مقایسه شاخص‌های اراضی اصلاح شده و اصلاح نشده در روش پارامتری ارزیابی تناسب اراضی

سیدعلیرضا سیدجلالی، فریدون سرمدیان[1] و مهدی شرفاء

دانشجوی سابق دکتری دانشگاه تهران و عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ seyedjalali2000@yahoo.com

استاد دانشگاه تهران؛ fsarmad@ut.ac.ir

دانشیار دانشگاه تهران؛ m_shorafa@ut.ac.ir

دریافت: 91/10/20 و پذیرش: 92/4/17

چکیده

ارزیابی تناسب اراضی و پیش‌بینی پتانسیل تولید امری ضروری در برنامه‌ریزی استفاده از اراضی است. منطقه مورد مطالعه در دشت عقیلی، گتوند، استان خوزستان به مساحت تقریبی 3050 هکتار بین عرض شمالی ′07 °32 و ′10 ° 32 و طول شرقی ′52 °48 و ′56 °48 قرار دارد. هدف از این تحقیق مقایسه اثر شاخص‌های اراضی اصلاح شده و اصلاح نشده بر کلاس‌های تناسب اراضی و دقت پیش‌بینی پتانسیل تولید اراضی بوده است. با توجه به نتایج حاصل، شاخص‌های اراضی اصلاح شده روش پارامتری ارزیابی تناسب اراضی برای هر دو فرمول استوری و ریشه دوم مقادیر بالاتری نسبت به شاخص‌های اراضی اصلاح نشده نشان داد و کلاس‌های تناسب اراضی را ارتقاء بخشید. درصد کلاس-های تناسب اراضی S1، S2، S3 و N با استفاده از فرمول ریشه دوم، به ترتیب برابر 0، 88، 9 و 3 و پس از اصلاح شاخص اراضی به ترتیب 32، 63، 5 و 0 بدست آمد. این درصدها برای فرمول استوری به ترتیب برابر 0، 40، 55 و 5 و پس از اصلاح شاخص اراضی به ترتیب 55، 38، 6 و 1 محاسبه شد. نتیجه دیگر اینکه ارتقاء کلاس‌ها وقتی که شاخص اراضی اصلاح شده با بهره‌گیری از فرمول استوری بکار رفت بیشتر بود نسبت به زمانی که شاخص اراضی اصلاح شده با استفاده از فرمول ریشه دوم مورد بهره‌برداری قرار گرفت. این ارتقاء بیشتر با شرایط منطقه تطابق بیشتری دارد. برای اعتبارسنجی روش‌های بکار رفته در این تحقیق، عملکرد پیش‌بینی شده بدست آمده از دو روش استفاده از شاخص‌های اصلاح شده و اصلاح نشده، برای دو فرمول استوری و ریشه دوم با عملکرد واقعی زارع مقایسه گردید. صحت و دقت این روش‌ها با استفاده از معیار ریشه دوم میانگین مربع انحراف (RMSD) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر پایه معیار ارزیابی (RMSD)، استفاده از شاخص اراضی به روش ریشه دوم، با بکارگیری فرمول ریشه دوم برای پیش-بینی عملکرد محصول، با مقدار RMSD برابر 738 کیلوگرم در هکتار دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌های مطالعه شده دراین پژوهش دارد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل تولید اراضی، گندم آبی

---

[1] نویسنده مسئول، آدرس: کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، گروه مهندسی علوم خاک.

مقدمه

ارزیابی اراضی (فائو، 1976) به عنوان فرایند ارزیابی عملکرد اراضی برای مقاصد خاص تعریف شده است. چارچوب روش اصلی ارزیابی اراضی فائو در سراسر جهان در سطح محلی، منطقه‌ای و ملی در ارتباط با برنامه‌ریزی بمنظور استفاده بهینه از اراضی به کار گرفته شده است. در سال‌های اخیر، فن آوری های محاسباتی همراه با نرم افزار GIS در تعداد بیشماری از مطالعات انجام شده با استفاده از چهارچوب ارزیابی اراضی فائو برای پرداختن به چالش‌های قدیمی و جدید، به ویژه در مقیاس منطقه‌ای مورد استفاده قرار گرفته شده است. از بین آنها تعداد زیادی از برنامه های کاربردی مانند آلس[1](رزیتر و وان وامبک، 1997)، میکرولیز[2] (دلاروزا و همکاران، 2004)، ارزیابی سایت (لسا[3]) (هوبلر و همکاران، 2003) و طبقه‌بندی اراضی کشاورزی[4]، سیستم-هایی که تا حد زیادی در ایالات متحده آمریکا و انگلستان به کار گرفته شده است، وجود دارد (مانا و همکاران، 2009). با وجود محدودیت‌های مختلف، این چهارچوب برای ارزیابی اراضی نما[5] هنوز هم نقش عمده‌ای در جامعه دارد. یکی از دلایل آشکار برای استفاده گسترده آن، رویکرد رو به جلو و مستقیم آن است که از یک مدل ساده استفاده می‌کند. در واقع، رویکرد کلاسیک ارزیابی اراضی بر اساس مدل‌های کیفی است که تنها نیاز به دانش ساختاری خاص اراضی نما با هدف ارزیابی اراضی برای محصولات کشاورزی دارد. (مانا و همکاران. ، 2009).

ارزیابی اراضی، بخشی جدایی ناپذیر از برنامه-ریزی برای استفاده بهینه از اراضی برای مدیریت پایدار آن است. در اصل، هدف از ارزیابی اراضی مقایسه و تطبیق هر یک از استفاده‌های بالقوه اراضی با خواص منحصر به فرد آن می‌باشد. یک واحد اراضی منطقه‌ای است که با توجه به خواص از پیش تعیین شده خود یکسان بوده و با اراضی‌های اطراف آن از نظر مثلاً آب و هوا، خاک و پوشش گیاهی متفاوت است (ون نیکرک ، 2010).

سونولد و همکاران (2010) بیان کردند که در حال حاضر، استفاده از اطلاعات نقشه خاک برای اهداف برنامه‌ریزی در رابطه با تولید محصولات کشاورزی، همچنان در علوم خاک در حال چالش است و روش‌های کیفی ارزیابی اراضی هنوز هم امروز در سراسر جهان استفاده می‌شود (رکاتالا و زینک، 2008؛ فونتس و همکاران، 2009).

زیادت و فراس (2007) بیان می‌کنند که طبق چارچوب ارزیابی اراضی فائو (فائو، 1976)، در ارزیابی تناسب اراضی، نیازهای کاربری اراضی باید با منابع مهم اراضی تطبیق داده شود (فائو، 1983). معیارهای تناسب اراضی با استفاده از مراحل ذکر شده فائو (فائو، 1976؛ 1983)، برای محصولات زراعی و مرتعی، برای چهار کلاس تعیین می‌شود: بسیار مناسب ($S1$)، نسبتاً مناسب ($S2$)، کمی مناسب ($S3$) و نا مناسب (NS).

ارزیابی اراضی در سیستم‌های سنتی و مدرن، مبتنی بر جنبه‌های کیفی و کمی است. سیستم‌های سنتی اغلب بر اساس قضاوت و تجربه‌ها است (دلاروزا و وان دیپن، 2002). بنابه نظر باندیوپاهیایی و همکاران (2009)، ارزیابی تناسب اراضی مرحله مهمی از برنامه‌ریزی برای استفاده از کاربری اراضی پایدار است که محدودیت‌های محیطی را شناسایی می‌کند و استفاده از اراضی را برای یک کاربری خاص مثل تولید محصول مشخص می‌کند.

کشاورزی و همکاران (2010)، از تئوری فازی برای ارزیابی تناسب اراضی در منطقه زیاران، استان قزوین استفاده نمودند. آن‌ها 9 خصوصیت اراضی را برای گندم آبی در نظر گرفتند. برای نشان دادن اثر خصوصیات مختلف اراضی بر عملکرد محصول از فرآیند آنالیز سلسله مراتبی (AHP) استفاده و نتیجه گرفته شد که کاربرد تکنیک فازی برای ارزیابی تناسب اراضی و طبقه بندی تغییرات پیوسته از اهمیت زیادی برخوردار است. شهبازی و همکاران (2009) طی تحقیقی ارزیابی اراضی به وسعت 9000 هکتار را در منطقه اهر آذربایجان شرقی با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز برای گندم، ذرت، چغندرقند و سیب‌زمینی انجام دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که در 1670 هکتار از اراضی، بافت خاک برای کاشت سیب زمینی محدود کننده است. دومین عامل محدود کننده کربنات کلسیم بود. نتایج همچنین نشان داد که کلاس تناسب اراضی به ترتیب برای سیب زمینی، گندم، ذرت و چغندرقند کاهش می‌یابد.

