Vol 25, No. 4, Winter 2023

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Analysis of Effect Environmental Factors on Cultivation of Forage Maize Using of Fuzzy Logic

Hossein Pourhadian✉

Corresponding Author, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran. E-mail: hpoorhadian@pnu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 25 December 2023
Received in revised form
29 July 2023
Accepted 29 August 2023
Published online 13 December 2023

Keywords:
ANP
GIS
Lorestan
Organic matter
Zoning

ABSTRACT

Objective: The precise zoning of environmental factors in each region for agricultural activities provides a very important guide for decision-making by managers and policymakers in the agricultural sector and farmers. Therefore, this study was conducted to zone arable lands in Lorestan Province for summer (second) forage maize cultivation using GIS, network analysis process (ANP), and fuzzy logic in 2022.

Methods: First, the raster layer of environmental factors affecting forage maize cultivation including climatic factors (minimum, maximum and average temperature), topography (altitude and slope), and soil (pH, texture, available potassium, available phosphorus, organic matter and total nitrogen) got prepared in GIS. Then, using fuzzy functions, the map of each factor was fuzzy and the weight of each factor was determined by ANP. The final layers were produced by combining the weighted layers, and finally these layers were zoned into four highly suitable, suitable, marginally suitable, and unsuitable layers.

Results: The results of this study indicate that 96.35% of the study area has suitable conditions and 3.65% has marginal ones. Except for a small part of the north and south of the agricultural lands of Lorestan Province, the rest of the lands had suitable conditions. Evaluation of fuzzy maps showed that the highest fuzzy importance was related to climatic factors (0.63) and the least to soil factors (0.53).

Conclusion: A separate evaluation of climatic, topographic and soil factors maps indicates that all factors except soil pH limit the cultivation of forage maize in Lorestan Province.

Cite this article: Pourhadian, H. (2023). Analysis of Effect Environmental Factors on Cultivation of Forage Maize Using of Fuzzy Logic. *Journal of Crops Improvement*, 25 (4), 1009-1022.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352960.2776

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352960.2776

دوره بیست و پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

تحلیل اثر عوامل محیطی بر کشت ذرت علوفه‌ای با استفاده از منطق فازی

حسین پورهادیان ✉

نویسنده مسئول، استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران. رایانامه: hpoorhadian@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲

کلیدواژه‌ها:

پهنه‌بندی

لرستان

ماده آلی

GIS

ANP

چکیده

هدف: پهنه‌بندی دقیق عوامل محیطی هر منطقه برای فعالیت‌های کشاورزی، راهنمای بسیار مهمی برای تصمیم‌گیری مدیران و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی و کشاورزان فراهم می‌کند. این پژوهش به‌منظور پهنه‌بندی اراضی زراعی در استان لرستان برای کشت دوم ذرت علوفه‌ای در سال ۱۴۰۰، به‌کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و منطق فازی انجام گرفت.

روش پژوهش: ابتدا لایه رستری عوامل محیطی مؤثر بر کشت ذرت علوفه‌ای شامل عوامل اقلیمی (دمای کمینه، بیشینه و متوسط)، توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا و شیب) و خاکی (اسیدیته، بافت، پتاسیم قابل‌دسترس، فسفر قابل‌دسترس، ماده آلی و نیتروژن کل) در محیط GIS تهیه شد. سپس با استفاده از توابع فازی نقشه هر عامل فازی‌سازی گردید و وزن هر عامل به‌کمک ANP تعیین شد. با ترکیب لایه‌های وزن‌دارشده، لایه‌های نهایی تولید گردید و در نهایت این لایه‌ها به چهار طبقه خیلی‌مناسب، مناسب، ضعیف و نامناسب پهنه‌بندی شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ۹۶/۳۵ درصد از سطح محدوده موردمطالعه دارای شرایط مناسب و ۳/۶۵ درصد دارای شرایط ضعیف برای کشت ذرت می‌باشد. به‌جز بخش کمی از شمال و جنوب اراضی زراعی استان لرستان، بقیه اراضی دارای شرایط مناسب بودند. ارزیابی نقشه‌های فازی نشان داد بیش‌ترین اهمیت فازی مربوط به عوامل اقلیمی (۰/۶۳) و کمترین به عوامل خاکی (۰/۵۳) می‌باشد. بررسی جداگانه نقشه‌های عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاکی حاکی از ایجاد محدودیت توسط تمام عوامل به‌جز pH خاک برای کشت ذرت علوفه‌ای در استان لرستان می‌باشد.

نتیجه‌گیری: در نهایت توجه به نتیجه این مطالعه زمینه منطقی برای برنامه‌ریزی استفاده بهینه از کاربری اراضی زراعی، مدیریت گیاه ذرت علوفه‌ای و افزایش درآمد کشاورزان را فراهم خواهد کرد.

استناد: پورهادیان، حسین (۱۴۰۲). تحلیل اثر عوامل محیطی بر کشت ذرت علوفه‌ای با استفاده از منطق فازی. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۴)، ۱۰۲۲-۱۰۰۹.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352960.2776

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

تأمین علوفه دام نقش بسیار زیادی در تولید فرآورده‌های دامی و امنیت غذایی بشر دارد، چرا که حدود ۸۰ درصد از هزینه جاری هر دامپروری به تأمین علوفه برمی‌گردد. ذرت با عنوان سلطان غلات اهمیت زیادی در تغذیه دام و طیور به‌صورت کیفی و کمی به طریق دانه، علوفه سیلوی و سبز دارد. این گیاه به‌دلیل عملکرد بالای علوفه سیلویی همواره موردتوجه کشاورزان و دامداران بوده است (خواجه‌پور، ۱۳۹۲). به‌طوری‌که براساس آمار وزارت جهادکشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰، ذرت علوفه‌ای سطح ۲۶۱۱۱۹ هکتاری با مجموع عملکرد ۱۲۷۱۰۱۵۰ تنی نقش مهمی در تأمین علوفه بخش دامپروی کشور داشته است و از این سطح و عملکرد به‌ترتیب ۳۷۷۳ هکتار و ۱۷۷۲۰۷ تن به استان لرستان اختصاص دارد (مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۴۰۱).

یکی از روش‌های مهم در استفاده مفید از نهاده‌های کشاورزی مانند زمین، کشت پی‌درپی محصولات از جمله کشت گیاهان علوفه‌ای بعد از برداشت غلات پاییزه می‌باشد و به‌کمک این روش می‌توان عملکرد در واحد زمان را به طرز چشم‌گیری افزایش داد (خواجه‌پور، ۱۳۸۷). لذا برای این مهم اولین مورد، سنجش توانایی هر منطقه با توجه به توان اکولوژیکی آن و نیاز بوم‌شناختی- زراعی هر گیاه می‌باشد. در واقع پهنه‌بندی و آمایش سرزمین شرایط را برای شناخت عوامل مطلوب و غیرمطلوب برای گیاه موردنظر مهیا می‌کند و شرایط را برای استفاده پایدار از نهاده‌های کشاورزی با تکیه بر رعایت مسائل زیست‌محیطی فراهم می‌سازد (پورهادیان، ۱۳۹۶؛ شاهی‌مریدی و همکاران، ۱۳۹۶). در میان تمام روش‌های توانایی‌سنجی مثل روش آزمایشگاهی، مزرعه‌ای و آمایشی در بلندمدت و در سطح وسیع شیوه سنجش به‌کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌ها و ابزارهای نهفته در آن با تکیه بر تمام عوامل مؤثر بر زراعت هر محصول بهترین و کم‌هزینه‌ترین از لحاظ دقت و زمان می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۲؛ نظری‌وبند و همکاران، ۱۳۹۹؛ Agber *et al*., 2018). به‌طوری‌که تحقیقات انجام گرفته به‌کمک این سامانه و با استفاده از عوامل محیطی تأثیرگذار بر کشت هر گیاه در مناطق مختلف جهان گواه بر این موضوع می‌باشد (پورهادیان، ۱۳۹۸؛ Yohannes & Soromessa, 2018; Seyedmohammadi *et al*., 2019).

