شناسایی بذر علف‌های هرز مهم منطقه‌ی مشهد با استفاده از پردازش تصویر

محمدرضا باقری*[۱] ، محمودرضا گلزاریان[۲] ، محمدحسن راشد محصل[۳]

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

۲- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار، گروه علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد مشهد

*ایمیل نویسنده مسئول: rezabagheri533@yahoo.com

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی امکان شناسایی بذر علف های هرز مهم منطقه مشهد با استفاده از فنون پردازش تصویر انجام شد که در آن ۴۹ گونه از علف‌های هرز مهم و بذر آنان از مزارع، باغات و مراتع مناطق اطراف مشهد جمع آوری، و پس از دست‌یابی به یک سامانه تصویربرداری مناسب و ساخت جعبه‌ی اختصاصی تصویربرداری، اقدام به تهیه تصویر از بذرهای گونه های منتخب شد به طوری که در هر گونه ۲۳ تصویر از ۲۳ بذر آن گرفته شد تا در مجموع ۱۱۲۷ تصویر به دست آمد. پس از انجام مراحل پیش پردازش بر روی تصاویر، ۲۶ ویژگی رنگی، ۹ ویژگی شکلی و ۱۴ ویژگی بافتی از هر تصویر استخراج شد. مدلی بر اساس روش رگرسیون لجستیک چند جمله‌ای برای شناسایی بذرها استفاده شد که با استفاده از آزمون فریدمن ویژگی‌ها رتبه بندی و برای ورود به مدل مرتب شدند. تحلیل داده‌های استخراج شده نشان داد که کارایی ویژگی‌های رنگی و شکلی تقریبا برابر بوده ولی ویژگی‌های بافتی کارایی کمتری داشتند، به‌طوری که میانگین شناسایی صحیح توسط ویژگی‌های رنگی به تنهایی ۱۹/۹۱ درصد، ویژگی‌های شکلی ۱۹/۲۱ درصد و ویژگی‌های بافتی ۱۵/۳ درصد بود. دقت مدل برازش یافته با استفاده از تمامی ویژگی‌ها، ۸۴/۴ درصد بود یعنی قادر بود بذرهای مورد مطالعه را با احتمال ۸۴/۴ درصد به درستی شناسایی کند. شناسایی بذرها تا به این حد به ما این نوید را داد که در آینده می‌توانیم شاهد عملکرد قابل قبول این سامانه‌ها در شناسایی بذرها در سطح وسیع باشیم.

کلمات کلیدی: شناسایی بذر، پردازش تصویر، بینایی ماشین، استخراج ویژگی، ویژگی‌های شکلی رنگی و بافتی.

مقدمه

شناسایی بذرها کاربردهای فراوانی در تحقیقات و صنایع کشاورزی دارد. شناسایی بذرها را می توان اولین گام در مسیر اجرای یک برنامه‌ی کنترل علف های هرز دانست، (راشد محصل و همکاران،۱۳۷۴). آگاهی از فراوانی و ترکیب بذرها در بانک بذر خاک برای شناسایی پویایی جمعیت علف هرز و همچنین برای پیش بینی جمعیت آنان در آینده بسیار سودمند و با اهمیت است. از طرف دیگر شناسایی بذر یکی از مراحل مهم در تعیین خلوص توده های بذر و صدور گواهی برای آنان است که قبل از رسیدن بذرها به دست کشاورزان توسط موسسات مسئول اجرا می شود (Granitto *et al.*, 2002). ویژگی های مورفولوژیک بذر به علت پایداری در