از آنجایی که برای ارزیابی تناسب اراضی و پیش‌بینی عملکرد 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 دشت عقیلی گتوند از استان خوزستان برای گندم آبی استفاده شد و نتایج با نتایج حاصل از بکارگیری شاخص‌های اصلاح نشده مقایسه گردید، تا اینکه

1. ALES (http://www.css.cornell)
2. Micro LEIS
3. LESA (http://soils.usda.gov)
4. ALC (http://www.defra.gov.uk)
5. landscape

مشخص شود کدام یک از این شاخص‌ها در تعیین کلاس‌های تناسب اراضی و پیش‌بینی مقدار محصول دقت بالاتری دارد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در دشت عقیلی گتوند استان خوزستان به مساحت تقریبی 3500 هکتار بین عرض شمالی ′07 °32 و ′10 °32 و طول شرقی ′52 °48 و ′ 56 °48 قرار دارد. بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی شوشتر که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه می‌باشد، این منطقه جزء اقلیم نیمه بیابانی خفیف می‌باشد. حداکثر دمای روزانه در تیر ماه 46/6 درجه سانتی‌گراد و حداقل دمای روزانه 8/1 درجه سانتی‌گراد در دی ماه می‌باشد. مقدار متوسط بارندگی سالیانه 324 میلی‌متر است. خاک‌های منطقه مورد مطالعه که طبق روش تاکسونومی خاک (گروه نقشه برداری خاک، 2010) طبقه-بندی گردیدند، در دو رده اینسپتی‌سول و ورتیسول و چهار زیر گروه Typic Calciustepts, Typic Haplustepts, Typic Calciusterts, Typic Haplusterts و پانزده فامیل قرار گرفتند.

میزان عملکرد گندم آبی در واحد سطح، در محل‌های حفر پروفیل و مته اندازه‌گیری شد و اطلاعات مربوط به مدیریت و تولید محصول 77 نقطه در فرم‌های توصیف کاربری اراضی ثبت گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد از یک کادر فلزی به ابعاد یک متر در یک متر استفاده شد. مدیریت در سه سطح تعریف شد:

1- مدیریت سطح بالا : تمام فعالیت‌های میدانی از قبیل کاشت، داشت و برداشت به صورت مکانیزه انجام می‌شود و کشاورز به تمام فنون نوین کشاورزی از قبیل کاربرد کود و مبارزه با آفات و بیماری‌ها، کنترل علف‌های هرز و سایر مسائل مدیریتی آگاه است.

2- سطح مدیریت متوسط: عملیات کاشت، داشت و برداشت به صورت نیمه مکانیزه انجام می‌شود و کشاورز از سطح دانش متوسطی برخوردار است

3- سطح مدیریت پایین: عملیات کاشت، داشت و برداشت توسط کشاورزان تا حدودی به صورت نیمه مکانیزه انجام می‌شود و کشاورز به فنون نوین کشاورزی از قبیل کاربرد کود و مبارزه با آفات و بیماری‌ها و کنترل علف‌های هرز آشنایی کمی دارد.

طبقه‌بندی مدل‌های بیوفیزیکی

بوما (1999) مدل‌های ارزیابی اراضی را در سه بعد طبقه-بندی کرد

1- درجه محاسبات مدل:

مدل‌ها از نقطه نظر درجه محاسبات از سطح کیفی تا کمی قابل طبقه‌بندی هستند.

2- درجه پیچیدگی توصیف مدل‌ها

از این جنبه، مدل‌ها از حالت تجربی[1] تا مکانیزمی[2] در تغییرند. پیچیدگی در توصیف نشان‌دهنده این است که فرآیندهای کنترل کننده پدیده تا چه اندازه در مدل به آنها پرداخته شده است. یک مدل تجربی مدلی است که فرآیندها در آن ناشناخته‌اند و روابط بر اساس تجربه شکل گرفته‌اند. در مقابل، یک مدل مکانیزمی مدلی است که فرآیندها در آن وارد مدل شده‌اند.

3- مقیاس مدل

مدل‌های ارزیابی اراضی بر اساس سطح دانش، در پنج گروه K1 تا K5 تقسیم‌بندی می‌شوند (روزیتر، 1996).

مدل‌های K1 شامل مدل‌های تجربی و کیفی هستند که بر اساس تجربیات کارشناسی طراحی شده‌اند. این مدل‌ها از نظر توصیفی دارای حداقل پیچیدگی بوده و هیچگونه محاسباتی در آنها وجود ندارد.

مدل‌های K2 کیفی هستند ولی تا حدودی مکانیزم‌ها را در نظر گرفته است. مدل‌های مبتنی بر روش فائو که در آنها آنالیز تناسب اراضی بر اساس تعداد محدودی از خصوصیات اراضی انجام می‌شوند، نمونه‌ای از این مدل‌ها است که در این تحقیق انجام تناسب اراضی (سایس و همکاران، 1991) با استفاده از این مدل انجام شده است.

مدل‌های K3 مدل‌های تجربی، ولی کمی هستند و ارتباط آماری بین ستانده‌ها (تولید) و نهاده‌ها (بارندگی، شیب، شوری و ...) را نشان می‌دهد که در این تحقیق پتانسیل تولید آبی به روش مدل رشد فائو (فائو، 1979) و پتانسیل تولید اراضی با استفاده از این مدل انجام شده است.

مدل‌های K3 و K4 بیشتر مکنیزمی هستند تا تجربی. این مدلها بر اساس مبنای اصول علمی نظیر قانون جرم، انرژی، پخشیدگی و قوانین سینتیک و تعادل شمیایی شکل گرفته‌اند. و روابط تجربی وابسته به مکان در آنها کمتر لحاظ شده است. به هر حال بین تجربی بودن و مکانیزمی بودن کاملاً مرز مشخصی وجود ندارد. زیرا که همه مدل‌های مکانیزمی در خود اجزا تجربی نیز دارند (ایوبی و جلالیان، 1385).

---

1. Empirical
2. Mechanistic

طبقه‌بندی تناسب اراضی به روش پارامتریک

در این روش یک درجه‌بندی کمی به هر مشخصه اختصاص داده می‌شود و اگر مشخصه‌ای برای نبات مورد نظر کاملاً مطلوب باشد، درجه حداکثر (100) به آن اختصاص داده می‌شود و اگر همان مشخصه دارای محدودیت باشد، درجه کمتری به آن داده می‌شود. درجات اختصاص داده شده بعداً در محاسبه شاخص اراضی بکار می‌روند. چون نیمرخ خاک از افق‌های مختلف با خصوصیات متفاوت تشکیل شده است، برای ارزیابی وضعیت کلی نیمرخ خاک، با توجه به نوع کاربری و عمق متوسط‌گیری، میانگین وزنی با لحاظ کردن ضریب وزنی عمق محاسبه می‌شود. جهت ارزیابی اقلیم، مشخصات اقلیمی به تعداد نوع متغیر اقلیمی، به گروه‌های مختلف تقسیم می‌شوند. برای محاسبه شاخص اقلیم از فرمول‌های ریشه دوم (رابطه 1) (خیدیر، 1986) و استوری (رابطه 2) (استوری، 1978) استفاده می‌شود. درجه تناسب‌هایی که در این فرمول‌ها بکار می‌روند، پائین‌ترین درجه تناسب اختصاص داده شده در هر گروه متغیرهای اقلیمی می‌باشند. برای تبدیل شاخص اقلیم به درجه تناسب اقلیمی از روابط شکل (1) استفاده می‌شود. در مناطق مرطوب خصوصیات اراضی مورد استفاده در ارزیابی تناسب اراضی شامل اقلیم، توپوگرافی، زهکشی، سیلگیری، مجموعه بافت- سنگریزه-عمق و سه خصوصیت مربوط به حاصلخیزی خاک (ظرفیت تبادلی کاتیونی ظاهری (Apparent CEC)، کاتیون‌های بازی یا pH و کربن آلی) می‌باشد. برای مناطق خشک، خصوصیات گچ، آهک و شوری و قلیائیت جایگزین خصوصیات مرتبط با حاصلخیزی می‌گردد. در این تحقیق برای محاسبه شاخص‌های اراضی از خصوصیات مورد استفاده برای مناطق خشک استفاده گردید.

برای محاسبه شاخص اراضی نیز مانند شاخص اقلیم روابط (1) و (2) بکار رفت.