۲. پیشینه پژوهش

شناخت توانایی اراضی کشاورزی هر منطقه به‌کمک عوامل مختلف چون عوامل اقلیمی، عوامل خاک و عوامل توپوگرافی می‌تواند به‌خوبی کشاورزان را در یافتن مناطق مناسب هر کشت کمک کند تا بهره لازم از منابع و سرمایه‌گذاری‌های خود به‌دست آورند و از مخاطرات زیست‌محیطی جلوگیری شود (پورهادیان، ۱۴۰۰؛ Ahmadi *et al*., 2016). پورهادیان و همکاران (۱۳۹۹) حاصل‌خیزی اراضی چهار حوضه آبریز استان گلستان با استفاده از GIS، منطق فازی و ANP برای کشت ذرت علوفه‌ای موردبررسی قرار دادند و دریافتند ترکیب این روش‌ها کمک شایانی در شناسایی پتانسیل منطقه موردمطالعه می‌کند. آن‌ها گزارش کردند که حدود ۶۰ درصد از سطح موردبررسی دارای حاصل‌خیزی متوسط است و کمبود نیتروژن کل و عنصر روی بیش‌ترین محدودیت را برای کشت ذرت ایجاد می‌کند. Pilevar *et al*. (2020) با استفاده از ترکیب تکنیک‌های فازی، AHP و GIS برای مطالعه تناسب‌بندی اراضی در مناطق نیمه‌خشک برای کشت گندم و ذرت نتیجه گرفتند که با تلفیق این تکنیک‌ها می‌توان شرایط را برای برنامه‌ریزی دقیق و مؤثر و مدیریت بهتر کاربری زمین برای تولیدات کشاورزی فراهم کرد. این پژوهش‌گران گزارش کردند بیش‌ترین سطح از منطقه موردمطالعه دارای شرایط مناسب برای کشت گندم (۷۸/۲۳ درصد) و ذرت (۶۱/۵۱ درصد) می‌باشد. Nabati *et al*. (2020) با به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی در پهنه‌بندی اگرواکولوژی استان لرستان با استفاده از عوامل اقلیمی، توپوگرافی، خاکی و کاربری اراضی برای کشت پاییزه و بهاره نخود به این نتیجه رسیدند که پهنه‌بندی اقلیمی و پهنه‌بندی کاربری اراضی نقش اساسی در تعیین مناطق مطلوب برای تولید نخود در

شرایط دیم و آبیاری دارد و استفاده از GIS و منطق فازی باعث افزایش دقت داده‌های فضایی، تجزیه و تحلیل مفیدتر و دسترسی بیش‌تر به داده‌ها را بهبود می‌بخشید. Muzira *et al.* (2021) با مطالعه اراضی کشور زیمباوه برای کشت ذرت و سورگوم دریافتند بیش‌ترین سطح این کشور برای کشت این دو گیاه دارای شرایط نسبتاً مناسب به‌ترتیب با سهم ۴۶/۵ و ۵۰/۷ درصدی می‌باشد و این پژوهش‌گران گزارش کردند با توجه به خصوصیات گیاهان موردمطالعه و استعداد منطقه شرایط برای کشت و تولید سورگوم نسبت به ذرت فراهم‌تر است.

با توجه قدمت دامپروری در استان لرستان و استفاده وسیع از مراتع و تخریب آن‌ها در اثر چرای بی‌رویه و هم‌چنین خشک‌سالی‌های پی‌درپی اخیر می‌طلبد که هر گیاه در عرصه‌ای کشت شود که علاوه بر استفاده بهینه از نهاده‌های مصرفی، بیش‌ترین عملکرد حاصل شود. بنابراین این پژوهش با استفاده از ترکیب منطق فازی، ANP و GIS در راستای اهداف فوق طرحی و اجرا شد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

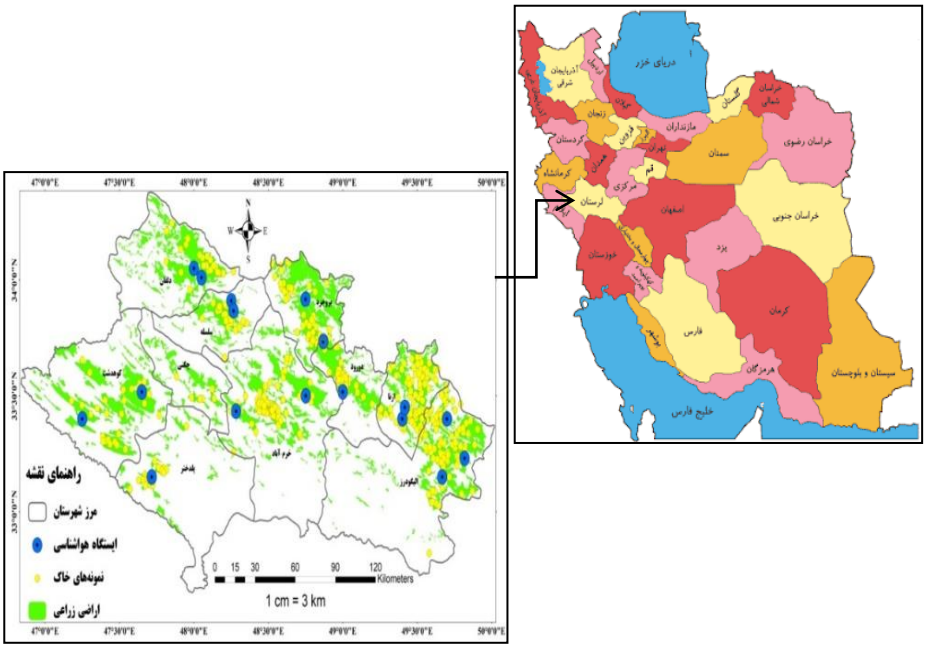
۳. ۱. منطقه موردمطالعه

استان لرستان یکی از استان‌های غربی ایران است. این استان با مساحت ۲۸۲۹۴ کیلومترمربع بین مدارهای ۴۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۰۱ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه و ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. استان لرستان از شمال به استان همدان، از شمال شرقی به استان مرکزی، از شرق به استان اصفهان، از جنوب‌شرقی به استان چهارمحال و بختیاری، از جنوب به استان خوزستان، از غرب به استان ایلام و از شمال‌غربی به استان کرمانشاه محدود می‌شود (شکل ۱). میانگین ارتفاع استان لرستان بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد و پست‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۳۹ متر در دشت‌های استان و بلندترین قله آن اشترانکوه با ارتفاع حدود ۴۰۸۰ متر از سطح دریا است. آب‌وهوای این استان متنوع بوده و این تنوع از شمال و شرق به جنوب و غرب کاملاً مشهود می‌باشد. به‌همین دلیل استان لرستان یکی از قطب‌های مهم تولیدات زراعی، باغی و دامی در ایران است، به‌طوری‌که با کشت ۲۸۰۲۲ هکتار گیاهان مختلف علوفه‌ای در سال زراعی ۱۴۰۰۱۳۹۹ (مرکز آمار و فن‌آوری اطلاعات، ۱۴۰۱) بخش عمده‌ای از نیاز علوفه‌ای صنعت دامداری خود را تأمین می‌کند.

