

## استفاده از تکنیک پرومته در ارزیابی بهکاشت اراضی برای محصولات انار و پسته در دشت میان‌دوآب

نرمین جهان‌پور<sup>۱</sup>، حمیدرضا ممتاز<sup>۲\*</sup>، مهشید سوری<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۲۹)

### چکیده

ارزیابی تناسب اراضی جهت تعیین سازگاری اراضی برای نوع خاصی از کاربری‌ها استفاده می‌شود تا از اراضی متناسب با استعداد و پتانسیل تولید آن‌ها استفاده شود. این تحقیق با هدف تعیین تناسب اراضی محصولات انار و پسته، در ۱۱ سری خاک منطقه میان‌دوآب با استفاده از تکنیک PROMETHEE II انجام گرفت. برای این منظور، ابتدا معیارهای بافت خاک، pH خاک، هدایت الکتریکی خاک، کربن آلی خاک، درصد سدیم تبادل‌ی خاک و درصد آهک خاک، تعداد خانوار، جمعیت مرد، جمعیت زن، سطح سواد (باسواد، بی‌سواد)، شغل اصلی و سن تعیین شدند. سپس وزن معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون محاسبه شد. نتایج نشان داد که بیشترین وزن برای هر دو محصول متعلق به معیار سدیم تبادل‌ی و کمترین وزن متعلق به سن و شغل بود. سپس معیارهای وزن داده شده با استفاده از تکنیک PROMETHEE II تحلیل شدند. نتایج نشان داد که برای هر دو محصول انار و پسته سری‌های خاک Su و Su.Wt با وزن‌های به‌ترتیب ۰/۴۱۷ و ۰/۳۲۸ برای انار و ۰/۴۳۸ و ۰/۳۵۸ برای پسته مناسب‌ترین، درحالی‌که سری‌های خاک Ch و Fa.Wt با وزن‌های به‌ترتیب ۰/۲۸۵ و ۰/۵۲۲ برای انار و ۰/۳۲۶ و ۰/۴۷۸ برای پسته نامطلوب‌ترین سری‌های خاک در منطقه مورد نظر می‌باشند. ۲۰/۱۱٪ منطقه دارای تناسب خیلی خوب، ۲۳/۶٪ تناسب خوب، ۳۶/۲۶٪ تناسب متوسط و ۲۰/۰۳٪ نامناسب برای کشت انار بوده و برای کشت پسته ۲۷/۲۳٪ منطقه مطالعاتی دارای تناسب خیلی خوب، ۲۳/۹٪ تناسب خوب، ۳۸/۸۷٪ تناسب متوسط و ۱۰٪ نامناسب می‌باشند.

**واژه‌های کلیدی:** انار، پسته، تکنیک پرومته دو، تناسب اراضی، منطقه میان‌دوآب

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

\*پست الکترونیک: [h.momtaz@urmia.ac.ir](mailto:h.momtaz@urmia.ac.ir)

## مقدمه

دلیل همراه بودن با روش گرافیکی GAIA دارای قدرت نمایش بسیار عالی می‌باشند و می‌توانند تضادهای موجود میان گزینه‌های مختلف را به خوبی نشان دهند. اکیچی و همکاران (Akinci *et al.*, 2013) نقشه تناسب اراضی برای کشاورزی را در اراضی حومه شهر آرتوین ترکیه با استفاده از روش‌های چند معیاره و GIS تهیه کردند. نتایج نشان داد که درصد شیب و میزان فرسایش به‌عنوان محدود کننده‌ترین ویژگی‌ها می‌باشند. برای حل مشکل تسهیلات مسکن آتول و چاکراباتی (Athawale & Chakraborty, 2010) هشت معیار را در قالب ۴ گزینه با استفاده از روش PROMETHEE II مقایسه کردند. ایشان بیان کردند که این روش بالاترین بازده را در شناسایی مکان‌های مناسب دارا می‌باشد. روش پرومته به‌راحتی قادر به به‌کارگیری معیارهایی با مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری می‌باشد و متناسب با اطلاعات و مقیاس معیار توابع شش‌گانه مجزایی را تعریف می‌کند، لذا در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره که معمولاً معیارها دارای مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری می‌باشد یک نقطه قوت برای تصمیم‌گیری محسوب می‌شود (Chou *et al.*, 2004). این روش در جایی که باید گزینه‌های زیادی بر اساس چند معیار کمی و کیفی و اغلب متناقض ارزیابی شود، سازگار و کارا می‌باشد (Albadvi *et al.*, 2007). خسروبیگی و همکاران (Khosrobeigi *et al.*, 2011) در بررسی سطح‌بندی‌پایداری توسعه روستایی با استفاده از فن تصمیم‌گیری چند معیاره، روش آنتروپی شانون را به‌عنوان مناسب‌ترین روش گزارش کردند. همچنین محققان زیادی در زمینه‌های مختلف بر کارایی روش آنتروپی شانون در وزن‌دهی معیارها تأکید داشتند (Zhao *et al.*, 2010, Zhang *et al.*, 2010, Qi *et al.*, 2011, Wu *et al.*, 2010, Zhihong *et al.*, 2006). بنابراین، هدف از این تحقیق، تعیین تناسب اراضی برای محصولات انار و پسته با استفاده از روش پرومته در بخشی از منطقه میان‌دوآب به‌منظور تغییر نوع کشت محصولاتی با نیاز آبی بالا همانند هندوانه و چغندر قند به محصولاتی با نیاز آبی کم و مقاوم به شوری می‌باشد (اجرای طرح بهکاشت).

دریاچه ارومیه، دومین دریاچه شور جهان است، اما متأسفانه بحران‌های آبی موجود در منطقه، سوء مدیریت‌ها، استفاده نامناسب از منابع آبی و حفر چاه‌های غیرمجاز زنگ خطری در گوش مردم و مسئولان استان-های آذربایجان غربی، شرقی و کردستان به‌ویژه شهرستان ارومیه نواخته شده است. استفاده از روش‌های بهکاشت یکی از راه‌های نجات و احیای دریاچه ارومیه است که همکاری کشاورزان، مردم و مسئولان را می‌طلبد. یکی از اهداف اصلی اجرای طرح بهکاشت در اطراف دریاچه ارومیه، تغییر نوع کشت محصولاتی با نیاز آبی بالا همانند هندوانه و چغندر قند به محصولاتی با نیاز آبی کم و مقاوم به شوری مانند انار و پسته می‌باشد. نیاز روزافزون جمعیت برای تولید غذا و کمبود منابع، ضرورت کاربرد روش‌های جدید در ارزیابی اراضی را جهت کمک به تصمیم‌گیرندگان در انتخاب اراضی مناسب و جلب رضایت تولیدکنندگان برای کسب سود، افزایش می‌دهد. روش‌های ارزیابی اراضی به‌طور عمده در جهت افزایش بهبود کیفیت نقشه‌ها تغییر کرده و اخیراً روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌منظور کمک به مدیران جهت تصمیم‌سازی مناسب با در نظر گرفتن مجموعه معیارها، کاربرد زیادی در زمینه‌های مختلف علمی از جمله تناسب اراضی-پیدا کرده است (Akinci *et al.*, 2013). از میان روش‌هایی که در قالب روش‌های فرارتابه‌ای ارائه شده‌اند، روش ROMETHEE در طیف وسیعی از کاربردهای مختلف استفاده شده است. ولی تاکنون این روش برای ارزیابی تناسب اراضی محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار نگرفته است. زلکار و بهاگت (Zolekar & Bhagat, 2015) تناسب اراضی چند معیاره برای کشاورزی را در منطقه تپه‌ای انجام دادند. نتایج کار ایشان نشان داد که حدود ۱۷٪ منطقه مورد مطالعه در کلاس کاملاً مناسب، ۲۹٪ در تناسب متوسط، ۱۶٪ کمی مناسب و ۳۸٪ در نامناسب برای کشاورزی قرار گرفتند. کبیر و سولطانا (Kabir & Sultana Sumi, 2014) با استفاده از فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی و نیز روش PROMETHEE به انتخاب محل‌های مناسب جایگزین نیروگاه‌های بنگلادش برای کاهش اثر امواج الکترومغناطیسی ساطع شده از این نیروگاه‌ها بر محیط اطراف پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که روش-های انتخاب شده به خصوص روش PROMETHEE به

