

کاربرد روش‌های ELECTRE TRI و پارامتریک در ارزیابی تناسب بخشی از اراضی دشت مغان برای کشت ذرت تحت آبیاری بارانی

جواد سیدمحمدی^{۱*}، علی اصغر جعفرزاده^۲، فریدون سرمدیان^۳، فرزین شهبازی^۴، محمدعلی قربانی^۵

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۱۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۵- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: seyedmohammadi.javad@gmail.com

چکیده

تعیین تناسب اراضی برای نیل به کشاورزی پایدار و حفاظت محیط زیست، بدلیل کاهش زمین‌های مستعد در دهه گذشته بسیار مهم و ضروری است. در این تحقیق روش‌های پارامتریک استوری و ریشه دوم و همچنین روش چند معیاره الکره ترای به منظور ارزیابی تناسب بخشی از اراضی دشت مغان به مساحت تقریبی ۱۲۰۰۰ هکتار با مطالعه ۱۶۷ خاکرخ برای کشت ذرت تحت آبیاری بارانی استفاده شدند. پس از نمونه‌برداری، تجزیه نمونه‌ها، رده‌بندی خاک‌ها و استخراج مقادیر ویژگی‌ها با اعمال ضرایب وزنی، نهایتاً ۸ ویژگی عمق خاک، آهک، گچ، pH، ESP، EC، شیب و اقلیم با استفاده از روش‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و فاصله اقلیدسی برای محاسبات ارزیابی تناسب اراضی انتخاب شدند. وزن‌های معیارها با استفاده از روش ماتریس مقایسه زوجی و مقادیر مرز بین کلاس‌ها و آستانه‌ها در روش الکره ترای با استفاده از جدول نیازمندی‌ها و داده‌های ویژگی‌های خاک و اراضی تعیین گردیدند. مقایسه آماری میانگین رتبه‌های اختصاص یافته به کلاس‌های تناسب در سطح کل منطقه و گروه‌های بزرگ خاک نشان داد که نتایج هر سه روش با هم اختلاف معنی‌داری داشته و روش الکره ترای رتبه بهتری به خود اختصاص داده است. آزمون‌های هاتلینگ و ویلکس در تجزیه واریانس چند متغیره دقت تفکیک کلاس‌های تناسب در روش الکره ترای را با توجه به مقدار P-value آن‌ها مناسب نشان دادند. همچنین مقایسه میانگین مقادیر ویژگی‌های خاک و اراضی بین کلاس‌های تناسب تفکیک شده در روش الکره ترای با آزمون LSD اختلاف معنی‌دار را نشان داد که حاکی از دقت بالای این روش به دلیل تعیین حدود مناسب انتقالی (مرز بین کلاس‌ها)، مقادیر مناسب آستانه‌ها و وزن‌های ویژگی‌ها و استفاده از روابط و اصول منطق فازی در اجرای فرآیندهای محاسبات می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: استوری، الکره ترای، تحلیل آماری، ریشه دوم، کشت آبی

Applying ELECTRE TRI and Parametric Methods in an Area of Dasht-e-Moghan Land for Suitability Evaluation of Maize Cultivation under Sprinkler Irrigation

J Seyedmohammadi^{1*}, AA Jafarzadeh², F Sarmadian³, F Shahbazi⁴, MA Ghorbani⁵

Received: 2016-11-02

Accepted: 2017-07-03

¹Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

²Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

³Prof., Dept. of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran

⁴Associate prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

⁵Associate prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

*Corresponding Author, Email: seyedmohammadi.javad@gmail.com

Abstract

Determination of land suitability to achieve sustainable agriculture and environmental protection is very important and essential, because of arable land decrease in the last decade. In this research, parametric approaches including Storie and Square Root and ELECTRE TRI multiple criteria method have been used for suitability evaluation of the maize cultivation under sprinkler irrigation in 12000 ha area of Dasht-e-Moghan via consideration of 167 soil profiles. After soil sampling, analysis, classification and extraction of soil properties values by weighted coefficients, finally eight properties including soil depth, lime, gypsum, pH, EC, ESP, slope and climate were selected using principal component analysis and Euclidean distance methods for calculations of the land suitability evaluation. Criteria weights via pair-wise comparison matrix method and ELECTRE TRI profiles and thresholds limits were determined using requirements table, soil and land properties data. Statistical comparison of the allocated grades, mean values to the suitability classes in the region and soil great groups showed that the results of the three methods were significantly different and ELECTRE TRI method had the best grade. Hotelling and Wilks tests of multivariate variance analysis distinguished a suitable separation accuracy of suitability classes by their P-values in ELECTRE TRI method. Also comparing the mean values of the soil and land properties via LSD test showed a significant difference among the ELECTRE TRI suitability classes that implies the high accuracy of this method due to determination of the transition suitable limits (classes between limit), appropriate values of thresholds and criteria weights as well as usage of the fuzzy logic relations and principles for performance of the calculation processes.

Keywords: ELECTRE TRI, Irrigated cultivation, Square root, Statistical analysis, Storie

مقدمه

دهه‌های گذشته سبب وارد شدن بیشترین خسارت به منابع طبیعی گردیده، لذا ارزیابی مناسب و به موقع اراضی بر اساس ویژگی‌های اراضی و نیازمندی‌های کاربری برای حل این مشکل ضروری است (بی‌نام، ۱۹۷۶).

روش‌های ارزیابی اراضی به‌طور عمده در جهت افزایش بهبود کیفیت نقشه‌ها تغییر کرده و اخیراً روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌منظور کمک به تصمیم‌گیرندگان جهت تصمیم‌سازی مناسب و با در نظر گرفتن مجموعه معیارها، کاربرد زیادی در زمینه‌های مختلف علمی از جمله تجزیه تناسب اراضی

استفاده بهینه از اراضی برای تأمین احتیاجات جمعیت در حال رشد یکی از موضوعات بسیار مهم و اساسی در اغلب کشورهای در حال توسعه از جمله ایران است. ارزیابی اراضی فرآیند پیش‌بینی کننده به کارگیری مناسب اراضی برای انواع استفاده‌های خاص است. ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی ضمن تعیین کارایی اراضی برای انواع مختلفی از کاربری کشاورزی، پتانسیل و محدودیت اراضی را برای تولید محصول برآورد می‌کند. بهره‌برداری پیوسته و دائمی از اراضی کشاورزی بدون توجه به تناسب آن‌ها در

اتیوپی استفاده کرده و گزارش نمود که استفاده از ابزار GIS برای طراحی کشاورزی پایدار جهت کشت ذرت می‌تواند بسیار مؤثر باشد. با وجود تحقیقات انجام شده با روش‌های نوین ارزیابی، تاکنون مطالعه‌ای با روش الکترو ترای برای تعیین تناسب اراضی در کشور ما صورت نگرفته است.

