

انتخاب مناسبترین ویژگی مورفولوژیک به منظور تشخیص علف‌های هرز مزارع گندم با استفاده از تکنیک پردازش تصویر

الهام الهی فرد^{۱*}، سامان آبدانان مهدی‌زاده^۲، محمد امینی‌راد^۳ و سپیده ساجدی^۳

۱- عضو هیأت علمی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان ۲- عضو هیأت علمی گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان ۳- موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۶)

چکیده

به منظور انتخاب مناسبترین ویژگی مورفولوژیک علف‌های هرز مزارع گندم استان خوزستان، شانزده گونه از رایجترین علف‌های هرز پهن‌برگ انتخاب شدند. گونه‌های جمع آوری شده شامل وایه، آناگالیس، چغندر وحشی، گلرنگ وحشی، سلمه برگ گزنه‌ای، پیچک صحرایی، کاهو وحشی، پنیرک، ساق ترشک، دم عقربی، کنگر برگ ابلق، خردل وحشی، شیر تیغی، گندمک، سبزاب و ماشک بودند. برای هر گونه، از پنج نمونه (به منزله پنج تکرار) عکس‌برداری شد و تصاویر با استفاده از روش پردازش تصویر، مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین از بوته‌های گندم نیز به عنوان شاهد عکس‌برداری شد. پس از جداسازی تصاویر از پس زمینه و برچسب‌گذاری آن‌ها، هفت ویژگی مورفولوژیک شامل مساحت سطح، محیط، نسبت ابعاد (نسبت طول به قطر)، نسبت مستطیلی، ضریب شعاع ناحیه محدب هال، ضریب شعاع محیطی محدب هال، ضریب کرویت، ضریب تشکیل شکل و گریز از مرکز بودن از هر کدام از گونه‌های علف‌های هرز و گندم استخراج شد. نتایج نشان داد که نسبت ابعاد و کرویت، بهترین ویژگی‌های مورفولوژیک به منظور تمایز علف‌های هرز پهن‌برگ از گندم بودند به طوری که گندم از نظر ویژگی نسبت ابعاد (۱۹/۷۹)، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد؛ پس از آن، دو گونه دم عقربی و گلرنگ وحشی، با دارا بودن مقادیری معادل ۹/۷۱ و ۵/۹۰ نسبت به سایر گونه‌های هرز، بیشترین مقدار نسبت ابعاد را به خود اختصاص دادند. کمترین کرویت (۰/۰۵) متعلق به گندم بود که با توجه به کشیده بودن برگ‌های گندم و اختلاف معنی‌دار شکل برگ آن با گونه‌های پهن‌برگ، این ویژگی به منظور شناسایی و تکنیک گندم از گونه‌های هرز پهن‌برگ موجود در مزرعه می‌تواند بسیار کاربردی باشد.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، تشخیص گونه، کرویت، نسبت ابعاد.

Select the most appropriate morphologic characteristic to distinguish weeds in wheat fields by image processing technique

Elham Elahifard¹, Saman Abdanan Mehdizadeh², Mohammad Amini Rad³ and Sepideh Sajedi³

1- Scientific board member of Plant Production and Genetic Engineering Department, Faculty of Agriculture, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, 2- Scientific board member of Farm Machinery and Mechanization Department, Faculty of Agriculture Engineering and Rural Development, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, 3- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
(Received: June. 3, 2016 - Accepted: Dec. 28, 2017)

ABSTRACT

In order to select the most appropriate morphological characteristics of weeds in wheat fields in Khuzestan province, 16 species of the most common broadleaf weeds were selected. Collected species included: *Ammi majus* L., *Anagallis* spp., *Beta vulgaris* subsp. *maritima* (L.), *Carthamus tinctorius* L., *Chenopodium murale* L., *Convolvulus arvensis* L., *Lactuca serriola* L., *Malva* spp., *Rumex dentatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Silybum marianum* L., *Sinapis arvensis* L., *Sonchus tenerrimus* L., *Stelaria media* L., *Veronica persica* Poir., and *Vicia villosa* Roth. For any species, five samples (as five replications) were photographed and images were analysed using image processing. Wheat, also, was photographed as control. After isolating images from background and tagging them, seven morphological characteristics including area, perimeter, aspect ratio (length to diameter ratio), rectangularity, area ratio of convex hull, perimeter ratio of convex hull, sphericity, form factor and eccentricity of each weed species and wheat were extracted. Results showed that the best morphological characteristics to distinguish broadleaf weeds from wheat were aspect ratio and sphericity. So that, compared to the weed species, aspect ratio was greatest (19.79) in wheat. After that, caterpillar-plant (9.71) and safflower (5.90) were greatest. The sphericity of wheat was the lowest (0.05). Considering the narrow shape of wheat leaves and the significant difference in leaf shape with broad-leaved species, this characteristic can be very useful for identifying and distinguishing wheat from broadleaf species at the field.

Key words: Aspect ratio, image processing, species distinguish, sphericity.