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد نظر قسمتی از دشت میان‌دوآب از حوزه آبخیز دریاچه ارومیه با طول جغرافیایی شرقی  $37^{\circ} 25' 09''$  تا  $45^{\circ} 45' 54''$  و عرض جغرافیایی شمالی  $37^{\circ} 4' 51''$  تا  $37^{\circ} 1' 7''$  (شکل ۱) با رژیم رطوبتی و حرارتی زیریک و مزیک می‌باشد (Banaie, 1998). لازم به توضیح است که کشت رایج و غالب منطقه مورد مطالعه محصولات زراعی و باغی با نیاز آبی زیاد از قبیل چغندر قند، هندوانه و سیب می‌باشد. طبق گزارشات مطالعات نیمه‌تفصیلی دقیق انجام‌گرفته (Agricultural Research Institute of Iran, 2013)، منطقه مورد مطالعه دارای یازده سری خاک به نام‌های سری زرینه‌رود (Zr)، سری چهاربرج (Ch)، حالت مرطوب سری فسندوز (Fa.Wt)، سری صوفی چای (Su)، حالت شور سری صوفی چای (Su.Sa)، حالت مرطوب سری صوفی چای (Su.Wt)، حالت شور سری میان‌دوآب (Mi.Sa)، حالت مرطوب سری میان‌دوآب (Mi.Wt)، حالت شور و مرطوب سری میان‌دوآب (Mi.Sa.Wt)، حالت مرطوب سری جمشید (Jm.Wt) و حالت شور و مرطوب سری جمشید (Jm.Sa.Wt) می‌باشد. **گام اول:** تعیین نیازهای محصولات مورد مطالعه گام اول تحقیق شامل تعیین نیازهای محصولات مورد مطالعه بود. به دلیل عدم وجود جداول نیازهای اقلیمی و زمین‌نمایی محصولات پسته و انار همانند جداول نیازهای محصولات زراعی و باغی ارائه شده توسط سالیس و همکاران، از منابع علمی مختلف نظیر نشریه شماره ۵۱۰، وزارت جهاد کشاورزی استفاده شد. جدول (۱) نیازهای اقلیمی و خاکی پسته و انار را نشان می‌دهد.

**گام دوم:** تعیین ویژگی‌های خاک و زمین‌نما

برای تعیین ویژگی‌های خاک و زمین‌نما در منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های مربوط به مطالعات خاکشناسی نیمه-تفصیلی دقیق دشت میان‌دوآب که توسط موسسه تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی (2013) انجام گرفته، استفاده شد. به‌منظور راستی‌آزمایی از خاک‌های شاهد هر سری خاک مجدداً نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی هر کدام از سری‌های خاک شامل بافت خاک بر اساس روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، واکنش خاک با دستگاه pH متر (Thomas, 1996)، شوری عصاره اشباع

خاک با استفاده از دستگاه EC متر (Rhoades, 1982)، درصد کربن آلی خاک با استفاده از روش والکی بلک (Walkley & Black, 1934)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم نرمال بافر شده در  $pH=8/2$  و استات آمونیوم نرمال بافر شده در  $pH=7$  (Bower et al., 1952) و درصد آهک خاک به روش خنثی سازی با HCL و تیتراسیون با NaOH (Nelson, 1982) مورد آنالیز قرار گرفت. با استفاده از نرم‌افزار حساب‌گر ویژگی‌های مثلث بافت خاک<sup>۱</sup> جرم مخصوص ظاهری خاک<sup>۲</sup>، ظرفیت زراعی<sup>۳</sup>، آب در دسترس<sup>۴</sup>، نقطه پژمردگی<sup>۵</sup>، درصد اشباع<sup>۶</sup> و هدایت هیدرولیکی اشباع<sup>۷</sup> محاسبه شد.

**گام سوم:** جمع‌آوری اطلاعات اقتصادی و اجتماعی در این مرحله، اطلاعات اقتصادی و اجتماعی مربوط به روستاهای موجود شامل تعداد خانوار، جمعیت مرد، جمعیت زن، سطح سواد (باسواد، بی‌سواد)، شغل اصلی و سن از طریق پرسشنامه‌های تکمیلی و از دهیاری‌ها جمع‌آوری گردید.

1 - Soil texture triangle hydraulic properties

2 - bulk density

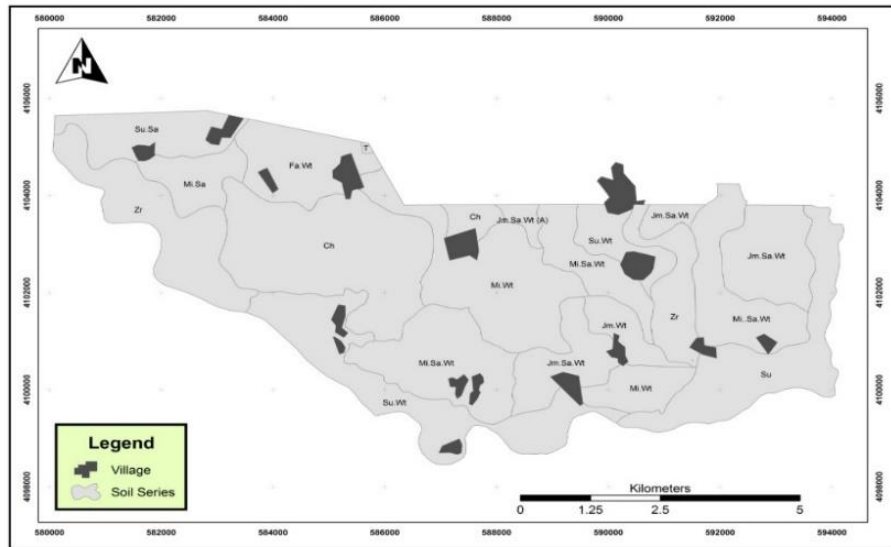
3 - field capacity

4 - Available water

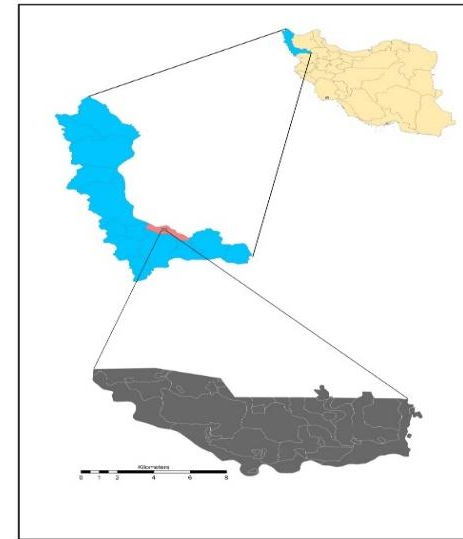
5 - Wilting point

6 - Saturation

7 - Saturation hydraulic conduct



شکل ۲- نقشه سری های خاک موجود در منطقه  
Figure 2. Map of the soil series in the region



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه  
Figure 1. Map of the study region

جدول ۱- نیازهای اقلیمی و خاکی انار و پسته (نشریه شماره ۵۱۰، وزارت جهاد کشاورزی، ۲۰۰۹)

Table 1. Edaphic and climatic requirements of pomegranate and pistachio (Publication No. 510. Ministry of Agriculture. 2009)

Name	During the growing season	maximum absolute temperatur	Minimum absolute temperature	average temperature	Above sea level (m)	texture	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	CaCO <sub>3</sub> %	Annual water requiremen	OC %	ESP %
Pomegranate	150-180	38-40	-20	25-30	900-1800	Loamy sandy depth & light	10>	7-7.5	35	4500-5500	1<	20
Pistachios	150-180	38-40	-14	22-24	Up to 1400	Loamy sandy depth & light	6>	6.5-8	20	4500	1<	18

گزینه‌های رقیب از نظر آن معیار تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. لذا نقش آن معیار در تصمیم‌گیری به همان اندازه کاهش می‌یابد.