ذرت از محصولات مهمی می‌باشد که به عنوان غذای انسان و دام مطرح است. ذرت پرمحصول‌ترین غله در جهان محسوب می‌شود به گونه‌ای که از لحاظ مقدار تولید در رتبه اول و از نظر سطح زیر کشت، پس از گندم در رتبه دوم قرار گرفته است. به منظور پایداری در افزایش عملکرد و جلوگیری از کاهش رشد آن، توجه به مدیریت بهینه اراضی و خاک بسیار الزامی است. لذا با توجه به اهمیت محصول ذرت، مهم بودن مطالعات ارزیابی اراضی در استفاده بهینه و پایدار از خاک و کمبود مطالعات صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش‌های چندمعیاره، هدف از این پژوهش تعیین تناسب واحدهای اراضی تحت آبیاری بارانی، شناسایی و معرفی نواحی مستعد و غیرمستعد برای محصول ذرت شده با استفاده از روش‌های الکترو ترای و پارامتریک در بخشی از اراضی دشت مغان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه و نمونه‌برداری

محدوده مورد مطالعه به مساحت تقریبی ۱۲۰۰۰ هکتار بخشی از اراضی پایاب سد خداآفرین در دشت مغان در حد فاصل ۳۴' ۴۷° تا ۴۸' ۴۷° طول شرقی و ۲۱' ۳۹° تا ۲۸' ۳۹° عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). بر اساس آمار سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک پارس‌آباد میانگین دمای سالانه ۱۵/۲ درجه سلسیوس، میانگین بارندگی ۲۶۸/۵ میلی‌متر می‌باشد. تشکیلات زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیمی رس‌سیلتی و لایه‌های سفید توف، رس‌سیلتی و ماسه توفی با آهک، کنگلومرا رس می‌باشد (قربانی ۲۰۱۳). رژیم رطوبتی و رژیم حرارتی منطقه با استفاده از برنامه Newhall به ترتیب

داشته است (اکینچی و همکاران ۲۰۱۳). روش الکترو ترای از جمله روش‌های چندمعیاره می‌باشد که تلفیق آن با GIS در زمینه‌های مختلف استفاده شده که در این روش آرای تصمیم‌گیرنده، یا تصمیم‌گیرندگان نسبت به معیارها، به صورت آستانه‌های ارجحیت، بی‌تفاوتی و عدم مقبولیت مدنظر قرار می‌گیرند و گزینه‌ها (واحدهای اراضی) به دسته‌های (کلاس‌های تناسب) تعریف شده بر اساس مقادیر معیارهای آن‌ها با لحاظ وزن‌شان اختصاص می‌یابند (منداس و دلالی ۲۰۱۲).

منداس و دلالی (۲۰۱۲) از روش الکترو ترای در محیط GIS برای ارزیابی تناسب اراضی منطقه دلیتا در نیجریه برای کشت گندم دوروم استفاده نموده و مقایسه نقشه‌های تناسب به دست آمده با نقشه‌های روش کلاسیک دلالت بر دقت زیاد نقشه‌های روش الکترو ترای داشته است. زولکار و بهاگات (۲۰۱۵) سنجش از دور و تلفیق GIS با AHP را برای ارزیابی تناسب اراضی در بخشی از اراضی هند استفاده و ضمن استخراج لایه‌های معیارهای مؤثر در تعیین دقیق تناسب در محیط GIS، با تلفیق لایه‌ها، نقشه نهایی تناسب را به دست آوردند که نتایج به دست آمده تطابق زیادی با واقعیت منطقه مطالعاتی داشته است. کاظمی و همکاران (۲۰۱۶) نقشه تناسب اراضی را برای کشت باقلا با تلفیق AHP و GIS در منطقه گنبد گلستان به دست آوردند و ضمن گزارش دقیق بودن نقشه به دست آمده، مهمترین فاکتورهای محدودکننده را شوری خاک، آهک، کمبود فسفر، آهن و ماده آلی اعلام کردند. آمارا و همکاران (۲۰۱۶) با انتخاب ویژگی‌های قابلیت دسترسی آب، اکسیژن، عناصر غذایی، نگهداشت آب، وضعیت ریشه‌دوانی، شوری و توپوگرافی اراضی منطقه بوگار در کارناتاکای هندوستان را برای کشت ذرت با استفاده از GIS و سنجش از دور مورد ارزیابی تناسب اراضی قرار دادند. آنان نقشه‌های تناسب به دست آمده را به دلیل دقت زیاد، برای تولید پایدار ذرت در این منطقه مفید دانستند. عیسی (۲۰۱۴) از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تفکیک اراضی مستعد و غیرمستعد جهت کشت ذرت در منطقه درآ وردا در

بیشتر از یک است، مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به این ضرایب ویژگی‌ها انتخاب می‌شوند.

روش‌های ارزیابی تناسب اراضی

روش پارامتریک: برای محاسبه شاخص اراضی

با دو روش پارامتریک استوری و ریشه‌دوم به ترتیب از روابط ۱ و ۲ استفاده شده است و در آن‌ها I شاخص و A, B, C, \dots درجات اختصاص یافته برای مشخصه‌های مختلف و R_{min} درجه مربوط به محدودکننده‌ترین عامل یا درجه حداقل است (سایس و همکاران ۱۹۹۱).

$$I = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \dots \quad [1]$$

$$I = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \dots} \quad [2]$$

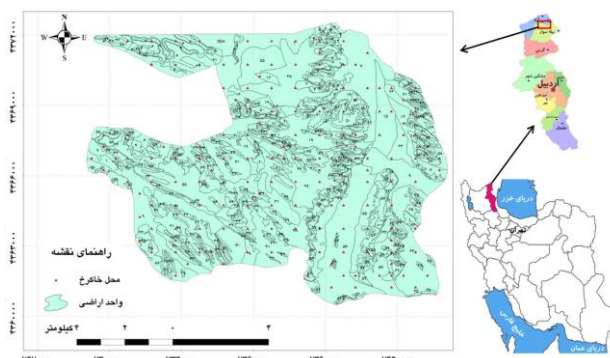
روش اکثره ترای: روش دسته‌بندی برای

تصمیم‌گیری چندمعیاره است که گزینه‌ها را براساس بازه‌های از پیش تعیین‌شده، طبقه‌بندی می‌کند. این طبقه‌بندی در نتیجه مقایسه هر گزینه با پروفیل‌هایی که مبین مرز طبقات هستند، حاصل می‌شود (موسو ۲۰۰۳). چنانچه برای معیارهای g_1, g_2, \dots, g_n (مجموعه $F = \{1, 2, \dots, n\}$)، پروفیل‌های b_1, b_2, \dots, b_n (مجموعه $B = \{1, 2, \dots, n\}$) در نظر گرفته شود و b_h حد بالایی دسته C_h و حد پایینی دسته C_{h+1} باشد، $(h = \{1, 2, \dots, p\})$ ، در این حالت، $P+1$ دسته وجود خواهد داشت. در این روش، رابطه برتری (S) بین گزینه‌ها و پروفیل‌ها برقرار می‌شود. این ارتباط که با aSb_h و یا b_hSa نشان داده می‌شود، بدین معنی است که گزینه a حداقل بهتر از پروفیل b_h است، یا برعکس. حد آستانه‌های بی‌تفاوتی (q) و ارجحیت (p)، اطلاعات برتری داخلی هر معیار را تشکیل می‌دهند. این مقادیر در حقیقت دقت ارزیابی گزینه به ازای معیار را مشخص می‌کنند (موسو ۲۰۰۳، منداس و دلالی ۲۰۱۲).

آستانه بی‌تفاوتی $q_j(b_h)$ حداکثر اختلاف $g_j(a) - g_j(b_h)$ را مشخص می‌کند که نشان‌دهنده سطح بی‌تفاوتی بین گزینه a و پروفیل b_h برای معیار g_j است. آستانه ارجحیت $p_j(b_h)$ حداقل اختلاف $g_j(a) - g_j(b_h)$ را مشخص می‌کند که مبین سطح رضایت‌مندی گزینه a و پروفیل b_h برای معیار g_j است. برای طبقه‌بندی گزینه‌ها، لازم است تا شاخص‌های همانندی و ناهمانندی (برای هر جفت

اریدیک هم مرز با زیرک و ترمیک تعیین شد (بی‌نام ۲۰۱۲).

جهت نیل به اهداف ذکر شده، خاکرخ‌ها به فاصله ۱۰۰۰ متر از هم بررسی و در بین آن‌ها با فاصله ۵۰۰ متر با مته کنترل صورت گرفت و در صورت وجود تفاوت به صورت خاکرخ انتخاب و نهایتاً ۱۶۷ خاکرخ حفر و براساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک سرویس حفاظت خاک آمریکا (بی‌نام ۲۰۱۲) تشریح و از هر افق نمونه‌برداری خاک انجام و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از تجزیه نمونه‌ها و تجزیه-تحلیل نتایج، خاک‌ها براساس کلید رده‌بندی خاک آمریکا (بی‌نام ۲۰۱۴) در رده اریدیسول قرار گرفتند و با تلفیق نقشه شیب و خاک منطقه، ۶۶ واحد نقشه در سطح منطقه تفکیک گردید.