* Corresponding author E-mail: e.elahifard@ramin.ac.ir

مقدمه

(تشخیص بیماری)، آنژیوگرافی، باستان شناسی، کشاورزی و غیره. در هر یک از این زمینه‌ها می‌توان کارهایی از نوع راهنمایی، پردازش، دسته‌بندی، مشاوره، طراحی، تشخیص، کاوش، پیش‌بینی، ایجاد مفاهیم، شناسایی، توجیه، یادگیری، مدیریت، واپایش، برنامه‌ریزی، زمانبندی و آزمایش را با استفاده از سامانه‌های تجربی، با سرعت و سهولت بیشتری به انجام رسانید (Rao et al., 2005). موارد استفاده از این سامانه در کشاورزی عبارتند از سامانه خبره تشخیص بیماری‌های گوجه‌فرنگی (Yialouris & Sideridis, 1996)، توسعه سیستم خبره به منظور طبقه‌بندی تخم مرغ بر اساس کیفیت درونی (Abdanan Mehdizadeh, 2014)، سیستم خبره برای شناسایی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در محصول زیتون (Gonzalez-Andujar, 2009) و سیستم خبره تشخیص آفات زنبور عسل (Mahaman et al., 2002).

بنابراین، هدف از این پژوهش، توسعه یک سیستم خبره مبتنی بر تصاویر اخذ شده از برگ گونه‌های مختلف علف‌هرز، به منظور شناسایی گونه علف‌های هرز و توصیه راهکارهای پیشگیرانه در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

جمع آوری گونه‌های گیاهی مورد مطالعه

شناسایی و جمع آوری گیاهچه علف‌های هرز پهن برگ (در مرحله چهار تا شش برگی) در پاییز و زمستان سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ در سطح مزارع گندم دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان انجام شد. گونه‌های جمع‌آوری شده شامل وایه (*Ammi majus* L.)، آناگالیس (*Anagalis* spp.)، چغندر وحشی (*Beta vulgaris* subsp. *maritima* (L.))، گلرنگ وحشی (*Carthamus tinctorius* L.)، سلمه برگ گزنه‌ای (*Chenopodium murale* L.)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.)، کاهوی وحشی (*Lactuca serriola* L.)، پنیرک (*Malva* spp.)، ساق ترشک (*Rumex dentatus* L.)، دم عقربی (*Scorpiurus muricatus* L.)

داشتن اطلاعات دقیق از بیولوژی و اکولوژی علف‌های هرز می‌تواند به موفقیت کشاورزان در کنترل علف‌های هرز کمک کند و مبنایی اصولی برای تمام سیستم‌های مدیریت علف‌های هرز باشد (Chauhan & Johnson, 2010). در سال‌های گذشته، به دلیل عدم تطبیق کاربرد علف‌کش‌ها با اکوبیولوژی علف‌های هرز، نه تنها موفقیت‌های چشمگیر و پایداری به دست نیامده است بلکه ما را با مشکلات بزرگتری همچون مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها نیز مواجه نموده است (Bena Kashani et al., 2006; Zand et al., 2008; Rastgoo et al., 2009; Gherekhloo et al., 2011; Dastoori et al., 2010; Derakhshan & Gherekhloo, 2012; Elahifard et al., 2013). این در حالی است که با استفاده صحیح از علف‌کش‌ها بر اساس بیولوژی و اکولوژی علف‌های هرز و گیاهان زراعی، می‌توان در راستای استفاده بهینه از سموم گام برداشت.

پردازش تصویر به عنوان یک سامانه خبره، با در برگرفتن یکسری قواعد سرانگشتی از متخصصین و به تعبیری با تبدیل فرایند استدلال و تصمیم‌گیری متخصصین به برنامه‌های رایانه‌ای می‌تواند به عنوان ابزار راهنمای تصمیم‌گیری در اختیار غیرمتخصصین و حتی متخصصین کم تجربه قرار گیرد (Stone et al., 1986). چنین سامانه‌هایی در واقع، نمونه‌های آغازین و ساده‌تری از فناوری پیشرفته‌تر سامانه‌های دانش بنیان به شمار می‌آیند این امانه‌ها، معمولاً اطلاعات را به شکل واقعیت‌ها و قواعد در دادگانی به نام پایگاه دانش به شکل ساختارمند ذخیره می‌نمایند و سپس با بهره‌گیری از روش‌های خاص استنتاج از این داده‌ها، نتایج مورد نیاز حاصل می‌شود (Liao, 2005).

سامانه‌های خبره در زمینه‌های بسیار متنوعی کاربرد یافته‌اند که برخی از این زمینه‌ها عبارتند از پزشکی، حسابداری، کنترل فرایندها، منابع انسانی، خدمات مالی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تجزیه و تحلیل‌های مالی پزشکی

از تصاویر استخراج شد (روابط ۷-۱) (Du et al., 2007).

۱. نسبت ابعاد (نسبت طول به قطر):^۲

$$AR = \frac{D_{Max}}{D_{Min}} \quad (1)$$

که در این رابطه AR نسبت ابعاد، D_{Max} قطر ماکزیمم گونه و D_{Min} قطر مینیمم گونه می باشد.

۲. نسبت مستطیلی:^۳

$$R = \frac{A_{ROI}}{D_{Max} \times D_{Min}} \quad (2)$$

که در این رابطه R نسبت مستطیلی و A_{ROI} مساحت گونه می باشد.

۳. ضریب شعاع ناحیه محدب هال:^۴

$$C_A = \frac{A_{ROI}}{A_C} \quad (3)$$

که در این رابطه C_A ضریب شعاع ناحیه محدب هال و A_{ROI} مساحت ناحیه محدب هال می باشد. این ویژگی کوچکترین ناحیه محدب دربرگیرنده علف هرز می باشد.

