تعیین تناسب اراضی مزارع نیشکر مبتنی بر شاخص کیفیت خاک با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

علیرضا ظهیرنیا* و حمیدرضا متین‌فر[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۴)

چکیده

تعیین تناسب اراضی به‌عنوان یکی از روش‌های ارزیابی اراضی محسوب می‌شود که می‌تواند بهترین نوع استفاده از اراضی در هر منطقه را مشخص کند. هدف از تحقیق حاضر تعیین تناسب اراضی مزارع کشت و صنعت میرزا کوچک‌خان مبتنی بر شاخص‌های کیفیت خاک، سامانه اطلاعات جغرافیایی و مقایسه نتایج آن با روش‌های ارزیابی اراضی ریشه دوم و استوری است. برای این منظور اطلاعات پروفیل‌های خاک و مقدار مواد آلی، فسفر، نیتروژن، پتاسیم، روی، زهکش، بافت، عمق، توپوگرافی، سنگ و سنگریزه سطحی، عمق لایه غیرقابل نفوذ، هدایت هیدرولیکی، ظرفیت نگهداری آب، هدایت الکتریکی، واکنش (pH)، کربنات کلسیم، درصد سدیم قابل تبادل محدوده مطالعاتی گردآوری شد و کلاس‌های تناسب اراضی مبتنی بر شاخص‌های کیفیت حاصلخیزی، کیفیت شیمیایی و کیفیت فیزیکی خاک محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که ۲۷/۴ درصد از اراضی دارای کلاس بسیار مناسب (S_1)، ۶۲/۸۳ درصد از اراضی دارای کلاس مناسب (S_2)، ۷/۱۱ درصد از اراضی در کلاس تناسب کم (S_3) و ۲/۶۶ درصد از اراضی نیز در کلاس نامناسب (N) هستند. همچنین مقایسه نتایج روش مبتنی بر کیفیت خاک با روش ریشه دوم، ضریب کاپای برابر با ۰/۸۲ و با روش استوری دارای ضریب کاپا برابر با ۰/۳۸ است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اراضی، منطقه جنوب غربی خوزستان، نقشه‌های رقومی، روش استوری، روش ریشه دوم.

۱. گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: arzahirnia@gmail.com

مقدمه

بررسی تناسب اراضی تعیین کننده بهترین نوع استفاده از اراضی در هر منطقه است (۷). تعیین تناسب اراضی به‌عنوان یکی از روش‌های ارزیابی اراضی محسوب می‌شود که می‌تواند مهم‌ترین فاکتورهای محدود کننده رشد محصولات کشاورزی را مشخص کند (۱۲). ارزیابی تناسب اراضی به دو روش کمّی و کیفی انجام می‌شود. روش کیفی به‌منظور بررسی پتانسیل اراضی در مقیاس وسیع به‌کار رفته و در این روش از عبارات کیفی استفاده می‌شود. روش کمی جزییات بیشتری از خصوصیات اراضی را مشخص می‌کند. اطلاعات به‌دست آمده از روش‌های تناسب اراضی کمی می‌تواند به‌وسیله روش‌های آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد (۷). سیستم‌های ارزیابی اراضی فائو به‌عنوان اصلی‌ترین روش‌های ارزیابی اراضی (۸ و ۹) و روش‌های فیزیکی ارزیابی اراضی (۲۴)، کاربرد وسیعی در ارزیابی تناسب اراضی دارند. شناسایی فاکتورهای ارزیابی کمک زیادی به برآورد سریع‌تر و بهتر نقشه تناسب اراضی می‌کند. در سال ۲۰۱۳ در پژوهشی روی اراضی کشاورزی در ترکیه به‌منظور ارزیابی زمین‌های مناسب برای کشاورزی از GIS و معیار ارزیابی AHP استفاده شد، پارامترهای مورد ارزیابی در این تحقیق بافت خاک، کاربری اراضی، عمق خاک، شیب، جهت، ارتفاع و درجه فرسایش شناسایی شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، ۸۵ درصد از اراضی به‌علت شیب زیاد و خاک فرسایش یافته قابلیت کشاورزی را نداشته و از ۱۵ درصد باقیمانده نیز تقریباً دو درصد در طبقه مناسب و نسبتاً مناسب قرار گرفت (۳).

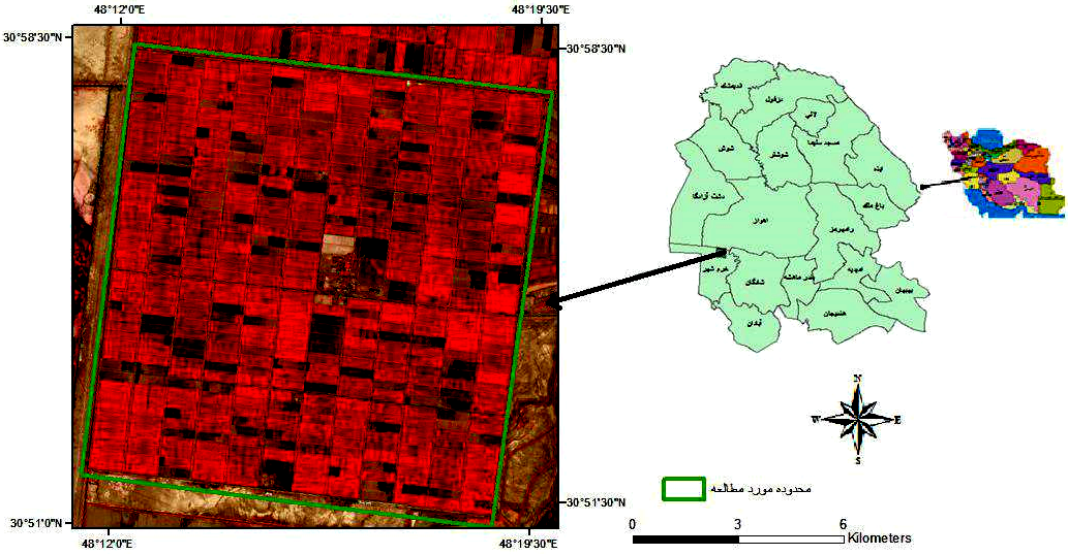
زبیهی و همکاران (۲۸) در مازندران به بررسی تناسب اراضی با GIS برای تولید مرکبات پرداختند. از جمله فاکتورهای مورد استفاده برای بررسی تناسب اراضی در منطقه مورد مطالعه آب و هوا، توپوگرافی، شیب و جهت شیب تشخیص داده شدند. با استفاده از تکنیک‌های ANP در محیط نرم‌افزار ARC MAP فاکتورهای مورد استفاده را درجه‌بندی کرده و نقشه نهایی تناسب اراضی برآورد شد. نتایج آنها نشان داد که بیشترین مساحت منطقه مورد مطالعه در محدوده مناسب و نسبتاً مناسب برای کشت مرکبات قرار داشته و نقش توپوگرافی و آب‌وهوا در تولید مرکبات بسیار حائز اهمیت تشخیص داده شد (۲۸). رونو و موندیا در سال ۲۰۱۶ با مطالعه روی اراضی کشاورزی در کنیا به بررسی تناسب اراضی برای کشت قهوه با استفاده از GIS و سنجش از دور پرداختند و در منطقه مورد مطالعه فاکتورهای توپوگرافی، آب و هوا، خاک و پوشش زمین را به‌عنوان عوامل تأثیرگذار روی تناسب اراضی برای کشت قهوه انتخاب کردند. نتایج نشان داد بیشتر اراضی در طبقه نامناسب (N) قرار گرفتند (۲۲).