۳. ۲. نیازمندی‌های بوم‌شناختی ذرت و فازی‌سازی آن‌ها

عوامل محیطی (اقلیمی، توپوگرافی و خاکی)، مقادیر آستانه و توابع فازی مورداستفاده جهت پهنه‌بندی استعداد اراضی زراعی استان لرستان در جدول (۱) ارائه شده است. عوامل اقلیمی شامل دمای کمینه، بیشینه و متوسط تهیه‌شده از اداره کل هواشناسی و شرکت سهامی آب منطقه استان لرستان، عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع از سطح دریا و شیب اراضی زراعی و عوامل خاکی شامل ماده آلی، اسیدیته، بافت، نیتروژن کل، پتاسیم قابل‌دسترس و فسفر قابل‌دسترس (بخش آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، نتایج آزمایش خاک کشاورزان؛ امیریان چکان، ۱۳۹۰؛ رحمانی سالاری و امیدواری، ۱۳۹۴) بودند. برای فازی‌سازی این عوامل لایه رستری آن‌ها پیکسل به پیکسل با استفاده یک تابع ریاضی درجه عضویت فازی صفر و ۱ تعریف شد. درجه عضویت ۱ به ایده‌آل‌ترین حالت و درجه صفر به کم‌ترین حالت تعلق گرفت و بقیه حالت‌ها بین صفر و یک واقع شد. نوع تابعی که جهت استانداردسازی فازی هر فاکتور به‌کار گرفته شد براساس ماهیت و میزان آن در منطقه موردمطالعه و تأثیرش بر ذرت علوفه‌ای انتخاب گردید. به‌عنوان مثال، برای ارتفاع از سطح دریا تابع فازی خطی کاهشی تعریف شد که ارتفاع مساوی و کم‌تر از ۱۲۰۰ متری درجه

عضویت ۱ و ارتفاع مساوی و بیش‌تر ۲۵۰۰ متر درجه عضویت صفر تعیین شد و دامنه ارتفاع بین ۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰ درجه عضویت بین صفر و ۱ تعلق گرفت.



شکل ۱. نقشه موقعیت استان و شهرستان‌های لرستان، ایستگاه‌های هواشناسی، نمونه‌های خاک، اراضی زراعی

جدول ۱. عوامل ارزیابی تناسب‌بندی، مقادیر آستانه و انواع تابع فازی برای گیاه ذرت علوفه‌ای

عوامل	عامل محیطی	واحد	حد بحرانی	حد مطلوب	تابع فازی
اقلیمی	دمای کمینه	°C	۷> و ۳۰>	۱۲–۲۴	خطی افزایشی
	دمای بیشینه	°C	۴۰>	۲۰–۳۵	گوسی
	دمای متوسط	°C	۱۴> و ۴۰>	۱۸–۳۲	گوسی
توپوگرافی	ارتفاع از سطح دریا	m	۲۵۰۰	۱۲۰۰>	خطی کاهشی
	شیب	%	۶	۲	خطی کاهشی
خاک	ماده آلی خاک	%	۰/۵	۲	خطی افزایشی
	اسیدیته خاک	-	۵/۲> و ۸/۵>	۶–۷	گوسی
	بافت خاک	–	شنی	لومی، لومی‌شنی، لومی‌سیلتی	خطی افزایشی
	نیتروژن کل	$g.kg^{-1}$	۰/۱	۰/۲	خطی افزایشی
	پتاسیم قابل‌دسترس	$g.kg^{-1}$	۱۵۰	۳۰۰	خطی افزایشی
	فسفر قابل‌دسترس	$g.kg^{-1}$	۵	۱۶	خطی افزایشی

۳. ۳. تعیین وزن عوامل محیطی

تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها مؤثر بر کشت ذرت علوفه‌ای براساس نظر متخصصان کشاورزی از طریق پرسش‌نامه و تجزیه و تحلیل با استفاده از روش ANP انجام گرفت. برای این منظور ماتریس ۳×۳ تشکیل شد و پس از ثبت نظر کارشناسان به‌صورت جداگانه و در نرم‌افزار Super Decision (نسخه ۲.۲.۶) و تعیین درجه ناسازگاری، پرسش‌نامه‌های معتبر انتخاب شدند و از میانگین وزن معیارها و زیرمعیارهای معتبر وزن عوامل مؤثر بر کشت ذرت علوفه‌ای تعیین گردید که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است.

۳. ۴. نحوه پهنه‌بندی اراضی زراعی

بعد از تولید لایه‌های رستری عوامل محیطی در محیط GIS (نسخه ۱۰.۷) هر لایه براساس نیاز اکولوژیکی گیاه ذرت علوفه‌ای فازی‌سازی شد. با روی‌هم‌گذاری لایه‌های دمای کمینه، بیشینه و متوسط؛ لایه پهنه‌بندی اقلیمی، ارتفاع از سطح دریا و شیب؛ لایه پهنه‌بندی توپوگرافی و بافت، پتاسیم قابل‌دسترس، فسفر قابل‌دسترس، ماده آلی، نیتروژن کل و pH؛ لایه پهنه‌بندی حاصل‌خیزی به‌کمک ابزار حسابگر شبکه‌ای و اختصاص وزن هر لایه حاصل از ANP تهیه شدند. لایه نهایی پهنه‌بندی اراضی از ترکیب لایه‌های پهنه‌بندی اقلیمی، توپوگرافی و حاصل‌خیزی خاک و اعمال اوزان معیارهای اصلی حاصل شد. در نهایت تمام لایه‌های تولیدی براساس ارزش فازی به چهار طبقه خیلی‌مناسب (۰/۷۵ تا ۱)، مناسب (۰/۵۰ تا ۰/۷۵)، ضعیف (۰/۲۵ تا ۰/۵۰) و نامناسب (صفر تا ۰/۲۵) تقسیم شدند (پورهادیان، ۱۳۹۶) و پهنه و استعداد منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۲. وزن معیارها و زیرمعیارهای مربوط به عوامل محیطی مؤثر بر کشت ذرت علوفه‌ای