بسیاری از گونه‌های گیاهی، ابزار قابل اعتمادی برای پژوهش های تاکسونومیک و نیز شناسایی ارقام مختلف گیاهی به شمار می آیند (Anvarkhah *et al.*,2013). شناسایی بذرها توسط افراد متخصص انجام می شود به‌طوری که آشنایی با اصطلاحات و مفاهیم تخصصی و دسترسی به کلید های بذر شناسی آن منطقه لازم می باشد. همچنین به‌دلیل وجود تفاوت در بین فلور علف‌های هرز در مناطق و اقلیم‌های مختلف و نیز به‌دلیل تفاوت در مورفولوژی گیاه و بذر در اقلیم‌ها و خاک‌های گوناگون، داشتن یک بینش قبلی از گیاهان هرز موجود در منطقه لازم به‌نظر می رسد (Dilorite, 1970). خسارات ناشی از علف‌های هرز از آفات وامراض بیش‌تر است، به‌طوری‌که در کشورهای توسعه یافته‌ی مناطق معتدل میزان این خسارت بین ۱۰ تا ۱۵ درصد کل محصول تخمین زده شده است (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۹). محققی خسارات علف های هرز را به ۹ گروه دسته بندی کرد : (۱) خسارات ناشی از رقابت آنها با گیاهان زراعی (۲) افزایش هزینه‌ی تولید (۳) کاهش کیفیت محصولات گیاهان زراعی و دام ها (۴) افزایش هزینه‌ی فرآوری محصولات (۵) اختلال در مدیریت آبیاری (۶) تهدید سلامت انسان (۷) کاهش گزینه های تناوبی (۸) کاهش ارزش زمین (۹)کاهش زیبایی محیط (Zimdahl, 1999). بنابر بر موارد ذکر شده می‌توان کار شناسایی بذرها را یک وظیفه‌ی دشوار دانست که انجام آن نیاز به افراد متخصص دارد لذا اقدام در جهت دست‌یابی به یک سامانه‌ی خودکار شناسایی بذرها می‌تواند مفید باشد. بینایی ماشین رهیافتی نوین است که بر مبنای دید رایانه و بر پایه‌ی تصمیم گیری آن بنا شده است. اکنون کاربردهای بنیایی ماشین در مراحل کاشت تا برداشت محصولات و صنایع وابسته به کشاورزی به‌طور فزاینده ای رو به رشد است. کاربرد هایی مانند هرس درختان، تشخیص میوه رسیده، تشخیص علف های هرز، کنترل کیفی محصولات، از نمونه های بکار گیری این تکنیک در کشاورزی می باشند. در زمینه‌ی کاربرد پردازش تصاویر در علوم و صنایع بذر مطالعات متنوعی انجام شده است که به‌عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ارائه سامانه‌ی خودکار ارزیابی قدرت بذر با استفاده از گیاهچه‌های حاصل از اسکنر تخت (McDonald and Sako, 2001)، شناسایی ارقام عدس از روی بذرها (Tellaecho *et al.*,2008)، سامانه‌ی خودکار ارزیابی بنیه‌ی بذر (Haffmaster *et al.*, 2003)، تفکیک بین گندم و اجزاء غیر گندم در یک نمونه‌ی بذر (Visen *et al., 2004*). بنابراین می‌توان انجام شناسایی بذرها را توسط یک سامانه بر مبنای بینایی ماشینی محتمل دانست به‌طوری‌که یک سامانه‌ی شناسایی بذر را پیش بینی کرد که پس از تهیه‌ی تصاویر از یک بذر ناشناخته، خصوصیات ریختی آن بوسیله الگوریتم‌های پردازش تصویر استخراج و توسط الگوریتم های تصمیم گیرنده تحلیل شوند و سپس بر پایه‌ی داده های بذرهایی که الگوریتم از پیش با آنان آموزش دیده است خصوصیات بذر ناشناخته را به محتمل ترین بذر ارجاع داده و آن‌را شناسایی کند. استفاده از فن‌آوری پردازش تصویر و بینایی رایانه‌ای به منظور شناسایی بذر علف‌های هرز، در قالب تعداد اندکی از مطالعات گزارش شده است که به تبع این، مطالعات انجام شده بر روی شناسایی بذر علف‌های هرز ایران نیز قابل توجه نبوده و متوجه تعداد کمی از بذرها بوده است (اقبالی و همکاران،۱۳۹۲؛ انورخواه و همکاران، ۱۳۹۱؛ Areffi *et al.*, 2011). مطالعات خارجی که به این مقوله پرداخته اند اغلب بر روی شناسایی بذرارقام مختلف (Shahin and Symomz, 2003; Pourreza *et al.*, 2012) و تشخیص بذرهای گونه‌های زراعی از یکدیگر (Paliwal *et al.*, 2003) تمرکز داشتند و مطالعاتی که بر روی شناسایی تعداد

زیادی از بذرهای علف هرز با استفاده از پردازش انجام شده است، شامل دو مطالعه می‌باشند (Granitto Granitto *et al*., 2002 ;*et al*., 2004) شناسایی معمول بذرها حتی توسط افراد با تجربه و آموزش دیده به دلیل ارقام زیاد معرفی شده، مشکل وگاهی غیر ممکن است، این روش وقت گیر بوده و برای مشاهده و شناسایی نمونه‌ها زمان زیادی لازم است (Chtioui *et al*., 1996). لذا این مطالعه با هدف بررسی امکان شناسایی بذر علف‌های هرز مهم منطقه‌ی مشهد با استفاده از روش‌های پردازش تصـویر و بـا هـدف تعیین بهترین ویژگی‌ها و اینکه در بین ویژگی‌های مختلف کدام گروه در شناسایی بذرها موثرترند انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه‌ی مواد گیاهی

در آغاز این تحقیق ۴۹ گونه از علف‌های هرز مهم منطقه‌ی مشهد جمع‌آوری و پس از خشک‌کردن، نمونه‌ها بر روی کاغذهای گلاسه‌ی ضخیم چسبانده شدند. سپس به منظور تعیین نام‌های علمی، نمونه ها به پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد ارائه شدند. هم زمان با رسیدگی کامل بذرهای هر گونه اقدام به جمع‌آوری آن شد و پس از جداسازی بقایای گل و میوه، بذرهای خالص حاصل شدند.

