



مجله علمی کاربردی باغبانی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی  
جلد بیست و یکم، شماره سوم، ۱۳۹۳  
<http://jopp.gau.ac.ir>

## تعیین توزیع مکانی علف‌های هرز براساس آستانه خسارت در دو مزرعه گندم زمستانه در منطقه شاهرود

\* حسن مکاریان<sup>۱</sup> و عباس روحانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شاهرود، استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد  
تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۲

### چکیده

تخمین آستانه خسارت علف‌های هرز امری ضروری در برنامه‌های کنترل متناسب با مکان می‌باشد. این پژوهش به منظور تعیین موضعی آستانه خسارت علف‌های هرز در سطح دو مزرعه گندم انجام شد. داده‌های مربوط به زیست‌توده علف‌هرز و عملکرد گندم از طریق نمونه‌برداری روی شبکه علامت‌گذاری شده مربعی به ابعاد ۴×۴ متر و در مجموع از ۱۲۰ نقطه در مزرعه اول و از ۱۳۵ نقطه در مزرعه دوم واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۱ به دست آمد. براساس مدل‌های برازش داده شده، مقدار آستانه خسارت در مزرعه اول و دوم با در نظر گرفتن ۱۰ درصد کاهش عملکرد در نتیجه وجود علف‌های هرز به ترتیب برابر با ۲/۳۱ و ۲/۷۷ گرم وزن خشک زیست‌توده مجموع علف‌های هرز در مترمربع بود. شبکه عصبی تابع پایه شعاعی (RBF) توانست با دقت بالایی (بازده ۹۹ درصد، ضریب تبیین ۰/۹۹ و متوسط خطای کم‌تر از ۱/۵۸ و ۱/۳ به ترتیب برای دو مزرعه اول و دوم) الگوهای پراکنش زیست‌توده علف‌های هرز را براساس دو حد آستانه صفر و کاهش عملکرد ۱۰ درصدی پیش‌بینی و درون‌یابی نماید. براساس نتایج آزمایش، تعیین آستانه خسارت علف‌های هرز به صورت موضعی با استفاده از وزن خشک زیست‌توده مجموع علف‌های هرز راه‌کاری مؤثر در تهیه نقشه‌های مدیریتی در مدیریت متناسب با مکان می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** کاهش عملکرد، توزیع لکه‌ای، کنترل متناسب با مکان علف‌هرز، تابع پایه شعاعی

\* مسئول مکاتبه: [h.makarian@yahoo.com](mailto:h.makarian@yahoo.com)

## مقدمه

علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌شوند (اسلامی و همکاران، ۲۰۰۶)، به طوری که در بعضی از موارد خسارت‌های اقتصادی آن‌ها از آفت‌ها و بیماری‌ها هم بیشتر است (پستر و همکاران، ۲۰۰۰). تراکم و وزن خشک علف‌هرز از عوامل کمی مؤثر در رقابت با گیاه زراعی و کاهش عملکرد آن به‌شمار می‌رود (سعادتیان و همکاران، ۲۰۱۱). به‌عنوان مثال کاهش عملکرد ذرت و سویا در اثر تراکم‌های بالای تاج‌خروس (بیش از ۳۰ بوته در مترمربع) حدود ۹۰ درصد گزارش شده‌است (کاستا و همکاران، ۲۰۰۴). از طرفی تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در سطح مزارع دارای توزیع لکه‌ای می‌باشد (کلی و همکاران، ۲۰۰۶؛ هژتینگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ مکاریان، ۲۰۰۸). در همین راستا، در بررسی کنترل لکه‌ای علف‌های هرز گندم در یک دوره پنج‌ساله گزارش شد که ۳۹ درصد کل سطح مزرعه برای کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ و ۴۴ درصد آن برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ نیاز به سم‌پاشی داشت (نوردمیر، ۲۰۰۶). توزیع لکه‌ای علف‌های هرز در سطح مزارع سبب توزیع لکه‌ای زیست‌توده و عملکرد گیاه زراعی نیز می‌شود (مکاریان و حسینی، ۲۰۱۰).

امروزه راهبرد کنترل متناسب با مکان علف‌های هرز تأکید بر کنترل علف‌های هرز در نقاط آلوده به علف هرز دارد و این نقاط می‌تواند مکان‌هایی در مزرعه باشد که تراکم علف‌هرز در آن بیش‌تر از حد آستانه خسارت می‌باشد. آستانه خسارت اقتصادی با کمک به کشاورزان در تصمیم‌گیری برای کنترل مقرون به صرفه علف‌های هرز نقش مهمی در مدیریت تلفیقی ایفا می‌کند (سیمارد و همکاران، ۲۰۰۹). آستانه خسارت اقتصادی مقیاسی از خسارت می‌باشد که بیش‌تر از آن قابل تحمل نیست. بنابراین نقاطی از مزرعه که دارای تراکم علف هرز بیش‌تر از آستانه خسارت اقتصادی هستند را باید کنترل کرد. در این صورت به‌واسطه کاهش هزینه‌های کنترل علف‌های هرز به کمک حد آستانه، سود اقتصادی تولید محصول افزایش می‌یابد (زیمدال، ۲۰۰۴). برای تعیین حد آستانه کنترل علف‌های هرز، به مدل‌های دقیقی برای پیش‌بینی کاهش عملکرد گیاهان زراعی در اثر تداخل علف‌های هرز نیاز است. مدل‌ها می‌توانند برای درک مفاهیمی هم‌چون شدت رقابت و آستانه‌های کنترل علف‌های هرز، مورد استفاده قرار گیرند. در این مدل‌ها از تراکم علف‌هرز (کوزنس، ۱۹۸۵a)، تراکم علف‌هرز و گیاه زراعی (کوزنس، ۱۹۸۵b)، تراکم و زمان نسبی ظهور علف‌هرز در مقایسه با گیاه زراعی (کوزنس و همکاران، ۱۹۸۷)، و سطح برگ نسبی علف‌هرز (کراف و اسپیتزر، ۱۹۹۱)، به‌عنوان معیار پیش‌بینی

کاهش عملکرد گیاه زراعی، استفاده شده است. به طور کلی استفاده از مدل‌های تجربی مورد اشاره مبتنی بر معادله‌های رگرسیونی است. در مدل ارایه شده توسط کراف و اسپیترز (۱۹۹۱) کاهش عملکرد گیاه زراعی با استفاده از سطح برگ نسبی اول فصل به جای تراکم و زمان نسبی ظهور علف‌هرز پیش‌بینی می‌شود. لوتمن و همکاران (۱۹۹۶) برای تعیین قدرت نسبی علف‌های هرز و ارزیابی پتانسیل رقابتی علف‌های هرز و میزان محصول از رابطه‌های رگرسیونی بین تراکم، وزن خشک نسبی علف‌های هرز و افت عملکرد گیاه زراعی استفاده کردند. به هر حال، یکی از نیازهای اولیه در مدیریت متناسب با مکان تهیه نقشه‌های علف‌های هرز برای سم‌پاشی نقاط بالای حد آستانه می‌باشد. از طرفی تعیین حد آستانه نیز به وسیله مدل‌های رقابتی علف‌هرز - گیاه زراعی نام‌برده در بالا امکان‌پذیر است.

تعیین نقشه آلودگی علف‌های هرز نه تنها برای کاربرد متناسب با مکان علف‌کش‌ها، بلکه برای ارزیابی راهبردهای مدیریتی در گذشته و یا حال (لمب و براون، ۲۰۰۱) و طراحی راهبردهای مدیریتی آینده علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرد (جوشی و همکاران، ۲۰۰۸). اما آنچه رسیدن به این اهداف را محقق می‌سازد افزایش صحت و دقت روش‌های درونیابی و تهیه نقشه‌های کاربردی از آستانه‌های مورد نیاز برای کنترل علف‌های هرز می‌باشد. گوئل و همکاران (۲۰۰۳) تهیه نقشه‌های دقیق و تجزیه و تحلیل آن را از راه‌های کلیدی در کشاورزی دقیق می‌دانند. پیش‌بینی و تهیه نقشه‌های دقیق توزیع علف‌های هرز به منظور کاربرد در مدیریت لکه‌ای به وسیله روش‌های مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفته است (کاردینا و دوهان، ۲۰۰۸).