معیار	زیرمعیار	وزن
عوامل اقلیمی		۰/۵۶۳۷۲۵
	دمای کمینه	۰/۲۲۸۵۷۹
	دمای بیشینه	۰/۵۳۸۲۸۴
	دمای متوسط	۰/۲۳۲۴۷۱
عوامل توپوگرافی		۰/۰۹۷۶۰۴
	ارتفاع از سطح دریا	۰/۴۸۶۰۹۱
	شیب	۰/۵۱۳۹۰۹
عوامل خاکی		۰/۳۲۷۶۹
	اسیدیته (pH)	۰/۱۱۸۱۳
	بافت	۰/۱۴۴۷۵
	ماده آلی	۰/۳۰۹۳۶
	پتاسیم	۰/۰۹۸۱۵
	فسفر	۰/۱۰۲۳۸
	نیتروژن	۰/۲۲۵۵۷

۴. یافته‌های پژوهش

۴. ۱. پهنه‌بندی فازی اقلیمی

بررسی عوامل آب‌وهوایی دخیل در پهنه‌بندی اقلیمی اراضی زراعی استان لرستان نشان داد دمای متوسط دارای بیش‌ترین درجه عضویت فازی (با میانگین ۰/۸۷) و شرایط خیلی‌مناسب (۸۵/۴۵ درصد از کل اراضی) بود و دمای کمینه کم‌ترین درجه عضویت فازی (با میانگین ۰/۵۰) و بیش‌ترین شرایط ضعیف (۴۲/۲۳ درصد از کل اراضی) را به خود اختصاص داد. هم‌چنین دمای بیشینه درجه عضویت فازی متوسطی (با میانگین ۰/۵۹) داشت و بیش‌ترین شرایط آن خیلی مناسب (۳۶/۸۹ درصد از کل اراضی) بود (جدول‌های ۳ و ۴). نقشه فازی نهایی اقلیمی حاکی از آن است که درجه عضویت بین ۰/۲۹ تا ۰/۸۷ بود و ارزش فازی از جنوب به سمت شرق، شمال و غرب افزایش یافت (شکل ۲) و بیش‌ترین سطح دارای شرایط مناسب (۸۲/۹۳ درصد از کل اراضی) بود (جدول ۴).

۴. ۲. پهنه‌بندی فازی توپوگرافی

بررسی دامنه تغییرات عوامل توپوگرافی نشان داد درجه عضویت فازی ارتفاع از سطح دریا و شیب اراضی زراعی بین صفر

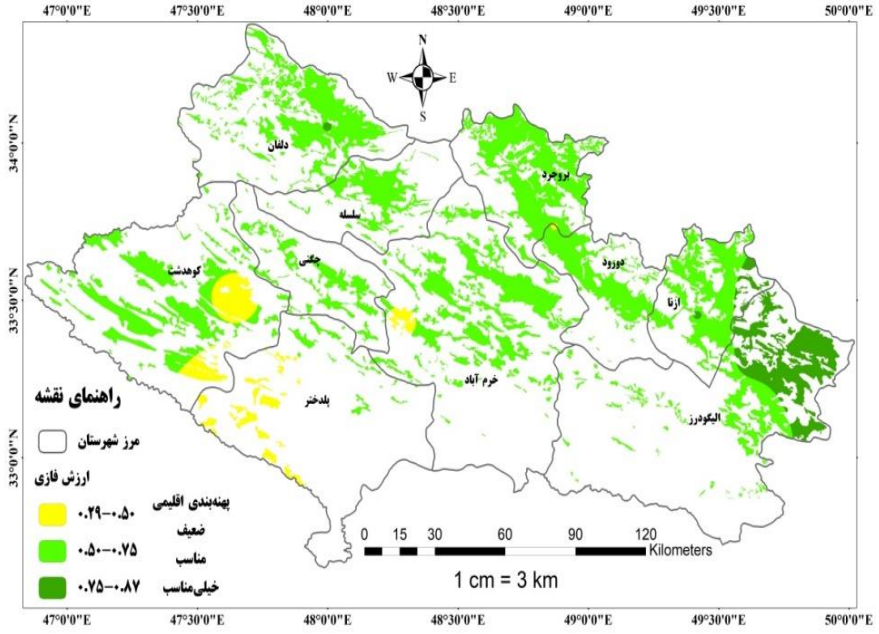
تا ۱ بود، اما درجه عضویت فازی شیب با میانگین ۰/۶۴ نسبت به ارتفاع از سطح دریا با میانگین ۰/۶۰ بیش‌تر بود. با حرکت از سمت شمال و شرق به سمت جنوب و غرب محدوده موردمطالعه درجه عضویت فازی ارتفاع از سطح دریا افزایش یافت و بیش‌ترین سطح دارای درجه عضویت فازی بالا و شرایط خیلی‌مناسب (۳۳/۱۶ درصد از کل اراضی) بود، ولی درجه عضویت فازی شیب اراضی روند مشخصی به‌دلیل کوهستانی‌بودن منطقه نداشت. لازم به یادآوری است دشت‌ها و مناطق هموار دارای درجه عضویت فازی بیش‌تری بودند و بیش‌ترین سطح دارای درجه عضویت فازی بالا و شرایط خیلی‌مناسب (۵۴/۳۳ درصد از کل اراضی) بود (جدول‌های ۳ و ۴). پهنه‌بندی نهایی فازی توپوگرافی نشان داد ارزش فازی بین صفر تا ۱ بود و درجه عضویت فازی از شرق و شمال به سمت جنوب و غرب افزایش یافت (شکل ۳) و بیش‌ترین سطح دارای شرایط خیلی‌مناسب (۳۶/۹۷ درصد از کل اراضی) بود (جدول ۴).

جدول ۳. دامنه تغییرات، توابع و مقادیر فازی عوامل محیطی برای کشت ذرت علوفه‌ای در اراضی زراعی استان لرستان

