

Land Suitability of Lorestan Province Lands for the Double Cropping of Forage Millet Using Geographic Information System (GIS), Network Analysis Process (ANP) and Fuzzy Logic

Hossein Pourhadian

Received: 13 November 2020 Accepted: 1 February 2021
Assist. Prof., Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Iran.
*Corresponding Author Email: hpoorhadian@yahoo.com

Abstract

Background and objective: This study was conducted aimed to identify the potential of lands in Lorestan Province for the second cultivation of forage millet using Geographic Information System (GIS), Network Analysis Process (ANP) and fuzzy logic.

Materials and Methods: In order to identify the potential of lands, first the raster layer of environmental factors affecting forage millet cultivation including the minimum, maximum and mean temperature, elevation, slope, pH, texture, organic matter, total nitrogen, potassium and phosphorus available in GIS was prepared. Then, using fuzzy functions, the map of each factor was standardized. The weight of each factor was determined by ANP. By combining the weighted layers, the final layers were produced and zoned into four highly suitable, suitable, marginally suitable and unsuitable classes based on fuzzy logic.

Results: The results showed that fuzzy value of agricultural lands for forage millet was between 0.35 and 0.88. The highest study area level belonged to the suitable class (60.42%) and the lowest study area level belonged to the highly suitable class (16.35%). Investigation of climatic suitability, topography and soil fertility maps showed that these factors caused severe limitations in 38.27, 38.15 and 7.44% of lands, respectively. Evaluation of climatic maps, topographic and soil factors showed that except for soil pH, all other factors in a part of the study area caused limitations for forage millet cultivation.

Conclusion: Investigation of the land suitability final map showed that about 77% of the study area are highly suitable and suitable and cold regions, especially the east. Northeast of the province, are marginally suitable for forage millet double cropping.

Keywords: ANP, Fuzzy Logic, GIS, Land Suitability, Lorestan, Second Cultivation

تناسب‌بندی اراضی استان لرستان برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای به کمک GIS، ANP و منطق فازی

حسین پورهادیان

تاریخ دریافت: ۹۹/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۳

استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: hpoorhadian@yahoo.com

چکیده

اهداف: این پژوهش برای شناخت توانایی اراضی استان لرستان برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و منطق فازی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: به منظور شناخت توانایی اراضی ابتدا لایه رستری عوامل محیطی مؤثر بر کشت دوم ارزن علوفه‌ای شامل دمای کمینه، بیشینه و متوسط، ارتفاع از سطح دریا، شیب، pH، بافت، ماده آلی، نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر قابل‌دسترس در محیط GIS تهیه گردید. سپس به کمک توابع فازی نقشه هر عامل استانداردسازی شد و وزن هر عامل به کمک ANP مشخص شد. با تلفیق لایه‌های وزن‌دار شده لایه‌های نهایی تولید و براساس منطق فازی به چهار طبقه خیلی مناسب، مناسب، ضعیف و نامناسب پهنه‌بندی شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد ارزش فازی اراضی زراعی برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای بین ۰/۳۵ تا ۰/۸۸ بود. بیشترین سطح محدوده مورد مطالعه به طبقه مناسب (۶۰/۴۲ درصد) و کمترین سطح به طبقه خیلی مناسب (۱۶/۳۵ درصد) تعلق داشت. بررسی نقشه‌های تناسب‌بندی اقلیمی، توپوگرافی و حاصل‌خیزی خاک نشان داد این عوامل به ترتیب باعث محدود شدید در ۳۸/۲۷، ۳۸/۱۵ و ۷/۴۴ درصد اراضی شدند. ارزیابی نقشه‌های عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاکی نشان داد به جزء pH خاک بقیه عوامل هر کدام در بخشی از محدوده مورد مطالعه موجب محدودیت برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای شدند.

نتیجه‌گیری: بررسی نقشه نهایی استعدادسنجی نشان داد حدود ۷۷ درصد منطقه مورد مطالعه دارای توانایی خیلی مناسب و مناسب می‌باشد و مناطق سردسیر به خصوص شرق و شمال شرق استان دارای توانایی ضعیف برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای با دو چین بودند.

واژه‌های کلیدی: تناسب‌بندی، کشت دوم، لرستان، منطق فازی، ANP، GIS

مقدمه

پایداری کشاورزی را حفظ و تداوم بخشید (کوچکی و همکاران ۲۰۰۸ و کامکار و دامغانی ۲۰۰۸). برای شناخت توانایی اکولوژیکی هر منطقه بهترین روش، آمایش سرزمین می‌باشد (مخدوم ۲۰۱۲). چرا که با استفاده از این روش می‌توان به کمک عوامل مؤثر بر زراعت هر گیاه

از اصول مهم و اولیه کشاورزی پایدار متکی بودن کشت و زرع گیاهان به توانایی منطقه در جهت تأمین نیازهای اکولوژیکی آن‌ها می‌باشد و در گام‌های بعدی است که می‌توان با مدیریت صحیح استفاده از نهاده‌ها

سانتی‌گراد و ظرفیت بالای تبادل منیزیم، بیشترین اثر را در محدود کردن کشت گیاه توتون در منطقه دارند. کاسی و همکاران (۲۰۱۸) با پهنه‌بندی فازی فلات مرکزی شمال کشور اتیوپی برای کشت سورگوم گزارش کردند ۳۰/۵۴، ۳۶/۱۷، ۱۸/۰۵ و ۱۵/۲۴ درصد از اراضی به‌ترتیب دارای شرایط مناسب، ضعیف، نامناسب موقت و دائماً نامناسب می‌باشند. در این مطالعه شیب و عوامل خاکی از عوامل اصلی محدودکننده کشت بودند. صیدی‌شاهیوندی و همکاران (۲۰۱۳) پهنه‌بندی اراضی استان لرستان برای کشت ذرت دانه‌ای به کمک عوامل اقلیمی، توپوگرافی، فاصله از شبکه هیدروگرافی و خاک با منطق فازی را انجام دادند و توانستند استعداد‌های مناطق مختلف این استان را شناسایی کنند. این محققین دریافتند دمای پایین، ناهمواری شدید، ارتفاع از سطح دریا و شیب زیاد و اختلاف دمای زیاد بین شب و روز سبب کاهش توانایی استعداد منطقه برای کشت ذرت دانه‌ای می‌گردد. مطالعه انجام شده جهت ارزیابی اراضی کشاورزی دشت جفارا در کشور لیبی برای کشت گندم، جو و ذرت به کمک روش فازی نشان داد عوامل خاک در تناسب‌بندی اراضی برای این گیاهان نقش اصلی را دارند (العالم ۲۰۱۰). در کل تناسب‌بندی اراضی با استفاده از تلفیق GIS، نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره و منطق فازی برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر کاربری اراضی و تولیدات کشاورزی، دقیق و مؤثر می‌باشد و امکان شناخت بهتر مناطق مطلوب و غیرمطلوب برای کاشت گیاهان را فراهم می‌کند (بیژن‌زاده و مکرم ۲۰۱۳، احمدی و همکاران ۲۰۱۶، پورهادیان ۲۰۱۸ و پیله‌ور و همکاران ۲۰۲۰).

خشک‌سالی‌های پی در پی در مناطق مختلف از جمله لرستان توجه به کشت گیاهان با نیاز آبی کم را ضروری کرده است. همچنین ترویج گیاهان علوفه‌ای مانند ارزن توسط جهادکشاورزی در بخش‌هایی از استان لرستان اهمیت استعدادسنجی کل این منطقه را روزافزون نموده است. بنابراین این پژوهش با هدف تناسب‌بندی استان لرستان برای کشت دوم گیاه ارزن علوفه‌ای انجام شد.

منطقه مستعد مورد نظر برای کشت آن را در سطح وسیع نسبت به روش‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای تعیین کرد و بهره‌مفید را از توانایی منطقه به‌دست آورد و با اصول مدیریتی هدفمند در جهت پایداری کشاورزی و جلوگیری از تخریب محیط زیست گام برداشت (کوچکی و همکاران ۲۰۰۸، شاهی‌مریدی و همکاران ۲۰۱۶ و نظری ویند و همکاران ۲۰۲۰).

