

ارزیابی کارایی شاخص‌های اصلاح شده اراضی در تعیین پتانسیل تولید ذرت دانه‌ای به روش فائو

مسلم ثروتی^{۱*}، حمیدرضا ممتاز^۲، بهنام ذالی ورگهان^۳، حسن محمدی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۱۴)

چکیده

برای شناخت محدودیت‌های محیطی تولید و برنامه‌ریزی صحیح کشت، ارزیابی تناسب اراضی و تخمین پتانسیل امری ضروری است. یکی از پرکاربردترین روش‌ها در ارزیابی تناسب اراضی و محاسبه پتانسیل تولید روش فائو است. این تحقیق به منظور مقایسه شاخص‌های اصلاح نشده و اصلاح شده اراضی برای تعیین پتانسیل تولید ذرت دانه‌ای انجام گردید. جهت نیل به اهداف، داده‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی از ۱۶ واحد اراضی اخذ گردید، سپس بر اساس مدل AEZ ابتدا تولید پتانسیل یا پتانسیل حرارتی-تابشی تولید برآورد و سپس شاخص خاک به روش‌های استوری و ریشه دوم که موید اثر مشخصات محدود کننده آن در کاهش تولید می‌باشد، محاسبه گردید. نهایتاً پتانسیل تولید اراضی به روش فائو از ضرب شاخص‌های خاک در تولید پتانسیل حاصل گردید. نتایج نشان داد که در روش‌های پارامتریک (فرمول استوری و ریشه دوم) شاخص‌های اصلاح نشده اراضی نسبتاً پایین‌تر از حد قابل انتظار بود. برای رفع این مشکل شاخص‌های اراضی اصلاح گردید که نتایج باعث بهبود کلاس‌های تناسب اراضی گردید. ضرایب تشخیص روابط رگرسیونی بین پتانسیل تولید اراضی و عملکرد مشاهده شده، به ترتیب ۰/۷۹، ۰/۸۴، ۰/۸۶ و ۰/۹ برای مدل‌های استوری اصلاح نشده، ریشه دوم اصلاح نشده، استوری اصلاح شده و ریشه دوم اصلاح شده می‌باشد. با توجه به نتایج فوق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مدل ارائه شده به روش ریشه دوم اصلاح شده با توجه به ضریب تشخیص بالاتر و خطای پایین‌تر نسبت به سایر روش‌ها، عملکرد مشاهده شده را بهتر پیش‌بینی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل تولید، ذرت دانه‌ای، شاخص‌های اصلاح شده اراضی، فائو

۱- استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه ارومیه

۳- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک دانشگاه شاهد تهران

* پست الکترونیک: m.sarvati@urmia.ac.ir

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جوامع بشری و توسعه شهرها و مراکز صنعتی که عوامل مؤثر در محدود شدن زمین‌های کشاورزی هستند، نیاز به استفاده بهینه از اراضی بیش از زمان‌های گذشته احساس می‌شود. همچنین کشاورزی پایدار زمانی تحقق می‌پذیرد که اراضی کشاورزی بر حسب تناسب آن‌ها برای اهداف مختلف کاربری‌ها طبقه‌بندی شوند که در این میان ارزیابی کیفی و کمی تناسب اراضی یک راه کار محسوب می‌گردد (Ayoubi & Jalalian, 2010). ارزیابی کیفی تناسب اراضی با استفاده از روش فائو، از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی تناسب اراضی است که بر اساس آن گروه‌بندی قسمت‌های مختلف اراضی یک منطقه بر حسب درجه تناسب آن‌ها برای انواع استفاده‌های پیش‌بینی شده و با در نظرگیری فاکتورهای فیزیکی اراضی صورت می‌گیرد.

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 (Sys et al., 1991a). مطالعات زیادی با این روش در ایران و نقاط مختلف دنیا صورت پذیرفته است. یاسمینا و همکاران (Yasmina et al., 2000) از روش پارامتریک برای ارزیابی اراضی استان بن‌اسلیمین در مراکش استفاده و نشان دادند که اکثر اراضی دارای تناسب بحرانی S_3 بوده و بافت، عمق و زهکشی مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه می‌باشند. رحیمی لک و همکاران (Rahimi Lak., 2009) در منطقه رودبار، مطالعات ارزیابی کیفی تناسب اراضی را برای تیپ بهره‌وری زیتون انجام دادند. نتایج نشان داد که کلاس اقلیم منطقه دارای تناسب بالا (S_1) بوده و عامل‌های توپوگرافی، ذرات درشت‌تر از شن، عمق خاک، شوری و قلیائیت از عمده عامل‌های محدودکننده می‌باشند. در ارزیابی کمی تناسب اراضی نیز ابتدا تولید پتانسیل با توجه به پتانسیل ژنتیکی محصول و ویژگی‌های گیاهی و داده‌های اقلیمی (تابش خورشیدی و درجه حرارت) محاسبه و سپس اثرات خاکی و مدیریتی با استفاده از محاسبه شاخص خاک و مدیریت اعمال گردید. نتایج نشان داد که روش میزان تولید را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. چینن (Chinene, 1991) میزان تولید را برای محصولات آفتابگردان، ذرت و کتان در

منطقه کاپینی زامبیا با استفاده از مدل فائو برآورد نمود. نتایج مؤید این بود که با وجود همبستگی زیاد بین عملکرد محاسبه شده و عملکرد مشاهده شده، اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار است که این اختلاف ناشی از سطح‌های مدیریتی مختلف اراضی می‌باشد. اشرف (Ashraf et al., 2011) پتانسیل تولید منطقه‌ای واقع در شمال دامغان در استان سمنان را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی بر مبنای روش فائو برای کاشت گندم تعیین کرد. پتانسیل تولید زمین در این منطقه بین ۳۸۰ و ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پایین بودن پتانسیل تولید زمین در برخی واحدهای نقشه به علت محدودیت شوری و قلیائیت تشخیص داده شد. همچنین پتانسیل تولید این منطقه برای کشت جو توسط اشرف و همکاران (Ashraf et al., 2011) بین ۳۵۳ و ۵۲۷۸ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. اعتدالی و همکاران (Etedali et al., 2012) و ثروتی و همکاران (Servati et al., 2014) کارایی بیشتر روش فائو را در برآورد پتانسیل تولید به ترتیب نسبت به روش‌های واگنینگن و آلبرو گزارش نمودند. از آنجایی که برای ارزیابی تناسب اراضی و پیش‌بینی پتانسیل تولید اراضی با استفاده از مدل‌های فائو، به ترتیب از شاخص‌های اراضی و خاک استفاده می‌شود و تاکنون از شاخص‌های اصلاح نشده استفاده می‌شده است، در این تحقیق از شاخص‌های اصلاح شده در ارزیابی اراضی قبادلو عجب‌شیر از استان آذربایجان شرقی برای ذرت آبی استفاده شد و نتایج با نتایج حاصل از به‌کارگیری شاخص‌های اصلاح نشده مقایسه گردید.