یکی از گیاهانی که از حدود ۵۰ سال پیش در مناطق شمالی خوزستان و از حدود ۲۰ سال پیش در مناطق جنوب غربی خوزستان کشت می‌شود نیشکر است. عملیات کاشت، داشت و برداشت این گیاه غالباً در اراضی کشت و صنعت‌ها به‌صورت مکانیزه صورت گرفته و منجر به تولید سالانه حدود ۸۰۰/۰۰۰ تن شکر و سایر محصولات جانبی شده است. با توجه به وسعت بسیار زیاد این منطقه آماده‌سازی نقشه‌های ارزیابی تناسب اراضی برای گیاه نیشکر از اهمیت بالایی برخوردار است. بر مبنای داده‌های پروفیلی و ۱۷ خصوصیت خاک ارزیابی تناسب اراضی (مبتنی بر شاخص کیفیت خاک) برای بخشی از منطقه جنوب غربی خوزستان و مقایسه نتایج این روش با نتایج روش‌های ریشه دوم (Square Root) و استوری (Storie) به‌عنوان هدف اصلی پژوهش حاضر بود.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه مزارع نیشکر شرکت و صنعت میرزا کوچک‌خان واقع در جنوب غربی استان خوزستان است. این منطقه بین ۳۰ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). طبق آمار ۲۵ ساله (سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۷۰)، میانگین دمای روزانه ۲۴/۹ درجه سانتی‌گراد، گرم‌ترین ماه سال تیر ماه با حداکثر مطلق ۵۱/۲ درجه



شکل ۱. (رنگی در نسخه الکترونیکی) موقعیت منطقه مطالعاتی در ایران و خوزستان

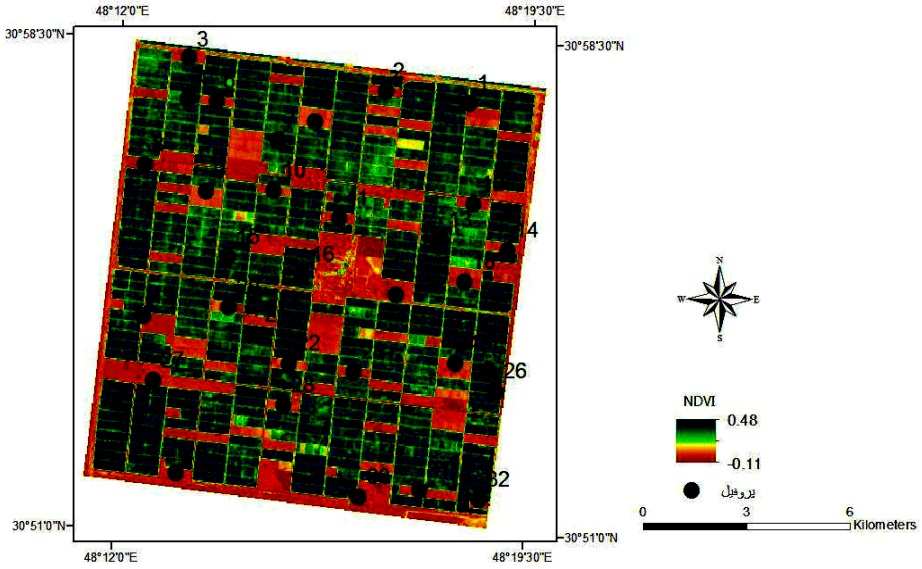
سانتی‌گراد، بارندگی کمتر از مقدار تبخیر سالیانه (۲۱۳ در مقابل ۳۲۲۲ میلی‌متر) و رژیم‌های حرارتی و رطوبتی محاسبه شده بر اساس روش نیوهال به‌ترتیب هایپرترمیک و اریدیک هستند. سازندهای منطقه از نظر زمین‌شناسی مربوط به دوران سنوزوئیک و دوره کواترنر است. کشت غالب منطقه در اراضی آبشویی شده واریته‌های مختلف نیشکر و در سایر اراضی محصولاتی مانند گندم، جو، کلزا، کنجد و گلرنگ به‌صورت محدود هستند. گیاهان بومی منطقه غالباً از گیاهان شورپسند مانند خانواده اسفناج، خارشتر، شاهی و کاهوی وحشی تشکیل شده است (۲۸ و ۲۹).

داده‌های ماهواره‌ای

داده‌های ماهواره لندست هشت به‌علت چند طیفی بودن امکان مطالعه منابع مختلف در طول موج‌های متنوعی از مرئی تا مادون قرمز را فراهم آورده است. از ویژگی‌های دیگر این داده‌ها متنوع بودن آنها است. داده‌های این ماهواره شامل ۱۱ باند هستند که هر ۱۶ روز یک‌بار توسط سنجنده تصویر برداری می‌شوند. در پژوهش حاضر از تصویر سنجنده OLI-TIRS متعلق به ماهواره لندست هشت و تاریخ ۲۹ جولای ۲۰۱۶ مطابق با هشتم مرداد ماه ۱۳۹۵ استفاده شد. تصحیحات هندسی و اتمسفری روی تصاویر انجام شد. تصویر مورد استفاده مربوط به مسیر (WRS-Path) ۱۶۵ و ردیف (WRS-Row) ۳۹ است. نقشه‌های در دسترس از منطقه مورد مطالعه اسکن و ژئورفرنس شده و به‌عنوان نقشه پایه مورد استفاده قرار گرفتند (۲۹ و ۱۲).

مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی

مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی به‌منظور افزایش دقت عوارض تشخیص داده شده در تصاویر ماهواره‌ای و جداسازی بهتر و کامل‌تر عوارض موجود در سطح زمین انجام شد. تعداد ۳۲ پروفیل در اراضی مورد مطالعه حفر شد (شکل ۲) و از افق‌های پروفیل‌ها تعداد ۱۲۰ نمونه خاک جمع‌آوری و به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل شد. رنگ خاک بر اساس دفترچه رنگ مانسل در دو حالت خشک و مرطوب و همچنین وزن مخصوص ظاهری هر افق با استفاده از سیلندرهای استاندارد دارای حجم مشخص، تعیین شد (۱۳). قابلیت هدایت هیدرولیکی خاک با استفاده از روش اعمال ارتفاع ثابت آب خاک اشباع تعیین شد (۱۶).



شکل ۲. (رنگی در نسخه الکترونیکی) پراکنش سایت‌های نمونه‌برداری- منطقه مطالعاتی

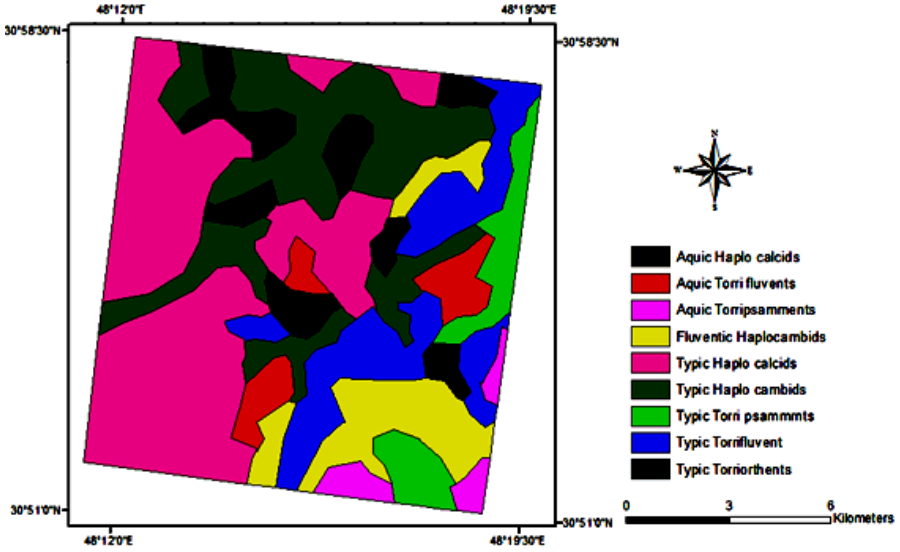
نمونه‌های جمع‌آوری شده در آزمایشگاه، هوا خشک، کوبیده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس تجزیه‌های زیر بر اساس روش‌های استاندارد روی آنها انجام پذیرفت: بافت خاک به روش هیدرومتری، پارامترهای هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم، سدیم، بیکربنات و کلر محلول در عصاره اشباع و واکنش خاک در گل اشباع نمونه‌های خاک تعیین شد (۵ و ۲۰).