امروزه شبکه‌های عصبی در بسیاری از زمینه‌ها از جمله طبقه‌بندی، تشخیص الگو، پیش‌بینی و مدل‌سازی فرآیندها در علوم مختلف به کار گرفته می‌شوند. برتری روش شبکه عصبی یادگیری مستقیم از روی داده‌ها، بدون نیاز به برآورد مشخصات آماری آن‌ها است (وکیل‌باغ‌میشه، ۲۰۰۲). شبکه عصبی بدون در نظر گرفتن هیچ فرضیه اولیه و همچنین دانش قبلی از رابطه‌های بین متغیرهای مورد مطالعه، قادر به پیدا کردن رابطه بین مجموعه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌ها برای پیش‌بینی هر خروجی متناظر با ورودی دلخواه می‌باشد (تورسلا و همکاران، ۲۰۰۴). شبکه عصبی تابع پایه شعاعی (RBF) بیش‌تر برای درونیابی در فضاها چندبعدی استفاده می‌شود (چن و همکاران، ۱۹۹۱). این روش در پیش‌گویی متغیرهای پیوسته‌ای مانند رطوبت خاک (چنگ و اسلام، ۲۰۰۰)، ارزیابی کیفیت آب (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲)، تخمین زیست‌توده (جین و لو، ۱۹۹۷) و تخمین عملکرد (دراموندا و همکاران، ۲۰۰۳) نیز پتانسیل بالایی نشان داده است. ارماک و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از شبکه عصبی

مصنوعی الگوهای مکانی عملکرد سویا را در سطح مزرعه پیش‌بینی کرده و نقش عوامل ایجادکننده تغییرات مکانی عملکرد از جمله پستی و بلندی و حاصل‌خیزی خاک را نیز مورد بررسی قرار دادند. مکاریان و روحانی (۲۰۱۳) در پژوهشی نقشه‌های مدیریتی علف‌هرز تلخه را با هدف کاربرد در کشاورزی دقیق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی تهیه کردند، آن‌ها نشان دادند که شبکه‌های عصبی قابلیت درون‌یابی مطلوبی داشته و می‌تواند براساس حد‌آستانه‌های فرضی ۲، ۴ و ۶ بوته علف‌هرز در مترمربع، نقشه‌های توزیع علف‌هرز را به خوبی درون‌یابی و نمایش دهد. به هر حال، تعیین حد‌آستانه به‌صورت موضعی در سطح مزارع می‌تواند به‌عنوان راهبردی مؤثر در کاهش مصرف علف‌کش‌ها و هزینه‌های کنترل در مدیریت متناسب با مکان علف‌های هرز نقش ایفا کند. بنابراین این پژوهش با هدف تعیین موضعی حد‌آستانه خسارت علف‌های هرز با استفاده از توزیع مکانی زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد گندم به کمک شبکه عصبی مصنوعی تابع پایه شعاعی<sup>۱</sup> در سطح دو مزرعه گندم انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور تعیین موضعی آستانه خسارت علف‌های هرز با استفاده از توزیع مکانی زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد گندم به کمک شبکه عصبی مصنوعی تابع پایه شعاعی (RBF) در سطح دو مزرعه گندم، هرکدام به مساحت ۲۰۰۰ مترمربع واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. طول و عرض جغرافیایی محل به‌ترتیب ۵۸ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ۲۵ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع محل از سطح دریا ۱۳۴۹/۱ متر می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۱۵۰ میلی‌متر، میانگین سالانه دما ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. لازم به ذکر است که در مزارع مورد بررسی علف‌هرز باریک برگ چاودار در تراکم بسیار ناچیز وجود داشت و به همین خاطر در این مطالعه علف‌های هرز باریک‌برگ مورد بررسی قرار نگرفت. نمونه‌برداری از وزن خشک علف‌های هرز برای تعیین حد‌آستانه و تهیه نقشه‌های کاربردی برای مدیریت و نیز مطالعه وضعیت توزیع علف‌های هرز در پایان فصل رشد گندم برای هر دو مزرعه روی شبکه علامت‌گذاری شده مربعی به ابعاد ۴×۴ متر و در مجموع از ۱۲۰ نقطه در مزرعه اول و از ۱۳۵ نقطه در مزرعه دوم در کادریابی به ابعاد ۰/۵×۰/۵ متر انجام شد. سپس نمونه‌ها به تفکیک گونه علف‌هرز شناسایی و ثبت شد و برای

1- Radial Basis Function Neural Network (RBFNN)

خشک کردن به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل گردید. در نهایت وزن خشک نمونه‌ها محاسبه و پس از تبدیل آن بر حسب مترمربع در مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در ۳ روز قبل از برداشت گندم، برای محاسبه عملکرد نیز از نقاط منطبق بر محل‌های نمونه‌برداری وزن خشک زیست‌توده هوایی علف‌های هرز، سه بوته گندم از سطح خاک برداشت شد و عملکرد دانه آن محاسبه گردید و پس از تبدیل عملکرد دانه بر حسب مترمربع در مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه وزن خشک نسبی علف‌های هرز از رابطه ۱ استفاده شد.

**تعیین حد‌آستانه خسارت:** با مشاهده رفتار تغییرات کاهش عملکرد گندم در مقابل افزایش وزن خشک علف‌های هرز مورد مطالعه، از مدل نمایی استفاده شد. مدل ماکسول یکی از مدل‌های نمایی استفاده شده در علوم مختلف می‌باشد که در این مطالعه نیز از این مدل استفاده گردید (سعیدی‌راد و همکاران، ۲۰۱۳)، زیرا توجه‌پذیری رفتار این مدل بسیار نزدیک با موضوع مورد مطالعه بود. البته نتایج به دست آمده نیز بیان‌گر این موضوع می‌باشد.

$$Y = c. + \sum_{i=1}^n c_i \exp\left(\frac{-x}{b_i}\right) \quad (1)$$

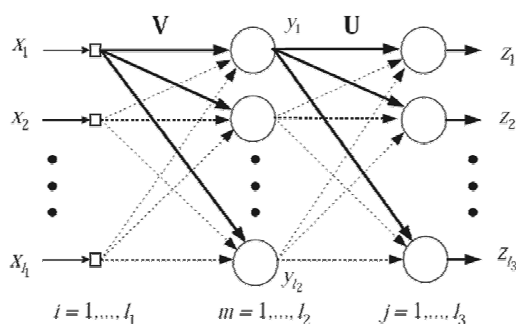
که در آن،  $c.$ ،  $c_i$  و  $b_i$ : ضریب‌های مدل هستند. که مقادیر آن‌ها بر حسب شرایط حاکم بر مسأله متفاوت است و باید مقادیر بهینه آن‌ها را پیدا کرد. برای پیدا کردن مقادیر بهینه این ضرایب از جعبه ابزار برازش منحنی مبتنی بر الگوریتم مجموع حداقل مربعات خطا در نرم‌افزار متلب استفاده شد.  $i$ : تعداد جمله‌های نمایی مدل می‌باشد.  $X$  و  $Y$  به ترتیب وزن خشک نسبی علف‌هرز و کاهش عملکرد گندم بر حسب درصد می‌باشند.

**پیش‌پردازش داده‌ها:** در ابتدا داده‌های وزن خشک زیست‌توده هوایی مجموع علف‌های هرز و عملکرد گندم به‌طور تصادفی به دو دسته مجموعه آموزش ۸۰ درصد کل داده‌ها و مجموعه آزمون ۲۰ درصد کل داده‌ها تقسیم‌بندی شد. البته اگر این تقسیم‌بندی منجر به نتایج مطلوب نشود، می‌توان این مرحله را دوباره تکرار کرد (روحانی و مکاریان، ۲۰۱۱؛ ظریف‌نشاط و همکاران، ۲۰۱۲). قبل از به‌کارگیری، داده‌های خام اولیه در آموزش و تست شبکه باید نرمالیزه شود زیرا الگوریتم یادگیری همراه با داده‌های خام نمی‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد و همچنین به دلیل دامنه تغییرات خروجی تابع فعالیت سیگموئیدی<sup>۱</sup> به‌کار گرفته شده در لایه میانی این امر ضروری به نظر می‌رسد. در غیر این صورت شبکه

در طول مرحله آموزش هم‌گرا نخواهد شد و نتایج مطلوب تولید نخواهد شد (روحانی و همکاران، ۲۰۱۱). زمانی که از تابع فعالیت سیگموئیدی استفاده می‌شود، بهترین دامنه تبدیل داده‌ها [۰/۱ ۰/۹] می‌باشد (مکاریان و روحانی، ۲۰۱۱). برای تبدیل داده‌ها از نرمالیزاسیون خطی (رابطه ۲) استفاده شد:

$$x_n = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times (r_{\max} - r_{\min}) + r_{\min} \quad (2)$$

که در آن،  $x$ : داده خام اولیه،  $x_n$ : داده نرمالیزه شده،  $x_{\min}$  و  $x_{\max}$  به ترتیب مقادیر بیشینه و کمینه داده‌های اولیه و  $r_{\max}$  و  $r_{\min}$  به ترتیب حد بالایی و پایینی دامنه تغییرات داده‌های تبدیل شده است. از این رابطه برای محاسبه وزن خشک نسبی علف‌های هرز استفاده شد و به این ترتیب داده‌ها نرمال گردید. شبکه عصبی RBF: ساختار شبکه RBF با یک لایه مخفی در شکل ۱ نشان داده شده است. شبکه RBF با دریافت بردار ورودی  $X^q$  بردار خروجی  $Z^q$  برای هر  $q$  ( $q=1, \dots, Q$ ) تولید خواهد کرد. هدف اتخاذ متغیرهای صحیح شبکه به منظور دستیابی به خروجی واقع  $Z^q$  که تا جای ممکن نزدیک به خروجی مطلوب  $d^q$  متناظر با خود باشد. برای آموزش شبکه از الگوریتم پسانتشار با نرخ یادگیری کاهشی (BDLRF)<sup>۱</sup> استفاده شد. برتری این الگوریتم شامل آسانی در تنظیم متغیرهای یادگیری شبکه به سبب پایین آوردن حساسیت شبکه به مقادیر آهنگ‌های یادگیری، کاهش زمان یادگیری از طریق پایین آوردن تعداد تکرارهای مورد نیاز برای یادگیری و بهبود رفتار شبکه در طول آموزش می‌باشد (روحانی و همکاران، ۲۰۱۱؛ ظریف‌نشاط و همکاران ۲۰۱۲). کد رایانه‌ای این الگوریتم در محیط برنامه‌نویسی MATLAB نسخه ۱۰ تهیه شد.