تهیه‌ی تصاویر:

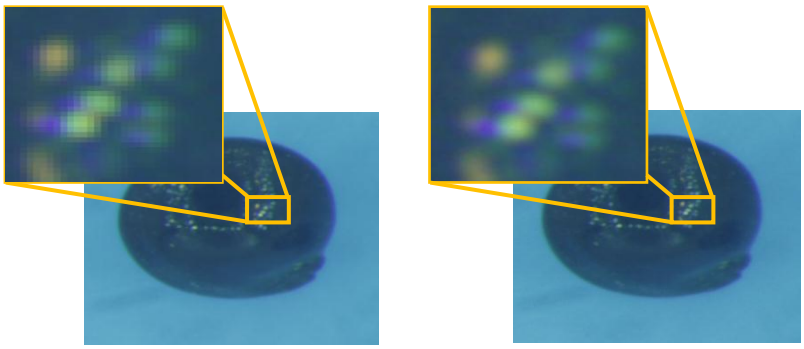
به منظور دست‌یابی به تصاویر مناسب از بذرها، چند سامانه‌ی تصویربرداری مورد آزمون قرار گرفت که در نهایت از استرئو میکروسکوپ OLYMPUS مدل SHZ10 متصل به دوربین تصویربرداری OLYMPUS مدل DP71 (Olympus, Japan) استفاده شد. که به منظور رفع نقایص سامانه‌ی نورپردازی آن اقدام به طراحی و ساخت جعبه‌ی تصویربرداری و نورپردازی مختص این دستگاه شد. نورپردازی در این جعبه به وسیله‌ی ۱۲۰ لامپ SMD (۵۰ لامپ زرد ، ۷۰ لامپ سفید) کوچک که بصورت نواری بر سطح داخلی جعبه نصب شدند انجام شد. تصویر این سامانه به همراه جعبه‌ی تصویربرداری ساخته شده در شکل ۱ ارائه شده است. در شکل ۱ نشان داده شده است. به منظور افزایش دقت شناسایی و وجود یک تکرار مناسب از داده‌ها، از بذرهای هر گونه، ۲۳ تصویر از ۲۳ بذر تهیه و در نهایت مجموعه‌ی تصاویر مشتمل بر ۱۱۲۷ تصویر متعلق به ۱۱۲۷ بذر از ۴۹ گونه تهیه شد.

شکل۱. سامانه‌ی تصویربرداری مورد استفاده به همراه حعبه‌ی تصویربرداری ساخته شده.

پردازش اولیه‌ی تصاویر و استخراج ویژگی‌ها

پردازش تصاویر شامل عملیات فراخوانی تصویر، تغییر اندازه‌ی تصویر، حذف بخشی از تصویر و محدود کردن تصویر به بذر، حذف نویز از تصویر(شکل ۳)، تفکیک کانال‌های رنگی تصویر، جداسازی بذر از پس زمینه(شکل۲)، ترکیب تصویر باینری با کانال‌های رنگی برای به‌دست آوردن مقادیر رنگی متوسط بود. در این مطالعه کدهای لازم در پردازش تصاویر و استخراج ویژگی‌های تصویری در نرم افزار متلب (Mathworks Inc, 2013) نوشته شد.

شکل ۲- جداسازی بذر از پس زمینه. راست : تصویر رنگی بذر. چپ : تصویر باینری



شکل۳. نحوه‌ی عملکرد فیلتر میانگین بر روی نقاط نویز در تصویر. راست: تصویر بذر قبل از انجام فیلتر میانگین. چپ: تصویر بذر بعد از انجام فیلتر میانگین.

ویژگی‌های استخراج شده شامل ۲۶ ویژگی رنگی، ۹ ویژگی شکلی و ۱۴ ویژگی بافتی بودند و با شمارگان ۱ تا ۴۹ شماره‌گذاری شدند و عبارت بودن از: ویژگی‌های رنگی : ۱- کانال قرمز تصویر ۲- کانال آبی تصویر ۳- کانال سبز تصویر ۴- کانال قرمز نرمال شده ۵- کانال سبز نرمال شده ۶- کانال آبی نرمال شده ۷- NDI ۸- EGI ۹- MEG ۱۰- BGI ۱۱- r-g ۱۲- R-G ۱۳- B-G ۱۴- b-g ۱۵- G/B ۱۶- G/R ۱۷- میزان خلوص رنگ C ۱۸- ۱۹- RG/B ۲۰- G_R_B ۲۱- میزان خلوص رنگ (hue) ۲۲- میزان دخالت نور سفید ۲۳- میزان شدت روشنایی ۲۴- مولفه‌ی رنگی L ۲۵- مولفه‌ی رنگی a ۲۶- مولفه‌ی رنگی b . ویژگی‌های شکلی : ۲۷- مساحت ۲۸- محیط ۲۹- نسبت محور اصلی به فرعی ۳۰-نسبت سطح به سطح محدب ۳۱-نسبت مربع محیط بر مساحت ۳۲- گریز از مرکز ۳۳- قطر معادل ۳۴- صلابت ۳۵- وسعت ویژگی‌های بافتی : ۳۶- همواری ۳۷- یک‌نواختی ۳۸- بی‌نظمی ۳۹- انحراف معیار قرمز ۴۰- انحراف معیار سبز ۴۱- انحراف معیار آبی ۴۲- انحراف معیار قرمز نرمال شده ۴۳- انحراف معیار سبز نرمال شده ۴۴- انحراف معیار آبی نرمال شده ۴۵- انحراف معیار خاکستری نرمال شده ۴۶- انحراف معیار اشباع ۴۷- انحراف معیار شدت ۴۸- انحراف معیار a ۴۹- انحراف معیار b .

