

امکان‌سنجی کشت پسته با استفاده از GIS و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی (مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی)

ناهید میرزاده^۱، بختیار فیضی‌زاده^۲، حمیدرضا امیری^{۳*}، وحید دهقانی^۴

چکیده

پسته یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی کشور است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و غیره دارای اهمیت بسیاری می‌باشد. ارزش تولید این محصول گران‌بها و بی‌نظیر حدود ۱۰ درصد از درآمدهای غیر نفتی کشور می‌باشد. استان آذربایجان شرقی از جمله مناطقی است که به سبب شرایط مساعد آب‌وهوایی در برخی از مناطق و شهرستان‌های آن کشت این محصول می‌تواند رواج پیدا کند. بنابراین در این پژوهش سعی شده تا ضمن تعیین نواحی مستعد کشت پسته با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و عوامل موثر در شناسایی این مکان‌ها نیز بررسی گردد. استمرار خشکسالی‌های اخیر در استان آذربایجان شرقی باعث کاهش منابع آب قابل دسترس، افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی شده است. از طرف دیگر سطح زیر کشت باغات و اراضی زراعی نیز که شدیداً وابسته به منابع آب زیرزمینی بوده، به صورت بی‌رویه و نامتناسب با شرایط اقلیمی توسعه پیدا کرده است. لذا تغییر الگوی کشت راهکار اساسی برای اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی بوده و تنها راه‌حل عملی در ارتباط با توسعه کشاورزی پایدار منطقه به‌شمار می‌رود. تحقیق حاضر با هدف امکان‌سنجی پهنه‌های مناسب جهت کاشت پسته در سطح استان آذربایجان شرقی انجام شده است. پهنه‌های کاشت پسته بر اساس فاکتورهای اقلیمی مختلف تأثیرگذار در مراحل مختلف رشد گیاه، با استفاده از مدل‌سازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داد معیار میزان بارش (۰/۲۹۸) در اولویت اول قرار گرفته و سایر پارامترها به ترتیب دما (۰/۲۲۶)، ارتفاع (۰/۱۶۲)، شیب (۰/۱۶۰)، خاک (۰/۱۳۴)، کاربری اراضی (۰/۰۹۸)، تبخیر (۰/۰۹۰) و جهات شیب (۰/۰۸۲) بیشترین تأثیر را در امکان‌سنجی کاشت پسته در استان آذربایجان شرقی را دارا می‌باشد. پهنه‌های با قابلیت بالای کشت در شهرستان میانه در جنوب شرقی استان و گستره وسیعی از شهرستان‌های هوراند، کلیبر، خداآفرین در شمال غربی استان از پتانسیل بالایی برخوردارند.

واژگان کلیدی:

امکان‌سنجی، پسته، GIS، Fuzzy AHP، آذربایجان شرقی.



مقاله پژوهشی

۱. کارشناسی ارشد GIS، دانشگاه آزاد تبریز واحد ممقان، تبریز، ایران.

nido1372@gmail.com

۲. دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

bakhtiar.feizizadeh@gmail.com

۳. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

amirihamid15@gmail.com

نویسنده مسئول*

۴. کارشناس ارشد GIS، دانشگاه آزاد فارس واحد لارستان، فارس، ایران.

vahid.dehghani2017@gmail.com

شناسه مقاله: ۳۳۰۷-۱۰۴۴

شماره صفحه پایایی: ۳۱۹-۳۳۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۹

انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۴/۲۸

زمان پذیرش: ۴۵ روز

استناددهی:

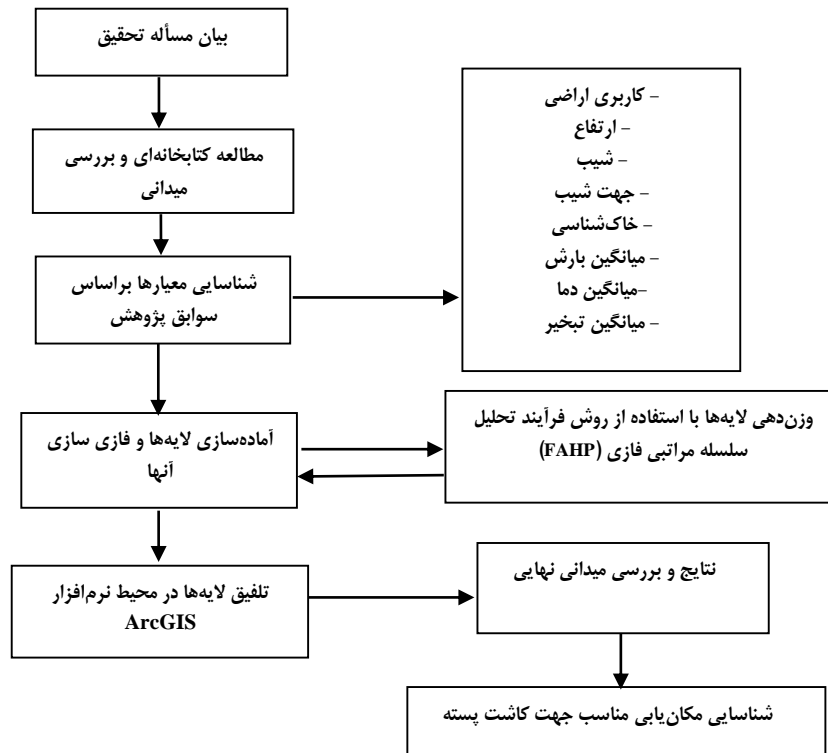
میرزاده، ن، فیضی‌زاده، ب، امیری، ح.ر. و دهقانی، و. (۱۴۰۱). امکان‌سنجی کشت پسته با استفاده از GIS و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی (مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی). مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۲(۴)، ۳۸-۵۱.

۱- مقدمه

در جهان کنونی رشد و توسعه اقتصادی به عنوان رکن اساسی در راستای توسعه یکپارچه و همگن سرزمینی، از دغدغه‌های مهم برنامه‌ریزان و اندیشمندان علوم مختلف به شمار می‌آید. تحول و بهبود نظام اقتصادی خود مرهون توسعه همه جانبه و پایدار اجزایی بوده که در آن بخش کشاورزی به دلایلی همچون تأمین نیاز و امنیت غذایی جامعه، تأمین مواد اولیه صنعت و نقش در توسعه صنعتی، جذب نیروی کار و غیره از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. رشد اقتصادی هر کشور بدون رشد و توسعه سخت‌افزاری و نرم‌افزاری کشاورزی امکان‌پذیر نیست. توسعه کشاورزی به طور کلی فرآیندی است که در برگیرنده اقدامات گسترده در راستای فراهم‌سازی زمینه‌های افزایش تولید، بهره‌وری کشاورزی و بهبود فعالیت‌های پس از تولید می‌باشد (طالب و همکاران، ۱۳۸۷). وجود پتانسیل‌های محیطی (آب و خاک) و کیفیت آن، که در واقع پدیده‌های فضایی هر منطقه نیز قلمداد می‌شوند نقشی اساسی در توسعه کشاورزی دارند (رکن‌الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به محدودیت منابع موجود، افزایش روزافزون جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز غذایی ایجاب می‌نماید که اولاً منابع موجود به درستی شناسایی شده و ثانیاً از این منابع محدود به نحو احسن استفاده شود (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۸۵). پسته یکی از محصولات کشاورزی است که در دنیا با نام ایران در آمیخته و این کشور به عنوان اولین و مهم‌ترین صادر کننده پسته‌ی دنیا شهرت دارد به طوری که در میان کالاهای صادراتی غیر نفتی دارای سهم بسزایی است (سالنامه آمار و بازرگانی، ۱۳۸۲). ایران، آمریکا و ترکیه به ترتیب بزرگترین کشورهای تولیدکننده پسته جهان هستند (Taghizadeh-Alisaraei et al., 2017). از سوی دیگر، این محصول به عنوان یکی از گرانبهاترین محصولات کشاورزی (طلای سبز) و دارویی جهان، از جمله گیاهانی است که با توجه به مقاومت زیاد در برابر خشکی و شوری، نقش قابل توجهی در وضعیت اجتماعی و اقتصادی مناطق خشک و نیمه خشک ایفا می‌نماید (پناهی و همکاران، ۱۳۸۰). استان آذربایجان شرقی به سبب شرایط مساعد آب‌وهوایی در برخی از مناطق و شهرستان‌های آن کشت این محصول می‌تواند رواج پیدا کند. بنابراین در این پژوهش سعی شده تا ضمن تعیین نواحی مستعد کشت پسته با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و عوامل موثر در شناسایی این مکان‌ها نیز بررسی گردد. استمرار خشکسالی‌های اخیر در استان آذربایجان شرقی باعث کاهش منابع قابل دسترس، افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی، خشک شدن و پسروری دریاچه ارومیه و گسترش سطح اراضی شور حاشیه دریاچه ارومیه شده است. از طرف دیگر، سطح زیر کشت باغات و اراضی زراعی نیز که شدیداً وابسته به منابع آب زیرزمینی بوده، به صورت بی‌رویه و نامتناسب با شرایط توسعه پیدا کرده است. لذا تغییر الگوی کشت راهکار اساسی برای اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی بوده و تنها راه‌حل عملی در ارتباط با توسعه کشاورزی پایدار منطقه به شمار می‌رود. بنابراین انجام پژوهش حاضر با هدف تعیین پهنه‌های مناسب رویشی پسته جهت جایگزینی آن با باغات درجه دو و سه موجود در سطح استان ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به توضیحاتی که در مقدمه ارائه شد، سؤال اساسی که در این پژوهش با آن‌ها مواجه هستیم عبارت از: چگونه می‌توان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان‌های مناسب جهت کاشت پسته را در استان آذربایجان شرقی شناسایی کرد؟