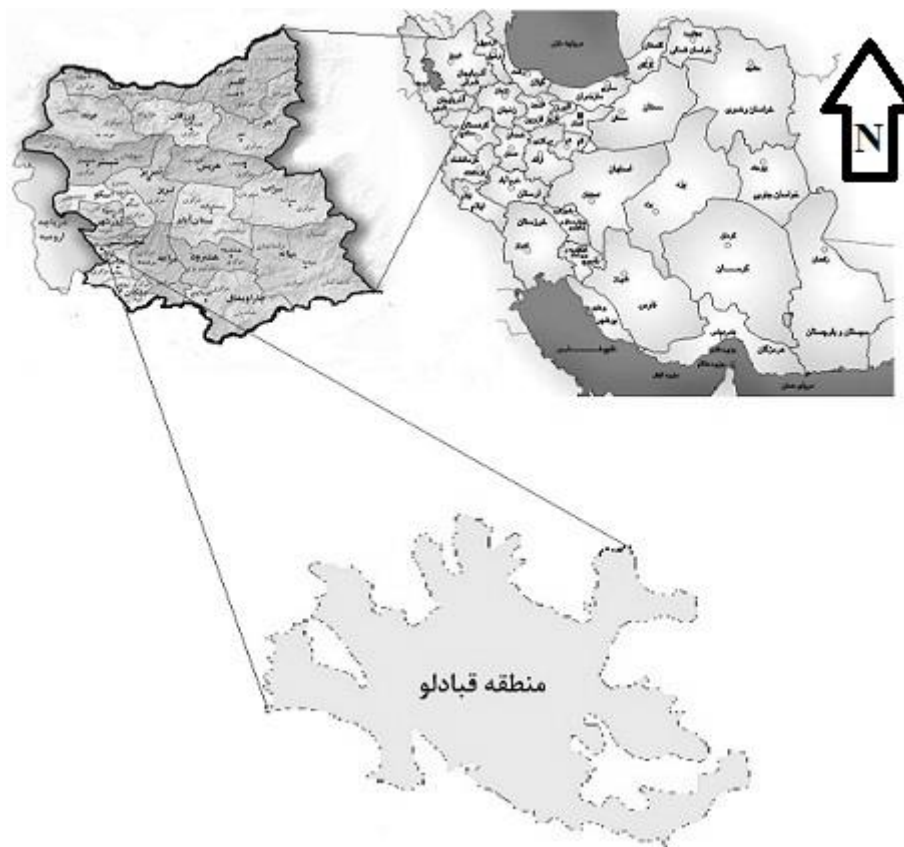
مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مطالعاتی

منطقه قبادلو شهرستان عجب‌شیر با وسعت حدود ۱۰۰۰ هکتار در استان آذربایجان شرقی، بین طول‌های جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض‌های بین ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی در جنوب غرب تبریز (شکل ۱) قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالیانه ۳۲۲/۴ میلی‌متر، متوسط دمای سالیانه ۱۳/۶ درجه سلسیوس بین سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۰ است. رژیم حرارتی و رطوبتی منطقه

مورد مطالعه به لحاظ چینه‌شناسی مربوط به دوران‌های دوم و چهارم زمین‌شناسی است که قدیمی‌ترین آن سازندهای مربوط به دوره کرتاسه از دوران دوم که شامل ارتفاعات بوده و سازندهای کواترنری که شامل دشت‌های حاصلخیز مسطح و هموار منطقه قبادلو می‌باشد (Geology Map, 2006).

به ترتیب مزیک و زریک بوده و اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه نیمه‌خشک سرد می‌باشد. خاک‌های مورد مطالعه بر اساس کلید رده‌بندی آمریکایی (Soil Survey Staff., 2014) در رده‌های انتی‌سول‌ها، اینسپتی‌سول‌ها و اریدی‌سول‌ها قرار گرفتند. شایان ذکر است که خاک‌های اریدی‌سول در این منطقه از نوع زیر رده سالدز می‌باشند. سازندهای عمده محدوده



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

Fig.1. Location of the study area (East Azarbaijan, IRAN)

حاصلخیزی می‌گردد. بنابراین با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی در این تحقیق برای محاسبه شاخص‌های اراضی از ویژگی‌های مورد استفاده برای مناطق خشک استفاده گردید. شایان ذکر است که به غیر از ویژگی‌های سیل‌گیری، زه‌کشی و توپوگرافی از میانگین وزنی و ضرایب عمقی تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری (با توجه به یک ساله بودن تیپ بهره‌وری ذرت) برای محاسبه سایر ویژگی‌های به کار رفته استفاده شد (Sys et al., 1991a). سپس این ویژگی‌ها با نیازهای رویشی ذرت آبی بر اساس جدول‌های ساینس و همکاران (SYS) مقایسه و درجه تناسب هر

ارزیابی کیفی تناسب اراضی

برای انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی ۱۶ واحد اراضی در منطقه مطالعاتی انتخاب گردید.

