نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۶، ص. ۲۸۵-۲۷۷

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 1, Mar.-Apr. 2017, p. 277-285

مقایسه چهار روش محاسبه وزن در ارزیابی تناسب اراضی به کمک منطق فازی برای پیش‌بینی عملکرد گندم

فاطمه رحمتی[۱] - اردوان کمالی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۱

چکیده

مطالعه حاضر با هدف مقایسه چهار روش محاسبه وزن در ارزیابی کیفی و کمی تناسب اراضی با استفاده از منطق فازی برای پیش‌بینی عملکرد گندم در شهر کیان، استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. در این مطالعه وزن خصوصیت‌ها و کیفیت‌های مؤثر بر گندم شامل خصوصیات اقلیمی و ویژگی‌های خاک با استفاده از چهار روش شبکه عصبی با یک نرون و چهار نرون، حداقل مجذورات جزئی و رگرسیون چند متغیره محاسبه شد. در همه روش‌های وزن‌دهی بیشترین وزن مربوط به سنگریزه و کمترین وزن مربوط به رس بود. مقایسه نتایج ارزیابی به روش فازی به هر چهار روش محاسبه وزن از طریق مقایسه ضریب تبیین معادلات رگرسیونی بین شاخص اراضی و تولید مشاهده شده انجام گرفت. ضریب تبیین بین تولید مشاهده شده و تولید پیش‌بینی شده برای روش محاسبه وزن شبکه عصبی با یک نرون و چهار نرون، حداقل مجذورات جزئی و رگرسیون چند متغیره به ترتیب ۰/۵۹۵، ۰/۵۶، ۰/۵۹۶و ۰/۶ به دست آمد. نتایج استفاده از وزن تخمین زده شده به وسیله سه روش شبکه عصبی با یک نرون، حداقل مجذورات جزئی و رگرسیون چند متغیره در روش فازی مشابه بود و بیشترین ضریب تبیین و کم‌ترین مقادیر جذر میانگین مربعات خطاها در بین مدل‌ها برای این سه روش به دست آمد. اما در مورد شبکه عصبی استفاده از یک نرون به جای چهار نرون با تفاوتی اندک کارآمدتر بود. ضریب تبیین نسبتاً کم به دست آمده از روش‌های مورد استفاده حاکی از اهمیت مدیریت اراضی در میزان عملکرد دارد. نتایج این مطالعه بر ضرورت وارد نمودن پارامارهای مدیریتی در محاسبات ارزیابی اراضی دلالت نمود.

واژه‌های کلیدی: حداقل مجذورات جزئی، خصوصیات اراضی، رگرسیون چند متغیره، شبکه‌های عصبی، شهرکیان

مقدمه

به دلیل محدود بودن اراضی در تولید محصولات کشاورزی، بهره‌برداری از آن‌ها باید براساس توان و ظرفیت تولیدشان صورت گیرد. هدف از ارزیابی تناسب اراضی، اختصاص دادن اراضی به بهترین و در عین حال سودآورترین نوع کاربری است (۹). برای رسیدن به این هدف، اراضی به‌صورت کیفی و یا کمی بر اساس اطلاعات اقلیمی، اطلاعات حاصل از مطالعات زمین و خاک، اطلاعات مربوط به تولید و تجربیاتی که در مورد خاک‌های مشابه است، ارزیابی و طبقه‌بندی می‌شوند (۷، ۸ و ۲۰). یکی از روش‌های ارزیابی اراضی، استفاده از روش منطق فازی است.ازمزایای این روش می‌توان به درنظر گرفتن پیوستگی اراضی و نیز محدود ننمودن خاک به داده‌های اندازه‌گیری شده اشاره نمود (۴). هم‌چنین روش ارزیابی تناسب اراضی بر پایه مدل پیوسته فازی از نقطه نظر به کارگیری وزن‌های مختلف برای خصوصیات متفاوت اراضی از روش‌های معمول ارزیابی متمایز می‌گردد. امادقت نتایج حاصل تا حدود زیادی وابسته به اوزان تعیین‌شده است (۱۸). یکی از روش‌های محاسبه وزن، شبیه‌سازی و تولید تصادفی اوزان است که در مقایسه با مدل‌سازی عملکرد مشاهده شده، و رابطه آن با خصوصیات اراضی، از قطعیت و دقت کمتری برخوردار است. به دیگر سخن تولید دوباره وزن‌ها به روش فوق ممکن است به مجموعه دیگری از وزن‌ها برای خصوصیات اراضی منجر شود و به نظر می‌رسد برای بهبود و یافتن تکنیک‌های دیگر تعیین اوزان، تحقیقات بیشتری لازم است(۱۳). بنابراین برخی از محققان از روش‌های دیگری برای تعیین وزن خصوصیات اراضی استفاده نموده اند. از جمله سهرابی و همکاران (۱۸) درمطالعه خود از روش آماری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، شاه‌نظرپور (۱۷) از روش