(1)

$$I = R\min \times \sqrt{\frac{A}{100}\times\frac{B}{100}\times\frac{C}{100}\times\cdots}$$

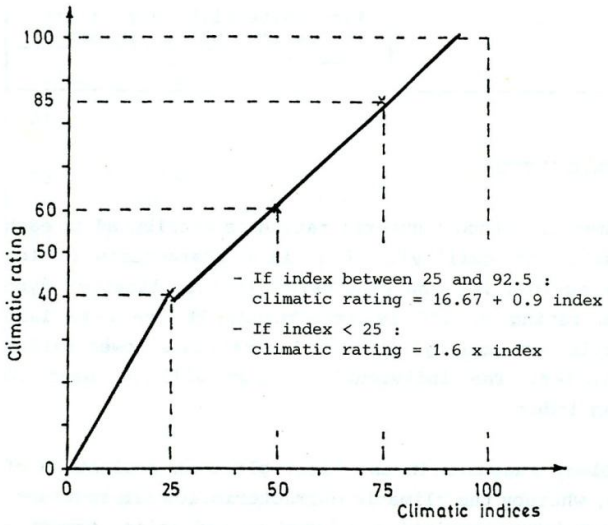
(2)

$$I = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \ldots$$

I: شاخص

R_{min} : درجه تناسب حداقل

A, B, C, ... : سایر درجه تناسب ها



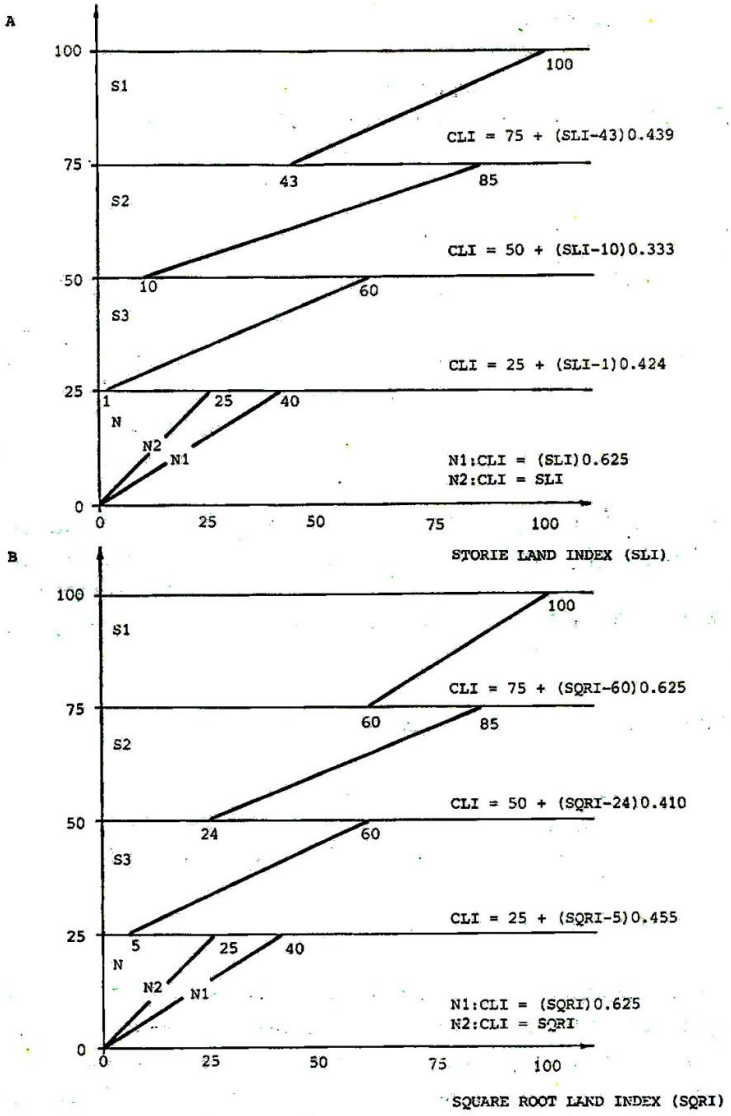
شکل 1- رابطه بین درجه تناسب و شاخص اقلیم

از آنجایی که استفاده از شاخص اراضی اصلاح نشده باعث شد تا کلاس‌های تناسب اراضی پائین‌تر از کلاس واقعی بدست آیند، تصمیم گرفته شد از شاخص‌های اراضی اصلاح شده نمودارهای شکل (2) (سایس و همکاران، 1991) استفاده شود (سایس و همکاران، 1991).

شاخص با استفاده از جدول 1 تبدیل به کلاس تناسب می‌شود.

جدول 1- رابطه بین شاخص و کلاس تناسب

شاخص	کلاس تناسب
100-75	S1 : خیلی مناسب
75-50	S2 : نسبتا مناسب
50-25	S3 : کمی مناسب
25-0	N : نامناسب



شکل 2- ارتباط بین شاخص های اراضی اصلاح شده و شاخص های اراضی اصلاح نشده ((A) استوری و (B) ریشه دوم)

پتانسیل تولید آبی یا پتانسیل تولید حرارتی-تابشی (مدل رشد محصول)[1]

این مدل مقدار تولید توده زنده خالص گیاه و عملکرد محصول را برای واریته پرمحصول در شرایط مطلوب از نظر آب و مواد غذائی و کنترل آفات و بیماری‌ها، تخمین می‌زند (فائو، 1979). تابش خورشید، دما، شاخص سطح برگ، ضریب برداشت و طول سیکل رشد از عوامل تعیین کننده این عملکرد می‌باشند. برای محاسبه وزن خشک خالص توده زنده گیاه از رابطه (3) استفاده شد:

1. Irrigated potential yield (radiation-thermal production potential)=RTPP

(3)

$$RTPP = \frac{0.36 \times bgm \times KLAI \times Hi}{\frac{1}{L} + 0.25 \times Ct}$$

bgm: حداکثر سرعت تولید ناخالص توده زنده گیاه (kg/ha/day)

KLAI : ضریب تصحیح شاخص سطح برگ برای حداکثر سرعت تولید توده زنده زمانی که شاخص سطح برگ کمتر از 5 متر مربع در متر مربع باشد ($LAI<5m^2.\ m^{-2}$)

L: تعداد روزهای بین کاشت و برداشت

Hi: شاخص سطح برگ

Ct: ضریب تنفس

RTPP: پتانسیل تولید حرارتی-تابشی (Radiation-Thermal Production Potential) (کیلوگرم وزن خشک در هکتار)

پتانسیل تولید اراضی

برای پیش‌بینی پتانسیل تولید اراضی از رابطه (4) استفاده شد. در این رابطه، با وارد کردن محدودیت های خاک و مدیریت و RTPP، مقدار پتانسیل تولید اراضی بدست می‌آید. شاخص خاک با قرار دادن درجه تناسب مشخصات خاک در فرمول‌های استوری و ریشه دوم محاسبه گردید (فائو، 1978).

$$LPP = RTPP \times \frac{SI}{100} \times MI \qquad (4)$$

در رابطه (4)، LPP، پتانسیل تولید اراضی؛ RTPP، پتانسیل تابشی-گرمائی تولید (سایس و همکاران، 1991)؛ SI، شاخص خاک و MI، شاخص مدیریت می‌باشند (تانگ، 1993).

این شاخص برای مدیریت بالا، متوسط و ضعیف به ترتیب 1، 0/7 و 0/5 منظور گردید. با دخالت دادن MI در رابطه (4)، همبستگی بین پتانسیل تولید اراضی و عملکرد زارع افزایش می‌یابد.

معیارهای ارزیابی روش‌ها

برای ارزیابی روش‌ها از معیارهای ضریب تشخیص (R^2)، میانگین انحراف مربع (MSD) رابطه (5) و ریشه دوم میانگین مربع انحراف (RMSD) رابطه (6) استفاده گردید. معمولاً روش متداول برای ارزیابی مدل‌ها، رسم گراف بین مقادیر پیشبینی شده و اندازه‌گیری شده است (کوبایاشی و سلام، 2000، گیوی و همکاران، 2004). یکی از روش‌های مورد استفاده در این تحقیق روش ارائه شده توسط کوبایاشی و همکاران است که رابطه بین انحراف میانگین مربع (MSD)، انحراف مربع (SB)، میانگین واریانس مربع (MSV)، اختلاف مربع بین انحراف‌های معیار (SDSD)، و فقدان رابطه مثبت وزندار شده با انحراف‌های معیار (LCS) می‌باشد که از رابطه زیر تشکیل می‌شود:

$$MSD = SB + MSV = SB + SDSD + LCS \qquad (5)$$

$$RMSD = \sqrt{MSD} \qquad (6)$$

نتایج و بحث

ارزیابی تناسب اراضی برای کشت آبی گندم

ارزیابی تناسب اراضی برای کشت آبی گندم به روش پارامتری، با استفاده از فرمول‌های ریشه دوم و استوری انجام و شاخص‌های اراضی بدست آمده، اصلاح گردید. با توجه به نتایج حاصل (جدول 2)، شاخص‌های اصلاح شده بدست آمده به روش استوری از 28 تا 84، با میانگین 75 و انحراف معیار 9/6 و به روش ریشه دوم از 28 تا 83، با میانگین 79 و انحراف معیار 10/3 بدست آمد. این در حالی است که شاخص‌های اصلاح نشده به روش استوری از 7 تا 64 با میانگین 50 و انحراف معیار 9/6 و به روش ریشه دوم از 12 تا 73 با میانگین 60 و انحراف معیار 9/7 محاسبه شد. این نتایج نشان داد که شاخص‌های اصلاح شده برای هر دو فرمول استوری و ریشه دوم مقادیر بیشتری را نسبت به شاخص‌های اصلاح نشده در اختیار قرار می‌دهند (شکل 3). افزایش شاخص ها پس از اصلاح، کلاس‌های تناسب اراضی را تا یک کلاس ارتقاء می‌دهد.