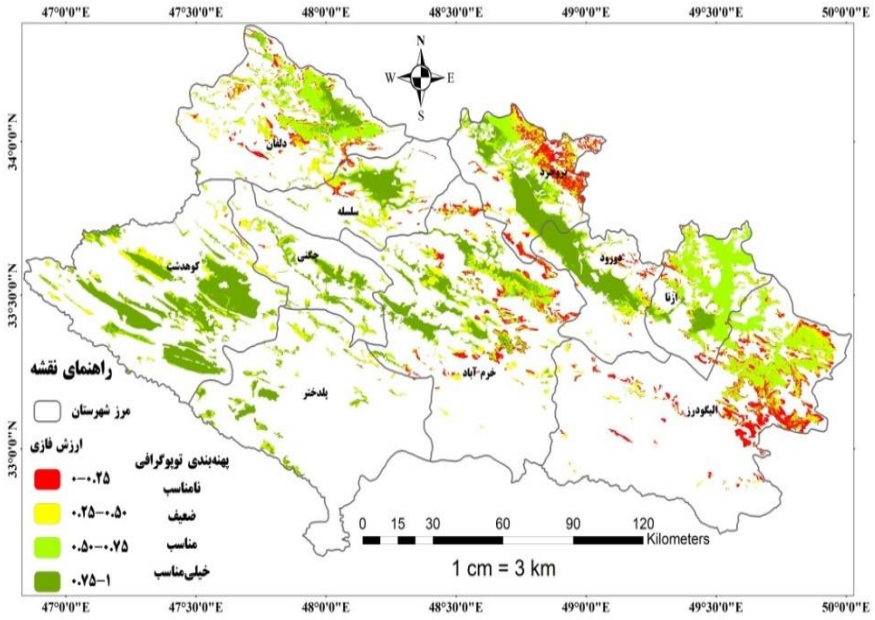
عوامل	عامل محیطی	دامنه تغییرات	واحد	دامنه تغییرات فازی (میانگین)
اقلیمی	دمای کمینه	۲۴–۶/۹۸	°C	۱–۰ (۰/۵۰)
	دمای بیشینه	۳۹–۲۹/۹۹	°C	۰/۰–۰۴/۶۷(۰/۵۹)
	دمای متوسط	۱۷/۳۲–۰۴/۹۸	°C	۰/۱–۲۰ (۰/۸۷)
توپوگرافی	ارتفاع از سطح دریا	۳۱۰۳–۳۶۲	m	۱–۰ (۰/۶۰)
	شیب	۵۵–۰/۵۹	%	۱–۰ (۰/۶۴)
خاک	ماده آلی خاک	۰/۱–۵۲/۴۷	%	۰/۰–۰۱/۶۵ (۰/۳۵)
	اسیدیته خاک	۷/۷–۴۴/۹۸	-	۰/۰–۸۰/۹۲ (۰/۸۶)
	بافت خاک	۱۰ کلاس از ۱۲ کلاس اصلی خاک	–	۱–۰ (۰/۶۵)
	نیتروژن کل	۰/۰–۰۵/۱۸	$g.kg^{-1}$	۰/۰–۰۱/۸۶ (۰/۳۲)
	پتاسیم قابل‌دسترس	۱۴۷/۴۲۳–۷۷/۸۰	$g.kg^{-1}$	۱–۰ (۰/۹۲)
	فسفر قابل‌دسترس	۴/۲۹–۲۷/۳۳	$g.kg^{-1}$	۱–۰ (۰/۶۰)

جدول ٤. مساحت پهنه‌های عوامل محیطی و نهایی برای کشت علوفه‌ای در اراضی زراعی لرستان براساس منطق فازی

عوامل	طبقات تناسب عوامل محیطی			
	خیلی‌مناسب (درصد)	مناسب (درصد)	ضعیف (درصد)	نامناسب (درصد)
دمای کمینه	۱۳/۳۱	۳۴/۲۰	۴۲/۲۳	۱۰/۲۶
دمای بیشینه	۳۶/۸۹	۲۹/۶۳	۱۵/۵۹	۱۷/۷۸
دمای متوسط	۸۵/۴۵	۱۲/۵۲	۱/۵۳	۰/۵۰
اقلیم	۹/۹۶	۸۲/۹۳	۷/۱۱	۰
ارتفاع از سطح دریا	۳۳/۱۶	۲۴/۵۹	۳۲/۰۴	۱۰/۲۱
شیب	۵۴/۳۳	۱۱/۳۵	۸/۱۰	۲۶/۲۲
توپوگرافی	۳۶/۹۷	۲۸/۴۶	۲۱/۲۷	۱۳/۳۱
اسیدیته (pH)	۱۰۰	۰	۰	۰
بافت	۲۶/۲۲	۴۱/۵۸	۳۲/۲۱	۰
پتاسیم قابل‌دسترس	۸۵/۸۳	۸/۷۶	۴/۱۴	۱/۲۷
فسفر قابل‌دسترس	۲۸/۱۳	۳۴/۸۳	۲۹/۰۹	۸/۰۴
ماده آلی	۰	۹/۳۶	۷۲/۰۵	۱۸/۵۹
نیتروژن کل	۰/۰۱	۱/۵۵	۱۱/۵۷	۸۶/۸۷
حاصل‌خیزی	۰/۰۱	۰/۷۰	۰/۲۹	۰
پهنه‌بندی نهایی	۰	۹۶/۳۵	۳/۶۵	۰



شکل ۲. نقشه پهنه‌بندی فازی اقلیمی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت دوم ذرت علوفه‌ای

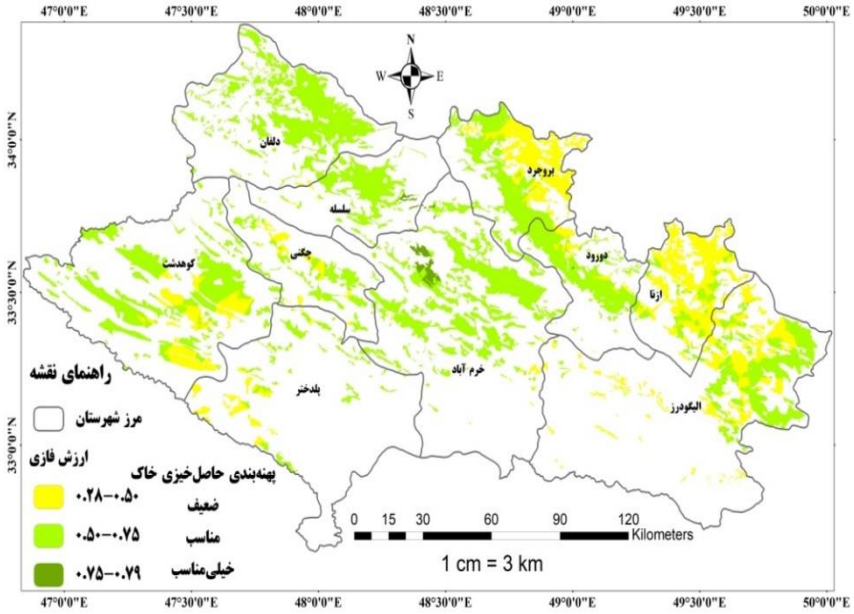


شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی فازی توپوگرافی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت دوم ذرت علوفه‌ای

۴. ۳. پهنه‌بندی فازی خاک اراضی زراعی

بررسی عوامل خاک حاکی از آن است که پتاسیم قابل‌دسترس (با میانگین ۰/۹۲) و اسیدیته خاک (با میانگین ۰/۸۵) دارای بیش‌ترین درجه عضویت فازی و شرایط خیلی‌مناسب به‌ترتیب با سهم ۸۳/۸۵ و ۱۰۰ درصدی از کل اراضی زراعی و نیتروژن کل (با میانگین ۰/۳۲) و ماده آلی خاک (با میانگین ۰/۳۵) دارای کم‌ترین درجه عضویت فازی و بیش‌ترین

وسعت دارای شرایط ضعیف به‌ترتیب با ۷۲/۰۵ و ۸۶/۸۸ درصد از کل اراضی زراعی بودند و بافت خاک (با میانگین ۰/۶۵) و فسفر قابل‌دسترس (با میانگین ۰/۶۰) درجه عضویت فازی مناسب با بیش‌ترین شرایط مناسب به‌ترتیب با سهم ۴۱/۵۸ و ۳۴/۸۴ درصدی بودند (جدول‌های ۳ و ۴). ارزش فازی پهنه‌بندی خاک بین ۰/۲۸ تا ۰/۷۹ بود و بیش‌ترین درجه فازی در مرکز محدوده موردمطالعه واقع شد و کم‌ترین ارزش فازی در شرق و جنوب مشاهده گردید (شکل ۴) و بیش‌ترین سطح دارای شرایط مناسب (۰/۷۰ از کل اراضی) بود (جدول ۴).