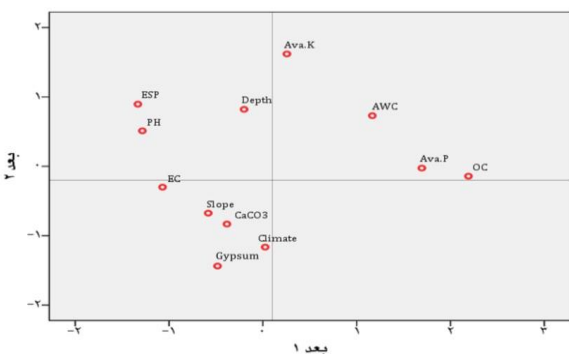


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

انتخاب ویژگی‌های مورد استفاده در روش‌ها

با توجه به اصول ارزیابی تناسب اراضی فقط ۸ ویژگی بر اساس شرایط منطقه بایستی برای استفاده در روش‌های ارزیابی تناسب اراضی انتخاب شوند (سایس و همکاران ۱۹۹۱). برای این منظور از روش‌های مقیاس چندبعدی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در این تحقیق استفاده گردید که در تحلیل مقیاس چندبعدی استفاده از پارامتر فاصله اقلیدسی برای استخراج ویژگی‌های مشابه از نظر فاصله اقلیدسی توصیه شده است (وانگ ۲۰۱۲). همچنین یکی دیگر از روش‌ها برای این انتخاب، روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است (داشنگ و همکاران ۲۰۱۱) که در این روش، مقادیر بیشترین ضریب هر ویژگی برای مؤلفه‌هایی که مقدار ویژه آن‌ها

سایر ویژگی‌ها کنار گذاشته شدند (شکل ۲). در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با توجه به جدول ۲ مقادیر ضریب تأثیر کربن آلی، فسفر و پتاسیم از همه کمتر بوده، ولی AWC قابل ملاحظه می‌باشد. لذا بررسی مجدد نتایج نشان داد که AWC فقط در واحدهای اراضی ۲۴ و ۲۵ دارای محدودیت بوده و این واحدها دارای کمبود ماده آلی نیز هستند. بنابراین با توجه به وسعت کم این واحدها، با افزودن کود دامی به خاک می‌توان محدودیت AWC و کربن آلی را برطرف نمود. در مورد فسفر و پتاسیم نیز افزایش کودهای بیولوژیک و حیوانی در واحدهای دارای کمبود باعث حل مشکل می‌گردد (البته کمبود پتاسیم فقط در چند واحد می‌باشد). بنابراین در نهایت ۸ فاکتور شامل عمق خاک، آهک، گچ، pH، EC، ESP، شیب و اقلیم برای انجام محاسبات انتخاب شدند. هر یک از ویژگی‌های اراضی دارای اثرهای منحصر به فردی روی تولید محصول ذرت بوده که می‌توان به‌صورت فاکتورهای وزنی عنوان کرد. در روش مقایسه زوجی، وزن‌ها به صورت قطعی محاسبه می‌گردند. در این روش ویژگی‌های به‌کار رفته در ارزیابی از نظر درجه اهمیت نسبی به‌صورت دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و از نتیجه مقایسه‌ها ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌گردد. این قضاوت‌ها در مورد اهمیت نسبی توسط ساعتی (۲۰۰۸) به‌صورت مقادیر عددی بین یک تا نه درجه‌بندی شده است. ویژگی‌های انتخاب شده با استفاده از روش مقایسه زوجی برای محصول ذرت تعیین وزن شدند که نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۲- فاصله اقلیدسی ویژگی‌ها نسبت به هم.

گزینه، هر معیار و هر پروفیل برای هر معیار) محاسبه شود در محاسبه این شاخص‌ها از قوانین و روابط فازی استفاده می‌گردد که از مزایای این روش محسوب می‌شود (موسو ۲۰۰۳).

مجموعه‌ای از ضرایب وزن‌های مهم (w_1, w_2, \dots, w_n) و مجموعه‌ای از آستانه‌های عدم مقبولیت $\{v_1(b_h), v_2(b_h), \dots, v_j(b_h)\}$ ساختن روابط برتری نقش دارند. آستانه عدم مقبولیت $v_j(b_h)$ نشان‌دهنده حداقل اختلاف $g_j(b_h) - g_j(a)$ است که با معادله aSb_h ناموافق است. در این روش شاخص $\sigma(a, b_h) \in [0, 1]$ نشان‌دهنده درجه اعتبار معادله aSb_h است. اگر $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ باشد معادله aSb_h صادق است. $\lambda \in [0.5, 1]$ و مقدار مناسب آن بر اساس تحلیل حساسیت نتایج به‌دست می‌آید (آلمیدادپاس و همکاران ۲۰۱۰). لازم به توضیح است که در ارزیابی تناسب اراضی گزینه‌ها همان واحدهای اراضی یا واحدهای نقشه، دسته‌ها یا طبقات همان کلاس‌های تناسب اراضی و پروفیل‌ها در واقع مرز و حدود انتقالی کلاس‌های تناسب اراضی هستند که از جدول نیازمندی‌ها با توجه به نوع محصول تعیین می‌شوند (منداس و دلالی ۲۰۱۲).

نتایج و بحث

نیازمندی‌های پستی و بلندی و خاک برای کشت آبیاری بارانی محصول ذرت در جدول ۱ ارائه شده و اطلاعات این جدول با بررسی منابع معتبر (منابع زیر جدول آورده شده است) برای کشت آبیاری بارانی محصول ذرت تدوین شده و مقادیر ویژگی‌ها با توجه به اعمال ضرایب وزنی حاصل گردید. ویژگی‌های عمق خاک، آهک، گچ، pH، AWC، کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، ESP، شیب و اقلیم دارای محدودیت می‌باشند. براساس شرایط منطقه و اصول ارزیابی تناسب اراضی ۸ فاکتور با استفاده از روش‌های مقیاس چندبعدی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انتخاب شدند. در روش فاصله اقلیدسی ویژگی‌های ظرفیت آب قابل استفاده، کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس به دلیل مشابهت از نظر فاصله اقلیدسی و فاصله گرفتن از

جدول ۱- نیازمندی‌های پستی و بلندی و خاک برای کشت آبیاری تحت فشار بارانی ذرت دانه‌ای.

کلاس، سطح محدودیت و مقیاس درجه‌بندی						
N2	N1	S3	S2	S1	کلاس تناسب	
۴	۳	۲	۱	۰	سطح محدودیت	
۲۵	۴۰	۶۰	۸۵	۹۵	درجه‌بندی	
توپوگرافی (T)						
>۲۵	۲۵-۱۶	۱۶-۸	۸-۵	۵-۲	۲-۰	شیب (%) ^۱
ویژگی‌های فیزیکی خاک (S)						
<۲۰		۲۰-۵۰	۵۰-۷۵	۷۵-۱۰۰	>۱۰۰	عمق خاک (cm) ^۱
>۳۵	۳۵-۳۰	۳۰-۲۲	۲۲-۱۵	۱۵-۶	۱-۶/۲	آهک (%) ^۱
>۲۰	۲۰-۱۵	۱۰-۱۵	۱۰-۴	۴-۲	۲-۰	گچ (%) ^۱
	<۷/۵	۷/۵-۱۱	۱۱-۱۳	۱۳-۱۵	>۱۵	AWC(cm (1.2m Soil depth)) ^{۱۲}
ویژگی‌های حاصلخیزی خاک (F)						
	<۵/۲	۵/۲-۵/۵	۵/۵-۵/۸	۵/۸-۶/۲	۶/۲-۶/۶	pH _(H₂O) ^۱
	>۸/۵	۸/۵-۸/۲	۸/۲-۷/۸	۷/۸-۷	۷-۶/۶	کربن آلی (%) ^۱
			<۰/۴	۰/۴-۰/۸	>۰/۸	فسفر قابل دسترس (mg kg ⁻¹) ^۴
	<۶/۵	۶/۵-۱۰	۱۰-۱۴	۱۴-۱۶	>۱۶	پتاسیم قابل دسترس (mg kg ⁻¹) ^۴
	<۱۰۰	۱۰۰-۱۵۵	۱۵۵-۲۲۰	۲۲۰-۲۵۰	>۲۵۰	
شوری و قلیائیت (N)						
>۱۰	۱۰-۷	۷-۵	۵-۳	۳-۱	۱-۰	EC(dS m ⁻¹) ^۱
	>۱۸	۱۸-۱۲	۱۲-۶	۶-۳	۳-۰	ESP(%) ^۱

*جدول ۱ با استفاده از این منابع تدوین شده است: (بی‌نام ۲۰۱۲a و ۲۰۱۲c)، (بی‌نام ۱۹۷۹ و ۲۰۰۶)، (سایس و همکاران ۱۹۹۳)، (غیبی و همکاران ۲۰۱۴).