۱ و ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: a.kamali@vru.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.v31i1.52571

Archive of SID
www.SID.ir

شبکه عصبی[1] و کشاورزی (۱۱) از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[2] برای محاسبه وزن استفاده نمودند. با این حال تا کنون مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف محاسبه وزن خصوصیات اراضی با استفاده از منطق فازی انجام نشده است. به همین دلیل در این پژوهش، محاسبه وزن به چهار روش رگرسیون چند متغیره، حداقل مجذورات جزئی[3]، شبکه عصبی با یک نرون و چهار نرون انجام گردید و برای بررسی کارایی این روش‌ها، نتایج با هم مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

بخشی از اراضی منطقه شهرکیان به مساحت حدود ۱۵۰۰ هکتار، واقع در دو کیلومتری شرق شهرستان شهرکرد در استان چهارمحال و بختیاری و بین طول‌های جغرافیایی ´۴۵ °۵۰ تا ´۴۹ °۵۰ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ´۲۵ °۳۲ تا ´۲۹ °۳۲ شمالی برای این پژوهش انتخاب شد. متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا ۲۲۰۰ متر است و اراضی مورد بررسی بر روی واحدهای فیزیوگرافی مخروط‌افکنه و دشت دامنه‌ای قرار گرفته‌اند. آب و هوای منطقه، نیمه‌خشک و براساس آمار مربوط به ایستگاه سینوپتیک شهرکرد در دوره آماری ۱۳۲۹ تا ۱۳۹۲ (۲۱) میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۲۷۱میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۱/۸ درجه سلسیوس می‌باشد و رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های آن به‌ترتیب زریک[4] و مزیک[5] هستند (۱۹). ابتدا بر اساس روش معمول مطالعات خاک‌شناسی نیمه‌تفصیلی (۱۵) شبکه‌ای با فواصل یک کیلومتر در یک کیلومتر بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه رسم شد و مرکز هر شبکه به‌عنوان نقاط نمونه‌برداری (در مجموع، ۲۱ نقطه‌ی مشاهده‌ای) مشخص گردید (شکل ۱). برای ارزیابی اراضی به روش فازی، شاخص اراضی توسط مدل تعریف‌شده در نرم‌افزار MATLAB محاسبه شد. ابتدا یک سیستم قاعده-بنیاد فازی[6] براساس داده‌های مشاهده‌ای تعیین شد. در مرحله بعد، فازی‌سازی بخش مقدم و تالی (جملات پایه و پیرو) با استفاده از توابع عضویت فازی انجام گرفت. با توجه به ماهیت خصوصیات اراضی موردمطالعه (تغییرات کم این خصوصیات) و چگونگی اثر آن‌ها بر عملکرد گندم آبی، مدل زنگوله‌ای برای این مطالعه انتخاب گردید (۴، ۱۰، ۱۳ و ۱۷)، سپس قواعد استنتاج فازی تعیین گردیدند. به این صورت که در هر یک از قواعد، اثر خصوصیت‌های خاک شامل کلاس بافت، درصد کربنات کلسیم معادل، واکنش گل اشباع خاک، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، نسبت جذب سدیم تبادلی و خصوصیت‌های دمایی اقلیم (به دلیل این‌که نیازهای رطوبتی به طور کامل از طریق آبیاری فراهم می‌شوند) بر اساس جداول پیشنهادی سایس و همکاران (۲۰) بر عملکرد محصولات مورد نظر تعیین گردید و برای هر یک از قواعد تعریف‌شده در شاخص‌های ورودی، با استفاده از روش ممدانی، یک تابع عضویت برای خروجی آن ایجاد شد. برای فازی کردن شاخص اقلیم از خصوصیات اقلیم و برای فازی کردن بافت خاک از درصد شن و رس استفاده شد. برای محاسبه وزن فازی، روش‌های رگرسیون چند متغیره، حداقل مجذورات جزئی و شبکه عصبی انتخاب گردیدند. در ارزیابی اراضی، مدل‌های آماری روش‌های تجربی نیرومندی هستند که با استفاده از خصوصیات اراضی، پیش‌بینی تولید محصول ازطریق آن‌ها میسر می‌گردد. ایده اصلی دراین مدل‌ها بر این مبنا است که بین خصوصیات اراضی و تولید محصول ارتباطی وجود دارد که با ایجاد این ارتباط می‌توان مقدار تولید را برآورد کرد (۱۴). از بین این روش‌ها می‌توان به روش رگرسیون چند متغیره اشاره کرد. حداقل مجذورات جزئی‌نیز روش آماری دیگری است که به علت وابستگی کم به مقیاس‌های اندازه‌گیری، اندازه نمونه و توزیع باقی‌مانده، می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های توانمند تحلیل مورد استفاده قرار گیرد (۵). شبکه‌های هوش مصنوعی نیز به خصوص در مواردی که رابطه‌های پیچیده و غیرخطی بین متغیرهای اولیه و ثانویه وجود دارد، قدرت خود رانشان می‌دهند (۱۶). شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌های ریاضی و انعطاف‌پذیری هستند که می‌توانند در مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده به‌کاربرده شوند. تفاوت اصلی شبکه‌های عصبی مصنوعی با سایر روش‌های متداول در این است که دراین روش نیازی به رابطه جبری قابل کشف بین متغیرهای اولیه و ثانویه وجود ندارد. درعوض، این شبکه‌ها خود رابطه منطقی بین متغیرها را طی روند آموزش کشف می‌کنند (۱). پردازش در شبکه‌های عصبی مصنوعی براساس بسیاری از واحدهای پردازش که نرون نام دارند، انجام می‌شود. هر نرون در هر لایه به همه عناصر لایه قبل و بعد با یک سری وزن‌هایی متصل شده است. این شبکه‌ها قادرهستند با انتخاب مناسب تعداد لایه‌ها و نرون‌ها یک نگاشت غیر خطی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها ارایه دهند (۱۰). بنابراین با توجه به ویژگی‌های ذکر شده، این سه روش برای محاسبه وزن انتخاب شدند و وزن در مدل شبکه عصبی یک بار با یک نرون و بار دیگر با چهار نرون تخمین زده شد. در این پژوهش، برای محاسبه وزن از روش حداقل مجذورات جزئی و رگرسیون چند متغیره در Minitab14 و شبکه عصبی در NeuroSolutions 5 استفاده شد. برای بررسی کارایی دو مدل، ضرایب تبیین آن‌ها با هم مقایسه گردید و شاخص خطا نیز مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای بررسی شاخص خطا، مقادیر جذر میانگین مربعات خطاها (RMSE) از رابطه ۱ محاسبه شد (۲):