مطالعات مختلف حاکی از استعدادسنجی اراضی کشاورزی برای کشت گیاهانی چون ذرت (برایمه و همکاران ۲۰۰۴ و یتبرک و همکاران ۲۰۱۳)، سورگوم (کاسی و همکاران ۲۰۱۸ و پورهادیان ۲۰۲۰)، گندم و جو (نور ۲۰۰۵) و سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی (شریفی‌فر و همکاران ۲۰۱۶) بر اساس عوامل مختلف مؤثر برای کشت می‌باشند و نتایج این پژوهش‌ها گواه بر لازم بودن شناخت توان پهنه‌های اراضی جهت تولید محصولات زراعی می‌باشد. به‌طوری که با استفاده از استعدادسنجی، مناطق زراعی مناسب کشت گیاهان مشخص شده و از کشت محصولات در مناطقی که از کارایی کمی برخوردارند، جلوگیری می‌شود. به این ترتیب عملاً کشت محصولات زراعی بر اساس نیازهای واقعی آن‌ها در عرصه‌های زراعی مشخص شده و نظام‌های پایدار زراعی طرح‌ریزی می‌شوند (سنجانی ۲۰۱۲) از جمله انجام روش‌های نوین استعدادسنجی، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و کمک گرفتن از تکنیک‌ها و مدل‌های مختلف موجود در این سامانه مثل منطق فازی می‌باشد (هوشیار و همکاران ۲۰۱۴ و پورهادیان، ۲۰۱۸).

ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی تناسب اراضی استان شان‌دونگ کشور چین به کمک AHP, GIS و منطق فازی برای کشت گیاه توتون به کمک عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاکی دریافتند که این روش‌های نوین به خوبی توانایی شناسایی استعداد منطقه مورد مطالعه را دارند و آن‌ها بیان داشتند ۲۹/۸۲ درصد اراضی دارای تناسب بالا و ۱۷/۷۴ فاقد ارزش برای کشت این گیاه می‌باشند و دو عامل دمای روزانه بالاتر از ۲۰ درجه

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق جهت کشت دوم (تابستانه) آبی انواع رقم گیاه علوفه‌ای ارزن (*Panicum miliaceum* L.) در محدوده اراضی زراعی استان لرستان انجام گرفت. استان لرستان در جنوب غربی ایران بین عرض شمالی ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه و طول شرقی ۴۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۰۱ دقیقه واقع شده است. شکل ۱ اراضی زراعی استان لرستان را با وسعت حدود ۶۸۹۴۰۹ هکتار نشان می‌دهد. عمده محصولات زراعی این استان شامل گندم، جو، نخود، لوبیا، عدس، چغندر قند، سیب‌زمینی، یونجه و شبدر می‌باشد.

تهیه جدول نیازمندی‌های بوم‌شناختی ارزن

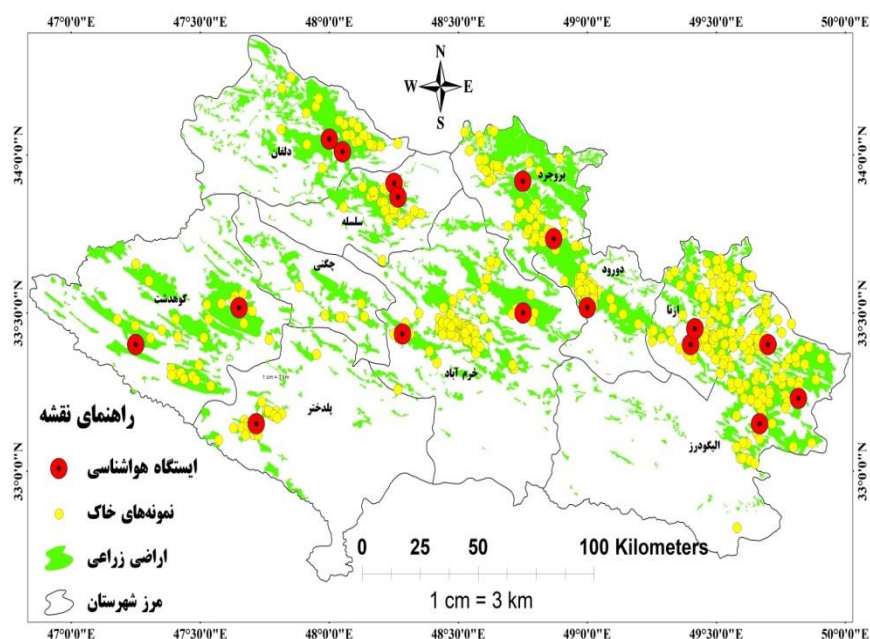
در این پژوهش از طریق جستجو در منابع علمی مختلف نیازهای اکولوژیکی گیاه ارزن از قبیل دمای کمینه، دمای بیشینه، دمای متوسط، شیب، ارتفاع از سطح دریا، بافت، پتاسیم قابل‌دسترس، فسفر قابل‌دسترس، ماده آلی، نیتروژن کل و pH خاک جمع‌آوری شد و سپس

حد برانی و مطلوب آن‌ها برای رشد این گیاه مشخص گردید و در نهایت لایه رستری فازی عوامل محیطی مؤثر بر کشت ارزن علوفه‌ای براساس این حدود در محیط GIS تولید شد (جدول ۱).

تهیه لایه رستری عوامل محیطی

لایه‌های اقلیمی

جهت تهیه لایه‌های رستری دمای کمینه، بیشینه و متوسط از اطلاعات آماری دمایی ۸ ایستگاه تخریسنجی و ۹ ایستگاه سینوپتیک طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۹۶ واقع در محدوده استان لرستان که به ترتیب از شرکت سهامی آب منطقه‌ای و اداره کل هواشناسی لرستان تهیه گردیده بود، استفاده شد (شکل ۱). مدت‌زمان لازم از کاشت تا برداشت دو چین علوفه از گیاهان ارزن ۹۲ روز (از اول مردادماه تا پایان مهرماه) منظور گردید. پس از انتقال اطلاعات مورد نظر از محیط صفحه گستر اکسل به محیط ArcGIS 10.5 لایه رستری دمای کمینه، بیشینه و متوسط با استفاده از روش میان‌یابی IDW در محدوده اراضی زراعی استان تهیه شد.



شکل ۱- توزیع مکانی ایستگاه‌های هواشناسی، نمونه‌های خاک، اراضی زراعی و مرز شهرستان‌های محدوده مورد مطالعه

جدول ۱- نیازمندی‌های ارزن و طبقات ارزیابی هر عامل در محدوده مورد مطالعه براساس منطق فازی

عامل محیطی	واحد	حد بحرانی	حد مطلوب
دمای کمینه	درجه سانتی‌گراد	<۱۰	۱۴-۲۰
دمای بیشینه	درجه سانتی‌گراد	>۴۲	۳۰-۳۸
دمای متوسط	درجه سانتی‌گراد	۴۰	۲۷-۳۰
ارتفاع از سطح دریا	متر	>۲۴۰۰	<۱۰۰۰
شیب	درصد	۶	۲
بافت خاک	-	شنی	لومی، لومی‌شنی، لومی‌سیلتی
پتاسیم قابل‌دسترس	میلی‌گرم در کیلوگرم	۱۵۰	۲۵۰
فسفر قابل‌دسترس	میلی‌گرم در کیلوگرم	۵	۱۵
ماده آلی	درصد	۰/۵	۱/۵
نیتروژن کل	درصد	۰/۰۵	۰/۱۵
pH خاک	-	۵/۲ و ۸/۵	۶-۷

منابع: خدابنده ۲۰۰۹، مخدوم ۲۰۱۲، خواجه‌پور ۲۰۱۳، مشیری و همکاران ۲۰۱۴، احمد ۲۰۱۵، ذالفقارنژاد و کاظمی ۲۰۱۶، ایسا و آسن ۲۰۱۷، سیدجلالی و همکاران ۲۰۲۰ و تادس و نگسی ۲۰۲۰

لایه‌های توپوگرافی

با استفاده از مدل رقومی ارتفاع ۹۰ متر، نقشه شیب و ارتفاع از سطح دریا استخراج گردید و سپس در محدوده زراعی مورد پژوهش برش داده شدند و طبقه‌بندی براساس نیاز اکولوژی گیاه ارزن انجام گرفت.