در ضمن، ضریب تغییرات به ترتیب برای شاخص اصلاح شده بدست آمده از فرمول استوری، شاخص اصلاح شده بدست آمده از فرمول ریشه دوم، شاخص اصلاح نشده بدست آمده از فرمول ریشه دوم و شاخص اصلاح نشده بدست آمده از فرمول استوری برابر 12/8، 14/7، 16/2 و 19/2 درصد است که نشان می‌دهد شاخص اصلاح شده بدست آمده از فرمول استوری در رتبه یک، شاخص اصلاح شده بدست آمده از فرمول ریشه دوم در رتبه 2، شاخص اصلاح نشده بدست آمده از فرمول ریشه دوم در رتبه سوم و شاخص اصلاح نشده بدست آمده از فرمول استوری در رتبه چهارم قرار دارند.

در ضمن ارتقاء کلاس‌های تناسب اراضی به خاطر اصلاح شاخص‌های اراضی در شکل‌های 4 و 5 نشان داده شده است. درصد کلاس‌های تناسب اراضی بدست آمده از طریق استفاده از شاخص اراضی اصلاح نشده و بکارگیری فرمول ریشه دوم برای کلاس S1 برابر صفر، برای کلاس S2 برابر 88، برای کلاس S3 برابر 9 و

برای کلاس N برابر 3 است. پس از اصلاح شاخص‌های اراضی، این درصدها برای کلاس S1 برابر 32، برای کلاس S2 برابر 63، برای کلاس S3 برابر 5 و برای کلاس N برابر صفر است. درصد کلاس‌های تناسب اراضی بدست آمده از طریق استفاده از شاخص اراضی اصلاح نشده و بکارگیری فرمول استوری برای کلاس S1 برابر صفر، برای کلاس S2 برابر 40، برای کلاس S3 برابر 55 و برای کلاس N برابر 5 است. پس از اصلاح شاخص-های اراضی، این درصد برای کلاس S1 برابر 55، برای کلاس S2 برابر 38، برای کلاس S3 برابر 6 و برای کلاس N برابر 1 است. این نتایج نشان می‌دهند که اولاً با اصلاح شاخص‌های اراضی، درصد کلاس‌های با تناسب بالاتر افزایش و درصد کلاس‌های با تناسب پائین‌تر کاهش یافته‌اند و ثانیاً، ارتقاء کلاس‌ها با اصلاح شاخص‌های اراضی و استفاده از فرمول استوری بیشتر از زمانی بوده است که از فرمول ریشه دوم استفاده شده است. بر عکس، در صورت عدم اصلاح شاخص‌های اراضی، ارتقاء کلاس‌ها با بکارگیری فرمول استوری نسبت به موقعی که از فرمول ریشه دوم استفاده شده است، کمتر بوده است.

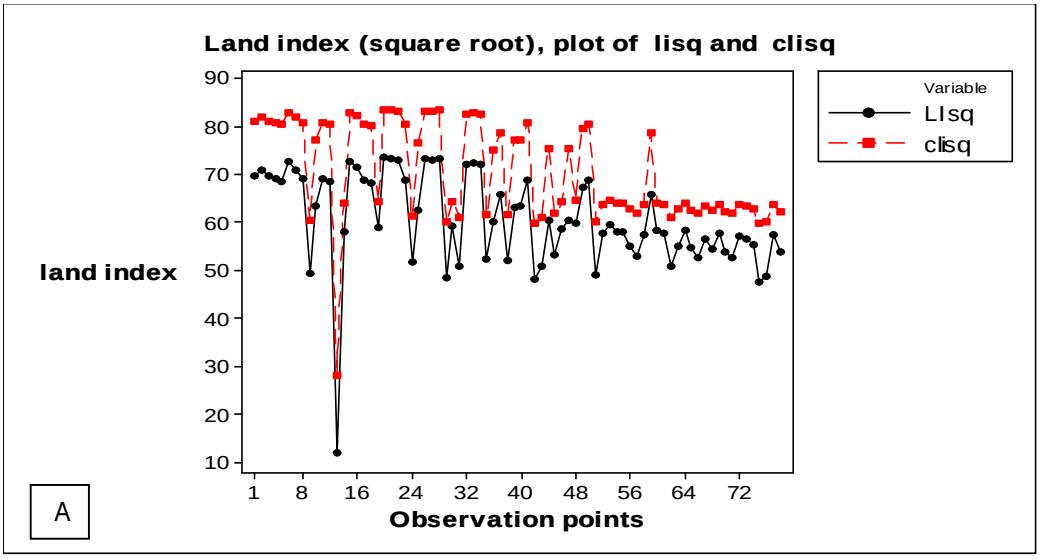
جدول 2- آمار توصیفی متغیرهای مورد استفاده

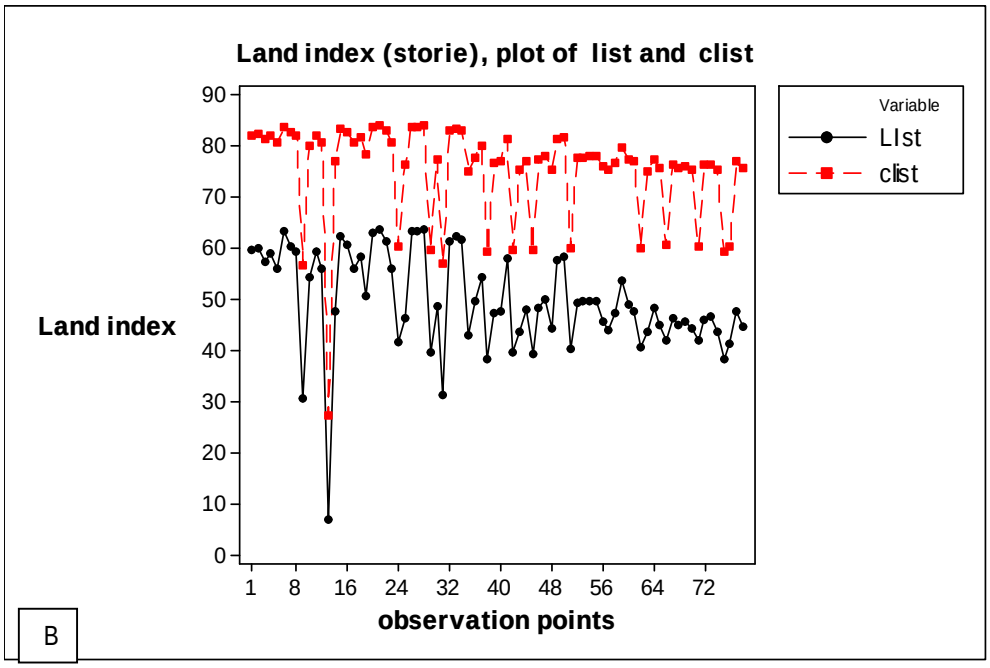
متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	درصد ضریب تغییرات (CV)
List	7/02	63/99	50/06	9/60	19/2
Lisq	12/14	73/48	60/56	9/71	19/2
Clist	27/55	81/21	75/43	9/61	12/8
Clisq	28/25	83/42	79/36	10/34	14/7
Lppstm	1789	5110	3570	893	25
Lppsqm	2165	5875	4311	1013	23/4
Clppsqm	2502	6687	5010	1235	24/6
Clppstm	3042	6756	5394	1206	22/3
Oby(kg/ha)	2000	5300	4077	823	20/2