از آنجایی که در مناطق مرطوب ویژگی‌های اراضی مورد استفاده در ارزیابی تناسب اراضی شامل اقلیم، توپوگرافی، زه‌کشی، سیل‌گیری، مجموعه بافت-سنگریزه-عمق و سه ویژگی مربوط به حاصلخیزی خاک (ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری (ACEC)، کاتیون‌های بازی یا pH و کربن آلی می‌باشد، برای مناطق خشک، ویژگی‌های گچ، آهک و شوری و قلیائیت جایگزین ویژگی‌های مرتبط با

جدول ۱- مقادیر شاخص اراضی برای کلاس‌های تناسب اراضی
(Sys et al., 1991a)

Table 1: Land index values for land suitability classes (Sys et al., 1991a)

کلاس تناسب Suitability classes	شاخص اراضی Land indices
S ₁ = تناسب بالا (Highly suitable)	75-100
S ₂ = تناسب متوسط (Moderately suitable)	50-75
S ₃ = تناسب بحرانی (Marginal suitable)	25-50
N ₁ = در حال حاضر نامناسب (Actual unsuitable)	12.5-25
N ₂ = نامناسب دائمی (Permenet unsuitable)	0-12.5

ارزیابی کمی تناسب اراضی

در این روش، بر اساس پتانسیل ژنتیکی محصول و ویژگی‌های گیاهی آن، با استفاده از داده‌های اقلیمی همانند تابش خورشید و درجه حرارت، مقدار تولید پتانسیل برآورد گردید. معادله نهایی برای برآورد تولید پتانسیل محصول با استفاده از پهنه‌بندی اکولوژیکی-زراعی از روابط FAO, 1983, 1991,) و ۱۴ و ۱۵ قابل محاسبه است (1996).

$$Y = \frac{0.36 \text{ bgm} \cdot \text{KLAI} \cdot \text{Hi}}{\frac{1}{L} + 0.25 C_t} \quad (13)$$

$$\text{bgm} = f \times \text{bo} + (1 - f) \times \text{bc} \quad (14)$$

$$C_t = C_{30}(0.044 + 0.0019 t + 0.001 t^2) \quad (15)$$

Y: تولید پتانسیل یا پتانسیل گرمایی-تابشی تولید (کیلوگرم وزن خشک در هکتار)، bgm: حداکثر سرعت تولید ناخالص زیست‌توده (کیلوگرم بر هکتار در ساعت)، KLAI: نسبت حداکثر سرعت تولید ناخالص زیست‌توده وقتی که شاخص سطح برگ غیر پنج بوده نسبت به وقتی که پنج است، چنانچه قبلاً نیز ذکر گردید از روی نمودار مربوطه (Sys et al., 1993) قابل محاسبه است. Hi: شاخص برداشت که از تقسیم وزن دانه بر وزن کل بوته به دست می‌آید، l: طول سیکل رشد (روز)، Ct: ضریب تنفس، C₃₀: برای لگوم‌ها برابر ۰/۰۲۸۳ و برای غیرلگوم‌ها برابر ۰/۰۱۰۸ می‌باشد، t: متوسط درجه حرارت در طول سیکل رشد، f: بخشی از روز که آسمان ابری است، (1-f):

ویژگی محاسبه و در نهایت با استفاده از رابطه ۱ (Khiddir, 1986) و رابطه ۲ (Storie, 1950) شاخص اراضی اصلاح نشده (LI) برای هر واحد محاسبه گردید.

$$LI = R_{\min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \dots} \quad (1)$$

$$LI = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \dots \quad (2)$$

در این روابط، A، B و C و... درجات تناسب تخصیص یافته به هر یک از ویژگی‌های اراضی و R_{min} درجه تناسب حداقل در بین ویژگی‌هاست. سپس شاخص‌های اصلاح‌نشده اراضی با استفاده از رابطه‌های ۳ تا ۷ برای روش استوری و رابطه‌های ۸ تا ۱۲ برای روش ریشه دوم (Sys et al., 1991a)، به شاخص‌های اصلاح‌شده اراضی تبدیل شدند.

$$CLI = 75 + (SLI - 43)0.439 \quad \text{کلاس } S_1 \quad (3)$$

$$CLI = 50 + (SLI - 10)0.333 \quad \text{کلاس } S_2 \quad (4)$$

$$CLI = 25 + (SLI - 1)0.424 \quad \text{کلاس } S_3 \quad (5)$$

$$CLI = (SLI)0.625 \quad \text{کلاس } N_1 \quad (6)$$

$$CLI = SLI \quad \text{کلاس } N_2 \quad (7)$$

$$CLI = 75 + (SQRI - 60)0.625 \quad \text{کلاس } S_1 \quad (8)$$

$$CLI = 50 + (SQRI - 24)0.410 \quad \text{کلاس } S_2 \quad (9)$$

$$CLI = 25 + (SQRI - 5)0.455 \quad \text{کلاس } S_3 \quad (10)$$

$$CLI = (SQRI)0.625 \quad \text{کلاس } N_1 \quad (11)$$

$$CLI = SQRI \quad \text{کلاس } N_2 \quad (12)$$

چنانچه کمترین درجه تناسب مربوط به ۸ ویژگی، ۸۵ یا بیشتر باشد از رابطه‌های کلاس S₁، ۶۰ تا ۸۵ از رابطه‌های کلاس S₂، ۴۰ تا ۶۰ از رابطه‌های کلاس S₃، ۲۵ تا ۴۰ از رابطه‌های کلاس N₁، کمتر از ۲۵ از رابطه‌های کلاس N₂ استفاده می‌گردد. در این رابطه‌ها 'CLI' شاخص اصلاح‌شده اراضی، 'SLI' شاخص اصلاح‌نشده اراضی به روش استوری و 'SQRI' شاخص اصلاح‌نشده اراضی به روش ریشه دوم می‌باشد. در نهایت کلاس تناسب اراضی با استفاده از جدول ۱ برای شاخص‌های اصلاح‌شده و اصلاح نشده اراضی تعیین گردید.

1- Corrected Land Indices

2 - Storie Land Indices

3 - Square Root Land Indices

مشخصات گیاه مثل شاخص برداشت و شاخص سطح برگ در آزمایشگاه اندازه‌گیری و حداکثر سرعت فتوسنتز با توجه به تیپ بهره‌وری از روی نمودار مربوطه (Sys et al., 1993) برآورد گردید. متوسط ۲۰ ساله اطلاعات هواشناسی منطقه بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ از ایستگاه هواشناسی کلیماتولوژی عجب‌شیر نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه فراهم شد.