لایه‌های خاک

جهت تهیه لایه‌های بافت، پتاسیم قابل‌دسترس، فسفر قابل‌دسترس، ماده آلی، نیتروژن کل و pH از اطلاعات ۶۰۳ نقطه نمونه‌برداری شده خاک (بخش آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، نتایج آزمایش خاک کشاورزان، امیریان چکان ۲۰۱۱ و رحمان‌سالاری و امیدواری ۲۰۱۶) در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر که موقعیت جغرافیایی آن‌ها در شکل ۱ مشاهده می‌شود، استفاده گردید و لایه رستری آن‌ها به کمک روش کریجینگ تولید و سپس به کمک محدوده زراعی مورد پژوهش برش داده شد. لایه بافت خاک به کمک روش مثلث‌بندی تیسن^۱ در محیط GIS تهیه شد.

فازی‌سازی عوامل محیطی

در روش فازی تمام لایه‌ها بایستی سلول به سلول فازی شوند و درجه عضویت به کمک یک تابع ریاضی برای آن‌ها تعریف شود. در فازی‌سازی ارزش سلول‌ها بر اساس احتمال تعلق آن‌ها به مجموعه تعریف‌شده در بازه صفر و یک تغییر می‌کند. نوع تابعی که جهت استانداردسازی فازی هر عامل به کار می‌رود به ماهیت و میزان آن در منطقه مورد مطالعه و تأثیرش بر گیاه مورد نظر، بستگی دارد. برای استانداردسازی لایه‌های دمای حداقل، بافت، پتاسیم قابل‌دسترس، فسفر قابل‌دسترس، ماده آلی و نیتروژن کل خاک (پورهادیان ۲۰۱۸) از تابع عضویت خطی افزایشی (رابطه ۱)، برای ارتفاع از سطح دریا، شیب و pH خاک (پورهادیان ۲۰۱۸) از تابع عضویت خطی کاهشی (رابطه ۲) و دمای بیشینه (پیلهور و همکاران ۲۰۲۰) و دمای متوسط (ژانگ و همکاران ۲۰۱۵) از تابع گوسی (رابطه ۳) استفاده شد. در تابع خطی افزایشی a و b به ترتیب حد بحرانی (ارزش فازی صفر) و حد مطلوب (ارزش فازی یک)، در تابع خطی کاهشی a حد مطلوب و b حد بحرانی و در تابع

وزن‌دهی به عوامل محیطی با روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

برای اجرای فرآیند ANP و تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها از پرسش‌نامه استفاده گردید. بدین منظور از طریق تکمیل پرسش‌نامه ANP، نظر ۱۵ نفر از محققان و کارشناسان کشاورزی بر اساس طیف ۹ و بالاتر از ۹ قسمتی ساعتی (جدول ۲) گرفته شد. سپس تجزیه و تحلیل این پرسش‌نامه به کمک نرم‌افزار Super Decision 2.2.6 انجام گرفت. بدین‌صورت که اطلاعات هر پرسش‌نامه به‌طور جداگانه وارد نرم‌افزار شد و اگر ضریب ناسازگاری آن کمتر از ۰/۱ بود به‌عنوان پرسش‌نامه معتبر مورد استفاده قرار گرفت؛ در غیر این صورت کنار گذاشته شد. با میانگین‌گیری از وزن معیارها و زیرمعیارهای تمام پرسش‌نامه‌های معتبر، وزن هر متغیر مشخص گردید.

گوسی a پایین‌ترین حد بحرانی (ارزش فازی صفر)، b پایین‌ترین حد مطلوب (ارزش فازی یک)، c بالاترین حد مطلوب (ارزش فازی ۱) و d بالاترین حد بحرانی (ارزش فازی صفر) می‌باشد (شکل ۲). در تابع عضویت فازی افزایشی هر چه قدر معیار زیادتر باشد، امتیاز داده‌شده به یک بیشتر نزدیک می‌شود؛ مثلاً مقادیر ماده آلی زیادتر به یک و ماده آلی کمتر به صفر نزدیک‌تر می‌شود. در تابع عضویت فازی کاهش‌ی؛ مقادیر کمتر، امتیاز بیشتری می‌گیرند. مثلاً در مورد لایه شیب، هر چه شیب کمتر باشد، ارزش آن در لایه استانداردشده با تابع عضویت فازی زیادتر و به یک نزدیک‌تر است. برای فازی‌سازی لایه‌ها از افزونه Spatial Analyst Tools و تابع Overlay در محیط GIS استفاده شد.

جدول ۲- ترجیحات کمی و کیفی برای مقایسه زوجی

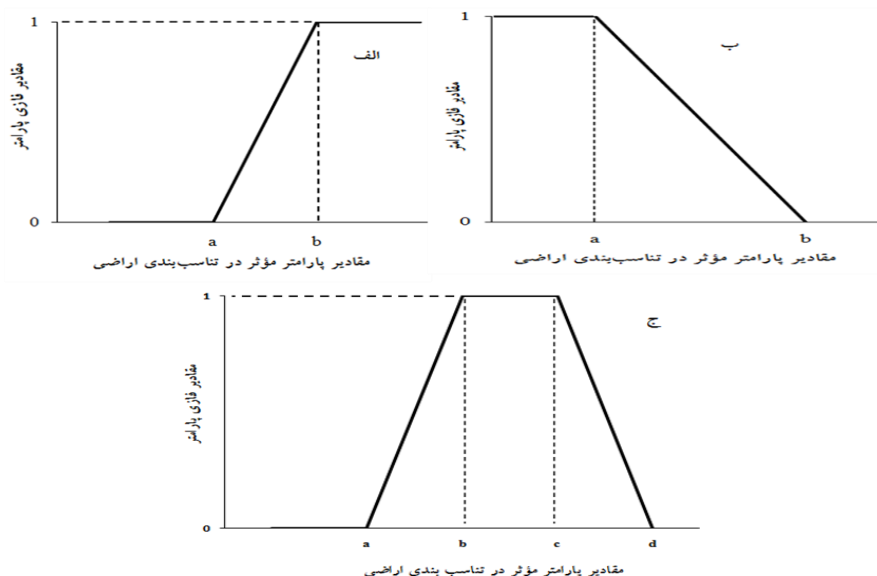
ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
نظر قطعی	بالاتر از ۹
کاملاً برتر یا و یا کاملاً مطلوب‌تر	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی برتر یا کمی مطلوب‌تر	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	۲،۴،۶،۸

منبع: ساعتی ۱۹۹۹

$$\mu(x) = f(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ x - a/b - a & a < x < b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\mu(x) = f(x) = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ b - x/b - a & a < x < b \\ 0 & x \geq b \end{cases} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\mu(x) = f(x) = \begin{cases} 1 & x \leq b, x \leq c \\ x - a/b - a & a < x < b \\ d - x/d - c & c < x < d \\ 0 & x \leq a, x \geq d \end{cases} \quad \text{رابطه (۳)}$$



شکل ۲- توابع عضویت فازی خطی افزایشی (الف)، خطی کاهششی (ب) و گوسی (ج)

حاصل‌خیزی و نهایی) به چهار طبقه با ارزش فازی: خیلی مناسب (۰/۷۵ تا ۱)، مناسب (۰/۵۰ تا ۰/۷۵)، ضعیف (۰/۲۵ تا ۰/۵۰) و نامناسب (۰ تا ۰/۲۵) تقسیم شدند (شریفی‌فر و همکاران ۲۰۱۶). مراحل انجام این تحقیق در شکل ۳ نشان شده است.

