Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2020.305789.668663 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۱۰، دی ماه ۱۳۹۹ (ص ۲۶۸۰-۲۶۶۵)

Land Suitability Evaluation for Barberry and Jujube Using Parametric Method and Analytical Hierarchy Process in Alghoorat Region of Birjand

MOHAMMADJAVAD VAHIDI[1*]
1. Department of Agronomy, Plant Breeding and Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

ABSTRACT

Land suitability assessment is essential for optimal use of agricultural lands. In this research, Root Mean Square (RMS) method and Analytical Hierarchy Process (AHP) have been used to evaluate the land suitability of Alghoorat region (with an area of 133.2 km^2 located in South Khorasan Province) for Jujube and barberry. 12 control profiles were studied out of 50 primary profiles. Questionnaires for barberry and jujube were prepared and completed by farmers and experts. First, some physical and economical properties (income subindex) were studied. According to the results of the questionnaires, weights were given for each factor and separately for each type of productivity, based on its effect on land suitability. Finally, the weights and degrees of suitability for each property were combined together in the Expert Choice software, and suitability classes were determined according to the FAO standards. The results showed that the suitability of climate was high (S1) and the most important soil limitations were slope, lime and texture. The climate and moisture indices had the highest (0.355) and the lowest weight (0.044), respectively. The range of land indices for barberry and jujube were 10.7 to 75.6 and 11.2 to 77 using RMS method and were 13.4 to 77.1 and 14.5 to 79.4 using AHP method, respectively. Although this difference is very small, the conditions of the region for cultivation of jujube seem more suitable than for barberry. The calculated explanation coefficients between observational production and land indices estimated by RMS method for barberry and jujube were 0.96 and 0.94 and by AHP method were 0.98 and 0.92, respectively.

Keywords: Cultivation Priority, Land Index, Root Mean Square Method, Sustainable Development.

* Corresponding author, Email: m.jvdi@birjand.ac.ir
www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی تناسب اراضی برای زرشک و عناب به روش پارامتریک و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در حوضه القورات بیرجند

محمدجواد وحیدی[1*]

۱. گروه زراعت، اصلاح نبات و علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۱۶- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۵/۲۵- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۵/۲۷)

چکیده

برای استفاده بهینه از اراضی کشاورزی، ارزیابی تناسب اراضی ضروری است. در این تحقیق از روش‌های پارامتریک (ریشه دوم) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی تناسب اراضی منطقه القورات (با وسعت ۱۳۳/۲ km^2 واقع در استان خراسان جنوبی) برای عناب و زرشک استفاده شد. ۱۲ خاکرخ شاهد، از بین ۵۰ خاکرخ اولیه، مطالعه گردید. پرسشنامه‌هایی برای زرشک و عناب تهیه و توسط کشاورزان و کارشناسان تکمیل شد. ابتدا چندین ویژگی فیزیکی و اقتصادی (زیر معیار درآمد) بررسی شدند. با توجه به نتایج پرسشنامه‌ها، برای هر عامل و به تفکیک هر تیپ بهره‌وری، بر اساس تأثیر آن در تناسب اراضی، وزن داده شد. در نهایت وزن‌ها و درجه‌های تناسب مربوط به هر ویژگی در محیط نرم‌افزار Expert Choice با یکدیگر تلفیق و بر اساس استانداردهای فائو کلاس‌های تناسب تعیین شدند. نتایج نشان داد که اقلیم دارای تناسب زیاد (S1) بوده و مهم‌ترین محدودیت‌های خاک و زمین‌نما شیب، آهک و بافت بود. اقلیم بیشترین (۰/۳۵۵) و شاخص رطوبت کمترین (۰/۰۴۴) وزن را داشت. دامنه شاخص اراضی به روش ریشه دوم برای زرشک و عناب به‌ترتیب: ۱۰/۷ تا ۷۵/۶ و ۱۱/۲ تا ۷۷ و به روش AHP، ۱۳/۴ تا ۷۷/۱ و ۱۴/۵ تا ۷۹/۴ بود. اگرچه این اختلاف بسیار ناچیز می‌باشد، اما به نظر می‌رسد شرایط منطقه برای کشت عناب نسبت به زرشک، مناسبتر است. ضرایب تبیین محاسبه شده بین تولید مشاهداتی و شاخص‌های اراضی برآورد شده در روش ریشه دوم برای زرشک و عناب به ترتیب: ۰/۹۶ و ۰/۹۴ و در روش AHP، ۰/۹۸ و ۰/۹۲ بود که مؤید دقت بالای هر دو روش AHP و ریشه دوم است.

واژه‌های کلیدی: اولویت کشت، توسعه پایدار، ریشه دوم، شاخص اراضی.

مقدمه

افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه، منابع طبیعی و کشاورزی را تحت فشار قرار داده (Hanh *et al*., 2017) و در عین حال، شیوه‌های نامناسب کشاورزی باعث تخریب گسترده خاک شده است (Abd-Elmabod *et al*., 2019). انتخاب یک روش مناسب ارزیابی اراضی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران جهت برنامه‌ریزی فعلی و آینده، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (Mohammadi, 2007). در طبقه‌بندی کیفی تناسب اراضی، درجه تناسب به‌صورت کیفی تعیین می‌شود. این روش نیازمند داده‌های ناچیزی بوده و پاسخ‌های سریع‌تر و نسبتاً کاملی در اختیار کارشناسان قرار می‌دهد (FAO, 1976). از انواع این روش‌ها می‌توان، روش محدودیت ساده و تعداد و شدت محدودیت‌ها (Mazahreh *et al*., 2019) و روش پارامتریک استوری (Storie, 1950) و ریشه دوم (Khidir, 1986) را نام برد. تحقیقات نشان داده که روش پارامتریک-ریشه دوم نتایج بهتر و قابل‌قبول‌تری نسبت به سایر روش‌ها ارائه می‌دهد (Bodaghabadi *et al*., 2015; Servati *et al*., 2014). در سال‌های اخیر به منظور افزایش بهبود کیفیت نقشه‌های طبقه‌بندی تناسب اراضی، تغییراتی در روش‌های ارزیابی اراضی ایجاد شده و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، با در نظر گرفتن مجموعه معیارها، به منظور کمک به تصمیم‌گیری مناسب، به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است (Akinci *et al*., 2013). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[1] (AHP) یک روش اولویت‌بندی است که در مباحث ارزیابی اراضی می‌تواند برای تعیین وزن پارامترها استفاده گردد یا اینکه واحدهای نقشه را برای یک کشت خاص تعیین اولویت کند و یا رتبه چند محصول را در یک واحد اراضی تعیین نماید. این روش می‌تواند در تلفیق با روش‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس تحقیقات مختلف، استفاده از AHP می‌تواند باعث بهبود

* نویسنده مسئول: m.jvdi@birjand.ac.ir

۱ Analytical Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID

روش‌های کمی و کیفی فائو شود (Cay and Uyan, 2013). AHP به دلیل تصمیم‌گیری بر اساس چند معیار، می‌تواند دانش به‌دست آمده از منابع مختلف را جهت مدیریت و برنامه‌ریزی اراضی تلفیق نماید (Wu *et al*., 2011). Zeinali *et al* (2016) تناسب کیفی، کمی و اقتصادی بخشی از اراضی دشت خوی در استان آذربایجان-غربی برای محصولات مهم منطقه شامل گندم، جو، ذرت و آفتابگردان را انجام و نشان دادند مهم‌ترین عوامل محدودیت، شوری و قلیائیت، آهک و اسیدیته می‌باشند. نتایج ارزیابی اقتصادی نشان داد که در همه واحدهای اراضی آفتابگردان نسبت به سایر محصولات از سودآوری بیشتری برخوردار است. Ghanbarie *et al* (2016) با بررسی و مقایسه تناسب اراضی منطقه خواجه در آذربایجان شرقی برای گندم آبی با روش‌های پارامتریک (استوری و ریشه دوم) و فازی، نشان دادند که در محاسبه شاخص‌های خاک به روش فازی، تناسب اراضی با توجه به همبستگی بین عملکرد مشاهده شده و شاخص اراضی بهتر از روش‌های پارامتریک (استوری و ریشه دوم) به‌دست می‌آید. Raza *et al* (2018) مکان‌های بالقوه برای کشت برنج را در پنجاب پاکستان از طریق ارزیابی چند معیاره (MCE) و با استفاده از سنجش از دور و GIS تعیین و گزارش کردند که ٪۵/۹ اراضی تحت کشت برنج تناسب کم، ۴۴٪ تناسب بسیار مناسب، ٪۲۳/۲ تناسب متوسط و ٪۱۶/۸ اراضی برای کشت برنج نامناسب است. نتایج حاکی از دقت بالای روش ارزیابی چند معیاره بود.Shahrokh and Ayoubi (2014) به کمک تکنیک AHP، ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری‌های گندم و برنج در منطقه مبارکه و زرین‌شهر اصفهان را انجام و نشان دادند که بیشترین و کمترین وزن به ترتیب متعلق به معیار تناسب اقلیم و فاصله تا بازار فروش با نرخ ناسازگاری ۰/۰۹ می‌باشد که در همه واحدهای اراضی اولویت کاربری با کشت گندم بود. Mousavi *et al* (2017) روش فائو و AHP را برای ارزیابی تناسب اراضی گندم دیم در منطقه کوهین (استان قزوین) مقایسه نموده و نشان دادند که شاخص اراضی در تمامی واحدهای اراضی در روش تحلیل فرآیند سلسله مراتبی بیشتر از روش فائو است. Kahsay *et al* (2018) تناسب اراضی برای محصول سورگوم را در منطقه نیمه‌خشک شمال اتیوپی با استفاده از روش تلفیقی AHP و فازی مبتنی بر GIS بررسی کردند (روش مورد استفاده فازی بوده که با AHP اوزان تعیین شده است) و نشان دادند درجه شیب، ارتفاع، دما، طول دوره رشد، ظرفیت آب در دسترس، میانگین وزنی قطر ذرات خاک، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و مقدار کربن آلی خاک از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده کشت سورگوم در این منطقه می‌باشد. همچنین برای تولید محصول سورگوم، از کل مساحت منطقه، ۳۰/۵۴٪، دارای تناسب متوسط، ۳۶/۱۷٪، دارای تناسب ضعیف، ۱۸/۰۵٪، در حال حاضر نامناسب و ۱۵/۲۴٪ به‌طور دائم نامناسب بود. Memarbashi *et al* (2017) ارزیابی تناسب اراضی دشت سنگاب را با استفاده از مدل ترکیبی AHP-GIS برای کاربری‌های مرتع و کشاورزی انجام و نشان دادند که ۲۰٪ از منطقه دارای تناسب زیاد، ۶۵٪ تناسب متوسط و ۱۵٪ تناسب ضعیف برای کاربری کشاورزی داشتند. از نظر کاربرد مرتع، مقادیر قابل مقایسه به ترتیب حدود ۷٪ ، ۲۳٪ و ۷۰٪ بود. Kumar *et al* (2018) ارزیابی تناسب برای پنبه را با استفاده از AHP در منطقه نیمه‌خشک هینگانقات تهسیل[۱] هند انجام دادند. شش سری خاک با ویژگی‌های متفاوت که در منطقه تهسیل برای بررسی انتخاب شدند، شامل: سری بتهالی[۲]، چاناکپور[۳]، وایگائون[۴]، هوان[۵]، کارلا[۶] و لاسانپور[۷] بودند. مواد آلی، عمق خاک، شرایط زهکشی و درصد رس خاک به عنوان معیارهای مناسب انتخاب شدند. وزن پارامترهای انتخاب شده به ترتیب: عمق (۵۶٪)، خصوصیات رس (۲۶٪)، کربن آلی (۱۲٪) و زهکشی (۶٪) به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تناسب سری خاک برای کشت پنبه به ترتیب از هوان، بتهالی، لاسانپور، وایگائون، کارلا و چاناکپور کاهش می‌یابد. Roy and Saha (2018) تناسب اراضی برای کشت برنج را با استفاده از AHP در حوضه رودخانه هینگلو[۸]، در شرق هند ارزیابی و کل حوضه را به چهار طبقه تناسب طبقه‌بندی کردند که فقط ۱۰/۸۸٪ از حوضه برای کشت برنج بسیار مناسب بود. بخش غربی، شمالی و میانی این حوضه آبخیز به دلیل شرایط بد اقلیمی، توپوگرافی نامناسب و عدم ریزمغذی‌های مناسب در خاک، برای کشت برنج نامناسب بود. بخش پایینی این حوزه آبخیز به دلیل داشتن خاک آبرفتی جدیدتر، سطح شیب‌دار کمتر و ریزمغذی-های بیشتر خاک برای کشت برنج مناسب‌تر بود. نتایج حاکی از دقت بالای روش AHP بود.