تعدیل وزن معیارها:

$$W_j = \frac{\gamma_j w_j}{\sum_{j=1}^n \gamma_j w_j} \quad (5)$$

**گام پنجم:** به‌کارگیری تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره پرومته

در گام پنجم تحقیق، بر اساس وزن‌های به‌دست‌آمده از روش آنتروپی شانون، روش PROMETHEE بر روی داده‌های ابر ماتریس تصمیم‌گیری در قالب ۵ مرحله، پیاده‌سازی گردید.

**مرحله اول:** تابع ترجیح  $P_j$  به هر یک از معیارهای  $Z$  اختصاص داده شد. مقدار  $P_j(a,b)$  برای هر زوج گزینه محاسبه شد. این مقدار بین صفر و یک، متغیر بود. اگر رابطه  $f_j(a)=f_j(b)$  برقرار بود، مقدار  $P_j(a,b)$  گزارش شد و با افزایش  $f_j(a)-f_j(b)$  این مقدار بیشتر گردید و هنگامی که اختلاف به‌اندازه کافی زیاد شد، مقدار  $P_j(a,b)$  هم به ۱ رسید. شکل‌های مختلفی برای تابع  $P_j$  فرض شد که به چگونگی مدل‌سازی معیار زام بستگی داشت.

**مرحله دوم:** میزان اولویت کلی  $\pi(a,b)$  برای هر گزینه  $a$  بر روی گزینه  $b$  محاسبه شد. هرچه میزان  $\pi(a,b)$  بیشتر بود، گزینه  $a$  ترجیح بیشتری داشت.  $\pi(a,b)$  بر اساس رابطه (۶) محاسبه شد:

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^k w_j p_j(a,b), \left( \sum_{j=1}^k w_j = 1 \right) \quad (6)$$

**مرحله سوم:**  $\pi(a,b)$  نشان‌دهنده درجه اولویت گزینه  $a$  نسبت به گزینه  $b$  بود. برای محاسبه قدرت ترجیح کلی گزینه  $a$  به دیگر گزینه‌ها، جریان خروجی بر اساس رابطه (۷) محاسبه گردید.

$$\emptyset^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a,x) \quad (7)$$

این جریان نشان داد که گزینه  $a$  چقدر بر سایر گزینه‌ها اولویت دارد. این جریان، در حقیقت، قدرت گزینه  $a$  بود. بزرگ‌ترین  $\emptyset^+(a)$  به معنای بهترین گزینه بود. میزان ترجیح سایر گزینه‌ها بر گزینه  $a$  که جریان ورودی نامیده شد، بر اساس رابطه (۸) محاسبه گردید.

$$\emptyset^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x,a) \quad (8)$$

این جریان نشان داد که سایر گزینه‌ها تا چه میزان بر گزینه  $a$  اولویت دارند. این جریان، در حقیقت، ضعف گزینه  $a$  بود.

**گام چهارم:** تعیین وزن معیارها به کمک روش آنتروپی پس از تعیین معیارهای خاکی و اقلیمی و اقتصادی اجتماعی لازم از منطقه مورد مطالعه به‌منظور کشت محصولات مورد نظر از قبیل انار و پسته، سپس این معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون مطابق روش مشروحه ذیل وزن‌دهی گردید. آنتروپی شانون روش مناسبی برای اندازه‌گیری اهمیت نسبی صفات و انتقال ارزش باطنی داده‌ها به تصمیم‌گیر می‌باشد (Wang et al., 2008). همچنین این روش یک رهیافت عینی توانمند برای تعیین وزن معیارها در مواقعی است که داده‌ها صفر نباشد (Qi et al., 2010):

بر اساس این روش ماتریس تصمیم‌گیری با درجه  $m \times n$  تشکیل شد، به‌طوری‌که  $m$  نشان‌دهنده تعداد گزینه‌هایی بود که با  $A_1$  تا  $A_m$  نشان داده شدند (که در این پژوهش گزینه‌ها، سری‌های خاک منطقه در میاندوآب بودند) و  $n$  بیانگر تعداد معیارهایی بود که با  $C_1$  تا  $C_n$  نمایش داده شدند<sup>۱</sup> (در این پژوهش، معیارها شامل معیارهای خاکی، اقلیمی و اقتصادی-اجتماعی بودند). روش آنتروپی برای محاسبه وزن معیارها، به‌صورت زیر اعمال گردید (Zhihong et al., 2006):

ابتدا ماتریس بر اساس رابطه (۱) نرمال گردید. بر اساس رابطه (۱) مقدار درایه‌های هر ماتریس بر جمع ستون واقع‌شده تقسیم گردید.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (1)$$

محاسبه مقدار آنتروپی  $E_j$ :

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m [p_{ij} \ln p_{ij}] \quad \text{و} \quad k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (2)$$

$\ln$  لگاریتم در مبنای عدد پی است و  $K$  عدد ثابت است که  $E_j$  را بین صفر و یک نگه می‌دارد).

محاسبه درجه انحراف (d):

$$d_j = 1 - E_j; \forall j \quad (3)$$

محاسبه وزن معیارها (w):

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (4)$$

$d_j$  بیان می‌کند که معیار زام چه میزان اطلاعات مفیدی برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. بدین صورت که هر چه مقادیر اندازه‌گیری شده معیاری در گزینه‌ها به هم نزدیک باشند، نشان‌دهنده آن است که

۱- در این ماتریس  $A_i$  گزینه  $Z_i$ ،  $X_j$  شاخص زام، و  $a_{ij}$  ارزش گزینه  $Z_i$  از نظر شاخص زام است

وضعیت هر معیار و تابع‌های متناسب با آن‌ها در قالب جدول (۵) ارائه شدند. تابع متناسب اکثر معیارها تابع Gaussian می‌باشد و تابع متناسب با معیارهای کیفی تابع U-shape می‌باشد. به‌جز معیارهای هدایت الکتریکی خاک، آهک خاک، سدیم تبدالی خاک و سن که وضعیت آن‌ها Min می‌باشد بقیه معیارها وضعیت Max را به خود اختصاص دادند. جدول (۶) رتبه‌بندی سری‌های خاک را بر اساس مقدار فی برای سری خاک برای انار و جدول (۷) برای پسته را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۷) سری خاک su.wt با داشتن بیشترین مقدار فی و امتیاز ۱۰۰ مناسب‌ترین منطقه برای کشت پسته را نسبت به سایر سری‌های خاک دارد. سری خاک fa.wt با داشتن کمترین مقدار فی و امتیاز ۱۲/۸۹ نسبت به سایر سری‌های خاک نامناسب‌ترین منطقه برای کشت پسته می‌باشد و با توجه به جدول (۶) مشخص می‌شود که اعداد وزن به‌دست‌آمده برای سری‌های مختلف خاک در منطقه مطالعه شده همانند محصول پسته می‌باشد بدین معنی که سری خاک su.wt با امتیاز ۱۰۰ دارای بهترین تناسب و سری خاک fa.wt با داشتن امتیاز ۱۳/۷۷ و کمترین مقدار وزن جز نامناسب‌ترین مناطق برای کشت انار می‌باشند.