بخشی از روز که آسمان آفتابی است که از اطلاعات اقلیمی منطقه برآورد گردید، bo : حداکثر سرعت تولید ناخالص زیست‌توده ناخالص در روزهای ابری (کیلوگرم بر هکتار در روز)، bc : حداکثر تولید زیست‌توده ناخالص در روزهای روشن (کیلوگرم بر هکتار در روز) می‌باشد. مقادیر bo و bc با توجه به عرض جغرافیایی منطقه قبالو، از جدول ۲ ارائه شده توسط دویت (De Wit, 1965) محاسبه گردید.

جدول ۲- مقادیر پارامترهای bo و bc در عرض‌های جغرافیایی ۳۰ و ۴۰ درجه (De Wit, 1965)
Table 2: bc and bo parameters amount in 30 and 40 degree latitude (De Wit, 1965)

Dec	Nov	Oct	Sep	Aug	Jul	Jun	May	Ave	Mac	Feb	Jan	پارامتر Factore	عرض جغرافیایی Latitude
269	299	356	412	456	483	489	471	437	385	333	281	Bc	30°
130	148	182	216	243	258	261	251	232	200	168	137	Bo	
204	241	314	390	455	497	507	480	427	353	283	218	Bc	40°
91	112	155	200	239	263	268	253	223	178	137	99	Bo	

گرفت. صحت (خطای) روش‌های مورد مطالعه نیز از طریق میانگین اریبی خطا (MAE) رابطه ۱۶ بررسی گردید.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n |zi(x) - z(x)| \quad (16)$$

پس از محاسبه تولید پتانسیل، این مقدار در شاخص خاک اصلاح شده و اصلاح نشده هر واحد ضرب و پتانسیل تولید زمین بر حسب وزن تر در هکتار محاسبه شد. شاخص خاک از تلفیق پارامترهای موثر در تناسب اراضی با روش استوری یا ریشه دوم بدون دخالت اقلیم قابل محاسبه است. استفاده از شاخص‌های خاک به جای شاخص اراضی به دلیل جلوگیری از تأثیرگذاری مجدد ویژگی‌های اقلیمی است (Sys et al., 1991b).

برای اندازه‌گیری تولید مشاهده شده در واحد سطح از یک کادر مربع چوبی به ابعاد یک متر در یک متر استفاده گردید.

اعتبارسنجی روش‌ها

به‌منظور ارزیابی دقت روش‌های به‌کار رفته، همبستگی بین پتانسیل پیش‌بینی شده تولید اراضی، محاسبه شده با استفاده از شاخص‌های اصلاح شده و اصلاح نشده خاک از یک طرف و عملکرد زارعین (مشاهده شده) از طرف دیگر، از طریق برقراری رابطه رگرسیونی، مورد بررسی قرار

نتایج و بحث

دوره رشد در منطقه مطالعاتی

براساس اطلاعات بارندگی، تبخیر-تعرق و محاسبات به‌عمل آمده با استفاده از نرم افزار CDBm در سیستم میکروولیز (De la Rosa et al., 1992) که بر اساس سیستم فائو عمل می‌کند، در منطقه قبالو عجب‌شیر شروع دوره رشد ۱۰ مهر تا ۱۰ دی + ۱۰ اسفند تا ۲۵ خرداد و طول دوره ۱۹۷ روز است. از آن جایی که دوره رشد ذرت در منطقه از ۲۰ اردیبهشت تا ۲۵ شهریور بوده فقط مدت کوتاهی از آن در دوره رشد واقع شده و قسمت اعظم آن خارج از دوره رشد است. لذا دوره رشد منطقه از لحاظ رطوبت برای کاشت و پرورش ذرت کامل نیست. بنابراین منطقه برای کشت ذرت دیم نامناسب است و بایستی آبیاری صورت گیرد. نتایج به‌دست آمده با نتایج اعتدالی و گیوی (Etedali et al., 2012) در اطراف شهرکرد و ثروتی (Servati, 2013) در منطقه خواجه (استان آذربایجان شرقی) که گزارش کرده‌اند دوره کوتاهی از دوره رشد تیپ بهره‌وری انتخابی در این مناطق با دوره رشد مدل منطبق

جدول ۳ می‌باشد. جهت تفکیک دوره‌های رشد به دوره های فرعی در منطقه مطالعاتی از نتایج تحقیقات محلی استفاده گردید. سپس محدودیت عوامل اقلیمی برای کشت ذرت جدول ۴ با استفاده از داده‌های اقلیمی و جداول پیشنهادی سایس برای اقلیم (Sys et al., 1993) برآورد گردید.

است و در بقیه دوره رشد نیاز به آبیاری دارد، هم‌خوانی دارد.

ارزیابی کیفی تناسب اراضی

یکی از مراحل ارزیابی تناسب اراضی با روش فائو (Sys et al., 1991a)، تعیین دوره‌های رشد و دوره‌های فرعی آن

جدول ۳- مراحل مختلف دوره رشد ذرت دانه‌ای در منطقه مطالعاتی

Table 3: Study of maize growth cycle in the region

طول سیکل رشد Growing cycle length	سیکل رشد Growing cycle	برداشت Harvest	مرحله رسیدن Ripping stage	دوره گلدهی Flowering Stage	دوره رشد رویشی Vegetation Stage	تیپ بهره‌وری Utilization Stage
128 روز	20 اردیبهشت تا 25 شهریور	25 شهریور	5 تا 25 شهریور	25 خرداد تا 5 شهریور	20 اردیبهشت تا 25 خرداد	ذرت دانه‌ای Maize

جدول ۴- میانگین ویژگی‌های اقلیمی مربوط به ایستگاه هواشناسی عجب‌شیر و شاخص‌های تناسب آن‌ها برای ذرت

Table 4: Mean Climatic characteristics of the meteorological station of Ajabshir for 20 years and their Suitability indices for maize

روش پارامتریک Parametric methods	اطلاعات اقلیمی Climate data	مشخصات اقلیمی در طول فصل رشد Climate Characteristics in growing cycle
98.6	23.4	میانگین دما در طول فصل رشد Mean temprature of growing cycle
99	16.8	میانگین دمای حداقل در طول فصل رشد Minimum mean temprature of growing cycle
75.3	39.7	درصد رطوبت نسبی در طول مرحله توسعه Relative humidity percentage of developing stage
96.5	33	درصد رطوبت نسبی در طول مرحله بلوغ Realatine humidity percentage of ripping stage
90.3	0.67	n/N در طول مرحله توسعه n/N in developing stage
97.3	0.79	n/N در طول مرحله بلوغ n/N in ripping stage

وزنی ویژگی‌های اراضی که در تعیین تناسب اراضی برای ذرت دانه‌ای مؤثرند، با استفاده از جدول ضرایب وزنی عمق‌های مختلف خاک برای هر یک از واحدهای اراضی محاسبه گردید. سپس درجه تناسب ویژگی‌های واحدهای مختلف اراضی جدول ۶ برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه بر اساس مقایسه ویژگی‌های خاک و زمین‌نما با جدول‌های نیازهای خاکی و زمین‌نمای پیشنهادی سایس و همکاران (Sys et al., 1993) محاسبه شد.