جدول ۲- نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ویژگی‌های خاک و اراضی.

مؤلفه‌ها	مقدار ویژه	واریانس مؤلفه	واریانس مجموع
اول	۲/۷۹	۲۳/۲۴	۲۳/۲۴
دوم	۱/۶۴	۱۳/۶۶	۳۶/۹
سوم	۱/۵۹	۱۳/۲۳	۵۰/۱۴
چهارم	۱/۳۶	۱۱/۳۵	۶۱/۴۹
پنجم	۱/۱۲	۹/۳۵	۷۰/۸۴

مقادیر بیشترین ضریب هر ویژگی برای مؤلفه‌های اول تا پنجم

Ava. K	OC	Ava. P	اقلیم	شیب	آهک	عمق	pH	گچ	EC	ESP	AWC
۰/۳۵۸	۰/۴۰۲	۰/۴۱۸	۰/۴۶۰	۰/۵۲۵	۰/۵۳۷	۰/۶۴۵	۰/۶۵۴	۰/۶۷۴	۰/۷۹۷	۰/۸۰۷	۰/۸۳۱

جدول ۳- پارامترهای استفاده شده در روش الکترو ترای.

اقليم	شيب (%)	pH	ESP (%)	EC (dS m ⁻¹)	گچ (%)	آهک (%)	عمق خاک (cm)	ویژگی‌ها پارامترهای روش
۰/۰۱۸	۰/۲۴۸	۰/۰۹۸	۰/۱۶۱	۰/۱۲۷	۰/۰۸۲	۰/۰۳۹	۰/۲۲۷	وزن*
۱۸	۵	۷/۸	۶	۳	۴	۱۵	۷۵	**پروفیل ۱
۲/۹	۰/۵	۰/۰۰۴۲	۰/۵۳	۰/۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۴	۷	آستانه بی‌تفاوتی
۵/۹	۱	۰/۰۰۸۴	۱/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۸	۱۶	آستانه ارجحیت
-	-	-	۱/۵۹	-	-	-	-	آستانه عدم مقبولیت
۱۶	۸	۸/۲	۱۲	۵	۱۰	۲۲	۵۰	پروفیل ۲
۲/۵	۰/۹۷	۰/۰۱	۰/۶	۰/۰۹۵	۰/۶۲	۰/۷۱	۶	آستانه بی‌تفاوتی
۵/۲	۱/۹۴	۰/۰۲	۱/۲	۰/۱۹	۱/۲۳	۱/۴۱	۱۴	آستانه ارجحیت
-	-	-	۱/۸	-	-	-	-	آستانه عدم مقبولیت
۱۴	۱۶	۸/۵	۱۸	۷	۱۵	۳۰	۲۰	پروفیل ۳
۲/۳	۱/۷	۰/۱۴	۱/۹۲	۰/۴۲	۳/۱	۴/۷	۵	آستانه بی‌تفاوتی
۴/۵	۳/۴	۰/۲۸	۳/۸۵	۰/۸۵	۶/۲	۹/۴	۱۲	آستانه ارجحیت
-	-	-	۵/۷۸	-	-	-	-	آستانه عدم مقبولیت
۱۳	۲۵	۸/۷	۲۴	۱۰	۲۰	۳۵	۱۵	پروفیل ۴
۲	۲/۷	۰/۲۵	۲/۱۵	۰/۵۵	۵/۶۲	۷/۲	۴	آستانه بی‌تفاوتی
۴	۵/۵	۰/۴۸	۴/۴	۱/۱	۱۱/۲۳	۱۴/۴	۱۰	آستانه ارجحیت

*نرخ ناسازگاری در محاسبه وزن‌ها ۰/۰۱۷ به دست آمد. **پروفیل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب مرز بین کلاس‌های تناسب S1، S2، S3، N1 و N2 هستند.

تناسب اراضی برای کشت ذرت نشان داد که ۱۹/۹۴ درصد از اراضی دارای تناسب خوب (S1)، ۶۷/۱۱ درصد از اراضی دارای تناسب متوسط (S2)، ۱۲/۶۴ درصد دارای تناسب بحرانی (S3) و ۰/۳۱ درصد نامناسب در حال حاضر (N1) می‌باشند.

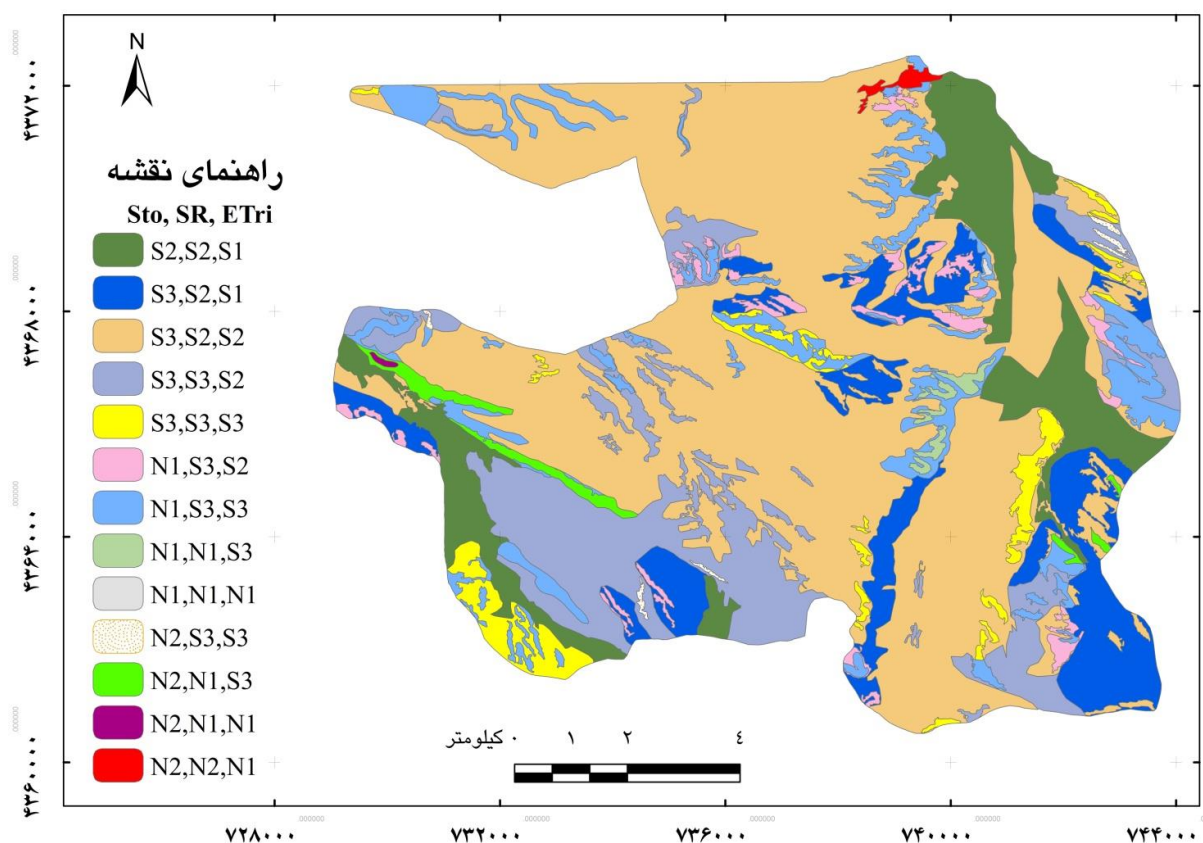
رعایت تناسب اراضی گامی مطمئن در عملکرد زیاد همراه با حفظ خاک برای استفاده آیندگان و افزایش پتانسیل خاک می‌باشد. نقشه‌های تناسب اراضی یکی از ابزارهای تحقق این امر مهم هستند. این نقشه‌ها امکان پهنه‌بندی دقیق اراضی مستعد و غیرمستعد برای کشت محصول را در مقیاس ناحیه‌ای فراهم می‌آورند. نقشه تناسب تهیه شده با سه روش استوری، ریشه دوم و الکترو ترای در شکل ۶ ارائه شده است. وزن‌های به‌دست آمده با توجه به اهمیت ویژگی‌ها روی تولید ذرت در منطقه مورد مطالعه و تجمیع نظر متخصصان امر بر اساس پرسشنامه و با در نظر گرفتن نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ محاسبه شدند.

