

طبقه‌بندی گیاه سیب‌زمینی و علفهای هرز مختلف با استفاده از یک سیستم ماشین بینایی جدید

سجاد سبزی^۱، یوسف عباس‌پور گیلانده^۲، زهرا بساطی^۱

۱- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی- اردبیل، ایران

۲- استاد گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی- اردبیل، ایران

sajadsabzi2@gmail.com

خلاصه

استفاده از سیستم مدیریتی کشاورزی دقیق به منظور مبارزه با علف‌های هرز، سلامتی بشر، عدم آلودگی محیط‌زیست و آب‌های زیرزمینی را تضمین می‌کند. در حقیقت روش سم‌پاشی خاص مکانی که جزو عملیات کشاورزی دقیق می‌باشد، متناسب با تعداد و نوع علف‌های هرز اقدام به سم‌پاشی می‌کند و بنابراین میزان استفاده از علف‌کش‌ها به شدت کاهش می‌یابد. به همین دلیل در این مطالعه یک سیستم ماشین بینایی مبتنی بر پردازش ویدئو به منظور تشخیص گیاه سیب‌زمینی از علف‌های هرز مختلف در راستای سم‌پاشی خاص مکانی ارائه گردید. به منظور آموزش و آزمون سیستم ماشین بینایی ارائه شده، از ۲ هکتار سیب‌زمینی رقم مارفونا در استان کرمانشاه استفاده شد. این سیستم با سرعت ۱۳ سانتیمتر بر ثانیه فیلم‌برداری را انجام داد. پس از عملیات قطعه‌بندی از هر شیء ۱۴۲ خصوصیت در دو حوزه رنگی و ماتریس هم‌وقوعی سطح خاکستری استخراج گردید. با استفاده از روش هیبرید شبکه عصبی مصنوعی- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات از میان ۱۴۲ خصوصیت استخراجی، خصوصیات مؤثر انتخاب شدند و به منظور طبقه‌بندی گیاه سیب‌زمینی و انواع مختلف علف‌های هرز، به سیستم‌های مختلف طبقه‌بند هیبرید شبکه عصبی مصنوعی- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات ارائه شدند. نتایج نشان داده که میزان دقت، ویژگی و حساسیت طبقه‌بند هیبرید شبکه عصبی مصنوعی - الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای هر دو کلاس بیشتر از ۹۶ درصد بود.

کلمات کلیدی: پردازش ویدئو، خاص مکانی، طبقه‌بندی، علف‌های هرز، هوش مصنوعی

۱. مقدمه

علف‌های هرز یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در بخش کشاورزی می‌باشند که به‌طور متوسط ۳۴٪ و در مورد بعضی از محصولات خاص تا ۷۰٪، باعث کاهش بازدهی محصولات کشاورزی می‌شوند [2,3]. این کاهش بازدهی ناشی از رقابت علف‌های هرز با محصولات زراعی در تأمین آب، مواد مغذی موجود در خاک و نور خورشید می‌باشد. مبارزه با علف‌های هرز یکی از راه‌های افزایش محصول گیاهان زراعی است. روش‌های مختلفی جهت مبارزه با علف‌های هرز وجود دارد که روش مبارزه شیمیایی عمومی‌ترین روش می‌باشد. این روش بر پایه پاشش یکنواخت در کل مزرعه پایه‌ریزی شده است که همین امر موجب آلودگی محیط زیست شده است. به همین دلیل روش پاشش خاص مکانی پیشنهاد گردید. این روش بر پایه شناسایی علف‌های هرز و پاشش بر روی آن‌ها بنا نهاده شده است. [5] اعلام کردند که تشخیص علف‌هرز با استفاده از پردازش تصویر مورد بررسی محققان زیادی می‌باشد، که می‌تواند تحولی در زمینه‌ی محافظت از محصولات کشاورزی و همچنین افزایش