۴. ضریب شعاع محیطی محدب هال:^۵

$$C_P = \frac{P_{ROI}}{P_C} \quad (4)$$

که در این رابطه C_P ضریب شعاع محیطی محدب هال، P_{ROI} محیط گونه و P_C محیط ناحیه محدب هال می باشد.

۵. ضریب کرویت:^۱

کنگر برگ ابلق (*Silybum marianum* L.)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.)، شیر تیغی (*Sonchus tenerrimus* L.)، گندمک (*Stelaria media* L.)، سیزاب (*Veronica persica*) (Poir.) و ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.) بودند.

از هر گونه پنج نمونه (گیاهچه‌های علف‌هرز و گندم، به عنوان شاهد) انتخاب شدند و عکس‌برداری از برگ‌های آن‌ها انجام شد. سپس عکس‌ها و اطلاعات مربوط به آن‌ها به صورت مجموعه‌ای به منظور تجزیه و تحلیل به نرم افزار متلب d ۲۰۱۶ منتقل شدند. همچنین داده‌های محاسبه شده توسط نرم افزار SAS 9.2 و در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شدند.

اخذ تصاویر و کالیبراسیون

تصاویر مورد استفاده در این پژوهش با دوربین دیجیتال (Canon PowerShot SX60 HS, Japan) که به صورت عمودی در فاصله ۲۰ سانتی‌متر از نمونه‌ها قرار داشت اخذ گردیدند. به منظور تأمین نور در سیستم، از چهار لامپ با نور طبیعی روز با توان ۵۰W استفاده شد. زاویه بین محور لنز و منابع نور در حدود ۴۵ درجه و فلاش دوربین در حالت خاموش قرار داده شد (Soltanikazemi et al., 2016). پس از چک کردن وضوح تصاویر اخذ شده (۱۷۰۷×۱۲۸۰ پیکسل)، تصاویر به منظور استخراج پارامترهای مورفولوژیکی رنگی به رایانه منتقل شدند. با توجه به لزوم یکسان بودن شرایط نوری برای ایجاد تصویر، عکس‌هایی با شرایط نوری مناسب از نمونه‌ها گرفته شد.

استخراج ویژگی‌ها از تصاویر

تصاویر اخذ شده از برگ گونه‌های گیاهی، با روش آستانه‌گذاری استو، به صورت باینری درآمدند (Abdolazare & Abdanan Mehdizadeh, 2018) و پس از حذف پس زمینه گیاهان در تصویر، برچسب‌گذاری شدند و پارامترهای ظاهری-ابعادی گونه‌ها، به اضافه مساحت و محیط

² Aspect ratio

³ Rectangularity

⁴ Area ratio of convex hull

⁵ Perimeter ratio of convex hull

¹ Matlab

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، اختلاف میانگین مساحت سطح برگ گونه‌های مورد بررسی، به استثنای پیچک صحرايي (۱۳۲۷۷۰)، با گندم (۱۱۳۵۱۶) معنی‌دار بود ($P \leq 0/05$). در میان گونه‌های علف‌هرز، ماشک گل خوشه‌ای، سلمه برگ گزنه‌ای، آناگالیس، گندمک، سیزاب و وایه، از نظر مساحت سطح برگ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند در حالیکه سایر گونه‌ها با یکدیگر و همچنین با گندم اختلاف معنی‌دار نشان دادند ($P \leq 0/05$).

به‌طوری‌که کنگر برگ ابلق و وایه، با دارا بودن مساحت سطح به ترتیب ۳۷۵۴۴۴ و ۱۸۰۷۵، بیشترین و کمترین اختلاف را با سایر علف‌های هرز و گندم نشان دادند. در خصوص ویژگی محیط، شیر تیغی با دارا بودن محیط برگ معادل ۶۳۲۴/۲، بیشترین اختلاف معنی‌دار را با سایر گونه‌های هرز و گندم داشت و کمترین مقدار محیط، متعلق به وایه (۶۲۲/۸) بود (شکل ۲). گندم از نظر ویژگی نسبت ابعاد (۱۹/۷۹)، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و اختلاف معنی‌داری با سایر علف‌های هرز نشان داد. پس از آن، دو گونه دم عقربی و گلرنگ وحشی با دارا بودن مقادیری معادل ۹/۷۱ و ۵/۹۰، بیشترین مقدار نسبت ابعاد را نسبت به سایر گونه‌های هرز به خود اختصاص دادند. در مورد ویژگی نسبت مستطیلی، وایه بیشترین مقدار (۰/۷۸) را به خود اختصاص داد در حالی‌که با آناگالیس، سلمه برگ گزنه‌ای، گندمک، گندم و سیزاب اختلاف معنی‌دار نداشتند (شکل ۲).

بیشترین مقدار ضریب شعاع ناحیه محدب هال به ترتیب متعلق به آناگالیس (۰/۹۷)، وایه (۰/۹۴) و گندم (۰/۹۳) و کمترین مقدار متعلق به ماشک گل خوشه‌ای (۰/۴۰) و سونخوس (۰/۳۹) بود (شکل ۳). در مورد ضریب شعاع محیطی محدب هال، ماشک گل خوشه‌ای با دارا بودن ۲/۸۹، با سایر گونه‌های مورد آزمایش، اختلاف معنی‌دار داشت ($P \leq 0/05$). همچنین گندم، گندمک، چغندر وحشی، کاهو وحشی و دم عقربی، دارای کمترین مقادیر در محدوده ۱/۰۷-۱/۰۰ بودند و در یک گروه آماری قرار گرفتند ($P \leq 0/05$).

$$S = \frac{r_i}{r_c} \quad (5)$$

که در این رابطه S ضریب کرویت، r_i شعاع دایره محاطی داخلی و r_c شعاع دایره محیط شده خارجی می‌باشد.