حسین‌زاده کرمانی و همکاران (۱۴۰۱) به تحلیل فضایی مناطق مستعد کشت پسته (طول دوره رشد) در ایران پرداختند. این پژوهش با توجه به برخی متغیرهای اصلی مؤثر و با استفاده از روش‌های زمین‌آمار انجام داده‌اند. نتایج نشان داد که ۴۳ درصد از مساحت منطقه برای گسترش کشت پسته مناسب نبوده (شامل مناطق ارتفاعی و کاربری شهری و دامنه‌های شیب‌دار، سواحل دریاها و رودخانه‌ها، مسیل‌ها، زمین‌های شور و باتلاقی) و ۵۷ درصد از مساحت (شامل مناطق دشتی و کاربری کشاورزی) مناسب گسترش کشت پسته شناخته شد. این مناطق بیشتر در شرق و جنوب شرق، مرکز و شمال شرق ایران واقع شده است. فرج‌نیا و همکاران (۱۴۰۰) برای مکان‌یابی مناطق مستعد کشت پسته در استان آذربایجان شرقی از مدل اگرواکولوژیکی فائو استفاده کردند. این پژوهش با روش تحلیل سلسله مراتبی^۲ و در نظر گرفتن نیازهای اگرواکولوژیکی پسته در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفت. یاراحمدی و همکاران (۱۳۹۳) پهنه‌بندی مناطق رویشی پسته از نظر اقلیمی در استان آذربایجان شرقی انجام داده‌اند. نتایج نشان داد حدود ۲۵ درصد از مساحت استان کاملاً مناسب، ۲۷ درصد نسبتاً مناسب و ۴۸/۴ درصد نیز کاملاً نامناسب جهت کاشت پسته می‌باشد. اراضی حاشیه دریاچه ارومیه جزء مناطق کاملاً مناسب بوده و این امر نشان می‌دهد که امکان جایگزینی باغات پسته با باغات موجود در این مناطق که نیاز آبی بالایی دارند، کاملاً عملی و امکان‌پذیر است. میرموسوی و میریان (۱۳۹۳) مطالعه‌ای با هدف شناخت ویژگی‌های جغرافیایی مؤثر در کشت درخت پسته در استان زنجان و پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت این محصول انجام دادند. نتایج به دست آمده حاکی از این است که تنها محدوده‌های شمال‌غرب و شمال‌شرق، پتانسیل کشت پسته در این نواحی وجود دارد. همچنین مشخص گردید تحلیل سلسله مراتبی به دلیل دقت و توجه به جزئیات، نتایج بهتری را نسبت به مدل بولین ارائه می‌دهد. لشکری و همکاران (۱۳۸۸) به مکان‌یابی محل‌های مناسب کشت درخت پسته در شهرستان سبزواری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته‌اند. نقشه‌های به دست آمده از سه مدل، حاکی از این است که مدل بولین و مدل مقایسه‌ای به ترتیب کم‌ترین و بیشترین وسعت را از نظر مناطق مستعد کشت در بر می‌گیرند و تحلیل سلسله مراتبی به دلیل مقایسه‌ی دوه‌دوی عوامل به عنوان بهترین مدل شناخته شد. خیاطزاده ماهانی (۱۳۸۴) در مطالعه خود به بررسی عناصر اقلیمی (دما و رطوبت) مؤثر بر کشت محصول پسته در شهرستان رفسنجان پرداخته است. نتایج آنها نشان داد که با توجه به ضرایب، بیش‌ترین عملکرد ناشی از عوامل حداکثر دمای بهمن و اسفند است. خوشحال دستجردی و شهسواری (۱۳۸۴) کشت پسته را در دشت برخوردار با توجه به شرایط محیطی بررسی نموده‌اند. یافته‌های این تحقیق

و زیرمعیارهای مکان‌یابی و تأثیرگذار در شناسایی مناطق کاشت پسته اقدام شد. معیارهای مورد بررسی با توجه به سوابق تحقیق و مطالعه منطقه انتخاب گردیده است. معیارها شامل ژئومورفولوژی (طبقات ارتفاعی، شیب و جهت شیب)، عوامل زیست محیطی (کاربری اراضی)، خاک‌شناسی (رده‌بندی خاک‌ها) و اقلیمی (بارش، دما و تبخیر) می‌باشد. در نهایت جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده، از طریق نرم‌افزارهای ArcGIS و Expert Choice جهت شناسایی و معرفی مکان‌های مناسب برای کاشت پسته انجام گرفت. روند کلی کار این پژوهش در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲): چارچوب کلی روش تحقیق حاضر

۲-۳- روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره

تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل بیان درست اهداف، تعیین راه‌حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان‌پذیری آنان، ارزیابی عواقب و نتایج ناشی از اجرای هر یک از راه‌حل‌ها و بالاخره انتخاب و اجرای آن می‌باشد (اصغر پور، ۱۳۹۷). تکنیک‌هایی از جمله فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای^۱، تاپسیس یا اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه حل ایده‌آل و روش مجموع ساده وزنی^۲ می‌باشند. در مکان‌یابی و تخصیص، معیارها می‌توانند شامل حداقل هزینه، مسافت یا زمان باشند و آلترناتیوهای ما شامل مکان‌های بالقوه‌ای می‌باشد که برای انتخاب مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (Ren, 2011).

۲-۴- روش سلسله مراتبی فازی^۳

در سال ۱۹۹۶ روشی تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای توسط چانگ ارائه گردید که مراحل این روش در زیر شرح داده شده است (عطائی، ۱۳۸۹).
مرحله ۱: رسم نمودار سلسله مراتبی
مرحله ۲: تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی: برای انجام مقایسه‌ها نیاز به تعریف اعداد فازی و مقیاس‌های فازی می‌باشد.
مرحله ۳: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به کارگیری اعداد فازی: ماتریس مقایسه زوجی (A) حاوی اعداد فازی تعریف شده می‌باشد و به صورت رابطه (۱) خواهد بود:

1. Analytic network process

2. Simple Additive Weighting

3. Fuzzy Analytical Hierarchy process (FAHP)

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۱)}$$

اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای چندین تصمیم‌گیرنده باشد، درآیه‌های ماتریس مقایسه زوجی جامع که در روش تحلیلی سلسله مراتبی فازی بکار می‌رود، یک عدد فازی مثلثی است که مولفه اول آن حداقل نظرسنجی‌ها، مولفه دوم آن میانگین نظرسنجی‌ها و مولفه سوم آن حداکثر نظرسنجی‌ها می‌باشد.