شکل ۱- ساختار شبکه RBF با یک لایه مخفی (وکیل - باغمیشه، ۲۰۰۲).

#### 1- Backpropagation With Declining Learning-Rate Factor

الگوریتم **BDLRF**: این الگوریتم نسخه اصلاح شده الگوریتم پس انتشار اصلی می باشد (وکیل- باغمیشه، ۲۰۰۲). این الگوریتم آموزش با آهنگ یادگیری و به نسبت بزرگ شروع می کند و قبل از آن که شبکه ناپایدار و یا هم گرایی آن کند شود، هر  $T$  تکرار ( $3 \leq T \leq 5$ ) آهنگ یادگیری از طریق تصاعد حسابی به صورت یکنواخت کاهش داده می شود تا زمانی که این متغیرها به  $x$  درصد (۵ درصد) مقادیر اولیه خودشان برسند. متغیر یادگیری ( $\eta$ ) با استفاده از رابطه زیر کاهش داده شد:

$$\eta_n = \eta_1 + (x-1) \frac{n\eta_1 T}{Q - n_1} \quad (3)$$

که در آن،  $n_1$ ،  $\eta_n$  و  $\eta_1$  به ترتیب نقطه شروع **BDLRF**، آهنگ یادگیری در  $n$  امین جمله از تصاعد حسابی و مقدار اولیه آهنگ یادگیری می باشند.

تابع هزینه به کار رفته در این الگوریتم مجموع کل مربعات خطا (TSSE)<sup>۱</sup> می باشد و به صورت زیر محاسبه می شود:

$$TSSE = \sum_q \sum_k (d_k^q - z_k^q)^2, \quad q = 1, \dots, Q \quad (4)$$

که در آن،  $d_k^q$  و  $z_k^q$  به ترتیب  $k$  امین عنصر از بردارهای خروجی مطلوب و واقعی از  $q$  امین ورودی است. یادگیری شبکه در دو فاز پیش انتشار و پس انتشار اتفاق می افتد. وزن های هر لایه از شبکه از طریق زیر محاسبه می شوند.

$$u_{mj}(n+1) = u_{mj}(n) - \eta_2 \frac{\partial E}{\partial u_{mj}} \quad (5)$$

$$v_{im}(n+1) = v_{im}(n) - \eta_2 \frac{\partial E}{\partial v_{im}} \quad (6)$$

$$\sigma_m^y(n+1) = \sigma_m^y(n) - \eta_1 \frac{\partial E}{\partial \sigma_m^y} \quad i = 1, \dots, l_1; m = 1, \dots, l_2; j = 1, \dots, l_3 \quad (7)$$

که در آنها،  $u_{mj}$ : اتصال وزنی بین گره های  $j$  و  $m$ ،  $v_{im}$ : اتصال وزنی بین گره های  $i$  و  $m$  و  $\sigma_m$ : متغیر پراکندگی برای گره های  $m$  می باشند. مقادیر اولیه این وزن های  $u_{mj}$  به طور تصادفی از دامنه مقادیر

1- Total Sum-Squared Error

[۰/۱ ۰/۱] انتخاب می‌شود.  $d_1$ ،  $l_2$  و  $l_3$  به ترتیب تعداد نرون‌ها در لایه ورودی، لایه مخفی و لایه خروجی می‌باشند.  $\eta_1$ ،  $\eta_2$  و  $\eta_3$  به ترتیب آهنگ‌های یادگیری برای  $\sigma_m$ ،  $v_{im}$  و  $u_{mj}$  هستند و مقادیر آنها در فاصله [۰ ۱] قرار دارند و  $n$  شماره تکرار الگوریتم ( $n = 1, \dots, N$ ). زمانی الگوریتم متوقف می‌شود که TSSE کوچک‌تر از مقدار آستانه (۰/۰۰۰۱) مقدار آستانه در نظر گرفته شده برای این مطالعه) باشد. جزئیات بیش‌تر این الگوریتم را می‌توان در وکیل - باغمیشه و پاوسیک (۲۰۰۳) مشاهده کرد.

**معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی:** برای ارزیابی قابلیت شبکه عصبی RBF در پیش‌بینی توزیع زیست‌توده علف‌هرز و عملکرد گندم از معیارهای متوسط قدرمطلق خطا (MAE)<sup>۱</sup>، ریشه متوسط مربعات خطا (RMSE)<sup>۲</sup> و ضریب تبیین معادله خطی رگرسیونی بین مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی و مقادیر واقعی آنها و نیز بازده شبکه (EF) استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i - p_i)^2} \quad (۸)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |d_i - p_i| \quad (۹)$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (d_i - p_i)^2}{\sum_{i=1}^n (d_i + \bar{d})^2} \quad (۱۰)$$

که در آنها،  $d_i$ : مؤلفه  $i$  ام از خروجی واقعی،  $p_i$ : مؤلفه  $i$  ام از خروجی پیش‌بینی شده توسط شبکه و  $\bar{d}$ : متوسط خروجی‌های واقعی می‌باشند.

## نتایج و بحث

در طی نمونه‌برداری از علف‌های هرز، تراکم و وزن خشک ۷ گونه علف هرز در مزرعه اول و ۸ گونه علف‌هرز در مزرعه دوم اندازه‌گیری و ثبت شد (جدول ۱). گونه‌های علف‌هرز هفت‌بند، سلمه‌تره و خارشتر دارای بیش‌ترین فراوانی در مزرعه اول و گونه‌های هفت‌بند، پیچک، سلمه و خارشتر دارای بیش‌ترین فراوانی در مزرعه دوم بودند. مکاریان و حسینی (۲۰۱۰) نیز علف‌های هرز هفت‌بند، سلمه‌تره، شاه‌تره و شیرتیغی را به‌عنوان گونه‌های علف‌هرز غالب موجود در مزارع گندم در منطقه شاهرود

1- Mean Absolute Error  
2- Root Mean Squared Error

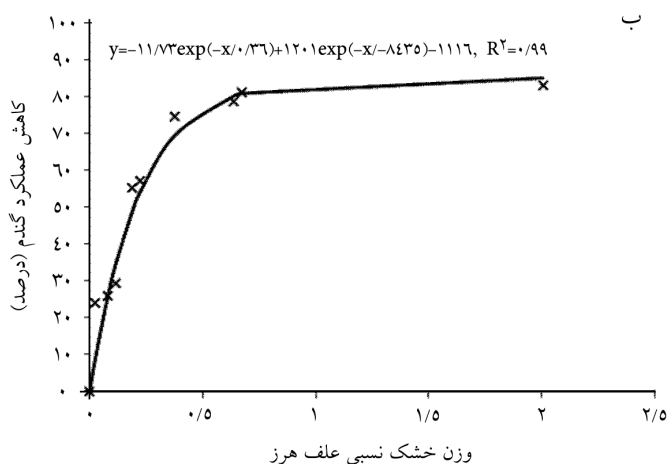
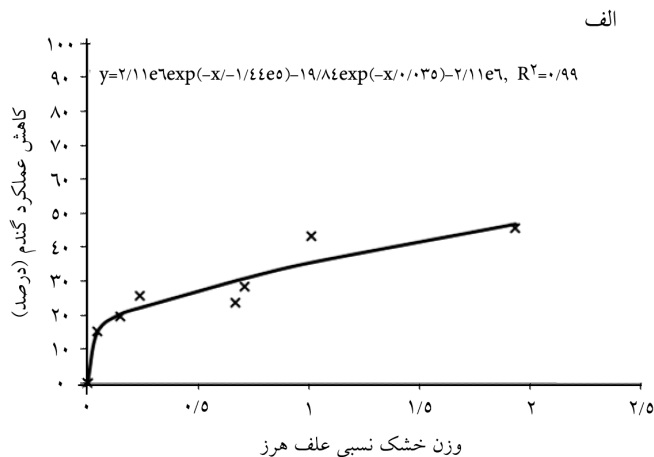


برشمردند. گونه‌های غالب نام‌برده معمولاً در اواخر زمستان و اوایل فصل بهار رشد خود را آغاز می‌کنند (راشد محصل و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین به‌علت تداوم جوانه‌زنی بذور و نیز رشد جوانه‌های نابه‌جای روی اندام‌های رویشی در چندساله‌ها، جمعیت این گونه‌ها در هر دو مزرعه بر خلاف کنترل شیمیایی در مرحله پنجه‌زنی گندم، با نزدیک شدن به پایان فصل رشد افزایش نشان داد (جدول ۱). علف‌های هرز جوامعی بسیار پویا هستند که نه تنها از سالی به سال دیگر، بلکه در طی یک فصل نیز دچار تغییر و تحول می‌شوند (کازنس و مورتیمر، ۱۹۹۵). به‌نظر می‌رسد تراکم علف‌های هرز در طی فصل در اثر نوع و زمان انجام عملیات مدیریتی، تغییر شرایط محیطی در طی فصل‌ها و ویژگی‌های بیولوژیکی خاص گونه‌های علف‌هرز، تحت تأثیر قرار می‌گیرد (کاردینا و همکاران، ۱۹۹۷).