۶. ضریب تشکیل شکل!

$$F = \frac{4\pi A_{ROI}}{P^2_{ROI}} \quad (6)$$

۷. گریز از مرکز بودن!

$$E = \frac{E_A}{E_B} \quad (7)$$

که در این رابطه E گریز از مرکز بودن، E_A میزان انحراف از محور اصلی و E_B کوچک‌ترین میزان انحراف از محور می‌باشد. این ویژگی نشان‌دهنده غیر یکنواختی شکل علف‌هرز می‌باشد.

داده‌های استخراج شده از تصاویر توسط نرم افزار SAS 9.2 و در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شد و در نهایت بهترین ویژگی‌های مورفولوژیکی به منظور تمایز علف‌های هرز و گندم انتخاب شدند.

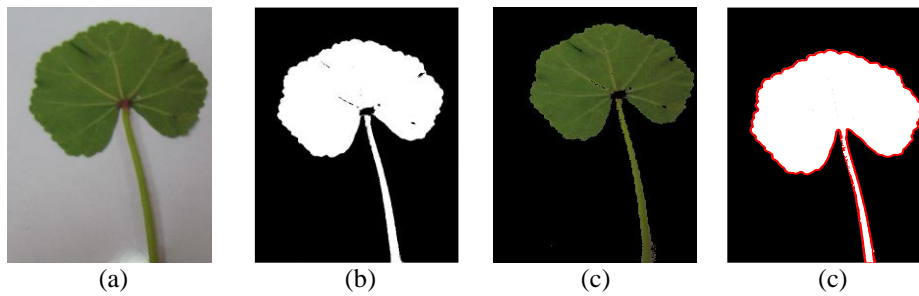
نتایج و بحث

شکل ۱، روند پردازش تصویر و جداسازی علف‌هرز از پس‌زمینه را نشان می‌دهد. پس از باینری نمودن تصویر (شکل ۱-ب) و جدا شدن علف‌هرز از پس‌زمینه (شکل ۱-ج) ویژگی‌های مورفولوژیکی از تصاویر استخراج شدند. به عنوان مثال، مرز علف‌هرز (ناحیه قرمز در اطراف گیاه)، به عنوان محیط علف‌هرز در شکل ۱-د نشان داده شده است.