شناسایی و طبقه بندی بذرها با استفاده از ویژگی‌های استخراج شده

به منظور تعیین کارایی ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر، در شناسایی بذرهای مورد مطالعه، مدل‌های مجزا بر پایه‌ی هر گروه از ویژگی‌ها برازش داده شد تا قدرت تفکیک هر گروه مشخص و موثرترین آنان انتخاب شوند. در واقع هدف اصلی عبارت بود از تعیین بهترین گروه از ویژگی‌ها و اینکه درون هر گروه، کدام ویژگی از بالاترین دقت برخوردار می باشد. بنابر اهداف بیان شده و به منظور روشن سازی شیوه‌ی اجرای تحقیق در این راستا چهار پرسش اصلی زیر مطرح شد :

۱- چنانچه فقط شناسایی بذرها با استفاده از ویژگی‌های رنگی انجام شود دقت این شناسایی چقدر خواهد بود؟ و کدام ویژگی‌ها در شناسایی مؤثرتر هستند؟

۲- چنانچه فقط شناسایی بذرها با استفاده از ویژگی‌های شکلی انجام شود دقت دسته‌بندی چقدر خواهد بود؟ و کدام ویژگی‌ها در شناسایی مؤثرتر هستند؟

۳- چنانچه فقط شناسایی بذرها با استفاده از ویژگی‌های بافتی انجام شود، دقت شناسایی چقدر خواهد بود؟ و کدام ویژگی‌ها در دسته‌بندی مؤثرتر هستند؟

۴- چنانچه شناسایی بذرها با استفاده از هر سه گروه مذکور انجام شود دقت شناسایی چقدر خواهد بود؟ و کدام گروه از ویژگی‌ها در شناسایی موثرتر هستند؟

با توجه به اینکه در این پژوهش بذرها به‌عنوان متغیر وابسته، یک متغیر اسمی با ۴۹ سطح (تعداد بذرها) هستند و هر بذر که انتخاب شود با یک احتمال مثبت متعلق به یکی از ۴۹ بذر مورد مطالعه می‌باشد، بنابراین توزیع بذرها را می‌توان یک چندجمله‌ای در نظر گرفت و بنابراین برای دسته‌بندی از رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای استفاده شد. همچنین از آنجا که همه‌ی ویژگی‌های

استخراج شده، قابل اندازه‌گیری و پیوسته بودند به همین دلیل به صورت کووریت[1] وارد مدل شدند. از آنجا که در این پژوهش بعد متغیرها زیاد بود و همچنین در هر بعد تعداد داده‌های زیادی وجود داشت، حالت‌های فراوانی را می‌توانستیم در نظر بگیریم که انجام تک تک آن‌ها بسیار وقت‌گیر و در عمل غیرممکن بود. لذا به همین دلیل، هنگام پاسخ‌گویی به سوالات بالا ابتدا ویژگی‌های استخراج شده درهر گروه (رنگی، شکلی، بافتی) با استفاده از آزمون ناپارامتری فریدمن رتبه‌بندی شدند و سپس بر اساس نتایج حاصل از آن برای ورود به مدل مرتب شدند و اضافه کردن ویژگی‌ها به مدل تا جایی ادامه یافت که دقت مطلوبی در شناسایی بذرها به‌دست می‌آمد.