شکل ٤. نقشه پهنه‌بندی فازی خاکی (حاصل‌خیزی) اراضی زراعی استان لرستان برای کشت دوم ذرت علوفه‌ای

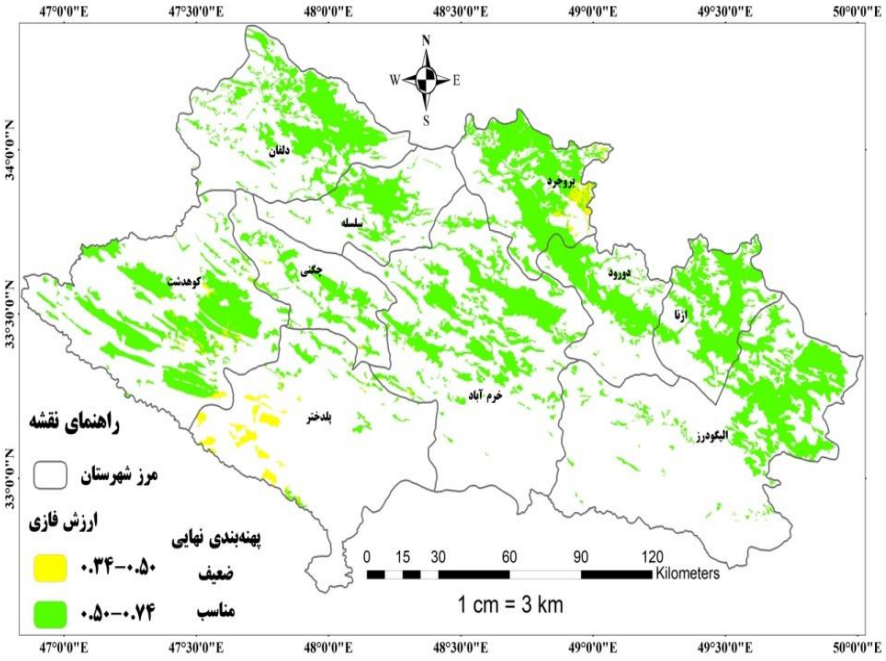
۴. ۴. پهنه‌بندی نهایی فازی اراضی زراعی

پهنه‌بندی نهایی فازی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت ذرت علوفه‌ای بعد از برداشت غلات پاییزه در شکل (۵) ارائه شده است. این نقشه از روی‌هم‌گذاری نقشه‌های فازی نهایی اقلیمی، توپوگرافی و خاکی با اعمال وزن تعیین‌شده معیارهای اصلی حاصل شد و ارزش فازی آن بین ۰/۳۴ تا ۰/۷۴ بود. طبقه‌بندی نقشه نهایی فازی‌شده نشان داد شرایط منطقه دارای دو پهنه مناسب (۹۶/۳۵ درصد از کل اراضی) و ضعیف (۳/۶۵ درصد از کل ارضی) می‌باشد (جدول ۴) و شرایط برای گسترش کشت دوم ذرت علوفه‌ای مهیا است.

۵. بحث

نتایج پهنه‌بندی اقلیمی این مطالعه نشان داد نقش عوامل اقلیمی در کشت گیاه ذرت علوفه‌ای در پهنه‌های مختلف اراضی زراعی استان لرستان بسیار مهم می‌باشد. چرا که شناخت شرایط اقلیمی هر منطقه موجب می‌شود تا با انتخاب درست و به‌موقع تاریخ کاشت، مراحل نمو گیاه را بر نیاز دمایی تطبیق داد و شرایط را برای رشد و عملکرد محصول مناسب مهیا کرد (خواجه‌پور، ۱۳۸۷). مطالعات مختلف انجام‌شده به‌کمک تلفیق GIS، منطق فازی و سیستم‌های چندمعیاره نشان داد که می‌توان تأثیر عوامل اقلیمی بر میزان استعداد هر منطقه جهت کشت گیاه موردنظر را به‌خوبی

شناسایی کرد و براساس توانایی منطقه تصمیم به کشت یا عدم کشت و هم‌چنین مدیریت زراعی آن گرفت (Agber *et al*., 2018; Pilevar *et al*., 2020). به‌طوری‌که پورهادیان (۱۳۹۸) با بررسی اراضی استان لرستان برای کشت تابستانه سورگوم علوفه‌ای با استفاده از دماهای کمینه، بیشینه و متوسط گزارش کرد ۴۸/۰۸ درصد اراضی این منطقه دارای شرایط مناسب می‌باشند و دمای کمینه را به‌عنوان مهم‌ترین عامل کاهش استعداد منطقه از پهنه خیلی‌مناسب به مناسب معرفی کرد. در مطالعه‌ای دیگر پهنه‌بندی نقشه‌های دمایی طی مراحل فنولوژی جو دیم در استان لرستان نشان از تنوع تأثیر عوامل اقلیمی بر کشت این گیاه دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی فازی نهایی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت دوم ذرت علوفه‌ای

بررسی نقشه‌های فازی ارتفاع از سطح دریا و شیب اراضی زراعی و نقشه ترکیبی آن‌ها (توپوگرافی) در این مطالعه گواه بر تنوع تأثیر این عوامل بر زراعت ذرت علوفه‌ای داشت. شناخت عوامل توپوگرافی مانند شیب و ارتفاع از سطح دریا سبب می‌شود که علاوه بر انتخاب تاریخ کاشت مناسب به‌دلیل تأثیر عوامل توپوگرافی بر عوامل اقلیمی، بتوان عملیات کشاورزی مثل تهیه بستر و عملیات آبیاری با توجه به بحث فرسایش خاک را به طریق مطلوبی انجام داد (خواجه‌پور، ۱۳۸۷). بررسی عوامل توپوگرافی اراضی زراعی استان لرستان برای کشت ارزن علوفه‌ای نشان داد طبقات خیلی‌مناسب، مناسب، ضعیف و نامناسب به‌ترتیب ۲۹/۸۷، ۳۱/۹۸، ۲۰/۵۴ و ۱۷/۶۱ درصد از سطح موردمطالعه را به خود اختصاص دادند و عامل ارتفاع از سطح (۵۵/۱۸ درصد طبقات ضعیف و نامناسب) محدودیت بیش‌تری نسبت به شیب (۳۴/۳۱ درصد طبقات ضعیف و نامناسب) اراضی زراعی ایجاد کرد (پورهادیان، ۱۴۰۰). متنوع‌بودن تناسب اراضی برای کشت ذرت علوفه‌ای حوضه‌های آبریز استان گلستان (پورهادیان، ۱۳۹۶) و شهرستان نیشابور برای کشت ذرت و گندم (Pilevar *et al*., 2020) نیز گزارش شده است.