نتایج و بحث

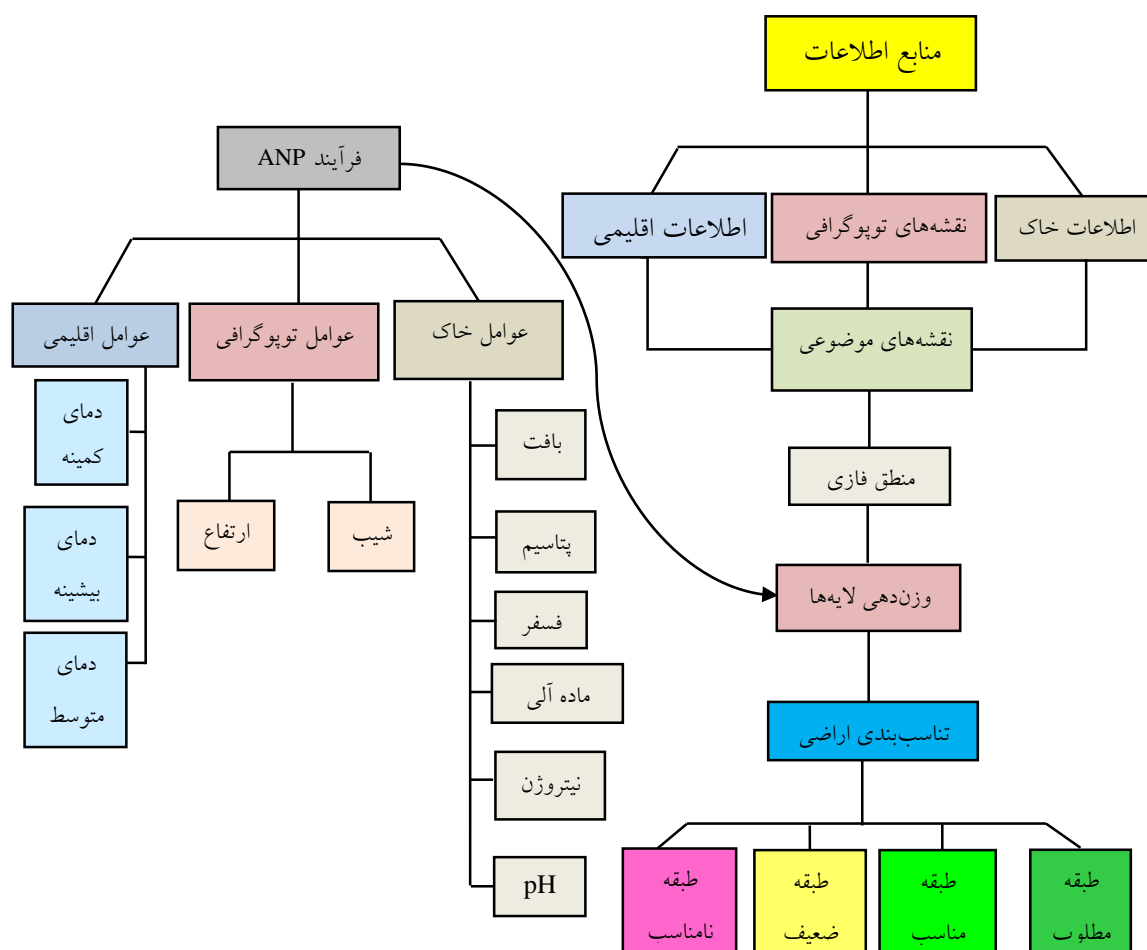
تناسب‌بندی اقلیمی

ارزیابی نقشه‌های دماها طی فصل رشد گیاه علوفه‌ای ارزن نشان داد دامنه تغییرات دمای کمینه بین ۶ تا ۲۵، دمای بیشینه بین ۲۹ تا ۴۰ و دمای متوسط بین ۱۷ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد بود. نقشه تناسب‌بندی اقلیمی اراضی زراعی استان لرستان حاصل از لایه‌هایی فازی شده دماهای کمینه، بیشینه و متوسط در شکل ۴ الف ارائه شده است. ارزش فازی اقلیمی اراضی زراعی محدوده مورد مطالعه بین ۰/۳۰ تا ۰/۹۳ با میانگین ۰/۶۲ بود. نتایج تناسب‌بندی اقلیمی نشان داد که بیشترین سطح از محدوده مورد مطالعه از نظر اقلیمی برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای در طبقه نامناسب با ۲۶۴۵۲۳/۲۲ هکتار (معادل ۳۸/۲۶ درصد) و کمترین آن در طبقه خیلی مناسب

نحوه تناسب‌بندی اراضی زراعی

پس از تهیه لایه‌های رستری عوامل محیطی و فازی‌سازی آن‌ها، لایه فازی شده هر عامل محیطی براساس نیاز اکولوژیکی گیاه ارزن طبقه‌بندی شد و مساحت هر طبقه در محیط GIS محاسبه و استخراج گردید و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

برای تهیه لایه تهایی تناسب‌بندی اقلیمی، توپوگرافی و حاصل‌خیزی خاک در محدوده اراضی زراعی با روی هم‌گذاری عوامل اقلیمی (دمای کمینه، بیشینه و متوسط)، توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا و شیب) و خاکی (بافت، پتاسیم قابل‌دسترس، فسفر قابل‌دسترس، ماده آلی، نیتروژن کل و pH) به کمک ابزار حسابگر شبکه‌ای (Raster Calculator) و اختصاص وزن هر لایه حاصل از ANP تلفیق صورت گرفت و تناسب‌بندی اقلیمی، توپوگرافی و حاصل‌خیزی خاک اراضی زراعی استان لرستان تهیه گردید. لایه تناسب‌بندی نهایی اراضی زراعی محدوده مورد مطالعه با تلفیق لایه‌های تناسب‌بندی اقلیمی، توپوگرافی و حاصل‌خیزی خاک و اعمال اوزان معیارهای اصلی در تولید این لایه، به‌دست آمد. در پایان تمام لایه‌های تولیدی (اقلیمی، توپوگرافی،



شکل ۳- نمودار جریان‌ی ارزیابی تناسب اراضی برای کشت ارزن علوفه‌ای در محدوده مورد مطالعه

متوسط برای کشت گندم، جو، ذرت و سورگوم جنوب شرقی لیبی مطلوب، مناسب و متوسط (نور ۲۰۰۵) و دماهای کمینه، بیشینه و متوسط برای تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه مرکزی استان فارس بسیار مناسب (هوشیار و همکاران ۲۰۱۴) و عوامل اقلیمی برای کشت ذرت دیم در منطقه آبوبو در غرب اتیوپی مناسب (یتبرک و همکاران ۲۰۱۳) بودند. نتایج مطالعه پورهادیان (۲۰۲۰) نشان داد تنوع دمایی برای کشت دوم سورگوم علوفه‌ای در استان لرستان وجود دارد، به طوری که دمای حداقل بیشترین محدودیت را نسبت به دمای حداکثر و متوسط داشت. احمدی و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه نقشه‌های دما طی مراحل فنولوژی جو دیم در استان لرستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی دریافتند استعداد استان لرستان از نظر این پارامتر اقلیمی متفاوت است.

با ۲۰۰۶۲۵/۶۶ هکتار (معادل ۲۹/۰۲ درصد) قرار داشت (جدول ۳). بیشترین محدودیت به ترتیب توسط دما کمینه و متوسط با میانگین ارزش فازی ۰/۳۷ و ۰/۴۱ ایجاد شد و میانگین ارزش فازی دمای حداکثر ۰/۸۲ بود. به طوری که دمای کمینه و متوسط به ترتیب باعث شدند ۷۰/۴۷ و ۶۹/۵۶ درصد از وسعت مورد مطالعه دارای شرایط ضعیف و نامناسب باشند. شهرستان‌های مناطق سردسیر مانند الیگودرز، ازنا، دلفان و سلسله و بخش شمالی خرم‌آباد در اواخر شهریور و طی مهرماه به دلیل افت دما کمینه و به تبع آن دمای متوسط با کاهش ارزش فازی استعداد منطقه برای برداشت دوم مواجه شدند و استعداد منطقه ضعیف گردید. در مطالعات مختلف ارزش فازی دمای سالانه برای کشت ذرت دانه‌ای در لرستان مطلوب (صیدی‌شاهیوندی و همکاران ۲۰۱۳)، دمای

جدول ۳- درصد مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی‌شده عوامل اقلیمی و توپوگرافی برای کشت ارزن علوفه‌ای

بر اساس منطق فازی

عوامل	طبقات تناسب عوامل محیطی		
	خیلی مناسب (%)	مناسب (%)	ضعیف (%)
دمای کمینه	۱۳/۳۱	۱۶/۲۱	۲۷/۴۷
دمای بیشینه	۶۴/۵۵	۳۴/۵۸	۰/۸۷
دمای متوسط	۱۰/۵۷	۱۹/۸۶	۳۴/۶۳
اقلیم	۲۹/۰۲	۳۲/۷۲	۳۸/۲۶
ارتفاع از سطح دریا	۲۱/۶۴	۲۳/۱۸	۳۶/۸۵
شیب	۵۴/۳۳	۱۱/۳۵	۸/۱۰
توپوگرافی	۲۹/۸۷	۳۱/۹۸	۲۰/۵۴
نامناسب (%)			۴۳/۰۰