جدول ۱- خلاصه آماری جمعیت گونه‌های علف‌هرز موجود در مزرعه اول و دوم در پایان فصل رشد گندم.

| مزرعه          | گونه علف هرز در هر مزرعه                 | وزن (گرم)<br>در مترمربع | تراکم (تعداد)<br>در مترمربع | خطای استاندارد<br>( $\pm$ SE) | درصد نقاط عاری<br>از علف هرز |
|----------------|--|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| مزرعه اول      | هفت‌بند ( <i>Polygonum aviculare</i> L.) | ۳/۹۰                    | ۱۷/۷۷                       | ۲/۰۴                          | ۳۶/۶۶                        |
|                | سلمه‌تره ( <i>Chenopodium album</i> L.)  | ۰/۰۴                    | ۰/۸۳                        | ۰/۲۲                          | ۸۹/۱۶                        |
|                | تلخه ( <i>Acrptilon repens</i> L.)       | ۰/۰۲                    | ۰/۶۱                        | ۰/۴۲                          | ۹۷/۵۰                        |
|                | شاهی وحشی ( <i>Cardaria draba</i> L.)    | ۰/۰۰۳                   | ۰/۰۵                        | ۰/۰۵                          | ۹۹/۱۶                        |
|                | پیچک ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.)   | ۰/۰۰۸                   | ۰/۸۸                        | ۰/۲۹                          | ۹۱/۶۶                        |
|                | شاه‌تره ( <i>Fumaria officinalis</i> L.) | ۰/۰۰۲                   | ۰/۰۵                        | ۰/۰۵                          | ۹۹/۱۶                        |
|                | خارشتر ( <i>Alhagi persarum</i> Boiss)   | ۲/۰۴                    | ۱/۱۶                        | ۰/۳۳                          | ۸۷/۵۰                        |
| کل علف‌های هرز |  |                         |                             |                               |                              |
| مزرعه دوم      | هفت‌بند                                  | ۲/۵۰                    | ۱۹/۹۵                       | ۲/۵۸                          | ۴۱/۴۸                        |
|                | شاهی وحشی                                | ۰/۰۹                    | ۰/۲۴                        | ۰/۱۴                          | ۹۷/۷۷                        |
|                | سلمه‌تره                                 | ۱/۵۲                    | ۰/۸۸                        | ۰/۲۴                          | ۸۹/۶۲                        |
|                | شاه‌تره                                  | ۰/۰۰۴                   | ۰/۰۹                        | ۰/۰۶                          | ۹۸/۵۱                        |
|                | پیچک                                     | ۰/۶                     | ۲/۱۷                        | ۰/۴۸                          | ۸۴/۴۴                        |
|                | جغجغک ( <i>Vaccaria oxyodum</i> L.)      | ۰/۰۳                    | ۰/۵۹                        | ۰/۲۵                          | ۹۴/۸۱                        |
|                | تلخه                                     | ۰/۰۵                    | ۰/۸۳                        | ۰/۴۹                          | ۹۷/۷۷                        |
| خارشتر         | ۳/۰۲                                     | ۱/۲۸                    | ۰/۲۹                        | ۸۵/۹۲                         |                              |
| کل علف‌های هرز |  |                         |                             |                               |                              |
|                |  | ۴۱/۳۵                   | ۲۶/۲۲                       | ۲/۹۷                          | ۳۰/۳۷                        |

آستانه خسارت علف‌های هرز: شکل ۲ مدل‌های برازش داده شده برای کاهش عملکرد گندم در مقابل وزن خشک نسبی علف‌های هرز را در دو مزرعه اول (الف) و دوم (ب) نشان می‌دهد. مقدار ضریب تبیین بالا در هر دو مدل ( $R^2=0/99$ ) نشان می‌دهد که مدل به‌کار رفته به خوبی توانسته است کاهش عملکرد در مقابل افزایش وزن خشک نسبی علف‌هرز را توجیه نماید. براساس مدل‌های برازش داده شده، مقدار حدآستانه در مزرعه اول و دوم برای ۱۰ درصد کاهش عملکرد در نتیجه وجود علف‌های هرز به‌ترتیب برابر با ۲/۳۱ و ۲/۷۷ گرم وزن خشک مجموع علف‌های هرز در مترمربع بود. مطالعات زیادی برای بررسی تأثیر رقابت علف‌های هرز بر عملکرد گیاهان زراعی تاکنون انجام شده است. به‌عنوان مثال، کانلی و همکاران (۲۰۰۳) از مدل بسط داده شده سطح برگ نسبی اولیه برای تخمین رقابت دو گونه علف‌هرز دم روباهی و سلمه‌تره با گیاه سویا استفاده کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که مدل سطح برگ نسبی در مقابل مدل کاهش عملکرد از کارایی بیش‌تری برخوردار بود. پژوهش‌گران دیگر نیز کاهش عملکرد به‌وسیله سطح برگ نسبی را پیش‌بینی کرده‌اند (نگاجیو و همکاران، ۱۹۹۹؛ نگاجیو و همکاران، ۲۰۰۱). اما بر خلاف توانایی بالای مدل‌های مبتنی بر سطح برگ نسبی علف‌هرز، نبود روش سریع در تخمین سطح برگ یک محدودیت عمده برای این مدل محسوب می‌گردد (ویور، ۱۹۹۱؛ نگاجیو و همکاران، ۲۰۰۱). سعادتیان و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی ضرایب خسارت نسبی به‌دست آمده با مدل‌های یک و دو متغیره وزن خشک نسبی علف‌هرز نشان دادند که مدل وزن خشک نسبی که برآیندی از زیست‌توده، زمان نسبی سبز شدن و توان رقابتی اولیه علف‌هرز هستند، بر مدل تراکم- کاهش عملکرد برتری داشت. لوتمن و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی رقابت علف‌هرز گندم با کلزا از مدل‌های کاهش عملکرد- تراکم، وزن خشک نسبی اولیه یک و دو پارامتری استفاده کردند و نتایج آنان بیان‌گر پیش‌گویی مطلوب مدل‌های یک و دو متغیره وزن خشک نسبی علف‌هرز بود. میلبرگ و هالگرن (۲۰۰۴) در بررسی عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گندم در ۱۶۹۱ مزرعه در مدت ۱۶ سال دریافتند که با افزایش زیست‌توده علف‌های هرز دولپه عملکرد گندم کاهش پیدا کرد. از این‌رو با توجه به نتایج این پژوهش و آسانی اندازه‌گیری وزن خشک، می‌توان از وزن خشک نسبی اولیه علف‌هرز نیز به‌عنوان یک شاخص مطلوب برای برآورد دقیق کاهش عملکرد گیاه زراعی و حدآستانه خسارت استفاده کرد.



شکل ۲- کاهش عملکرد گندم در رقابت با کل علف‌های هرز برای مزرعه اول (الف) و دوم (ب).

شبکه عصبی: براساس نتایج لین و چن (۲۰۰۸) تعداد نرون‌های لایه مخفی در مسأله تخمین تابع پراکنشی برابر با تعداد کل داده‌های موجود می‌باشد. مقادیر بهینه متغیرهای یادگیری  $\eta_1$ ،  $\eta_2$  و  $\eta_3$  از طریق آزمون و خطا و مطابق روش شرح داده شده توسط روحانی و همکاران (۲۰۱۱) انتخاب شدند. نتایج نشان می‌دهند که بهترین عملکرد شبکه در  $\eta_1 = \eta_2 = 10^{-1}$  و  $\eta_3 = 0.5$  به دست می‌آید. ۱۰۰ تعداد بهینه تکرارهای مورد نیاز شبکه همراه با نقطه شروع ( $n_1$ ) در ۱۰ به دست آمد. جدول ۲ مقادیر میانگین

### نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۱)، شماره (۳) ۱۳۹۳

و واریانس و نیز مقایسه بین مقادیر میانگین و واریانس داده‌های واقعی وزن زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد گندم و مقادیر پیش‌بینی شده آن‌ها توسط شبکه در دو مرحله آموزش و آزمون شبکه عصبی RBF برای دو مزرعه را نشان می‌دهد. در این جا فرضیه صفر بر تساوی میانگین و واریانس هر دو سری داده دلالت دارد. هر فرضیه در سطح احتمال ۹۵ درصد به کمک متغیر  $p$  آزمون شد. نتایج نشان داد که میانگین و واریانس مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده در تمام موارد، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند ( $P > 0.05$ ). نتیجه مربوط به مرحله آموزش شبکه نشان می‌دهد که متغیرهای یادگیر و سایر متغیرهای شبکه به خوبی بهینه شده‌اند و همچنین نتیجه به دست آمده از آزمایش شبکه با مجموعه داده‌هایی غیر از مجموعه داده‌های آموزش بیان‌گر این موضوع است که شبکه آموزش داده شده از قابلیت تعمیم‌پذیری مناسبی برخوردار می‌باشد. بنابراین قابلیت اطمینان شبکه‌های آموزش دیده بسیار بالا می‌باشد. اکسین و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به ضرایب همبستگی ساده یا ضرایب معادله‌های رگرسیون چندمتغیره اطلاعات بسیار بیشتری را در مورد رابطه بین عوامل مربوط به خاک و وضعیت زمین با عملکرد و کیفیت دانه ذرت ارائه کردند.