برآورد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در حوضه آبخیز القورات واقع در استان خراسان جنوبی، حاکی از آن است که محصول زرشک با ۱۳۶ هکتار دارای بیشترین سطح زیرکشت می‌باشد و پس از آن عناب با ۱۳۳/۲ هکتار در مرتبه دوم قرار

۱ Hinganghat tehsil
۲ Bothali
۳ Chanakpur
۴ Waigaon
۵ Hewan
۶ Karla
۷ Lasanpur
۸ Hinglo

www.SID.ir

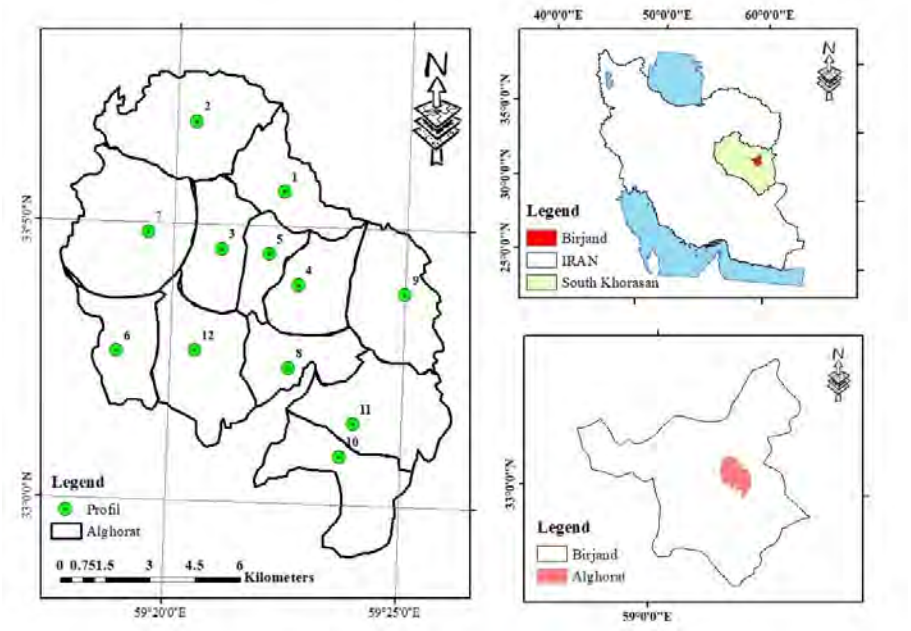
Archive of SID

دارد. در کل با توجه به موقعیت قرارگیری حوضه آبخیز القورات که عمدتاً کوهستانی بوده، کاشت و تولید محصولات باغی نسبت به فعالیت‌های زراعی از ارجحیت و اولویت بیشتری برخوردار است (Anonymous, 2013). لذا هدف از این مطالعه، ارزیابی تناسب اراضی برای زرشک و عناب با استفاده از روش پارامتریک و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در حوضه القورات بیرجند می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (حوضه القورات) در استان خراسان جنوبی، در شمال‌شرق شهر بیرجند، بین طول شرقی °۵۹ و '۱۷ تا °۵۹ و '۲۶ و عرض شمالی °۳۲ و '۵۹ تا °۳۳ و '۸ قرار دارد. مساحت منطقه مورد مطالعه، ۱۳۳/۲ km^2 و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۲۰۳۴ متر می‌باشد (شکل ۱). جهت انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی و برای تعیین مرز واحدها در ابتدا عکس‌های هوایی منطقه تفسیر شد و لندفرم‌ها تشخیص و جداسازی گردید. برای تعیین مرز واحدها از روی هم‌اندازی اطلاعات نقشه توپوگرافی، زمین‌شناسی و کاربری اراضی در محیط GIS استفاده شد. منطقه مطالعاتی به ۱۲ واحد اراضی (شکل ۱) تقسیم‌بندی شد. با توجه به وسعت منطقه و سطح مطالعه که نیمه‌تفصیلی بود، در ابتدا ۵۰ خاکرخ حفر گردید که از بین آن‌ها ۱۲ خاکرخ شاهد انتخاب شد. جدول (۱)، رده‌بندی ۱۲ خاکرخ شاهد (در هر واحد اراضی) تا سطح زیرگروه، نوع واحد و موقعیت جغرافیایی آنها نشان داده شده است. آب و هوای منطقه از نوع خشک سرد بوده و میزان بارندگی در منطقه ۱۷۰ میلی‌متر است. متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۴/۲، متوسط حداکثر درجه حرارت سالیانه ۲۱/۷۹ و حداقل درجه حرارت سالیانه ۶/۶۳ درجه سیلسیوس است. بر این اساس و نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی، رژیم حرارتی خاک ترمیک و رژیم رطوبتی آن اریدیک می‌باشد (Anonymous, 2013).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و در استان و نقشه واحدهای اراضی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- رده‌بندی خاکرخ‌های شاهد انتخاب شده و موقعیت جغرافیایی آن‌ها

شماره خاکرخ‌های شاهد (واحدهای اراضی نهایی)	نوع واحد	موقعیت جغرافیایی (E: طول شرقی و N: عرض شمالی)	رده‌بندی خاک
۱	دامنه کوه	E: ۵۹° ۲۲′ ۲۰″ N: ۳۳° ۰۵′ ۳۸/۵″	Typic Torriorthents
۲	تپه	E: ۵۹° ۲۰′ ۲۳/۸″ N: ۳۳° ۰۶′ ۵۱/۴″	Typic Haplocambids
۳	تپه	E: ۵۹° ۲۱′ ۰۲/۴″ N: ۳۳° ۰۴′ ۳۵/۷″	Lithic Torriorthents
۴	دامنه کوه	E: ۵۹° ۲۲′ ۴۲/۸″ N: ۳۳° ۰۳′ ۵۷/۷″	Typic Torriorthents
۵	تپه	E: ۵۹° ۲۲′ ۰۳/۲″ N: ۳۳° ۰۴′ ۳۰″	Typic Torriorthents
۶	دامنه کوه	E: ۵۹° ۱۸′ ۵۰/۹″ N: ۳۳° ۰۲′ ۳۹/۴″	Typic Torriorthents
۷	دامنه کوه	E: ۵۹° ۱۹′ ۲۸/۵″ N: ۳۳° ۰۴′ ۵۰/۴″	Lithic Torriorthents
۸	دشت دامنه‌ای	E: ۵۹° ۲۲′ ۳۱/۷″ N: ۳۳° ۰۲′ ۲۶/۸″	Typic Haplocambids

www.SID.ir

Archive of SID

۹	دامنه کوه	N: ۳۳° ۰۳′ ۵۲/۴″ E: ۵۹° ۲۴′ ۵۶/۹″	Lithic Torriorthents
۱۰	دامنه کوه	N: ۳۳° ۰۰′ ۵۶/۸″ E: ۵۹° ۲۳′ ۳۷/۷″	Typic Torriorthents
۱۱	دامنه کوه	N: ۳۳° ۰۱′ ۳۱/۱″ E: ۵۹° ۲۳′ ۵۵/۵″	Typic Torriorthents
۱۲	دشت دامنه‌ای	N:۳۳° ۰۲′ ۴۱/۳″ E: ۵۹° ۲۰′ ۳۵/۳″	Typic Haplocambids

مراحل انجام پژوهش

تمامی خاکرخ‌ها بر اساس دستورالعمل تشریح خاک (Schoeneberger *et al*., 2012) و کلید رده‌بندی آمریکایی (Anonymous, 2014) تشریح و رده‌بندی گردید. در تشریح خاکرخ‌ها با در نظر گرفتن افق‌های مشخصه، نسبت به تعیین ویژگی‌های ظاهری خاک از قبیل عمق افق‌ها، رنگ، ساختمان، سنگریزه، تجمعات آهک، گچ، پوسته‌های رسی و ویژگی‌های زمین‌نما مانند شیب، زهکشی، سیل‌گیری، فرسایش و نوع استفاده اقدام گردید. سپس از کلیه افق‌های ژنتیکی، نمونه‌برداری صورت گرفت و جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی شامل بافت، درصد ذرات درشت‌تر از شن، واکنش خاک و هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل، کربن-آلی، درصد گچ و درصد سدیم تبادلی[۱] بر اساس روش‌های استاندارد (Jafari Haghighi, 2003) بر روی نمونه‌های خاک صورت پذیرفت. ویژگی‌های خاک، زمین نما و اقلیم زرشک و عناب با توجه به عدم وجود جداول پیشنهادی سایس برای این تیپ‌های بهره‌وری، با استفاده از نظرات کارشناسی (تکمیل پرسشنامه توسط کشاورزان با سابقه منطقه و مهندسین کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی) و بررسی منابع (Liu *et al*., 2016; Moradinezhad *et al*., 2018; Zeinadini *et al*., 2019) صورت گرفت. در نهایت ارزیابی تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه (عناب و زرشک)، با استفاده از روش‌های پارامتریک (ریشه دوم) و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای هر یک از واحدهای اراضی جداشده با استفاده از ویژگی‌های خاک و زمین-نما صورت پذیرفت و نقشه تناسب اراضی در محیط GIS تهیه شد. سپس مناسب‌ترین روش ارزیابی با استفاده از مقدار همبستگی بین شاخص اراضی محاسبه‌شده توسط هر روش و تولید مشاهده‌شده مشخص گردید.