کارایی علف‌کش‌ها ایجاد کند. هدف اصلی آن‌ها در این تحقیق، تنظیم پارامترهای الگوریتم طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد. از سه نوع علف‌هرز تاج‌خروس، *Ageratum Conyzoides* و *Phyllanthus Urinuria* در این تحقیق استفاده شد. به‌منظور عکس‌برداری، از یک دوربین وب‌کم مدل C615 در فاصله ثابت ۲۸ سانتی‌متری از سطح زمین استفاده شد. بعد از قطعه‌بندی، از خصوصیات کشیدگی، استواری، خروج از مرکزیت، انبساط، فشردگی، مربع بودن، تحذب و مدور بودن به‌منظور طبقه‌بندی استفاده شد. نتایج نشان داد که از مجموع ۱۰۰ نمونه علف‌هرز، ۴ نمونه به‌صورت اشتباهی طبقه‌بندی شد. در تحقیق دیگری [1] اعتقاد داشتند که طبقه‌بندی خودکار گیاهان، مهم‌ترین مرحله به‌منظور پیش‌بینی بیماری، تخمین رشد و سلامت آن‌ها می‌باشد. به‌همین منظور ۱۴ نوع برگ با عناوین *Malus*, *Ficus carica*, *Mangifera indica*, *Psidium*, *Vitis vinifera*, *Syzygium cumini*, *Grewia asiatica*, *Prunus armeniaca domestica*, *Citrus limon*, *Litchi chinensis*, *Citrus aurantium*, *Pyrus*, *Eriobotrya japonica* و *Punica granatum* را مورد مطالعه قرار دادند. از این برگ‌ها، ۸۱۷ قطعه عکس به‌منظور آموزش طبقه‌بند استفاده گردید. از هر برگ، خصوصیات در حوزه‌های مورفولوژی، شکلی و توصیف‌گرهای فوری استخراج گردید. به‌منظور طبقه‌بندی از شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. نتایج نشان داد که طبقه‌بند شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از خصوصیات مورفولوژی، توصیف‌گرهای فوری، خصوصیات شکلی و ترکیبی از همه خصوصیات، قادر به طبقه‌بندی این ۱۴ نوع مختلف برگ به‌ترتیب با دقت ۶۸/۳، ۷۷/۸، ۸۳/۶ و ۹۶/۵ درصد بوده است.

هدف اصلی از این مطالعه تشخیص گیاه سیب‌زمینی از سایر علف‌های هرز در مزرعه با استفاده از پردازش ویدئو و هیبرید شبکه عصبی مصنوعی - بهینه‌سازی ازدحام ذرات به‌عنوان طبقه‌بند است. به‌دلیل پردازش ویدئو تهیه شده از مزرعه سیب‌زمینی، امکان استفاده از نتایج بدست آمده در راستای سم‌پاشی خاص مکانی وجود دارد.

۲. مواد و روش‌ها

فیلمبرداری

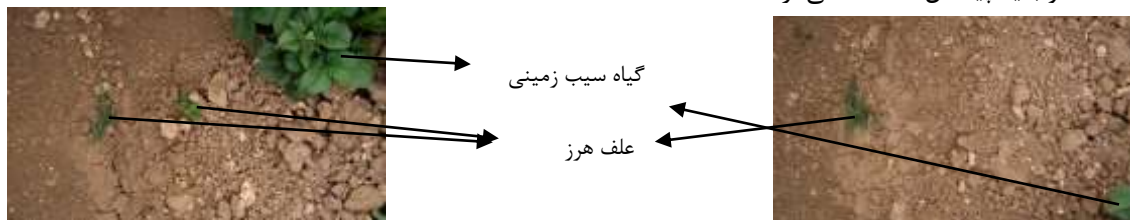
در این مطالعه از ۲ هکتار سیب‌زمینی رقم مارفونا در استان کرمانشاه استفاده شد. یک پلت‌فرم به‌منظور فیلم‌برداری ساخته شد. این پلت‌فرم از سه جزء اصلی شامل شاسی، دوربین (DFK 23GM021, CMOS, 120 f/s, Made in Germany) و یک سیستم پردازنده مجهز به نرم‌افزار متلب ورژن ۲۰۱۵ تشکیل شده است. دوربین فیلم‌برداری در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری از سطح زمین نصب شد، بنابراین تمام گیاهانی که در حوزه دید دوربین قرار داشتند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. عمل نورپردازی توسط لامپ‌های LED سفیدرنگ با شدت ۳۲۷ لوکس انجام گرفت. یک پارچه برزنتی کل محفظه را محاط کرد تا نورهای محیطی وارد محفظه نشوند. این پلت‌فرم با سرعت ۱۳ سانتی‌متر در ثانیه فیلم‌برداری را انجام می‌داد. سیب‌زمینی مورد استفاده در هفته چهارم از مرحله رشد خود بود. در نهایت ۱۰۸۵ فریم از فیلم‌ها استخراج گردید. شکل ۱ دو فریم نمونه را نشان می‌دهد.