برای ارزیابی تناسب اراضی واحدهای نقشه از مقادیر درجات محاسبه شده برای ویژگی‌های انتخاب شده در روش‌های استوری و ریشه دوم استفاده شد. در روش الکترو ترای از مقادیر تبدیل نشده معیارها استفاده گردیده و همچنین برای پارامترهای روش الکترو ترای از مقادیر ارائه شده در جدول ۳ استفاده شد. پس از محاسبات و انجام فرآیندهای ارزیابی، کلاس‌های تناسب واحدهای اراضی تعیین و نتایج در جدول ۴ ارائه گردیده است.

نتایج نشان داد (جدول ۴ و شکل ۳) که طبق روش استوری ۱۰/۰۷ درصد از اراضی دارای تناسب متوسط (S2)، ۷۸/۰۷ درصد دارای تناسب بحرانی (S3)، ۱۰/۳۶ درصد نامناسب در حال حاضر (N1) و ۱/۵۰ درصد نامناسب دائمی (N2) برای کشت ذرت تحت آبیاری بارانی هستند. در حالی‌که بر اساس روش ریشه دوم ۷۱/۲۶ درصد از اراضی دارای تناسب متوسط (S2)، ۲۶/۹۶ درصد دارای تناسب بحرانی (S3)، ۱/۵۴ درصد نامناسب در حال حاضر (N1) و ۰/۲۴ درصد نامناسب دائمی (N2) برای کشت ذرت تحت آبیاری بارانی هستند. همچنین کاربرد روش الکترو ترای برای ارزیابی کیفی

جدول ۴- کلاس‌های تناسب اختصاص داده شده به هر یک از واحدهای اراضی با روش‌های مختلف ارزیابی.

الکتره	ریشه دوم		استوری		مساحت (ha)	واحد اراضی	الکتره	ریشه دوم		استوری		مساحت (ha)	واحد اراضی
	کلاس	شاخص	کلاس	شاخص				کلاس	شاخص	کلاس	شاخص		
S3	S3	۳۵/۹۸	N1	۲۱/۸۷	۴۹/۹۴	۳۴	S2	S2	۶۰/۴۱	S3	۴۳/۳۵	۳۶۰/۰۵	۱
S3	N1	۲۴/۲۶	N2	۱۰/۱۲	۵۵/۱۵	۳۵	S2	S3	۴۷/۱۴	S3	۳۰/۸۲	۸/۴۸	۲
S3	N1	۲۲/۰۴	N2	۸/۴۲	۴۸/۰۲	۳۶	S3	S3	۳۶/۸۹	N1	۲۴/۱۲	۳/۶۸	۳
N1	N1	۱۳/۸۳	N2	۵/۲۸	۵/۱۷	۳۷	N1	N2	۱۰/۱۶	N2	۳/۲۳	۱۱/۲۷	۴
S2	S2	۵۴/۸۱	S3	۴۰/۷۷	۹۵۹/۵۷	۳۸	N1	N2	۷/۷۳	N2	۱/۸۷	۱۷/۵۶	۵
S2	S3	۴۵/۶۴	S3	۲۹/۱۰	۱۵۹/۶۵	۳۹	S2	S2	۵۴/۸۷	S3	۳۷/۵۹	۵۴۹/۰۶	۶
S3	S3	۳۶/۹۸	N1	۲۳/۹۱	۷/۱۱	۴۰	S2	S2	۵۲/۹۶	S3	۲۶/۰۰	۲۹۴/۹۲	۷
S2	S3	۴۹/۴۸	S3	۳۲/۸۶	۷۶۵/۸۴	۴۱	S3	S3	۳۳/۰۹	N1	۱۹/۸۲	۲۷۱/۰۱	۸
S2	S3	۴۸/۲۵	S3	۳۰/۳۵	۲۲۰/۴۶	۴۲	S1	S2	۷۰/۳۹	S2	۵۵/۰۵	۱۱۱۳/۹۸	۹
S3	S3	۲۶/۷۵	N2	۱۲/۱۱	۲۵/۵۱	۴۳	S2	S2	۵۱/۳۳	S3	۲۶/۷۶	۳۰/۸۹	۱۰
S3	S3	۳۹/۷۸	S3	۲۶/۶۱	۲۱۳/۹۵	۴۴	S3	S3	۳۸/۵۵	S3	۲۶/۸۶	۲۲/۶۰	۱۱
S3	S3	۳۰/۹۲	N1	۱۷/۱۰	۹۷/۸۹	۴۵	S2	S2	۵۳/۲۷	S3	۳۵/۴۲	۱۴۳/۴۴	۱۲
S3	S3	۲۸/۴۰	N1	۱۳/۸۹	۲۲/۵۱	۴۶	S2	S3	۳۴/۷۶	N1	۱۷/۴۹	۳۴/۸۰	۱۳
S3	S3	۳۰/۵۱	N1	۲۰/۰۹	۱۰۷/۴۴	۴۷	S3	S3	۳۴/۷۵	N1	۲۱/۰۳	۷/۸۹	۱۴
S3	S3	۲۶/۷۱	N1	۱۶/۴۰	۸۲/۰۹	۴۸	S2	S2	۵۶/۸۵	S3	۴۲/۱۰	۲۲۷/۹۱	۱۵
S3	N1	۲۳/۰۲	N1	۱۲/۵۸	۵۶/۵۹	۴۹	S2	S3	۴۲/۶۰	S3	۲۶/۵۲	۸۳/۷۵	۱۶
S1	S2	۶۱/۰۳	S3	۴۱/۴۳	۵۷۰/۲۸	۵۰	S2	S3	۴۰/۱۷	N1	۲۳/۵۴	۲۹/۴۹	۱۷
S2	S3	۳۵/۱۵	N1	۱۸/۹۳	۱۵۱/۵۷	۵۱	S3	S3	۲۸/۱۴	N1	۱۳/۶۹	۲۱/۶۶	۱۸
S3	S3	۳۲/۲۲	N1	۱۸/۲۰	۱۳/۷۲	۵۲	S2	S2	۵۹/۳۰	S3	۴۱/۴۳	۶۱۵/۱۹	۱۹
S2	S2	۵۲/۱۲	S3	۳۶/۱۸	۷۱۹/۵۳	۵۳	S2	S2	۵۷/۳۶	S3	۴۱/۱۷	۱۵۵/۳۹	۲۰
S2	S3	۴۵/۳۲	S3	۲۸/۲۱	۱۵/۰۸	۵۴	S3	S3	۳۶/۲۰	N1	۲۳/۷۷	۳۲/۸۶	۲۱
S2	S2	۶۲/۲۲	S3	۴۵/۸۱	۹۰۰/۱۲	۵۵	N1	N1	۲۳/۶۹	N1	۱۵/۵۵	۳/۰۲	۲۲
S2	S2	۵۲/۷۷	S3	۳۵/۲۷	۲۸۰/۶۵	۵۶	S1	S2	۶۸/۹۶	S2	۵۲/۸۴	۹۲/۸۸	۲۳
S3	S3	۳۷/۹۲	S3	۲۵/۴۷	۱۲۴/۷۹	۵۷	S2	S3	۴۲/۵۰	N1	۲۴/۶۶	۴/۱۳	۲۴
S2	S3	۴۱/۲۶	S3	۲۵/۶۷	۳۰۷/۴۱	۵۸	S3	S3	۳۱/۷۰	N1	۱۷/۹۵	۱۱/۷۰	۲۵
S3	S3	۳۲/۲۹	N1	۱۸/۵۸	۱۰۸/۹۳	۵۹	S1	S2	۶۱/۸۶	S3	۴۲/۱۵	۱۴۲/۳۹	۲۶
S3	S3	۲۹/۷۶	N1	۱۵/۹۸	۷۱/۸۳	۶۰	S2	S2	۵۰/۲۶	S3	۳۲/۳۶	۶۶/۴۶	۲۷
S2	S2	۵۰/۷۰	S3	۳۶/۰۶	۳۷/۱۴	۶۱	S3	S3	۳۸/۷۴	S3	۲۵/۷۱	۱۶/۶۴	۲۸
S2	S3	۴۰/۸۶	N1	۲۴/۱۵	۲۷/۱۶	۶۲	S2	S2	۵۳/۷۱	S3	۳۶/۵۳	۳۰۴/۷۳	۲۹
S3	S3	۳۲/۳۶	N1	۱۷/۹۷	۳/۶۸	۶۳	S2	S2	۵۲/۱۷	S3	۳۴/۷۰	۲۶/۴۷	۳۰
S1	S2	۶۶/۳۴	S3	۴۷/۶۷	۴۶۹/۴۷	۶۴	S2	S2	۵۲/۴۳	S3	۳۵/۵۷	۳۸۴/۵۱	۳۱
S2	S2	۵۰/۰۰	S3	۳۲/۶۸	۹۱/۱۳	۶۵	S2	S3	۴۶/۰۹	S3	۲۷/۷۷	۸۳/۶۴	۳۲
S3	N1	۲۴/۹۱	N2	۱۱/۶۸	۱۷/۰۸	۶۶	S3	S3	۲۹/۵۶	N1	۱۴/۷۸	۲۰/۱۱	۳۳