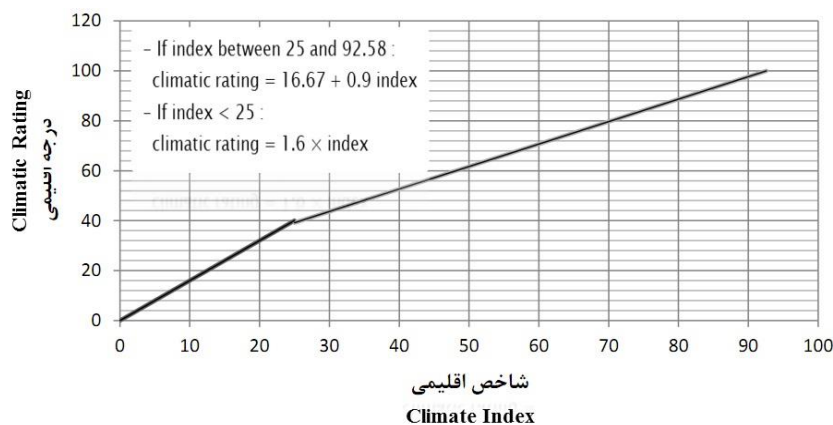
در مقیاس محلی که تغییرات اقلیم اندک است، ویژگی‌های پستی‌وبلندی عوامل تعیین‌کننده موفقیت کشت هستند. پستی‌وبلندی به صورت مستقیم، از طریق تأثیر بر فراهمی آب در بخش‌های گوناگون زمین‌نما و به‌صورت

نهایتاً درجه تناسب شاخص‌های اقلیمی با استفاده از روش پارامتریک (استوری و ریشه دوم) تلفیق و شاخص تناسب نهایی اقلیم به ترتیب ۶۷ و ۷۱/۱ برای روش‌های استوری و ریشه دوم محاسبه شد. روش ریشه دوم به دلیل استفاده از جذر ویژگی‌های مؤثر در ارزیابی تناسب اراضی اثرات متقابل را کم کرده و شاخص اراضی بزرگتر از روش استوری است. نهایتاً درجه‌های تناسب اقلیمی با استفاده از شکل ۲ به درجه اقلیمی جدول ۵ تبدیل و کلاس تناسب آن تعیین گردید.

چنانچه مشاهده می‌شود، اقلیم برای کشت آبی تیپ بهره‌وری ذرت، محدودیتی ایجاد نمی‌کند. برای تعیین درجه تناسب خاک و زمین‌نما، ابتدا مقادیر و میانگین

مطالعاتی برای محصولات انتخابی گزارش نمود. بافت خاک مهم‌ترین عامل محدودکننده در بسیاری از واحدهاست. جعفرزاده و همکاران (Jafarzadeh *et al.*, 2008) بافت را یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده منطقه بیلوردی برای گیاه ذرت دانه‌ای گزارش نمودند. نهایتاً با تلفیق درجه‌های تناسب ویژگی‌های مختلف اراضی با استفاده از روابط استوری و ریشه دوم، شاخص اصلاح نشده اراضی محاسبه و با استفاده از روابط ۳ تا ۱۲ تبدیل به شاخص اصلاح شده اراضی گردید و کلاس تناسب اراضی نهائی با هر دو شاخص تعیین شد (جدول ۷).

غیرمستقیم، از طریق اثر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند ماده‌آلی، درصد اشباع بازی، دمای خاک و توزیع اندازه ذرات، بر رشد و تولید مؤثر است (Jiang & Thelen, 2004). بنابراین، در برخی از واحدهای اراضی که شیب آن‌ها چندان زیاد نیست (به‌غیر از واحد ۷ که درجه تناسب آن در محدوده بحرانی است)، می‌توان با انجام عملیات تسطیح، اقدام به اصلاح اراضی نمود. در برخی از واحدهای اراضی مازاد گچ (۱۰ و ۱۶) و شوری و قلیائیت (۱۲ و ۱۶) بیشترین محدودیت را ایجاد کرده‌اند. اگر چه شوری قابل اصلاح است، اما نیاز به انجام مطالعات بیشتر و سرمایه‌گذاری دارد. ثروتی (Servati, 2013) در منطقه خواجه شوری، قلیائیت و مازاد گچ را در واحدهای مختلف اراضی، مهم‌ترین عامل محدودکننده در تناسب منطقه



شکل ۲- رابطه بین شاخص و درجه اقلیمی (Sys *et al.*, 1991b)

Fig.2. Climate indices values for Climate rating (Sys *et al.*, 1991b)

جدول ۵- درجه و کلاس تناسب اقلیم بر اساس روش‌های استوری و ریشه دوم

Table 5: Climate rating and suitability classes for maize by Storie and Root mean square methods

کلاس classes	ریشه دوم Root mean square	کلاس Classes	استوری Storie	تیپ‌های مختلف بهره‌وری utilization type
S ₁	80.6	S ₁	77	ذرت (Maize)

جدول ۶- درجه تناسب ویژگی‌های خاک و زمین‌نما برای ذرت
Table 6: Suitability classification of soil and landscape data for maize