مواد آلی نمونه‌های خاک به روش واکلی و بلک (۱۳ و ۱۴)، پتاسیم محلول و قابل تبادل و همچنین درصد سدیم تبادلی (ESP) به روش عصاره‌گیری توسط استات آمونیوم و قرائت توسط دستگاه فلیم‌فتومتر (۱۳)، کربنات کلسیم معادل به روش حجم‌سنجی، درصد نیتروژن موجود در نمونه‌ها به روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (۲۰)، مقدار روی قابل جذب خاک در محلول عصاره‌گیری شده توسط DTPA و توسط دستگاه جذب اتمی تعیین شد (۱۷). با توجه به نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک جمع‌آوری و افق‌های تشخیص داده شده در مطالعات صحرایی و همچنین رژیم‌های حرارتی و رطوبتی، اراضی منطقه مورد مطالعه بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی تا سطح گروه‌های بزرگ رده‌بندی شدند که بیشتر در رده‌های انتی‌سول و اریدی‌سول قرار می‌گرفتند (۲۶). پس از تعیین رده‌های موجود در منطقه مورد مطالعه بر اساس مشاهدات صحرایی، نحوه پراکنش، عمق و ضخامت افق‌ها، درنهایت نقشه تهیه و مساحت هر گروه بزرگ محاسبه شد (شکل ۳).

بررسی تناسب اراضی

انتخاب فاکتورهای مؤثر در ارزیابی بر اساس نیازمندی‌های رشدی گیاه نیشکر، و منطبق با روش سایز و همکاران (۲۴)، صورت گرفته است. در این پژوهش به‌منظور مطالعه تناسب اراضی برای نیشکر ۱۷ فاکتور مورد بررسی قرار گرفت. این فاکتورها عبارتند از: ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، زهکشی، بافت، عمق خاک، شیب، سنگریزه سطحی، لایه نفوذناپذیر، هدایت هیدرولیکی، ظرفیت نگهداری آب در خاک، هدایت الکتریکی، واکنش خاک، درصد سدیم تبادلی و درصد کربنات کلسیم معادل خاک.

به‌منظور بررسی تناسب اراضی (Land Suitability) از سه شاخص استفاده شد که عبارتند از: شاخص کیفیت حاصلخیزی خاک (Fertility Quality Index)، شاخص کیفیت شیمیایی خاک (Soil Chemical Quality Index) و شاخص



شکل ۳. گروه‌های بزرگ خاک منطقه مطالعاتی (USDA, ۲۰۱۴)

کیفیت فیزیکی خاک (Physical Quality Index)، سپس تناسب اراضی از رابطه (۱) تعیین شد.

$$LS = (FQI \times CQI \times PQI)^{\frac{1}{3}} \quad (۱)$$

که در آن: LS فاکتور تناسب اراضی، FQI شاخص کیفیت حاصلخیزی، CQI شاخص کیفیت شیمیایی و PQI شاخص کیفیت فیزیکی خاک است.

شاخص کیفیت حاصلخیزی خاک با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$FQI = (S_N \times S_P \times S_K \times S_{Zn} \times S_{OM})^{\frac{1}{5}} \quad (۲)$$

– که در این رابطه S_N، S_P، S_K، S_{Zn} و S_{OM} به‌ترتیب عبارتند از: نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی قابل جذب و همچنین ماده آلی خاک.

شاخص کیفیت شیمیایی خاک با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$CQI = (S_S \times S_E \times S_C \times S_H)^{\frac{1}{4}} \quad (۳)$$

که در این رابطه S_S، S_E، S_C و S_H به‌ترتیب عبارتند از: مقدار شوری خاک، درصد سدیم تبادلی، مقدار آهک و واکنش خاک.

شاخص کیفیت فیزیکی خاک با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$PQI = (S_R \times S_T \times S_D \times S_F \times S_Y \times S_P \times S_G \times S_W)^{\frac{1}{8}} \quad (۴)$$

که در رابطه (۴)، S_R، S_T، S_D، S_F، S_Y، S_P، S_G، S_W، به‌ترتیب عبارتند از: زهکشی، بافت، عمق خاک، شیب خاک، سنگریزه سطحی، عمق لایه غیرقابل نفوذ، هدایت هیدرولیکی و ظرفیت نگهداری آب در خاک.

نمره‌دهی پارامترهای مورد نظر به‌صورت تجربی بوده و بر اساس تجربیات سایر پژوهشگران انجام شد. در این روش همه پارامترها به‌صورت یکسان نمره‌دهی نشده‌اند (۲، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۲، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۴ و ۲۵). در این مطالعه نمره‌دهی به هر یک از پارامترها بر اساس شرایط خاص آنها صورت گرفت به این صورت که ۱/۰۰ برای بهترین و ۰/۲۰ برای بدترین وضعیت در نظر گرفته شده است (۷) (جدول ۱).

نمره‌دهی به هر یک از شاخص‌های تعریف شده بر اساس اهمیت آن شاخص در تناسب اراضی به‌منظور تولید محصول مورد نظر صورت می‌گیرد. بر این اساس ارزش صفر به مناطق رده‌بندی نشده اختصاص داده شده و مناطقی که مناسب کشت هستند به چهار کلاس تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارتند از: کاملاً مناسب (S_1)، دارای تناسب متوسط (S_2)، دارای تناسب حداقل (S_3) و نامناسب (N).

جدول ۱. امتیاز دهی خصوصیات خاک در منطقه مورد مطالعه برای کشت نیشکر (۷)

فاکتورهای مؤثر در کیفیت خاک		واحد	امتیاز			
			۱/۰	۰/۸	۰/۵	۰/۲
خصوصیات حاصلخیزی						
نیتروژن	N	(%)	۰/۸ <	۰/۴–۰/۸	۰/۲–۰/۴	< ۰/۲
فسفر	P	(mg/kg)	۱۵<	۱۰–۱۵	۵–۱۰	< ۵
پتاسیم	K	(mg/kg)	۴۰۰<	۲۰۰–۴۰۰	۱۰۰–۲۰۰	< ۱۰۰
ماده آلی	OM	(%)	۲<	۱–۲	۰/۵–۱	< ۰/۵
مقدار روی قابل جذب	Zn	(mg/kg)	۱<	۰/۵–۱	۰/۲۵–۰/۵	< ۰/۲۵
خصوصیات فیزیکی						
زهکشی (R)		-	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف
بافت (T)		-	L, SCL, SL, LS, CL	SC, SiL, SiCL	Si, C, SiC	G, S
عمق (D)		(cm)	۱۰۰<	۵۰–۱۰۰	۲۵–۵۰	< ۲۵
پستی و بلندی (F)	شیب	(%)	< ۲	۴–۲	۶–۴	> ۶
سنگریزه سطحی (Y)	۲_{mm} <	(%)	< ۲۰	۳۵–۲۰	۵۵–۳۵	> ۵۵
لایه غیر قابل نفوذ (P)		(cm)	۱۰۰<	۵۰–۱۰۰	۲۰–۵۰	< ۲۰
هدایت هیدرولیکی (G)		($cm\ h^{-1}$)	< ۰/۵	۲–۰/۵	۶/۲۵–۲	>۶/۲۵
ظرفیت نگهداری آب (WHC)		(%)	۵۰<	۲۰–۵۰	۱۵–۲۰	< ۱۵
خصوصیات شیمیایی						
شوری خاک (S)		($dS\ m^{-1}$)	< ۴	۸–۴	۱۶–۸	> ۱۶
ESP		-	< ۱۰	۱۵–۱۰	۲۰–۱۵	> ۲۰
مقدار کربنات کلسیم معادل (K)		(%)	< ۵	۱۰–۵	۱۵–۱۰	> ۱۵
واکنش خاک (H)	pH	-	۷–۵/۵	۷/۸–۷	۸/۵–۷/۸	> ۸/۵

در انتها، نتایج به‌دست آمده از مدل پیشنهاد شده در این پژوهش با روش‌های ریشه دوم و استوری که به‌طور معمول استفاده قرار می‌گیرند، مورد مقایسه شدند.