$$RMSE= [1/n\sum (p_i-o_i)]^{1/2} \quad \text{رابطه ۱}$$

1- Artificial Neural Networks
2- Analytic Hierarchy Process
3- Partial least squares
4- Xeric
5- Mesic
6- Rule-base fuzzy system

Archive of SID

www.SID.ir

در رابطه ۱، RMSE جذر میانگین مربعات خطاها، n تعداد نقاط مشاهده‌ای، p_i تولید مشاهده شده و o_i تولید تخمین زده شده توسط مدل می‌باشد.

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و محل نقاط نمونه برداری
Figure 1- The study area with observation points

جدول ۱- میانگین وزنی ویژگی‌های خاک تا عمق ۱۵۰ سانتی‌متری
Table 1- Weighted average of soil characteristics up to 150 cm

خاکرخ Profile	بافت Texture	$CaCO_3$ (%)	pH (paste)	ذرات درشت Coarse fragments (%)	SAR $(meq/l)^{1/2}$	EC (dS/m)	خاکرخ Profile	بافت Texture	$CaCO_3$ (%)	pH (paste)	ذرات درشت Coarse fragments (%)	SAR $(meq/l)^{1/2}$	EC (dS/m)
1	CL	29.5	8.3	0	0.3	0.6	12	L	30.1	7.9	11.5	0.3	1.2
2	SiL	28.6	8	0.7	0.3	0.8	13	L	29.1	7.8	10	0.5	0.5
3	L	28.2	7.6	6.1	0.5	0.4	14	SiCL	29.6	7.9	0	0.6	0.7
4	SiCL	28.8	7.5	0	0.6	0.5	15	CL	29.1	8.1	0	0.5	0.5
5	CL	29.4	7.5	0	0.5	0.4	16	L	28.4	7.8	4.5	0.3	0.5
6	SiL	29.7	7.9	10.2	0.5	1.4	17	SiL	29.6	7.7	2.9	0.5	0.9
7	L	28.7	7.9	8.1	0.6	0.7	18	CL	29.3	7.3	6.7	0.3	0.7
8	SiL	29.7	8	0	0.3	0.6	19	L	29.3	8.1	0	0.5	0.5
9	SiCL	28.7	8	0	0.5	0.5	20	L	29.3	7.7	0	0.5	0.5
10	SiL	28.7	8.9	0	0.3	1	21	SiCL	28.9	7.9	8.4	0.5	0.7
11	SiL	28.4	8.9	0	0.3	0.7							