جدول ۲- مقایسه آماری مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده وزن خشک زیست‌توده هوایی مجموع علف‌های هرز و عملکرد گندم توسط شبکه عصبی RBF.

| مزرعه | صفت               | مرحله کاری شبکه | نوع تحلیل آماری |        |         |          |
|-------|-------------------|-----------------|-----------------|--------|---------|----------|
|       |                   |                 | میانگین         |        | واریانس |          |
|       |                   |                 | pv              | dv     | pv      | dv       |
| اول   | زیست‌توده علف‌هرز | آموزش           | ۱۰/۲۸           | ۱۰/۷۴  | ۰/۷۵    | ۷۸۷/۲    |
|       |                   | آزمایش          | ۱۱/۱۱           | ۱۱/۶۳  | ۰/۸۶    | ۸۷۶/۹    |
|       | عملکرد گندم       | آموزش           | ۱۴۴۹/۸          | ۱۴۴۹/۸ | ۱/۰۰    | ۵۲۸۲۴۹/۷ |
|       |                   | آزمایش          | ۱۴۴۹/۳          | ۱۴۴۹/۳ | ۱/۰۰    | ۵۰۹۶۲۹/۷ |
| دوم   | زیست‌توده علف‌هرز | آموزش           | ۹/۷۸            | ۱۰/۰۳  | ۰/۸۷    | ۸۸۰/۷    |
|       |                   | آزمایش          | ۱۰/۶۶           | ۱۱/۰۶  | ۰/۹۰    | ۸۸۶/۷    |
|       | عملکرد گندم       | آموزش           | ۹۷۷/۳           | ۹۷۷/۳  | ۱/۰۰    | ۲۸۲۰۶۵/۴ |
|       |                   | آزمایش          | ۹۷۴/۳           | ۹۷۴/۳  | ۱/۰۰    | ۳۱۴۷۸۹/۴ |

توضیحات: dv: مقادیر واقعی داده‌ها و pv: مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی RBF.

در جدول ۳ عملکرد شبکه عصبی RBF طراحی شده در دو مرحله آموزش و آزمون داده‌ها با هم مقایسه شده است. کاملاً واضح است که مقادیر خطا (RMSE) در مرحله آموزش و آزمایش بسیار کم می‌باشد که این نشان از قابلیت بالای شبکه عصبی مصنوعی RBF در درونیابی توزیع زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد گندم دارد. مقدار بازده مدل RBF برای تمام موارد مدل‌سازی برابر ۰/۹۹ شد، بنابراین مدل شبکه عصبی توانسته است به‌طور کامل الگوی تغییرات تولید زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد گندم را در سطح دو مزرعه پیش‌بینی نماید. در مطالعات متعددی به توانایی بالای شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی و درونیابی توزیع علف‌های هرز در سطح مزارع بیان نموده است (مکاریان و روحانی، ۲۰۱۱؛ مکاریان و روحانی، ۲۰۱۳).

جدول ۳- معیارهای عملکردی شبکه عصبی برای پیش‌بینی توزیع زیست‌توده مجموع علف‌های هرز و عملکرد گندم.

| مزرعه | صفت               | مرحله کاری شبکه | RMSE | MAE  | EF(%) | R <sup>2</sup> |
|-------|-------------------|-----------------|------|------|-------|----------------|
| اول   | زیست‌توده علف‌هرز | آموزش           | ۲/۹۰ | ۱/۳۵ | ۹۹    | ۰/۹۹           |
|       | (گرم بر مترمربع)  | آزمایش          | ۲/۹۷ | ۱/۵۸ | ۹۹    | ۰/۹۹           |
|       | عملکردگندم        | آموزش           | ۰/۱۵ | ۰/۱۴ | ۹۹    | ۰/۹۹           |
|       | (گرم بر مترمربع)  | آزمایش          | ۰/۰۹ | ۰/۰۹ | ۹۹    | ۰/۹۹           |
| دوم   | زیست‌توده علف‌هرز | آموزش           | ۱/۵۵ | ۰/۹۳ | ۹۹    | ۰/۹۹           |
|       | (گرم بر مترمربع)  | آزمایش          | ۲/۰۰ | ۱/۳۰ | ۹۹    | ۰/۹۹           |
|       | عملکردگندم        | آموزش           | ۰/۱۲ | ۰/۱۵ | ۹۹    | ۰/۹۹           |
|       | (گرم بر مترمربع)  | آزمایش          | ۰/۰۷ | ۰/۰۹ | ۹۹    | ۰/۹۹           |

توضیحات: RMSE: ریشه متوسط مربعات خطا، MAE: متوسط قدرمطلق خطا و EF: بازده شبکه.

نقشه‌های توزیع مکانی علف‌های هرز براساس آستانه خسارت: نقشه‌های مدیریتی علف‌های هرز براساس دو حدآستانه با استفاده از شبکه عصبی پس از درونیابی ترسیم شد (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). حدآستانه محاسبه شده براساس وجود یا عدم وجود علف هرز (حدآستانه برابر با صفر بوته) و برای تحمل کاهش ۱۰ درصدی عملکرد گیاه زراعی بود. نقشه‌ها نشان داد که توزیع زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد گندم در سطح مزارع به‌صورت لکه‌ای است و بسیاری از نقاط مزرعه بدون علف‌هرز بود که در مدیریت متناسب با مکان نیاز به کاربرد علف‌کش نخواهد داشت (جدول ۴).

جدول ۴- درصد پوشش علف‌هرز در سطح دو مزرعه برای دو مقدار آستانه صفر بوته و کاهش ۱۰ درصدی عملکرد و مقدار کاهش مصرف علف‌کش.

| مزرعه | PA <sub>T0</sub> | PA <sub>Tc</sub> | HA <sub>T0</sub> | HA <sub>Tc</sub> |
|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| اول   | ۱۲               | ۱۰               | ۸۸               | ۹۰               |
| دوم   | ۱۶               | ۸                | ۸۴               | ۹۲               |

توضیحات: PA<sub>T0</sub>: درصد پوشش علف‌هرز براساس حد آستانه صفر، PA<sub>Tc</sub>: درصد پوشش علف‌هرز براساس حد آستانه کاهش ۱۰ درصدی عملکرد گندم، HA<sub>T0</sub>: درصد کاهش مصرف علف‌کش برای حالت PA<sub>T0</sub> (حد آستانه صفر) نسبت به حالت کاربرد سراسری علف‌کش، HA<sub>Tc</sub>: درصد کاهش مصرف علف‌کش برای حالت PA<sub>Tc</sub> (حد آستانه کاهش ۱۰ درصدی عملکرد) نسبت به حالت کاربرد سراسری علف‌کش.

براساس حد آستانه صفر به ترتیب ۱۲ و ۱۶ درصد از سطح مزرعه اول و دوم دارای علف‌هرز بود و همچنین براساس حد آستانه کاهش ۱۰ درصدی عملکرد گندم فقط ۱۰ و ۸ درصد از سطح مزرعه اول و دوم دارای پوششی از علف‌هرز بود که نیاز به کنترل داشت. به عبارتی بخش بزرگی از هر دو مزرعه نیاز به کنترل نداشت (جدول ۴). دسترسی به منابع غذایی کافی در محل لکه‌ها، تراکم کم گیاه زراعی و وجود بانک بذر قوی ناشی از گیاهان مادری می‌تواند منجر به ظهور لکه‌ای جمعیت علف‌های هرز و زیست‌توده آن‌ها در سطح مزارع شود (مکاریان، ۲۰۰۸). طبق نقشه‌های توزیع زیست‌توده علف‌های هرز، بیش‌ترین تراکم در انتهای پایین‌دست کرت‌ها مشاهده شد، بورتون و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که لکه‌های مربوط به یک‌ساله‌هایی مانند آفتاب‌پرست (*Heliotropium europaeum* L.) و گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medic) بیش‌تر در نقاط پست پایین‌دست مزارع دیده می‌شوند که این می‌تواند به دلیل حرکت آسان بذور توسط جریان آب به طرف پایین شیب باشد. آندوچار و همکاران (۲۰۱۱)، جهت شخم را مهم‌ترین عامل در شکل‌گیری لکه‌ها معرفی کردند و طی مطالعات خود بیان نمودند در مناطق نزدیک به حاشیه مزرعه به علت آبیگر بودن و نواحی نزدیک به خطوط آب‌پاش‌ها که ساختمان خاک در این مناطق فقیرتر می‌باشد بیش‌تر به علف‌هرز قیاق آلوده می‌باشد. ریو و کوزنز (۲۰۰۱) بیان نمودند در بسیاری از مزارع، بیش‌تر عملیات مدیریتی مزارع در یک جهت انجام می‌شود و به همین دلیل لکه‌های علف‌های هرز در این جهت کشیدگی پیدا می‌کنند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدیریت مزرعه از نظر انتخاب جهت صحیح ردیف کاشت با در نظر گرفتن توپوگرافی و شیب زمین در سطح مزارع می‌تواند نقش قابل توجهی در توزیع علف‌های هرز و عملکرد گیاه زراعی داشته باشد.