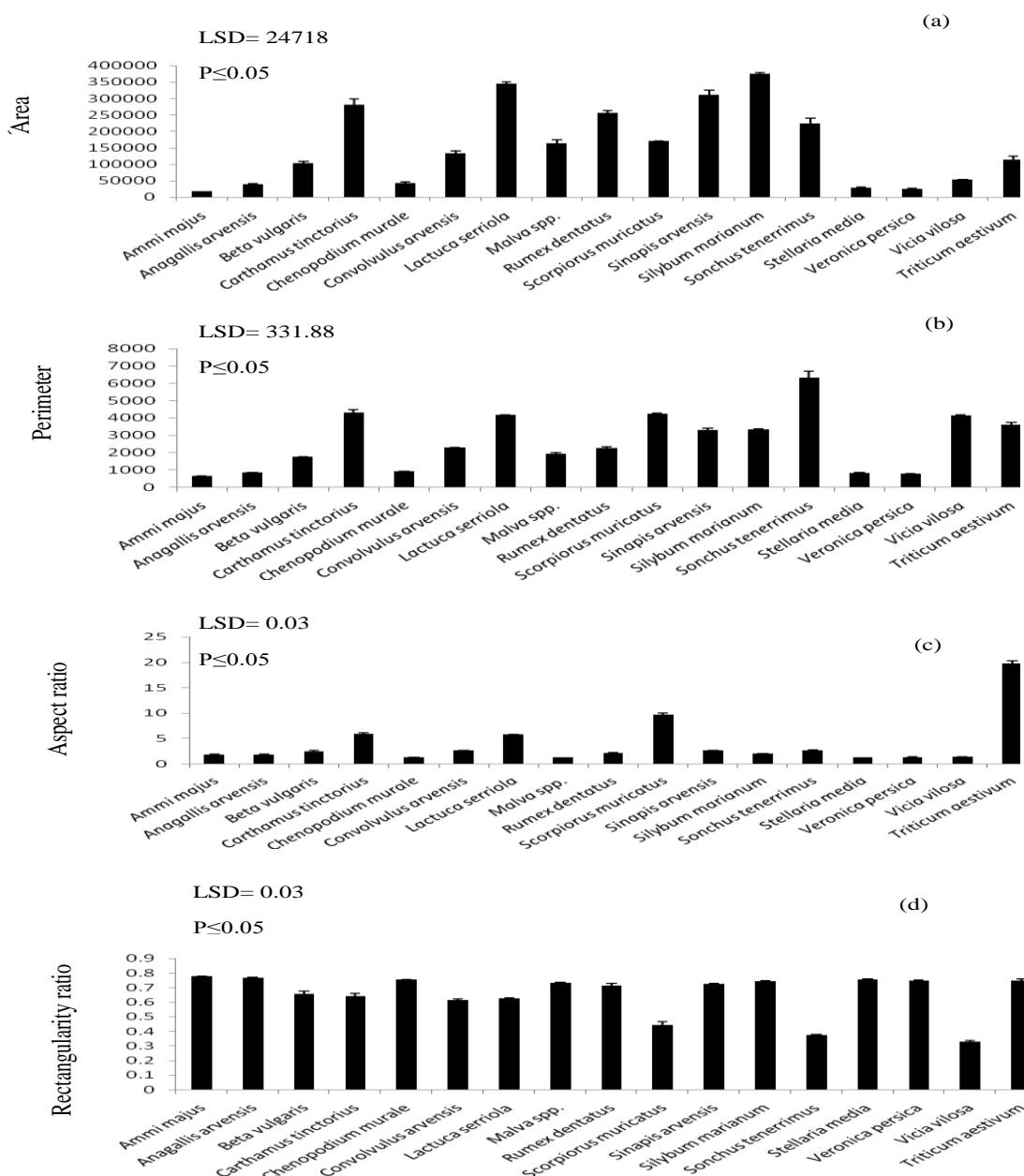
¹ Sphericity

² Form factor

³ Eccentricity



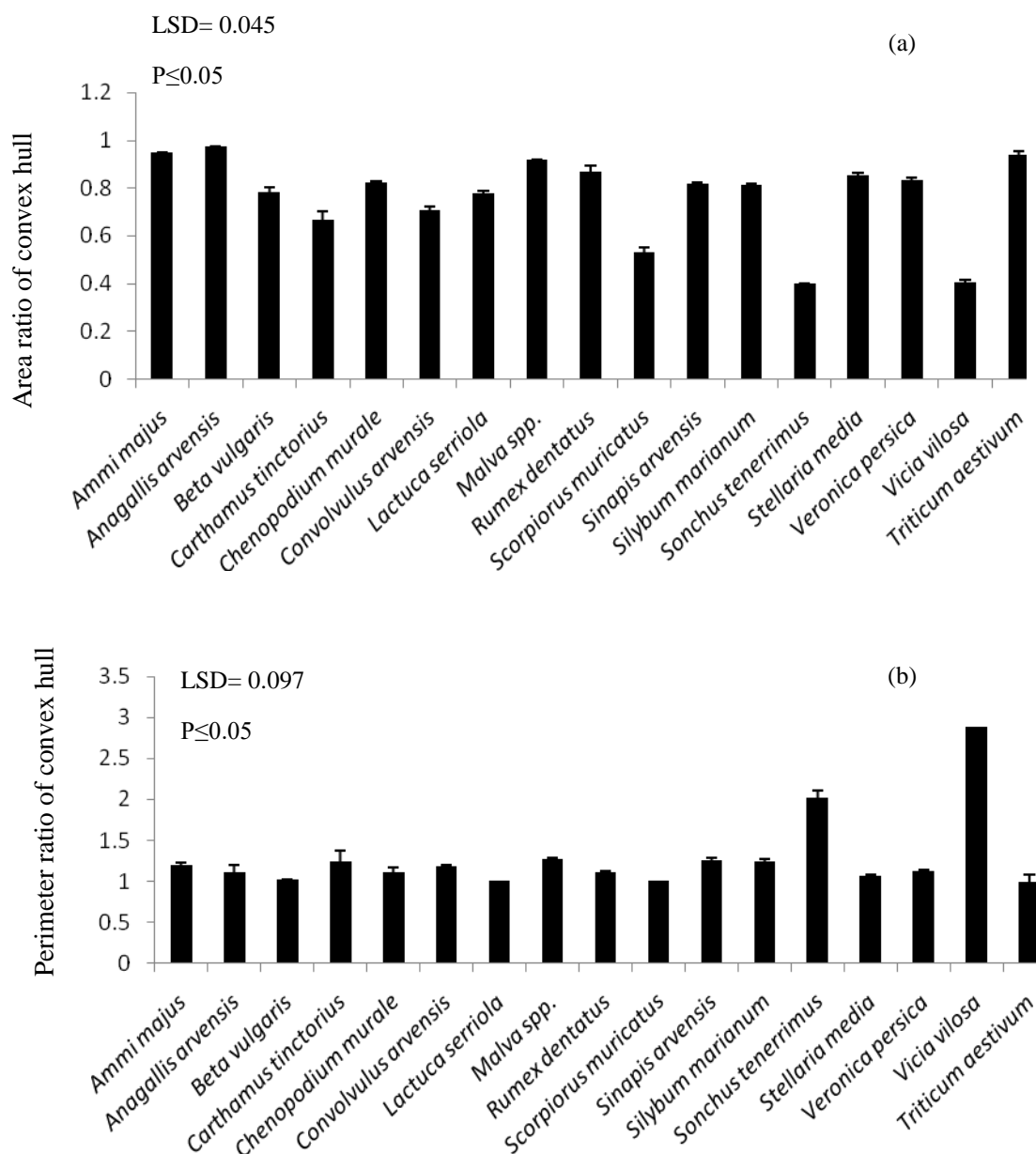
شکل ۱- فرآیند پردازش تصویر؛ تصویر اصلی (الف)، تصویر باینری (ب)، تصویر برگ جدا شده (ج) و مرز علف‌ه‌رز (د)
 Figure 1. The process of image processing; main image (a), binary image (b), isolated leaf image (c) and weed border (d)



شکل ۲- مساحت سطح (الف)، محیط (ب)، نسبت ابعاد (ج) و نسبت مستطیلی برگ (د) محاسبه شده برای گونه‌های علف‌ه‌رز و گندم
 Figure 2. Area (a), perimeter (b), aspect ratio (c) and rectangularity ratio of leaf (d) calculated for weed species and wheat

کرویت برای تشخیص ترشک برگ شبدری، میانگین شعاع رعنائی^۱ برای تشخیص بارهنگ کاردی و میانگین مساحت سطح برای جداسازی آروسپریم از دیگر علف‌های هرز کاربردی بودند (Orak Chahartangi et al., 2016).