نتایج بررسی نقشه فازی عوامل خاک نشان داد به‌جز اسیدیته (pH) بقیه عوامل دارای تنوع در توانایی تأمین نیاز گیاه ذرت در سطح موردمطالعه می‌باشند و نقشه فازی حاصل‌خیزی حاصل از ترکیب این عوامل حاکی از نیاز به مدیریت

خاک در بخش وسیعی (۰/۹۹ درصد) از منطقه داشت. آگاهی‌یافتن از توانایی فیزیکی و شیمیایی خاک در برآورد نیاز گیاهی مثل ذرت موجب می‌شود که اگر خاک توانایی تأمین نیاز تغذیه‌ای گیاه را دارد دیگر مصرف کود شیمیایی صورت نگیرد تا موجبات آلودگی زیست‌محیطی را سبب شود و در صورت کمبود عناصر موردنیاز گیاه تأمین تغذیه‌ای صورت گیرد تا به عملکرد موردنظر به‌صورت کمی و کیفی دست یافت (خواجه‌پور، ۱۳۸۷). پورهادیان و همکاران (۱۳۹۹) با مطالعه پهنه‌بندی حاصل‌خیزی اراضی زارعی چهار حوضه کشاورزی استان گلستان به‌کمک GIS، منطق فازی و ANP برای کشت ذرت دریافتند تقریباً کل محدوده موردمطالعه (به‌جز ۲۴/۸۴ هکتار) از نظر یکی یا چند عنصر پرمصرف و کم‌مصرف دارای مشکل می‌باشد.

پهنه‌بندی نهایی اراضی زراعی نشان داد سطح وسعی از منطقه موردمطالعه دارای شرایط مناسب (۹۶/۳۵ درصد) است و کشت در این پهنه افزایش عملکرد و استفاده بهینه و پایدار از منابع را در پی دارد. Yohannes & Soromessa (2018) با ارزیابی تناسب‌بندی اراضی حوضه آبخیز اندیت تید، اتیوپی برای کشت گندم و جو دریافتند بخش اعظم اراضی این حوضه آبخیز دارای شرایط نسبتاً مناسب (۷۷/۴۲ درصد) و تنها بخش کوچکی دارای شرایط بسیار مناسب (۰/۵۱ درصد) برای هر دو محصول است. آن‌ها عوامل اصلی محدودکننده را شامل عمق خاک، بافت، شیب، دما و خطرات فرسایش در قسمت پایین حوضه گزارش کردند و نتایج آن‌ها حاکی از عدم تطابق بین کاربری فعلی اراضی و تناسب طبقات داشت. پورهادیان (۱۳۹۶) بیان داشت شناخت توانایی‌های اقلیمی، توپوگرافی و خاکی هر منطقه باعث پی‌بردن به مطلوبیت‌ها و محدودیت‌های آن جهت کشت موردهدف می‌شود. با توجه به این‌که کم‌تر منطقه‌ای است که توانایی تأمین تمام نیازهای اکولوژی یک گیاه را به‌صورت ذاتی در حد مطلوب داشته باشد، بنابراین بایستی استعداد ذاتی آن را شناخت تا براساس محدودیت‌ها مدیریت درست و دقیق را اعمال کرد (Pilevar *et al*., 2020; Nabati *et al*., 2020).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بهترین روش بهره‌جستن از استعداد هر منطقه برای کشت، شناخت توانایی و پتانسیل آن منطقه براساس نیاز اکولوژی گیاه موردنظر می‌باشد. به‌همین خاطر این پژوهش جهت پهنه‌بندی اراضی زراعی استان لرستان به‌کمک منطق فازی، ANP و GIS برای کشت دوم (تابستانه) ذرت علوفه‌ای به‌کمک عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاکی صورت گرفت. نتایج پژوهش نشان داد عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خاکی در اراضی زراعی استان لرستان برای کشت ذرت علوفه‌ای یکسان نیست. به‌طوری‌که بررسی جداگانه عوامل اقلیمی، دارای سه پهنه خیلی‌مناسب (۹/۹۶ درصد)، مناسب (۸۲/۹۳ درصد) و ضعیف (۷/۱۱ درصد) بود، ، اما پهنه‌بندی عوامل توپوگرافی نشان از وجود چهار پهنه با استعداد خیلی‌مناسب (۳۶/۹۷ درصد)، مناسب (۲۸/۴۶ درصد)، ضعیف (۲۱/۲۷ درصد) و نامناسب (۱۳/۳۱ درصد) داشت. هم‌چنین پهنه‌بندی عوامل خاک گواه بر وجود سه پهنه با استعداد خیلی‌مناسب (۰/۰۱ درصد)، مناسب (۰/۷۰ درصد) و ضعیف (۰/۲۹ درصد) بود. در کل پهنه‌بندی نهایی که ترکیبی از پهنه‌های فوق است نشان داد کل استان دارای دو پهنه مناسب (۹۶/۳۵ درصد) و ضعیف (۳/۶۵ درصد) می‌باشد. بر همین اساس می‌توان در بخش وسیعی از استان لرستان ذرت علوفه‌ای به‌عنوان کشت دوم مورد زراعت قرار داد، اما برای کشت ذرت علوفه‌ای در هر پهنه باید به عامل یا عوامل محدودکننده در آن پهنه توجه کرد و با تدبیر و برنامه لازم جهت به حداقل‌رساندن اثر محدودکننده آن گام برداشت. لازم به ذکر است چون نیاز آبی ذرت علوفه‌ای وارد پهنه‌بندی نشده است، بنابراین توجه به فراهمی آب موردنیاز این گیاه در هنگام کشت امری ضروری می‌باشد.

هم‌چنین نتایج پژوهش نشان داد که نقشه‌های ارائه‌شده براساس روش فازی می‌توانند به‌عنوان یک راهنما برای مدیران و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی استفاده شوند تا بتوانند در مورد کشت دوم ذرت علوفه‌ای در الگوهای کشت

منطقه خود به‌راحتی تصمیم‌گیری کنند و کشاورزان با بهره‌گیری از آن‌ها به عملکرد و سود اقتصادی موردنظر برسند. با توجه به این‌که هر محصول یک دوره بازگشت خاص در چرخش‌های منطقه‌ای دارد، انتخاب زمین با بهترین کیفیت (خیلی‌مناسب) برای تعیین واحدهای مدیریت زمین هدف، در سطح منطقه‌ای موردنیاز است. این نتایج می‌تواند در چرخش محصول در تناوب بسیار مفید باشد. نتایج ما هم‌چنین نشان داد که روش‌های مبتنی بر رویکرد سیستم با تلفیق روش‌ها و نرم‌افزارها، ابزاری قدرتمند برای تبدیل یافته‌های نقطه‌ای به خروجی‌های منطقه‌ای است.

۷. تشکر و قدردانی

از ادارات کل و افرادی که اطلاعات هواشناسی و خاک (ذکرشده در بخش مواد و روش‌ها) را در اختیار نویسنده قرار دادند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

احمدی، محمود؛ فلاحی خوشجی، مصطفی و خالدی، شهریار (۱۳۹۵). پهنه‌بندی آگروکلیمایی کشت جو دیم استان لرستان با استفاده از مدل‌های تحلیل سلسه مراتبی (AHP) و فازی. *کشاورزی و بوم‌شناسی*. ۱ (۶)، ۱۱-۲۷.