در روش ریشه دوم از رابطه (۵) برای محاسبه تناسب اراضی استفاده می‌شود:

$$I = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{۱۰۰} \times \frac{B}{۱۰۰} \times \frac{C}{۱۰۰} \times ....} \qquad (۵)$$

که در آن: I؛ شاخص ریشه دوم، R_{min}؛ فاکتوری است که حداقل نمره را به‌خود اختصاص داده، A، B و C مقادیر نمره دهی شده برای سایر فاکتورها است (۱۵).

در روش استوری با استفاده از رابطه (۶) شاخص اراضی (Land Index) برای هر یک از واحدها تعیین می‌شود:

$$I = A \times \frac{B}{۱۰۰} \times \frac{C}{۱۰۰} \times \frac{D}{۱۰۰} \times .... \qquad (۶)$$

که در آن: I، شاخص تناسب و A نمره بافت خاک سطحی و B، C و D، مقادیر نمرات سایر پارامترها هستند.

دامنه تغییرات نمرات بین صفر تا ۱۰۰ درصد بود که برای هر فاکتور به‌صورت جداگانه تعیین شد و در انتها با هم ضرب و شاخص اراضی را برای هر یک از واحدهای نقشه ایجاد می‌کند (۲۳).

به‌منظور مقایسه روش استفاده شده با روش استوری و ریشه دوم از ضریب کاپا کوهن (۱۹۶۰) استفاده شد که

جدول ۲. شاخص حاصلخیزی خاک در منطقه مورد مطالعه (۷)

شاخص حاصلخیزی خاک	کلاس	امتیاز	مساحت (هکتار)	درصد
کیفیت بالا	S۱	۰/۹ <	۴۴۴۹/۹۲	۳۰/۰۳
کیفیت متوسط	S۲	۰/۷–۰/۹	۷۳۸۳/۵۹	۴۹/۸۴
کیفیت پایین	S۳	۰/۵–۰/۷	۲۱۹۹/۶۷	۱۴/۸۵
نامناسب	N	۰/۵ >	۷۸۰/۱۰	۵/۲۷

جدول ۳. شاخص کیفیت شیمیایی در منطقه مورد مطالعه (۷)

شاخص شیمیایی خاک	کلاس	امتیاز	مساحت (هکتار)	درصد
کیفیت بالا	S۱	۰/۹ <	۴۰۰/۰۶	۲/۷۰
کیفیت متوسط	S۲	۰/۷–۰/۹	۷۷۰۳/۳۵	۵۲/۰۰
کیفیت پایین	S۳	۰/۵–۰/۷	۵۶۴۸/۲۹	۳۸/۱۳
نامناسب	N	۰/۵ >	۱۰۶۱/۵۷	۷/۱۷

جدول ۴. شاخص کیفیت فیزیکی در منطقه مورد مطالعه (۷)

شاخص فیزیکی خاک	کلاس	امتیاز	مساحت (هکتار)	درصد
کیفیت بالا	S_1	۰/۷۵ <	۱۲۱۰۱/۵۶	۸۱/۶۹
کیفیت متوسط	S_2	۰/۵۰–۰/۷۵	۱۹۳۱/۶۱	۱۳/۰۵
کیفیت پایین	S_3	۰/۲۵–۰/۵۰	۳۱۵/۹۹	۲/۱۳
نامناسب	N	<۰/۲۵	۴۶۴/۱۱	۳/۱۳

به‌صورت رابطه (۷) است:

$$K = \frac{P(A)+P(E)}{1-P(E)} \qquad (۷)$$

در این رابطه K ضریب کاپا است و P(A) قرارداد نسبی مشاهده شده بین ارزیاب‌ها و P(E) احتمال فرضی قرارداد شانس است.

مقدار ضریب کاپا بین صفر تا ۱/۰۰ است. اگر هیچ‌گونه توافقی بین موارد ارزیابی وجود نداشته باشد، ضریب کاپا صفر و اگر توافق کامل وجود داشته باشد، ضریب کاپا برابر با ۱/۰۰ می‌شود.

تعیین کلاس‌های تناسب اراضی

به‌منظور تعیین کلاس‌های تناسب اراضی مراحل زیر انجام شدند:

۱- تبدیل شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک به لایه رستری.

۲- رده‌بندی لایه‌های رستری برمبنای اطلاعات جداول (۲، ۳ و ۴) (شاخص‌های کیفیت خاک سه‌گانه)

۳- وزن دهی و منطبق کردن لایه‌های ایجاد شده بر یکدیگر.

۴- رده‌بندی مجدد تمام پیکسل‌ها در لایه رستری ساخته شده به‌منظور تعیین کلاس‌های تناسب اراضی بر مبنای جدول (۵).

۵- تهیه نقشه تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه.

نتایج و بحث

بر اساس تصویر ماهواره لندست هشت در تاریخ ۲۹ جولای ۲۰۱۶ مطابق با هشتم مرداد ۱۳۹۵ و پیمایش و نمونه‌برداری‌های صحرایی، فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه تعیین شد. به‌علت

جدول ۵. تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه (۷)

تناسب اراضی	کلاس	امتیاز	مساحت (هکتار)	درصد
تناسب بالا	S_1	۰/۸۰–۱/۰۰	۹۳۰۷/۶۰	۲۷/۴۰
تناسب متوسط	S_2	۰/۶۰–۰/۸۰	۱۰۵۳/۰۹	۶۲/۸۳
تناسب حدواسط	S_3	۰/۴۰–۰/۶۰	۳۹۴/۲۹	۷/۱۱
نامناسب	N	<۰/۴۰	۴۰۵۸/۲۹	۲/۶۶

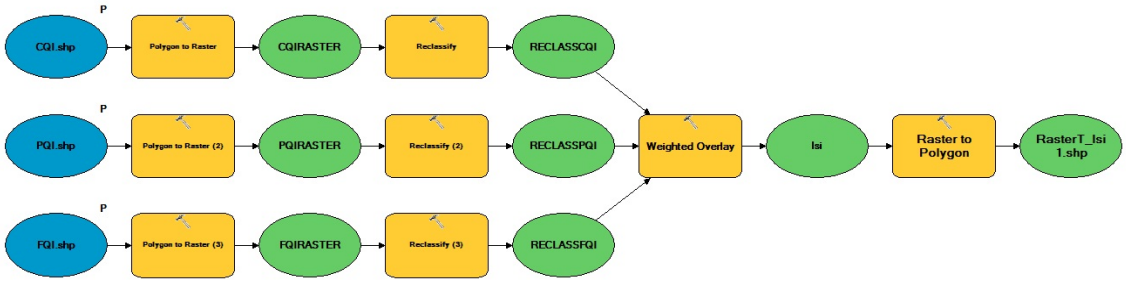
جدول ۶. رده‌بندی اراضی منطقه مورد مطالعه تا سطح تحت گروه و درصد مساحت هر یک از رده‌ها