در آزمایشی، میانگین ضریب شعاع محیطی محدب هال و میانگین ضریب کرویت برای تشخیص مندابی، ویژگی‌های میانگین مساحت سطح، میانگین محیط، میانگین شعاع ناحیه محدب هال برای تشخیص کاهوی وحشی، ضریب



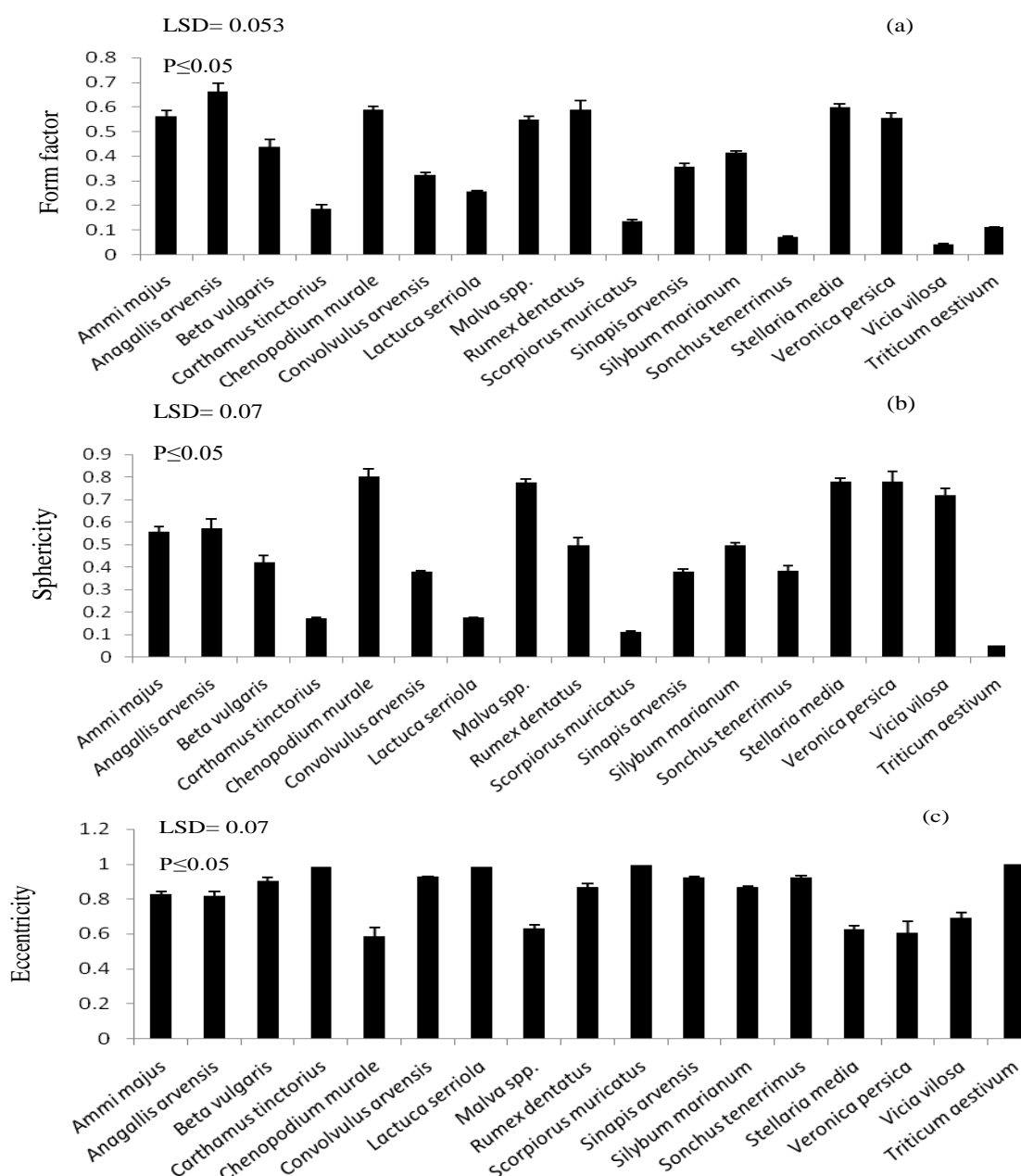
شکل ۳- ضریب شعاع ناحیه محدب هال (الف) و ضریب شعاع محیطی محدب هال (ب) محاسبه شده برای گونه‌های علف‌هرز و گندم

Figure 3. Area ratio of convex hull (a) and perimeter ratio of convex hull (b) calculated for weed species and wheat

^۱ شعاع رعنائی برابر است با نسبت محیط موثر برگ به حداقل شعاع دایره محاط کننده.