نتایج و بحث

کارایی ویژگی‌های رنگی در دسته‌بندی بذرها :

به منظور تعیین قدرت تفکیک هر یک از ویژگی‌های رنگی در شناسایی و دسته‌بندی بذرها با استفاده از روش رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای، دقت دسته‌بندی بذرها برای هر یک از ۲۸ ویژگی رنگی استخراج شده محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که در این جدول مشخص است بالاترین دقت دسته بندی مربوط به ویژگی شماره ۱ به میزان ۲۸/۲ درصد و کمترین درصد دقت دسته بندی مربوط به ویژگی شماره ۱۰ به میزان ۷/۴ می‌باشد. بنابراین در صورت استفاده از ویژگی‌های رنگی به تنهایی، نمی‌توان بذرها را با دقت مطلوبی دسته‌بندی و شناسایی کرد. به منظور کسب یک مدل مناسب لازم بود تعدادی از این ویژگی‌ها به نحوی انتخاب شوند که دقت دسته‌بندی افزایش یافته و مدل نیز دارای اعتبار لازم باشد. واضح است که حالات مختلفی برای مدل‌سازی وجود داشت که آزمون تمامی آن‌ها بسیار وقت‌گیر بود بنابراین لازم بود که بتوان ویژگی‌های مناسب را شناسایی کرده و مدل را بر اساس آنها ساخت که برای این منظور از آزمون ناپارامتری فریدمن استفاده شد.

جدول ۱ . دقت شناسایی ویژگی‌های رنگی.

Feature Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Accuracy of Identification%	28.2	24.2	22	21	19.5	22	22	20.1	22.7	7.4	21.1
Feature Number	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Accuracy of Identification%	18.5	22.6	23.3	19.5	19.5	18.7	12.6	17.7	24.7	24.7	21.9
Feature Number	23	24	25	26							
Accuracy of Identification%	25.5	24.7	18.5	18.5							

[1] Co-variate

بر اساس نتایج این آزمون، مهم‌ترین ویژگی‌ها شامل: ویژگی‌های ۱۷، ۱۸ و ۲۴ بودند که به ترتیب عبارتند از: ویژگی میزان خلوص رنگ، مولفه‌ی رنگی L و C. بنابر شرایط ماتریس جدید لازم بود تا متغیر نامناسب از مدل خارج شود که پس از بررسی مشخص شد که می‌بایست ویژگی ۱۸ از مدل خارج شود. بنابراین مدل نهایی تنها شامل یک متغیر وابسته و دو متغیر مستقل بود که متغیر وابسته گروه‌های مختلف بذرها و متغیرهای مستقل ویژگی‌های ۱۷ و ۲۴ بودند. برای اینکه بتوان ویژگی های ۱۷ و ۲۴ وارد مدل کرد، قبل از آن باید معنی‌دار بودن اثرات این ویژگی‌ها را در مدل بررسی می‌شد. لذا جدول ۲ به بررسی این موضوع می‌پردازد که آیا بین بذرهای مختلف (متغیر وابسته) و ویژگی‌های ۱۷و ۲۴ (متغییر مستقل) ارتباط معنی‌داری وجود دارد یا خیر. فرض صفر در این آزمون عدم وجود رابطه بین متغیر مستقل و وابسته بود. بنابراین با توجه به اینکه سطح معنی‌داری آزمون برابر صفر به دست آمده است می‌توان نتیجه گرفت فرض صفر در سطح یک درصد رد می‌شود و وجود رابطه معنی‌دار بین گروه‌های بذر و ویژگی‌های ۱۷و ۲۴ مورد تایید قرار می‌گیرد.

جدول۲. بررسی وجود رابطه‌ی معنی دار بین بذرها و ویژگی‌های ۱۷ و ۲٤.

Effect	-2 Log Likelihood of Reduced Model	Chi-Square	df	Sig.
Intercept	3096.355	1416.331	48	.000
f17	2949.287	1269.262	48	.000
f24	3681.624	2001.599	48	.000

در مدل بدست آمده دقت دسته‌بندی برابر ۶۴ درصد بود. جدول ۲ معنی‌داری اثرات ویژگی‌های ۱۷ و ۲۴ را نشان می‌دهد، با توجه به اینکه سطح معنی‌داری آزمون برای هر ویژگی کمتر از یک درصد است می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که ویژگی‌های ۱۷ و ۲۴ در مدل معنی‌دار هستند. در برآورد پارامترها تقریبا همه‌ی مقادیر خطای استاندارد برای دو ویژگی ۱۷ و ۲۴ کمتر از ۲ بود، بنابراین مدل برازش داده شده مدل مناسبی است. اطلاعات مدل برازش یافته در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. اطلاعات مدل برازش یافته.