شوری و قلیائیت Salinity and Alkalinity	گچ Gypsum	آهک Lime	عمق، بافت و ذرات درشت Depth, Texture and Coarse fragment	زه‌کشی Drainage	سیل‌گیری Flooding	توپوگرافی Topography	واحد اراضی Land Units
96.8	100	93.7	72.5	100	100	95.6	1
96.8	100	93.7	40	100	100	95.6	2
96.8	100	93.7	55	100	100	78.8	3
89.8	100	86.5	55	100	100	88.8	4
89.8	100	86.5	40	100	100	88.8	5
92.4	100	90.3	72.5	100	100	78.8	6
92.4	100	90.3	72.5	100	100	56.4	7
92	100	92	92.5	100	100	98.8	8
92	100	92	72.5	100	100	98.8	9
94.5	54.6	88.8	90	100	100	98.8	10
91.5	100	93.1	81.9	100	100	98.8	11
18.8	100	86.8	94.6	100	100	98.8	12
95.4	100	89.6	86.5	100	100	98.8	13
96.6	100	86.8	100	100	100	95.6	14
96.6	100	88.3	85	100	100	95.6	15
18.8	61.2	46.3	89.2	50	100	98.8	16

جدول ۷- شاخص و کلاس تناسب اراضی برای ۱۶ واحد اراضی در منطقه مطالعاتی برای ذرت با روش‌های مختلف
Table 7: Land indices and land suitability classes for 16 land unites of the study area for maize based on different methods

کلاس تناسب Suitability classes	شاخص اصلاح شده اراضی (ریشه دوم) Corrected Root mean square land indices		شاخص اصلاح شده اراضی (استوری) Corrected storie land indices		شاخص اصلاح نشده اراضی (ریشه دوم) Uncorrected Root mean square land indices		شاخص اصلاح نشده اراضی (استوری) Uncorrected storie land indices		واحد اراضی Land unit
	Suitability classes	Suitability classes	Suitability classes	Suitability classes	Suitability classes	Suitability classes	Suitability classes		
S ₂	65	S ₂	62.8	S ₂	60.6	S ₃	48.4	1	
S ₃	37.9	S ₃	35.9	S ₃	33.4	S ₃	26.7	2	
S ₃	41.7	S ₃	37.4	S ₃	41.7	S ₃	30.3	3	
S ₃	41.4	S ₃	37	S ₃	41	S ₃	29.2	4	
S ₃	36.3	S ₃	33.6	S ₃	29.8	N ₁	21.2	5	
S ₂	61.8	S ₂	58.9	S ₂	52.8	S ₃	36.7	6	
S ₃	40.6	S ₃	35.7	S ₃	39.4	S ₃	26.3	7	
S ₂	69.2	S ₂	66.5	S ₂	70.9	S ₂	59.6	8	
S ₂	64.6	S ₂	62.2	S ₂	59.5	S ₃	46.7	9	
S ₃	42	S ₃	37.9	S ₃	42.3	S ₃	31.4	10	
S ₂	67.6	S ₂	64.3	S ₂	66.9	S ₂	53.1	11	
N ₂	9.5	N ₂	11.7	N ₂	15.2	N ₂	11.7	12	
S ₂	68.4	S ₂	65.4	S ₂	68.9	S ₂	56.2	13	
S ₂	69.7	S ₂	67.2	S ₂	72.2	S ₂	61.7	14	
S ₂	67.7	S ₂	64.4	S ₂	67.1	S ₂	53.4	15	
N ₂	6	N ₂	1.8	N ₂	6	N ₂	1.8	16	

شاخص‌های اصلاح شده و اصلاح نشده خاک در جدول ۹ ارائه شده است. بررسی‌ها از زارعان منطقه نشان داد که از نظر میزان نهاده مصرفی، میان مزارع با اندازه‌های مختلف

ارزیابی کمی تناسب اراضی

مقادیر عددی متغیرهای مورد نیاز برای محاسبه پتانسیل تابشی- گرمائی تولید ذرت دانه‌ای در جدول ۸ و

و ریشه دوم محاسبه شد. شایان ذکر است که برای محاسبه شاخص خاک اصلاح شده، ابتدا بدون تاثیر پارامتر اقلیم، شاخص خاک اصلاح نشده محاسبه و نهایتا با استفاده از روابط ۳ تا ۱۲ شاخص خاک اصلاح شده محاسبه گردید.

تفاوتی نیست ولی از لحاظ اعمال مدیریتی تفاوت‌هایی مشاهده می‌شود. پتانسیل تولید جدول ۱۰ در منطقه قبادلو از ۳۰۰ تا ۸۸۰۰ و ۷۰۰ تا ۹۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بار روش‌های استوری و ریشه دوم اصلاح نشده تخمین زده شد. با استفاده از شاخص‌های اصلاح شده اراضی نیز پتانسیل تولید از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰ و ۵۰۰ تا ۹۹۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای روش‌های استوری

جدول ۸- مقادیر متغیرهای استفاده شده برای محاسبه پتانسیل تابشی-گرمانی تولید ذرت دانه‌ای

Table 8: Climate and plant variable used in maize radiation-thermal production potential prediction

اطلاعات	پارامترها (Parameters)	اطلاعات (Information)	پارامترها (Parameters)
3.5	شاخص سطح برگ (m^2/m^2) Leaf area indices (m^2/m^2)	ذرت دانه‌ای	تیپ بهره‌وری (Utilization type)
0.35	شاخص برداشت Harvest indices	C ₄ و گروه 4	گروه فتوسنتزی Photosynthesis Groups
245.48	Bo	0.85	KALI
460.46	Bc	418.78	Bgm
0.21	F	0.0068	C _t
0.0108	C ₃₀	23.42	متوسط درجه حرارت سیکل رشد Mean temprature of growing cycle
25.64	متوسط درجه حرارت روزانه سیکل رشد Mean daily temprature of growing cycle	60	حداکثر سرعت فتوسنتز Maximum photosynthesis rate
10973	Y (عملکرد) Yield	13%	درصد رطوبت تیپ بهره‌وری Humidity percentage of utilization type