نتایج و بحث:

میانگین وزنی نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک در نقاط مشاهداتی تا عمق ۱۵۰ سانتی‌متری به شرح جدول ۱ می‌باشد. به طوری که از جدول ۱ بر می‌آید مهم‌ترین محدودیت‌های موجود بر سر راه تولید محصولات کشاورزی در این منطقه صرفاً درصد آهک و واکنش خاک می باشد. همچنین، وزن‌های محاسبه شده توسط نرم‌افزارهای ذکر شده، در جدول ۲و نتایج محاسبه وزن به روش شبکه عصبی در شکل‌های ۲ و ۳ آمده است.

ضریب تبیین بین تولید مشاهده شده و تولید پیش‌بینی شده برای روش محاسبه وزن شبکه عصبی با یک نرون و چهار نرون، حداقل مجذورات جزئی و رگرسیون به ترتیب ۰/۵۹۵، ۰/۵۶، ۰/۵۹۶و ۰/۶ به دست آمد که دارای همبستگی معنی دار به ترتیب ۰/۷۷۱، ۰/۷۴۷، ۰/۷۷۱ و ۰/۷۷۳ در سطح ۵ درصد برای روش‌های ذکر شده می‌باشد. مقادیر جذر میانگین مربعات خطاها نیز برای این روش‌ها، به ترتیب ۶/۳۸، ۶/۴، ۶/۳۸ و ۶/۳۸ تن در هکتار می‌باشد (شکل‌های ۴ تا ۷).

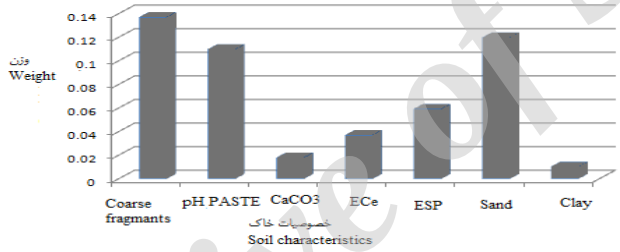
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- نتایج محاسبه وزن‌دهی به چهار روش محاسبه وزن

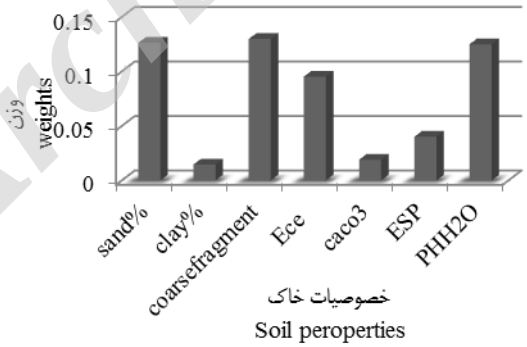
Table 2- Results of four calculated weightings methods

خصوصیات اراضی Land characteristics	شبکه عصبی با یک نرون Neural network with 1 neuron	شبکه عصبی با ٤ نرون Neural network with 4 neurons	حداقل مجذورات جزئی Partial least Square	رگرسیون چندمتغیره regression Multivariate
درصد ذرات درشت Coarse fragments (٪)	0.14	0.13	0.787	0.847
واکنش گل اشباع خاک pH in soil saturated paste	0.11	0.125	0.45	0.6
درصد کربنات کلسیم $CaCO_3$ (%)	0.02	0.019	0.17	0.202
قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC (dS/m)	0.04	0.095	0.276	0.348
نسبت جذب سدیم SAR $(meq/l)^{1/2}$	0.06	0.04	0.157	0.156
درصد شن Sand (%)	0.12	0.13	0.559	0.466
درصد رس Clay (%)	0.01	0.015	0.023	0.104



شکل ۲- وزن‌های محاسبه‌شده ویژگی‌های خاک به روش شبکه عصبی با یک نرون

Figure 2- Calculated weights for soil properties using neural network with 1 neuron