	Model Fitting Criteria	Likelihood Ratio Tests		
Model	-2 Log Likelihood	Chi-Square	df	Sig.
Intercept Only	5336.059			
Final	1680.024	3656.035	96	.000

کارایی ویژگی‌های شکلی در شناسایی بذرها

در پاسخ به این سوال که چنانچه فقط شناسایی بذرها با استفاده از ویژگی‌های شکلی انجام شود دقت دسته‌بندی چقدر خواهد بود؟ و کدام ویژگی‌ها در شناسایی دخیل هستند؟ نتایج زیر حاصل شد: ویژگی‌های شکلی شامل ۹ ویژگی بوند که به منظور پاسخ‌گویی به این پرسش با استفاده از روش رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای، دقت دسته‌بندی بذرها بر اساس هر یک از این ۹ ویژگی محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

جدول ٤. دقت دسته‌بندی با استفاده از هر یک از ویژگی‌های گروه دوم

Feature Number	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Accuracy of Identification%	28.7	29.8	24.9	1.6	23.4	23.7	27.8	1.6	11.4

در بین این گروه از ویژگی‌ها ویژگی شماره ۲۸ (محیط بذر) با دقت ۲۸/۷ درصد دارای بیشترین دقت و ویژگی‌های ۳۴ (صلابت) و ۳۰ (فشردگی) با دقت ۱/۶ درصد دارای کمترین میزان دقت در شناسایی بذرهای مورد مطالعه بودند. نتایج آزمون فریدمن نشان داد که مهم‌ترین ویژگی‌های شکلی عبارت‌اند از ویژگی‌های ۲۷، ۲۸ و ۳۳. بررسی‌های نشان داد که امکان برازش یک مدل مناسب با استفاده از ترکیبی از ویژگی‌های این گروه وجود ندارد و پس از بررسی مدل‌های مختلف، مدلی که فقط با استفاده از ویژگی ۲۸ ساخته شده بود به عنوان یک مدل مناسب شناخته شد. جزئیات مدل مذکور در جدول۵ آورده شده است. با توجه به اینکه در این جدول سطح معنی‌داری آزمون برابر صفر است می‌توان نتیجه گرفت بین متغیرها در سطح یک درصد رابطه‌ی معنی‌دار وجود دارد. دقت شناسایی بذرها توسط این مدل برابر ۲۹/۷ درصد بود. جدول ۶ معنی‌داری اثر ویژگی شماره ۲۸ را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه سطح معنی‌داری آزمون برای آن کمتر از یک درصد است، می‌توان نتیجه گرفت که این ویژگی در مدل با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار می باشد. در برآورد پارامترها، همه‌ی مقادیر خطای استاندارد برای اثر ویژگی شماره ۲۸ کمتر از ۲ بود لذا مدل برازش داده شده مدل مناسبی است.

جدول۵ . اطلاعات مدل برازش داده شده بر روی ویژگی‌های شکلی.

	Model Fitting Criteria	Likelihood Ratio Tests		
Model	-2 Log Likelihood	Chi-Square	df	Sig.
Intercept Only	5330.514			
Final	3100.975	2229.540	48	.000

جدول٦. معنی داری اثر ویژگی شماره ۲۸

Effect	Model Fitting Criteria	Likelihood Ratio Tests		
	-2 Log Likelihood of Reduced Model	Chi-Square	df	Sig.
Intercept	5149.442	2048.468	48	.000
f28	5330.514	2229.540	48	.000

کارایی ویژگی‌های بافتی در شناسایی بذرها

جدول ۷ درصد دقت دسته‌بندی را با استفاده از هر یک ویژگی‌های بافتی در مدل لجستیک چندجمله‌ای را نشان می‌دهد. بالاترین

جدول ۷ . دقت دسته‌بندی با استفاده از هر یک از ویژگی‌های گروه بافتی

Feature Number	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Accuracy of Identification%	18.5	15.6	17.8	16.6	16.2	15.5	15.3	13.3	12.6
Feature Number	45	46	47	48	49				
Accuracy of Identification%	15.1	11	19.4	11.9	15.5				

دقت بدست آمده توسط این گروه از ویژگی‌ها متعلق به ویژگی۴۷ (انحراف معیار شدت روشنایی) به میزان ۱۹/۴ درصد و کمترین میزان دقت در شناسایی صحیح بذرها متعلق به ویژگی ۴۶ (انحراف معیار اشباع) با دقت ۱۱ درصد بود. نتایج آزمون فریدمن نشان داد که مهم‌ترین ویژگی‌ها عبارتند از ویژگی‌های ۳۸، ۵۱، ۴۹ و ۴۱، ولی بر اساس این ویژگی‌ها مدل مناسبی حاصل نشد.

شناسایی بذرها با استفاده از همه‌ی ویژگی‌ها

چنانچه شناسایی بذرها با استفاده از تمامی ویژگی‌های انجام شود با استفاده از ویژگی‌های ۱۷، ۲۷ و ۲۸ می‌توان به یک مدل مناسب دست یافت. جزئیات مدل مورد نظر در ادامه آورده شده است. مشابه قبل با توجه به اینکه در جدول ۹ سطح معنی‌داری آزمون برابر صفر است می‌توان نتیجه گرفت در سطح ۱ درصد و با اطمینان ٪۹۹، بین این ویژگی‌ها رابطه‌ی معنی‌دار وجود دارد. دقت دسته‌بندی بذرها با استفاده از ویژگی‌های ۱۷، ۲۷ و ۲۸ در این مدل برابر ۸۴/۸ درصد بود. جدول ۱۰ معنی‌داری اثرات این ویژگی‌های منتخب را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه سطح معنی‌داری آزمون برای آن‌ها کمتر از یک درصد است، می‌توان نتیجه گرفت اثر این ویژگی‌ها در مدل معنی‌دار است.

