد (۲). شناسایی بذر می‌تواند یکی از مراحل معمول در روند گواهی بذر و قبل از ورود بذر به بازار و نیز یکی از مراحل آزمایش خلوص بذر باشد. شناسایی چشمی بذر معمولا براساس مشاهداتی از شکل، رنگ و اندازه و با استفاده از کلیدهای بذرشناسی و توسط افراد متخصص صورت می‌گیرد. این روش کند بوده و دقت پایینی دارد بنابراین استفاده از یک روش جدید برای شناخت سریع و قابل اطمینان بذرها در مقایسه با تکنیک‌های مرسوم از مزایای اقتصادی و تکنیکی برخوردار است (۱۲). مشابه کار شناسایی چشمی بذرها، شناسایی خودکار نیز می‌بایست مبتنی بر اطلاعاتی از اندازه، شکل، رنگ و بافت بذرها صورت گیرد که در این رابطه اندازه و شکل خصوصیات اصلی برای این منظور هستند. روش‌های جدید مانند بینایی ماشین<sup>۲</sup> افق‌های روشنی را برای شناسایی دقیق بذرها به همراه داشته است. بینایی ماشین در واقع از مهم‌ترین کاربردهای علم پردازش تصویر<sup>۳</sup> است که با علم الگو شناسی<sup>۴</sup> تا حدودی ترکیب شده است که ترکیب این دو علم در بینایی ماشین به تقلید از موجودات زنده بوجود آمده است که برای درک محیط پیرامون یا جزء خاصی از این محیط به منظور

<sup>2</sup> Machin Vision

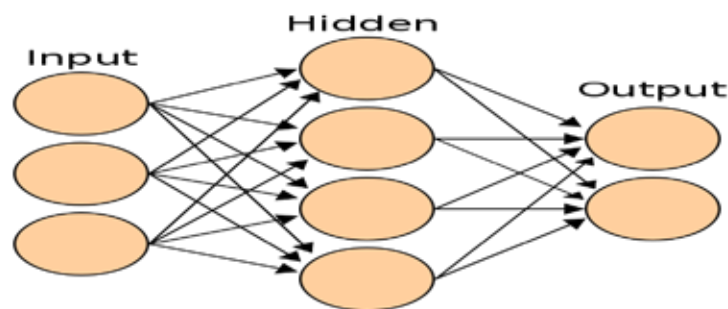
<sup>3</sup> Image Processing

<sup>4</sup> Pattern Recognition

<sup>5</sup> Artificial Neural Networks

و گاهی غیرممکن است هم‌چنین این روش وقت‌گیر بوده و برای مشاهده و شناسایی نمونه‌ها زمان زیادی لازم است (۷). گرانیتو و همکاران (۱۱) به منظور شناسایی بذر ۵۷ گونه علف هرز با استفاده از بینایی ماشین، از هر تصویر رنگی ۷۵ ویژگی را استخراج و پس از مقایسه نوسانات درون و بین گونه‌ای با استفاده از آنالیزهای آماری، در نهایت ۱۲ ویژگی مربوط به شکل، اندازه، رنگ و بافت را انتخاب نمودند که درصد‌های شناسایی صحیح با استفاده از دسته‌بند نایبیز ۹۷/۹ درصد و با استفاده از دسته‌بند شبکه عصبی ۹۷/۸ درصد گزارش کردند. در مطالعه‌ای دیگر عارفی و همکاران (۸) شناسایی بذر چهار گونه علف هرز عمده را بوسیله پردازش تصویر و با استفاده از پنج ویژگی ریختی مورد بررسی قرار دادند که میزان صحت دسته‌بندی صحیح آنان را ۹۸/۴ درصد گزارش نمودند. هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر باقری و همکاران (۲) شناسایی بذرهای سه گونه تاج خروس را با استفاده از پردازش تصویر و با بهره‌گیری از پانزده خصوصیت شکل و اندازه که از تصاویر حاصل از اسکن بذرهای استخراج شده بود و با بکارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد ارزیابی قرار دادند و دقت‌های شناسایی صحیح ۸۰، ۹۰ و ۷۶ درصد را برای این گونه‌ها گزارش کردند. لذا براساس مطالب بیان شده و با توجه به مزایای یک سامانه بینایی ماشین برای شناسایی بذر علف‌های هرز و هم‌چنین با عنایت به وجود تفاوت بین علف‌های هرز مربوط به اقلیم‌های مختلف، انجام مطالعات اولیه در راستای توسعه یک سامانه بینایی ماشین به منظور شناسایی سریع و قابل اطمینان بذر علف‌های هرز مطلوب به نظر می‌رسد. هدف از انجام این تحقیق مقایسه کارایی سه الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در شناسایی بذر بیست گونه علف هرز منطقه مشهد بر اساس ویژگی‌های شکل و اندازه حاصل از پردازش تصاویر بذرهای هرز می‌باشد.