فرآیند قطعه‌بندی تصویر

فیلم‌های تهیه‌شده از مزرعه به‌منظور تجزیه و تحلیل باید به فریم‌های تشکیل دهنده آن‌ها تبدیل شود. در واقع عملیات مختلف پردازش تصویر باید روی آن‌ها اعمال گردد. اولین مرحله بعد از تبدیل فیلم‌ها به فریم‌های تشکیل دهنده آن‌ها، قطعه‌بندی می‌باشد. به‌طور کلی قطعه‌بندی به دو نوع تقسیم‌بندی می‌شود. قطعه‌بندی نوع اول وظیفه جداسازی گیاهان از پس‌زمینه را دارا می‌باشد و قطعه‌بندی نوع دوم وظیفه شناسایی اشیاء (پیکسل‌های پیوسته در یک فریم را شیء می‌گویند) درون هر فریم را دارا می‌باشد. قطعه‌بندی نوع اول، وابسته به اعمال یک آستانه به‌منظور جداسازی می‌باشد. در این مطالعه بعد از بررسی فریم‌های مختلف و اعمال آستانه‌های مختلف، در نهایت بهترین آستانه به‌صورت معادله (۱) حاصل شد.

$$R(i,j) \leq G(i,j) \mid B(i,j) \leq G(i,j) \quad (1)$$

معادله (۱) بیان می کند پیکسل هایی که عنصر سبز آن ها از عنصر قرمز یا عنصر آبی بزرگتر و یا مساوی باشد باقی خواهند ماند و بقیه پیکسل ها حذف می گردند.



شکل ۱- دو فریم نمونه از فیلم تهیه شده جهت آموزش سیستم ماشین بینایی

استخراج خصوصیات

به منظور طبقه بندی باید از هر تصویر، خصوصیات استخراج گردد. به همین منظور از هر قطعه عکس، ۴۲ خصوصیت رنگی استخراج گردید. خصوصیات استخراج شده مربوط به میانگین مؤلفه اول، میانگین مؤلفه دوم، میانگین مؤلفه سوم، انحراف معیار مؤلفه اول، انحراف معیار مؤلفه دوم، انحراف معیار مؤلفه سوم و میانگین مؤلفه های اول، دوم و سوم فضاهای رنگی RGB، CMY، HSI، HSV، YIQ، YCbCr می باشند. علاوه بر خصوصیات رنگی، خصوصیات مختلفی در حوزه ماتریس هم وقوعی سطح خاکستری نیز استخراج گردید. این خصوصیات عبارتند از کنتراست، همبستگی، عدم تشابه، انرژي، خودهمبستگی، سایه خوشه، برجستگی خوشه، آنتروپی، مجموع آنتروپی، یکنواختی، بیشینه احتمال، مجموع مربعات، مجموع میانگین، مجموع مربعات واریانس [4]، اختلاف واریانس، اختلاف آنتروپی، میانگین همبستگی، اختلاف معکوس، اختلاف معکوس نرمال شده، گشتاور اختلاف معکوس نرمال شده، انحراف معیار، ضریب تغییر، گشتاور قطری، میانگین و واریانس. این ۲۵ خصوصیت برای چهار همسایگی مختلف شامل ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه استخراج شدند. بنابراین در این حوزه نیز ۱۰۰ خصوصیت استخراج شد.

انتخاب خصوصیات موثر

انتخاب خصوصیات مؤثر در میان خصوصیات استخراج شده به منظور طبقه بندی بسیار پر اهمیت می باشد. زمان انجام محاسبات در طبقه بندی به صورت برخط بسیار مهم می باشد و این زمان باید کم باشد، در صورتی که تمام خصوصیات در طبقه بندی شرکت کنند و با فرض اینکه خصوصیات با هم تضاد نداشته باشند قطعاً زمان طبقه بندی زیاد می شود و بنابراین جهت طبقه بندی برخط مناسب نمی باشد. به همین منظور باید خصوصیات مؤثر در میان کل خصوصیات استخراجی انتخاب شوند. با استفاده از هیبرید شبکه عصبی مصنوعی - الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات خصوصیات مجموع مربعات مربوط به زاویه همسایگی صفر درجه، اختلاف آنتروپی مربوط به زاویه همسایگی صفر درجه، میانگین مؤلفه دوم فضای رنگی YCbCr، میانگین مؤلفه دو فضای رنگی HSV، ضریب تغییرات مربوط به زاویه همسایگی نود درجه، میانگین مؤلفه دوم فضای رنگی انتخاب شدند.