مرحله ۴: محاسبه S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی: S_i که خود یک عدد فازی مثلثی است از رابطه (۲) بدست می‌آید:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این رابطه i بیانگر شماره سطر و j بیان کننده شماره ستون می‌باشد. M_{gi}^j در این رابطه اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند (رابطه ۳).

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m M_{gi}^j &= (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j &= (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i) \\ \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} &= \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \end{aligned} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در روابط بالا l_i و m_i و u_i به ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.

مرحله ۵: محاسبه درجه بزرگی S_i ها نسبت به همدیگر: به طور کلی درجه بزرگی S_i نسبت به S_j از رابطه (۴) بدست می‌آید:

$$V(S_i \geq S_j) = hgt(S_i \cap S_j) = \mu_{S_i}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_i \geq m_j \\ 0 & \text{if } l_j \geq u_i \\ \frac{l_j - u_i}{(m_i - u_i) - (m_j - u_j)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه (۴)}$$

مرحله ۶: محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی: برای محاسبه وزن نرمال نشده معیار باید میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی با سایر اعداد فازی مثلثی محاسبه شود و در نهایت حداقل میزان بزرگی، نشان دهنده وزن نرمال نشده معیار است (جدول ۱). بدین منظور از رابطه (۵) استفاده می‌شود.

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad k = 1, 2, \dots, n, i \quad \text{رابطه (۵)}$$

مرحله ۷: محاسبه بردار وزن نهایی: بردار وزن نهایی از نرمال کردن بردار وزن معیارها به دست می‌آید (رابطه ۶).

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^t \quad \text{رابطه (۶)}$$

۲-۵- آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی

در این بخش از پژوهش جهت انجام امکان‌سنجی کاشت پسته در استان آذربایجان شرقی به بررسی و آماده‌سازی لایه‌ها، معیارها و همچنین زیرمعیارها پرداخته شده است. این لایه‌ها از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان آذربایجان شرقی اخذ شده است. در محیط نرم‌افزاری ArcGIS نقشه معیارها آماده‌سازی و به فرمت رستری تبدیل شده و سپس این نقشه‌ها براساس روش سلسله مراتبی فازی کلاسه‌بندی و در نهایت عملیات رویهم‌گذاری ریاضی انجام شده است.

۲-۵-۱- طبقات ارتفاعی

شکل زمین و ارتفاع آن در میزان عملکرد محصول پسته موثر است. با افزایش ارتفاع و نزول میانگین دما، میزان محصول از نوسانات بسیاری برخوردار شده و خطر احتمالی عدم موفقیت برداشت، بیشتر می‌شود. از آنجا که ناهمواری‌های محدوده مورد مطالعه در جهت ورود سیستم‌های باران‌زایی غربی قرار دارند، ارتفاع بیشتر در بردارنده بارندگی بیشتر است. اما اگر میزان بارش با افزایش ارتفاع تغییر کند، تأثیر این بارش در رطوبت خاک به اندازه تأثیر آن در ارتفاعات پست خواهد بود و آب حاصل از بارندگی خاک‌های ارتفاعات را با خود به مناطق پایین‌تر حمل می‌کند و از لحاظ درجه حرارت نیز مناطق مرتفع تغییرات دمایی بیشتری دارند. گیاه پسته نسبت به ارتفاع مقاومت نسبتاً خوبی دارد و در نواحی با ارتفاع بین ۶۰۰-۱۲۰۰ متر، بهترین عملکرد را دارد.

۲-۵-۲- میزان شیب

یکی از عواملی که تأثیر زیادی در کشت پسته دارد، شیب زمین است. شیب کم زمین باعث نفوذ بهتر آب شده، ذخیره رطوبتی خاک را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر دامنه تغییرات حرارتی در شیب کم، کمتر از شیب زیاد است اما شیب زیاد تأثیر منفی در رشد گیاه دارد. با شروع بارندگی نه تنها آب کمی در زمین نفوذ می‌کند، بلکه آب‌های جاری مواد غذایی را می‌شویند. همچنین شیب‌های زیاد از لحاظ مقدار انرژی دریافتی بستگی به قرار گرفتن آنها نسبت به تابش خورشید باهم اختلاف زیاد دارند و دامنه حرارتی تغییرات زیادی داراست. تغییر در شیب و زاویه سمت که به ناهمواری بستگی دارد، برای تفاوت بارگیری تابش در چشم‌اندازهای مختلف تعیین کننده است (حسین‌زاده کرمانی، ۱۳۹۲). برای تهیه شیب، از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰ محدوده مورد مطالعه استفاده شده است.

۲-۵-۳- جهات شیب

درجه یک شیب مشخص کننده میزان تابشی است که به سطح زمین می‌رسد. در نیمکره شمالی در عرض‌های متوسط و بالا به شیب‌های جنوبی آفتاب بیشتری می‌رسد. تابش مستقیم آفتاب بسته به شیب و جهت زمین متغیر است (علیزاده، ۱۳۸۹). اگر باغ پسته در زمین شیب‌دار احداث شود بایستی شیب رو به جنوب باشد تا از حداکثر نور و حرارت خورشید بهره‌مند شود، این زمین‌ها در بهار گرم‌تر و در تابستان گرم خشک‌ترند. در پاییز دیرتر سرد شده و سرماهای زودرس نمی‌توانند به آنها آسیب برساند (امیرقاسمی، ۱۳۸۷). به طور کلی کاهش عرض جغرافیایی با افزایش نورگیری دامنه‌ای شمالی همراه است. در عرض‌های بالای جغرافیایی تغییرات ناچیزی در شیب می‌تواند اهمیت شایان توجهی کسب کند. بنابراین می‌توان با کاربرد نقشه توپوگرافی و تعیین زاویه و جهت شیب هر منطقه به محاسبه تابش ورودی آن پرداخت. در این تحقیق بر اساس اهمیت شیب در نورگیری وزن‌دهی به جهات شیب با ترتیب شیب‌های جنوبی، جنوب شرقی و جنوب غربی می‌باشد.

۲-۵-۴- کاربری اراضی

هدف از طبقه‌بندی اراضی، تعیین ارزش اراضی از نظرگاه کشاورزی و آبیاری است. این طبقه‌بندی‌ها بر اساس عوامل و محدودیت‌هایی همچون قابلیت نفوذ، میزان سنگریزه، بافت سطحی خاک، عوامل موثر خاک، میزان شوری و قلیائیت و همچنین عوارض طبیعی نظیر شیب، فرسایش و وضعیت زهکشی شکل می‌گیرند (شکل ۳). از طریق این نقشه، تیپ موجود مشخص و بر اساس استعدادهای متفاوتی که این تیپ‌ها برای کاشت پسته دارند، تقسیم‌بندی شده‌اند. تیپ‌های مختلف بر اساس قابلیت برای کاشت پسته به پنج گروه تقسیم‌بندی شدند (جدول ۲).