بطور فزاینده‌ای در بازرسی میوه‌ها، سبزی‌ها، دانه‌ها، غلات و تولیدات غذایی دیگر و گوشت و تولیدات آن بکار گرفته شده است (۱۵). در مطالعه‌ای حاجی‌زاده و همکاران (۳) با استفاده از شانزده ویژگی رنگی استخراج شده از تصاویر مغز گردوها آنان را به چهار کلاس خیلی روشن، روشن، روشن کهربایی و کهربایی طبقه‌بندی نمودند. اغلب تلاش‌های قبلی برای شناسایی بذرهای کم‌کم دید ماشین بر روی شناخت واریته‌های زراعی تمرکز داشته است. شاهین و سایمونز (۱۷) به منظور شناسایی پنج رقم کانادایی عدس از توده‌های خالص معمول در کانادا، با استفاده از ویژگی‌های شکلی و رنگی ارقام را با صحت نزدیک به ۹۹ درصد تفکیک کردند. در مطالعه‌ای دیگر پالی وال (۱۶) و همکاران در جستجوی یک سیستم بینایی ماشین ساده برای شناسایی و طبقه‌بندی دانه‌های ارقام جو، گندم، جو، یولاف و چاودار با استفاده از یک شبکه عصبی چهار لایه و ده خصوصیت ریختی، رنگی و بافتی به صحت‌های طبقه‌بندی برای نمونه‌های تکی بین ۹۶ و ۹۹ درصد رسیدند. شناسایی اولیه بذر علف‌های هرز از بذر گیاهان زراعی یکی از موارد بحث انگیز و مورد توجه در کشاورزی می‌باشد (۲). ماشین بینایی علاوه بر شناسایی ارقام مختلف و درجه‌بندی بذر غلات کاربردهایی از قبیل شناسایی بذر علف‌های هرز در یک توده بذری دارد که امروزه در صنایع کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است چون شناسایی بذر علف‌های هرز با این روش می‌تواند به کنترل شیمیایی به‌هنگام آنها در زمان رشد کمک کند و نیز به‌عنوان بخشی از کنترل دولت بر بذرهای وارد شده به کشور قبل از رسیدن به دست کشاورزان به کار رود، زیرا گاهی اوقات بذرهای ناخواسته‌ای که در توده بذری مورد نظر قرار دارند خطرناک و مضر هستند. در این شرایط، شناسایی بذرهای حتی توسط افراد با تجربه و آموزش دیده به دلیل تعداد زیاد ارقام معرفی شده مشکل



شکل ۱ لایه‌های مختلف در یک شبکه عصبی

## مواد و روش

قرار داشت استفاده شد. ۲- در پس زمینه تصاویر از صفحات پلاستیکی نیمه شفاف که تا حدودی نور را از خود عبور می‌دادند استفاده شد به طوری که پس از چیدن بذرها بر روی اسکنر، صفحه پلاستیکی روی بذرها قرار می‌گرفت. بدین ترتیب تابش نور از بالای صفحه پلاستیکی باعث از بین رفتن سایه حاصل از تابش یک طرفه لامپ اسکنر شد. ۳- رنگ صفحات پلاستیکی که نقش پس زمینه تصاویر را داشتند طوری انتخاب شد که بیشترین تضاد رنگی را با بذرها داشته و در نتیجه بذر می‌توانست به راحتی توسط نرم افزار پردازش تصویر قابل تفکیک باشد. این رنگ در اغلب موارد رنگ آبی بوده و در مورد بذرهایی که رنگ آنان مخلوطی از رنگ‌های روشن و تیره بود رنگ صورتی تفکیک لازم را ایجاد می‌کرد. به طور کلی در مورد بذرهایی تیره پس زمینه سفید، و در بذرهایی روشن پس زمینه تیره مناسب‌تر بودند. از آنجا که رنگ بذر علف‌های هرز غالباً از چند گروه انگشت شمار تجاوز نمی‌کنند، به نظر می‌رسد پس زمینه‌های مذکور قابلیت کاربرد در مورد گونه‌های بیشتری را دارند. در مجموع تعداد ۴۰۰۰ تصویر مربوط به ۲۰ گونه تهیه شد.