ردیف	رده	مساحت (هکتار)	درصد
۱	Aquic Torripsamments	۳۵۶/۸۸	۲/۴۱
۲	Typic Torrifluvents	۱۹۷۸/۶۸	۱۳/۳۶
۳	Aquic Torrifluvents	۶۸۲/۸۲	۴/۶۱
۴	Typic Torri psammrnts	۹۰۱/۴۹	۶/۹۰
۵	Typic Haplocambids	۳۱۹۶/۱۶	۲۱/۵۸
۶	Typic Haplocalcids	۴۹۳۷/۳۳	۳۳/۳۳
۷	Aquic Haplocalcids	۵۲۸/۲۱	۳/۵۷
۸	Fluventic Haplocambids	۱۳۹۳/۳۹	۹/۴۱
۹	Typic Torriorthents	۸۳۸/۳۱	۵/۶۶

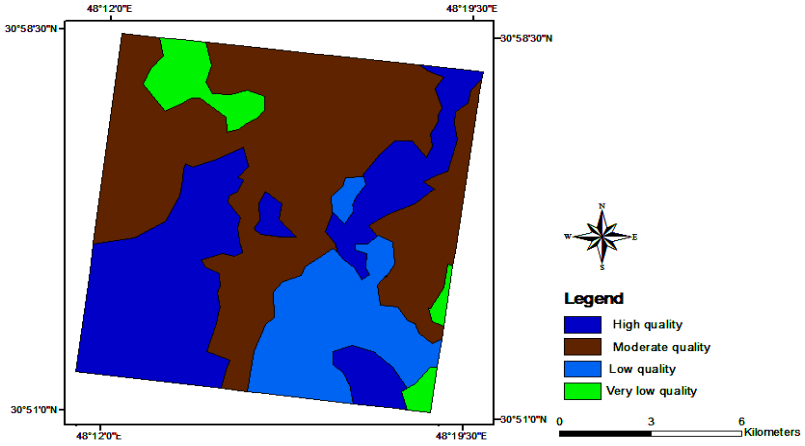
طغیان‌های فصلی، رسوبات رودخانه کارون در سطح اراضی نهشته شده و منجر به هموار شدن سطح اراضی منطقه شده است. بر این اساس فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه دشت‌های آبرفتی است. در بیشتر پروفیل‌های حفر شده آثار تکاملی به‌ندرت قابل تشخیص بود و در مواردی تغییرات شدید بافتی بین افق‌ها به وضوح قابل تشخیص است (۲۸). مطابق سیستم جامع رده‌بندی آمریکایی خاک، رده‌های اصلی خاک موجود در منطقه عمدتاً انتی‌سول و در برخی نقاط اریدی‌سول (جدول ۶) تعیین شدند (۲۶). خاک‌ها بدون تکامل پروفیلی و یا دارای تکامل ضعیفی هستند که به‌تدریج با کاهش شیب و کاهش سنگریزه در سطح و نیم‌رخ خاک، به خاک‌های دارای افق مشخصه زیرسطحی از جمله افق کمبیک با مختصر تکامل پروفیلی تبدیل می‌شوند. در قسمت‌هایی که دارای شیب بسیار کمی هستند می‌توان افق تجمع آهک (کلسیک) را به‌وضوح مشاهده کرد، هر چند تجمع رس در برخی افق‌های تحت الارض دیده می‌شود، اما در هیچ‌کدام از پروفیل‌ها افق تجمع رس به‌شکلی که منجر به تشخیص افق آرجیلیک در خاک شود، دیده نشد. همچنین در بررسی اثر شرایط آبرفتی روی پیدایش و خصوصیات خاک این نتیجه به‌دست آمد که این شرایط روی ضخامت افق‌های سطحی، عمق سولوم، بافت، مقدار سنگریزه موجود در سطح و نیم‌رخ خاک، درصد رطوبت اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار و شکل آهک ثانویه تجمع یافته در افق‌های مختلف پروفیل‌ها بیشترین تأثیر را داشته است (۲۸).

تناسب اراضی

در مدل پیشنهاد شده به‌منظور بررسی تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه از سه شاخص کیفیت حاصلخیزی، کیفیت شیمیایی و کیفیت فیزیکی خاک استفاده شد. مقادیر هر شاخص محاسبه و



شکل ۴. فلوچارت مدل‌سازی تناسب اراضی در محیط ArcGIS



شکل ۵. شاخص حاصلخیزی خاک در منطقه مورد مطالعه

سپس با استفاده از روش‌های درون‌یابی و طبقه‌بندی مجدد، نقشه پهنه‌بندی مربوط به هر شاخص تهیه و در انتها با استفاده از روش وزن‌دهی و منطبق کردن لایه‌های تولید شده بر یکدیگر، نقشه‌های تهیه شده از شاخص‌های سه‌گانه را با یک دیگر ادغام کرده و نقشه ارزیابی اراضی نهایی منطقه مورد مطالعه تهیه شد.

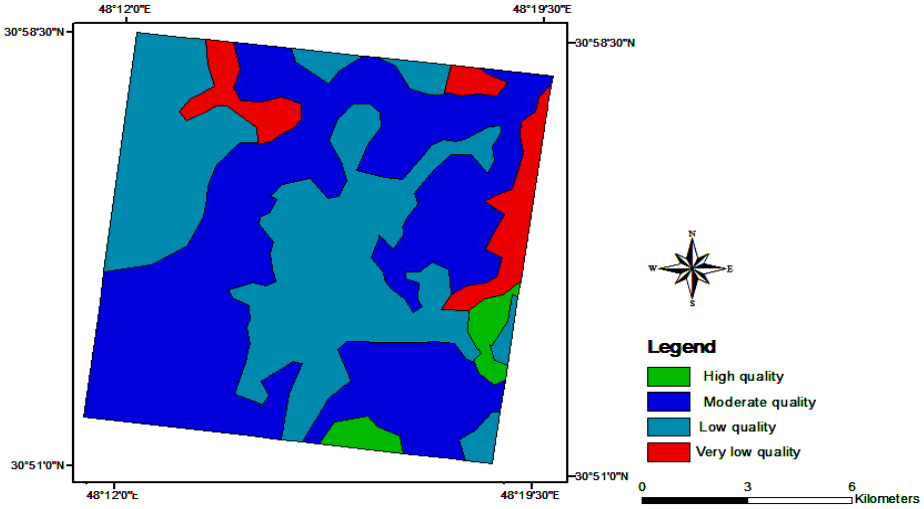
شاخص کیفیت حاصلخیزی خاک

اطلاعات مربوط به این شاخص در جدول (۲) و شکل (۴) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که ۳۰/۰۴ درصد از اراضی در کلاس کیفیت بالا (S_1)، ۴۹/۸۴ درصد از اراضی در کلاس کیفیت متوسط (S_2)، ۱۴/۸۵ درصد از اراضی در کلاس کیفیت پایین (S_3) و ۵/۲۷ درصد از اراضی در کلاس نامناسب (N) از لحاظ حاصلخیزی قرار دارند.

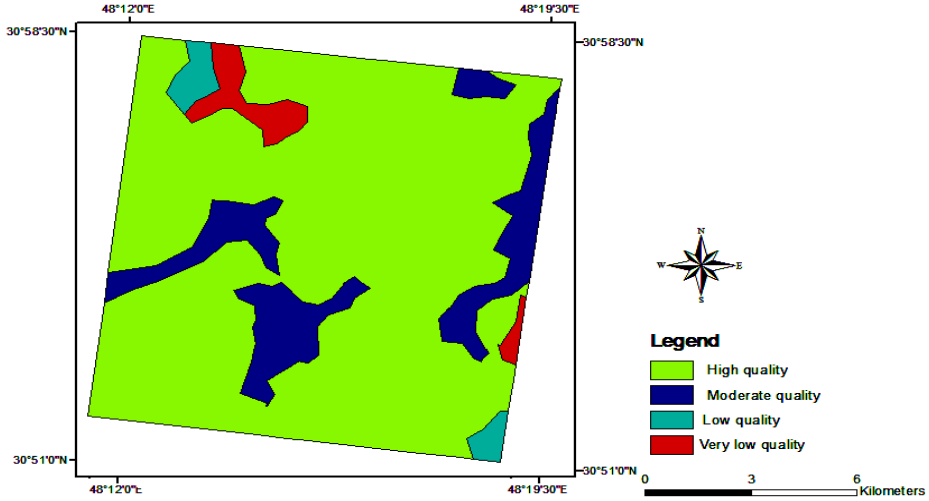
با توجه به فاکتورهای مورد نظر برای حاصلخیزی می‌توان نتیجه گرفت علت قرار گرفتن اراضی در کلاس‌های پایین کمبود نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی قابل جذب و همچنین ماده آلی در خاک هستند (جدول ۲ و شکل ۵).