طبقه بندی

در این حالت تنها از دو کلاس جهت طبقه بندی استفاده شد. بدین صورت که گیاه سیب زمینی به عنوان یک کلاس و تمام گیاهان سبز رنگ در فیلم به عنوان کلاس دیگر در نظر گرفته شدند. بنابراین طبقه بندی دارای دو کلاس خروجی می باشد. طبقه بندی مورد استفاده در این مطالعه هیبرید شبکه عصبی مصنوعی - بهینه سازی ازدحام ذرات بود.

۳. نتایج و بحث

طبقه‌بندی با استفاده از طبقه‌بند هیبرید شبکه عصبی مصنوعی - الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

به‌منظور آموزش هر سیستم طبقه‌بند نیاز به استفاده از نمونه‌های مورد بررسی می‌باشد. کل اشیاء استخراج شده از فیلم به‌منظور آموزش سیستم طبقه‌بند به دودسته داده‌های آموزشی و اعتبار سازی (۷۵۸ شیء) و داده‌های آزمون (۳۳۷ شیء) تقسیم‌بندی شدند. به‌منظور دستیابی به یک مدل طبقه‌بندی با دقت بالا الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات مقادیر بهینه پارامترهای شبکه عصبی پس انتشار را تنظیم کرد. جدول ۱ مقادیر بهینه این پارامتر را نشان داده است. بنابراین طبقه‌بندی بر اساس این پارامترها انجام خواهد گرفت.

جدول ۱- مقادیر بهینه پارامترهای قابل تنظیم شبکه عصبی پس انتشار تنظیم شده توسط الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

تعداد نوروها	لایه اول: ۱۴، لایه دوم: ۹، لایه سوم: ۹
تعداد لایه‌ها	۳
تابع انتقال	radbas، لایه سوم: poslin، لایه دوم: poslin، لایه اول:
تابع آموزش شبکه پس انتشار برگشتی	trainlm
تابع یادگیری وزن/ایایاس پس انتشار برگشتی	learnos

جدول ۲ نتایج طبقه‌بندی مربوط به داده‌های آزمون برای طبقه‌بند هیبرید شبکه عصبی مصنوعی - الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات را نشان می‌دهد. طبقه‌بند توانسته است نمونه‌های مربوط به کلاس اول را تنها با ۵ خطا طبقه‌بندی کند. همچنین طبقه‌بند قادر به طبقه‌بندی نمونه‌های مربوط به کلاس سیب‌زمینی با دقت بالای ۹۷ در صد بوده است. این میزان دقت قابل قبول بوده و امکان استفاده از این طبقه‌بند برای حالتی که تنها به دو کلاس نیاز است در عمل وجود دارد.

جدول ۲- نتایج طبقه‌بندی داده‌های آزمون با استفاده از طبقه‌بند هیبرید شبکه عصبی مصنوعی - الگوریتم بهینه‌سازی

ازدحام ذرات

کلاس‌ها	سایر گیاهان	گیاه سیب‌زمینی	کل داده‌ها	درصد طبقه‌بندی اشتباه	درصد کل طبقه‌بندی صحیح
سایر گیاهان	۲۰۶	۵	۲۱۱	۲/۳۶۹	۹۷/۳۳
گیاه سیب‌زمینی	۴	۱۲۲	۱۲۶	۳/۱۷	

ارزیابی عملکرد سیستم طبقه‌بند

به‌منظور بررسی عملکرد سیستم طبقه‌بند از سه معیار حساسیت، دقت و ویژگی استفاده گردید. جدول ۳ نتایج مربوط به این سه معیار را نشان می‌دهند.