تناسب‌بندی توپوگرافی

دامنه تغییرات ارتفاع از سطح دریا و شیب اراضی زراعی محدوده مورد مطالعه به ترتیب بین ۳۶۲ تا ۳۱۰۳ متر و ۰ تا ۵۵/۵۹ درصد بود. براساس شکل ۴ نقشه تناسب‌بندی توپوگرافی اراضی زراعی استان لرستان تهیه شده به کمک لایه‌های فازی شده ارتفاع از سطح دریا و شیب بیشترین سطح از محدوده مورد مطالعه با وسعت ۲۲۰۲۷۸/۶۹ هکتار (معادل ۳۱/۹۸ درصد) دارای استعداد مناسب و کمترین سطح ۱۲۱۲۶۹/۱۵ هکتار (معادل ۱۷/۶۱ درصد) دارای استعداد نامناسب بود. بررسی ارزش فازی عوامل توپوگرافی نشان داد ارتفاع از سطح دریا با میانگین ارزش فازی ۰/۵۰ نسبت به شیب با میانگین ۰/۶۴ باعث محدودیت بیشتر گردید. به طوری که ارزیابی نقشه فازی ارتفاع از سطح دریا حاکی از اختصاص یافتن بیشترین سطح اراضی به طبقه ضعیف (۲۵۳۷۸۸۲/۷۲ هکتار، معادل ۳۶/۸۵ درصد) و کمترین به طبقه نامناسب (۱۲۶۲۳۲/۰۲ هکتار، معادل ۱۸/۳۳) بود. اما بیشترین سطح از اراضی زراعی محدوده مورد مطالعه از نظر شیب در طبقه خیلی مناسب (با ۳۷۴۱۸۵/۹۸ هکتار معادل ۳۸/۹۷ درصد) و کمترین سطح در طبقه ضعیف (با ۵۵۸۱۰/۶۲ هکتار معادل ۸/۱۰ درصد) واقع شد (جدول ۳). پهنه‌بندی توپوگرافی اراضی استان شاندونگ چین برای کشت توتون به کمک عوامل پستی و

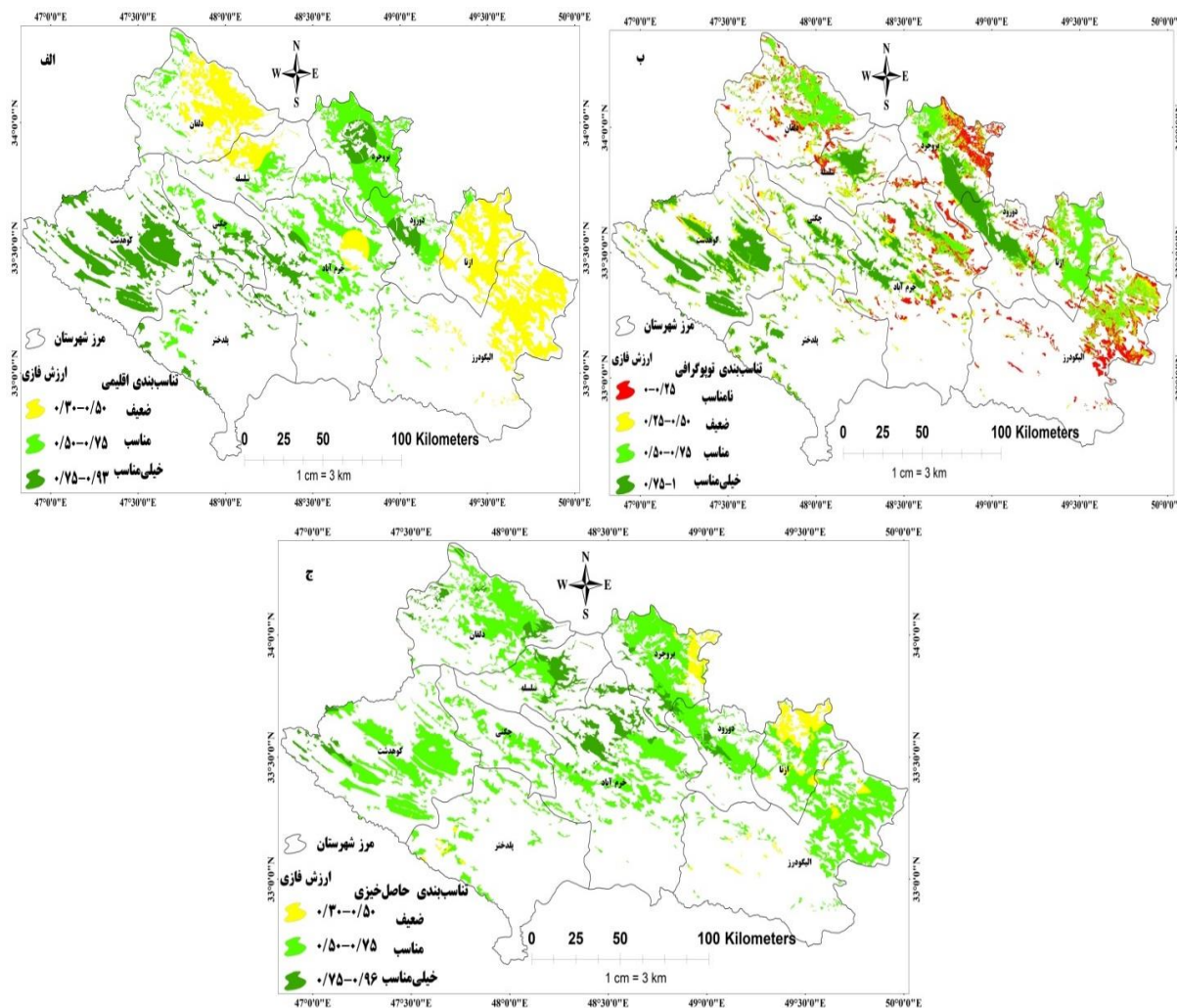
بلندی، ارتفاع از سطح دریا و شیب نشان داد ۶۱/۷۱ درصد اراضی دارای شرایط خیلی مناسب ۳۱/۸۸ درصد دارای شرایط نامناسب می‌باشد و در این مطالعه شیب بیشترین محدودیت را ایجاد کرد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۵). پوره‌ادیان (۲۰۱۸) با بررسی ارزش فازی اراضی زراعی چهار حوضه از استان گلستان برای کشت ذرت علوفه‌ای گزارش کرد کل سطح مورد مطالعه از نظر ارتفاع از سطح دریا دارای شرایط مطلوب است اما از نظر شیب، ۸۲ درصد از سطح مورد مطالعه شرایط مطلوب داشت. در مطالعه دیگری که توسط پیلهور و همکاران (۲۰۲۰) در اراضی بخشی از نیشابور انجام گرفت شرایط توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا و شیب) ۹۷/۴۷ درصد اراضی برای کشت گندم و ۹۱/۳۳ درصد برای کشت ذرت دارای استعداد خیلی مناسب بود.

تناسب‌بندی حاصل‌خیزی

به دلیل تغییرات غیرروندی فضایی عوامل خاک، برای تهیه نقشه میان‌یابی آن‌ها از کریجینگ معمولی استفاده گردید. برترین مدل هر عامل خاک براساس کمترین

آلی، نیتروژن کل و pH به ترتیب از مدل درجه دو منطقی، سینوسی، کروی، سینوسی و سینوسی استفاده شد (جدول ۴).