**پردازش تصاویر و استخراج ویژگی‌ها:** پس از تهیه تصاویر بذرها، به منظور استخراج خصوصیات شکلی و اندازه آنان، تصاویر بطور جداگانه به نرم‌افزار پردازش تصویر JMicrovision منتقل شدند. در آنجا پس از کالیبراسیون فواصل در تصاویر، محدوده‌ای که معرف شکل یک بذر بود و می‌بایست مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گرفت از طریق شیوه آستانه‌گذاری<sup>۷</sup> از پس زمینه تصویر جدا شد. در پایان بخش‌های آستانه‌گذاری شده در هر تصویر مورد بازبینی قرار گرفت و بذرهایی که به طور ناقص آستانه‌گذاری شده بودند از دستور کار نرم‌افزار حذف شدند تا در نهایت ۲۰۰ بذر باقی ماند.

خروجی فرآیند پردازش تصویر، ماتریسی با ۲۰۰ سطر و ۱۵ ستون بود، که هر ردیف از این ماتریس متعلق به یک بذر و هر سطر از آن، مقدار عددی مرتبط با یک خصوصیت شکلی آن بذر بود. خصوصیات شکلی که توسط نرم‌افزار تفکیک بین بذرهایی درشت و ریز می‌باشد که با توجه به تنوع بالای این ویژگی در بین بذر گونه‌های مختلف می‌توان آنرا یک عامل مهم در شناسایی آنها دانست.

**جمع‌آوری گونه‌ها و بذرها:** در ابتدا بیست گونه از علف‌های هرز شایع در مزارع، باغات و مراتع منطقه گل‌مکان واقع در ۳۰ کیلومتری شمال غربی مشهد در تابستان ۱۳۹۲ طی چند نوبت جمع‌آوری و به منظور استخراج نام‌های علمی به پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل و در حد گونه شناسایی شدند. سپس نمونه‌ها خشک شده و بر روی کاغذهای سفید هرباریوم به ابعاد ۵ / ۲۹X / ۴۱/۵ سانتی‌متر چسبانده شدند. در ادامه برگ مشخصاتی به ابعاد ۵ X ۷/۵ سانتی‌متر در گوشه پایین و سمت راست هر ورقه هرباریوم نصب و مشخصات هر نمونه روی آن آورده شد. هم‌زمان با رسیدگی کامل بذرهایی هر یک از گونه‌ها در طبیعت، اقدام به جمع‌آوری میوه و بذر آنان شد و با حذف پوشش‌ها، خارها، پرزها و دیگر زوائد از آنان بذرهایی خالص حاصل شدند. در هنگام جمع‌آوری بذرها به منظور اجتناب از بروز اشتباه، قبل از جمع‌آوری گیاهانی که به عنوان منبع تهیه بذر در نظر گرفته شده بودند با نمونه‌های هرباریومی مقایسه می‌شدند. بر پایه آزمایشات مقدماتی، تعداد ۲۰۰ تصویر برای هر گونه، تکرار مناسبی برای آموزش شبکه‌های مورد مطالعه تشخیص داده شد و از طرفی با توجه به فضای موجود بر روی صفحه اسکنر و هم‌چنین محدودیت در زمان انجام آزمایش و محدودیت در ظرفیت پردازش نرم‌افزار، تصاویر بیشتری از بذرهایی هر گونه تهیه نشد. بذر هر گونه داخل لوله‌های آزمایش کوچک درب دار ریخته و شماره‌گذاری شد. شماره‌های مربوط به هر گونه، نام علمی، نام فارسی و خانواده هر گونه در جدول ۱ نشان داده شده است.