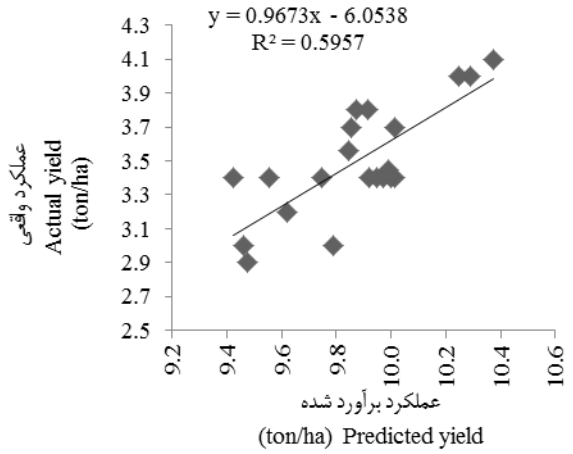


شکل ۳- وزن‌های محاسبه‌شده ویژگی‌های خاک به روش شبکه عصبی با چهار نرون

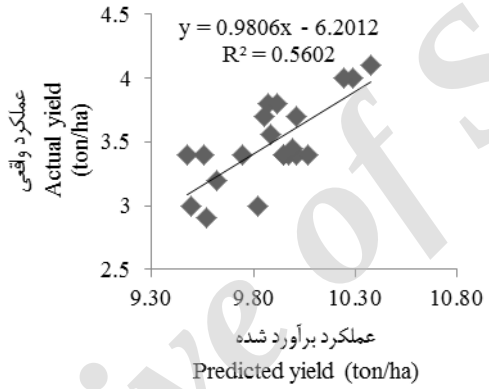
Figure 3- Calculated weights for soil properties using neural network with 4 neuron

Archive of SID

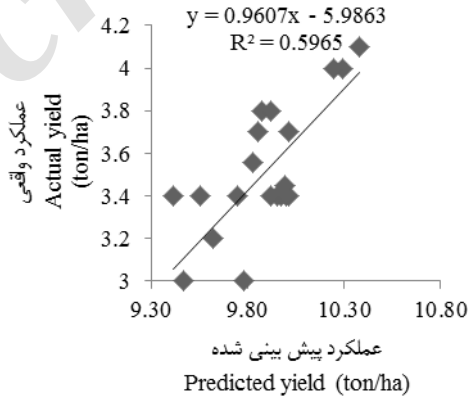
www.SID.ir



شکل ٤- اعتبارسنجی مدل وزن‌دهی به روش شبکه عصبی با یک نورون
Figure 4- Validation of the model using neural network with 1 neuron



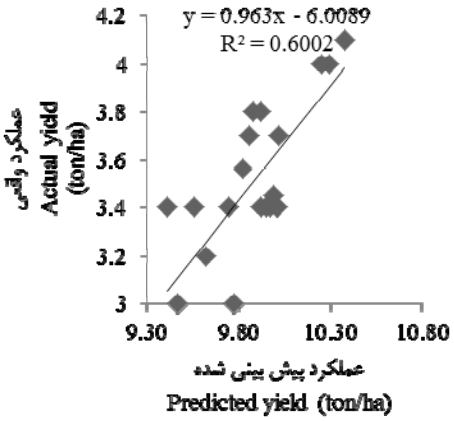
شکل ٥- اعتبارسنجی مدل وزن‌دهی به روش شبکه عصبی با چهار نورون
Figure 5- Validation of the model using neural network with 4 neuron



شکل ٦- اعتبارسنجی مدل وزن‌دهی به روش مجذور مربعات
Figure 6- Validation of the model using PLS

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷- اعتبارسنجی مدل وزن‌دهی به روش رگرسیون چند متغیره
Figure 7- Validation of the model using multivariate regression