نسبت به سایر گونه‌ها داشتند که با توجه به مورفولوژی برگ‌های این گونه‌ها، چنین نتیجه‌ای قابل انتظار بود. کمترین کرویت (۰/۰۵) به گندم تعلق داشت که با توجه به کشیده بودن برگ‌های گندم و اختلاف معنی‌دار شکل برگ آن با گونه‌های پهن برگ، این ویژگی به منظور شناسایی و تفکیک گندم از گونه‌های هرز پهن برگ موجود در مزرعه می‌تواند بسیار کاربردی باشد.

آناگالیس و ماشک گل خوشه‌ای با دارا بودن ۰/۶۶ و ۰/۰۴، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار ضریب تشکیل شکل را به خود اختصاص دادند. پس از آناگالیس، گندمک، ساق ترشک، سلمه برگ گزنه‌ای، وایه، سیزاب و پنیرک نسبت به سایر گونه‌ها، بیشترین مقدار ضریب تشکیل شکل را داشتند (شکل ۴). در مورد ویژگی کرویت، گونه‌های سلمه برگ گزنه‌ای (۰/۸۰)، سیزاب (۰/۷۸)، گندمک (۰/۷۸) و پنیرک (۰/۷۷)، بیشترین کرویت را



شکل ۴- ضریب تشکیل شکل (الف)، کرویت (ب) و گریز از مرکز بودن (ج) محاسبه شده برای گونه‌های علف‌هرز و گندم

Figure 4- Form factor (a), sphericity (b) and eccentricity (c) calculated for weed species and wheat

به حداقل رساندن ضایعات علف‌کش‌های مورد نیاز برای کنترل موثر علف‌های هرز (Burgos-Artiztu *et al.*, 2011) و بهبود محیط زیست اشاره نمود (Han *et al.*, 2004). هدف نهایی از مهار علف‌های هرز، کاهش تراکم علف‌های هرز است و گام مهم و ضروری در کشاورزی دقیق این است که سم تنها بر روی علف‌هرز ریخته شود (Tellaache *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش می‌توان بیان کرد که ویژگی‌های مورفولوژیکی کاربردی به منظور تفکیک علف‌های هرز از گندم، شامل کرویت و گریز از مرکز بودن و همچنین به منظور تفکیک گونه‌های هرز از یکدیگر، ویژگی‌های مساحت سطح، محیط و نسبت مسطحی بودند.

سپاسگزاری

نتایج ارائه شده در مقاله از طرح پژوهشی مصوب به شماره ۹۴۱/۰۴ بدست آمده است. بدین وسیله از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، بابت تأمین اعتبار هزینه طرح، تقدیر و تشکر می‌شود.

بطور معکوس، گندم با دارا بودن مقدار ۰/۹۹، بیشترین میزان ویژگی گریز از مرکز بودن، را به خود اختصاص داد درحالی‌که علف‌های هرز دارای برگ‌های پهن شامل پنیرک، گندمک، سیزاب و سلمه برگ گزنه‌های، در مورد این ویژگی دارای کمترین مقادیر بودند.

مهار علف‌های هرز اهمیت بسیار زیادی در کشاورزی دقیق دارد که البته مشکلات بسیاری نیز در این راه وجود دارد. از جمله این مشکلات می‌توان به تشخیص نوع علف‌هرز، زمان تشخیص، نوع و میزان پاشش سم اشاره کرد. روش‌های مختلفی برای حل این مشکل اساسی مطرح شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از بینایی ماشین و طراحی یک سامانه هوشمند است که در بازه زمانی مشخص، علف‌هرز را شناسایی، نوع سم مربوط به آن را انتخاب و متناسب با علف‌هرز، میزان پاشش را انجام دهد. پژوهش‌های متعددی در زمینه کشاورزی دقیق در حوزه کاشت و برداشت محصولات، میزان مصرف کودهای شیمیایی و وجین کردن علف‌های هرز انجام شده است (Perez *et al.*, 2000; Montalvo *et al.*, 2013). از مزایای استفاده از روش‌های هوشمند در کشاورزی می‌توان به کاهش خستگی راننده، بهبود عملکرد محصولات (Gan-Mor & Clark, 2001)، کاهش هزینه‌های تولید،

منابع

- Abdanan Mehdizadeh, S., Minaei, S., Mohajerani, E., Karimi Torshizi, M. A. 2014. Non-destructive assessment of egg freshness using UV-IR spectroscopy and determination of the effective wavelength domain. *Iran. J. Biosys. Engng.* 44: 101-112. (In Persian with English Summary).
- Beckie, H.J., Heap, I.M., Smeda, R.J. and Hall. L.M. 2000. Screening for herbicide resistance in Weeds. *Weed Technol.* 14: 428-445.
- Bena Kashani, F., Zand, E. and Mohammad Alizadeh, H. 2006. Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana*) biotypes to clodinafop-propargyl herbicide. *Entomol. Phytopath.* 74: 127-149. (In Persian with English Summary).
- Burgos-Artiztu, X.P., Ribeiro, A., Guijarro, M. and Pajares, G., 2011. Real-time image processing for crop-weed discrimination in maize fields. *Comput. Electr. Agri.* 75: 337-346.
- Chauhan, B.S., and Johnson, D.E. 2010. The role of seed ecology in improving weed management strategies in the tropics. *Adv Agron.* 105: 221-262.
- Dastoori, M., Rahimian, H., Zand, E., Mohammad Alizadeh, H., Maasoumi, M. and Bahrami, S. 2010. Molecular basis for resistance of *Lolium rigidum* populations to aryloxyphenoxy propionate herbicide through dCAPs. *Iran. J. Field Crop Sci.* 41: 677-684. (In Persian with English Summary).
- Derakhshan, A. and Gherekhloo, J. 2012. Tribenuron-methyl resistant turnipweed (*Rapistrum rugosum*) from Iran. *Proceedings of the 6th International*