بر اساس نتایج جدول (۶ و ۷) و با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی K-means سری‌های خاک Su و Su.Wt برای انار و سری‌های Su، Su.Wt، Zr و Mi.Wt برای پسته در اولویت خیلی خوب و سری‌های خاک Ch و Fa.Wt برای انار و سری خاک Fa.Wt برای پسته در اولویت ضعیف قرار گرفتند. خسروبیگی و همکاران (Khosrobeigi et al., 2011) در بررسی سطح‌بندی پایداری توسعه روستایی با استفاده از فن تصمیم‌گیری چند معیاره برنامه‌ریزی توافقی روش مناسب وزن‌دهی معیارهای تحقیقشان را روش آنتروپی شانون بیان کردند. والمحمدی و فیروزه (Valmohammadi & Firouzeh., 2010) در بررسی عملکرد سازمان آموزشی برای معیارهای تحقیق (مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی، رشد و یادگیری) بر کارایی روش آنتروپی شانون در وزن‌دهی معیارهایشان تأکید کردند.

کوچک‌ترین  $\Phi(a)$  نشان‌دهنده بهترین گزینه بود. بنابراین، با داشتن و بررسی جداگانه دو جریان  $\Phi^+$  و  $\Phi^-$  رتبه‌بندی جزئی انجام شد.

**مرحله چهارم:** رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها جریان خالص رتبه‌بندی را برای هر گزینه بر اساس رابطه (۹) تعریف شد.

$$\Phi(a) = \Phi^+ - \Phi^- \quad (9)$$

داده‌های مربوط به ۱۱ سری خاک شامل مقدار هر معیار و وزن آن‌ها بر اساس قوانین مذکور تحلیل شدند.

**مرحله پنجم:** در این مرحله توابع Max و Min برای هر معیار مشخص گردید. بدین صورت که با توجه به هدف این پژوهش از بین معیارهای انتخاب‌شده معیارهایی که باعث کاهش کیفیت رشد محصول می‌شوند تابع Min و معیارهایی که سبب افزایش کیفیت رشد محصول می‌گردند، تابع Max انتخاب گردید. در گام ششم تحقیق طبقه‌بندی رتبه‌ها با استفاده از روش خوشه‌بندی K-means انجام گرفت. رتبه‌های به‌دست‌آمده از هر سری خاک بر اساس تکنیک PROMETHEE، به کمک بسته نرم‌افزاری SPSS18 طبقه‌بندی شدند.

## نتایج و بحث

جدول (۲) نتایج فیزیکی و شیمیایی و رده‌بندی سری‌های خاک موجود در منطقه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است خاک‌ها در رده‌های اینسپتی‌سول، آلفی-سول، اریدی‌سول و انتی‌سول قرار دارند. با توجه به میانگین وزنی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سری‌های خاک منطقه مورد مطالعه (جدول ۳)، وزن هر یک از معیارها به روش آنتروپی شانون محاسبه شد. جدول (۴) نتایج مربوط به وزن‌دهی هر یک از معیارها را برای انار و پسته نشان می‌دهد. بر اساس نتایج جدول (۴) معیار درصد سدیم تبدالی برای هر دو محصول انار و پسته با وزن‌های به ترتیب ۰/۲۵۴ و ۰/۲۶ و معیار شوری خاک برای هر دو محصول با وزن‌های به ترتیب ۰/۲۳۴ و ۰/۲۳۸ بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند، در صورتی‌که، معیار سن و شغل با وزن‌های ۰/۰۰۱ برای انار و ۰/۰۰۲ برای پسته کمترین وزن را به خود اختصاص دادند.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سری‌های خاک در منطقه میاندوآب

Table 2. Some of the physical and chemical properties of soil series (Miandoab region)

Soil Series	Horizon	Depth (cm)	Structure	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	CEC	CaCO <sub>3</sub> (%)	OC	ESP	Sand	Silt (%)	Clay	Texture
Coarse loamy, mixed, superactive, mesic, Typic Xerorthents													
Zarrini rood (zr)	Ap	0-30	1mgr&2fabk	0.71	8.2	10	5.5	0.09	6	50	37.4	12.6	Loam
	C1	30-95	Sg	0.24	8.4	4	8	0.19	8	75	22.4	2.6	Loamy sand
	C2	95-150	Sg	0.95	8.5	8	8.8	0.22	12	63	25.4	11.6	Sandy loam
Fine, mixed, semiactive, Typic Haplosalids													
Chaharborj (ch)	Anz	0-12	2fgr & 2fabk	185.1	7.1	22	2	1.59	18	13.8	44.2	42	Silty clay
	Bz1	12-30	2cabk	72.3	7.6	31	7	0.93	9	11.4	40.6	48	Silty Clay
	Btnz1	30-50	2mabk	62.5	7.7	29	4	0.66	17	13.2	33.8	53	Clay
	Btnz2	50-80	2mabk	67	7.7	22	14.5	0.46	31	15.6	33.4	51	Clay
	Btnz3	80-150	2fabk	53.8	7.8	25	11	0.39	22	9.8	26.2	64	Clay
Fine loamy, mixed, active, mesic, Typic Aquasalids													
Wet status Fesendoz seri (fa.wt)	Anz	0-25	1vfgr&2mcr	47.7	8.3	14	11.5	0.72	96	27.6	46.8	25.6	Loam
	Bnz1	25-70	2fcr&1mabk	19.7	8.2	10	14.5	0.28	23	41.6	36.8	21.6	Loam
	Bnz2	70-100	2mcr	19.7	8.1	8	14	0.13	40	53	29.4	17.6	Sandy loam
	Bnzc1	100-125	1mcr	34.8	8.1	8	14.5	0.30	53	33.6	51	15.4	Silt loam
	Bnzc2	125-150	2mcr	8.7	8.3	8	12.5	0.13	25	69.2	20.2	10.6	Sandy loam
Coarse loamy, mixed, superactive, mesic, Typic Xerorthents													
Sufi chay (su)	Ap	0-25	1mgr	1.9	7.9	15	6	0.35	7	43.2	40	16.8	Loam
	C1	25-60	Sg	3.3	8	12	3	0.05	10	46.8	44.4	8.8	Loam
	C2	60-150	Sg	3.4	7.8	11	3	0.12	8	67.6	23.6	8.8	Sandy loam
Fine, mixed, superactive, mesic, Aquic Natrixeralf													
Wet & Salinity status Jamshid series (jm.sa.wt)	Apz	0-30	1mgr&2fabk	12	7.5	25	5	0.66	25	28.2	44	27.8	Clay loam
	Btnz1	30-50	2mabk	8	7.7	36	4.5	0.45	18	19.3	38.2	42.5	Clay
	Btnzc1	50-75	2mcr	14	7.3	32	10	0.32	20	21	36.3	42.7	Clay
	Btnzc2	75-110	1mcr	10	8.1	28	17.5	0.25	17	24.5	35	40.5	Clay
	Btnzc3	110-150	2mcr	15	7.8	25	12.1	0.16	20	35.3	41	23.7	Loam
Coarse loamy, mixed, superactive, mesic, Typic Xerorthents													
State of Salinity Sufichay series (su.sa)	Ap	0-30	1mgr&1fabk	5	8	14	14.5	0.61	10	25.4	59	15.6	Silt loam
	Cz1	30-90	Cg	12	7.8	10	13.5	0.16	17	55	30.4	14.6	Sandy loam
	Cz2	90-110	Cg	10	7.7	12	13	0.23	7	63.8	16.2	20	Sandy clay loam
	Cz3	110-150	Cg	13	7.9	18	13	0.27	20	13.2	54.8	33	Silty clay loam