شکل ۳- نقشه تناسب واحدهای اراضی با روش استوری (Sto)، ریشه دوم (SR) و الکتره ترای (ETri) برای کشت ذرت.

اختصاص یافته است بنابراین روش مذکور نسبت به دو روش دیگر دارای دقت بیشتری است. بررسی کلاس‌های تناسب اراضی ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که روش الکتره ترای در برخی از واحدهای اراضی کلاس‌های تناسب را بهبود داده است به طوری که در دو روش پارامتریک هیچکدام از واحدهای اراضی دارای تناسب خوب (S1) نمی‌باشند ولی در روش الکتره ترای ۲۳۸۹ هکتار از منطقه مورد مطالعه دارای تناسب خوب (S1) برای کشت ذرت شناسایی شدند که البته نتایج روش الکتره ترای با واقعیت منطقه تطابق بیشتری داشت. منداس و دلالی (۲۰۱۲) نیز در مطالعه خود به بهبود کلاس‌های تناسب برخی واحدهای اراضی در روش الکتره ترای نسبت به روش‌های کلاسیک اشاره کرده‌اند که با نتایج این تحقیق تطابق داشت.

آنچه مسلم است نتایج هر سه روش با هم متفاوت بوده بنابراین بررسی دقت روش‌ها و انتخاب روش مناسب و دقیق ضروری است. برای مقایسه روش‌های ارزیابی به کلاس‌های تناسب اراضی S1، S2، S3، N1 و N2 به ترتیب رتبه‌های عددی ۵ تا ۱ اختصاص یافت. قابل ذکر است که این شیوه قبلاً توسط رضایی و همکاران (۲۰۱۱) برای تعیین دقت روش‌های ارزیابی استفاده شده است. برای مقایسه روش‌ها طرح فاکتوریل ۳ عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا و براساس این طرح مقایسه میانگین رتبه‌ها در دو سطح یعنی کل منطقه و همچنین در گروه‌های بزرگ خاک شناسایی شده در سطح منطقه با آزمون LSD انجام شد (جدول‌های ۵ و ۶). میانگین رتبه‌ها در سه روش مورد استفاده در سطح کل منطقه و بیشتر گروه‌های بزرگ خاک دارای اختلاف معنی‌دار بوده و آنچه در این مقایسه حائز اهمیت است این نکته می‌باشد که در هر دو سطح بررسی بیشترین رتبه‌ها به روش الکتره ترای

حاصلخیزی خاک (دوانگر و همکاران ۲۰۱۲) نیز استفاده شده است. نتایج آزمون‌های چند متغیره هاتلینگ و ویلکس نشان داد (جدول ۷) که تفکیک کلاس‌های تناسب به دلیل کمتر بودن ارزش P-value آزمون‌ها در مقایسه با $\alpha=0.05$ با دقت قابل قبولی صورت گرفته و این نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین کلاس‌های تناسب در ویژگی‌های خاک و اراضی استفاده شده می‌باشد. مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک و اراضی بین کلاس‌های تناسب تفکیک شده با روش الکره ترای در جدول ۸ ارائه شده و چنانکه ملاحظه می‌گردد مهمترین ویژگی متفاوت در همه کلاس‌ها شیب می‌باشد. مقدار گچ در بین کلاس‌های تناسب اختلافش معنی‌دار نشده و بدان معنی نیست که در خاک‌های مورد مطالعه مقدار گچ قابل ملاحظه نیست، بلکه همان‌طور که در جدول ۶ ملاحظه می‌شود عمده خاک‌ها گچی هستند. در این خاک‌ها عمدتاً لایه‌ها یا افق‌هایی با بیش از ۲۵ درصد گچ و ۳۰ سانتی‌متر ضخامت حضور داشت که در محاسبه مقادیر گچ بالای این لایه‌ها یا افق‌ها لحاظ می‌شد که این‌ها باعث کاهش عمق مفید خاک شده‌اند. همچنین لایه‌های گچی ذکر شده در منطقه عمدتاً دارای شوری و سدیم تبدالی زیادی بوده و میانگین مقدار ویژگی‌های با اثر منفی از کلاس تناسب S1 به سمت N1 به طور معنی‌داری افزایش یافته است (جدول ۸).

شیب، عمق خاک، شوری و درصد سدیم تبدالی مهمترین ویژگی‌های محدودکننده رشد ذرت در سطح منطقه بوده و بررسی ویژگی‌ها نشان داد که مهمترین عامل محدودیت در منطقه شیب می‌باشد که در برخی واحدها مقدار آن حدود ۱۹ درصد است. ویژگی‌های شیب، عمق خاک، سدیم تبدالی و گچ و مقدار شوری باعث کاهش درجه تناسب برای ذرت در بیشتر واحدهای اراضی شده و در برخی واحدها مقادیر درصد سدیم تبدالی و شوری زیاد، باعث کاهش تناسب گردیده است (واحدهای ۴، ۵ و ۳۴ تا ۳۷). در برخی از واحدهای اراضی به دلیل زیاد بودن مقدار گچ در خاک، عمق مفید خاک کاهش یافته و باعث محدودیت شده است (واحدهای ۳۸ تا ۴۰ و ۴۷ تا ۵۲). مقدار آهک در

جدول ۵- مقایسه میانگین رتبه‌های تناسب اراضی اختصاص یافته با سه روش در کل منطقه با آزمون LSD

نوع روش	تعداد داده مبین	میانگین رتبه
استوری	۶۶	۲/۴۶ ^a
ریشه دوم	۶۶	۳/۲۰ ^b
الکره ترای	۶۶	۳/۵۶ ^c

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ است.