به طور کلی برای تمام روش‌ها ضرایب تبیین پایینی به دست آمد. زیرا نحوه اداره مزرعه از لحاظ فاکتورهایی چون زمان آبیاری، زمان کوددهی و سم‌پاشی، تراکم کاشت و دانش کشاورزان متفاوت بوده و منجر به تفاوت نهایی در تولید می‌شود که این تفاوت، ناشی از عامل مدیریت است (۳). سهرابی و همکاران (۱۸) در مطالعه خود برای ارزیابی تناسب اراضی به روش منطق فازی از روش آماری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی محاسبه وزن استفاده نمودند و ضرایب همبستگی را برای چغندرقند به روش پارامتریک و فازی به‌ترتیب ۰/۵۵۶ و ۰/۵۳۳ به‌دست آوردند که پایین بودن این ضرایب به علت مدیریت سنتی بود. کشاورزی (۱۱) در منطقه زیاران استان قزوین ارزیابی تناسب اراضی را برای گندم آبی با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی با روش‌های کلاسیک و سنتی ارزیابی اراضی (مانند روش پارامتریک) مقایسه کرد. در این مطالعه، برای محاسبه وزن از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. نتایج نشان داد که روش فازی در همه واحدهای اراضی، باعث افزایش شاخص اراضی شده بود. همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده‌شده در سطح منطقه برای روش مبتنی بر نظریه مجموعه‌های فازی (r=۰/۹۱) بیشتر از روش پارامتریک (r=۰/۸۷) بود.

در این مطالعه، استفاده از وزن تخمین زده شده به وسیله سه روش شبکه عصبی با یک نرون، حداقل مجذورات جزئی و رگرسیون در روش فازی نتایج مشابهی را نشان داد و بیشترین ضریب تبیین و کم‌ترین مقادیر جذر میانگین مربعات خطاها در بین مدل‌ها برای این سه روش به دست آمد. اما در مورد شبکه عصبی استفاده از یک نرون به جای چهار نرون با تفاوتی اندک کارآمدتر بود. در مطالعه‌ای مشابه، شاه‌نظرپور (۱۷) در منطقه‌ای بین شهر مبارکه و شهرستان زرین‌شهردر ارزیابی تناسب اراضی به روش منطق فازی، وزن توسط روش شبکه عصبی تک نرونی پرسپترون بدون بایاس و با تابع انتقال خطی محاسبه نمود و ضریب تبیین بین عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده را برای گندم و برنج به‌ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۸۶ به دست آورد که بیشتر از ضریب تبیین به دست آمده برای مدل بولین (به ترتیب برابر با ۰/۶۳ و ۰/۷) بود و کارایی بالاتری را نسبت به روش مبتنی بر منطق بولین در ارزیابی اراضی نشان داد. زارع (۲۲) پژوهشی را با هدف پیش‌بینی میزان عملکرد گندم آبی و دیم با روش‌های زمین‌آمار کریجینگ و شبکه‌ی عصبی مصنوعی در سطح استان خراسان رضوی انجام داد. نتایج به دست آمده نشان داد که شبکه عصبی، مقادیر عملکرد را در هنگام استفاده از تعداد نرون‌های مختلف با دقت‌های متفاوتی برآورد کرده‌است. او مقادیر خطای مدل‌سازی با استفاده از ۲ تا ۱۰ نرون را در مقایسه با نتایج اندازه‌گیری شده به دست آورد و مشاهده کرد با افزایش تعداد نرون‌ها از چهار نرون، میزان خطای مدل‌سازی برای عملکرد گندم آبی و دیم افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که اگر چه با استفاده از چهار روش محاسبه وزن شبکه عصبی با یک نرون و چهارنرون، حداقل مجذورات جزئی و رگرسیون چند متغیره وزن‌های متفاوتی به دست آمد، در همه روش‌ها بیشترین وزن مربوط به سنگریزه و کمترین وزن مربوط به رس بود. با استفاده از وزن تخمین زده شده به وسیله سه روش شبکه عصبی با یک نرون، حداقل مجذورات جزئی و رگرسیون در روش فازی نتایج مشابهی به دست آمد و بیشترین ضریب تبیین و کم‌ترین مقادیر جذر میانگین مربعات خطاها در بین مدل‌ها برای این سه روش به دست آمد. اما در مورد شبکه عصبی استفاده از یک نرون به جای چهار نرون با تفاوتی اندک کارآمدتر بود. به طور کلی برای تمام روش‌ها ضرایب تبیین پایینی به دست آمد که دلیل آن مدیریت سنتی در منطقه می‌باشد. ضریب تبیین نسبتاً کم به دست آمده از روش‌های مورد

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده حاکی از اهمیت مدیریت اراضی در میزان عملکرد است. لذا نتایج این مطالعه بر ضرورت وارد نمودن پارامترهای مدیریتی در محاسبات ارزیابی اراضی دلالت می نماید. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق در مورد روش‌های به کار رفته، پیشنهاد می‌گردد روش‌های دیگر محاسبه وزن در ارزیابی تناسب اراضی به روش منطق فازی انجام گردیده و با هم مقایسه شود.