شاخص کیفیت شیمیایی خاک

خصوصیات شیمیایی خاک، رشد گیاهان و کیفیت و کمیت محصولات تولید شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۷ و ۲۲). اطلاعات مربوط به شاخص کیفیت شیمیایی منطقه مورد مطالعه در جدول (۳) و شکل (۵) ارائه شده است. نتایج جدول نشان می‌دهد که ۲/۷ درصد از اراضی در کلاس کیفیت بالا (S_1)، ۵۲ درصد از اراضی در کلاس کیفیت متوسط (S_2)، ۳۸/۱۳ درصد از اراضی در کلاس کیفیت پایین (S_3) و ۷/۱۷ درصد از اراضی در کلاس نامناسب (N) از لحاظ کیفیت شیمیایی خاک قرار



شکل ۶. شاخص کیفیت شیمیایی منطقه مورد مطالعه

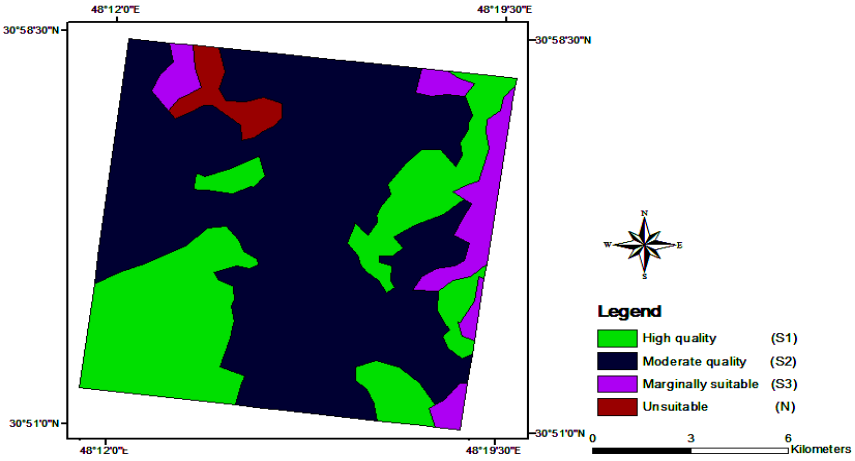


شکل ۷. شاخص کیفیت فیزیکی منطقه مورد مطالعه

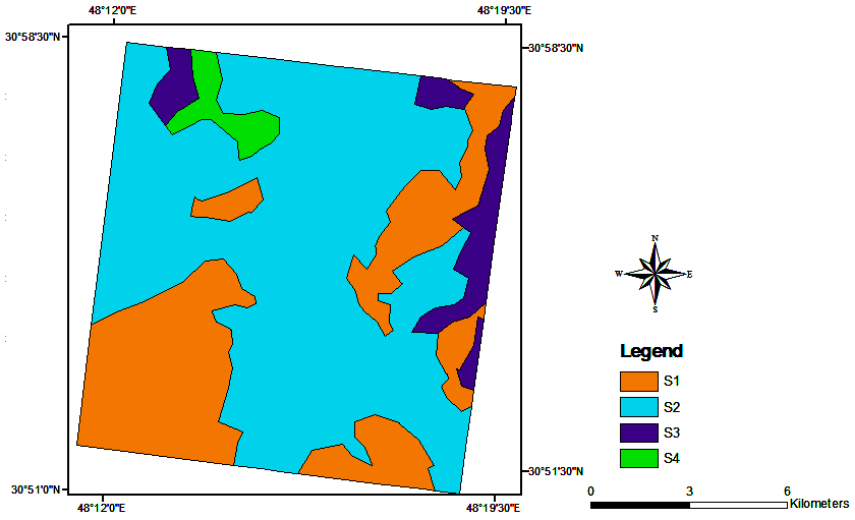
دارند. بخشی از اراضی که در کلاس N قرار گرفته و با محدودیت‌های شدید خاک از نظر کیفیت شیمیایی مواجه هستند (جدول ۳ و شکل ۶).

شاخص کیفیت فیزیکی خاک

رشد تمام محصولات کشاورزی به‌طور مستقیم به شرایط فیزیکی خاک بستگی دارد. این پارامتر شرایط رشد و توسعه بهینه ریشه گیاهان را فراهم می‌کند (۷). تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از شاخص کیفیت فیزیکی خاک نشان می‌دهد که ۸۱/۶۹ درصد از اراضی در کلاس کیفیت بالا (S_1)، ۱۳/۰۵ درصد از اراضی در کلاس کیفیت متوسط (S_2)، ۲/۱۳درصد از اراضی در کلاس کیفیت پایین (S_3) و ۳/۱۳ درصد از اراضی در کلاس نامناسب (N) قرار دارند (جدول ۴ و شکل ۷). با توجه به شیب مناسب منطقه، عمق و بافت منطقه بیشتر اراضی از نظر کیفیت فیزیکی در کلاس کیفیت بالا قرار گرفته‌اند.



شکل ۸. تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه



شکل ۹. تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه به روش ریشه دوم

ارزیابی تناسب اراضی

نتایج مدل پیشنهاد شده در شکل (۸) و جدول (۵) آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که بیشتر اراضی در کلاس دارای تناسب بالا (High Suitable) (S_1) و اراضی دارای تناسب متوسط (Moderate Suitable) (S_2) (۹۰/۲۳ درصد از مساحت کل) قرار می‌گیرند. ۷/۱۱ درصد از اراضی مورد مطالعه دارای تناسب اراضی حد واسط (Marginally Suitable) (S_3) و ۲/۶۶ درصد از اراضی نامناسب (Unsuitable) (N) برای گیاه نیشکر تشخیص داده شدند. نقشه تهیه شده نشان می‌دهد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این مناطق نیز بسیار نامناسب بوده است (جدول ۵ و شکل ۸).

نتایج روش ارزیابی ریشه دوم نشان داد که ۲۸/۵۶ درصد از اراضی دارای تناسب بالا (S_1)، ۶۲/۴۴ درصد از اراضی دارای تناسب متوسط (S_2)، ۶/۳۴ درصد از اراضی دارای تناسب حد واسط (S_3) و ۲/۶۶ درصد از اراضی نامناسب (N) تشخیص داده شدند (جدول ۷ و شکل ۹).