جدول ۶- مقایسه میانگین رتبه‌های تناسب اراضی اختصاص یافته با سه روش در انواع خاک با آزمون LSD

نوع خاک	روش ارزیابی	تعداد داده مبین	میانگین رتبه
Calcigypsid	استوری	۳۰	۲/۵۷ ^a
	ریشه دوم	۳۰	۳/۳۳ ^b
	الکره ترای	۳۰	۳/۶۳ ^c
Haplogypsid	استوری	۴	۳/۲۵ ^a
	ریشه دوم	۴	۳/۷۵ ^b
	الکره ترای	۴	۴/۲۵ ^c
Haplocalcid	استوری	۵	۱/۸ ^a
	ریشه دوم	۵	۲/۴ ^{ab}
	الکره ترای	۵	۳ ^b
Natrighypsid	استوری	۱۶	۲/۱۲ ^a
	ریشه دوم	۱۶	۲/۸۷ ^b
	الکره ترای	۱۶	۳/۳۱ ^c
Haplocambid	استوری	۳	۳/۳۳ ^a
	ریشه دوم	۳	۳/۶۷ ^a
	الکره ترای	۳	۴ ^a
Argigypsid	استوری	۵	۲/۴ ^a
	ریشه دوم	۵	۳/۴ ^b
	الکره ترای	۵	۳/۶ ^b
Natrargid	استوری	۳	۲/۳۳ ^a
	ریشه دوم	۳	۳/۳۳ ^b
	الکره ترای	۳	۳/۶۷ ^b

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۲ است.

برای بررسی دقت تفکیک کلاس‌های تناسب در روش الکره ترای از آزمون تجزیه واریانس چند متغیره برای ویژگی‌های خاک و اراضی استفاده شد که این آزمون در تحقیقاتی برای بررسی دقت واحدهای نقشه خاک تفکیک شده (اسفندیار بروجنی و همکاران ۲۰۱۰) و دقت تفکیک کلاس‌های حاصلخیزی در نقشه

واقعیت منطقه تطابق بیشتری دارند. به عنوان مثال در برخی واحدهای اراضی (جدول ۴) روش الکترو ترای کلاس تناسب اراضی را ارتقاء داده به طوری که تناسب برخی واحدها خوب (S1) تعیین شده است، لذا دقت در مقادیر اندازه‌گیری شده ویژگی‌ها در این واحدها و مقایسه آن‌ها با جدول نیازمندی‌ها (جدول ۱) و همچنین بررسی‌های میدانی خاک‌های منطقه مشخص کرد که این واحدها محدودیتی در حد تناسب کلاس S1 برای رشد ذرت دارند و نتایج روش الکترو ترای قابل قبول است.

همه واحدها قابل ملاحظه بوده ولی محدودیت شدید به وجود نیآورده است. مقادیر فسفر و پتاسیم قابل دسترس در خاک‌های منطقه متفاوت بوده در بیشتر واحدها برای ذرت کمبود پتاسیم وجود نداشته، ولی اکثر واحدها (به جز واحدهای ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۵۳ تا ۵۷) دارای کمبود فسفرمی‌باشد و حتماً در آن‌ها استفاده از کود مناسب بایستی صورت گیرد.

بررسی مقادیر ویژگی‌ها در واحدهای اراضی نشان داد که کلاس‌های تناسب تعیین شده با استفاده از روش الکترو ترای نسبت به دو روش پارامتریک با

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس چند متغیره بین کلاس‌های تناسب در روش الکترو ترای ($\alpha=0/05$).

آزمون	ارزش آماره آزمون	F	df _H	df _E	P-value
هاتلینگ	۴/۳۱	۱۱/۲۱	۲۱	۱۶۴	<0/0001
ویکس	0/۱۳۵	۷/۷۴	۲۱	۱۶۱	<0/0001

جدول ۸- مقایسه میانگین معیارها در کلاس‌های تناسب اراضی روش الکترو ترای با آزمون LSD

کلاس تناسب	عمق خاک (cm)	آهک (%)	گچ (%)	EC (dS m ⁻¹)	ESP (%)	pH	شیب (%)
S1	۱۱۱/۲ ^{ab}	۸/۰۹ ^a	۲/۷۵ ^a	۲/۰۷ ^a	۳/۳۶ ^a	۷/۵۱ ^a	۲/۵۷ ^a
S2	۱۲۸/۴۸ ^{ac}	۱۲/۷۱ ^b	۳/۰۴ ^a	۲/۰۱ ^a	۵/۳۰ ^{ab}	۷/۷۳ ^b	۴/۶۹ ^b
S3	۱۱۲/۴۲ ^b	۱۴/۸۶ ^c	۳/۲۷ ^a	۲/۳۳ ^a	۶/۵۲ ^b	۷/۷۵ ^b	۹/۰۳ ^c
N1	۱۵۰ ^c	۱۵/۸۲ ^c	۳/۳۳ ^a	۵/۹۶ ^b	۱۵/۹۱ ^c	۸/۰۳ ^c	۱۳/۰۳ ^d

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۲ است.

خواهد بود، افزایش اطمینان نسبت به روایی نتایج حاصل از کاربرد روش تحلیل و طبقه‌بندی اهمیت واحدها یکی از مهم‌ترین موضوعات در فرآیند ارزیابی است. از طرف دیگر، یکی از مزایای افزایش اطمینان از صحت نتایج کاربرد روش ارزیابی، کمک به ایجاد تفاهم در تصمیم‌گیری و کاهش تعارضات در مرحله تصمیم‌گیری در زمینه امکان‌پذیری اجرای طرح تناسب مورد نظر از دیدگاه کشاورزی و محیط‌زیست است.

ساختار روش الکترو ترای که در رده روش‌های چند معیاره طبقه‌بندی قرار می‌گیرد تا حد زیادی با فرآیند تعیین تناسب واحدهای اراضی همخوانی دارد. مقایسه اجمالی نتایج حاصل از روش دسته‌بندی الکترو ترای با نتایج به دست آمده از روش‌های کلاسیک پارامتریک مشخص می‌سازد که در صورت کاربرد

نتایج به دست آمده از کاربرد روش الکترو ترای در این تحقیق در تلفیق با روش مقایسه زوجی برای تعیین وزن معیارها مبین آن است که این روش با توجه به خاصیت طبقه‌بندی فازی واحدهای اراضی و همچنین به دلیل توانایی تلفیق چندین معیار برای هر واحد و استفاده از منطق فازی برای تخصیص ارزش‌های ویژگی‌ها و خصوصیات واحدهای اراضی به دسته‌های معین با در نظر گرفتن شاخص هماهنگی چندین معیار، می‌تواند به افزایش اطمینان نسبت به تخصیص ارزش‌های نشان‌دهنده ویژگی‌های هر واحد اراضی به صورت یکپارچه به طبقه یا کلاس مناسب کمک کند. با توجه به این نکته که، برآورد صحیح اهمیت و رتبه واحدها در فرآیند ارزیابی، شرط اصلی ارائه راهکارها، برنامه پایش و مدیریت کاربردی و اصولی اراضی