(Oby: Observed yield) عملکرد مشاهده شد, Clppstm: Corrected land production potential (Storie method) پتانسیل تولید اراضی اصلاح شده (فرمول استوری), Clppsqm: Corrected land production potential (square root method) ((پتانسیل تولید اراضی اصلاح شده (فرمول ریشه دوم))), Clisq: Corrected land index (square root) (شاخص اراضی اصلاح شده (فرمول ریشه دوم)) , Clist: Corrected land index (Storie), (شاخص اراضی اصلاح شده (فرمول استوری))

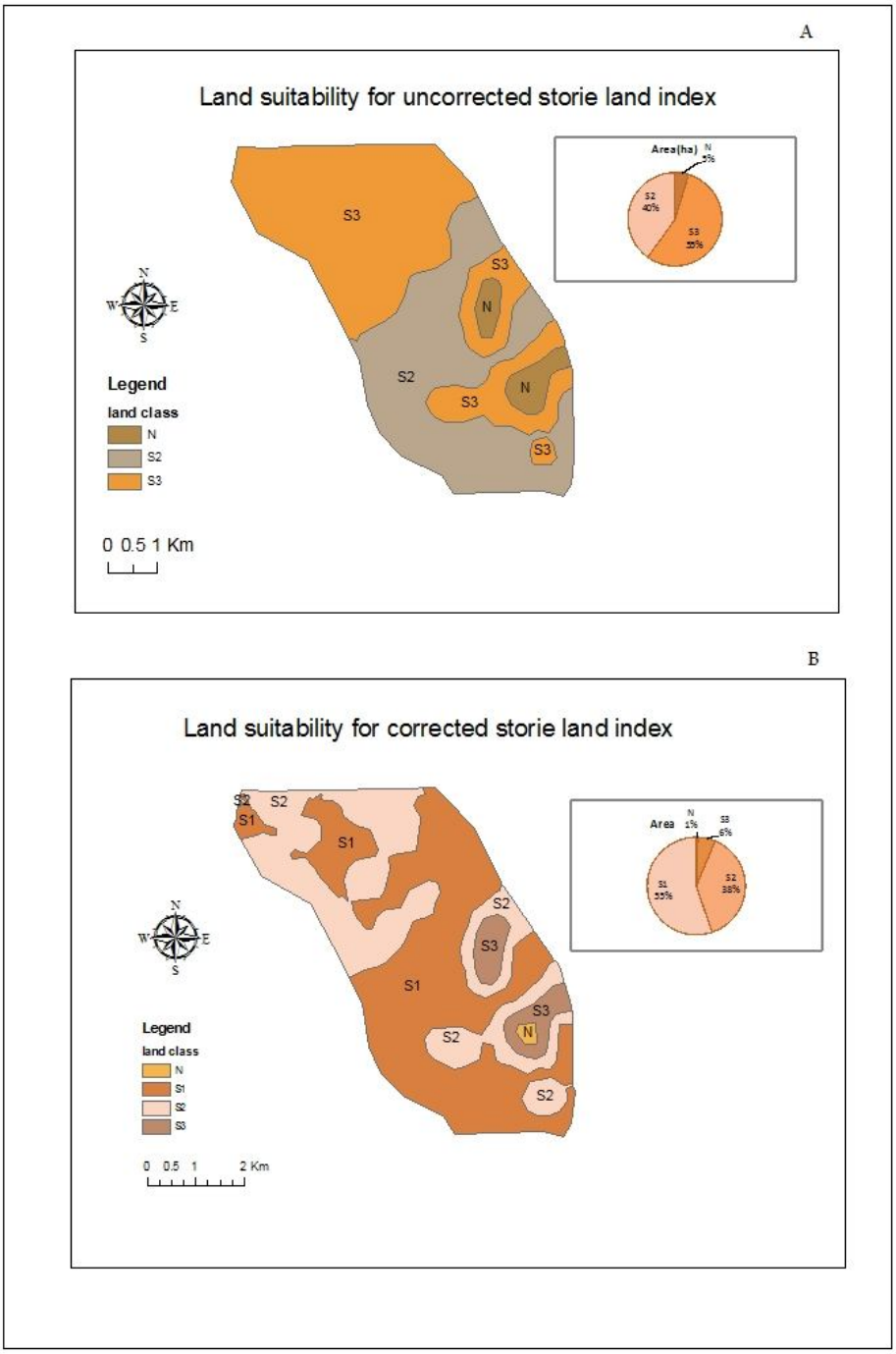
پتانسیل تولید اراضی برای کشت آبی گندم

پتانسیل تولید اراضی با استفاده از شاخص اصلاح شده خاک و با بکارگیری فرمول استوری از 3042 تا 6756 با میانگین 5394 کیلوگرم در هکتار، انحراف معیار 1206 و با ضریب تغییرات22/3 درصد و از طریق بهره‌گیری از شاخص اصلاح شده و فرمول ریشه دوم، 2502 تا 6687 با میانگین 5010 کیلوگرم در هکتار، انحراف معیار 1235 و ضریب تغییرات 24/6 درصد بدست آمد (جدول 2). هنگامی که شاخص اصلاح نشده و فرمول استوری بکار رفت، پتانسیل تولید اراضی بین 1789 و 5110 با میانگین 3570 کیلوگرم در هکتار، انحراف معیار 893 و ضریب تغییرات 25 درصد و زمانی که از شاخص اصلاح نشده و فرمول ریشه دوم استفاده گردید، این پتانسیل بین 2163 و 5875، میانگین 4311 کیلوگرم در هکتار، انحراف معیار 1013 و ضریب تغییرات 23/4 درصد تخمین زده شد (جدول 2). کاهش عملکرد به علت وجود عوامل محدود کننده از قبیل آهک، وضعیت زهکشی، شوری و قلیائیت و عدم اعمال مدیریت صحیح است. همانگونه که نتایج فوق نشان می-دهند، اصلاح شاخص اراضی موجب افزایش پتانسیل پیشبینی شده تولید اراضی گردید.

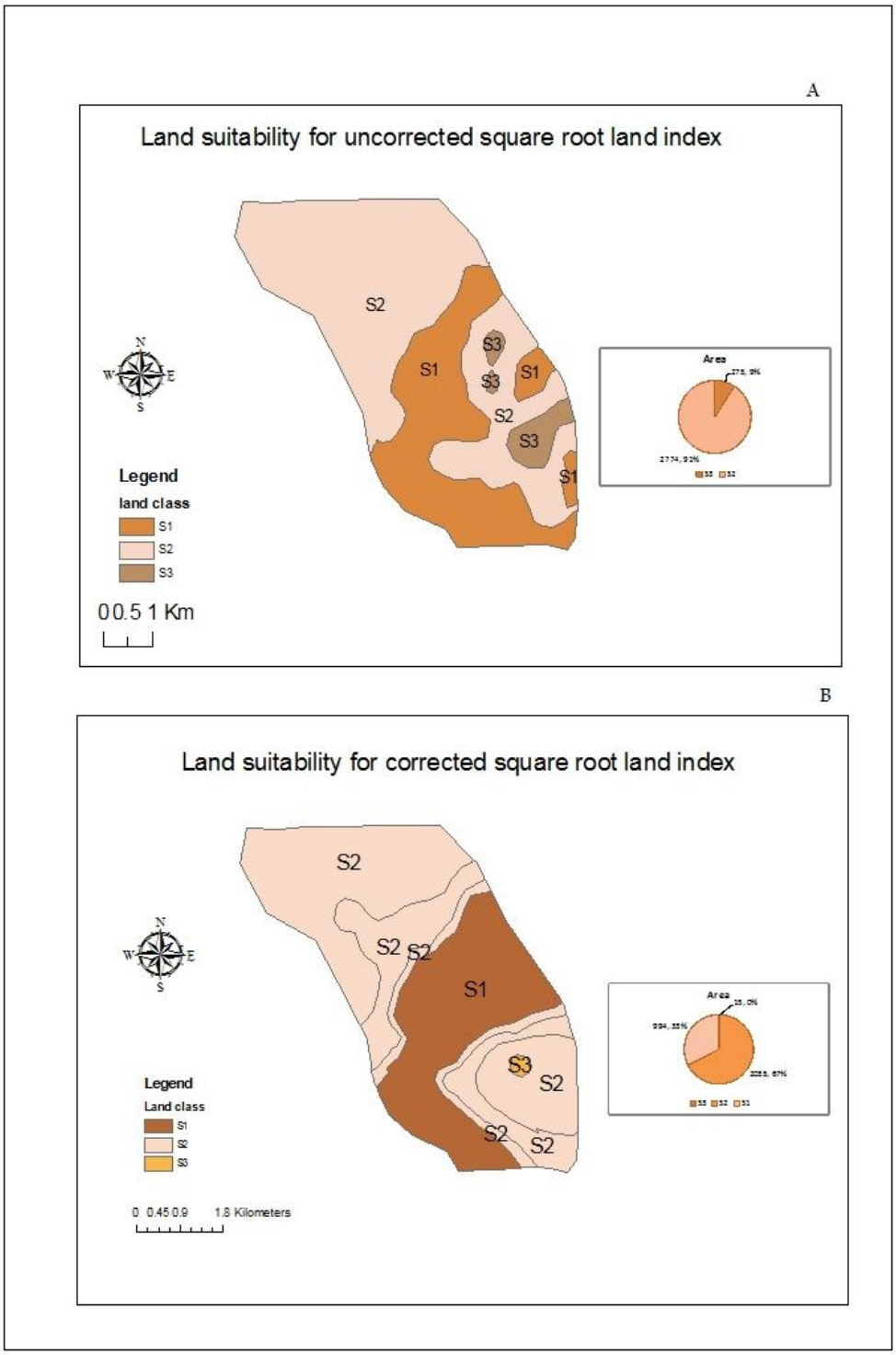




شکل 3- منحنی خطی شاخص‌های اصلاح شده و شاخص‌های اصلاح نشده ((A) روش ریشه دوم و (B) روش استوری)