جدول ۸. اطلاعات مدل برازش یافته بر روی همه‌ی ویژگی ها.

	Model Fitting Criteria	Likelihood Ratio Tests		
Model	-2 Log Likelihood	Chi-Square	df	Sig.
Intercept Only	5336.059			
Final	700.138	4635.921	144	.000

جدول ۹. معنی‌داری اثرات ویژگی‌های منتخب در مدل برازش یافته

	Model Fitting Criteria	Likelihood Ratio Tests		
Effect	-2 Log Likelihood of Reduced Model	Chi-Square	df	Sig.
Intercept	1281.742	581.604	48	.000
f17	1495.556	795.418	48	.000
f28	1672.661	972.523	48	.000
f27	1644.511	944.373	48	.000

در برخی از مطالعات پیشین، کارایی بهتر ویژگی‌های شکلی نسبت به ویژگی‌های رنگی و بافتی گزارش شده است. به‌عنوان نمونه در مطالعه‌ای مشخص شد که اندازه و شکل بذرها نسبت به رنگ و بافت آنان، کارایی بیشتری در شناسایی بذرها دارند (Granitto et al., 2002) که در توجیه این تناقض نسبی، می‌توان بهینه سازی سامانه تصویربرداری از بذرها را مطرح کرد. در توضیح این‌که ویژگی‌های شکلی در اندازه مورد انتظار در شناسایی بذرها کارآمد نبودند به نظر می رسد اندازه‌ی کوچک و وزن کم و اشکال نیمه کروی و گاه چند وجهی در بذرهای علف‌های هرز نسبت به بذرهای زراعی باعث می شود استقرار بذرها بر روی صفحه‌ی پس زمینه در هنگام تصویربرداری از یک بذر به بذر دیگر در داخل یگ گونه تغییر کرده و در نتیجه، نوسانات درون گونه‌ای افزایش یافته و به تبع آن کارایی نهایی این ویژگی‌ها در شناسایی کاهش یافته است. در اغلب مطالعات پیشین استفاده توأم از ویژگی‌های شکلی و رنگی به منظور کسب دقت‌های بالاتر در شناسایی بذرها توصیه شده بود که نتایج بدست آمده، آن نتایج را تائید کردند به‌طوری‌که مدل ساخته شده بر پایه‌ی دو ویژگی شکلی و یک ویژگی رنگی، با دقت شناسایی ۸۴/۴ درصد بالاترین دقت را داشت (اقبالی و همکاران،۱۳۹۲ ;Granitto et al., 2004; Anvarkhah *et al.*, 2013). نتایج نشان دادند که ویژگی‌های بافتی کارایی چندانی در شناخت بذرها ندارند. می‌توان نتیجه گرفت که این ویژگی‌ها می‌توانند به‌عنوان ویژگی‌های اضافه در شناسایی بذرها به‌کار روند ولی می‌بایست به این نکته توجه داشت که استفاده موثر از آنان در شناسایی بذرها، نیازمند تنظیمات و نورپردازی‌های پیشرفته در سامانه‌ی تصویربرداری می‌باشد به وجهی که تصاویر در شفاف‌ترین حالت ممکن تهیه شده و نمایش‌گر جزئیات و خصوصیات سطح پوسته بذرها باشند. لازم به ذکر است که به دلیل نبود وقت فراوان و زمان‌بر بودن کار مدل‌سازی، ما در این پژوهش به دنبال یافتن بهترین مدل نبودیم بلکه مدل‌های مناسب و ویژگی های موثر در شناسایی بذرها شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری کلی