Table 2. Continue

Fine loamy, mixed, superactive, mesic, Typic Xerorthents													
State of	Ap	0-30	1mgr&2fabk	2.41	7.8	28	2.5	0.99	12	14.2	51.8	34	Silty clay loam
Wet Sufichay series (su.wt)	C1	30-80	Sg	1.68	7.8	18	1.5	0.66	9	27.2	53.6	19.2	Silt loam
	Cg1	80-150	Sg	1.06	7.8	21	2	0.33	10	21.2	40.8	38	Clay loam
Fine, mixed, superactive, mesic, Typic Haploxerepts													
State of	Anz	0-25	2mgr	15	7.5	35	10.5	1.72	17	8	55.6	36.4	Silty clay loam
Salinity	Bnz1	25-50	2mabk	10	7.4	43	12	0.93	20	6.2	48.3	45.4	Silty clay
Myandab series (mi.sa)	Bnz2	50-85	2mabk	18	7.8	28	8	0.65	15	7.3	54.2	38.5	Silty clay loam
	Cz1	85-110	M	25	7.5	32	11	0.33	21	9.5	51	39.5	Silty clay loam
	Cz2	110-150	M	30	7.8	35	12.5	0.26	25	11	55	34	Silty clay loam

ادامه جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سری‌های خاک در منطقه میانداوب

Continue of Table 2. Some of the physical and chemical properties of soil series (Miandoab region)

Soil Series	Horizon	Depth (cm)	Structure	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	CEC	CaCO <sub>3</sub> (%)	OC	ESP	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture
Fine, mixed, superactive, mesic, Typic Haploxerepts													
State of	Ap	0-30	1mgr&3fabk	0.95	7.8	28	11.5	1.43	10	5.2	57.2	37.6	Silty clay loam
Wet	Bw	30-60	1cabk	0.90	8	33	14.5	0.82	14	4.2	56.2	39.6	Silty clay loam
Myandab series (mi.wt)	C1	60-90	M	1.23	8.1	36	10	0.55	8	4.4	57	38.6	Silty clay loam
	Cg1	90-115	M	2.65	8.1	28	11	0.45	12	4.6	56	39.4	Silty clay loam
	Cg2	115-160	M	1.74	7.9	35	11.5	0.67	9	4	57.6	38.4	Silty clay loam
Fine, mixed, superactive, mesic, Typic Haploxerepts													
State of	Anz	0-25	2mgr&2fabk	10	7.5	43	10	1.72	20	14	46.3	39.7	Silty clay loam
Salinity& Wet	Bnz1	25-55	1mcr	17	7.8	38	14	0.85	17	12	45	43	Silty clay
	Bnz2	55-90	2mcr	22	8	41	12	0.66	14	11	50.2	38.8	Silty clay loam
Myandab series (mi.sa.wt)	Cgz1	90-120	M	15	8.2	35	15	0.43	18	15.3	52	32.7	Silty clay loam
	Cgz2	120-150	M	25	7.6	35	11	0.57	22	8.5	60	31.5	Silty clay loam
Fine, mixed, superactive, mesic, Typic Natrixeralfs													
State of	Ap	0-20	1fgr&2fabk	0.38	7.9	28	3	0.72	20	32.6	40.6	26.8	Loam
Wet	Btn1	20-40	2mcr	3.86	8	31	3.7	0.51	33.3	18.2	41	40.8	Silty clay
Jamshid seri	Btn2	40-80	1fabk	5.48	8.7	26	9.5	0.57	58	17.2	34	48.8	Clay
	Btng1	80-110	2mcr	9.21	8.5	31	16.2	0.65	57	21.8	37	41.2	Clay
(jm.wt)	Btng2	110-150	2fabk	11.76	8.1	29	9	0.43	43	34.2	42.6	23.2	loam



بافت به ترتیب اهمیت، وزن‌های کمتری به خود اختصاص دادند. علی‌رغم اینکه سری خاک Zr که کمترین میانگین وزنی شوری خاک را داراست به دلیل اینکه دارای مقدار اسیدیته نامطلوب برای نیازهای انار و پسته می‌باشد، لذا به‌عنوان اولویت اصلی سری خاک مناسب برای کشت محصولات مذکور قرار نمی‌گیرد.

شکل‌های (۳) و (۴) به ترتیب نقشه‌های تقدم کشت پسته و انار را در منطقه مورد نظر نشان می‌دهند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آنتروپی شانون طبق جدول (۴) مشخص شد که معیار ESP به همراه EC به دلیل اهمیت بالای آن‌ها در حاصلخیزی و تأثیرگذاری آن‌ها در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها وزن بالاتری را به خود اختصاص دادند. درحالی‌که متغیرهای آهک، کربن آلی، اسیدیته و

جدول ۳- میانگین وزنی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سری‌های خاک منطقه مورد مطالعه

Table 3. The weighted average of physical and chemical properties of soil series in the study area

Soil Series	OC	ESP (%)	CaCO <sub>3</sub>	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Texture
Zr	0.09	12	7.16	8.2	0.52	Sandy loam
Ch	1.24	31	7.96	7.36	83.25	Clay
Fa.Wt	0.72	96	13.33	8.3	29.84	Loam
Su	0.35	10	6	7.9	2.9	Sandy loam
Su.Sa	0.61	17	13.79	8	9.24	Loam
Su.Wt	0.99	12	2.5	7.8	1.82	Clay loam
Mi.Sa	1.72	21	10.57	7.5	16.85	Sandy clay loam
Mi.Wt	1.3	14	12.07	7.84	1.25	Sandy clay loam
Mi.Sa.WT	1.72	20	12.19	7.5	15.94	Sandy clay loam
Jm.Wt	0.67	58	11.41	7.92	6.47	Clay loam
Jm.Sa.Wt	0.66	25	5	7.5	11.49	Clay loam

جدول ۴- وزن معیارهای انار و پسته بر اساس روش آنتروپی شانون

Table 4. Criteria weight of Pomegranate and Pistachio crops based on Shannon entropy method

Criteria	Weight		Criteria	Weight	
	Pomegranate	Pistachio		Pomegranate	Pistachio
EC (dSm <sup>-1</sup> )	0.234	0.238	Field capacity (cm <sup>3</sup> water cm <sup>-3</sup> soil)	0.03	0.023
pH	0.079	0.088	Saturation percentage (cm <sup>3</sup> water cm <sup>-3</sup> soil)	0.03	0.023
CaCO <sub>3</sub> (%)	0.101	0.106	Saturation Hydraulic Conductivity (cm hr <sup>-1</sup> )	0.03	0.023
OC (%)	0.07	0.09	Family	0.01	0.019
Soil texture	0.03	0.023	Population	0.013	0.012
ESP (%)	0.254	0.26	Gender	0.016	0.01
Permanent wilting point (cm <sup>3</sup> water cm <sup>-3</sup> soil)	0.03	0.023	Occupation	0.001	0.002
Available water (cm <sup>3</sup> water cm <sup>-3</sup> soil)	0.03	0.023	Education	0.011	0.012
Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	0.03	0.023	Age	0.001	0.002

جدول ۵- وضعیت و توابع معیارهای به کار برده شده با روش پرومته

Table 5. Situation and functions of applied criteria using PROMETHEE II technique