شکل 4- نقشه تناسب اراضی بر اساس A- شاخص‌های اصلاح نشده و B- شاخص‌های اصلاح شده، با استفاده از فرمول استوری



شکل 5- نقشه تناسب اراضی بر اساس A- شاخص‌های اصلاح نشده و B- شاخص‌های اصلاح شده با استفاده از فرمول ریشه دوم

اعتبارسنجی روش‌ها

به منظور ارزیابی صحت و دقت روش‌های بکار رفته، همبستگی بین پتانسیل پیش‌بینی شده تولید اراضی، محاسبه شده با استفاده از شاخص‌های خاک اصلاح شده و اصلاح نشده از یک طرف و عملکرد زارعین از طرف دیگر، از طریق برقرار سازی رابطه رگرسیونی، مورد بررسی قرار گرفت. میزان این همبستگی با میانگین مربع انحراف (MSD) و ریشه دوم آن (RMSD) نشان داده شد. نتایج در جدول (3) ارائه گردیده است. در رابطه رگرسیونی مورد اشاره که به سه شکل خطی، درجه دوم و درجه سوم در شکل‌های (6) و (7) نشان داده شده است، عملکرد پیش‌بینی شده به عنوان متغیر مستقل و عملکرد زارع به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد.

ضریب تشخیص (R^2) برای مدل‌های خطی، درجه دوم و درجه سوم برای شاخص اصلاح نشده‌ای که با استفاده از فرمول ریشه دوم محاسبه شد، به ترتیب 53/0، 55/2 و 57/3 درصد و برای شاخص اصلاح شده‌ای که با استفاده از فرمول یاد شده بدست آمد، به ترتیب 50/2، 53/6 و 54/7 درصد است. ضریب تشخیص (R^2) برای مدل‌های خطی، درجه دوم و درجه سوم برای شاخص اصلاح نشده‌ای که با استفاده از فرمول استوری بدست آمد، به ترتیب 49/3، 51/5 و 57/5 درصد و برای شاخص اصلاح شده‌ای که با استفاده از فرمول مذکور محاسبه شد، به ترتیب 61/5، 63/3 و 64/8 درصد است. این نتایج نشان می‌دهند که اولاً در مورد هر دو فرمول ریشه دوم و استوری، منحنی درجه سوم نسبت به درجه یک و درجه دو، ضریب تشخیص (R^2) را افزایش داده و رابطه دقیق‌تری را بین عملکرد زارع و عملکرد پیش‌بینی شده بر قرار می‌سازد و ثانیاً، زمانی که فرمول استوری بکار می‌رود، استفاده از شاخص اصلاح شده باعث می‌گردد تا پتانسیل تولید اراضی نسبت به وقتی که شاخص اصلاح نشده بکار می‌رود، با دقت بیشتری پیش-بینی شود.

استفاده از فرمول ریشه دوم در محاسبه شاخص‌های اصلاح شده و اصلاح نشده باعث شد تا این شاخص‌ها اختلاف چندانی را در پیش‌بینی پتانسیل تولید بوجود نیاورند. نتایج حاصل از محاسبه معیار (RMSD) که برای رابطه رگرسیونی خطی انجام شده است، نشان داد که دقت روش استفاده از فرمول ریشه دوم اصلاح نشده برای پیشبینی محصول بهترین و پس از آن به ترتیب روش‌های استفاده از فرمول استوری اصلاح نشده، روش استفاده از فرمول ریشه دوم اصلاح شده و روش استفاده از فرمول استوری اصلاح شده به ترتیب با مقدار ریشه دوم میانگین مربع انحراف، 738، 837، 1278 و 1520 دقت‌های بالاتری دارند. تانگ و وان رانست (1992) ارزیابی تناسب اراضی منطقه آیت ایی در استان لیائونینگ چین را برای ذرت دیم با استفاده از روش‌های فازی، پارامتریک و محدودیت انجام دادند و روابط رگرسیونی بین شاخص‌های اراضی به دست آمده و میزان محصول را مورد بررسی قرار دادند.نتایج این بررسی نشان داد که شاخص‌های به دست آمده از روش فازی همبستگی بیشتری با محصول مشاهده شده داشت (r^2=0.92) پس از روش فازی، روش پارامتری (r^2=0.81) مناسب‌تر بود و روش محدودیت کمترین همبستگی را داشت (r^2=0.81). سیدجلالی (1375) گزارش کرد که عملکرد پیش‌بینی شده گندم آبی در منطقه میان آب شوشتر با عملکرد مشاهده شده زارع دارای ضریب همبستگی 0/77 است که این نشان می‌دهد مدل تهیه شده با شرایط منطقه تطابق خوبی دارد و همبستگی خوبی بین دو عملکرد وجود دارد.

جدول 3- ارزیابی دقت مدل های پیش بینی پتانسیل تولید از طریق رگرسیون خطی

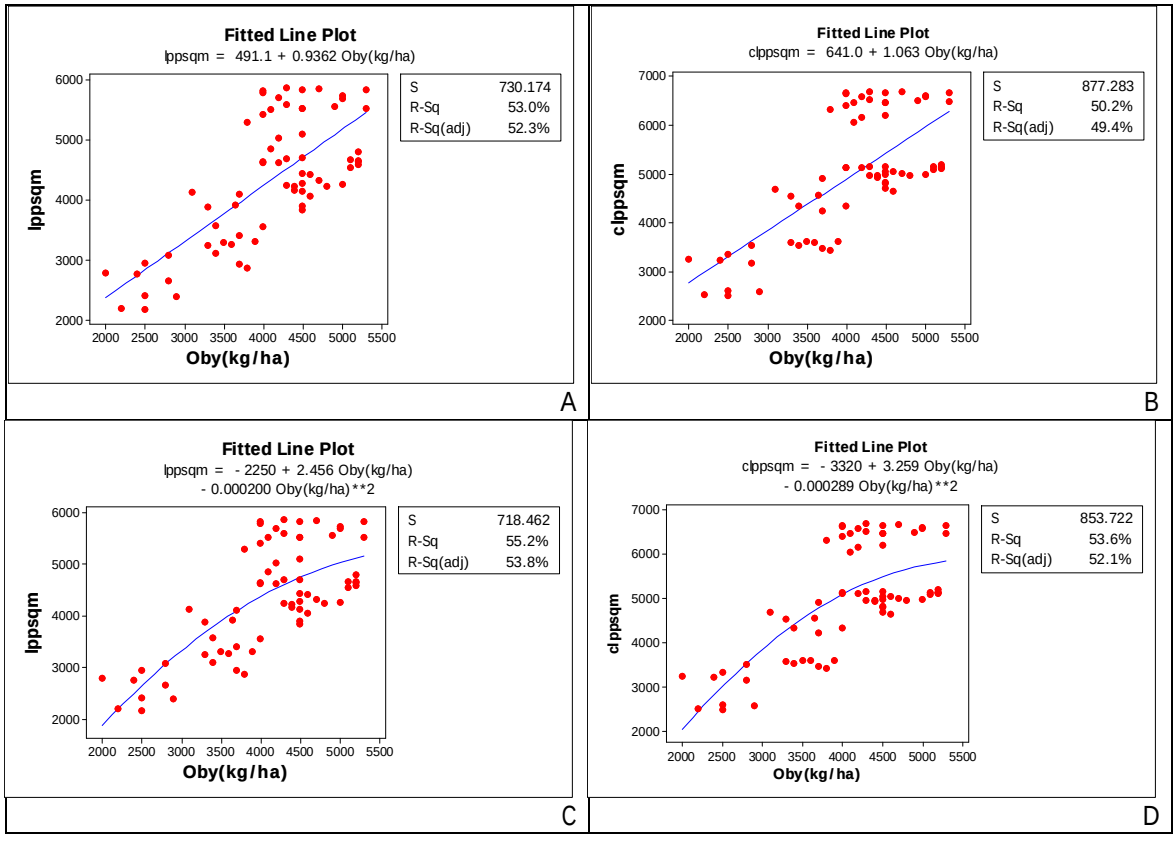
پارامتر	R2	R	SDs	SDm	SB	SDSD	LCS	MSD	RMSD
	خطی								
LPPsqm	0/53	0/73	1013	823	54756	36100	453514	544370	738
CLPPsqm	0/50	0/71	1235	823	870489	169744	592524	1632757	1278
LPPstm	0/49	0/70	893	823	257049	4900	437818	699767	837
CLPPstm	0/61	0/78	1206	823	1734489	146689	428341	2309519	1520