ارزیابی کیفی تناسب اراضی با روش ریشه دوم

ارزیابی کیفی تناسب اراضی با استفاده از روش فائو، گروه‌بندی قسمت‌های مختلف اراضی یک منطقه بر حسب درجه تناسب آن-ها برای انواع استفاده‌های پیش‌بینی شده با در نظرگیری فاکتورهای اقلیم، خاک و زمین‌نما است. این روش مشتمل بر سه مرحله جمع‌آوری اطلاعات درباره ویژگی‌های اراضی، تعیین احتیاجات تیپ بهره‌وری و مقایسه ویژگی‌های اراضی با نیازهای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه می‌باشد (Storie, 1950).

جمع‌آوری اطلاعات درباره ویژگی‌های اراضی

در این مرحله ویژگی‌های اقلیم، خاک و زمین‌نمای مربوط به هر یک از واحدهای اراضی که در تناسب تیپ بهره‌وری مورد مطالعه نقش دارند، جمع‌آوری شدند. ویژگی‌های مورد استفاده شامل ۸ ویژگی بوده که بر اساس روش پارامتریک (Sys *et al*. 1993) شامل اقلیم، ترکیب عمق-بافت-ذرات درشت‌تر از شن، زهکشی، سیل‌گیری، شیب، آهک، گچ و ترکیب شوری و قلیائیت می‌باشد. اطلاعات اقلیمی که جهت تعیین سیکل رشد، تاریخ کاشت و نوع واریته ضرورت دارند شامل درجه حرارت، تابش خورشیدی و رطوبت نسبی بوده که مقدار متوسط آن‌ها در طول سیکل رشد تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه محاسبه شدند. شایان‌ذکر است چون در این تحقیق کشت فاریاب تیپ‌های بهره‌وری مدنظر است، بارندگی منطقه در محاسبات دخالت داده نشد (Sys *et al*., 1991). سپس مقادیر ویژگی‌های اقلیمی با جداولی که بر اساس جدول‌های نیازهای اقلیم Sys *et al*. (1993) تنظیم شد، مقایسه و درجه تناسب هر ویژگی محاسبه گردید. نهایتاً پس از محاسبه درجه تناسب مربوط به ویژگی‌های مختلف، شاخص اقلیم[۲] از روش ریشه دوم[۳] (رابطه ۱) محاسبه گردید و نهایتاً شاخص‌های اقلیمی محاسبه‌شده به درجه اقلیمی[۴] تبدیل شدند.

$$LI = R_{min}\sqrt{\frac{A}{100}\times\frac{B}{100}\times\frac{C}{100}\times\dots} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

برای ویژگی‌های خاک در حالتی که مقدار ویژگی با افزایش عمق زیاد می‌شد، با استفاده از ضرایب وزنی، میانگین وزنی برای عمق ۱۵۰ سانتی‌متری خاکرخ‌های شاهد محاسبه گردید. برای درصد سدیم تبادلی مقدار حداکثر در عمق ۱۵۰ سانتی‌متری خاک لحاظ شد. سپس با توجه به ویژگی‌های اراضی و نیازهای تیپ‌های بهره‌وری، یک درجه[۵] کمی به هر یک از ویژگی‌ها اختصاص یافت. اگر هر یک از ویژگی‌ها برای تیپ بهره‌وری مورد نظر کاملاً مطلوب بود، درجه ۱۰۰ و اگر دارای محدودیت بود، با

۱ Exchangble Sodium Capacity (ESP)
۲ Climatic Index
۳ Square Root Method
۴ Climatic Rating
۵ Rating

www.SID.ir

Archive of SID

توجه به محدودیتی که ایجاد می‌کرد، درجه‌ای بین صفر تا ۱۰۰ به آن اختصاص می‌یافت (Sys *et al*., 1991). ۷ ویژگی خاک و زمین‌نما با ویژگی اقلیمی با استفاده از رابطه ۱ تلفیق و شاخص اراضی محاسبه شد. در واقع با استفاده از رابطه ۱، شاخص اراضی اصلاح نشده (LI) برای هر واحد محاسبه گردید. در این روابط، A، B، C و ...، درجات تناسب تخصیص‌یافته به هر یک از ویژگی‌های اراضی و R_{min} درجه تناسب حداقل در بین ویژگی‌هاست. سپس شاخص‌های اصلاح نشده اراضی با استفاده از رابطه‌های ۲ تا ۶ برای روش ریشه دوم، به شاخص‌های اصلاح شده اراضی تبدیل شدند.

(رابطه ۲) کلاس S1 $CLI = 75 + (SQRI - 60)0.625$

(رابطه ۳) کلاس S2 $CLI = 50 + (SQRI - 24)0.410$

(رابطه ۴) کلاس S3 $CLI = 25 + (SQRI - 5)0.455$

(رابطه ۵) کلاس N1 $CLI = (SQRI)0.625$

(رابطه ۶) کلاس N2 $CLI = SQRI$

چنانچه کمترین درجه تناسب مربوط به ۸ ویژگی، ۸۵ یا بیشتر باشد، از رابطه ۲، ۶۰ تا ۸۵ از رابطه ۳، ۴۰ تا ۶۰ از رابطه ۴، ۲۵ تا ۴۰ از رابطه ۵ و کمتر از ۲۵ از رابطه ۶ استفاده می‌گردد. در این رابطه‌ها CLI[1]، شاخص اصلاح شده اراضی و SQRI[2]، شاخص اصلاح نشده اراضی به روش ریشه دوم می‌باشد. در نهایت کلاس تناسب اراضی با استفاده از جدول (۲) برای شاخص‌های اصلاح نشده و اصلاح شده اراضی تعیین گردید.

جدول ۲. مقادیر شاخص اراضی برای کلاس‌های تناسب اراضی

شاخص‌های اراضی	کلاس‌های تناسب
۱۰۰-۷۵	S1= تناسب زیاد
۷۵-۵۰	S2= تناسب متوسط
۵۰-۲۵	S3= تناسب بحرانی
۱۲/۲۵-۵	N1= در حال حاضر نامناسب
>۱۲/۵	N2= نامناسب دائمی

ارزیابی تناسب اراضی با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

برای انجام ارزیابی اراضی با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مراحل زیر انجام شد:

تشکیل گروه‌های تصمیم‌ساز، تشکیل ساختار سلسله مراتبی، انجام مقایسات زوجی، محاسبه وزن نهایی کاربری‌ها در هر واحد اراضی و تهیه نقشه تناسب اراضی.

برای این منظور از بررسی منابع، آمار جهاد کشاورزی و پرسش‌نامه استفاده گردید. در مرحله اول نیاز به تعریف مسئله طرح می‌باشد. هر تصمیم دارای یک هدف مشخص، معیارها، زیر معیارها و همچنین گزینه‌هایی که حول این هدف تعیین می‌شوند، می‌باشد. در فضای تصمیم‌گیری، ضمن تعریف اولویت‌ها و محدودیت‌های موجود که معمولاً با شرایط محلی و نیاز کارفرما هم‌ساز است، معیارها و گزینه‌های مناسب تعیین می‌گردد. در مطالعه حاضر سطح اول (هدف)، استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی جهت انتخاب بهینه کاربری‌های مختلف در منطقه مطالعاتی، سطح دوم (معیارها) شامل ویژگی‌های اقلیمی، خاک، لندفرم، درآمد، شاخص رطوبت (Hui) و فرسایش با زیر معیارهای مربوطه و سطح سوم (گزینه‌ها) شامل تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه می‌باشد. ضریب وزنی خاک و اقلیم از درجه تناسب هر یک از ویژگی‌ها به تیپ‌های مختلف و ضریب درآمد از آمار جهاد کشاورزی و پرسش از زارعین محاسبه گردید. شایان‌ذکر است که از طریق میزان پوشش سطحی توسط هر تیپ بهره‌وری، ضریب فرسایش و از طریق شاخص رطوبت، ضریب دسترسی به آب برای هر تیپ بهره‌وری برآورد گردید. پس از تهیه پرسشنامه، پرسش‌نامه‌ها توسط ۲۲ نفر از کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان بیرجند و ۸ نفر کشاورز تکمیل گردید. پس از تکمیل پرسش‌نامه‌ها، آمار جهاد کشاورزی و بررسی منابع در مورد تیپ‌های بهره‌وری انتخابی، مرحله آنالیز اطلاعات آغاز شد. بدین منظور از نرم‌افزار Expert Choice نسخه ۱۱ استفاده گردید. این نرم‌افزار، یک نرم‌افزار تصمیم‌گیری چند معیاره است و بر اساس روش AHP عمل می‌کند. شایان‌ذکر است که شاخص محاسبه‌شده معیارها و زیر معیارها (Xi)، برای خاک، اقلیم و زمین‌نما از درجه تناسب محاسبه‌شده از روش ریشه دوم، برای درآمد از میزان هزینه‌ها و درآمدها در ارزیابی کمی، برای شاخص رطوبت، از میزان فاصله از کانال آبیاری و برای فرسایش از راهنمای تشریح که برای هر واحد (Schoeneberger *et al*., 2012) در مزرعه تعیین شده بود، استفاده گردید. جهت انتخاب بهترین درجه‌بندی بین گزینه‌ها نسبت به معیارها و معیارها نسبت به هدف از ظرف سنجش ساعتی از طریق طبقه‌بندی کردن ارجحیت‌ها و مقدار دادن به هر طبقه استفاده گردید (Saaty, 1980). شایان‌ذکر است در این مطالعه وزن‌های نسبی از روش تقریبی-میانگین هندسی محاسبه گردیدند. نهایتاً از طریق رابطه (۷) وزن نهائی محاسبه شد.