Criteria	Crop				Crop				
	Pistachio	Pomegranate	Pistachio	Pomegranate	Pistachio	Pomegranate	Pistachio	Pomegranate	
EC (dS m <sup>-1</sup> )	Min	Min	Gaussian	Gaussian	Field capacity (cm <sup>3</sup> water cm <sup>-3</sup> soil)	Max	Max	Gaussian	Gaussian
pH	Max	Min	Gaussian	Gaussian	Saturation (cm <sup>3</sup> water cm <sup>-3</sup> soil)	Max	Max	Gaussian	Gaussian
CaCO <sub>3</sub> (%)	Min	Min	Gaussian	Gaussian	Saturaion hydraulic Conductivity (cm hr <sup>-1</sup> )	Max	Max	Gaussian	Gaussian
OC (%)	Max	Max	Gaussian	Gaussian	Family	Max	Max	Gaussian	Gaussian
Soil Texture	Max	Max	Gaussian	Gaussian	Population	Max	Max	Gaussian	Gaussian
ESP (%)	Min	Min	Gaussian	Gaussian	Gender	Max	Max	Gaussian	Gaussian
wilting point (cm <sup>3</sup> water/cm <sup>3</sup> soil)	Max	Max	Gaussian	Gaussian	Occupation	Max	Max	U-shape	U-shape
Available water (cm <sup>3</sup> water cm <sup>-3</sup> soil)	Max	Max	Gaussian	Gaussian	Education	Max	Max	Gaussian	Gaussian
Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	Max	Max	Gaussian	Gaussian	Age	Min	Min	Gaussian	Gaussian

جدول ۶- رتبه‌بندی سری‌های خاک به روش پرومته برای انار

Table 6. Outranking of soil series by PROMETHEE II technique for Pomegranate

Sub Basin	$\phi^+$	$\phi^-$	$\phi$	Score	Ranking
Fa.wt	0.0641	0.5430	-0.4789	13.77	11
Su	0.4216	0.063	0.3584	82.71	2
Su.sa	0.2813	0.2859	-0.0046	38.71	5
Zr	0.3983	0.0761	0.3222	76.22	3
mi.wt	0.3558	0.0817	0.2741	98.34	4
Su.wt	0.4614	0.0233	0.4381	100	1
mi.sa	0.1870	0.3277	-0.1407	29.43	7
Ch	0.1254	0.4505	-0.3260	19.86	10
Jm.sa.wt	0.2525	0.3104	-0.0579	34.79	6
Jm.wt	0.1847	0.3728	-0.1882	26.70	8
mi.sa.wt	0.0167	0.3644	-0.1966	26.24	9

جدول ۷- رتبه‌بندی سری‌های خاک به روش پرومته برای پسته

Table 7. Outranking of soil series by PROMETHEE II technique for Pistachio

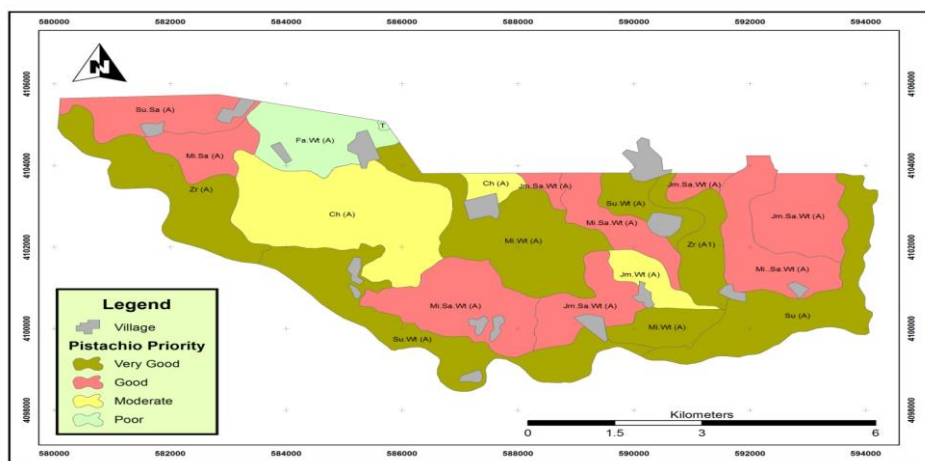
Sub Basin	$\phi^+$	$\phi^-$	$\phi$	Score	Ranking
Fa.wt	0.0636	0.5858	-0.5221	12.89	11
Su	0.4277	0.0992	0.3286	81.24	2
Su.sa	0.2661	0.3016	-0.0355	38.24	6
Zr	0.4049	0.1080	0.2969	75.73	3
mi.wt	0.3644	0.1101	0.2543	69.06	4
Su.wt	0.4711	0.0533	0.4178	100	1
mi.sa	0.2497	0.3256	-0.0760	35.26	7
Ch	0.1802	0.4657	-0.2855	22.82	10
Jm.sa.wt	0.3146	0.3196	-0.0051	40.65	5
Jm.wt	0.1698	0.4213	-0.2561	24.55	9
mi.sa.wt	0.2320	0.3538	-0.12119	32.14	8

مناسب منابع آب و خاک باعث افزایش شوری خاک و در نتیجه کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود (Zare *et al.*, 2014). شوری می‌تواند باعث کاهش رشد و کاهش عملکرد گیاه شود (Akram *et al.*, 2007). هدایت الکتریکی مورد نیاز برای داشتن عملکرد بالا برای انار کمتر از ۶ dS/m و برای پسته کمتر از ۱۰ dS/m می‌باشد. طبق جدول (۱)، درصد سدیم تبدالی کمتر از ۱۸ و کمتر از ۲۰ به ترتیب برای رشد بهینه انار و پسته مورد نیاز است. بر اساس جدول (۳) سری‌های خاک مناسب از نظر EC برای انار *Su*، *Zr*، *Su.Wt* و *Mi.Wt* و برای محصول پسته علاوه بر سری‌های خاک مذکور، سری‌های خاک *Su.Sa* و *Mi.Wt* نیز دارای کلاس تناسب مناسب می‌باشند. طبق همان جدول سری‌های خاک *Su*، *Zr*، *Su.Sa*، *Su.Wt* و *Mi.Wt* برای انار و علاوه بر سری‌های مذکور سری‌های خاک *Mi.Sa* و *Mi.Sa.Wt* برای محصول پسته از نظر درصد سدیم تبدالی بدون محدودیت می‌باشند. تولید محصول خاک‌های آهکی، همواره با مشکلات متعددی همراه است که بخش اصلی این مشکلات به غلظت زیاد یون کلسیم و بالا بودن pH خاک مربوط می‌شود (Besharati, 1998 & Cifuentes Linderman, 1993). بدیهی است که هر چه آهک خاک کمتر باشد برای رشد گیاه بهتر است. درصد مطلوب آهک برای انار و پسته به ترتیب کمتر از ۲۰ و کمتر از ۳۵ می‌باشد (جدول ۱). طبق جدول (۳) تمامی سری‌های خاک از نظر آهک محدودیتی برای محصولات انار و پسته ندارند. پسته در هر نوع خاک با بافت‌های متفاوت قابل کشت است اما مانند هر محصول دیگر، خاک نامناسب، بر کمیت و کیفیت این محصول تأثیر دارد. بهترین خاک برای کشت پسته خاکی با بافت لومی شنی گزارش شده است (Darvishian, 1999). طبق جدول (۱) بافتی که در آن انار و پسته بهترین رشد را خواهند داشت، شن لومی عمیق و سبک می‌باشد. طبق جدول (۲) سری‌های خاک *Su*، *Zr*، *Su* و *Fa.Wt* در سری‌های خاک *Mi.Wt* و *Su.Wt* از لحاظ شوری و درصد سدیم تبدالی که به عنوان ویژگی‌های اصلی محدودکننده برای رشد انار و پسته بوده‌اند، دارای حداقل محدودیت می‌باشند بنابراین مناسب‌ترین سری‌های خاک برای محصولات مذکور می‌باشند. سری‌های خاک *Fa.Wt* و *Ch* دارای بیشترین محدودیت شوری و درصد سدیم تبدالی برای انار و پسته می‌باشند. سری خاک *Fa.Wt* دارای