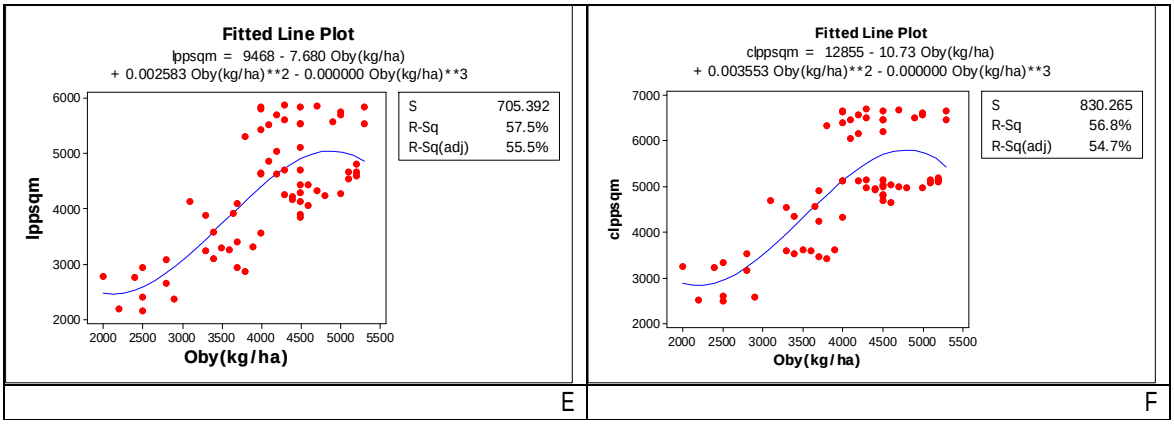
CLPPstm: پتانسیل تولید اراضی اصلاح شده (فرمول استوری)، CLPPsqm: پتانسیل تولید اراضی اصلاح شده (فرمول ریشه دوم)، LPPstm. : پتانسیل تولید اراضی اصلاح نشده (فرمول استوری)، LPPsqm: پتانسیل تولید اراضی اصلاح نشده (فرمول ریشه دوم)، r: ضریب همبستگی، SDs: انحراف معیار مقادیر پیشبینی شده، SDm: انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری شده، SB: انحراف مربع، SDSD: مربع اختلاف بین انحراف‌ها، LCS: فقدان همبستگی مثبت وزنی با انحراف‌های معیار، MSD: میانگین مربع انحراف ، RMSD: ریشه دوم میانگین مربع انحراف.

نتیجه‌گیری

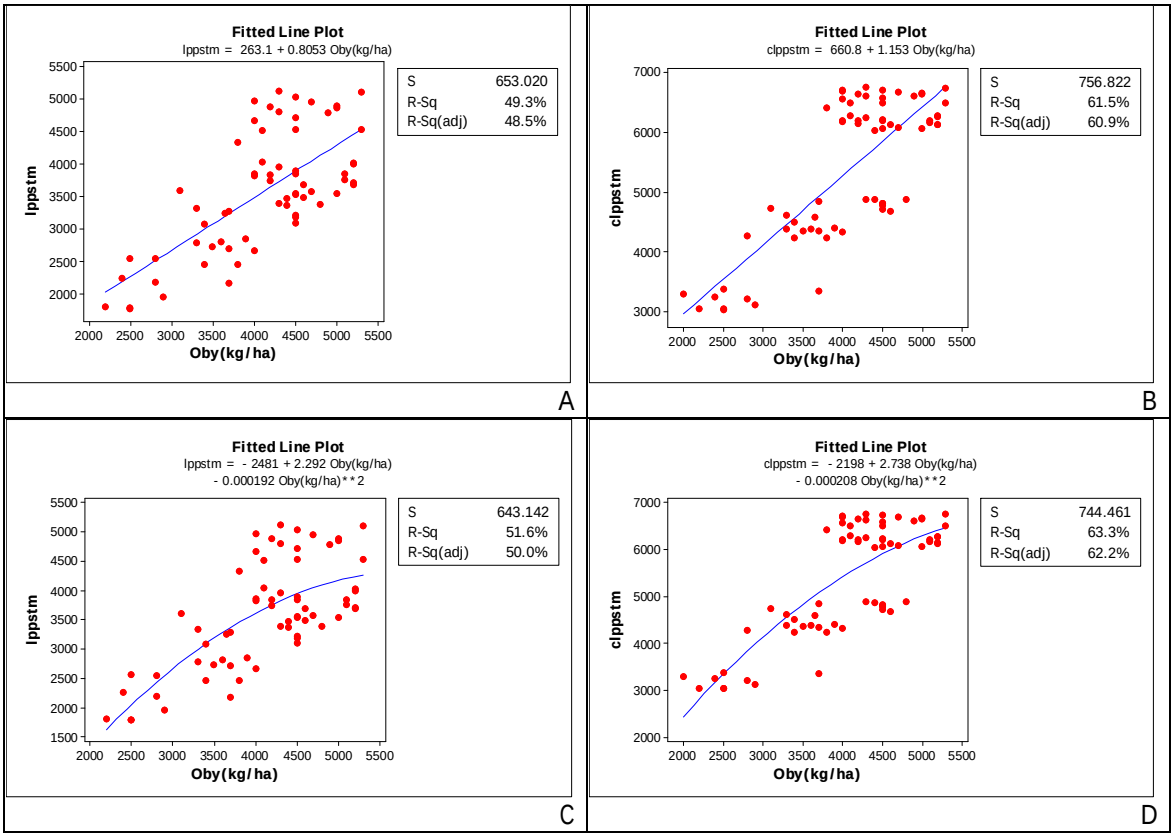
شاخص‌های اصلاح شده برای هر دو فرمول استوری و ریشه دوم مقادیر بیشتری را نسبت به شاخص‌های اصلاح نشده در اختیار قرار دادند. با اصلاح شاخص‌های اراضی، اولاً، درصد کلاس‌های با تناسب بالاتر افزایش و درصد کلاس‌های با تناسب پائین‌تر کاهش یافتند. این افزایش و کاهش با شرایط منطقه تطابق بیشتری دارد. ثانیاً، ارتقاء کلاس‌ها با اصلاح شاخص‌های اراضی و استفاده از فرمول استوری بیشتر از زمانی بود که از فرمول ریشه دوم استفاده شد. بر عکس، در صورت عدم اصلاح شاخص‌های اراضی، ارتقاء کلاس‌ها با بکارگیری فرمول استوری نسبت به موقعی که از فرمول ریشه دوم استفاده شد، کمتر بود.