جدول ۹- شاخص‌های خاک اصلاح شده و اصلاح نشده بر اساس روش‌های مختلف

Table 9: Soil and corrected soil indices basd on different methods

شاخص خاک اصلاح شده (ریشه دوم)	شاخص خاک اصلاح شده (استوری)	شاخص خاک اصلاح نشده (ریشه دوم)	شاخص خاک اصلاح نشده (استوری)	واحد اراضی Land unit
Corrected root mean square soil indices	Corrected storie soil indices	Uncorrected root mean square soil indices	Uncorrected storie soil indices	
%				
67.8	67.6	67.5	62.9	1
39.7	39.3	37.2	34.7	2
43.9	41.2	46.5	39.3	3
43.5	40.7	45.7	37.9	4
37.8	36.3	33.2	27.6	5
64.3	62.5	58.8	47.7	6
42.7	39	43.9	34.1	7
90.4	90.1	84.6	77.4	8
67.3	66.9	66.3	60.6	9
44.2	41.9	47.2	40.7	10
71	69.6	75.1	68.9	11
10.6	9.5	16.9	15.3	12
87.2	78.2	79.5	73.1	13
89.6	91.3	83.4	80.2	14
85.5	86.6	76.8	69.3	15
4.1	1.5	6.6	2.3	16

جدول ۱۰- تولید مشاهده شده و تولید برآورد شده با روش‌های مختلف
Table 10: Yield and Pridicted Yield by different methods

تولید مشاهده شده Observed Yield (kg/ha)	تولید برآورد شده (استوری با شاخص اصلاح نشده) pridicted yield by Uncorrected Storie Root mean square soil indices (kg/ha)	تولید برآورد شده (ریشه دوم با شاخص اصلاح نشده) pridicted yield by Uncorrected Root mean square soil indices (kg/ha)	تولید برآورد شده (استوری با شاخص اصلاح شده) pridicted yield by corrected Storie Root mean square soil indices (kg/ha)	تولید برآورد شده (ریشه دوم با شاخص اصلاح شده) pridicted yield by corrected Root mean square soil indices (kg/ha)	واحد اراضی Land unit
5400	6900	7400	7400	7400	1
4200	3800	4100	4300	4400	2
4800	4300	5100	4500	4800	3
4600	4200	5000	4500	4800	4
4100	3000	3600	4000	4200	5
7000	5200	6500	6900	7100	6
4500	3700	4800	4300	4700	7
8500	8500	9300	9900	9900	8
6900	6700	7300	7300	7400	9
4700	4500	5200	4600	4900	10
5000	7600	8300	7600	7800	11
300	1700	1900	1000	1200	12
9500	8000	8700	9700	9600	13
7200	8800	9200	10000	9800	14
8000	7600	8400	9500	9400	15
300	300	700	200	500	16

این پارامتر به صفر نزدیکتر باشد خطا کمتر و صحت بیشتر خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

در منطقه قبادلو عجب‌شیر شروع دوره رشد ۱۰ مهر تا ۱۰ دی + ۱۰ اسفند تا ۲۵ خرداد و طول دوره ۱۹۷ روز است. از آن جایی که دوره رشد ذرت در منطقه از ۲۰ اردیبهشت تا ۲۵ شهریور بوده فقط مدت کوتاهی از آن در دوره رشد واقع شده و قسمت اعظم آن خارج از دوره رشد است. لذا دوره رشد منطقه از لحاظ رطوبت برای کاشت و پرورش ذرت کامل نیست. بنابراین منطقه برای کشت ذرت دیم نامناسب است و بایستی آبیاری صورت گیرد. اقلیم برای کشت آبی تیپ بهره‌وری ذرت، محدودیتی ایجاد نمی‌کند. برخی از واحدهای اراضی که شیب آن‌ها چندان زیاد نیست می‌توان با انجام عملیات تسطیح، اقدام به اصلاح اراضی نمود. در برخی از واحدهای اراضی مازاد گچ و شوری و قلیائیت بیشترین محدودیت را ایجاد کرده‌اند. اگر چه شوری قابل اصلاح است، اما نیاز به انجام مطالعات بیشتر و سرمایه‌گذاری دارد. پتانسیل تولید در منطقه قبادلو از ۳۰۰ تا ۸۸۰۰ و ۷۰۰ تا ۹۳۰۰ کیلوگرم در

آبیاری نامناسب، عدم مبارزه با علف‌های هرز، تاریخ نامناسب کاشت و عدم تأمین به موقع سموم، آفت‌کش‌ها، کود و... تعیین کننده سطح مدیریت در یک منطقه و واحد اراضی است. همچنین فقط در برآورد پتانسیل تولید به وسیله روش ریشه دوم اصلاح شده است که در تمامی واحدها میزان تولید مشاهده شده کمتر از پتانسیل تولید آن واحد است. در بقیه روش‌ها گاهی مشاهده می‌شود که پتانسیل تولید کمتر از تولید مشاهده شده است که این ناشی از کم‌برآوردی روش‌های مذکور است. بررسی دقت ارزیابی با استفاده از روابط رگرسیونی بین تولید مشاهده شده (واقعی) و تولید برآورد شده (پتانسیل تولید) در سطح منطقه مطالعاتی نشان داد که روش‌های اصلاح شده نسبت به روش‌های اصلاح نشده از دقت بالاتری برخوردار هستند. همچنین روش ریشه دوم نسبت به روش استوری نتایج قابل قبول تری ارائه می‌نماید.

ارزیابی صحت روش‌ها بار رابطه ۱۶ نشان داد که روش ریشه دوم اصلاح شده دارای بیشترین صحت و کمترین خطا می‌باشد. میزان MAE برای روش‌های استوری و ریشه دوم اصلاح نشده و استوری و ریشه دوم اصلاح شده به ترتیب ۱/۵۷، ۰/۹۲، ۰/۷۴ و ۰/۳۳ می‌باشد. هرچه

نتایج فوق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مدل ارائه شده به روش ریشه‌دوم اصلاح شده با توجه به ضریب تشخیص بالاتر و خطای پایین‌تر نسبت به سایر روش‌ها، عملکرد مشاهده شده را بهتر پیش‌بینی می‌کند.