**تهیه تصویر از بذرها:** برای تهیه تصویر بذرها از دستگاه اسکنر HP (Hewlett-Packard, US) Scanjet 2710 استفاده شد. به این ترتیب که از بذر هر گونه تعداد ۲۲۰ عدد با فواصل منظم بر روی صفحه اسکنر چیده و پس از استقرار صفحه پس زمینه بر روی بذرها، تصاویری با کیفیت تفکیک نقاط ۱۰۰۰ نقطه در اینج<sup>۶</sup> تهیه شد. در این راستا پس از آزمون روش‌های مختلف موارد زیر مد نظر واقع شد: ۱- به منظور عدم ایجاد سایه در تصاویر، محور طولی بذرها در راستای حرکت محور لامپ اسکنر قرار گرفت و هم‌چنین از یک نورافکن LED با توان ۳۰ وات که با زاویه تابش ۴۵ درجه نسبت به صفحه اسکنر و در بالای آن

<sup>7</sup> Thresholding

<sup>6</sup> DPI (Dot Per Inch)

جدول ۱. نام‌های علمی گونه‌های مورد مطالعه به همراه نام فارسی، خانواده و شماره گونه.

شماره گونه	خانواده	نام فارسی	نام علمی
۲۰	<i>Amaranthaceae</i>	تاج خروس سفید	<i>Amaranthus albus</i> L.
۷	<i>Amaranthaceae</i>	تاج خروس ریشه قرمز	<i>Amranthus retroflexus</i> L.
۱	<i>Amaranthaceae</i>	نوعی تاج خروس	<i>Amaranthus tricolor</i> L.
۱۲	<i>Asteraceae</i>	بابا آدم	<i>Arctium lappa</i> L.
۶	<i>Asteraceae</i>	نوعی گل گندم	<i>Centauera balsamita</i> Lam.
۱۷	<i>chenopodiaceae</i>	سلمه	<i>Chenopodium album</i> L.
۸	<i>convolvulaceae</i>	پیچک	<i>Convolvulus arvensis</i> L.
۴	<i>convolvulaceae</i>	نوعی پیچک	<i>Convolvulus dorycnium</i> L.
۲	<i>Solanaceae</i>	تاتوره	<i>Datura stramonium</i> L.
۳	<i>Poaceae</i>	سوروف	<i>Echinochloa crus-gallii</i> (L.) Beauv
۱۹	<i>Chenopodiaceae</i>	جارو	<i>Kochia scoparia</i> (L.) Schral.,
۵	<i>Lamiaceae</i>	پونه	<i>Mentha pulegium</i> L.
۹	<i>Astraceae</i>	خار پنبه	<i>Onopordon acanthium</i> L.
۱۸	<i>Plantaginaceae</i>	بارهنگ برگ پهن	<i>Plantago major</i> L.
۱۵	<i>Rosaceae</i>	توت روباه	<i>Poterium sanguisorba</i> L.
۱۱	<i>Polygonaceae</i>	ساق ترشک	<i>Rumex acetosella</i> L.
۱۶	<i>Brassicaceae</i>	نوعی خاکشیر تلخ	<i>Sisymbrium elongatum</i> L.
۱۴	<i>Fabaceae</i>	تلخ بیان	<i>Sophora alopecuroides</i> L.
۱۰	<i>Poaceae</i>	گیسو چمن	<i>Taeniatherum crinitum</i> L.
۱۳	<i>Fabaceae</i>	شبدر	<i>Trifolium repens</i> L.