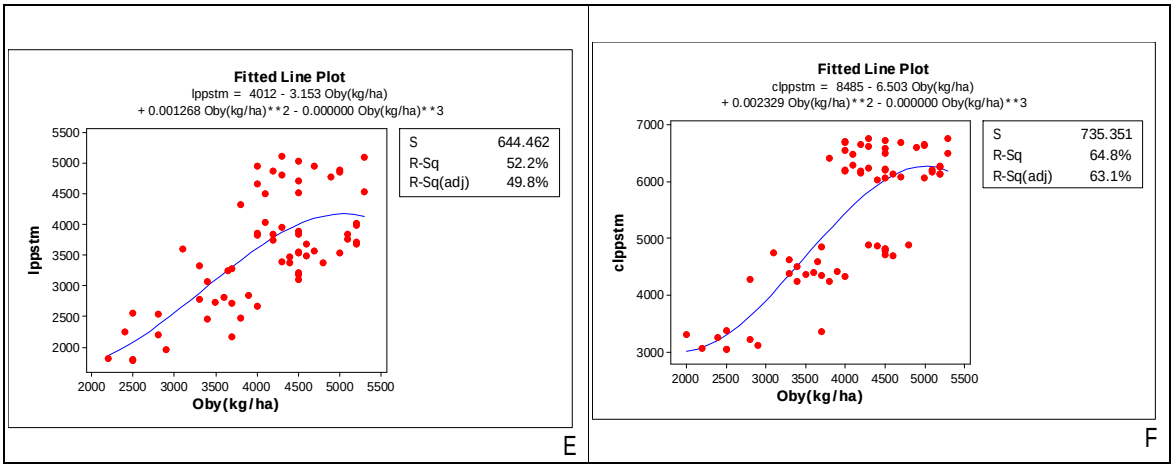
اصلاح شاخص اراضی موجب افزایش پتانسیل پیش‌بینی شده تولید اراضی گردید در ارتباط با روابط رگرسیونی بین عملکرد زارع و عملکرد پیش‌بینی شده، اولاً در مورد هر دو فرمول ریشه دوم و استوری، منحنی درجه سوم نسبت به درجه یک و درجه دو، ضریب تشخیص (R^2) بیشتری را نشان داد و ثانیاً، زمانی که فرمول استوری بکار رفت، استفاده از شاخص اصلاح شده باعث گردید تا پتانسیل تولید اراضی نسبت به وقتی که شاخص اصلاح نشده بکار رفت، با دقت بیشتری پیش‌بینی شود.در ضمن استفاده از معیار RMSD در این تحقیق نیز نشان داد که روش ریشه دوم اصلاح نشده نسبت به سایر روش‌ها خطای کمتری را در پیشبنی عملکرد گندم آبی با عملکرد زارع را نشان داد.





شکل 6- رابطه رگرسیونی بین عملکرد پیش‌بینی شده (محاسبه شده با استفاده از فرمول ریشه دوم) و عملکرد مشاهده شده (Oby)، A: رابطه خطی و شاخص اراضی اصلاح نشده، B: رابطه خطی و شاخص اراضی اصلاح شده، C: رابطه درجه دوم و شاخص اراضی اصلاح نشده، D: رابطه درجه دوم و شاخص اراضی اصلاح شده، E: رابطه درجه سوم و شاخص اراضی اصلاح نشده، F: رابطه درجه سوم و شاخص اراضی اصلاح شده





شکل 7- رابطه رگرسیونی بین عملکرد پیش‌بینی شده (محاسبه شده با استفاده از فرمول استوری) و عملکرد مشاهده شده (Oby)، A: رابطه خطی و شاخص اراضی اصلاح نشده، B: رابطه خطی و شاخص اراضی اصلاح شده، C: رابطه درجه دوم و شاخص اراضی اصلاح نشده، D: رابطه درجه دوم و شاخص اراضی اصلاح شده، E: رابطه درجه سوم و شاخص اراضی اصلاح نشده، F: رابطه درجه سوم و شاخص اراضی اصلاح شده

فهرست منابع:

۱. ایوبی ، ش و جلالیان، ا. 1385. ارزیابی اراضی (کاربردهای کشاورزی). مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. 394 صفحه.

۲. سیدجلالی ، س.ع.، 1375. ارزیابی تناسب و تعیین مدل پتانسیل تولید اراضی برای گندم در منطقه میان آب شوشتر، استان خوزستان، نشریه فنی شماره 1064، موسسه تحقیقات خاک و آب.

3. Bandyopadhyay. S., R. K. JaiswAal, V. S. Hegde and V. Jayaraman. 2009. Assessment of land suitability potentials for agriculture using a remote sensing and GIS based approach. International Journal of Remote Sensing, 30(4): 879–895.
4. Bouma, J. 1999. Land evaluation for land scape units. In: Summer M. E. (Ed.). Handbook of soil science. P: E393-E412.
5. De la Rosa D. and C. A. Van Diepen. 2002. Qualitative and Quantitative Land Evaluations. In: W. Verheye (Ed.) . Land Use and Land Cover, in Encyclopedia of Life Support System (EOLSS-UNESCO), Eolss Publishers. Oxford, UK.
6. De la Rosa, D., F. Mayol., E. Diaz-Pereira., M. Fernandez and D. De la Rosa Jr. 2004. A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection. With special reference to the Mediterranean region. Environ. Model. Softw. 19: 929–942.
7. FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. Soil Bull., vol. 32. Rome, Italy.
8. FAO. 1978. Report on the Agro-Ecological Zones Project, Vol. 1. Methodology and Results for Africa. World Soil Resources Report No. 48. FAO, Rome, 158 pp., 2nd printing 1982.
9. FAO. 1983. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. FAO Soils Bulletin No. 52. (Rome, Italy).
10. Fontes, M. P. F., R. M. O. Fontes, and P. A. S. Carneiro. 2009. Land suitability, water balance and agricultural technology as a Geographic–Technological Index to support regional planning and economic studies. Land Use Policy, 26 (3): 589–598.
11. Food and Agricultural Organization. 1979. Report on agro-ecological zones project. Vol. 1: Methodology and result for Africa. World soil resources report No. 48, FAO, Rome.

12. Givi, J., Prasher, S. O., and Patel, R. M. 2004. Evaluation of pedotransfer functions in predicting the soil water contents at field capacity and wilting point. Agricultural water management vol 70. 83-96.
13. Hoobler, B. M., G. F. Vance., J. D. Hammerlock., L. C. Munn., and J. A. Hayward. 2003. Applications of land evaluation and site assessment (LESA) and a geographic information system (GIS) in East Park County, Wyoming. J. Soil Water Conserv. 58: 105–112.
14. Keshavarzi, A., F. Sarmadian., A. Heidari, and M. Omid. 2010. Land Suitability Evaluation Using Fuzzy Continuous Classification (A Case Study: Ziaran Region). Modern Applied Science, 4(7). 72-81.
15. Khiddir, S. M. 1986. A statistical approach in the use of parametric systems applied to the FAO framework for land evaluation. Ph. D. Thesis, State University of Ghent, Belgium.
16. Kobayashi, K., and Salam, M. U. 2000. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. Agron. J. 92, 345-352.
17. Manna, P., A. Basil., A. Bonfante, V. De Mascellis, and F. Terribile. 2009. Comparative Land Evaluation Approaches: An itinerary from FAO framework to simulation modeling. Geoderma, 150: 367–378.
18. Recatalá, L., and J. A. Zinck. 2008. Land-use planning in the Chaco Plain (Burruyacu, Argentina). Part 1: evaluating land-use options to support crop diversification in an agricultural frontier area using physical land evaluation. Environmental Management. 42 (6): 1043–1063.
19. Rossiter, D. G., and A. R. Van Wambeke. 1997. Automated Land Evaluation System (ALES), Version 4.65 User's Manual. Ithaca, NY: Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences. SCAS Teaching Series No. T93-2, Revision 6. 284pp.
20. Rossiter, D. G. 1996. "A theoretical framework for land evaluation." Geoderma 72(3): 165-190.
21. Shahbazi, F., A. A. Jafarzadeh, , F. Sarmadian, , M. R. Neyshaboury, , Sh. Oustan, , M. Anaya- Romero, and D. De la Rosa. 2009. Suitability of Wheat, Maize, Sugar beet and Potato, Using MicroLEIS DSS Software in Ahar Area, North-West of Iran. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 5 (1): 45-52,
22. Soil survey staff. 2010. Keys to soil taxonomy. Eleventh Edition. USDA. NRCS. 338pp.
23. Sonneveld, M. P. W., M. J. D., Hack-ten Broeke. , C. A. van Diepen. , and H. L. Boogaard. 2010. Thirty years of systematic land evaluation in the Netherlands. Geoderma, 156: 84–92.
24. Storie, R. 1978. Storie index soil rating. Oakland: University of California, Division of Agricultural Sciences, Special Publication 3203.
25. Sys, C. E. Van Ranst, and J. Debaveye. 1993. Land evaluation, Part III. Crop requitements. General Administration for development cooperation, Brussels.
26. Sys, C. E. Van Ranst, and J. Debaveye. 1991. Land evaluation, Part I and II. General Adminstration for development cooperation, Brussels.
27. Tang, H. 1993. Land suitability classification based on fuzzy set theory and modelling of land production potential of maize and winter wheat in different zones of China. Ph.D. thesis, University of Gent, Belgium, 241 pp.
28. Tang, H. J, and E. Van Ranst. 1992. Testing of fuzzy set theory in land suitability assessment for rainfed grain maize production. Pedologie, 42:129-147.
29. Van Niekerk. A. 2010. A comparison of land unit delineation techniques for land evaluation in the Western Cape, South Africa. Land Use Policy, 27: 937–945.
30. Ziadat, Feras M. 2007. Land suitability classification using different sources of information: Soil maps and predicted soil attributes in Jordan. Geoderma 140: 73–80.