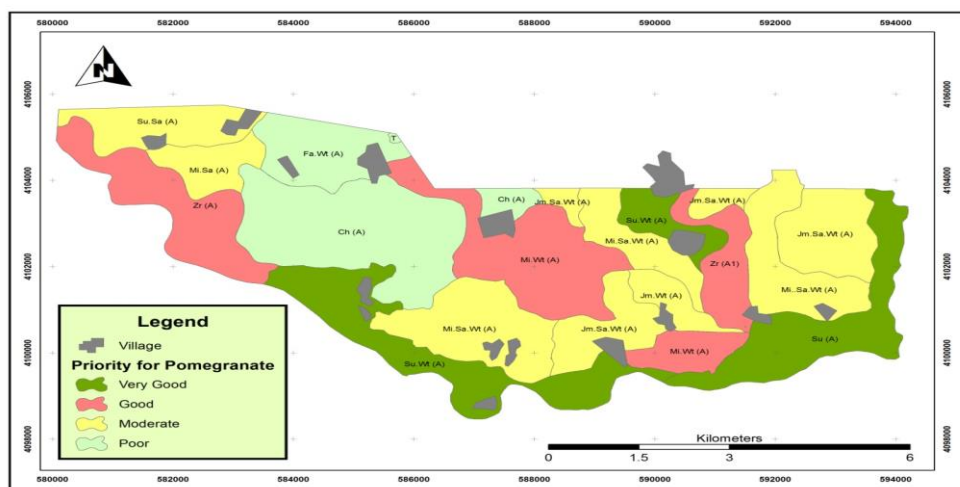
با نگاهی به جدول (۳) مشخص می‌شود که در سری‌های خاک *Jm.Sa.Wt* و *Su.Sa* ویژگی‌های مهمی که سبب شده ترتیب اولویت کشت آن‌ها برای محصولات انار و پسته جابه‌جا شود pH و EC می‌باشند. چراکه بقیه ویژگی‌ها در محدوده مشابهی قرار دارند. همین‌طور سری خاک *Su* دارای میانگین وزنی حداقل درصد سدیم تبدالی در بین سری‌های خاک مطالعه شده می‌باشد، ولی از آنجایی که دارای محدودیت‌های کربن آلی و شوری نسبت به سری‌های خاک *Mi.Wt* و *Su.Wt* می‌باشد، لذا مانند سری *Zr* در اولویت اصلی برای کشت محصولات انار و پسته قرار نگرفت. هرچند که در سری خاک *Jm.Sa.Wt* عامل درصد سدیم تبدالی (ESP) برای انار سبب شده است که در کلاس بنامناسب‌تری نسبت به سری خاک *Su.Sa* قرار بگیرد با این حال واکنش خاک (pH) در سری خاک *Jm.Sa.Wt* باعث شده که پسته در کلاس مناسب‌تری نسبت به سری *Su.Sa* داشته باشد. بر اساس بررسی منابع (جدول ۱) دامنه واکنش خاک مناسب برای رشد پسته ۷-۷/۵ می‌باشد که طبق جدول (۳) مقدار pH برای سری خاک *Su.Sa* ۸ بوده که این امر سبب شده است سری مذکور برای محصول پسته نامناسب‌تر شود. اندازه‌گیری pH خاک به دلیل این که یک عامل موثر در فعالیت‌های شیمیایی در خاک است، مفید می‌باشد. نتایج نشان داد که دامنه pH برای محصول انار به جز در سری‌های *Zr* و *Fa.Wt* در کلاس مناسب ولی برای محصول پسته به‌غیراز سری‌های خاک *Jm.Sa.Wt*، *Mi.Sa* و *Mi.Sa.Wt* بقیه سری‌های خاک در کلاس تناسب مناسب قرار داشتند (جدول ۳). ماده آلی خاک طیف وسیعی از ویژگی‌های خاک را که برای ظرفیت تولیدی خاک مهم است، تحت تأثیر قرار می‌دهد. با افزایش ماده آلی خاک ممکن است که ویژگی‌های مختلف خاک به‌طور همزمان بهبود یابد و همچنین اثر تجمعی بر بهره‌وری داشته باشد (Murphy, 2014). درصد کربن آلی مورد نیاز برای رشد بهینه انار و پسته طبق جدول (۱) بالاتر از ۱ می‌باشد. طبق جدول (۳) سری‌های خاک *Ch*، *Mi.Sa*، *Mi.Wt*، *Mi.Sa.Wt* و *Su.Wt* از نظر کربن آلی برای محصولات انار و پسته مناسب می‌باشند. شوری خاک یکی از محدودیت‌های عمده در سراسر جهان زیست محیطی است که محصولات کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت تأثیر قرار می‌دهد. عدم مدیریت

تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با اتخاذ انواع ویژگی‌های کمی و کیفی و وزن‌دهی آن‌ها ابزارهای مناسبی در تحلیل تصمیم‌گیری می‌باشند. این تکنیک‌ها از روش‌های متعددی برای ارزیابی و تبدیل ویژگی‌های کیفی به کمی استفاده می‌کنند.

محدودیت pH برای محصول انار و همچنین دارای محدودیت کربن آلی برای هر دو محصول می‌باشد. سری خاک Ch دارای محدودیت بافت برای انار و پسته می‌باشد. استفاده از روش‌های بهکاشت می‌تواند راهی برای حفظ ذخایر آبی و دستیابی به تولید پایدار در کشور ایران به‌خصوص در شهرهای اطراف دریاچه ارومیه باشد.



شکل ۳- نقشه اولویت کشت پسته در منطقه مورد نظر  
Figure 3. Priority map for Pistachio crop in the study region



شکل ۴. نقشه اولویت کشت انار در منطقه مورد نظر  
Figure 4. Priority map for Pomegranate crop in the study region

به کمی استفاده می‌کنند. در این تحقیق از تکنیک چند معیاره پرومته برای تناسب اراضی محصولات انار و پسته استفاده شد. در روش وزن‌دهی آنتروپی شانون معیارهای درصد سدیم تبدلی و شوری بیشترین و سن و شغل کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. نقشه اولویت کشت برای محصولات انار و پسته نشان داد که سری‌های Su و Su.Wt برای انار و سری‌های خاک Zr، Su، Mi.Wt برای پسته دارای اولویت اصلی و سری‌های خاک

### نتیجه‌گیری کلی

استفاده از روش‌های بهکاشت می‌تواند راهی برای حفظ ذخایر آبی و دستیابی به تولید پایدار در کشور ایران به‌خصوص در شهرهای اطراف دریاچه ارومیه باشد. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با اتخاذ انواع ویژگی‌های کمی و کیفی و وزن‌دهی آن‌ها ابزارهای مناسبی در تحلیل تصمیم‌گیری می‌باشند. این تکنیک‌ها از روش‌های متعددی برای ارزیابی و تبدیل ویژگی‌های کیفی

محصولات انار و پسته شناسایی گردد. همچنین تحقیقات بیشتری در زمینه به‌کارگیری تکنیک‌های دیگر از جمله داده‌کاوی، شبکه‌های عصبی و سایر روش‌های تصمیم‌گیری جهت رتبه‌بندی سری‌های خاک مورد بررسی قرار گیرد.