شناسایی بذرها با استفاده از هر سه گروه از ویژگی‌ها به صورت جداگانه نشان داد که قدرت تفکیک ویژگی‌های گروه رنگی در مقایسه با ویژگی‌های شکلی و بافتی بیشتر است و در حالتی که همه‌ی ویژگی‌ها در دسترس باشند ترکیب ویژگی‌های رنگی و شکلی، نتایج شناسایی را بهبود می بخشد. تحلیل ویژگی‌های استخراج شده نشان داد که در میان ویژگی‌های رنگی، ویژگی خلوص رنگ، ویژگی C و مولفه‌ی رنگی L بیشترین تاثیر را در شناسایی بذرها دارند. در بین ویژگی‌های مربوط به شکل بذرها، ویژگی محیط بذر مهم‌ترین ویژگی در شناسایی بذرها بود و همچنین بر اساس آزمون فریدمن ویژگی‌های: محیط بذر، مساحت بذر و قطر معادل بذرها، مهم‌ترین ویژگی‌های شکلی بودند اما مدل مناسبی با استفاده از ترکیب این گروه از ویژگی‌ها حاصل نشد و تنها مدلی که فقط با استفاده از ویژگی محیط بذرها ساخته شده بود، مدل مناسب شناخته شد. نتایج نشان داد در بین ویژگی‌های بافتی مورد موثری وجود ندارد و ویژگی‌های بافتی کارایی چندانی در تشخیص بذرها نداشتند. به نظر می‌رسد در بین سه گروه ویژگی مطرح شده، دقت ویژگی‌های رنگی در دسته‌بندی بالاتر است و با ادغام ویژگی‌های شکلی و رنگی می‌توان به دقت بالاتری دست یافت. در صورت استفاده از تمامی ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر بذرها، با استفاده از ویژگی‌های: میزان خلوص رنگ بذرها، مساحت و محیط بذرها می‌توان به یک مدل مناسب دست یافت که قادر است بذرهای مورد مطالعه را با دقت ۸۴/۸ درصد شناسایی کند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از زحماتی که سرکار خانم مهندس دوستی ایرانی و سرکار خانم مهندس قانعی قوشخانه در تالیف این مقاله کشیده‌اند کمال تشکر را داریم.

منابع

راس، م.ا.، لیمبی، ک، ا. ۱۳۷۴. علف‌های هرز و کنترل آنها. ترجمه مح راشدمحصل، ح رحیمیان، م بنایان، جلد دوم، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۲۳صفحه.

راشد محصل، م، ح.، نجفی، ح.، اکبرزاده، م، د. ۱۳۷۹. بیولوژی و کنترل علفهای هرز. مشهد:انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۴ صفحه.

انورخواه س. ۱۳۹۱. شناسایی بذر گونه های گیاهان دارویی با استفاده از روش‌های پیشرفته. پایان‌نامه دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

اقبالی، ل.، صدرآبادی حقیقی، ر.، معین‌راد، ح.، و باقری، ع. ۱۳۹۲. شناسایی بذور گونه های مختلف جنس تاج خروس (Amaranthus spp.) با استفاده از رهیافت بینایی ماشین و شبکه های عصبی مصنوعی. نشریه علوم و تکنولوژی بذر، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، صفحه ۷۴-۸۵.

Anvarkhah, S., M. Khajeh-Hosseini, A. Davari-Edalat-Panah, M. H.Rashed-Mohassel. 2013. Medicinal plant seed identification using machine vision. *S*eed Science and Technology, 41:107-120.

Arefi, A., A. Modaress-Motlagh, A. Khoshroo. 2011. Recognition of weed seed species by image processing. Food, Agriculture & Environment, 9: 379-383.

Chtioui Y., D. Bertrand, Y. Datee, m. F. Devaux. 1996. Identification of seeds by colour imaging: Comparison of discriminant analysis and artificial neural network. Science of Food and Agriculture, 71:433-441.

Delorit, R. J. 1970. Ilustrated Taxonomy Manual of Weed Seeds. River Falls Wis: Distributed by Agronomy Publications.

Granitto, P. M., H. D. Navone, P. F. Verdes. 2002. Weed seeds identification by machine vision. Computers and Electronics in Agriculture, 33:91-103.

Granitto, P. M., P. F. Verdes, H. Alejandro Ceccatto. 2005. Large-scale investigation of weed seed identification by machine vision. Computers and Electronics in Agriculture, 47:15-24.

Hoffmaster, A. L., K. Fujimura, M. B. McDonald, M. A. Bennett. 2003. An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings. International Seed Testing Association, 31:701-713.

Paliwal, J. M., S. Borhan, D. S. Jayas. 2004. Classification of cereal grains using a flatbed scanner. Canadian Biosystems Engineering, 46:3.1-3.5.

Pourreza, A., H. Pourreza, M. Abbaspour Fard, H. Sadrnia. 2012. Identification of nine Iranian wheat seed varieties by textural analysis with image processing. Computers and Electronics in Agriculture, 83:102-108.

Sako Y., M. B. McDonald, K. Fujimural, A. F. Evans, M. A. Bennett. 2001. A System for automated seed vigor assessment,

Shahin M. A., S. J. Symons. 2003. Lentil type identification using machine vision. Canadian Biosystems Engineering, 45:3.5-3.11.

Visen N. S., J. Paliwal, D. S. Jayas, N. D. G. White. 2004. Image analysis of bulk grain samples

using neural networks. Canadian Biosystems Engineering, 46:7.11-7.15.

Tellaecho A., X. P. Burgos-Artizu, G. Pajares, A. Riberio. 2008. A vision-based metod for weeds identification through the Bayesian decision theory. Journal of the Pattern Recognition Society, 41:521-530.

Zimdahl, R. L. 1999. Fundamental of Weed Science.: Academic press. California.