۲-۵-۵- نوع خاک

به طور کلی خاک، عاملی است که گیاهان در آن رشد می‌کنند. این عامل نه تنها مواد لازم برای رشد گیاهان را فراهم می‌آورد، بلکه آب مورد نیاز برای تعرق و اکثر شازنده عنصر شیمیایی لازم برای رشد و نمو گیاه را تأمین می‌کند. نفوذ بیشتر ریشه به بافت خاک، از نظر دسترسی به رطوبت ذخیره شده در اعماق خاک و به دست آوردن مقادیر بیشتری مواد غذایی، بسیار ضروری است. ریشه درختان در محدوده خاصیت ذاتی خود، همواره به طرف رطوبت رفته و بیشتر در محلی از خاک متمرکز می‌شوند که میزان رطوبت کافی و جنس خاک در حد مطلوب باشد. بنابراین باید سعی شود درختانی متناسب با شرایط خاک خود انتخاب شود، تا بتواند در شرایط موجود به رشد طبیعی موفق و محصول کافی و اقتصادی تولید شود (منبعی، ۱۳۸۶). در کشاورزی مناطق خشک، بافت خاک از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا خاک به عنوان یک مخزن جهت تأمین رطوبت در طول یک دوره نسبتاً طولانی عمل می‌کند از این رو در این تحقیق، بافت خاک مورد توجه قرار گرفته و بر این اساس به پنج دسته طبقه‌بندی شده‌اند (شکل ۳).

۲-۵-۶- پهنه‌های هم‌بارش

مهمترین عنصر اقلیمی مؤثر بر فعالیت‌های کشاورزی بارندگی است. پسته در اراضی که میانگین سالیانه آن‌ها بیش از ۱۵۰ میلی‌متر باشد، بدون آبیاری رشد می‌کند (فتاحی اردکانی، ۱۳۷۵). منحنی‌های هم‌بارش به روش‌های مختلفی تهیه می‌گردند. در این پژوهش از درون‌یابی برای محاسبه و تولید پهنه‌های هم‌بارش استفاده شده است.

۲-۵-۷- پهنه‌های هم‌دما

درجه حرارت یکی از عناصر اصلی در جغرافیای گیاهان زراعی است. اکثر گیاهان منطقه معتدله تا زمانی که درجه حرارت به بالاتر از ۶ درجه سانتی‌گراد نرسد، رشد نمی‌کنند (گریک، ۱۳۹۰). اگرچه پسته در طیف وسیعی از شرایط اقلیمی رشد می‌کند اما تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد موجب پدید آمدن محیط نامناسب برای تولید آن می‌گردد. نقشه دما با استفاده از داده‌های هواشناسی مشخص شده و با استفاده از مدل‌های آماری و ریاضی به صورت منحنی‌های هم‌دما ترسیم شده است.

۲-۵-۸- پهنه‌های تبخیر

بررسی میزان تبخیر و تعرق یکی از اساسی‌ترین نیازهای طراحی سیستم آبیاری است. تخمین دقیق تبخیر و تعرق از جمله مهم‌ترین پارامترهای موثر در ارتقا سطح بهره‌برداری از منابع آب است. از سویی غالباً تبخیر و تعرق گیاهان به تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل وابسته است (نجفی، ۱۳۸۴). در شکل (۳) نقشه معیارها مشاهده می‌شود. هم‌چنین طبقه‌بندی نقشه‌ها و نحوه تأثیر آنها بر رویش گیاه پسته تعیین گردیده است (جدول ۲).

جدول (۱): متغیرهای زبانی و فازی جهت مقایسه‌های زوجی معیارها

تعریف	عدد قطعی	معادل فازی	معادل فازی معکوس
ترجیح یکسان	۱	(۱،۱)	(۱،۱)
بینابین	۲	(۱،۲)	(۰/۳۳۳، ۰/۵، ۱)
کمی مرجح	۳	(۲،۳)	(۰/۲۵، ۰/۳۳۳، ۰/۵)
بینابین	۴	(۳،۴)	(۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳۳۳)
خیلی مرجح	۵	(۴،۵)	(۰/۱۶۶، ۰/۲، ۰/۲۵)
بینابین	۶	(۵،۶)	(۰/۱۴۲، ۰/۱۶۶، ۰/۲)
خیلی زیاد مرجح	۷	(۶،۷)	(۰/۱۲۵، ۰/۱۴۲، ۰/۱۶۶)
بینابین	۸	(۷،۸)	(۰/۱۱۱، ۰/۱۲۵، ۰/۱۴۲)
کاملاً مرجح	۹	(۸،۹)	(۰/۱۱۱، ۰/۱۱۱، ۰/۱۱۱)

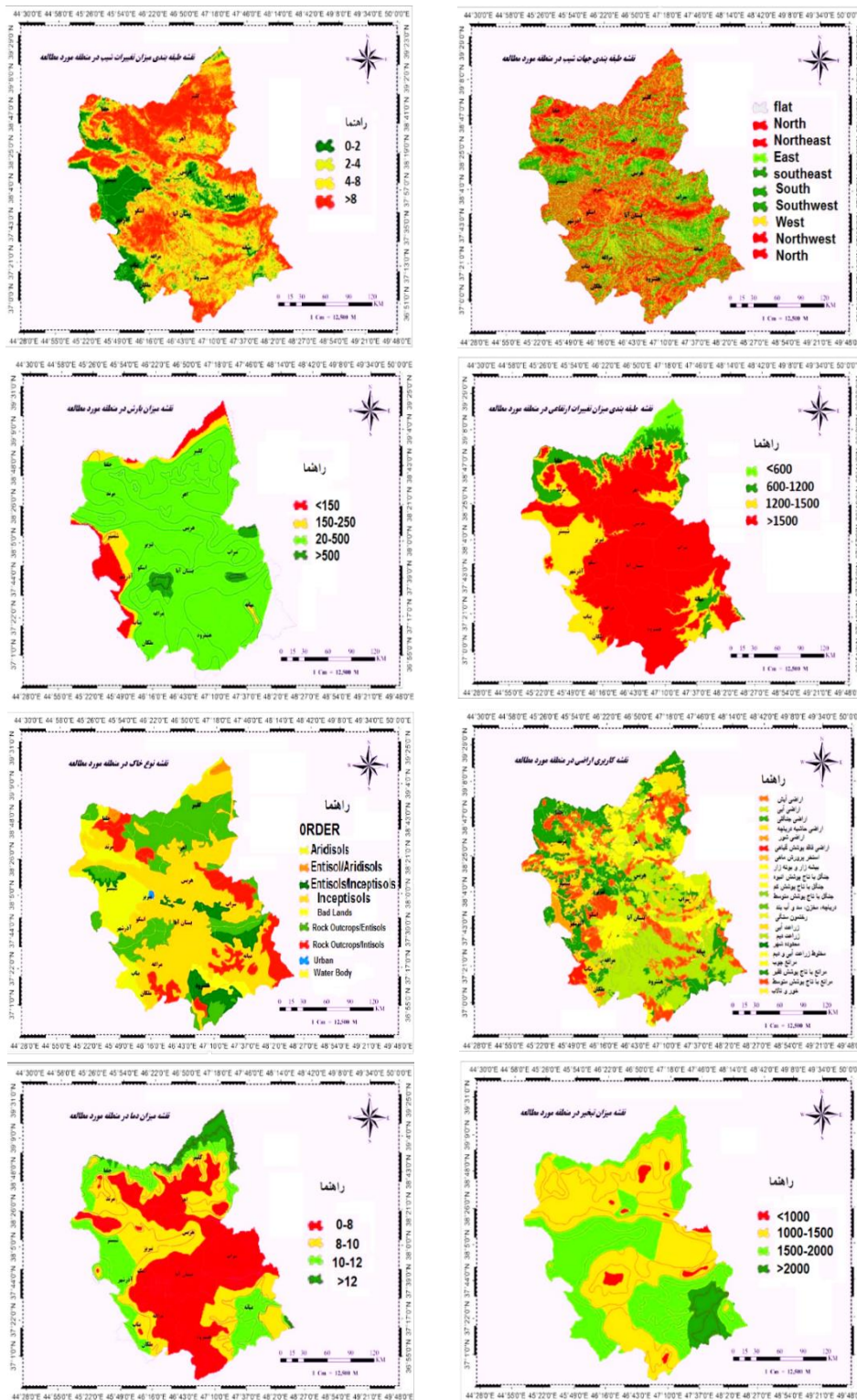
ماخذ: (عطائی، ۱۳۸۹)