Ch و Fa.Wt برای انار و Fa.Wt برای پسته به‌عنوان نامطلوب‌ترین سری‌های خاک می‌باشند. همچنین نتایج نشان داد که درصد سدیم تبدیلی و شوری محدود‌کننده‌ترین ویژگی‌ها برای کشت انار و پسته می‌باشند. به منظور افزایش صحت و دقت در تحقیقات بعدی تلاش گردد تا حد ممکن تمامی معیارهای تاثیر گذار بر رشد

## References

- Akinci H., Ozalp A.Y., and Turgut B. 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97: 71-82.
- Akram M., Malik M., Ashraf M., Saleem M., and Hussain M. 2007. Competitive seedling growth and K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio in different maize (*Zea mays* L.) hybrids under salinity stress. *Pak J Bot*, 39:2553-2563.
- Albadvi A., Chaharsooghi S., and Esfahanipour A. 2007. Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE. *European Journal of Operational Research*, 177: 673-683.
- Athawale V.M., and Chakraborty S. 2010. Facility location selection using PROMETHEE II method. In Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, pp: 9-10.
- Banaie M.H. 1998. Map of Soil moisture and Temperature regimes in different parts of Iran. Institute of Soil and Water. Tehran. Iran
- Besharati Kelaie, H. 1998. Effects of sulfur along with Thiobacillus species in the absorption of nutrients in the soil. Ms thesis collage of agriculture, Tehran University. (In Persian)
- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.
- Bower C.A., Reitemeier R.F., and Fireman M. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil science*, 73(4): 251-262.
- Chapman H.D. 1965. Cation-exchange Capacity. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, pp: 891-901.
- Cifuentes F.R., and Lindeman W.C. 1993. Organic matter simulation of elemental sulfur oxidation in a calcareous soil. *Soil Science Society of America Journal*, 57(3): 727-731.
- Chou T.Y., Lin W.T., Lin C.Y., Chou W.C., and Huang P.H. 2004. Application of the PROMETHEE technique to determine depression outlet location and flow direction in DEM. *Journal of Hydrology volume*, 287: 49-61.
- Darvishian M. 1999. Pistachio Cultivation, (Translation), *Future Publishing Institute*, 272 p.
- Jafari M., and Sarmadian F. 2003. Principles of Soil and Soil Classification. Tehran University Press. 98pp
- Kabir G., and Sumi R.S. 2014. Power substation location selection using fuzzy analytic hierarchy process and PROMETHEE: a case study from Bangladesh. *Energy*, 72: 717-730.
- Khosrobeigi R., Anabestani A., Taghilu A., and Shamsodini. 2011. The sustainability of rural development using by multi-criteria decision CP contingency planning (Case Study: Villages city Komijan), *Journal of Human Geography*, 3(2): 34-45. (In Persian)
- Mendas A., and Delali A. 2012. Integration of multicriteria decision analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. *Computers and Electronics in Agriculture*, 83: 117-126.
- Murphy, B., 2014. Soil Organic Matter and Soil Function—Review of the Literature and Underlying Data. Department of the Environment, Canberra, Australia.
- Nelson R. 1982. Carbonate and gypsum. In: Sparks D.L. Methods of soil analysis. Part 2- Chemical Methods, pp. 181-196
- Publication No. 510. 2009. Ministry of Agriculture, *Planning and Research Institute of Agricultural Economics*, 208p. (In Persian)

- Qi Y., Wen F., Wang K., Li L., and Singh S.N. 2010. A fuzzy comprehensive evaluation and entropy weight decision-making based method for power network structure assessment, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 2(5):92-99.
- Rhoades J. 1982. Soluble salts. *Methods of soil analysis*. Part 2(2): 167-179. Semi-detailed of Soil Studies in Miandoab Plain. 2013. Western Azerbaijan province, Iran, Agricultural Research Institute of Iran, 160 p.
- Thomas G.W. 1996. Soil pH and Soil Acidity. In: Sparks D.L. *Methods of Soil Analysis Part 3- Chemical Methods*, pp. 475-490.
- Walkley A., and Black I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1): 29-38.
- Wang J.J., Jing Y.Y., Zhang C.F. Shi G.H., and Zhang X.T. 2008. A fuzzy multi-criteria decision-making model for trigeneration system. *Energy Policy*, 36(10): 3823-3832.
- Wu J., Sun J., Liang L., and Zha Y. 2011. Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy. *Expert Systems with Applications*, 38: 5162-5165.
- Zare M., Ordoorkhani K., Emadi A., and Azarpanah A. 2014. Relationship between soil exchangeable sodium percentage and soil sodium adsorption ratio in Marvdasht Plain, Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(12): 2934-2939.
- Zhang H. Gu CL. Gu LW and Zhang Y. 2010. The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy. A case in the Yangtze River Delta of China. *Tourism Management*, 32(2): 443-451.
- Zhao X., Qi Q., and Li R. 2010. The establishment and application of fuzzy comprehensive model with weight based on entropy technology for air quality assessment. *Symposium on Security Detection and Information Processing*, 7(1): 217-222.
- Zou Z.H., Yi Y., and Sun J.N. 2006. Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment. *Journal of Environmental Sciences*, 18(5):1020-1023.
- Zolekar R.B., and Bhagat V.S. 2015. Multi-criteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone: Remote sensing and GIS approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118: 300-321.
- Zhang Y., Zhang H.W., Su Z.C., and Zhang C.G. 2008. Soil microbial characteristics under long-term heavy metal stress: a case study in Zhangshi wastewater irrigation area, Shenyang. *Pedosphere*, 18: 1-10.

## Application of PROMOTHEE Technique to Evaluate the Optimal Land Suitability for Pomegranate and Pistachio crops in Miandoab Plain

Narmin Jahanpoor<sup>1</sup>, Hamid Reza Momtaz<sup>2\*</sup>, Mahshid Soori<sup>3</sup>

(Received: January 2016

Accepted: April 2017)

### Abstract

Land suitability evaluation is technically explained as the assessment of land performance when used for a specified target, particularly to use them based on their capability and production potential. This study aimed to determine the suitability of lands for Pomegranate and Pistachio using PROMETHEE II techniques in an area located in the Miandoab region, Iran. Eleven soil series were found in study area. To explain the land suitability, some criterions including soil texture, soil acidity, salinity, organic carbon, soil exchangeable sodium (%), soil carbonate calcium (%), the number of households, both male and female population, illiteracy and literacy education, main occupation and age were determined. Then the entropy-weight method, which is based on Shannon Entropy theory, was utilized. Results showed that exchangeable sodium was found with maximum weight while age and occupation had the minimal weight for the both crops. Next, weighted values of criteria were analyzed using the PROMETHEE II technique. The results showed that for both pomegranate and pistachio Su.Wt and Su series with proper phi respectively, 0.417 and 0.328 for pomegranate and 0.438 and 0.358 for pistachio were characterized to have the highest potential, while Ch and Fa.Wt series with proper phi respectively, -0.258 and -0.522 for pomegranate and -0.326 and -0.478 for pistachio were found to have a significantly lower suitability. 20.11% of the region is very good, 23.6% is good, 36.26% is moderate and 20.03% is poor for pomegranate and 27.23% of the region is very good, 23.9% is good, 38.87% is moderate and 10% is poor for pistachio.

**Keywords:** Land Suitability, Miandoab region, Pistachio, Pomegranate, PROMETHEE II technique

1- MSc Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

2- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

3- Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

\*Corresponding author email: [h.momtaz@urmia.ac.ir](mailto:h.momtaz@urmia.ac.ir)