نتیجه‌گیری کلی

ارزیابی پتانسیل و استعداد اراضی برای کاربری‌های مختلف کشاورزی به منظور حفظ منابع محیطی و تولید پایدار محصولات کشاورزی در راستای توسعه پایدار و همه جانبه در مناطق مختلف ضروری به نظر می‌رسد. عدم پهنه‌بندی و شناسایی توان اراضی برای انواع فعالیت‌های کشاورزی، تخریب محیط‌زیست و منابع طبیعی، آلودگی منابع آب و خاک، شور شدن اراضی و کاهش سفره آب زیرزمینی را به دنبال دارد. برای این منظور تناسب و استعداد بخشی از اراضی دشت مغان جهت کشت ذرت با روش‌های پارامتریک و الکترون ترای مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه آماری میانگین رتبه‌های اختصاص یافته به کلاس‌های تناسب در سطح کل منطقه و گروه‌های بزرگ خاک نشان داد که نتایج هر سه روش با هم متفاوت بوده و روش الکترون ترای دارای رتبه بهتری است. برای بررسی دقت تفکیک کلاس‌های تناسب در روش الکترون ترای از تجزیه واریانس چندمتغیره استفاده شد. مقدار P-value آزمون‌های هاتلینگ و ویلکس نشان داد تفکیک کلاس‌ها دارای دقت بالایی است. همچنین مقایسه میانگین با روش LSD اختلاف معنی‌دار مقادیر ویژگی‌های خاک و اراضی در کلاس‌های تناسب تفکیک شده با استفاده از روش الکترون ترای نشان داد که حاکی از دقت زیاد این روش می‌باشد. تعیین حدود مناسب انتقالی (حدود پروفیل‌ها)، مقادیر مناسب آستانه‌ها و وزن ویژگی‌ها، استفاده از روابط و اصول منطق فازی در اجرای فرآیندهای محاسبات از جمله دلایل دقت زیاد روش الکترون ترای است.

روابط و اصول فازی با مقادیر مناسب آستانه‌های برتری، بی‌تفاوتی و عدم مقبولیت، خروجی‌های حاصل از روش، تطابق بیشتری با واقعیت و شرایط جاری منطقه مورد مطالعه خواهند داشت. از دیگر مزایای کاربرد روش الکترون ترای تلفیق مناسب معیارهای برآورد تناسب واحدها است که با دارا بودن امکان تعیین وزن معیارها، می‌توان آراء و ارجحیت‌های تصمیم‌گیرندگان و ذی‌نفعان مختلف را نیز مدنظر قرار داد. نتایج آن در مطالعه موردی صورت گرفته در این مقاله، مبین توانایی آن در بالابردن انعطاف‌پذیری ارزیابی تناسب اراضی با رویکرد طبقه‌بندی واحدها در کلاس‌های از پیش تعریف شده بر اساس معیارهای مختلف است. به عبارت دیگر، این روش علاوه بر دارا بودن سرعت مناسب، اهداف مورد نظر را تحقق بخشیده و در نهایت می‌تواند با ایجاد تفاهم در تصمیم‌گیری، نتیجه نهایی را با عنایت به جمیع آرای تصمیم‌گیرندگان و ذی‌نفعان، به بهترین شکل ارائه کند. منداس و دلالی (۲۰۱۲) به دقت زیاد این روش نسبت به روش‌های کلاسیک اذعان نموده و گزارش کردند که نتایج حاصل از این روش با واقعیت و شرایط منطقه مورد مطالعه آنان تطابق زیادی دارد. موسو (۲۰۰۳)، منداس و دلالی (۲۰۱۲)، آلمیدادیس و همکاران (۲۰۱۰) و فونتانا و کاوالکانتی (۲۰۱۳) تعیین حدود مناسب انتقالی (حدود پروفیل‌ها یا مرز بین کلاس‌ها)، مقادیر مناسب آستانه‌ها و وزن‌های ویژگی‌ها، استفاده از روابط و اصول منطق فازی در اجرای فرآیندهای محاسبات و تلفیق نتایج به دست آمده در محیط GIS را دلایل دقت زیاد روش الکترون ترای نسبت به روش‌های سنتی ذکر کرده‌اند.

منابع مورد استفاده

- Akinci H, Ozalp AY and Turgut B, 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture* 97: 71-82.
- Almeida-Dias J, Figueira JR and Roy B, 2010. ELECTRE TRI-C: A multiple criteria sorting method based on characteristic reference actions. *European Journal of Operational Research* 204: 565-580.
- Amara DMK, Kamanda PJ, Patil PL and Kamara AM, 2016. Land suitability assessment for Maize and Paddy production in Bogur Microwatershed using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)* 1(3): 505-516.
- Anonymous, 1976. A Framework for Land Evaluation. *FAO Soils Bulletin No. 32*. Rome.
- Anonymous, 1979. Soil Survey Investigations for Irrigation. *FAO Soils Bulletin No. 42*. FAO, Rome. 188p.

- Anonymous, 2006. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements), FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, 333p.
- Anonymous, 2012a. Crop Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 66, 519p.
- Anonymous, 2012b. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 3, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Anonymous, 2012c. Global Agroecological Zones, Version 3, IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy, 196p.
- Anonymous, 2012d. Java Newhall (Soil Climate) Simulation Model (jNSM). United State Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. <http://soils.usda.gov/technical/classification/jNSM/index.html>.
- Anonymous, 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th edition, United State Department of Agriculture, National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service.
- Da Sheng W, Xue F and Qing Qing W, 2011. The research of evaluation for growth suitability of *Carya Cathayensis* Sarg. based on PCA and AHP. *Procedia Engineering* 15: 1879-1883.
- Davatgar N, Neishabouri MR and Sepaskhah AR, 2012. Delineation of site specific nutrient management zones for a paddy cultivated area based on soil fertility using fuzzy clustering. *Geoderma* 173-174: 111-118.
- Esa E, 2014. Land suitability assessment for Sorghum and Maize crops using a SLA and GIS approach in Dera Wereda, ANRS, Ethiopia. *Ethiopian Renaissance Journal of Social Science and Humanities* 1(1):119-139.
- Esfandiarpour Borujeni I, Mohammadi J, Salehi MH, Toomanian N and Poch RM, 2010. Assessing geopedological soil mapping approach by statistical and geostatistical methods: A case study in the Borujen region, Central Iran. *Catena* 82: 1-14.
- Fontana ME and Cavalcante CAV, 2013. ELECTRE TRI method used to storage location assignment into categories. *Pesquisa Operacional* 33(2): 283-303.
- Gheibi M, Asadi F and Tehrani MM, 2014. Integration management guide for maize nutrition and soil fertility. Soil and Water Research Institute of Iran. 55p
- Ghorbani M, 2013. The Economic Geology of Iran: Mineral Deposits and Natural Resources. Springer Science and Business Media. 572p.
- Kazemi H, Sadeghi S and Akinci H, 2016. Developing a land evaluation model for faba bean cultivation using geographic information system and multi-criteria analysis (A case study: Gonbad-Kavous region, Iran). *Ecological Indicators* 63: 37-47.
- 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.
- Mousseau V, 2003. Implementation of ELECTRE Methods: ELECTRE Software, Course of DESS Decision Computer, LAMSADE, University of Paris Dauphine. 28p.
- Rezaei H, Shahbazi F, Jafarzadeh AA and Alavikia SS, 2011. Statistical Analysis of Results of Parametric Methods and Almagra Model in Land Suitability Evaluation. *Soil and Water Science, University of Tabriz*, 21(4): 65-80.
- Saaty TL, 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences* 1: 83-98.
- Sys C, Van Ranst E and Debaveye J, 1991. Land Evaluation. Part I: Principles in Land Evaluation and Crop Production Calculations. Agricultural Publications, No 7. General Administration for Development Cooperation, Brussels, Belgium.
- Sys C, Van Ranst E, Debaveye J and Beernaert F, 1993. Land Evaluation. Part III: Crop Requirements. Agricultural Publications, No 7. General Administration for Development Cooperation, Brussels, Belgium.
- Wang J, 2012. Geometric Structure of High-Dimensional Data and Dimensionality Reduction. Higher Education Press, Beijing and Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Zolekar RB and Bhagat VS, 2015. Multi-criteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone: Remote sensing and GIS approach. *Computers and Electronics in Agriculture* 118: 300-321.