جدول (۲): طبقه‌بندی نقشه معیارها و نحوه تأثیر بر رویش گیاه پسته

معیار	طبقه بندی	نحوه تأثیر	معیار	طبقه بندی	نحوه تأثیر
ارتفاع (متر)	< ۶۰۰	خوب	میزان شیب (درصد)	< ۲	خیلی خوب
	۶۰۰ - ۱۲۰۰	خیلی خوب		۴-۲	خوب
	۱۲۰۰ - ۱۵۰۰	متوسط		۸-۴	متوسط
	۱۵۰۰ <	ضعیف		> ۸	ضعیف
جهت شیب	جنوبی، جنوب شرقی، جنوب غربی	خیلی خوب	کاربری اراضی	اراضی شور	خیلی خوب
	شرقی	خوب		اراضی کشاورزی آبی	خوب
	غربی	متوسط		اراضی کشاورزی دیم جنگل	متوسط
	شمالی، شمال شرقی، شمال غربی	ضعیف		سایر کاربری‌ها	خیلی ضعیف
نوع خاک	خاک‌های خیلی سنگین	خیلی خوب	میزان بارش (میلی‌متر)	> ۵۰۰	خیلی خوب
	خاک‌های متوسط	خوب		۵۰۰-۲۵۰	خوب
	خاک‌های سبک	متوسط		۲۵۰-۱۵۰	متوسط
	خاک‌های خیلی سبک	ضعیف		۱۵۰ >	ضعیف
میزان دما (سانتی‌گراد)	< ۸	ضعیف	میزان تبخیر	< ۱۰۰۰	ضعیف
	۸ - ۱۰	متوسط		۱۰۰۰ - ۱۵۰۰	متوسط
	۱۰ - ۱۲	خوب		۱۵۰۰ - ۲۰۰۰	خوب
	> ۱۲	خیلی خوب		> ۲۰۰۰	خیلی خوب

۲-۶- فازی سازی داده‌ها

برای اینکه بتوان لایه‌ها را در مدل فازی مورد استفاده قرار داد لازم است تک تک آنها را با توجه به هدف و بر اساس توابع عضویت، فازی‌سازی نمود. با داشتن توابع فازی می‌توان با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS لایه‌ها را به صورت استاندارد در بازه ارزشی صفر تا ۱ قرار داد.



شکل (۳): نقشه معیارها

۳- نتایج

۳-۱- محاسبه وزن معیارها

در این بخش به ارزیابی عناصر مدل با استفاده از مقایسه‌های دوده‌دویی پرداخته شده است. گام اول، تبیین اهمیت معیارهای مدل است. با توجه به مدل برای این پژوهش و معرفی معیارهای مشخص شده در آن، ماتریس مقایسه‌ای دوده‌دویی تعیین و ضرایب اهمیت معیارها با توجه به هدف پژوهش ارائه شد. انتخاب معیارها بر اساس شرایط منطقه مورد مطالعه و با توجه به تحقیقات و پژوهش‌های انجام‌شده‌ی قبلی و نیز طبق نظر کارشناسان،

ماتریس مقایسه‌ی زوجی طراحی شد. در گام بعد، وزن نهایی برای هر یک از معیارها بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی فازی محاسبه گردید (جدول ۳).

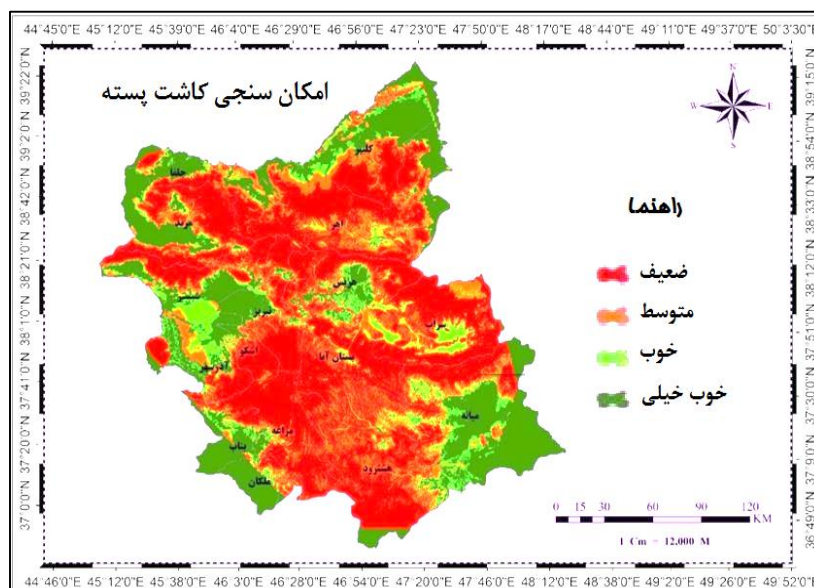
جدول (۳): محاسبه وزن معیارها بر اساس روش FAHP

معیارها	بارش	دما	ارتفاع	شیب	خاک	کاربری اراضی	جهت شیب	تبخیر	وزن نهایی
بارش	(۱،۱،۱)	(۲،۳،۴)	(۲،۳،۴)	(۴،۵،۶)	(۴،۵،۶)	(۶،۷،۸)	(۶،۷،۸)	(۶،۷،۸)	۰/۳۵۸
دما	۰/۲۵، ۰/۳۳، ۰/۵	(۱،۱،۱)	(۲،۳،۴)	(۲،۳،۴)	(۳،۴،۵)	(۴،۵،۶)	(۴،۵،۶)	(۴،۵،۶)	۰/۲۲۶
ارتفاع	۰/۲۵، ۰/۳۳، ۰/۵	۰/۲۵، ۰/۳۳، ۰/۵	(۱،۱،۱)	(۱،۲،۳)	(۲،۳،۴)	(۳،۴،۵)	(۴،۵،۶)	(۴،۵،۶)	۰/۱۶۲
شیب	۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۲۵، ۰/۳۳، ۰/۵	۰/۳۳، ۰/۵، ۱	(۱،۱،۱)	(۱،۲،۳)	(۳،۴،۵)	(۴،۵،۶)	(۴،۵،۶)	۰/۱۶۰
خاک	۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳۳	۰/۲۵، ۰/۳۳، ۰/۵	۰/۳۳، ۰/۵، ۱	(۱،۱،۱)	(۲،۳،۴)	(۳،۴،۵)	(۳،۴،۵)	۰/۱۳۴
کاربری اراضی	۰/۱۲، ۰/۱۴، ۰/۱۶	۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳۳	۰/۲۵، ۰/۳۳، ۰/۵	(۱،۱،۱)	(۲،۳،۴)	(۲،۳،۴)	۰/۰۹۸
جهت شیب	۰/۱۲، ۰/۱۴، ۰/۱۶	۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳۳	۰/۲۵، ۰/۳۳، ۰/۵	(۱،۱،۱)	(۲،۳،۴)	۰/۰۹
تبخیر	۰/۱۲، ۰/۱۴، ۰/۱۶	۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۳۳	۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳۳	۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳۳	۰/۲۵، ۰/۳۳، ۰/۵	۰/۲۵، ۰/۳۳، ۰/۵	(۱،۱،۱)	۰/۰۸۲

همان طوری که در جدول فوق مشاهده می‌شود، مجموع ضرایب اهمیت معیارهای هشت‌گانه مزبور معادل یک است و این نشان می‌دهد که اهمیت معیارها نسبی است. بر اساس توضیحات بیان‌شده، معیار میزان بارش با وزن (۰/۳۵۸) در اولویت اول قرار گرفته و اولویت‌های دیگر به ترتیب: میزان دما (۰/۲۲۶)، ارتفاع (۰/۱۶۲)، شیب (۰/۱۶۰)، خاک (۰/۱۳۴)، کاربری اراضی (۰/۰۹۸)، جهت شیب (۰/۰۹) و تبخیر با وزن (۰/۰۸۲) ارزش‌گذاری شده است.