میزان ریشه دوم میانگین مربعات خطا ((RMSE)) انتخاب و نقشه آن تهیه گردید. به طوری که برای میان‌یابی پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس و ماده



شکل ۴- تناسب‌بندی اقلیمی (الف)، توپوگرافی (ب) و حاصل‌خیزی خاک (ج) برای کشت ارزن علوفه‌ای در محدوده مورد مطالعه

جدول ۴- نتایج ارزیابی مدل‌های روش کریجینگ معمولی برای پارامترهای خاک

مدل	RMSE_P	RMSE_K	RMSE_OC	RMSE_pH	RMSE_N
کروی	۱۰/۰۷۴۸	۸۴/۷۶۸۵	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۶۹	۰/۰۳۹۴۱۱۱
دیره‌ای	۱۰/۰۶۹۲	۸۴/۰۵۱۵	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۶۰	۰/۰۳۹۴۱۱۱
چهار وجهی کروی	۱۰/۰۶۵۴۷	۸۳/۶۱۱۷	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۵۲۶	۰/۰۳۹۴۱۱۱
پنج وجهی کروی	۱۰/۰۶۰۹۹	۸۳/۴۱۰۷	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۴۷	۰/۰۳۹۴۱۱۱
نمایی	۱۰/۰۶۱۴	۸۲/۰۱۱۶۴	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۵	۰/۰۳۹۴۱۱۱
گوسی	۱۰/۰۶۸۷	۸۱/۳۸۸۸	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۷۱۹	۰/۰۳۹۴۱۱۱
درجه منطقی	۱۰/۰۱۶۹	۸۲/۲۶۱۲	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۳۸۰	۰/۰۳۹۴۱۱۱
سینوسی	۱۰/۰۴۲۷	۸۱/۱۱۳۶	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۱۲	۰/۰۳۹۴۱۱۱
K-essel	۱۰/۰۶۶۵	۸۲/۳۲۲	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۶۶۳	۰/۰۳۹۴۱۱۱
J-essel	۱۰/۰۴۷۵۷	۸۱/۸۶۸۰	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۳۳۷۷	۰/۰۴۰۱۹۶۲
Stable	۱۰/۰۶۸۷	۸۲/۳۵۸۵	۰/۳۰۱۳	۰/۲۲۲۷۱۹	۰/۰۳۹۴۱۱۱

RMSE, P, K, OC, pH و N به ترتیب ریشه دوم میانگین مربعات خطا، فسفر، پتاسیم، ماده آلی، pH و نیتروژن

قابل دسترس و بافت خاک مشابه و ۰/۶۵ بود. نیتروژن کل، ماده آلی، بافت خاک، فسفر قابل دسترس و پتاسیم قابل دسترس به ترتیب باعث محدودیت شدید (دو طبقه ضعیف و نامناسب) در ۴۵/۱۰، ۴۰/۰۳، ۳۲/۲۰، ۲۹/۳۹ و ۲/۱۶ درصد از اراضی مورد مطالعه شدند (جدول ۵). بیژن زاده و مکرم (۲۰۱۳) با مطالعه حاصل خیزی اراضی شرق شیراز برای کشت گندم به کمک منطق فازی دریافتند ۱۵ درصد از اراضی دارای شرایط خیلی مناسب و ۱۶ درصد دارای شرایط خیلی نامناسب می‌باشد و آن‌ها ظرفیت تبادل کاتیونی را مهمترین عامل کاهش حاصل خیزی ذکر کردند. العالم (۲۰۱۰) با ارزیابی اراضی کشاورزی دشت جفارا در کشور لیبی برای کشت گندم، جو و ذرت به کمک روش فازی دریافت عوامل خاک در تناسب‌بندی اراضی برای این گیاهان نقش اصلی را دارند. برایمه و همکاران (۲۰۰۴) با ارزیابی اراضی شمال کشور غنا برای کشت ذرت به کمک روش فازی و مقایسه تناسب اراضی با عملکرد ذرت در منطقه گزارش کردند ظرفیت مؤثر تبادل کاتیونی، میزان ماده آلی و رس خاک عوامل اصلی تأثیرگذار بر عملکرد این گیاه بودند.

مقدار فسفر و پتاسیم قابل دسترس، ماده آلی، نیتروژن کل و pH به ترتیب بین ۴/۲۷ تا ۲۹/۳۳ و ۱۴۷/۷۷ تا ۴۲۳/۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، ۰/۵۲ تا ۱/۴۷ و ۰/۰۵ تا ۰/۱۸ درصد و ۷/۴۴ تا ۷/۹۸ بود. تناسب‌بندی نهایی حاصل خیزی خاک اراضی زراعی استان لرستان برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای که به کمک لایه‌های فازی شده فسفر و پتاسیم قابل دسترس، ماده آلی، pH، نیتروژن کل و بافت خاک تهیه شده بود در شکل ۴ ارائه گردید. نتایج بررسی لایه نهایی حاصل خیزی خاک نشان داد بیشترین سطح از اراضی با ۵۴۹۵۲۹/۹۲ هکتار (معادل ۷۹/۴۹ درصد) به طبقه مناسب و کمترین با ۹۰۳۱۹/۰۵ هکتار (معادل ۱۳/۰۶ درصد) به طبقه خیلی مناسب تعلق داشت و مابقی اراضی دارای شرایط ضعیف بودند (جدول ۵). پتاسیم قابل دسترس و pH خاک به ترتیب بیشترین تأثیر مثبت بر افزایش استعداد منطقه با میانگین ارزش فازی ۰/۹۷ و ۰/۸۶ داشتند، ولی ماده آلی به همراه نیتروژن کل با میانگین ارزش فازی ۰/۵۳ بیشترین محدودیت حاصل خیزی منطقه برای کشت ارزن را باعث شدند. میانگین ارزش فازی فسفر

جدول ۵- درصد مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی شده عوامل خاکی برای کشت ارزن علوفه ای در محدوده مورد مطالعه بر

اساس منطق فازی

پارامتر	خیلی مناسب (%)	مناسب (%)	ضعیف (%)	نامناسب (%)
بافت	۲۶/۲۲	۴۱/۵۸	۳۲/۲۰	-
پتاسیم قابل دسترس	۹۴/۵۹	۳/۲۵	۱/۶۷	۰/۴۹
فسفر قابل دسترس	۳۵/۹۱	۳۴/۷۰	۲۲/۳۵	۷/۰۴
ماده آلی	۹/۳۶	۵۰/۶۱	۳۴/۶۳	۵/۴۰
نیترژن کل	۱۳/۱۳	۴۱۹/۷۶	۳۸/۶۱	۶/۴۹
pH	۱۰۰	-	-	-
حاصل خیزی	۱۳/۰۶	۷۹/۴۹	۷/۴۴	۰

ارزیابی تناسب بندی نهایی اراضی

شکل ۵ نقشه نهایی تناسب بندی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت دوم ارزن علوفه ای را نشان می‌دهد. این نقشه از روی هم‌گذاری لایه نهایی تناسب بندی اقلیم، توپوگرافی و حاصل خیزی خاک و وزن هر کدام از این لایه‌ها به روش ANP تهیه شد (جدول ۶). ارزش فازی

نهایی اراضی زراعی مورد مطالعه برای کشت ارزن علوفه ای بین ۰/۳۵ تا ۰/۸۸ بود. براساس شکل ۵ و جدول ۷ بیشترین سطح محدوده مورد مطالعه به طبقه مناسب برای کشت ارزن علوفه ای (با ۴۰۹۵۴۱/۶۷ هکتار، معادل ۶۰/۴۲ درصد) و کمترین سطح به طبقه خیلی مناسب (با ۱۱۰۸۱۴/۴۸ هکتار، معادل ۲۳/۲۳ درصد) تعلق داشت.

جدول ۶- وزن معیارها و زیرمعیارهای مربوط به عوامل مؤثر در کشت ارزن علوفه ای در محدوده مورد مطالعه

وزن	زیرمعیار	معیار
۰/۵۶۳۷۲۵		عوامل اقلیمی
۰/۲۲۸۵۷۹	دمای کمینه	
۰/۵۳۸۲۸۴	دمای بیشینه	
۰/۲۳۲۴۷۱	دمای متوسط	
۰/۰۹۷۶۰۴		عوامل توپوگرافی
۰/۴۸۶۰۹۱	ارتفاع از سطح دریا	
۰/۰۰۴۸۹۳	شیب	
۰/۳۲۷۶۹		عوامل خاکی
۰/۱۱۸۱۳	pH	
۰/۱۴۴۷۵	بافت	
۰/۳۰۹۳۶	ماده آلی	
۰/۰۹۸۱۵	پتاسیم	
۰/۱۰۲۳۸	فسفر	
۰/۲۲۵۵۷	نیترژن	

ارزن علوفه ای دارای شرایط خیلی مناسب بودند. این طبقه تناسب برای کشت ارزن علوفه ای بیشتر در شهرستان کوهدشت، پلدختر و خرم‌آباد و دورود واقع شد. در

نتایج بررسی توانایی اراضی زراعی استان لرستان در شکل ۵ و جدول ۷ نشان داد که ۱۱۰۸۱۴/۴۸ هکتار (معادل ۱۶/۳۵ درصد) با ارزش ۰/۷۵ تا ۰/۸۸ برای کشت