جدول ۳- معیارهای عملکرد ماتریس اغتشاش برای طبقه‌بند

هیبرید شبکه عصبی مصنوعی - الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات			
ویژگی	دقت	حساسیت	کلاس
۹۸/۰۹	۹۷/۳۳	۹۷/۶۳	سایر گیاهان
۹۶/۰۶	۹۷/۳۳	۹۶/۸۲	گیاه سیب‌زمینی

همانگونه که مشاهده می‌گردد میزان این سه معیار در هر دو کلاس بالای ۹۶ درصد می‌باشد. این میزان تقریباً قابل قبول است. همانگونه که قبلاً ذکر گردید فیلم‌های تهیه شده از مزارع موبوطه هفته چهارم از زمان کشت سیب‌زمینی می‌باشد. بنابراین علف‌های هرز موجود در زمین زراعی در مراحل ابتدایی رشد خود بودند و امکان جدا سازی انواع علف‌هرز از همدیگر وجود نداشت. میزان خطاهای به‌وجود آمده به دلیل خطای قطعه‌بندی (چون سایر گیاهان به‌جز سیب‌زمینی کوچک بودند و گاهی بعضی از قسمت‌های پس‌زمینه به‌عنوان گیاه در نظر گرفته می‌شدند و یا برعکس) بود. اما در کل این میزان دقت قابل قبول می‌باشد.

۴. نتیجه‌گیری

- ۱- در مراحل اولیه رشد محصول سیبزمینی به دلیل کوچک بودن اندازه علف‌های هرز امکان جداسازی علف‌های هرز مختلف از همدیگر وجود ندارد.
- ۲- سرعت پردازش سیستم ماشینی بینایی به تعداد اشیاء موجود در هر فریم بستگی دارد.
- ۳- استفاده از طبقه‌بندهای هوشمند در مرحله آموزش سیستم ماشینی بینایی دقت طبقه‌بندی را افزایش می‌دهد.
- ۴- میزان دقت طبقه‌بند هیبرید شبکه عصبی مصنوعی - الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات بالای ۹۷ درصد می‌باشد.

۵. منابع

1. Aakif, A., Khan, MF. 2015. Automatic classification of plants based on their leaves. *Biosystem Engineering*, 139: 66-75.
2. Kazmi, W., Garcia-Ruiz, FJ., Nielsen, J., Rasmussen, J., Andersen, HJ. 2015. Detecting creeping thistle in sugar beet fields using vegetation indices. *Computers and Electronics in Agriculture*, 112: 10-19.
3. Monaco, TJ., Grayson, AS., Sanders, DC. 1981. Influence of four weed species on the growth, yield, and quality of direct-seeded tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Weed Science*, 29 (4): 394-397.
4. Shidnal, S. 2014. A texture feature extraction of crop field images using GLCM approach. *International Journal of Science Engineering and Advance*, 2: 1006-1011.
5. Wong, WK., Chekima, A., Mariappan, M., Khoo, B., Nadarajan, M. 2014. Genetic algorithm tuned SVM classifier for weed species recognition. *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, 2: 24-30.



Classification of potato plants and weeds with a new machine vision system

Sajad Sabzi^{a,*}, Yousef Abbaspour Gilandeh^a, and Zahra basati^a

a: Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran;

**Corresponding author: sajadsabzi2@gmail.com*

Abstract

The use of the precision agriculture operations in order to control weeds contributes human health, unpolluted environment and underground waters. In fact, site-specific spraying method which is one of the precision agriculture operation, sprays proportional to the weeds volume and therefore the use of herbicides will be reduced greatly. For this reason, a video processing based machine vision system in line with site-specific spraying was presented to detect potato and different types of common weeds. In order to training and testing the presented machine vision system, 2 hectares of Marfona potato crops in Kermanshah–Iran were used. This system moved with speed 13 cm/s. After segmentation, 142 features in two fields of color features and texture features based on the gray level co-occurrence matrix were extracted. Using hybrid Artificial Neural Networks - Particle swarm optimization (ANN-PSO) method effective features were selected among 282 features and were imported to classifier system in order to classify the potato and different weeds. The experimental results show the value of sensitivity, specificity and accuracy related to ANN-PSO classifier for two classes were above 96 %.

Keywords: *Video processing, Site specific, Classification, Weeds, Artificial intelligence.*