منابع

1- Almeida J., and Predictive S. 2002. Non-linear modeling of complex data by artificial neural networks. Current Opinion in Biotechnology, 13: 72-6.
2- Amirian chekan A., Sarmadian F., Heidari A., Omid M., and Mohammadi J. 2012. The spatial modeling of the land suitability using fuzzy set theory and geostatistics (case study: Seylakhor plain, Dorood county, Lorestan province). Journal of grassland and watershed resources management, 65(3):96-116.
3- Ayoubi S. 1997. Qualitative and quantitative land suitability for important crops in North- Baraan (Isfahan). M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology. (in Persian with English abstract)
4- Burrough P.A., 1989. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. Journal of Soil Science, 40: 477-492.
5- Chin W.W., Marcolin B., and Newsted P. 1996. A partial least squares latent variable modeling approach for measuring interaction effects: results from a Monte Carlo simulation study and voice mail emotion/adoption study. p. 21-41. In proceeding of the 17th international conference on information systems, 16-18 Dec. 1996. Cleveland, Ohio.
6- Damavandi A., Masihabadi M.H., Takasi M. 2005. Qualitative land evaluation for sugar beet in Khodabandeh, Zanjan province. In proceeding of the 9th soil science congress of Iran. 25-28 Aug. 2005. Tehran, Iran. (in Persian)
7- Dent D., and Young A. 1981. Soil survey and land evaluation. George Allen and Unwin, Boston.
8- FAO. 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin, No. 32. FAO, Rome, Italy.
9- Givi J. 1999. Qualitative, quantitative and economic land suitability evaluation and determining the land potential yield for important crops of Falavarjan area in Isfahan. (in Persian).
10- Karayiannis N.B., and Venetsanopouios A.N. 1993. Artificial Neural Network: learning algorithms, performance evaluation, and application. Kluwer academic publisher, boston.
11- Keshavarzi A., Sarmadian F., Heidari A. and Omid M. 2010. Land Suitability Evaluation Using Fuzzy 11- Continuous Classification (A Case Study: Ziaran Region). Journal of Modern Applied Science. 4(7): 72-81.
12- Mahler P. 1970. Manual of land classification for irrigation. Ministry of Agriculture (3rd ed). Soil and water Institute of Iran, No. 205.
13- Mohammadi j., and Givi j. 2011. Land suitability evaluation for irrigated wheat in Falavarjan using fuzzy set theory. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources. 5(1):103-116. (in Persian with English abstract)
14- Noruzi M., Jalalian A., Ayoubi S., and Khademi H. 2008. Relationship between Wheat Yield and Terrain Attributes in Ardal Region, Charmahal and Bakhtiari Province. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources. 12(46):759-770. (in Persian with English abstract)
15- Salehi M.H. and khademi H. 2008. Soil Mapping. Isfahan, Iran. (in Persian)
16- Sargent D.J. 2001. Comparison of artificial neural networks with other statistical approaches: results from medical data sets. Cancer. 91:1636-42.
17- Shahnazarpoor G.H. 2008. Quantitative and Qualitative land suitability evaluation for important agricultural crop in mobarakeh area, Isfahan province (a comparison between fuzzy and Boolean logic). M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Isfahan. University of Technology. (In Persian)
18- Sohrabi A., Mohammadi J., Behrahi K. and Seyed Jalali A. 2005. The Investigation Of The superiority Reasons of Fuzzy Method to FAO in Land Suitability Classification. p. 277-278. In proceeding of 10th soil science congress of Iran. Aug. 26-28. Karaj, Iran. (in Persian with English abstract)
19- Soil survey staff, 2014. Keys to soil taxonomy, 12th edition. NRCS, USDA, USA.
20- SYS C., Van Ranst E. and Debaveye J. 1991. Land Evaluation. Part I. General Administration for Development Cooperation Place. Brussels, Belgium.
21- Weather Bureau of Shahrekord. 2013. Shahrekord, Iran.
22- Zare Abyaneh H. 2012. Evaluation of Artificial Neural Network and Geostatistical Methods in Estimating the Spatial Distribution of Irrigated and Dry Wheat Yield (Case Study: Khorasan Razavi). Journal of Natural Geography. 44 (4):23-42. (in Persian, abstract in English).