منتقل و پس از تعیین موارد ورودی و خروجی شبکه، براساس آن سه نوع شبکه عصبی: RBF/GRNN/PNN<sup>۸</sup>، پیش‌خور تعمیم یافته<sup>۹</sup> و چند لایه پرسپترون<sup>۱۰</sup> تشکیل

تشکیل شبکه عصبی: پس از طی مراحل پردازش تصویر برای هر بیست گونه، داده‌های تمامی گونه‌ها به نرم‌افزار Excel منتقل شده و همگی در قالب یک ماتریس با ۴۰۰۰ سطر و پانزده ستون ذخیره و در نهایت به منظور درج شماره مربوط به هر بذر، یک ستون به انتهای این ماتریس افزوده شد. در ادامه فایل مذکور به نرم‌افزار شبکه عصبی مصنوعی NeuroSolutions (v.5)

<sup>۸</sup> Function/General Regression Neural Network/ Radial Basis Probabilistic Neural Network

<sup>۹</sup> Generalized Feed Forward

<sup>۱۰</sup> Multilayer Perceptron

شد. بر اساس آزمایشات اولیه با افزایش تعداد لایه پنهان، خطای شبکه‌ها روند صعودی داشت. لذا تعداد لایه پنهان یک و تعداد اجزا پردازشی در همه شبکه‌ها هفده در نظر گرفته شد. از مجموع داده‌ها ۷۰ درصد به‌منظور آموزش شبکه‌ها، ۱۵ درصد به‌منظور آزمون و ۱۵ درصد باقی مانده در اعتبار سنجی شبکه‌ها بکار گرفته شد. پس از طی مرحله آموزش، شبکه‌ها وارد مرحله آزمون شدند که در این مرحله شبکه‌های ساخته شده، توسط نرم افزار اعتبار سنجی شدند و میزان کارایی آنان در شناسایی هر یک از بذرها مشخص گردید. نتایج این مرحله درصد شناسایی صحیح بذرها را توسط هر شبکه نشان می‌داد.

### نتایج و بحث

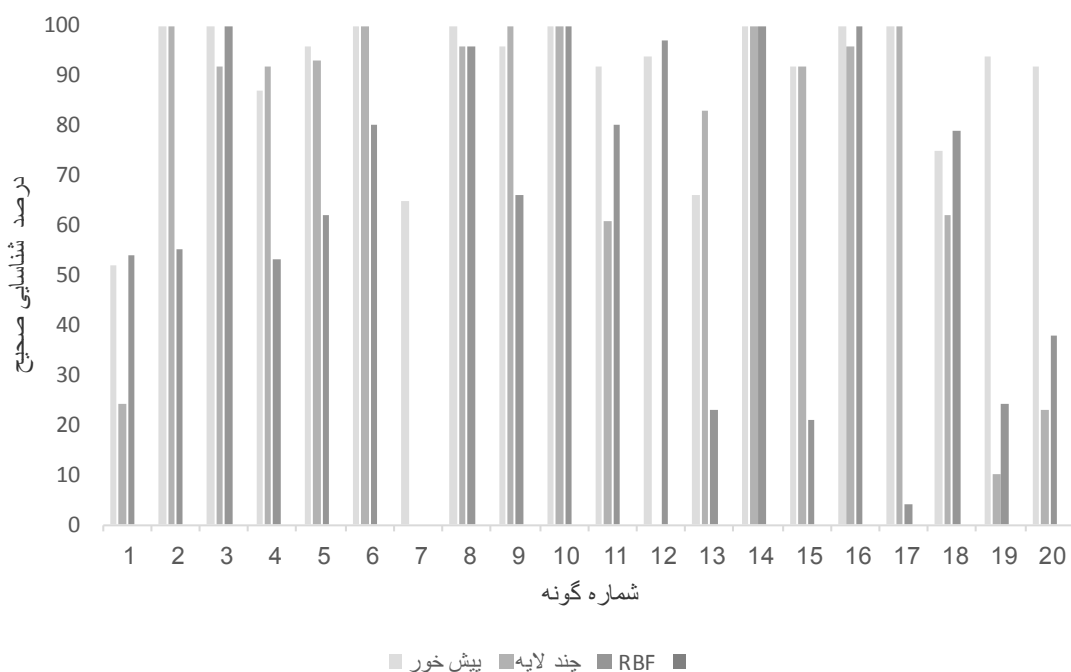
نتایج حاصل از آزمون شبکه‌ها نشان داد که بالاترین میانگین شناسایی صحیح بذر بیست گونه مربوط به شبکه پیش‌خور تعمیم یافته به مقدار ۹۰٪ است و این شبکه قادر بود بذر هشت گونه را با صحت ۱۰۰٪ شناسایی کند. هم‌چنین مشخص گردید که کمترین مقدار درصد شناسایی صحیح توسط این شبکه در مورد گونه *Amaranthus tricolor* به مقدار ۵۲٪ بود. درصد شناسایی صحیح توسط شبکه مزبور برای کلیه گونه‌ها در جدول ۲ آمده است. در بین سه شبکه مورد مطالعه شبکه RBF/GRNN/PNN کمترین میانگین درصد شناسایی صحیح را به مقدار ۶۱٪ دارا بود. طوری که این شبکه فقط قادر به تشخیص چهار گونه با ۱۰۰٪ شناسایی صحیح بود. بیشترین خطای شناسایی توسط این شبکه در مورد گونه *Amaranthus retroflexus* و به میزان ۱۰۰٪ بود. نتایج شناسایی صحیح بذرها کلیه گونه‌ها بوسیله این شبکه در جدول ۲ آمده است. شبکه چند لایه پرسپترون به لحاظ کارایی در شناخت صحیح بذرها در میان شبکه‌های مورد مطالعه، نتایجی در حد واسط دو شبکه دیگر نشان داد. به طوری که میانگین درصد شناسایی صحیح بذر بیست گونه مورد مطالعه در مورد این شبکه ۷۱٪، و این شبکه قادر به تشخیص بذر شش گونه با صحت ۱۰۰٪ بود. بیشترین مقدار خطای شناسایی در مورد گونه‌های *Arctium lappa* و *A. retroflexus* به مقدار ۱۰۰٪ مشاهده شد. صحت عملکرد سه شبکه ایجاد شده در شناسایی بذرها بیست گونه مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است.