(رابطه ۷) $\text{اولویت نهایی امتیاز} = \sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} W_k\, W_i\, gij$

در این رابطه W_k ضریب اهمیت معیار k، W_i ضریب اهمیت معیار فرعی i، gij امتیاز گزینه j در ارتباط با معیار فرعی i می‌باشد. نهایتاً وزن مربوط به هر محصول در تناسب اراضی محاسبه شد.

۱ Corrected Land Indices

۲ Square Land Indices

www.SID.ir

Archive of SID

در روش میانگین هندسی، به جای محاسبه مقدار ویژه حداکثر از رابطه (۸) استفاده گردید.

$$L = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(AW_i - W_i) \quad \text{(رابطه ۸)}$$

Wi: بردار وزن و AWi: برداری است که از ضرب ماتریس مقایسه دودویی در بردار وزن‌ها حاصل می‌شود.

محاسبه شاخص اراضی در هر واحد اراضی

تناسب نهائی هر واحد اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری با تلفیق وزن‌ها و ویژگی‌های اراضی با استفاده از رابطه (۹) محاسبه شد.

$$Li = a1b1X1 + a2b2X2 + \ldots + aibiXi \quad \text{(رابطه ۹)}$$

Li: شاخص اراضی برای تیپ بهره‌وری خاص، ai: ضرایب نسبی محاسبه‌شده معیارها نسبت به هدف، bi: ضرایب نسبی محاسبه‌شده زیر معیارها نسبت به معیارها و Xi: درجه محاسبه‌شده برای معیارها و زیر معیارها در هر واحد اراضی است. پس از محاسبه شاخص اراضی کلاس‌های تناسب اراضی تعیین گردید و نقشه تناسب اراضی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی رسم شد. به این ترتیب که درجه تناسب هر واحد نقشه با علامت خاصی که در راهنمای نقشه گزارش گردیده، نمایش داده شد.

نتایج و بحث

خاک‌های مورد مطالعه دارای رس ۴ تا ۴۲ درصد (متوسط ۱۸/۲)، شن بین ۳۰ تا ۷۸ درصد (متوسط ۴۹/۱) و سیلت بین ۱۶ تا ۵۸ درصد (متوسط ۳۲/۷) و ذرات درشت‌تر از شن در آن‌ها ناچیز تا ۵۵ درصد (متوسط ۲۸/۳) می‌باشد. همچنین pH خاک‌های مورد مطالعه بین ۶/۸۵ تا ۷/۹۴ (متوسط ۷/۴۴)، قابلیت هدایت‌الکتریکی (EC) بین ۰/۴۷ تا ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر (متوسط ۱/۴۵)، کربنات‌کلسیم معادل (CCE) بین ۵ تا ۶۸/۵ درصد (متوسط ۲۱/۳)، گچ بین ۰/۸ تا ۱۵ درصد (متوسط ۳/۹۳)، ظرفیت‌تبادل‌کاتیونی (CEC) بین ۴/۳ تا ۱۴/۲ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم (متوسط ۸/۹)، مواد آلی بین ۰/۲۴ تا ۰/۴۸ درصد (متوسط ۰/۲۶) است. خاک‌ها، بر اساس کلید رده‌بندی آمریکایی ۲۰۱۴ در دو رده انتی‌سولز و اریدی‌سولز رده‌بندی شدند.

نتایج ارزیابی کیفی با روش ریشه دوم

جدول (۳) میانگین ویژگی‌های اقلیمی مؤثر در رشد تیپ‌های بهره‌وری و درجه تناسب این ویژگی‌ها را با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بیرجند نشان می‌دهد. جدول (۴) نیازهای اقلیمی و جدول (۵) نیازهای خاک و زمین‌نمای تیپ‌های بهره‌وری عناب و زرشک را نشان می‌دهد که بر اساس منابع موجود (Liu *et al*., 2016; Moradinezhad *et al*., 2018; Zeinadini *et al*., 2019) و نظرات کارشناسی تهیه شده است.

جدول ۳- میانگین و درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمی مؤثر در رشد هر یک از تیپ‌های بهره‌وری

تیپ بهره‌وری	MT1	RH1
	میانگین ویژگی	
زرشک	۲۳/۴۵	۳۹/۴۷
عناب	۱۹/۸۶	۴۳/۴
	درجه تناسب ویژگی	
زرشک	۹۲/۲۵	۹۸/۱۶
عناب	۸۴/۳	۹۸/۳

MT1: میانگین درجه حرارت در طول دوره رشد (درجه سلسیوس) و RH1: میانگین درصد رطوبت نسبی در طول دوره رشد

جدول ۴- نیازهای اقلیمی تیپ‌های بهره‌وری عناب و زرشک

کلاس، درجه محدودیت و مقیاس امتیازدهی برای تیپ بهره‌وری عناب						
	S1		S2	S3	N1	N2
مشخصات اقلیمی	۰	۱	۲	۳	۴	
	۱۰۰	۹۵	۸۵	۶۰	۴۰	۲۵
میانگین دمای دوره رشد	۲۰-۲۲	۱۸-۲۰	۱۶-۱۸	۱۲-۱۶		>۵/۵
	۲۴-۲۲	۲۶-۲۴	۲۸-۲۶	۳۰-۲۸		<۳۰
رطوبت نسبی در دوره رشد (درصد)	۵۰-۶۰	۴۰-۵۰	۳۵-۴۰	۳۰-۳۵		<۳۰
	۷۰-۶۰	۸۰-۷۰	<۸۰			
کلاس، درجه محدودیت و مقیاس امتیازدهی برای تیپ بهره‌وری زرشک						
	S1		S2	S3	N1	N2
مشخصات اقلیمی	۰	۱	۲	۳	۴	
	۱۰۰	۹۵	۸۵	۶۰	۴۰	۲۵
میانگین دمای دوره رشد	۲۲-۲۵	۲۰-۲۲	۱۵-۲۰	۱۰-۱۵		>۵/۵
	۲۶-۲۵	۳۰-۲۶	۳۵-۳۰	۴۰-۳۵		<۴۰
رطوبت نسبی در دوره رشد (درصد)	۳۵-۴۵	۳۰-۳۵	۲۵-۳۰	۲۰-۲۵		<۲۰
	۵۵-۴۵	۶۵-۵۵	<۶۵			

S1: تناسب زیاد، S2: تناسب متوسط، S3: تناسب کم، N1: نامناسب موقت، N2: نامناسب دائم

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نیازهای خاک و زمین‌نمای تیپ‌های بهره‌وری عناب و زرشک

خصوصیات اراضی	کلاس، درجه محدودیت و مقیاس امتیازدهی برای عناب					
	S1		S2	S3	N1	N2
	۰	۱	۲	۳		۴
	۱۰۰	۹۵	۸۵	۶۰	۴۰	۲۵
شیب (درصد)	۰-۴	۴-۶	۶-۸	۸-۱۲	-	<۱۲
سیل‌گیری	F0	-	-	F1	-	F2
زهکشی	خوب	متوسط	کمی خوب	تهویه ضعیف	ضعیف قابل زهکشی	ضعیف غیرقابل زهکشی
بافت یا ساختمان	SCL, L,SiCL	SiC, CL	LS, LfS, SL	S, LcS,fS	-	Cm, SiCm
ذرات درشت‌تر از شن (درصد حجمی)	۵-۰	۱۵-۵	۳۵-۱۵	۵۵-۳۵	-	<۵۵
عمق خاک (سانتی‌متر)	<۱۵۰	۱۲۰-۱۵۰	۸۰-۱۲۰	۵۰-۸۰	-	>۵۰
آهک (درصد)	۶-۰	۱۵-۶	۲۵-۱۵	۳۵-۲۵	-	<۳۵
گچ (درصد)	۲-۰	۴-۲	۱۰-۴	۲۰-۱۰	-	<۲۰
ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری ($cmol(+)/kg_{clay}$)	<۳۰	۲۴-۳۰	۱۶-۲۴	>۱۶		
اشباع بازی (درصد)	<۵۰	۴۰-۵۰	۲۵-۴۰	>۲۵		
واکنش خاک	۷-۷/۵ ۷/۸-۷/۵	۶/۵-۷ ۸-۷/۸	۵/۵-۶/۵ ۸/۲-۸	۵/۲-۵/۵ ۸/۵-۸/۲	>۵/۲ <۸/۵	
کربن آلی (درصد)	<۲	۲-۱	۱- ۰/۵	۰/۵ -۰/۲۵	>۰/۲۵	
هدایت الکتریکی (dS/m)	۳-۰	۴-۳	۶-۴	۸-۶	۸-۱۰	<۱۰
سدیم تبادلی (درصد)	۸-۰	۱۵-۸	۲۰-۱۵	۲۵-۲۰	<۲۵	

خصوصیات اراضی	کلاس، درجه محدودیت و مقیاس امتیازدهی برای زرشک					
	S1		S2	S3	N1	N2
	۰	۱	۲	۳		۴
	۱۰۰	۹۵	۸۵	۶۰	۴۰	۲۵
شیب (درصد)	۲-۰	۴-۲	۶-۴	۸-۶	-	<۸
سیل‌گیری	F0	-	-	F1	-	F2
زهکشی	خوب	متوسط	کمی خوب	تهویه ضعیف	ضعیف قابل زهکشی	ضعیف غیرقابل زهکشی
بافت یا ساختمان	SCL, L,SiCL	SiC, CL	LS, LfS, SL	S, LcS,fS	-	Cm, SiCm
ذرات درشت‌تر از شن (درصد حجمی)	۳-۰	۱۰-۳	۳۰-۱۰	۵۰-۳۰	-	<۵۰
عمق خاک (سانتی‌متر)	<۱۵۰	۱۲۰-۱۵۰	۸۰-۱۲۰	۵۰-۸۰	-	>۵۰
آهک (درصد)	۵-۰	۱۲-۵	۲۰-۱۲	۳۰-۲۰	-	<۳۰
گچ (درصد)	۲-۰	۴-۲	۸-۴	۱۵-۸	-	<۱۵
ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری ($cmol(+)/kg_{clay}$)	<۲۸	۲۴-۲۸	۱۶-۲۴	>۱۶		
اشباع بازی (درصد)	<۵۰	۳۵-۵۰	۲۰-۳۵	>۲۰		
واکنش خاک	۷-۷/۵ ۷/۸-۷/۵	۶/۵-۷ ۸-۷/۸	۵/۵-۶/۵ ۸/۲-۸	۵/۲-۵/۵ ۸/۵-۸/۲	>۵/۲ <۸/۵	
کربن آلی (درصد)	<۳	۳-۲	۲- ۱	۱- ۰/۵	>۰/۵	
هدایت الکتریکی (dS/m)	۴-۰	۶-۴	۱۰-۶	۱۵-۱۰	۱۵-۲۰	<۲۰
سدیم تبادلی (درصد)	۸-۰	۱۵-۸	۲۵-۱۵	۳۵-۲۵	<۳۵	