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 1, Mar.-Apr. 2017, p. 277-285

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۶، ص. ۲۸۵-۲۷۷

Comparison of Four Weighting Methods in Fuzzy-based Land Suitability to Predict Wheat Yield

F. Rahmati[1] - A. Kamali[2]*

Received: 16-01-2016
Accepted: 01-08-2016

Introduction: Land suitability evaluation is a process to examine the degree of land fitness for specific utilization and also makes it possible to estimate land productivity potential. In 1976, FAO provided a general framework for land suitability classification. It has not been proposed a specific method to perform this classification in the framework. In later years, a collection of methods was presented based on the FAO framework. In parametric method, different land suitability aspects are defined as completely discrete groups and are separated from each other by distinguished and consistent ranges. Therefore, land units that have moderate suitability can only choose one of the characteristics of predefined classes of land suitability. Fuzzy logic is an extension of Boolean logic by LotfiZadeh in 1965 based on the mathematical theory of fuzzy sets, which is a generalization of the classical set theory. By introducing the notion of degree in the verification of a condition, fuzzy method enables a condition to be in a state other than true or false, as well as provides a very valuable flexibility for reasoning, which makes it possible to take into account inaccuracies and uncertainties. One advantage of fuzzy logic in order to formalize human reasoning is that the rules are set in natural language. In evaluation method based on fuzzy logic, the weights are used for land characteristics. The objective of this study was to compare four methods of weight calculation in the fuzzy logic to predict the yield of wheat in the study area covering 1500 ha in Kian town in Shahrekord (Chahrmahal and Bakhtiari province), Iran.

Materials and Methods: In such investigations**,** climatic factors, and soil physical and chemical characteristics are studied. This investigation involves several studies including a lab study, and qualitative and quantitative land suitability evaluation with fuzzy logic for wheat. Factors affecting the wheat production consist of climatic conditions like mean, maximum and minimum air temperatures during growing period as well as edaphologic properties like EC, pH, ESP, percent of clay, silt, sand, gravel, gypsum and $CaCO_3$ content. Climatic data collected from the Shahrekord synoptic station were used to assess climatic land suitability for wheat. Qualitative land suitability evaluation was carried out using the fuzzy approach. Potential yield was calculated using the method proposed by FAO. Using MATLAB software, qualitative and quantitative land evaluation were classified based on fuzzy logic approach. In fuzzy method, climatic factors are used to achieve climatic index. Clay and sand percent were applied to calculate soil texture. To determine the membership degrees,bell membership functions were used. Parameters of function shapes were transformed to equations with variable coefficients and the best coefficients were eventually chosen based on the model determination coefficient. In evaluation method based on fuzzy logic, the weights are used for land characteristics. In fuzzy logic method, weights were calculated by four methods. These methods consist of neural network using 1 neuron and 4 neurons, multivariate and Partial Least Squares (PLS) regressions. Comparison of the coefficient of determination results of multivariate regression and RMSE is carried out between observed and predicted yield. Weight calculations were conducted by using MINITAB software to PLS and multivariate regression. Also, Neurosolution 5 was used for weight calculation based on neural network.

Results and Discussion: The calculated weights were differed by using the four applied methods. In all methods, the maximum weight was related to gravel, and minimum weight was related to clay. The results of land index and predicted yield calculation were different in some points (3, 6, 7, 13, 14, 19, and 21) for four methods. The coefficient of determination of calculated weights were 0.595, 0.56, 0.6 and 0.56 for neural network, 1 neuron, 4 neurons, multivariate regression and PLS and RMSE values in these methods were 6.38, 6.4, 6.38 and 6.38 Ton/ha, respectively. The correlation coefficient between the observed and predicted yield indicated the partially appropriate selection of the factors and evaluation approach.

Conclusion: The results of weight calculation were not showed significant difference in three methods (neural network, PLS, regression). The predicted yield was somewhat closer to the observed yield when 1 neuron was introduced to the neural network than 4 neurons. The maximum coefficient of determination as well as the

1 and 2- M.Sc. Graduate and Assistant Professor of soil science, Department of soil science, Vali-e- Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan
(*- Corresponding Author Email: a.kamali@vru.ac.ir)

Archive of SID

www.SID.ir

minimum RMSE was achieved for weights calculated by multivariate regression. Because the method is almost accurate and easy to use, it is recommended in this study. The coefficient of determination generally became low because different traditional management practices were carried out in the study area. Finally, in regard to achieved results about the used methods, it is suggested to take into account the management factors in land suitability processes and compare the other weight calculated methods in land suitability evaluation based on fuzzy logic.

Keywords: Fuzzy logic, Land Suitability, Weighting methods

Archive of SID

www.SID.ir