شبکه پیش‌خور تعمیم یافته کارایی بهتری نسبت به دو شبکه دیگر داشت و قادر بود ۴۰٪ از بذرها را

به‌طور کاملاً صحیح شناسایی کند یعنی قادر بود بذر گونه‌های شماره ۳، ۶، ۸، ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۱۸ و ۲۰ را بدون خطا و بذر گونه‌های شماره ۱، ۲، ۵، ۹، ۱۵ و ۱۹ را با کمی تقریب (خطای کمتر از ۵٪) شناسایی کند و حتی با کمی تقریب بیشتر (خطای کمتر از ۱۳٪) بذر گونه‌های شماره ۴، ۱۱، ۱۲ و ۱۴ را شناسایی کرد و فقط در شناسایی گونه‌های ۷ و ۱۷ ناتوان بود. شبکه چند لایه پرسپترون در بین سه شبکه مورد مطالعه کارایی متوسطی داشت به طوری که این شبکه ۳۰٪ از بذرها را بطور کامل و بذر گونه‌های ۸ و ۱۶ را با خطای کمتر از ۵٪ و بذر گونه‌های ۳، ۴، ۵، ۱۳ و ۱۵ را با تقریب بالاتر (خطای کمتر از ۱۷٪) مورد شناسایی قرار داد اما قادر به شناسایی کامل بذرها شماره ۱۹، ۱۸، ۱۲، ۱۱، ۷، ۱ و ۲۰ یعنی ۳۰٪ از نمونه‌ها نبود. شبکه RBF/GRNN/PNN تنها قادر بود بذرها گونه‌های ۱۴، ۱۰، ۳ و ۱۶ یعنی ۲۰٪ از بذرها را به‌طور کامل و بذر گونه‌های ۸ و ۱۶ را با تقریب کمتر از ۵٪ و بذرها ۳، ۴، ۵، ۱۳ و ۱۵ را با تقریب بیشتر مورد شناسایی قرار داد. این شبکه در شناسایی بزرگ‌گونه‌های ۱۹، ۱۸، ۱۲، ۱۱، ۷، ۱ و ۲۰ یعنی ۳۰٪ از نمونه‌ها ناتوان بود. با بررسی نمودارهای بالا و نتایج کسب شده توسط سه شبکه برای هر یک از گونه‌ها در می‌یابیم که این نتایج با یکدیگر وابستگی دارند به طوری که بعضی از بذرها در هر سه شبکه نتایج ضعیفی داشته‌اند و یا بر عکس. به‌عنوان نمونه بذر شماره ۷ با نام علمی *A. retroflexus* توسط هر سه شبکه با دقت‌های ۰، ۰ و ۶۵ درصد شناسایی شد در حالی که گونه شماره ۱۰ با نام علمی *Taeniatherum crinitum* توسط هر سه شبکه با دقت‌های دارای ۱۰۰ درصد شناسایی صحیح می‌باشد. با مراجعه به تصاویر این دو گونه (شکل ۳) ملاحظه می‌شود که بذر در گونه شماره ۷ کروی شکل و ریز، ولی در گونه شماره ۱۰ دارای شکل کشیده و درشت می‌باشد. هم‌چنین با بررسی تصاویر و مقایسه نتایج شناسایی در بقیه بذرها مشخص می‌شود که بذرها دارای شکل کشیده نسبت به بذرها کروی دارای درصد شناسایی صحیح بالاتری هستند که علت آن را می‌توان در تعدد بذرها کروی و ریز در بین بذرها و در نتیجه عدم انعکاس جزئیات و ویژگی‌های ریختی در بذرها ریز بدلیل میزان پایین کیفیت تفکیک نقاط در تصاویر دانست به‌صورتی که تفکیک آنان توسط شبکه‌ها به‌راحتی انجام نمی‌گیرد و در نتیجه دارای درصدهای شناسایی صحیح کمتری هستند.