S1: تناسب زیاد، S2: تناسب متوسط، S3: تناسب کم، N1: نامناسب موقت، N2: نامناسب دائم، F0: بدون وقوع سیل و F1: وقوع سیل هر ۶ تا ۱۰ سال،F2: وقوع سیل هر ۳ تا ۵ سال، L: بافت لومی، SCL: بافت لومی رسی شنی، C: بافت رسی، LS: بافت شنی لومی،SL: بافت لومی شنی CL: بافت لومی رسی، SiCL: بافت لومی رسی سیلتی، LfS: بافت شنی ریز لومی، fS: بافت شنی ریز، S: بافت شنی، LcS: بافت شنی درشت لومی، Cm: بافت رسی با ساختمان توده‌ای، SiCm: بافت رسی سیلتی با ساختمان توده‌ای

نهایتاً درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمی با استفاده از روش پارامتریک (ریشه دوم) تلفیق و شاخص‌های تناسب اقلیمی (جدول ۶) برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه محاسبه و کلاس تناسب آن‌ها تعیین شد. در جدول (۷) میانگین وزنی ویژگی‌های

www.SID.ir

Archive of SID

خاک مورد نیاز جهت تعیین کلاس تناسب و در جدول (۸) ویژگی‌های خاک و زمین‌نمای مورد نیاز جهت تعیین کلاس تناسب نشان داده شده است. در مرحله آخر با تلفیق درجه‌های تناسب ویژگی‌های مختلف اراضی با استفاده از رابطه ریشه دوم، شاخص اراضی محاسبه و نهایتاً بر اساس جدول (۹) کلاس تناسب اراضی نهائی تعیین شد.

شکل (۲-الف و ب) نقشه کیفی تناسب اراضی را برای تیپ-های بهره‌وری مورد مطالعه با روش‌های پارامتریک (ریشه دوم) نشان می‌دهد. وسعت کلاس‌های تناسب اراضی (جدول ۱۰) برای هر یک از تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه مؤید این مطلب است که الویت کشت در منطقه با عناب می‌باشد. با توجه به نتایج (جدول ۱۰)، برای هر دو نوع تیپ بهره‌وری زرشک و عناب، ۱۳/۱۲ درصد اراضی مورد مطالعه در کلاس S1، ۳۰/۵۵ درصد در کلاس S2 و ۲۱/۲۵ درصد در کلاس S3 قرار دارند. همچنین ۲۲/۵۲ درصد اراضی برای زرشک و ۲۸ درصد اراضی برای عناب کلاس N1 و ۱۲/۵۶ درصد اراضی برای زرشک و ۷/۰۸ درصد اراضی برای عناب کلاس N2 دارند. روابط رگرسیونی بین شاخص اراضی محاسبه‌شده با روش ریشه دوم و تولید مشاهده‌شده در شکل (۳) نشان داده شده است (شماره واحدهای اراضی بر روی نقاط نشان داده شده است). همه روابط همبستگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده که نشان‌دهنده دقت خوب این روش است.

جدول ۶- شاخص و کلاس تناسب اقلیم بر اساس روش ریشه دوم

تیپ‌های مختلف بهره‌وری	ریشه دوم	کلاس
عناب	۹۸/۹۳	S1
زرشک	۹۰/۸۶	S1

جدول ۷- میانگین وزنی ویژگی‌های خاک مورد نیاز جهت تعیین کلاس تناسب

واحد اراضی	کلاس بافت	ذرات ۲mm> (٪)	کربنات کلسیم معادل(٪)	گچ (٪)	EC (dS/m)	ESP (٪)
۱	L	۲۴/۲	۶۰/۱	۲/۷	۰/۵۶	۵/۴
۲	L	۲۱/۹	۱۵/۷	۲/۷	۰/۵۴	۶/۵
۳	SL	۱۳	۱۵/۳	۱/۹	۰/۵۱	۷/۵
۴	SL	۳۹/۳	۱۲/۳	۱/۹	۰/۶۳	۳/۵
۵	C	۱۳	۱۲/۹	۱۱/۳	۵/۹	۱۳/۵
۶	SL	۲۷/۲	۱۸/۹	۲/۶	۰/۶۱	۸/۵
۷	LS	۰	۸/۸	۲/۹	۰/۶۷	۵/۷
۸	LS	۱۱/۷	۱۶/۷	۱۰/۴	۴/۵	۱۲/۱
۹	SL	۱۵	۱۲/۵	۲/۷	۰/۴۷	۶/۴
۱۰	SL	۴۱/۱	۱۹/۲	۲/۳	۰/۵۷	۵/۶
۱۱	CL	۴۵/۹	۱۰/۶	۰/۸	۴/۳	۷/۴
۱۲	L	۳۰/۲	۱۶/۳	۴/۲	۱/۵۶	۹/۹

L: بافت لوم، SL: بافت لوم شنی، C: بافت رسی، LS: بافت شن لومی، CL: بافت لوم رسی، EC: هدایت الکتریکی و ESP: درصد سدیم تبادلی

جدول ۸- ویژگی‌های خاک و زمین‌نمای مورد نیاز جهت تعیین کلاس تناسب

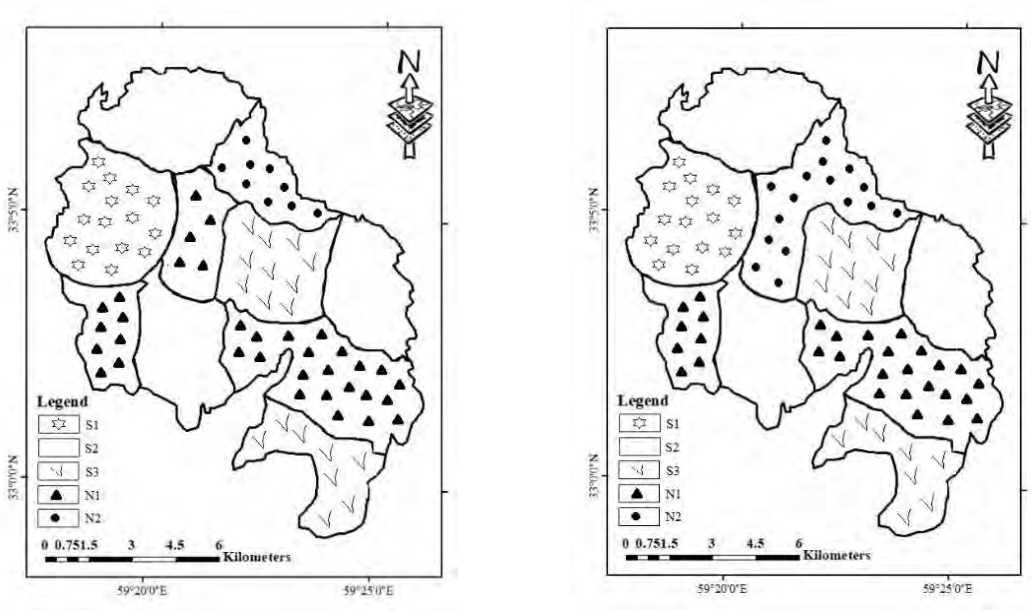
واحد اراضی	درصد شیب	سیل‌گیری	زهکشی	عمق خاک (سانتی‌متر)
۱	۳	F0	خوب	۱۰۰
۲	۲	F0	خوب	۱۲۰
۳	۱۰	F0	خوب	۲۰
۴	۳	F0	خوب	۱۰۰
۵	۱	F1	خوب	<۱۵۰
۶	۶	F0	خوب	۷۰
۷	۳	F0	خوب	۲۰
۸	۱	F1	نسبتاً ضعیف	۸۰
۹	۸	F0	خوب	۱۰
۱۰	۳	F0	خوب	۶۰
۱۱	۷	F0	خوب	۶۰
۱۲	۵	F0	خوب	۹۰

F0: بدون سیل‌گیری و F1: سیل‌گیری هر ۶ تا ۱۰ سال

www.SID.ir

Archive of SID

(ب) (الف)



شکل ۲- نقشه تناسب اراضی منطقه القورات با روش ریشه دوم برای (الف) زرشک و (ب) عناب

جدول ۹- شاخص اراضی اصلاح شده و کلاس تناسب برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه با روش ریشه دوم

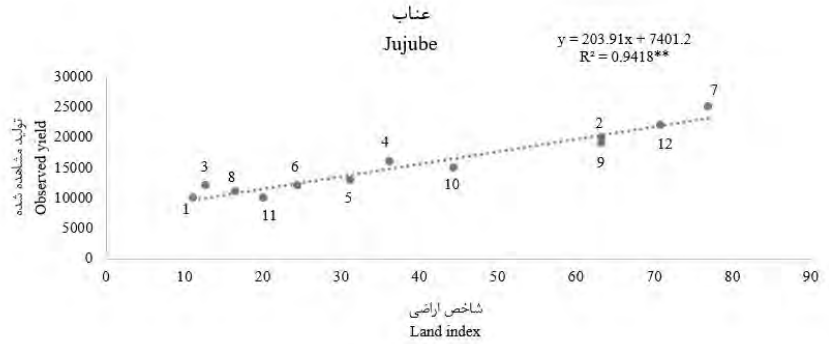
تیپ بهره‌برداری	زرشک		عناب	
واحد اراضی				
۱	۱۰/۷	N2	۱۱/۲	N2
۲	۵۹/۵	S2	۶۳/۳	S2
۳	۱۱/۱	N2	۱۲/۸	N1
۴	۳۳/۲	S3	۳۶/۳	S3
۵	۲۹/۴	S3	۳۱/۲	S3
۶	۲۳/۲	N1	۲۴/۵	N1
۷	۷۵/۶	S1	۷۷	S1
۸	۱۴/۷	N1	۱۶/۶	N1
۹	۶۰/۵	S2	۶۳/۴	S2
۱۰	۴۲/۱	S3	۴۴/۴	S3
۱۱	۱۹/۹	N1	۲۰/۱	N1
۱۲	۶۸/۸	S2	۷۰/۹	S2

جدول ۱۰- مساحت کلاس‌های تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه با روش ریشه دوم