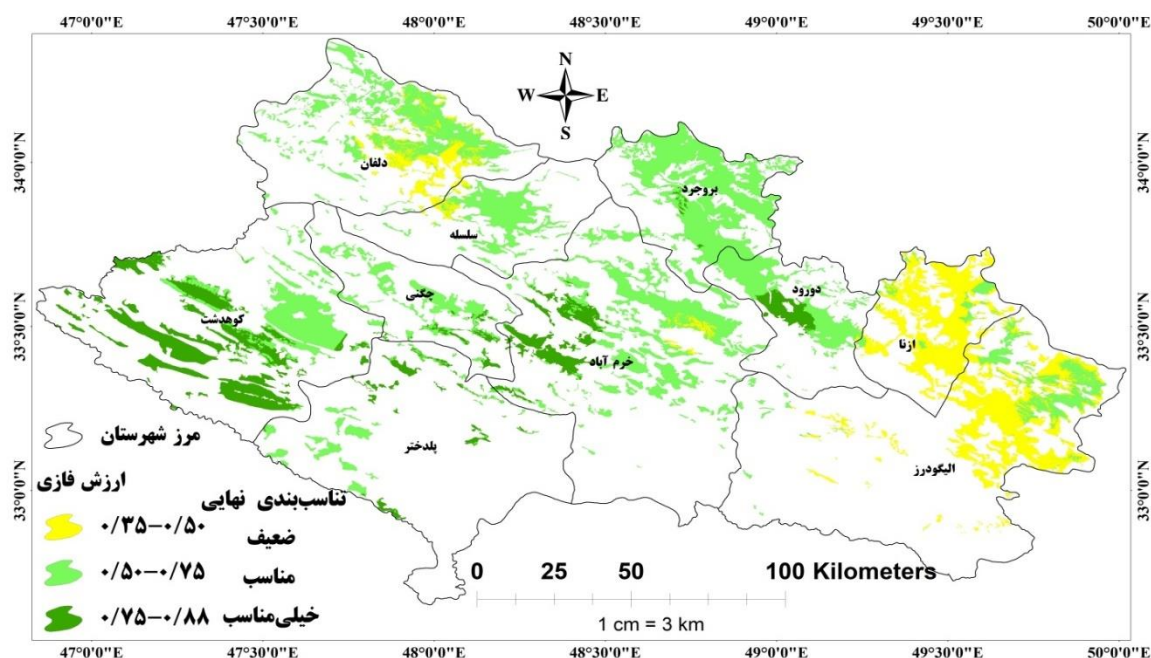
محصول مناسب، بهتر است به کشت دوم ارزن اختصاص نیابد. اما در صورت تغییر تاریخ کاشت از تیرماه به نیمه دوم اردیبهشت تا اواخر خرداد می‌توان محصول مناسبی برداشت کرد. چرا که عامل اصلی محدودیت در این پهنه عوامل اقلیمی می‌باشد و با تغییر تاریخ کاشت دمای مناسب برای رشد ارزن علوفه‌ای را می‌توان تأمین کرد و شرایط را برای حصول عملکرد مورد نظر فراهم نمود. همچنین از بین عوامل متفاوت مؤثر بر رشد گیاه عوامل اقلیمی و توپوگرافی توسط کشاورز غیرقابل تغییر هستند بنابراین برای کاهش تأثیر این عوامل، تغییر تاریخ کاشت بهترین مدیریت به حساب می‌آید.

مطالعات مختلفی به کمک GIS، نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره و منطق فازی انجام شده است که همگی نشان از توانایی‌های این تکنیک‌ها در شناسایی استعداد اراضی در جهت استفاده بهینه از منابع مورد نیاز کشاورزی توسط کشاورزان و سایر تصمیم‌گیران بخش کشاورزی دارند (ژانگ و همکاران ۲۰۱۵، پوره‌ادیان ۲۰۱۸ و پیلهور و همکاران ۲۰۲۰). کاسی و همکاران (۲۰۱۸) با پهنه‌بندی فازی فلات مرکزی شمال اتیوپی برای کشت سورگوم نشان دادند ۳۰/۵۴، ۳۶/۱۷، ۱۸/۰۵ و ۱۵/۲۴ درصد از اراضی به ترتیب دارای شرایط مناسب، ضعیف، نامناسب موقت و دائماً نامناسب می‌باشند. صیدی‌شاهیوندی و همکاران (۲۰۱۸) پهنه‌بندی اراضی استان لرستان را برای کشت ذرت دانه‌ای به کمک عوامل اقلیمی، توپوگرافی، فاصله از شبکه هیدروگرافی و خاک با روش فازی انجام دادند و دریافتند ۱۰ درصد از اراضی برای کشت بسیار مناسب، ۳۰ درصد مناسب، ۳۷ درصد دارای قابلیت متوسط، ۱۹ درصد نامناسب و ۴ درصد نیز برای کشت ذرت دانه‌ای بسیار نامناسب بودند و دلایل طبقات نامناسب را ناهمواری شدید، ارتفاع و شیب زیاد و اختلاف دمای زیاد بین شب و روز ذکر کردند.

مساحت‌های ذکر شده عوامل مؤثر بر ایجاد تنوع در تناسب اراضی زراعی شامل عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاک برای کشت ارزن علوفه‌ای مطلوب بودند و موجبات استفاده بهینه از اراضی زراعی را برای کشت این گیاه فراهم کردند. برای استفاده حداکثری از توان تولیدی این پهنه زراعی، اعمال مدیریت دقیق و به‌موقع ضروری است، چرا که به‌کارگیری مدیریت زراعی اصولی و هدفمند لازمه استفاده بهینه از پتانسیل بالای ذاتی هر ناحیه می‌باشد. طبقه مناسب، با ۴۰۹۵۴۱/۶۷ هکتار (معادل ۶۰/۴۲ درصد) برای کشت ارزن علوفه‌ای با ارزش فازی ۰/۵۰ تا ۰/۷۵ در تمام شهرستان‌های استان لرستان به خود اختصاص داد. کاهش ارزش فازی دمای کمینه و متوسط (به‌خصوص در مناطق سردسر استان در ماه‌های شهریور و مهر)، ارتفاع از سطح دریا (به‌خصوص در مناطق شرق، شمال و شمال غرب)، ماده آلی و نیتروژن کل (به‌خصوص در شرق و شمال)، فسفر قابل‌دسترس (به‌خصوص در جنوب) و بافت خاک (به‌خصوص در شمال غرب) موجب کاهش استعداد اراضی زراعی برای کشت ارزن علوفه‌ای از طبقه خیلی مناسب به مناسب گردید. با توجه به عوامل فوق که باعث کاهش پتانسیل اراضی از خیلی مناسب به مناسب در این پهنه می‌شوند به کارگیری کودهای شیمیایی و آلی می‌تواند موجبات افزایش پتانسیل این ناحیه را جهت افزایش محصول علوفه ارزن فراهم کند. از کل سطح اراضی زراعی مورد مطالعه، ۱۵۷۴۸۶/۶۸ هکتار (معادل ۲۳/۲۳ درصد) با ارزش فازی ۰/۳۵ تا ۰/۵۰ در طبقه ضعیف قرار گرفت و این طبقه بیشتر در شهرستان‌های الیگودرز، ازنا و دلفان مشاهده شد. کاهش ارزش فازی عواملی چون دمای کمینه و متوسط و ارتفاع از سطح دریا (در شرق، شمال، شمال غرب و مرکز)، ماده آلی و نیتروژن کل (در شرق و شمال) و بافت خاک (در شمال غرب) ارزش اراضی زراعی را از مناسب به ضعیف برای کشت ارزن علوفه‌ای تقلیل داد. این پهنه به سبب ارزش پایین اراضی برای کشت ارزن و توفیق کم در برداشت

جدول ۷- درصد مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی‌شده برای کشت ارزن علوفه‌ای

پهنه	مساحت (%)
خیلی مناسب (S1)	۱۶/۳۵
مناسب (S2)	۶۰/۴۲
ضعیف (S3)	۲۳/۲۳
نامناسب (NS)	۰



شکل ۵- تناسب‌بندی نهایی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت ارزن علوفه‌ای براساس منطق فازی