جدول ۲. نتایج شناسایی صحیح (%) بذرها توسط سه شبکه مورد مطالعه

شبکه			
شماره گونه	RBF/GRNN/PNN	پیش خور تعمیم یافته	چندلایه پرسپترون
۱	۵۴	۵۲	۲۴
۲	۵۵	۱۰۰	۱۰۰
۳	۱۰۰	۱۰۰	۹۲
۴	۵۳	۸۷	۹۲
۵	۶۲	۹۶	۹۳
۶	۸۰	۱۰۰	۱۰۰
۷	۰	۶۵	۴
۸	۹۶	۱۰۰	۹۶
۹	۶۶	۹۶	۱۰۰
۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۱	۸۰	۹۲	۶۱
۱۲	۹۷	۹۴	۰
۱۳	۲۳	۶۶	۸۳
۱۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۵	۲۱	۹۲	۹۲
۱۶	۱۰۰	۱۰۰	۹۶
۱۷	۴	۱۰۰	۱۰۰
۱۸	۷۹	۷۵	۶۲
۱۹	۲۴	۹۴	۱۰
۲۰	۳۸	۹۲	۲۳
میانگین	۶۱	۹۰	۷۱



شکل ۲. مقایسه نتایج شناسایی صحیح بذرها بوسیله سه شبکه.



شکل ۳. نمونه تصاویر اسکن شده از بذره‌های *A. retroflexus* (راست) و *T. crinitum* (چپ)

### نتیجه‌گیری

همکاران (۱) با بررسی شناسایی خودکار گونه‌های مختلف تاج خروس با استفاده از ویژگی‌های شکل و اندازه، بیان داشتند که استفاده از ویژگی‌های رنگی و بافتی علاوه بر ویژگی‌های شکل و اندازه در افزایش دقت شناسایی موثر می‌باشد. با بررسی نتایج حاصل از این مطالعه و با توجه به نتایج شناسایی صحیح بذره‌های ریز نسبت به بذره‌های درشت‌تر به نظر می‌رسد استفاده از تصاویری با کیفیت بالاتر، شناسایی دقیق‌تر بذرها را ممکن می‌سازد. هم‌چنین با توجه به عملکرد خوب شبکه پیش‌خوردعمیم یافته می‌توان سنسجش کارایی این شبکه را در شناسایی تعداد بیشتری از بذرها و توسعه یک سامانه کاربردی پیشنهاد کرد.