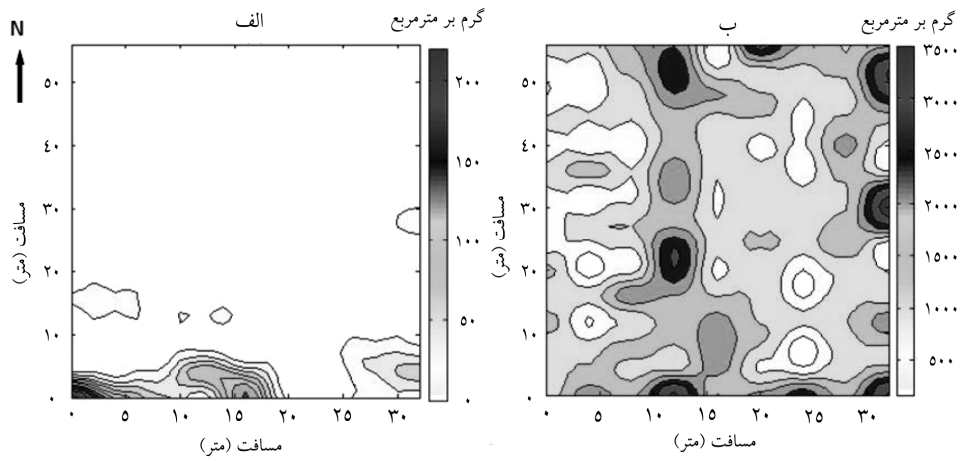
با توجه به نقشه‌های توزیع عملکرد گندم در سطح دو مزرعه، مناطقی که عملکرد گندم در آنجا کم‌تر بود تا حدودی منطبق بر مناطقی بود که وزن خشک زیست‌توده علف‌های هرز در آنجا بیش‌تر بود. نقشه‌های عملکرد گندم نشان داد که میزان عملکرد اقتصادی گندم در حاشیه غربی مزرعه دوم (شکل ۴b) نسبت به سایر مناطق مزرعه کم‌تر بود. در این منطقه تراکم گیاه زراعی در نتیجه استقرار کم‌تر کاهش یافت، بنابراین فضای خالی برای جوانه‌زنی و رشد بهتر علف‌های هرز بیش‌تر بود، در نتیجه میزان عملکرد اقتصادی گندم کاهش یافت. وییز و همکاران (۲۰۰۸) نیز طی آزمایش‌های ۵ ساله خود با ترسیم نقشه‌های عملکرد نشان دادند که عملکرد گیاه زراعی دارای توزیع لکه‌ای می‌باشد، آن‌ها بیان کردند که استفاده از مدیریت متناسب با مکان منجر به تولید بالاترین میزان عملکرد، کم‌ترین میزان بانک بذر خاک و در نهایت هزینه کنترل علف‌های هرز کم‌تر از هزینه مورد نیاز در روش‌های متداول کنترلی شد. مکاریان و حسینی (۲۰۱۰) نیز طی بررسی ارتباط مکانی بین تراکم علف‌های هرز و وزن زیست‌توده گندم نشان دادند که الگوهای توزیع جمعیت کل علف‌های هرز به مقدار قابل توجهی بر الگوهای تغییر عملکرد زیست‌توده گندم منطبق بودند. حسینی و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که معمولاً راهبرد گیاه برای مقابله با تنش رقابت، به‌طور عمده کاهش دانه در بوته است تا به این وسیله وزن دانه‌ها ثابت مانده و قدرت کافی برای جوانه‌زنی نسل آیند تامین شود، بنابراین کاهش لکه‌ای عملکرد در اثر توزیع لکه‌ای علف‌های هرز در مزارع مورد مطالعه ما به دور از ذهن نمی‌باشد.

البته نقاط زیادی در سطح دو مزرعه وجود داشت که عملکرد گندم و وزن زیست‌توده علف‌هرز به‌طور مشابه کاهش یا افزایش یافته بود. گرهاردس و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند در مناطقی از مزرعه که شدت آلودگی به علف‌های هرز بیش‌تر بود میزان عملکرد بیش‌تر نیز به‌دست آمد که با بررسی نقشه‌های کیفیت خاک نتیجه به‌دست آمده را مربوط به کیفیت و حاصل‌خیزی بیش‌تر خاک در این مناطق دانستند. میلبرگ و هالگرن (۲۰۰۴) در بررسی عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گندم در ۱۶۹۱ مزرعه در مدت ۱۶ سال دریافتند که با افزایش زیست‌توده علف‌های هرز دولپه عملکرد گندم کاهش پیدا کرد. در همین پژوهش مشاهده شد که در بعضی مزارع غیریکنواختی عملکرد از عوامل دیگری به غیر از علف‌های هرز پیروی می‌کرد. عوامل گوناگونی دیگری نیز بر توزیع لکه‌ای

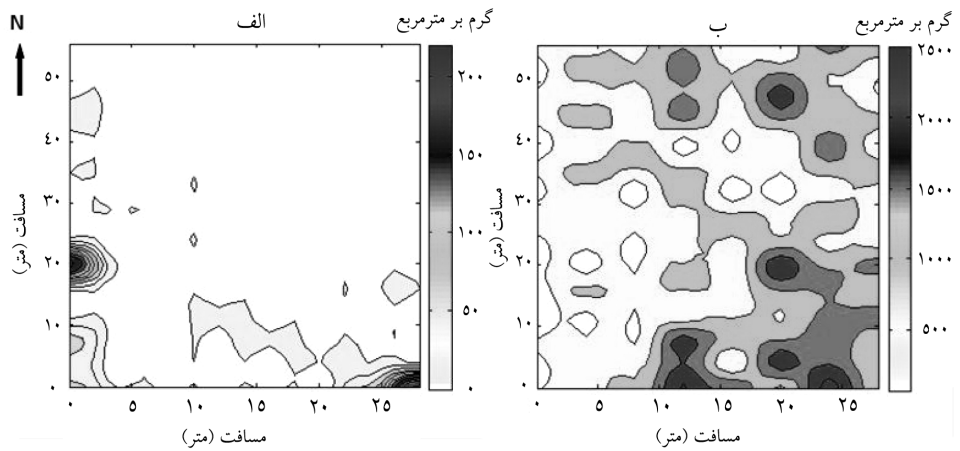
علف‌های هرز و عملکرد گیاهان زراعی در سطح مزارع تأثیرگذار می‌باشند، که از آن جمله می‌توان به ناهمگونی بافت، مواد آلی و عناصر غذایی خاک (استینگر و همکاران، ۲۰۰۲)، توپوگرافی مزرعه (میلبرگ و هالگرن، ۲۰۰۴)، یکنواخت نبودن در عملیات مدیریتی در هنگام کاشت و داشت محصول مانند عدم توزیع یکنواخت بذور، کودها، سموم آفت‌کش، آبیاری و... اشاره کرد (مکاریان، ۲۰۰۸). به هر حال، توزیع لکه‌ای جمعیت و زیست‌توده علف‌های هرز یکی از عواملی است که سبب تأثیر لکه‌ای بر رشد و عملکرد گیاه زراعی شده و ناهمگونی عملکرد را در سطح مزارع به همراه دارد. زیرا در محل لکه‌های علف هرز رقابت بیش‌تری بر سر منابع محدود بین گونه‌های علف‌هرز و گیاه زراعی اتفاق افتاده و بنابراین منجر به کاهش عملکرد و تغییرات آن در سطح مزارع می‌شود (میلبرگ و هالگرن، ۲۰۰۴).

براساس نتایج این آزمایش (شکل‌های ۳، ۴ و ۵) و یافته‌های ژان و همکاران (۲۰۱۰) شبکه عصبی می‌تواند براساس هر آستانه تعیین شده نقشه‌های مدیریتی برای اعمال تیمار نقاط بالای حدآستانه تهیه کند. بارک و همکاران (۲۰۰۵) نیز از شبکه‌های عصبی برای درون‌یابی جمعیت علف‌های هرز سلمه‌تره، دم‌روباهی (*Setaria viridis* L.) و چند گونه علف‌هرز دیگر استفاده کردند و گزارش کردند که این شبکه از میزان درستی بیش‌تری در درون‌یابی برخوردار بود. ژان و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی چندی‌ساز بردار یادگیر میزان آلودگی خوشه برنج به بیماری بلایت را به چند سطح سالم، با آلودگی کم، متوسط و شدید طبقه‌بندی کردند. سپس براساس آستانه آلودگی موردنظر اقدام به کنترل بیماری کردند. کلی و همکاران (۲۰۰۶)، با استفاده از روش درون‌یابی میزان کاهش عملکرد ذرت دانه‌ای را در اثر رقابت با علف‌های هرز باریک‌برگ یک‌ساله به صورت موضعی در سطح مزرعه تخمین زدند و نشان دادند که بعضی از نقاط به‌دلیل این‌که کاهش عملکرد آن‌ها از حد آستانه موردنظر کم‌تر بود، نیاز به کاربرد علف‌کش نداشت. بنابراین، چنان‌چه آستانه خسارت برای علف هرزی براساس اطلاعات لازم تعریف شده باشد، برای استفاده عملی از آن، نقشه‌های تهیه شده با شبکه عصبی RBF ابزارهای مؤثر و دقیقی خواهد بود که به مدیر مزرعه برای کنترل متناسب با مکان (نقاط بالای حدآستانه) کمک خواهد کرد.