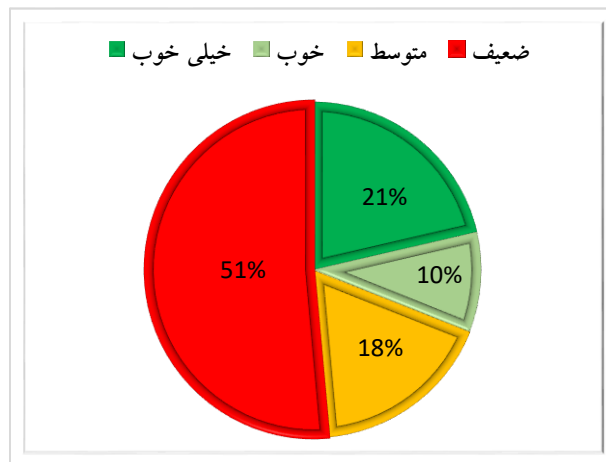
۳-۲- همپوشانی معیارها

از مهم‌ترین توانایی‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی که آن را سیستمی منحصربه‌فرد کرده است، توانایی تلفیق و همپوشانی داده‌ها برای مدل‌سازی، مکان‌یابی و تعیین تناسب اراضی، از طریق ارزش‌گذاری پهنه سرزمین است. زیرا در نتیجه تلفیق و ترکیب معیارها، مراکز، مسیرها و مکان‌های بهینه انتخاب می‌شود. در این پژوهش نتایج حاصل از وزن‌دهی لایه‌های مورد استفاده برای امکان‌سنجی منطقه از نظر قابلیت کشت پسته، با یکدیگر ترکیب شدند تا پهنه‌های بهینه برای کشت پسته مشخص شود. شکل (۴) نقشه نهایی مربوط به امکان‌سنجی کاشت پسته در استان آذربایجان شرقی را نمایش می‌دهد.



شکل (۴): نقشه نهایی امکان‌سنجی کاشت پسته در استان آذربایجان شرقی

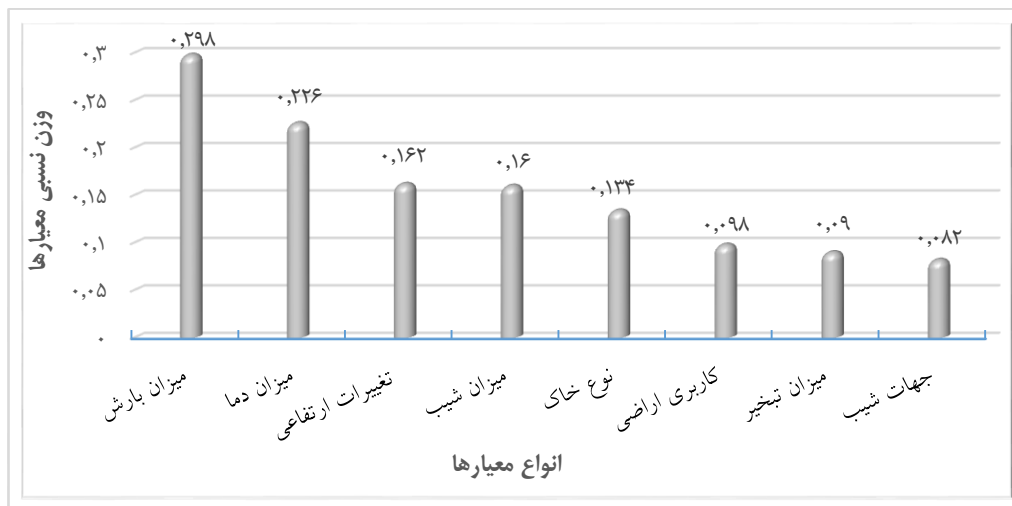
در محیط ArcGIS با استفاده از تحلیل آماری موجود در جدول توصیفی لایه نقشه‌ای نهایی، میزان درصد هریک از پهنه‌های قابل کشت پسته در منطقه موردی استخراج شده و نمودار آن در شکل (۵) نشان داده است.



شکل (۵): میزان درصد قابلیت کشت پسته در منطقه مورد مطالعه

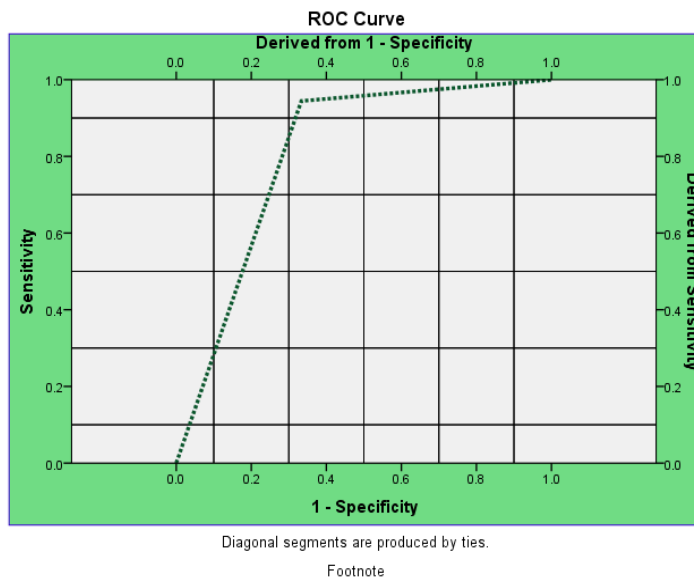
۳-۳- ارزیابی مدل

در پژوهش حاضر برای امکان‌سنجی کاشت پسته در استان آذربایجان شرقی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری سلسله مراتبی فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی با در نظر گرفتن معیارهای مانند میزان بارش، دما، تغییرات ارتفاعی، شیب، نوع خاک، کاربری اراضی، میزان تبخیر و جهت شیب از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که معیار میزان بارش با وزن (۰/۲۹۸) در اولویت اول قرار گرفته و اولویت‌های دیگر به ترتیب: دما (۰/۲۲۶)، ارتفاع (۰/۱۶۲)، شیب (۰/۱۶۰)، خاک (۰/۱۳۴)، کاربری اراضی (۰/۰۹۸)، تبخیر (۰/۰۹۰) و جهت شیب (۰/۰۸۲) بیشترین تأثیر را در امکان‌سنجی کاشت پسته دارا می‌باشد (شکل ۶).



شکل (۶): میزان تأثیر معیارها در امکان‌سنجی کشت پسته در منطقه

برای ارزیابی نقشه‌ی امکان‌سنجی کشت پسته از منحنی ROC استفاده شده است (شکل ۷). منحنی ROC به معنی مشخصه عملکرد سیستم منحنی عملیاتی دریافت کننده می‌باشد. این منحنی یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی عملکرد مدل‌های طبقه‌بندی شده یا چند لایه می‌باشد. ارزش منحنی ROC بین صفر و یک و بیانگر مساحت زیر منحنی است. این منحنی ارزش عددی یا عبارتی دقت مدل را با عبارت AUC که همان مساحت زیر منحنی ROC است بیان می‌کند. مساحت زیر منحنی در این تحقیق برای مدل AHP برابر با ۰/۸ است که از دقت خوبی برخوردار بوده و مورد تأیید است.



Area Under the Curve

Test Result Variable(s): Investigating the feasibility of Pistachio Cultivation

Area
0.8

شکل (۷): ارزیابی مدل گرافیکی امکان‌سنجی کشت پسته در منطقه

هر چه عدد به دست آمده از سطح زیر نمودار، به عدد یک نزدیک‌تر باشد نقشه تولید شده دقیق و هر چه عدد به صفر نزدیک‌تر باشد دقت نقشه پایین خواهد بود.