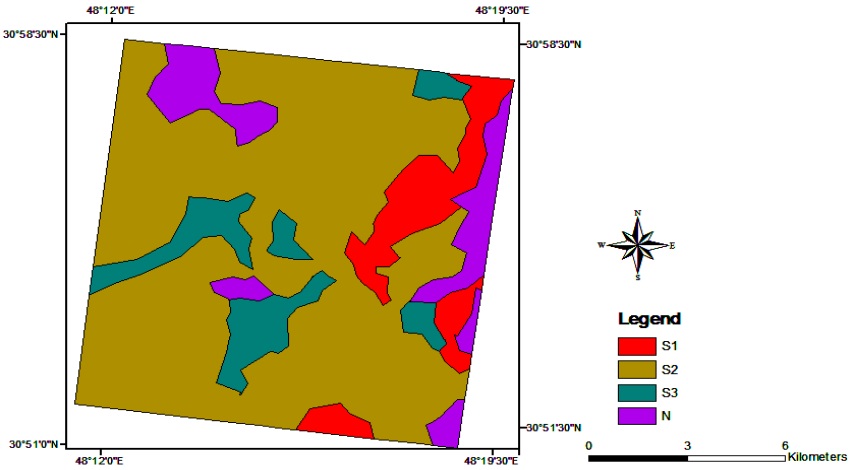
نتایج روش استوری نشان می‌دهد که ۹/۸۱ درصد از اراضی در کلاس بسیار مناسب (S_1)، ۷۱/۰۹ درصد از اراضی دارای

جدول ۷. تناسب اراضی به روش ریشه دوم در منطقه مورد مطالعه (۲۶ و ۲۷)

تناسب اراضی به روش ریشه دوم	کلاس	امتیاز	مساحت (هکتار)	درصد
تناسب بالا	S_1	۷۵–۱۰۰	۴۲۰/۸۳	۲۸/۵۶
تناسب متوسط	S_2	۵۰–۷۵	۹۲۴۹/۵۹	۶۲/۴۴
تناسب حدواسط	S_3	۲۵–۵۰	۹۳۸/۵۷	۶/۳۴
نامناسب	N	< ۲۵	۳۹۴/۲۹	۲/۶۶

جدول ۸. تناسب اراضی به روش استوری در منطقه مورد مطالعه (۲۵)

تناسب اراضی به روش استوری	کلاس	امتیاز	مساحت (هکتار)	درصد
تناسب بالا	S_1	۷۵–۱۰۰	۱۴۵۳/۲۶	۹/۸۱
تناسب متوسط	S_2	۵۰–۷۵	۱۰۵۳۰/۱۵	۷۱/۰۹
تناسب حدواسط	S_3	۲۵–۵۰	۱۴۰۱/۱۷	۹/۴۶
نامناسب	N	< ۲۵	۱۴۲۸/۶۹	۹/۶۴



شکل ۱۰. تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه به روش استوری

تناسب متوسط (S_2)، ۹/۴۶ درصد از اراضی دارای تناسب حد واسط (S_3) و ۹/۶۴ درصد از اراضی نامناسب (N) تشخیص داده شدند (جدول ۸ و شکل ۱۰) .

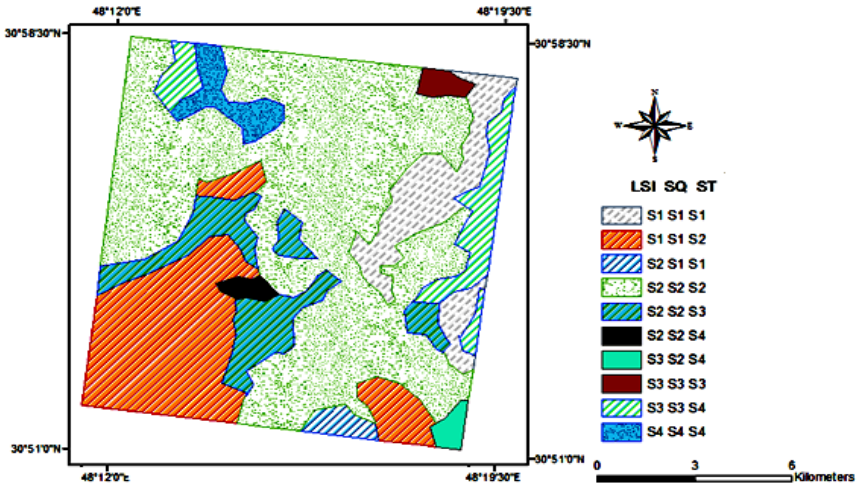
در مقایسه با روش‌های ریشه دوم و استوری، نتایج مدل پیشنهاد شده در این تحقیق نشان می‌دهد که ۲۷/۴ درصد از اراضی در کلاس بسیار مناسب (S_1)، ۶۲/۸۳ درصد از اراضی دارای تناسب متوسط (S_2)، ۷/۱۱ درصد از اراضی دارای تناسب حد واسط (S_3) و ۲/۶۶ درصد از اراضی در کلاس نامناسب (N) قرار گرفته‌اند (جدول ۸). این نتایج با نتایجی که از روش ریشه دوم به‌دست آمده مطابقت قابل توجهی را نشان می‌دهد (جدول ۷).

به‌منظور بررسی و مقایسه بیشتر نتایج به‌دست آمده از مدل پیشنهاد شده و روش‌های ریشه دوم و استوری از ضریب کاپا استفاده شد. ضریب کاپا محاسبه شده بین مدل پیشنهادی و روش ریشه دوم ۰/۸۲ است. این مقدار نشان‌دهنده سطح بالایی از هماهنگی بین مدل پیشنهاد شده و روش ریشه دوم است.

جدول ۹. مقایسه روش‌های استوری و ریشه دوم با روش مورد استفاده

روش استوری	روش ریشه دوم
صحت کلی ۵۹/۳۷ درصد	صحت کلی ۹۰/۰۰ درصد
ضریب کاپا ۳۸/۰۰ درصد	ضریب کاپا ۸۲/۰۰ درصد
درستی طبقات کلاس‌بندی	درستی طبقات کلاس‌بندی

روش استوری	روش مورد استفاده	کلاس	روش ریشه دوم	روش مورد استفاده	کلاس
۵۰/۰۰	۷۵/۰۰	S_1	۱۰۰/۰۰	۷۱/۴۲	S_1
۷۰/۰۰	۸۲/۳۵	S_2	۹۰/۴۶	۹۵/۰۰	S_2
۲۰/۰۰	۲۰/۰۰	S_3	۸۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	S_3
۱۰۰/۰۰	۱۶/۶۶	N	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	N



شکل ۱۱. تلفیق سه روش برآورد تناسب اراضی (روش مورد مطالعه، روش ریشه دوم و روش استوری)

کلاس‌های ارزیابی تناسب اراضی به‌ترتیب از راست به چپ: روش استوری، روش ریشه دوم و روش مورد مطالعه

همچنین ضریب کاپا محاسبه شده بین مدل پیشنهاد شده و روش استوری ۰/۳۸ است که بیانگر وجود هماهنگی متوسط بین این دو روش است (جدول ۹).

شکل (۱۱) نقشه تلفیقی از سه روش مورد استفاده است. در این شکل بیشترین مساحت طبقات مربوط به کلاس $S_2S_2S_2$ با ۵۲/۳۴ درصد از سطح محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشتر مساحت این منطقه در سه روش مورد بررسی، در کلاس نسبتاً مناسب قرار دارد (جدول ۱۰). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج به‌دست آمده از سایر تحقیقات مشابه، قابل مقایسه است (۱ و ۲۷).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مشخص شد که بیشتر منطقه مورد مطالعه در کلاس مناسب و نسبتاً مناسب برای کشت نیشکر قرار گرفته است. نتایج به‌دست آمده از روش تناسب اراضی مبتنی بر کیفیت خاک با روش ریشه دوم مطابقت خوبی (کاپا ۰/۸۲) دارد. مقایسه روش تناسب اراضی مبتنی بر کیفیت خاک با روش استوری نشان

جدول ۱۰. تناسب اراضی به روش تلفیقی

کلاس تناسب	مساحت (هکتار)	در صد مساحت
$S_1 S_1 S_1$	۱۲۸۰/۷۲	۸/۶۵
$S_1 S_1 S_2$	۲۷۷۷/۵۷	۱۸/۷۵
$S_2 S_1 S_1$	۱۷۲/۵۴	۱/۱۶
$S_2 S_2 S_2$	۷۷۵۲/۵۸	۵۲/۳۴
$S_2 S_2 S_3$	۱۲۷۵/۱۴	۸/۶۱
$S_2 S_2 S_4$	۱۰۷/۳۴	۰/۷۲
$S_3 S_2 S_4$	۱۱۴/۵۲	۰/۷۷
$S_3 S_3 S_3$	۱۲۶/۰۳	۰/۸۵
$S_3 S_3 S_4$	۸۱۲/۵۴	۵/۴۹
$S_4 S_4 S_4$	۳۹۴/۲۹	۲/۶۶

کلاس‌های ارزیابی تناسب ارضی به‌ترتیب از راست به چپ: روش استوری، روش ریشه دوم و روش مورد مطالعه

می‌دهد که این دو روش دارای هماهنگی نسبتاً پایینی با یکدیگر هستند (کاپا ۰/۳۸).