تیپ بهره‌وری	زرشک (درصد)	عناب (درصد)
کلاس		
S1	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲
S2	۳۰/۵۵	۳۰/۵۵
S3	۲۱/۲۵	۲۱/۲۵
N1	۲۲/۵۲	۲۸
N2	۱۲/۵۶	۷/۰۸

www.SID.ir

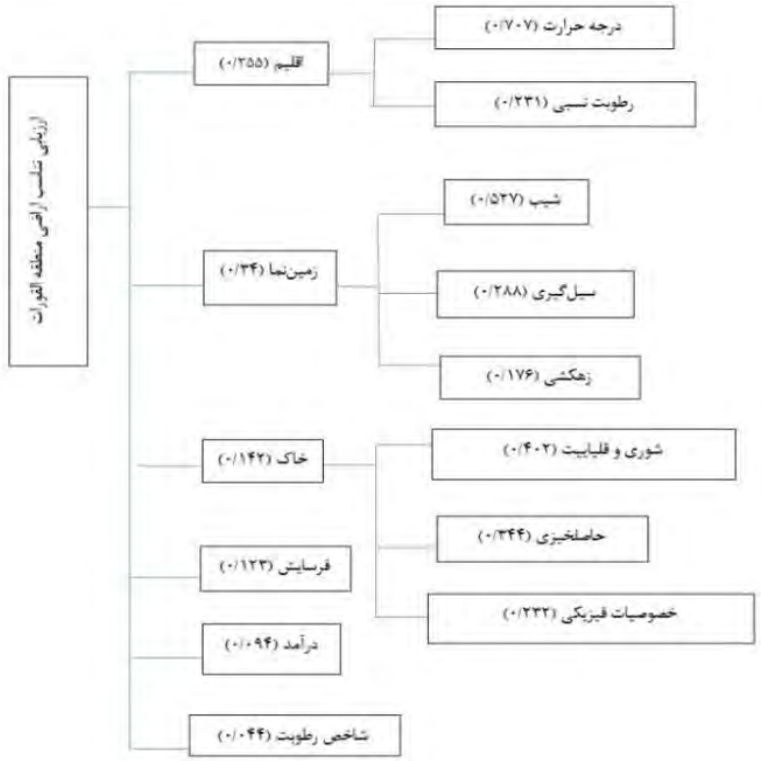
Archive of SID



شکل ۳- روابط رگرسیونی بین شاخص اراضی اصلاح‌شده و محاسبه شده با ریشه دوم و تولید مشاهده شده
** **در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است.**

نتایج ارزیابی تناسب اراضی با فرآیند AHP

شکل (۴)، ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها را نسبت به هدف در ساختار سلسله مراتبی نشان می‌دهد. نتایج مؤید این مطلب است که در بین معیارهای مورد مطالعه، اقلیم بیش‌ترین (۰/۳۵۵) و شاخص رطوبت کم‌ترین (۰/۰۴۴) وزن را به خود اختصاص دادند. نرخ ناسازگاری، برای زیر معیارهای خاکی ناچیز، برای زمین‌نما ۰/۰۲ و برای اقلیم ۰/۰۱ برآورد گردید. اهمیت نسبی هر یک از تیپ‌های بهره‌وری نسبت به معیارها در جدول (۱۱) نشان داده شده است. نتایج کلی نشان داد که بر اساس روش AHP، الویت کشت با عناب می‌باشد. نرخ ناسازگاری کلی ۰/۰۱ برآورد شد. لازم به ذکر است که شاخص درآمد از طریق پرسش از زارعین و کلاس‌های کمی محاسبه‌شده برای هر واحد اراضی و تیپ بهره-وری گزارش گردید. کلاس فاصله از کانال آبیاری نیز با استفاده از جدول (۱۲) تعیین شد. به غیر از واحدهای ۳، ۸ و ۱۱ فاصله مزارع از کانال آب مناسب و نسبتاً مناسب بود. جدول‌های (۱۳) و (۱۴) درجه تناسب ویژگی‌های هر واحد اراضی را نشان می‌دهد. با ترکیب درجه تناسب ویژگی‌های مختلف در هر واحد اراضی شاخص اراضی و در نهایت کلاس تناسب اراضی (جدول ۱۵) برای هریک از تیپ‌های بهره‌وری محاسبه گردید.



شکل ۴- ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها نسبت به هدف در ساختار سلسله مراتبی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۱- اهمیت نسبی هر یک از گزینه‌ها نسبت به معیارها

تیپ بهره‌وری / معیار	زرشک	عناب	نرخ ناسازگاری
ویژگی‌های فیزیکی	۰/۱۰۷	۰/۴۰۲	۰/۰۴
ویژگی‌های حاصلخیزی	۰/۱۷۸	۰/۴۴۴	۰/۰۲
شوری و قلیائیت	۰/۲۸۳	۰/۱۹۳	۰/۰۵
شیب	۰/۲۳۳	۰/۲۱۷	۰/۰۵
زهکشی	۰/۴۳۸	۰/۲۸۶	۰/۰۲
سیل‌گیری	۰/۲۴۶	۰/۲۵۳	۰/۰۷
درجه حرارت	۰/۲۲۲	۰/۲۲۲	۰/۰۳
رطوبت نسبی (٪)	۰/۲۱۶	۰/۲۵۷	۰/۰۱
شاخص رطوبت	۰/۳۹۰	۰/۱۲۷	۰/۰۲
فرسایش	۰/۱۷۱	۰/۲۱۶	۰/۰۶
درآمد	۰/۱۰۸	۰/۲۱۰	۰/۰۳

جدول ۱۲- درجه تناسب متوسط فاصله واحد از کانال آبیاری

فاصله (متر)	۱۰۰-۰	۲۰۰-۱۰۰	۵۰۰-۲۰۰	۱۰۰۰-۵۰۰	۲۰۰۰-۱۰۰۰	<۲۰۰۰
درجه تناسب	۱۰۰	۹۵	۸۵	۶۰	۴۰	۲۵

جدول ۱۳- درجه تناسب ویژگی‌های واحدهای اراضی مختلف برای زرشک با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

معیار / واحد اراضی	ویژگی‌های فیزیکی	حاصلخیزی	شوری و قلیائیت	شیب	زهکشی	سیل-گیری	درجه حرارت	رطوبت نسبی	فاصله از کانال آب	فرسایش	درآمد
۱	۸۰	۲۵	۹۶	۹۲/۵	۹۷/۵	۸۷/۵	۹۳	۸۵	۶۰	۸۷	۴۰
۲	۹۰	۸۰	۹۷	۹۵	۹۷/۵	۹۰	۹۳	۸۵	۹۰	۸۵	۹۰
۳	۸۰	۸۳	۹۸	۳۰	۹۷/۵	۴۵	۹۳	۸۵	۹۰	۳۰	۴۵
۴	۸۰	۸۶	۹۳	۹۲/۵	۹۷/۵	۸۷/۵	۹۳	۸۵	۶۰	۸۷	۷۰
۵	۶۰	۷۳	۷۵	۹۷/۵	۶۰	۹۵	۹۳	۸۵	۶۰	۹۰	۷۰
۶	۷۰	۷۴	۹۴	۵۵	۹۷/۵	۷۵	۹۳	۸۵	۸۰	۵۰	۷۰
۷	۹۰	۸۹	۹۳	۹۲/۵	۹۷/۵	۸۷/۵	۹۳	۸۵	۱۰۰	۸۷	۱۰۰
۸	۷۰	۷۷	۸۵	۹۷/۵	۷۵	۹۰	۹۳	۸۵	۸۰	۹۰	۴۵
۹	۸۵	۸۵	۹۹	۵۰	۹۷/۵	۶۰	۹۳	۸۵	۸۰	۴۰	۹۰
۱۰	۷۰	۷۰	۹۵	۹۵	۹۷/۵	۸۵	۹۳	۸۵	۹۰	۹۰	۵۰
۱۱	۸۰	۹۱	۸۳	۶۰	۹۷/۵	۵۵	۹۳	۸۵	۹۰	۵۰	۴۵
۱۲	۸۸	۷۹	۹۳	۸۵	۹۷/۵	۷۰	۹۵	۸۷	۸۰	۸۰	۹۰

جدول ۱۴- درجه تناسب ویژگی‌های واحدهای اراضی مختلف برای عناب با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

معیار / واحد اراضی	ویژگی‌های فیزیکی	حاصلخیزی	شوری و قلیائیت	شیب	زهکشی	سیل-گیری	درجه حرارت	رطوبت نسبی	فاصله از کانال آب	فرسایش	درآمد
۱	۸۱	۲۸	۹۷	۹۲/۵	۹۷/۵	۸۷/۵	۹۵	۸۷	۶۰	۸۷	۴۰
۲	۹۲	۸۱	۹۸	۹۵	۹۷/۵	۹۰	۹۵	۸۷	۹۰	۸۵	۹۰
۳	۸۲	۸۵	۹۸	۳۰	۹۷/۵	۴۵	۹۵	۸۷	۹۰	۳۰	۴۵
۴	۸۳	۸۷	۹۴	۹۲/۵	۹۷/۵	۸۷/۵	۹۵	۸۷	۶۰	۸۷	۷۰
۵	۶۵	۷۵	۷۷	۹۷/۵	۶۰	۹۵	۹۵	۸۷	۶۰	۹۰	۷۰
۶	۷۴	۷۶	۹۵	۵۵	۹۷/۵	۷۵	۹۵	۸۷	۸۰	۵۰	۷۰
۷	۹۳	۹۱	۹۵	۹۲/۵	۹۷/۵	۸۷/۵	۹۵	۸۷	۱۰۰	۸۷	۱۰۰
۸	۷۲	۷۸	۸۷	۹۷/۵	۷۵	۹۰	۹۵	۸۷	۸۰	۹۰	۴۵
۹	۸۷	۸۶	۱۰۰	۵۰	۹۷/۵	۶۰	۹۵	۸۷	۸۰	۴۰	۹۰
۱۰	۷۱	۷۲	۹۶	۹۵	۹۷/۵	۸۵	۹۵	۸۷	۹۰	۹۰	۵۰
۱۱	۸۲	۹۳	۸۵	۶۰	۹۷/۵	۵۵	۹۵	۸۷	۹۰	۵۰	۴۵
۱۲	۸۵	۷۸	۹۱	۸۵	۹۷/۵	۷۰	۹۳	۸۵	۸۰	۸۰	۹۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۵- شاخص اراضی محاسبه‌شده و کلاس‌های تناسب واحدهای مختلف اراضی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