- Weed Science Congress, 17-22 June, Hangzhou, China.
- Du, J. X., Wang, X. F. and Zhang, G. J. 2007. Leaf shape based plant species recognition. *Appl Math Comput.* 185: 883-893.
- Elahifard, E., Ghanbari, A., Rashed Mohassel, M.H., Zand, E., Mirshamsi Kakhki, A. and Mohkami, A. 2013. Characterization of triazine resistant biotypes of junglerice (*Echinochloa colona* (L.) Link.) found in Iran. *Aust. J. Crop Sci.* 7: 1302-1308.
- Gan-Mor, S., Clark, R.L., 2001. DGPS-based automatic guidance-implementation and economical analysis. *Trans. ASAE* 01: 11-92.
- Gherekhlou, J., Rashed Mohassel, M.H., Nasirri Mahallati, M., Zand, E., Ghanbari, A., Osuna, M.D. and De Prado, R. 2011. Confirmed resistance to aryloxyphenoxypropionate herbicides in *Phalaris minor* populations in Iran. *Weed Biol Manage.* 11: 29-37.
- Gonzalez-Andujar, J.L. 2009. Expert system for pests, diseases and weeds identification in olive crops. *Expert Syst. Appl.* 36: 3278-3283.
- Han, S., Zhang, Q., Ni, B. and Reid, J.F. 2004. A guidance directrix approach to visionbased vehicle guidance systems. *Comput. Electr. Agri.* 43: 179-195.
- Liao, S.H. 2005. Expert system methodologies and applications- A decade review from 1995 to 2004. *Expert Syst. Appl.* 28: 93-103.
- Liebman, M., Mohler, C.L. and Staver, C.P. 2004. Ecological management of agricultural weeds. Ebook. Cambridge University Press. 532 Pp.
- Mahaman, B.D., Harizanis, P., Filis, I., Antonopoulou, E., Yialouris, C.P. and Sideridis, A.B. 2002. A diagnostic expert system for honeybee pests. *Comput. Electr. Agri.* 36: 17-31.
- Montalvo, M., Guerrero, J.M., Romeo, J., Emmi, L., Guijarro, M. and Pajares, G. 2013. Automatic expert system for weeds-crops identification in images from maize fields. *Expert Syst. Appl.* 40: 75-82.
- Orak Chahartangi, H., Elahifard, E. and Abdanan Mehdizadeh, S. 2016. Morphological characteristics in order to identify the most appropriate choice eleven common weed species in Khuzestan province by using image processing technique. *Proceeding of the 2nd National Conference on Agricultural Mechanization and New Technologies*, 11-12 May, Mollasani, Ahvaz, Iran. (In Persian with English Summary).
- Perez, A.J., Lopez, F., Benlloch, J.V. and Christensen, S. 2000. Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Comput. Electr. Agri.* 25: 197-212.
- Rastgoo, M., Rashed Mohassel, M.H., Zand, E. and Nassiri Mahallati, M. 2009. Seed bioassay to detect wild oat (*Avena ludoviciana* Dur.) resistant to clodinafop propargyl in Khuzestan wheat fields. *Iran. J. Field Crops Res.* 7: 421-430. (In Persian with English Summary).
- Rao, A.N., Johnson, D.E., Sivaprasad, B., Ladha, J.K., and Mortimer, A.M. 2007. Weed management in direct-seeded rice. *Adv Agron.* 93:153-255.
- SoltaniKazemi, M., Abdanan Mehdizadeh, S. and Gharineh, M.H. 2017. Dynamic force effects on germination characteristics and weight vigoure index of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) seed by using image processing. *Iranian J Seed Sci & Tech.* 6: 177-192.
- Stone, N.D., Coulson, R.N., Frisbie, R.E. and Loh, D.K. 1986. Expert systems in entomology: three approaches to problem solving. *B. ESA.* 32: 161-166.
- Tellaeché, A., Pajares, G., Burgos-Artizzu, X.P. and Ribeiro, A. 2011. A computer vision approach for weeds identification through Support Vector Machines. *Applied Soft Computing.* 11: 908-915.
- Yialouris, C.P. and Sideridis, A.B. 1996. An expert system for tomato diseases. *Comput. Electr. Agri.* 14: 61-76.
- Zand, E., Baghestani, M.A., Dastaran, F., Atri, A.R., Labbafi, M.R., Khayami, M.M. and Porbaig, M. 2008. Investigation efficacy of some germinicides in control of resistant and susceptible ryegrass biotypes (*Lolium rigidum* L.) to acetyl coA carboxylase inhibiting herbicides. *Plant Protec.* 22: 129-145. (In Persian with English Summary).
- Zimdahl, R.L. 2007. *Fundamentals of Weed Science*. 3th edn. Academic Press, Elsevier Inc. 666 Pp