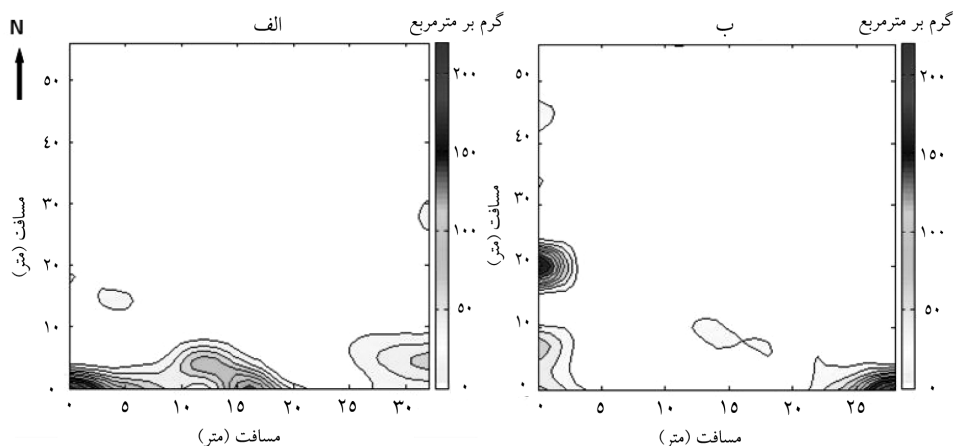




شکل ۳- نقشه توزیع مقادیر زیست توده علف‌های هرز براساس حد آستانه صفر (a) و عملکرد گندم (b) در حالت درونیابی شده توسط مدل شبکه عصبی RBF برای مزرعه اول.



شکل ۴- نقشه توزیع و مقادیر زیست توده جمعیت گیاهچه علف‌های هرز براساس حد آستانه صفر (a) و عملکرد گندم (b) در حالت درونیابی شده توسط مدل شبکه عصبی RBF برای مزرعه دوم.



شکل ۵- نقشه توزیع وزن خشک زیست‌توده علف‌های هرز در دو مزرعه اول (a) و دوم (b) بعد از تعیین حد‌آستانه براساس کاهش ۱۰ درصدی عملکرد گندم.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که توزیع زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد گیاه زراعی در سطح مزارع دارای توزیع لکه‌ای و ارتباط مکانی با یکدیگر است. براساس مدل‌های برازش داده شده، مقدار حد‌آستانه در مزرعه اول و دوم برای ۱۰ درصد کاهش عملکرد در نتیجه وجود علف‌های هرز به ترتیب برابر با ۲/۳۱ و ۲/۷۷ گرم وزن خشک مجموع علف‌های هرز در مترمربع بود. مدل‌های به کار رفته در این آزمایش به خوبی (ضریب تبیین بالا در هر دو مدل  $R^2=0/99$ ) توانست کاهش عملکرد در مقابل افزایش وزن خشک نسبی علف‌هرز را توجیه نماید. یکی از تنگناهای مدیریت متناسب با مکان، تشخیص لکه‌ها در سطح مزارع یا به عبارتی عدم وجود نقشه‌های دقیق و کاربردی و هزینه بالای نمونه‌برداری می‌باشد (دیل و همکاران، ۲۰۰۳). شبکه عصبی مصنوعی RBF در دو مزرعه گندم توانست با دقت بالایی (بازده ۹۹ درصد، ضریب تبیین ۰/۹۹ و متوسط خطای کم‌تر از ۱/۵۸ و ۱/۳ به ترتیب برای دو مزرعه الف و ب) الگوهای توزیع زیست‌توده علف‌های هرز را براساس دو حد‌آستانه صفر و کاهش عملکرد ۱۰ درصدی پیش‌بینی کرده و نقشه‌های توزیع آن را ترسیم نماید. به عبارتی شبکه توانسته است به خوبی با استفاده از ۸۰ درصد از داده‌های نقاط نمونه‌برداری شده، وضعیت علف‌هرز را در سایر نقاط

پیش‌بینی کند. به‌طورکلی، آگاهی از توزیع علف‌های هرز در مزارع به کشاورزان در جهت مدیریت بهتر مزرعه کمک خواهد کرد. به‌خصوص اگر علف‌هرز دارای توزیع لکه‌ای باشد، امکان مدیریت متناسب با مکان لکه‌ها براساس حد آستانه فراهم شده، در وقت و هزینه‌ها صرفه‌جویی شده و از طرفی آلودگی ناشی از کاربرد سراسری علف‌کش‌ها در مزرعه کاهش خواهد یافت.

### منابع

1. Andujar, D., Ruiz, D., Fernandez-Quintanilla, C., and Dorado, J. 2011. Spatial distribution patterns of Johnson grass (*Sorghum halepense*) in corn field in Spain. *Weed Sci.* 59: 1. 82-89.
2. Burks, T.F., Shearer, S.A., Heath, J.R., and Donohue, K.D. 2005. Evaluation of neural-network classifiers for weed species discrimination. *Biosys. Eng.* 91: 293-304.
3. Burton, M.G., Mortensen, D.A., and Marx, D.B. 2005. Environmental characteristics affecting *Helianthus annuus* distribution in a maize production system. *Agric. Ecosys. Environ.* 111: 30-40.
4. Cardina, J., and Doohan, D.J. 2008. Weed biology and precision farming. Site-specific management guideline. [www.ppi-far.org/ssmg](http://www.ppi-far.org/ssmg).
5. Cardina, J., Johnson, G.A., and Sparrow, D.H. 1997. The nature and consequence of weed spatial distribution. *Weed Sci.* 45: 364-373.
6. Chang, D.H., and Islam, S. 2000. Estimation of soil physical properties using remote sensing and artificial neural network. *Remote Sensing Environ.* 74: 534-544.
7. Chen, S., Cowan, C.F.N., and Grant, P.M. 1991. Orthogonal leastsquares learning algorithm for radial basis function networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2: 2. 302-309.
8. Clay, S.A., Kreutner, B., Clay, D.E., Reese, C., Kleinjan, J., and Forcella, F. 2006. Spatial distribution, temporal stability, and yield loss estimates for annual grasses and common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in a corn/soybean production field over nine years. *Weed Sci.* 54: 380-390.
9. Conley, S.P., Stoltenberg, D.E., Boerboom, C.M., and Binning, L.K. 2003. Predicting soybean yield loss in giant foxtail (*Setaria faberi*) and common lambsquarters (*Chenopodium album*) communities. *Weed Sci.* 51: 402-407.
10. Costea, M., Weaver, S.E., and Tardif, F.J. 2004. Biology of Canadian weeds 130. *A. retroflexus* L., *A. powellii* and *A. hybridus*, L. *Can. J. Plant Sci.* 84: 631-668.
11. Cousens, R., and Mortimer, M. 1995. *Dynamics of Weed Population*. Cambridge University Press. Cambridge.
12. Cousens, R. 1985a. A simple model relating yield loss to weed density. *Annals App. Biol.* 107: 239-252.