نتیجه‌گیری

زراعی لرستان باعث محدودیت برای این گیاه می‌شد. با توجه به جزئی‌نگری منطق فازی، ترکیب آن با تکنیک‌های ANP و GIS سبب شد توانایی‌ها و محدودیت‌های زراعی استان لرستان برای کشت ارزن علوفه‌ای بهتر شناخته شود تا بتوان استفاده بهینه بیشتری از این منطقه به عمل آورد. پایگاه داده‌ای حاصل از این پژوهش شرایط را برای استفاده کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت اراضی زراعی ایجاد کرد. به طوری که می‌توان با برنامه‌ریزی و اعمال مدیریت زراعی درست از توان ذاتی بخش وسیعی

هدف این تحقیق ارزیابی تناسب اراضی زراعی استان لرستان به کمک منطق فازی، ANP و GIS برای کشت دوم (تابستانه) ارزن علوفه‌ای بود. نتایج نشان داد اراضی زراعی استان لرستان دارای استعداد خیلی مناسب (۱۶/۳۵ درصد)، مناسب (۶۰/۴۳ درصد) و ضعیف (۲۳/۲۳ درصد) برای کشت ارزن بودند. بررسی عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاکی نشان داد به جزء pH خاک دیگر عوامل هر کدام در بخش یا ناحیه‌ای از اراضی

سیاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است که با همکاری و حمایت‌های مالی معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه پیام نور استان لرستان انجام گردیده که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

از ناحیه مورد مطالعه استفاده لازم را کرد و به عملکرد علوفه‌ای مناسب دست یافت. اما در مناطق سردسیر شرق و شمال شرق بایستی با تغییر تاریخ کاشت از تابستان به بهار به عملکرد مورد نظر رسید.

منابع مورد استفاده

- Ahmad M. 2015. Land suitability classification for sorghum (*Sorghum bicolor* L. moench) in Bunkure, Kano state, Nigeria. M.sc thesis Department of geography, faculty of science Ahmadu Bello University, Zaria, Nigerian.
- Ahmadi M, Fallahi Khoshji M and Khaledi Sh. 2016. Agroclimatic zoning of barley cultivation in Lorestan province using analytical hierarchy process (AHP) and fuzzy models. Journal of Agroecology, 6(1): 11-17. (In Persian).
- Amirian Chakan A. 2011. Spatial modeling of land suitability using fuzzy set theory and geostatistical techniques (Case study: Silakhor plain of Dorud city, Lorestan province). PhD thesis, Tehran University.
- Bijanazadeh E and Mokarram M. 2013. The use of fuzzy- AHP methods to assess fertility classes for wheat and its relationship with soil salinity: east of Shiraz, Iran: A case study. Australian Journal of Crop Science, 7(11): 1699-1706.
- Braimoh AK, Vlek PG and Stein A. 2004. Land evaluation for maize based on fuzzy set and interpolation. Environmental Management, 33: 226-238.
- Elaalem, M. 2010. The application of land evaluation techniques in Jeffara plain in Libya using fuzzy methods. PhD thesis, University of Leicester.
- Esa E and Assen M. 2017. A GIS based land suitability analysis for sustainable agricultural planning in Gelda catchment, Northwest Highlands of Ethiopia. Journal of Geography and Regional Planning, 10(5): 77-91.
- Houshyar E, Sheikh Davoodi MJ, Almassi M, Bahrami H, Azadi H, Omidi M, Sayyad Gh and Witloxb F. 2014. Silage corn production in conventional and conservation tillagesystems. Part I: sustainability analysis using combination of GIS/AHP and multi-fuzzy modeling. Ecological Indicators, 39:102-114.
- Kahsay A, Haile M, Gebresamuel G and Mohammed M. 2018. Land suitability analysis for sorghum crop production in northern semi-arid Ethiopia: Application of GIS-based fuzzy AHP approach. Cogent Food & Agriculture, 4: 1507184.
- Kamkar B and Mahdavi Damghani AM. 2008. Fundamental of Sustainable Agriculture. Jihad Daneshgahi Press of Mashhad. 315 p. (In Persian).
- Khajehpour MR. 2013. Cereal Crops. University Jihad of Isfahan University Technology Branch. 763 p. (In Persian).
- Khodabandeh N. 2009. Forages Crops. Publication of Iranian Agricultural Science. (In Persian).
- Koocheki A, Nasiri Mahalati M, Moradi R and Mansoori H. 2013. Zoning status of sustainable agricultural development in Iran and providing strategies. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23(4): 197-179. (In Persian).
- Koocheki H, Hosseini M and Hashemi Dezfooli A. 2008. Sustainable Agriculture. (Translation). University Jihad Press of Mashhad. 162 p. (In Persian).
- Makhdoom M. 2012. Land use Planning Fundamental. University of Tehran Press. (In Persian).

- Moshiri F, Tehrani MM, Shahabi AA, Keshavarz P, Khogar Z, Faizi-Asl W, Asadiyeh Rahmani H, Samavat S, Sedri MH, Rashidi N, Saadat S and Khademi Z. 2014. Instructions for integrated management of soil fertility and wheat nutrition. Soil and Water Research Institute. 33 p. (In Persian).
- Nazari Viand F, Koohestani H, Zarifian Sh, Kazemieh F. 2020. Land suitability assessment for agriculture using analytical hierarchy process in northern parts of Khalkhal county (case study: Mikaeel abad catchment). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 93(9): 225-239. (In Persian).
- Nwer B. 2005. The application of land evaluation technique in the north-east of Libya. PhD thesis, Cranfield University, Silsoe.
- Pilevar AR, Matinfar HZ, Sohrabi A and Sarmadian F. 2020. Integrated fuzzy, AHP and GIS techniques for land suitability assessment in semi-arid regions for wheat and maize farming. *Ecological Indicators*. 110: 105887
- Pourhadian H. 2018. Yield gap analysis of forage maize using crop modeling, Remote Sensing and Geographical Information System approaches; A case study: four basins of Golestan province. Ph.D thesis, College of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian).
- Pourhadian H. 2020. Ability evaluation of Lorestan province climatic for second cultivation of forage sorghum. 16th National Iranian Crop Science Congress. Mollasani, Iran. (In Persian).
- Rahman Salari K and Omidvari Sh. 2016. Study of the efficiency of geostatistical methods (kriging and IDW) in preparing the fertility map of Kamalvand plain of Khorramabad. International Conference on Architecture, Urbanism, Civil Engineering, Art, Environment; Future Horizons and retrospect, Tehran, Iran. (In Persian).
- Saaty TL. 1999. Fundamentals of the Analytic Network Process. Proceedings of ISAHP, Kobe, Japan, August, 12-14.
- Sanjani S. 2012. Agroecological zoning and assessment yield gap of three crops of wheat, sugar beet and corn in Khorasan province. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Seidi Shahivandi, M, Khaledi Sh, Shakiba A and Mirbagheri B. 2013. Zoning of agricultural climate of grain maize in Lorestan province using GIS techniques. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 13(29): 195-216. (In Persian).
- Seyed Jalai SA, Navidi MN, Zeinadini Meymand A and Mohammad Esmail Z. 2019. Field crops requirements. Organization Soil and Water Research Institute. 250 p. (In Persian).
- Seyedmohammadi J, Esmaeelnejad L, Ramezanzpour H. 2016. Increasing efficiency of soil fertility map for rice cultivation using fuzzy logic, AHP and GIS, *Journal Water and Soil*, 30(4): 1114-1129. (In Persian).
- Shah-Moridi R, Kazemi H and Kamkar B. 2016. Evaluation of Sustainable Agricultural Development in Golestan Province. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(1): 197-215. (In Persian).
- Sharififar A, Ghorbani H and Sarmadian F. 2016. Soil suitability evaluation for crop selection using fuzzy sets methodology. *Acta agriculturae Slovenica*, 107(1): 159-174.
- Tadesse M and Negese A. 2020. Land suitability evaluation for sorghum crop by using GIS and AHP techniques in Agamsa subwatershed. Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*. 6: 1743624.
- Yitbarek T, Kibret, K., Gebrekidan H and Beyene S. 2013. Physical land suitability evaluation for rainfed production of cotton, maize, upland rice and sorghum in Abobo area, western Ethiopia. *American Journal of Research Communication*, 1(10): 296-316.
- Zhang J, Su Y, Wu J and Liang H. 2015. GIS based land suitability assessment for tobacco production and fuzzy set in Shandong province of China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114: 202-211.
- Zolfagharnejad H and Kazemi H. 2016. Evaluation of environmental variables to identify suitable areas for corn cropping using spatial analysis of geographic information system. *Journal of Agroecology*, 6(2): 197-211.