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN + FP}$$

رابطه (۷)

TN = نرخ درست منفی و FP = نرخ نادرست مثبت

منحنی ROC توسط ترسیم نسبت یا نرخ مثبت صحیح^۱ که به اختصار TPR نامیده می‌شود برحسب نرخ مثبت کاذب^۲ با نام اختصاری FPR، ایجاد می‌شود. البته توجه داشته باشید که آستانه برای این مقادیر، متغیر است. به همین دلیل، یک نمودار پیوسته ایجاد خواهد شد. برای ارزیابی مدل از منحنی ROC که در رابطه (۷) آمده است، استفاده گردید. برای اجرای منحنی از نقاط نمونه پهنه‌های کشت پسته استفاده شد؛ به طوری که در نقشه نهایی از تعداد ۲۰ نقطه‌ی نمونه، ۱۶ نقطه به درستی در طبقه‌ی خیلی خوب قرار گرفته است که به عنوان TN و تعداد ۴ نقطه هم به صورت نادرست طبقه‌بندی شد.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در پاسخ به سؤال اساسی این پژوهش که چگونه می‌توان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان‌های مناسب جهت کاشت پسته را در استان آذربایجان شرقی شناسایی کرد؟ فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۱) بیان داشتند که در بین روش‌های امکان‌سنجی کشت، سیستم اطلاعات جغرافیایی امکانات بسیار مناسبی را در تعیین قابلیت‌های کشت محصولات کشاورزی فراهم می‌آورد. این سیستم، با ارائه امکانات لازم در خصوص تهیه هر یک از عوامل در قالب لایه‌های اطلاعاتی و ارائه انواع توابع برای تحلیل‌های مکانی، کاربران را قادر می‌سازد که با بیشترین دقت ممکن، نسبت به ارزیابی مناطق مستعد کشت محصولات کشاورزی اقدام نمایند. بنابراین به منظور امکان‌سنجی کاشت پسته در استان آذربایجان شرقی، داده‌های اقلیمی مانند میزان بارش، میزان دما و تبخیر استفاده شد. همچنین داده‌های منابع محیطی شامل: تغییرات ارتفاعی، شیب و جهات شیب، نوع خاک و کاربری اراضی می‌باشند. انواع داده‌ها با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با بررسی عوامل مؤثر بر کشت پسته مشخص شد که میزان بارش و دما بیشترین میزان تأثیرگذاری را در بین عوامل دارند. اضافه شدن سطح شوره زارها در نزدیکی شهرهای مانند ایلخچی که فاصله‌ی اندکی با دریاچه ارومیه دارد باعث شده تا این شهرستان بستر مناسبی جهت کاشت پسته داشته باشد. بنا به بررسی‌های میدانی و مصاحبه با کشاورزان منطقه، پسته این شهرستان بازار مناسبی دارد و می‌تواند گام خوبی در جهت کشت‌های جایگزین داشته باشد و باغات پسته ایلخچی هم اکنون دارای محصول سالم و با کیفیت بالا هستند. آذربایجان شرقی حدود ۳۵ درصد از مجموع ۳۸۰ هزار هکتار زیرکشت باغات پسته‌ی کشور را به خود اختصاص داده است و مقام هفتم کشور را دارا می‌باشد. بیشترین پراکنش سطح زیر کشت پسته در شهرهای

1. True Positive Rate (TPR)

2. False Positive Rate (FPR)

اسکو، مرند، آذرشهر، بناب، عجب شیر و تبریز قرار دارد که باغات پسته‌ی ایلخچی یکی از قطب‌های تولید پسته در استان محسوب می‌شود. از طرف دیگر، سطح زیر کشت باغات و اراضی زراعی نیز که شدیداً وابسته به منابع آب زیرزمینی بوده، به صورت بی‌رویه و نامتناسب با شرایط توسعه پیدا کرده است. لذا تغییر الگوی کشت راهکار اساسی برای اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی بوده و تنها راه‌حل عملی در ارتباط با توسعه کشاورزی پایدار منطقه به شمار می‌رود. فتاحی اردکانی (۱۳۷۵)، رویشگاه پسته در ایران در مناطق با عرض جغرافیایی ۳۷-۲۷ درجه می‌داند. در حالی که منطقه مورد مطالعه تا عرض جغرافیایی ۳۹ درجه را پوشش می‌دهد. این مطلب با نتایج مطالعه یاراحمدی و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی دارد. آنان به این نتیجه رسیدند که اراضی حاشیه دریاچه ارومیه جزء مناطق کاملاً مناسب برای کاشت پسته می‌باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که حدود ۲۱ درصد از منطقه در پهنه خیلی خوب، ۱۰ درصد در پهنه خوب، ۱۸ درصد در پهنه متوسط و ۵۱ درصد در پهنه ضعیف قرار گرفته است. پهنه‌های با قابلیت بالای کشت در شهرهای کاغذکنان و میانه در جنوب شرقی استان و گستره وسیعی از شهرهای هوراند، چهاردانگه، آبش احمد، گرمادوز، خداآفرین و منجوان در شمال غربی استان از پتانسیل بالایی برخوردارند. در شمال غربی منطقه نیز بخش‌هایی از جلفا و کشکسرای و به طور گسترده در بخش یامچی شرایط مناسبی برای کاشت این محصول تعیین شده است. به علاوه غرب شهرستان تبریز و نوار غربی استان نیز پهنه‌های قابل توجهی بدین منظور مشاهده می‌شود.

در نهایت چندمورد پیشنهاد پژوهشی ارائه می‌گردد:

- اراضی شناسایی شده با پتانسیل مناسب به منظور زیر کشت بردن و توسعه کاشت پسته به کشاورزان معرفی گردد.
- مطالعه جامعی در رابطه با کشت پسته و انتخاب بهترین رقم با توجه به شرایط اقلیمی و محیطی منطقه مورد مطالعه صورت گیرد.
- در پژوهش‌های آینده برای حصول نتیجه بهتر، می‌توان امکان‌سنجی را در محدوده مورد نظر با شرایط یکسان از روش‌ها و مدل‌های دیگر نیز استفاده نمود و نتایج را باهم مقایسه کرد.