تشکر و سپاس‌گزاری

بدین وسیله از آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی که داده‌های پایه تحقیق را در اختیار مؤلفین مقاله قرار دادند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

هکتار به ترتیب بار روش‌های استوری و ریشه دوم اصلاح نشده تخمین زده شد. با استفاده از شاخص‌های اصلاح شده اراضی نیز پتانسیل تولید از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰ و ۵۰۰ تا ۹۹۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای روش‌های استوری و ریشه دوم محاسبه شد. ضرایب تشخیص روابط رگرسیونی بین پتانسیل تولید اراضی و عملکرد مشاهده شده، به ترتیب ۰/۷۹، ۰/۸۴، ۰/۸۶ و ۰/۹ برای مدل‌های استوری اصلاح نشده، ریشه دوم اصلاح نشده، استوری اصلاح شده و ریشه دوم اصلاح شده می‌باشد. با توجه به

References

- Ashraf, S., Ashraf, V., & Abbaspour, H. (2011). Assessment of land production potential for barley using geographic information system (GIS) method. *Indian Journal of Science and Technology*, 4(12), 1775-1777.
- Ayoubi, SH., & Jalalian, A. (2010). *Land Evaluation (Agricultural and Natural Resources Second Edition)*, Isfahan University of Technology Publication Center, Isfahan, Iran.
- Chinene, V. R. N. (1991). The Zambian land evaluation system (ZLES). *Soil use and management*, 7(1), 21-29.
- de Wit, C. T. (1965). Photosynthesis of leaf canopies (No. 663, p. 57). Pudoc.
- Etedali, S., Givi, J., & Nouri, M. (2012). TEDALI, S., GIVI, J., & NOURI, M. (2012). Comparison between land production potential prediction for Maize using FAO and Wageningen models and assessment of management level for its cultivation around Shahrekord city. *Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology)*, 26(4), 873-885 (in Persian)
- FAO. 1983. *Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture*. Vol. 52-54, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, International Standard Book Number, 13: 9789251014554, 237P.
- FAO. 1991. *Agro-Ecological Land Resources Assessment for Agricultural Development Lanning: A Case Study of Kenya Resources Database and Land Productivity*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- FAO. 1996. *Agro-ecological Zoning Guidelines*. FAO soils Bulletin No. 76. FAO, Rome, Italy.
- Geological survey and Mineral Exploration of Iran. 2006. *Geology Map of Iran*, 1:100000 series, Shite N, Khoja.
- Jafarzadeh, A. A., Alamdari, P., Neyshabouri, M. R., & Saedi, S. (2008). Land suitability evaluation of Bilverdy Research Station for wheat, barley, alfalfa, maize and safflower. *Soil and Water Research*, 3(Special Issue 1), S81-S88.
- Jiang, P., & Thelen, K. D. (2004). Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. *Agronomy Journal*, 96(1), 252-258.
- Khiddir, S. M. (1986). *A statistical approach in the use of parametric systems applied to the FAO framework for land evaluation (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis. State University Ghent)*.
- Rahimi lake, H., Taghizadeh Mehrijardi, R., Akbarzadeh, A., & Ramazanpour, H. (2009). Qualitative and Quantitative land suitability Evaluation for olive production Roodbar Region, Iran, *Agricultural journal* 4(2): 52-62.
- Rosa, D. D. L., Moreno, J. A., García, L. V., & Almorza, J. (1992). MicroLEIS: a microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system. *Soil Use and Management*, 8(2), 89-96.
- Servati, M., Jafarzadeh, AA., Ghorbani, MA., Shahbazi, F., & Davatgar, N. (2014). Comparison of the FAO and Albero Models in Prediction of Irrigated Wheat Production Potentials in the Khajeh region. *Water and Soil Science Journal*, 24: 1-14. (in Persian with English Summary).
- Servati, M. (2013). *Comparison Parametric, Microleis, Fuzzy Set Theory and Analytical Hierarchy Process for land suitability evaluation of some crops in Khajeh region*. PhD Thesis of Soil science and engineering, University of Tabriz, (in Persian with English Summary).

- Soil Survey Staff. (1994). Keys to soil taxonomy. Soil Conservation Service.
- Storie, R. E. (1950). Rating soils for agricultural, forest and grazing use. Transactions 4th Int. Cong. Soil Sci., 1, 336-339.
- Sys, C., Van Ranst, E., & Debaveye, J. (1991a). Land Evaluation, Part I, Principle in Land Evaluation and Crop Production Calculation, International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.
- Sys, C., Van Ranst, E., & Debaveye, J. (1991b). Land Evaluation, Part II, Methods in Land Evaluation. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.
- Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J., & Beernaert, F. (1993). Land Evaluation, Part III, Crop Requirements. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium.
- Yasmina, A., Moulay, A., Najmia, A. M., Enrico, B., Yasmina, B., Paolo Omar, C., & Aldo, D. (2000). Land evaluation in the province of Ben Slimane, Morocco. Proc. of 21st Course Professional Master Remote Sensing and Natural Resource Evaluation, 21, 62-78.

Performance evaluation of corrected land indices to determine the Potential of Maize production using FAO Method

Moslem Servati¹, Hamidreza Momtaz², Behnam Zali Vargahan³, Hassan Mohammadi⁴

(Received: February 2015 Accepted: July 2015)

Abstract

Maize is one the major utilization type in Gobadloo region where placed in East Azarbaijan porivnce, North-West of Iran, so performance of land suitability evaluation and land production potential prediction are very important for knowing environmental limitations and planning proper cultivation. FAO guidelines on the land evaluation system were widely used for the land suitability, so soil morphological and analytical data were carried out for 16 land units. Then, based on AEZ model, radiation thermal production potential for Maize was estimated and then soil indices which indicate the extent of soil limitations effectiveness on production reduction, was calculated by the square root formulas. Finally land production potential was calculated by multiplication of the soil indices and radiation thermal production potential. The results reaveald that parametric methods (square root and storie formulas) uncorrected land indices had lower values than which what it was expected in real conditions. For solving this problem land indices were corrected and the results improved land suitability classes. Coefficient of correlation values between land production potential and observed yield were 0.79, 0.84, 0.86 and 0.9 for uncorrected storie, uncorrected root mean square, corrected storie and root mean square models respectively. Based on the results, can conclude that Mean Absolute Error is able to predict yield better than that other methods because of higher regression coefficient and lower error.

Keywords: Production potential, FAO, Corrected land indices, Maize

1-Assistant Professor, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University

2- Assistant Professor, Department of Soil Science, Urmia University

3- Phd Student, Department of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahwaz

4- MSc Graduated, , Department of Soil Science, Shahed University of Tehran

* Corresponding Autor: m.sarvati@urmia.ac.ir