تیپ بهره‌وری / واحد اراضی	زرشک	کلاس‌های تناسب زرشک	عناب	کلاس‌های تناسب عناب
۱	۱۳/۷	N1	۱۵/۱	N1
۲	۶۵/۱	S2	۶۴/۷	S2
۳	۱۳/۴	N1	۱۴/۵	N1
۴	۳۹/۱	S3	۳۹/۹	S3
۵	۳۱/۱	S3	۳۴/۱	S3
۶	۳۳/۱	S3	۳۶/۱	S3
۷	۷۷/۱	S1	۷۹/۴	S1
۸	۱۷/۴	N1	۱۹/۱	N1
۹	۶۲/۴	S2	۶۵/۵	S2
۱۰	۴۵/۲	S3	۴۷/۱	S3
۱۱	۲۱/۳	N1	۲۴/۳	N1
۱۲	۷۶/۶	S1	۷۲/۴	S2

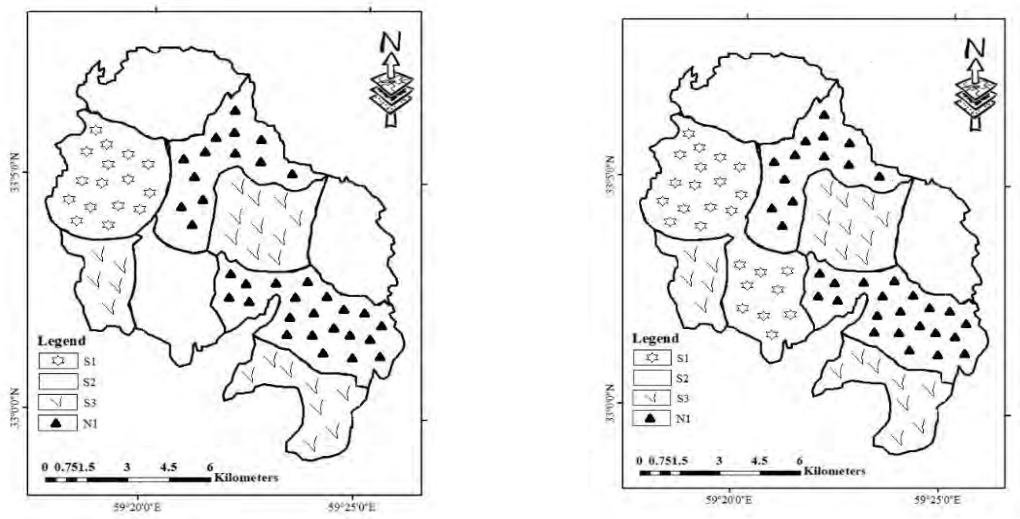
شکل (۵-الف و ب) نقشه تناسب اراضی منطقه القورات را برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه با استفاده از AHP نشان می‌دهند. دقت ارزیابی تناسب اراضی با AHP با استفاده از رابطه بین شاخص اراضی محاسبه‌شده و تولید مشاهده‌شده مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد، همه ضرایب تبیین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند. با توجه به جدول (۱۶)، کلاس‌های S3 و N1 در دو تیپ بهره‌وری زرشک و عناب مشابه است (به‌ترتیب: ۲۷/۴۹ و ۲۸/۸۴ درصد از مساحت کل) و هیچیک از این تیپ‌های بهره‌وری کلاس N2 ندارند. همچنین ۲۳/۰۷ درصد از اراضی مورد مطالعه برای زرشک و ۱۳/۱۲ درصد برای عناب دارای کلاس S1، ۲۰/۶ درصد اراضی برای زرشک و ۳۰/۵۵ درصد برای عناب دارای کلاس S2 هستند.

در شکل (۶) روابط رگرسیونی بین شاخص اراضی محاسبه شده با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تولید مشاهده شده نشان داده شده است. (شماره واحدهای اراضی بر روی نقاط نشان داده شده است). همه روابط همبستگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده که نشان‌دهنده دقت خوب این روش است.

جدول ۱۶- مساحت کلاس‌های تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

تیپ بهره‌وری / کلاس	زرشک (درصد)	عناب (درصد)
S1	۲۳/۰۷	۱۳/۱۲
S2	۲۰/۶	۳۰/۵۵
S3	۲۷/۴۹	۲۷/۴۹
N1	۲۸/۸۴	۲۸/۸۴
N2	-	-

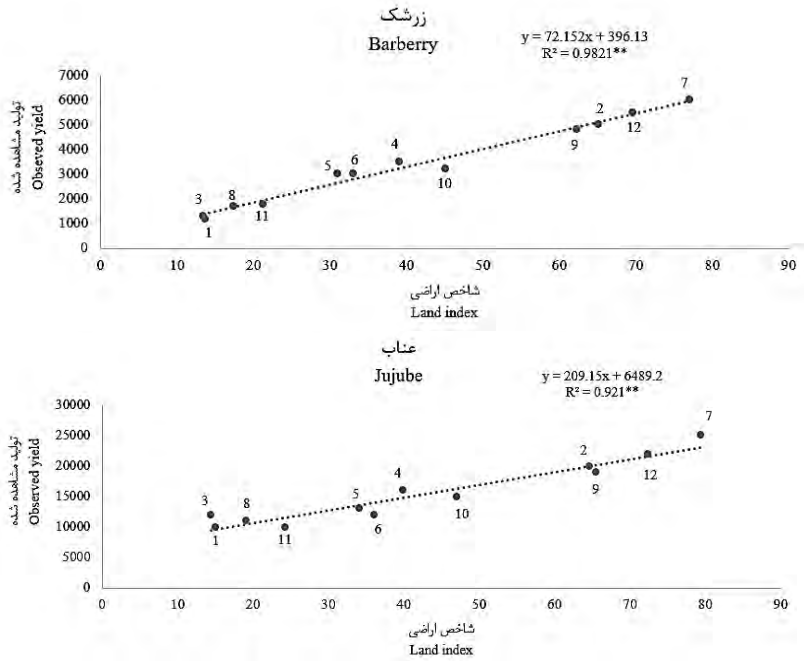
(الف) (ب)



شکل ۵- نقشه تناسب اراضی برای (الف) زرشک و (ب) عناب با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- روابط رگرسیونی بین شاخص اراضی محاسبه شده با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تولید مشاهده شده
** **در سطح احتمال ۱ درصدمعنی‌دار است.**

تحلیل روش‌های ارزیابی مورد مطالعه

عدم شناسایی و پهنه‌بندی توان اراضی برای فعالیت‌های کشاورزی، موجب از بین رفتن و آلودگی منابع طبیعی، شور شدن اراضی و کاهش سفره آب زیرزمینی می‌گردد (Seyedmohammadi *et al*., 2018). از این رو پهنه‌بندی و ارزیابی تناسب اراضی محصولات استراتژیک منطقه مورد مطالعه اهمیت بسیار زیادی داشت. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که روش AHP نسبت به روش ریشه دوم، شاخص‌های اراضی نسبتاً بزرگ‌تری نشان می‌دهد (دامنه شاخص اراضی به روش ریشه دوم برای زرشک و عناب به ترتیب: ۱۰/۷ تا ۷۵/۶ و ۱۱/۲ تا ۷۷ و به روش AHP، ۱۳/۴ تا ۷۷/۱ و ۱۴/۵ تا ۷۹/۴ است)؛ اگرچه اختلاف آن‌ها معنی‌دار نیست و دلیل احتمالی این اختلاف می‌تواند تفاوت در اطلاعات ورودی روش‌های مورد استفاده باشد، ولی روش AHP روش مناسب‌تری به نظر می‌رسد. نتایجی مشابه با تحقیق حاضر توسط Shahrokh and Ayoubi (2014) برای گندم و برنج، Servati *et al* (2017) برای نخود و Duc (2006) برای قهوه گزارش شده است. همچنین ضرایب تبیین محاسبه‌شده بین شاخص‌های اراضی محاسبه‌شده با روش‌های مختلف و تولید مشاهده شده نشان داد که هر دو روش (AHP و ریشه دوم) دارای دقت زیادی هستند (ضرایب تبیین در روش ریشه دوم برای زرشک و عناب به ترتیب: ۰/۹۶ و ۰/۹۴ و در روش AHP، ۰/۹۸ و ۰/۹۲ بود). روش AHP قادر است اولویت کشت تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه را نشان دهد. بنابراین در مناطقی که نیاز به تعیین اولویت کشت از نظر کیفی، کمی و اقتصادی می‌باشد، یکی از کارآمدترین روش‌هاست (Roy and Saha, 2018; Raza *et al*., 2018; Ghanbarie *et al*., 2016; Shahrokh and Ayoubi, 2014). گیاه زرشک در خاک شور با EC حدود ۱۰ تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر هم قابل رشد بوده و گیاه عناب در شیب بین ۶ تا ۱۲ درصد هم رشد قابل قبولی دارد. به طور کلی گیاهان عناب و زرشک تحمل بالایی به شوری دارند زیرا دارای مکانیزم فرار از شوری هستند. شوری معمولاً در ناحیه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح تجمع می‌یابد اما ریشه این گیاهان در عمق کمی پایین‌تر و بین ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری قرار می‌گیرد تا از آسیب شوری در امان بمانند (Liu *et al*., 2016; Moradinezhad *et al*., 2018). لازم به ذکر است که آب آبیاری در منطقه محدود است، ولی با توجه به گزارشات زارعین و کارشناسان کشاورزی، تولید مشاهده شده در بیشتر واحدهای اراضی قابل‌قبول می‌باشد که از دلایل احتمالی این امر می‌تواند مقاومت نسبی این محصولات به کم آبی و تنش‌های خشکی باشد (Davies *et al*., 2017). تیپ بهره‌وری عناب نسبت به زرشک نیاز آبی کمتری داشته و در شرایط برابر از لحاظ سایر عوامل، از تناسب بیشتری برخوردار است (Liu *et al*., 2016; Moradinezhad *et al*., 2018; Zeinadini *et al*., 2019). همچنین با وجود مقادیر نسبتاً زیاد آهک در خاک برخی از واحدهای اراضی، بر اساس پرسش از زارعین و کارشناسان کشاورزی، عناب و زرشک تولید نسبتاً خوبی داشته است. از دلایل احتمالی می‌تواند عدم وجود آهک در ناحیه ریشه این گیاهان در

www.SID.ir

Archive of SID

واحدهای اراضی مذکور باشد (عمق افق تجمع آهک با عمق ریشه متفاوت بوده است). علاوه بر این در بعضی از واحدهای اراضی، مقادیر قابل‌توجهی از آهک به همراه گچ به طور همزمان در خاکرخ وجود داشت. گچ با آهک اثر متقابل دارد و می‌تواند اثرات سوء آهک را کاهش دهد (Okorkov and Okorkova, 2014).