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق می‌تواند در مدیریت صحیح و علمی اراضی تحت کشت، برنامه‌ریزی کارامد استفاده از اراضی و تعیین علمی انتخاب نوع کشت به‌صورت مکان‌مند و منطقه‌ای سودمند باشد. بدیهی است در شرایط یکسان مکان‌مند بودن و استفاده از تعداد و گستردگی بیشتر پارامترهای خاکشناسی در روش تناسب اراضی مبتنی بر کیفیت خاک، منجر به قابل اطمینان بودن و برتری نتایج به‌دست آمده نسبت به روش‌های استوری و ریشه دوم می‌شود. با توجه به استفاده روز افزون از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، امید است در مطالعات آینده ارزیابی اراضی جایگزین کردن این روش با روش‌های قدیمی مورد توجه بیشتر کارشناسان قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Ashraf, S. and B. Normohammadan. 2011. Qualitative evaluation of land suitability for wheat in northeast Iran using FAO methods. *Indian Jornal of Science of Technology* 4: 703–707.
2. Ashraf, S., R. Munokyan, B. Normohammadan and A. Babaei. 2010. Qualitative land suitability evaluation for growth of wheat in northeast of Iran. *Reserch Journal of Biology Science* 5: 548–552.
3. Akıncı, H., A. Yavuz Ozalp and B. Turgut. 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture* 97: 71–82.
4. Bowman, R. A. 1988. A rapid method to determine total phosphorus in soils. *Soil Science Society American Journal* 52: 1301-1304.
5. Chen, J. 2014. GIS-based multi-criteria analysis for land use suitability assessment in City of Regina. *Environmental Systems Reserch* 3: 1–10.
6. El Baroudy, A. A. 2016. Mapping and evaluating land suitability using a GIS- based model. *Catena* 140: 96–104.
7. FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soils Bulletin. No. 32. FAO, Rome.
8. FAO. 1985. Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture. Soil Bulletin. No. 55. FAO. Rome.
9. FAO. 1991. Guidelines for Land Evaluation for Extensive Grazing. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soils Bulletin. No. 58. FAO, Rome.
10. FAO. 2006. Guidelines for Soil Description. Fourth ed. FAO. Rome (ISBN 92-5-105521-1).
11. Halder, J. C. 2013. Land suitability assessment for crop cultivation by using remote sensing and GIS. *Journal of*

Geography and Geology 5: 65–74.
12. Jackson, M. L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Engle-wood Cliffs, N. S. Constable & Co. Ltd., London.
13. Jackson, M. L. 1973. Soil Chemical Analysis. Constable and Co. Ltd. Prentice Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi.
14. Khiddir, S. M. 1986. A Statistical Approach in the Use of Parametric Systems Applied to FAO Framework for Land Evaluation. State University of Ghent. Belgium.
15. Klute, A. 1995. Hydraulic conductivity and diffusivity. PP. 115-184. *In:* Physical and Mineralogical Methods. Second ed. American Society of Agronomy. Madison. WI.
16. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zink, iron, manganese and copper. *Soil Science Society American Journal* 43: 966–972.
17. Maleki, P., A. Landi, G. H. Sayyad, J. Baninemeh and G. H. Zareian. 2010. Application of fuzzy logic to land suitability for irrigated wheat. *In:* Proceeding of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane. Australia.
18. Mustafa, A. A., M. Singh, R. N. Sahoo, N. Ahmed, M. Khanna, A. Sarangi and A. K. Mishra. 2011. Land suitability analysis for different crops: a multi criteria decision making approach using remote sensing and GIS. *Researcher* 3: 61–84.
19. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis. 2 Ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, U.S.A.
20. Rezaei, S. A., R. J. Gilkes, S. S. Andrews and H. Arzani. 2006. Soil quality assessment in semiarid rangeland in Iran. *Soil Use Management* 21: 402–409.
21. Rono, F. and C. Mundia. 2016. GIS based suitability analysis for coffee farming in Kenya. *Internatinal Journal of Geomatics and Geosciences* 6: 3-16.
22. Storie, R. 1978. Storie Index Rating. University of California Division of Agricultural Sciences Special Publication 3203, Oakland.
23. Sys, C., E. Van Ranst and J. Debaveye. 1991. Land Evaluation. Part III. General Administration for Development Cooperation, Brussels.
24. Sys, C., E. Van Ranst, J. Debaveye and F. Beernaert. 1993. Land Evaluation. Part III. Crop Requirements. Agr Publication No. 7. ITC Ghent.
25. USDA. 2014. Keys to Soil Taxonomy. Eleventh ed. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service (NRCS). United States.
26. Vargahan, B., F. Shahbazi, M. Hajrasouli. 2011. Quantitative and qualitative land suitability evaluation for maize cultivation in Ghobadlou Region. *Iranian Journal of Applled Science* 4: 91–104.
27. Zabihi, H., A. Ahmad, I. Vogeler, M. Nor Said, M. Golmohammadi, B. Golein and M. Nilashi. 2015. Land suitability procedure for sustainable citrus planning using the application of the analytical network process approach and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture* 117: 114–126.
28. Zahirnia, A. and M. Alimohamadi. 2007. Investigation of morphological, physicochemical, mineralogical and classification of cultivated sugarcane lands in southern Khuzestan. *In:* Proceeding of the 10th Iranian Soil Science Congress, Karaj, Iran.
29. Zahirnia, A. and H. Matinfar. 2016. Estimation of yield of irrigated wheat fields based on data from Landsat 8 satellite in southwestern region of Khuzestan province. *In:* Proceeding of the First National Conference on Remote Sensing and Geographic Information Systems in Earth Sciences. Shiraz, Iran.

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 23, No. 2, Summer 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Determination of the Land Suitability of Sugarcane Fields Based on Soil Quality Index Using a Geographic Information System

A. R. Zahirnia* and H. R. Matinfar[1]

(Received: August 10-2017 ; Accepted: June 25-2018)

Abstract

Determination of land suitability is one of the land evaluation methods that can determine the best use of land in each area. The purpose of this research was to determine the land suitability of Mirza Kuchak Khan's cultivation and industry fields based on the soil quality indicators and a geographic information system (GIS), and compare the results with those obtained by methods of land evaluation and root strategies. For this purpose, information on soil profiles and the amount of organic matter, phosphorus, nitrogen, potassium, zinc, drainage, texture, depth, topography, surface rocks and gravel, impervious layer depth, hydraulic conductivity, water holding capacity, electrical conductivity, reaction PH), calcium carbonate, and exchangeable sodium percent of the study area were collected. Land suitability classes based on the quality indices of fertility, chemical quality, and physical quality of soil were defined. The results showed that 27.4% of the land belonged to the very good class (S1), 62.83% of the land could be assigned to the suitable class (S2), 11.7% of the land was put in the low proportion class (S3), and 2.66% the land was in the inappropriate class (N). Also, based on the comparison of the results of the method based on the soil quality with the square root method, Kappa coefficient was 0.82, while it was equal to 0.38 for the Storie method.

Keywords: Land Evaluation, Khuzestan South West Region, Digital Maps, Storie Method, Square Root Method

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: arzahirnia@gmail.com