امیریان چکان، علیرضا (۱۳۹۰). مدل‌سازی مکانی تناسب اراضی با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی و تکنیک‌های زمین آمار (مطالعه موردی: دشت سیلاخور شهرستان دورود، استان لرستان). *پایان‌نامهٔ دکتری*. به‌راهنمایی فریدون سرمدیان. تهران دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی.

پورهادیان، حسین؛ کامکار، بهنام؛ سلطانی، افشین و مختارپور، حسن (۱۳۹۹). ارزیابی حاصلخیزی اراضی برای کشت ذرت با استفاده از GIS، منطق فازی و ANP (مطالعه موردی: چهار حوضه استان گلستان). *تولید گیاهان زراعی*. ۱۱ (۳)، ۱-۲۲.

پورهادیان، حسین (۱۳۹۶). ارزیابی خلأ عملکرد ذرت علوفه‌ای با استفاده از رهیافت‌های مدل‌سازی، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی؛ مطالعه موردی: چهار حوضه استان گلستان. *پایان‌نامهٔ دکتری*. به‌راهنمایی بهنام کامکار. گرگان: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده تولید گیاهی.

پورهادیان، حسین (۱۳۹۸، بهمن). *سنجش توانایی اقلیمی استان لرستان برای کشت دوم سورگوم علوفه‌ای*. شانزدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات. اهواز، ایران.

پورهادیان، حسین (۱۴۰۰). تناسب‌بندی اراضی استان لرستان برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای به‌کمک GIS، ANP و منطق فازی. *دانش کشاورزی و تولید پایدار*. ۳۱ (۴)، ۲۸۷-۳۰۲.

خواجه‌پور، محمدرضا (۱۳۸۷). *اصول و مبانی زراعت (نگارش سوم)*. اصفهان: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

خواجه‌پور، محمدرضا (۱۳۹۲). *غلات*. اصفهان: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

رحمان سالاری، کلثوم و امیدواری، شهرام (۱۳۹۴، اسفند). *بررسی کارایی روش‌های زمین آماری (کریجینگ و IDW) در تهیه نقشه حاصلخیزی دشت کمالوند خرم آباد*. کنفرانس بین‌المللی معماری، شهرسازی، عمران، هنر و محیط زیست؛ افق‌های آینده، نگاه به گذشته، تهران، ایران.

شاهی‌مریدی، راضیه؛ کاظمی، حسین و کامکار، بهنام (۱۳۹۶). ارزیابی توسعه کشاورزی پایدار در استان گلستان، *دانش کشاورزی و تولید پایدار*. ۲۷ (۱)، ۱۹۷-۲۱۵.

کوچکی، علیرضا؛ نصیری محلاتی، مهدی؛ مرادی، روح‌الله و منصوری، حامد (۱۳۹۲). پهنه‌بندی وضعیت توسعه کشاورزی پایدار در ایران و ارائه راهبردهای پایداری. *دانش کشاورزی و تولید پیدار*. ۲۳ (۴)، ۱۷۹-۱۹۷.

مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات (۱۴۰۱). *آمارنامه جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۰، جلد اول: محصولات زراعی*. تهران، وزارت جهاد کشاورزی.

نظری ویند، فاطمه؛ کوهستانی، حسین؛ ظریفیان، شاپور و کاظمیه، فاطمه (۱۳۹۹). پهنه‌بندی اراضی مستعد کشاورزی با استفاده از ترکیب روش تحلیل سلسله مراتبی در مناطق شمالی شهرستان خلخال (مطالعه موردی: حوضه آبخیز میکائیل‌آباد). *دانش کشاورزی و تولید پایدار*. ۹۳ (۹)، ۲۲۵-۲۳۹.

References

Agber, P. I., Adoyi, A., & Gani, A. T. (2018). Suitability evaluation of soils of Ohinini area of Benue state, Nigeria for sustainable rainfed arable crop production. *Agricultural & Veterinary Sciences, 2*(1), 66-74.

Ahmadi, M., Fallahi Khoshji, M., & 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). *Ph.D. Thesis*. Under the supervision of Fereydoon Sarmadian. Tehran: University of Tehran, College of Agriculture. (In Persian).

Khajehpour, M. R. (2013). *Cereal crops*. Isfahan: University Jihad of Isfahan, University Technology Branch. (In Persian).

Khajehpour, M. R. (2008). *Principles and fundamentals of crop production*.Third edition. Isfahan: University Jihad of Isfahan, University Technology Branch. (In Persian).

Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M., Moradi, R., & 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).

Muzira, M., Mushore, T. D., Wuta, M., Mutasa, C., & Mashonjowa, E. (2021). Land suitability analysis of Zimbabwe for the production of sorghum (*Sorghum bicolor*) and maize (*Zea mays*) using a Remote Sensing and GIS based approach Nyaradzo. *Remote Sensing Applications: Society and Environment, 23*, 100553.

Nabati, J., Nezami, A., Neamatollahi, E., & Akbari, M. (2020). GIS-based agro-ecological zoning for crop suitability using fuzzy inferencesystem in semi-arid regions. *Ecological Indicators, 117*, 106646.

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).

Pilevar, A. R., Matinfar, H. Z., Sohrabi, A., & 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*. Under the supervision of Behnam Kamkar. Gorgan: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, College of Plant Production. (In Persian).

Pourhadian, H. (2020, January). *Ability evaluation of lorestan province climatic for second cultivation of forage sorghum*. 16th National Iranian Crop Science Congress. Ahvaz, Iran. (In Persian).

Pourhadian, H. (2021). Land suitability of Lorestan province lands for the second cultivation of forage millet using Geographic Information System (GIS), Network Analysis Process (ANP) and fuzzy logic. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31*(4), 287-302. (In Persian).

Pourhadian, H., Kamkar, B., Soltani, A., & Mokhtarpour, H. (2021). Fertility evaluation of land for maize cultivation using GIS, fuzzy logic and ANP (Case study: four basins of Golestan province). *Journal of Crop Production, 13*(3), 1-22. (In Persian).

Rahman Salari, K., & Omidvari, Sh. (2016, March). *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).

Seyedmohammadi, J., Sarmadian, F., Jafarzadeh, A. A., & McDowell, R. W. (2019). Integration of ANP and fuzzy set techniques for land suitability assessment based on remote sensing and GIS for irrigated maize cultivation. *Archives of Agronomy and Soil Science, 65*, 1063-1079.

Shah-Moridi, R., Kazemi, H., & Kamkar, B. (2017). Evaluation of Sustainable Agricultural Development in Golestan Province. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27*(1), 197-215. (In Persian).

Statistics deputy of Information and Communication Technology Center. (2022). *Agricultural statistics in 2021, Volume One: Crop Products*. Tehran: Ministry of Agriculture-Jahad. (In Persian).

Yohannes, H., & Soromessa, T. (2018). Land suitability assessment for major crops by using GIS-based multi-criteria approach in Andit Tid watershed, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture, 4*, 1470481.