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های میدانی در مطالعه حاضر، در صورت تأمین آب، عناب به‌علت کم توقع بودن از تولید خوب و اقتصادی در این اراضی برخوردار خواهد بود. اما این اراضی برای تیپ بهره‌وری زرشک که نیازهای آبی (با توجه به زیر معیار شاخص رطوبت) نسبتاً بیشتری دارد، از تناسب کمتری برخوردار هستند. ضرایب تبیین حاصل از روابط رگرسیونی بین شاخص اراضی محاسبه‌شده با روش‌های مختلف و تولید مشاهده‌شده نشان داد، هر دو روش از دقت قابل قبولی برخوردارند، روش AHP، نظرات کارشناسی (۳۰ نفر) و وزن ویژگی‌های اراضی در رشد و عملکرد تیپ بهره‌وری مورد مطالعه را در نظر می‌گیرد که نظرات مخالف بر اساس اعلام نتایج به دیگران و بررسی مجدد تعدیل شدند. همچنین این روش از تولید مشاهده‌شده واحدهای مختلف جهت محاسبه معیارها استفاده می‌کند که باعث افزایش دقت می‌شود. دقت این روش تا حدود زیادی وابسته به اوزان تعیین‌شده برای ویژگی‌های مختلف اراضی است. بر اساس اوزان تعیین‌شده، از بین زیرمعیارهای اقلیم، درجه حرارت، از بین زیرمعیارهای زمین‌نما، شیب و از بین زیرمعیارهای خاک، شوری و قلیاییت، مهمترین عوامل بوده و به ترتیب بیشترین اوزان را به خود اختصاص دادند. پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه رشد تیپ‌های بهره‌وری مختلف و تولید آن‌ها تحت تأثیر اقلیم، خاک و زمین‌نما و مدیریت می‌باشد، از شاخص‌های مدیریتی نیز در ارزیابی تناسب اراضی استفاده گردد تا دقت روش‌های مورد استفاده افزایش یابد. همچنین با توجه به اینکه آب آبیاری در منطقه محدود بوده و آهک در برخی واحدهای اراضی نسبتاً بالاست، ولی با این وجود عناب و زرشک نسبت به شرایط موجود، تولید مشاهده‌شده قابل قبولی (بر اساس پرسش از زارعین و کارشناسان کشاورزی) دارند؛ توصیه می‌شود برای نیازهای خاکی و اقلیمی محصولات عناب و زرشک بررسی بیشتری انجام شود و جدول‌های پیشنهاد شده برای این محصولات، با توجه به شرایط منطقه، مورد بازنگری قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

مقاله حاضر در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۱۳۹۵/د/۶۹۸۲ مورخ ۱۳۹۵/۴/۹ و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Abd-Elmabod, S.K., Bakr, N., Muñoz-Rojas, M., Pereira, P., Zhang, Z., Cerda, A., Jordan, A., Mansour, H., De La Rosa, D. and Jones, L. (2019). Assessment of Soil Suitability for Improvement of Soil Factors and Agricultural Management. *Sustainability*, 11(6), 1588.

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.

Anonymous. (2013). *Detailed Executive Studies of Alghoorat Watershed, Soil Report*. Ministry of Agriculture Jihad, Forest, Range and Watershed Management Organization, General Administration of Natural Resources of South Khorasan. (In Farsi)

Anonymous. (2014). *Keys to Soil Taxonomy* (12th ed.). Soil Survey Staf, Natural Resource Conservation Service.

Bodaghabadi M.B., Martínez-Casasnovas, J.A., Khakili, P., Masihabadi, M.H. and Gandomkar, A. (2015). Assessment of the FAO traditional land evaluation methods, A case study: Iranian Land Classification method. *Soil use and management*, 31(3), 384-396.

Cay, T. and Uyan, M. (2013). Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the analytic hierarchy process (AHP). *Land Use Policy Journal*, 30, 541-548.

Davies, F.T., Geneve, R.L., Wilson, S.B., Hartmann, H.T. and Kester, D.E. (2017). *Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices*. (9th ed.). Pearson Publisher.

Duc, T.T. (2006). Using GIS and AHP technique for land-use suitability analysis. In: Proceedings of International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, 9-11 November., Vietnam.

FAO. (1976). A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin Series No. 32. FAO, Rome.

Ghanbarie, E., Jafarzadeh, A., Shahbazi, F. and Servati, M. (2016). Comparing Parametric Methods (the Square Root and the Storie) with the Fuzzy Set Theory for Land Evaluation of Khaje Region for Wheat. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 7, 343-351.

Hanh, H.Q., Azadi, H., Dogot, T., Ton, V.D. and Lebailly, P. (2017). Dynamics of Agrarian Systems and Land Use Change in North Vietnam. *Land Degrad. Dev*, 28, 799–810.

Jafari Haghighi, M. (2003). Methods of soil analysis: Sampling and important physical and chemica

www.SID.ir

Archive of SID

analyzes "with emphasis on theoretical and practical principles" (1th ed.). Nedaye Zoha Publications. (In Farsi)

Kahsay, A., Haile, M. and Gebresamuel. G. (2018). Land suitability analysis for sorghum crop production in northern semi-arid Ethiopia: Application of GIS-based fuzzy AHP approach. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1-24.

Khidir, S.M. (1986). A statistical approach in the use of parametric systems applied to the FAO framework for land evaluation. Ph. D. dissertation, University of Ghent, Belgium.

Kumar, N., Singh, S.K., Mishra, N.V., Obi Reddy, G.P., Bajpai, R.K. and Saxena. R.R. (2018). Soil suitability evaluation for cotton using analytical hierarchic process. *International Journal of Chemical Studies*, 6(4), 1570-1576.

Liu, D., Ye, X. and Jiang, Y. (2016). *Chinese dates: a traditional functional food*. CRC Press.

Mazahreh, S., Bsoul, M. and Abu Hamoor, D. (2019). GIS approach for assessment of land suitability for different land use alternatives in semi-arid environment in Jordan: Case study (Al Gadeer Alabyad-Mafraq). *Information Processing in Agriculture*, 6(1), 91-108.

Memarbashi, E., Azadi, H., Barati, A.A., Mohajeri, F., Van Passel, S. and Vitlox, F. (2017). Land-Use Suitability in Northeast Iran: Application of AHP-GIS Hybrid Model. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 6, 396.

Mohammadi, J. (2007). *Pedometry - Volume 4: Fuzzy Set Theory*. Pelk Publications Agency, Tehran. (In Farsi)

Moradinezhad, F., Khayyat, M. and Maraki, Z. (2018). Changes in Anthocyanin and Fruit Quality Attributes of Barberry (Berberis vulgaris L.) Grown in Different Altitude During Growth and Maturation. *Journal of Agricultural Sciences–Sri Lanka*, 13(3), 227-236.

Mousavi, S.A., Sarmadian, F. and Taati, A. (2017). Comparison of AHP and FAO Methods for Land Suitability Evaluation of Rainfed Wheat in Kuhin Area. *Iranian Journal of Soil Research*, 30(4), 367-377. (In Farsi)

Okorkov, V.V. and Okorkova, L.A. (2014). Interaction of lime and gypsum with sorption complex of acidic soils. *Russian Agricultural Sciences*. 39, 459–463.

Raza, S.M.H., Mahmood, S.A., Akhtar Khan, A. and Liesenberg, V. (2018). Delineation of Potential Sites for Rice Cultivation Through Multi-Criteria Evaluation (MCE) Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Plant Production*, 12(1), 1-11.

Roy, J. and Saha, S. (2018). Assessment of land suitability for the paddy cultivation using analytical hierarchical process (AHP): a study on Hinglo river basin, Eastern India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4(2), 601–618.

Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.

Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C. and Soil Survey Staff. (2012). *Field book for describing and sampling soils*. Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Servati, M., Jafarzadeh, A., Ghorbani, M., Shahbazi, F. and Davatghar, N. (2014). Land Suitability Evaluation for Alfalfa in Khajeh Region Using the Parametric Square Root method and Fuzzy Set Theory. *Water and soil science*, 24(2). 93-105. (In Farsi)

Servati, M., Momtaz, H.R., Rezaei, H. and Pishnamaz Ahmadi, M. (2017). Land suitability evaluation in Hashtrood region by fuzzy analytical hierarchy processes (FAHP) for irrigated Chickpea. *J. of Soil Management and Sustainable Production*, 7(3), 153-166. (In Farsi)

Seyedmohammadi, J., Jafarzadeh, A.A., Sarmadian, F., Shahbazi, F. and Ghorbani, M.A. (2018). Applying ELECTRE TRI and Parametric Methods in an Area of Dasht-e-Moghan Land for Suitability Evaluation of Maize Cultivation under Sprinkler Irrigation. *Soil and Water Research*, 28(2), 121-137. (In Farsi)

Shahrokh, V. and Ayoubi, S. (2014). Land Suitability Evaluation using Analytical Hierarchy Process Technique in Zarrinshahr and Mobarakeh (Isfahan). *Journal of Agricultural Engineering*, 37(1), 77-92. (In Farsi)

Storie, R.E. (1950). Rating soils for agricultural, forest and grazing use. *Transactions 4th Int. Cong. Soil Sci*, 1, 336-339.

Sys, C., Van Ranset, E. and Debaveye, J. (1991). *Land Evaluation, Part II, Methods in Land Evaluation*. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.

Sys, C., Van Ranset, E., Debaveye, J. and Beernaert, F. (1993). *Land Evaluation, Part III, Crop Requirements*. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium.

Wu, D., Feng, X. and Wen, Q. (2011). The Research of Evaluation for Growth Suitability of Carya Cathayensis Sarg. Based on PCA and AHP. *Procedia Engineering*, 15, 1879 – 1883.

Zeinadini Meymand, A., Toomanian, N., Navidi, M.N., Farajnia, A. and Seyed Jalali, S.A. (2019). *Vegetative needs of Garden Plants*. (1th ed.). Publications of Soil and Water Research Institute. (In Farsi)

Zeinali, M., JafarZadeh, A.A., Shahbazi, F. and Oustan, Sh. (2016). Qualitative, Quantitative, and Economic Evaluation of Land Suitability for Wheat, Barley, Maize and Sunflower in part of Khoy plain. *Journal of Agricultural Knowledge*, 25(2-3), 15-29. (In Farsi)

www.SID.ir