با توجه به اینکه در این مطالعه از ویژگی‌های شکل و اندازه به تنهایی استفاده شده بود، نتایج حاصل را می‌توان نتایج مناسبی قلمداد کرد که این ناشی از اهمیت این ویژگی‌ها در شناسایی خودکار بذر بوده و در تحقیقات پیشین بدان اشاره شده است (۱۲). لذا به نظر می‌رسد برای شناسایی دقیق‌تر و کسب دقت‌های بالاتر، استفاده از ویژگی‌های شکل و اندازه به تنهایی کافی نیست و استفاده از ویژگی‌های رنگی و بافتی نیز لازم به نظر می‌رسد. گرانتو و همکاران (۱۱) نشان دادند که استفاده از مدلی بر اساس ترکیب ویژگی‌های مورفولوژیک با ویژگی‌های رنگی و بافتی در مقایسه با مدل‌های انحصاری هر یک از آنان نتایج قابل قبول‌تری داشتند. هم‌چنین باقری و

### منابع

- ۱- انورخواه، س. ۱۳۹۱. شناسایی بذر گونه‌های گیاهان دارویی با استفاده از روش‌های پیشرفته. پایان‌نامه دکتری. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲- باقری، ع.، ل. اقبالی، ر. صدرآبادی و ح. معین راد. ۱۳۹۲. شناسایی بذور گونه‌های مختلف جنس تاج خروس با استفاده از رهیافت بینایی ماشین و شبکه‌های عصبی مصنوعی. مجله علوم و تکنولوژی بذر، ۳، (۲): ۷۴ تا ۸۵.
- ۳- حاجی‌زاده، م.، م. کسرابی و س. عظیمی‌فر. ۱۳۸۷. درجه‌بندی مغز گردو براساس رنگ با استفاده از ماشین بینایی. هجدهمین کنفرانس ملی علوم و صنایع غذایی.
- ۴- راشد محصل، م. ح.، ح. نجفی و م. اکبرزاده. ۱۳۸۸. بیولوژی و کنترل علف‌های هرز. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۵- طوسی، ع. ۱۳۹۳. طبقه‌بندی و تشخیص عیوب ظاهری سیب زمینی با استفاده از تکنیک پردازش تصویر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.



- ۶- محمدزاده، ع. ۱۳۹۳. توسعه سامانه بینایی رایانه‌ای به منظور شناسایی و ارزیابی کیفی اناردانه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۷- مهدیانی، م. ۱۳۹۲. شناسایی گیاه اصلی کاهو و کلم از غیر با استفاده از تکنیک پردازش تصویر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- 8- Arefi, A., A., Modarres Motlagh and A. Khoshroo. 2011. Recognition of weed seed species by image processing. *J. Food. Agric. Environ.* 1:379-383.
- 9- Chtiooui, Y., D. Bertland, Y. Dattee and M.F. Devaux. 1996. Identification of seeds by colour imaging: Comparison of discrimination analysis and artificial neural network. *J. Sci. Food Agric.* 71:433-441.
- 10- Fenner, M. and K. Thompson. 2005. *The ecology of seeds.* Cambridge University Press.
- 11- Granitto, P.M., D.N. Hugo, and F.V. Pablo. 2000. Weed seeds identification by machine vision. *Comput. Electron Agric.* 33: 91-103
- 12- Khajeh-Hosseini, M., S. Anvarkhah and A. Davari Edalat Panah. 2012. Seed identification of ten rangeland species based on machine learning using combination of RBF and Feed Forward neural networks. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 14: 993-1004.
- 13- Kumar patel, K., A. Kar. S. N. Jha and M.N. Khan. 2012. Machine vision system: a tool for quality inspection of food and agricultural products. *J. Food Sci Technol.* 49:123-141
- 14- McDonald, M.B., K. Fujimura, Y. Sako, A. F. Evans and M. A. Bennett. 2001. Computer imaging to improve seed quality determinations. *Digital Imaging and Spectral Techniques. : Application to precision Agriculture and crop Physiology. Proceedings of a Symposium Sponsored by Division C-2 of the Crop Science Society of America, The USDA-ARS and Rockefeller Foundation in Minneapolis, MN, November 2001.* 15-28.
- 15- Narendra. V.G. and K.S. Hareesh. 2010. Quality inspection and grading of agricultural and food products by computer vision- a review. *Int. J. Comput. Appl.* 1:0975-8887
- 16- Paliwal, M.S. and D.S. Jayas. 2004. Classification of cereal grains using a flatbed scanner. *J. Can. Biosyst. Eng.* 46:3.1-3.5
- 17- Shahin, M. A. and S. J. Symons. 2003. Lentil type identification using machine vision. *J. Can. Biosyst. Eng.* 45:3.5-3.11