13. Cousens, R. 1985b. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. *J. Agric. Sci.* 105: 513-521.
14. Cousens, R., Brain, P., O'Donovan, I., and O'Sullivan, P.A. 1987. The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative time of emergence on crop yield. *Weed Sci.* 35: 720-725.
15. Dille, J.A., Milner, M., Groeteke, J.J., Mortensen, D.A., and Williams II, M.M. 2003. How good is your weed map? A comparison of spatial interpolators. *Weed Sci.* 51: 44-55.
16. Drummond, S.T., Sudduth, K.A., Joshi, A., Birrell, S.J., and Kitchen, N.R. 2003. Statistical and neural methods for site-specific yield prediction. *The Amer. Soc. Agri. Bio. Eng. (ASABE).* 46: 5-14.
17. Eslami, S.V., Gill, G.S., Bellotti, B., and McDonald, G. 2006. Wild radish (*Raphanus raphanistrum*) interference in wheat. *Weed Sci.* 54: 749-756.
18. Gerhards, R., Dicke, D., and Oebel, H. 2005. Testing analysing decision rules for site-specific weed control in malt barley (*Hordeum vulgare* L.) using a geographic information system. *J. Plant Dis. Protec.* 112: 5. 447-456.
19. Goel, P.K., Prasher, S.O., Patel, R.M., Landry, J.A., Bonnell, R.B., and Viau, A.A. 2003. Classification of hyperspectral data by decision trees and artificial neural networks to identify weed stress and nitrogen status of corn. *Comp. Elect. Agric.* 39: 67-93.
20. Heijting, S., Van Der Werf, W., Stein, A., and Kropff, M. 2007. Are weed maps stable in location? Application of an explicitly two-dimensional methodology. *Weed Res.* 47: 381-395.
21. Hussein, S.A., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahallati, M., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2009. The influence of nitrogen and weed interference periods on corn (*Zea mays* L.) yield and yield components. *J. Plant Prot.* 23: 97-105.
22. Irmak, A., Jones, J.W., Batchelor, W.D., Irmak, S., Boote, K.J., and Paz, J.O. 2006. Biomass retrieval from high dimensional active/passive remote sensing data by using artificial neural networks. *Inter. J. Rem. Sens.* 18: 971-979.
23. Joshi, C.H., Leeuw, J.D., and Duren, I.C.V. 2008. Remote sensing and GIS application for mapping and spatial modeling of invasive species. [www.Isprs.org](http://www.Isprs.org).
24. Kropff, M.J., and Spitters, C.J.T. 1991. A simple model of crop loss by weed competition from early observation of relative leaf area of weeds. *Weed Res.* 31: 97-105.
25. Lamb, D.W., and Brown, R.B. 2001. Remote-sensing and mapping weeds in crops. *J. Agric. Eng. Res.* 87: 117-125.
26. Lin, Q., and Chen, Y.M. 2008. Neural network model applying in port cargo throughput forecasting and error analysis. *J. Waterway Harbor.* 1: 89-91.
27. Lutman, P.J.W., Risiott, R., and Ostermann, H.P. 1996. Investigations into

- alternative methods to predict the competitive effects of weeds on crop yields. *Weed Sci.* 44: 290-297.
28. Lutman, P.J.W., Bowerman, P., Palmer, G.M., and Whytock, G.P. 2000. Prediction of competition between oilseed rape and *Stellaria media*. *Weed Res.* 40: 255-269.
29. Makarian, H. 2008. Investigation of spatial and temporal dynamic of weed seed bank and seedling populations and its effect on saffron (*Crocus sativus* L.) leaf dry weight under different weed management conditions. Ph.D. Thesis in weed science. Ferdowsi University of Mashhad. 193p. (In Persian)
30. Makarian, H., and Rohani, A. 2011. Prediction of spatial distribution pattern of *Hordeum glaucum* steud. population using neural network model. *J. Plant Prot.* 24: 471-480.
31. Makarian, H., and Rohani, A. 2013. Prediction of spatial distribution pattern of *Acroptilon repens* L. population using learning vector quantization neural network Model. *J. Sustain. Agric.* 23: 86-98.
32. Makarian, H., and Hosseini, R.S. 2010. Spatial distribution of weeds and its effect on wheat (*Triticum aestivum* L.) biomass. *Elect. J. Crop Prod.* 3: 4. 31-47. (In Persian)
33. Milberg, P., and Hallgren, E. 2004. Yield loss due to weeds in cereals and its large-scale variability in Sweden. *Field Crops Res.* 86: 199-209.
34. Ngouajio, M., Lemieux, C., and Leroux, G.D. 1999. Prediction of corn (*Zea mays*) yield loss from early observations of the relative leaf area and the relative leaf cover of weeds. *Weed Sci.* 47: 297-304.
35. Ngouajio, M., Milton, E., McGiffen, J., Mansfield, S., and Ogbuchiekwe, E. 2001. Comparison of methods to estimate weed populations and their performance in yield loss description models. *Weed Sci.* 49: 385-394.
36. Nordmeyer, H. 2006. Patchy weed distribution and site-specific weed control in winter cereals. *Precision Agric.* 7: 219-231.
37. Pester, T.A., Westra, P., Anderson, R.L., Lyon, D.L., Miller, S.D., Stahlman, P.W., Northam, F.E., and Wicks, G.A. 2000. Secale cereale interference and economic thresholds in winter *Triticum aestivum*. *Weed Sci.* 48: 720-727.
38. Rashed Mohassel, M.H., Najafi, H., and Akbarzadeh, M.D. 2001. *Weed Biology and Control*. Ferdowsi University Press, 404p. (In Persian)
39. Rew, L.J., and Cousens, R.D. 2001. Spatial distribution of weeds in arable crops: are current sampling and analytical methods appropriate? *Weed Res.* 41: 1-18.
40. Rohani, A., and Makarian, H. 2011. Making weed management maps by artificial neural networks for using in precision agriculture. *J. Agric. Machin. Eng.* 2: 72-83.
41. Rohani, A., Abbaspour-Fard, M.H., and Abdolapour, S. 2011. Prediction of tractor repair and maintenance costs using artificial neural network. *Exp. Sys. App.*, 38: 8999-9007.
42. Saadatian, B., Ahmadvand, G., and Soleymani, F. 2011. Evaluation empirical

- models of feral rye and wild mustard to predict yield loss of two winter wheat cultivars. *Elect. J. Crop Prod.* 4: 4. 157-175. (In Persian)
43. Saeidirad, M.H., Rohani, A., and Zarifneshat, S. 2013. Predictions of viscoelastic behavior of pomegranate using artificial neural network and Maxwell model. *Comp. Elect. Agric.* 98: 1-7.
44. Simard, M.J., Panneton, B., Longchamps, L., Lemieux, C., Légère, A., and Leroux, G.D. 2009. Validation of a management program based on a weed cover threshold model: Effects on herbicide use and weed populations. *Weed Sci.* 57: 187-193.
45. Stenger, R., Priesack, E., and Beese, F. 2002. Spatial variation of nitrate-N and related soil properties at the plot-scale. *Geoderma.* 105: 259-275.
46. Torrecilla, J.S., Otero, L., and Sanz, P.D. 2004. A neural network approach for thermal/pressure food processing. *Food Eng.* 62: 89-95.
47. Vakil-Baghmisheh, M.T. 2002. Farsi character recognition using artificial neural networks. Ph.D. Thesis, Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana.
48. Vakil-Baghmisheh, M.T., and Pavešić, N. 2003. Premature clustering phenomenon and new training algorithms for LVQ4. *Pattern Recognition.* 36: 1901-1921.
49. Weaver, S.E. 1991. Size-dependant economic thresholds for three broadleaf weed species in soybeans. *Weed Tech.* 5: 674-679.
50. Weis, M., Gutjahr, C., Rueda Ayala, V., Gerhards, R., Ritter, C., and Schölderle, F. 2008. Precision farming for weed management: techniques. *Gesunde Pflanzen,* 60: 171-181.
51. Yuxin, M., Mulla, D.J., and Pierre, C.R. 2006. Identifying important factors influencing corn yield and grain quality variability using artificial neural networks. *Precision Agric.* 7: 117-135.
52. Zarifneshat, S., Rohani, A., Ghassemzadeh, H.R., Sadeghi, M., Ahmadi, E., and Zarifneshat, M. 2012. Predictions of apple bruise volume using artificial neural network. *Comp. Elect. Agric.* 82: 75-86.
53. Zhan, Y.L., Wu, H.F., and Huang, J.F. 2010. Application of neural networks to discriminate fungal infection levels in rice panicles using hyperspectral reflectance and principal components analysis. *Comp. Elect. Agric.* 72: 99-106.
54. Zhang, Y., Pulliainen, J., Koponen, S., and Hallikainen, M. 2002. Application of an empirical neural network to surface water quality estimation in the Gulf of Finland using combined optical data and microwave data. *Remote Sensing Environ.* 81: 327-336.
55. Zimdahl, R.L. 2004. *Weed-Crop Competition.* Blackwell. 240p.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. Plant Prod. Res. Vol. 21 (3), 2014*  
<http://jopp.gau.ac.ir>

## **Determination of weed spatial distribution based on damage threshold in two winter wheat fields in Shahrood region**

**\*H. Makarian<sup>1</sup> and A. Rohani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University,

<sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. Biosystem Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 08/18/2013; Accepted: 07/03/2014

### **Abstract**

Estimation of weed damage threshold is essential in site-specific weed control programs. This experiment was conducted to determine the spatial distribution of weeds damage threshold in two wheat fields. Data related to weed biomass and crop yield were collected from sampling at 120 and 135 points of the first and second fields respectively based on a 4×4 m grid at research field of agricultural college of Shahrood university, in 2012. The damage threshold based on 10% yield reduction estimated by models was 2.31 and 2.77 g.m<sup>-1</sup> of total weed dry weight in the first and second fields respectively. The results also showed that the trained RBF neural network had high capability in prediction of weeds biomass spatial distribution based on damage threshold of 0 and 10% yield reduction (with 99% output, 0.99 coefficients and the average error of less than 1.58 and 1.3 respectively) in the first and second wheat fields. According to the experiment results, determination of spatial distribution of weed damage threshold using total weeds biomass can be used as an effective method in the mapping of weeds in site specific weed control programs.

**Keywords:** Site-specific weed control, Patchy distribution, Yield loss, Radial basis function

---

\* Corresponding Author; Email: [h.makarian@yahoo.com](mailto:h.makarian@yahoo.com)