منابع

- اصغر پور، م.ج. (۱۳۹۷). تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره (چاپ هفدهم). تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۲ ص.
- امیرقاسمی، ت. و سوزنی، ج. (۱۳۸۷). پسته یا طلای سبز ایران (چاپ اول). تهران: انتشارات سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی کشور، ۱۷۲ ص.
- پناهی، ب.، اسماعیل‌پور، ع.، فرود، ف.، مودن‌پور کرمانی، م.، و فریور میهن، ح. (۱۳۸۰). پسته (۱): اصول و آماده‌سازی و کاشت. تهران: نشر آموزش کشاورزی، ۱۴۹ ص.
- حسین‌زاده کرمانی، م.، حسینی، ا.، و عمادی‌موسوی، ف. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی اگروکلیمای کشت پسته در شهرستان رشتخوار. نخستین کنفرانس آب‌وهواشناسی ایران، کرمان، اردیبهشت ۱۳۹۲.
- حسین زاده کرمانی، م.، علیجانی ب.، حجازی زاده ز.، و صالحه، م. (۱۴۰۱). تحلیل فضایی مناطق مستعد کشت پسته (طول دوره رشد) در ایران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲(۶۷): ۱-۲۴.
- حسینی، م.، و بهبهانی، س.م. (۱۳۹۰). استعدادیابی و پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زیتون با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و الگوریتم ژنتیک. مدیریت آب و آبیاری، ۱(۲): ۸۵-۹۶.
- خوشحال دستجردی، ج.، و شهبازی، س. (۱۳۸۴). بررسی شرایط محیطی و محاسبه نیازهای حرارتی کشت پسته در دشت برخوار. پژوهش علوم انسانی، ۱(۱): ۲۱۰-۱۹۳.
- خیاط‌زاده ماهانی، ا. (۱۳۸۴). بررسی عناصر اقلیمی (دما و رطوبت) بر کشت محصول پسته در شهرستان رفسنجان. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده انسانی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.
- رکن‌الدین افتخاری، ع.، پورطاهری، م.، فرج‌زاده اصل، م.، و حیدری ساربان، و. (۱۳۸۸). نقش توانمندسازی در توسعه کشاورزی مطالعه موردی: اردبیل، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، ۴۱(۶۹): ۱۰۳-۸۷.
- سالنامه آمار و بازرگانی. (۱۳۸۲). اطلس ملی ایران. تهران: انتشارات سازمان برنامه و بودجه، ۶۲ ص.
- سالنامه آماری استان آذربایجان شرقی. (۱۳۹۲). سایت استانداری آذربایجان شرقی. <https://old.ostan-as.ir/uploads/1/CMS/user/file/2/amar/amar-salname-1392-01.pdf>
- طالب، م.، و عنبری، م. (۱۳۸۷). جامعه‌شناسی روستایی (چاپ دوم). تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۴۹۰ ص.
- عطائی، م. (۱۳۸۹). تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی (چاپ پنجم). شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۳۳۳ ص.
- علوی، ا.، اکبری، ا.، عطایی، م.، و کیادلیبری، ه. (۱۳۹۰). مقایسه روش‌های TOPSIS فازی و AHP فازی برای انتخاب و کاشت گونه‌های بومی (مطالعه موردی: منطقه معدنی سرچشمه). تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۲(۳): ۵۶-۴۶.
- علیزاده، ا. (۱۳۸۹). اقلیم و هواشناسی کشاورزی (چاپ اول). مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۵۰۴ ص.
- فتاحی اردکانی، ا. (۱۳۷۵). تحلیل بهره‌وری عوامل موثر بر تولید پسته (شهرستان اردکان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- فرج‌نیا، ا.، مروج، ک.، علمداری، ص.، و اصلاحی، م. (۱۴۰۰). بکارگیری مدل زراعی-اکولوژیک فائو برای مکان‌یابی مناطق مستعد کشت پسته در استان آذربایجان شرقی. آب و خاک، ۳۵(۵): ۷۰۳-۷۱۷.
- فیضی زاده، ب.، ابدالی، ح.، رضایی بنفشه، م.، و محمدی، غ. (۱۳۹۱). پهنه‌بندی قابلیت کشت گندم دیم در سطح استان آذربایجان شرقی با استفاده از تحلیل‌های مکانی GIS، زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۹۶: ۷۵-۹۱.
- گریک، د. (۱۳۹۰). مقدمه‌ای بر جغرافیای کشاورزی (چاپ پنجم). ترجمه: ع. کوچکی، ی. دهقانیان و ع. کلاهی‌اهری. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۰۴ ص.

- لشکری، ح.، و کیخسروی، ق. (۱۳۸۸). مکان‌یابی محل‌های مناسب کشت پسته در شهرستان سبزوار به روش استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، همراه با مدل‌های (بولین، نسبت دهی، روش مقایسه زوجی). جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۴(۲۷)، ۹۵-۱۳۹.
- مکانیکی، ج.، اشرفی، ع.، و صادقی، ح.ا. (۱۳۹۲). امکان‌سنجی کشت کلزار در شهرستان ایذه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، ۱۱۴-۱۰۱، ۳(۸).
- منیعی، ع. (۱۳۸۶). مبانی علمی پرورش درختان میوه (چاپ سوم). تهران: انتشارات فنی ایران، ۹۶۰ ص.
- میرموسوی، س.ح.، و میریان، م. (۱۳۹۳). مطالعه و پهنه‌بندی ویژگی‌های جغرافیایی کشت پسته در استان زنجان. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۸(۴۹)، ۳۱۵-۲۹۵.
- نتایج سرشماری نفوس و مسکن پرتال ملی آمار. (۱۳۹۵). www.amar.org.ir.
- نجفی، پ.، مصطفی، س. (۱۳۸۴). ارزیابی دقت نرم‌افزار CropWat در تخمین تبخیر و تعرق گیاه مرجع در منطقه اصفهان. پژوهش در کشاورزی، ۱(۱)، ۱-۱۱.
- یاراحمدی، ج.، حاجی حسنی، ن.، فرج نیا، ع.، و تاج آبادی‌پور، ع. (۱۳۹۶). پهنه بندی مناطق پسته کاری از نظر اقلیمی در استان آذربایجان شرقی. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۱(۶۰)، ۲۹۸-۲۸۱.
- یزدان‌پناه، ح.ا.، کمالی، غ.، حجازی‌زاده، ز.، و ضیاییان، پ. (۱۳۸۵). مکان‌گزینی اراضی مستعد کشت بادام در استان آذربایجان شرقی. جغرافیا و توسعه، ۴(۸)، ۱۹۳-۲۰۳.
- Hamzayev, A. K., Eshankulov, B.I., Kholmurotov, M.Z and Inomova, M.M. (2020). Study on cultivation of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings in containers. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Citation a Kh Hamzayev et al 2020 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 614 01211.
- Ren, Y. (2011). Metaheuristics for multiobjective capacitated location allocation on logistics networks. M.sc thesis Montreal, Concordia University, Montreal.
- Taghizadeh-Alisarai, A., Alizadeh Assar, H., Ghobadian B. & Motevali, A. (2017). Potential of biofuel production from pistachio waste in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72, 510-522.

Application of GIS and Multi-Criteria Decision Making Method for investigating the feasibility of Pistachio Cultivation (Case Study: East Azerbaijan Province)

Nahid Mirzadeh¹, Bakhtiar feizizadeh², Hamidreza Amiri*³, Vahid Dehghani⁴



Research Article

1. M.Sc. of GIS, Azad University of Tabriz, Mamqan Branch, Tabriz, Iran.

nido1372@gmail.com

2. Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran.

bakhtiar.feizizadeh@gmail.com

3. M.Sc. of RS & GIS, Hormozgan University, Hormozgan, Iran.

amirihamid15@gmail.com

* Corresponding author

4. M.Sc. of GIS, Azad University of Fars, Larestan Branch, Fars, Iran.

vahid.dehghani2017@gmail.com

Article Code: 2307-1044

Continous Pagination: 319-332

Received: 07 July 2023

Accepted: 20 August 2023

Online: 18 July 2024

Review speed: 45 days

Citation:

Mirzadeh, N., feizizadeh, B., Amiri, H. and Dehghani, V. (2023). Application of GIS and Multi-Criteria Decision Making Method for investigating the feasibility of Pistachio Cultivation (Case Study: East Azerbaijan Province). *Management of Natural Ecosystems*, 2(4), 38-51.

Abstract

Pistachio is one of the most important agricultural products of the country, which is very important from various economic, social, environmental aspects and other. The production value of this precious and unique product is about 10% of the country's non-oil income. East Azarbaijan province is one of the regions where the cultivation of this product can become popular due to the favorable weather conditions in some of its regions and cities. Therefore, in this research, it has been tried to determine the areas prone to pistachio cultivation with geographic information system and the effective factors in identifying these places. The persistenc of drought in East Azerbaijan province has caused a decrease of available water resources, rapid reduction, of underground water, On the other hand, the cultivated area of gardens and agricultural lands, which highly depend on underground water resources, has been developed indiscriminately and disproportionately with the climatic conditions. Therefore, improving the cultivation patterns is the basic solution to reducing water consumption in the agricultural sector and it is the only practical solution for the sustainable agricultural development of the region. The present research has been carried out with the aim of assessing the feasibility of suitable areas for of pistachio planting in East Azerbaijan province. The pistachio Cultivation areas are based on different climatic factors affecting different stages of plant growth, using modeling in the geographic information system. The results of this research showed that the criterion of precipitation (0.298) is the first priority, and other parameters are: temperature (0.226), altitude (0.162), slope (0.160), soil (0.134), land use (0.098), Evaporation (0.090) and slope directions (0.082) respectively have the greatest effect on the feasibility of pistachio planting in East Azerbaijan province Areas with high cultivation capability in the city of Mianeh in the southeast of the province and a wide area of the cities of Horand, Kalibar, Khodaafrin in the northwest of the province have great potential.

Key Words:

Feasibility study, pistachio, Geographic Information System, Fuzzy AHP, East Azerbaijan.