بررسی رابطه بین تولید گندم و خصوصیات پستی و بلندی زمین در منطقه اردل استان چهارمحال و بختیاری

مجتبی نوروزی، احمد جلالیان، شمس‌ا... ایوبی* و حسین خادمی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۹/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۲/۲۴)

چکیده

عملکرد محصول، خصوصیات و فرسایش خاک شدیداً به پارامترهای زمین (خصوصیات پستی و بلندی) مرتبط انـد، بنـابراین شـناخت و آگاهی از این پارامترها از نظر تأثیر بر عملکرد محصولات مهم نظیر گندم جهت دست‌یابی به توسعه پایدار در زمینه کشاورزی امـری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق در اراضی زراعی تحت کشت گندم دیم در منطقه اردل استان چهارمحال و بختیاری، به منظور ایجاد مدل‌های رگرسیونی بین محصول و شاخص‌های پستی و بلندی، اجرا شده است. نمونه‌برداری از محصول گندم به طریق تصادفی طبقه‌بندی شده و جمعاً در ۱۰۰ نقطه در منطقه‌ای به وسعت ۹۰۰ هکتار به وسیله پلات با ابعاد ۱×۱ متر و با استفاده از GPS به گونه‌ای انجام شد کـه توزیع سطوح ژئومرفیک مختلف را پوشش دهد. سپس مدل رقومی ارتفاع منطقه در پیکسل‌هـایی بـه ابعـاد ۳×۳ متـر تهیـه و از روی آن ویژگی‌های پستی و بلندی محاسبه شد. نتایج آمار توصیفی نشان داد که تمامی متغیرها از توزیع نرمـال برخوردارنـد. از بـین پارامترهـای عملکرد، عملکرد دانه (۰/۳۶) بیشترین و وزن هزار دانه (۰/۱۳) کمترین ضریب تغییرات را از خـود نـشان دادنـد. در نهایـت مـدل‌هـای رگرسیون چند متغیره بین این پارامترها و مؤلفه‌های عملکرد گندم، برقرار و سپس به وسیله نقاط کمکی (۲۰ نقطـه از ۱۰۰ نقطـه) تخمـین توسط مدل‌های به دست آمده اعتبارسنجی شدند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که خصوصیات پستی و بلندی مهمی که با مؤلفه‌های عملکـرد گندم ارتباط بیشتری داشته و در مدل رگرسیونی نیز وارد شده‌اند، شامل شاخص رطوبتی و انحنای سطح زمین بوده است که توانسته‌اند ۴۵ تا ۷۸ درصد از تغییرات مؤلفه‌های عملکرد گندم در این منطقه را توجیه نمایند. این نتایج بیانگر این موضوع است کـه عملکـرد گنـدم در منطقه تا اندازه زیادی تحت کنترل پارامترهای پستی و بلندی می‌باشد. نتایج اعتبارسنجی مدل‌ها نیز نشان‌دهنده نااریب بودن و درجه تخمین مناسب برازش مدل‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی محصول، شاخص‌های پستی و بلندی، رگرسیون خطی، مؤلفه‌های عملکرد گندم

مقدمه

در راستای برنامه‌ریزی استفاده از اراضی و آمایش سرزمین، نیاز به روش‌های کمی در ارزیابی اراضی احـساس مـی‌گـردد (۲۸). امروزه بـا پیـشرفت روش‌هـای کـامپیوتری امکـان جمـع‌آوری، ذخیره و پردازش تعداد زیادی از عوامل مـؤثر در بعـد زمـان و مکان، زمینه را برای بررسی پاسخ اراضی در مقابل استفاده‌هـای مختلف به وسیله مدل‌سازی و شبیه‌سازی فراهم کرده است. یک مدل شکل ساده شده‌ای از واقعیت است کـه بعـد از ایجـاد آن، می‌توان بـدون انـدازه‌گیـری و آزمـایش، رفتـار یـک پدیـده را پیش‌بینی نمود (۱). روزیتـر ایـن گونـه مـدل‌هـا را در ارزیـابی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد، استادیار و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ayoubi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]

اراضی تحت عنوان مدل‌های بیوفیزیکی معرفی نموده است. این مدل‌ها می‌توانند رفتار یک سیستم یا کاربری از اراضی را به صورت مفاهیمی مانند تولید، آثار زیست محیطی و آثار مدیریتی پیش‌بینی نمایند(۲۲).

استفاده اصلی مدل‌سازی در ارزیابی اراضی پیش‌بینی مقدار محصول است. در ارزیابی اراضی، مدل‌های آماری روش‌های تجربی نیرومندی هستند که با استفاده از خصوصیات اراضی، پیش‌بینی تولید و محصول از طریق آنها میسر می‌گردد. ایده اصلی در این مدل‌ها بر این مبناست که بین خصوصیات اراضی و تولید محصول ارتباطی وجود دارد که با ایجاد این ارتباط می‌توان مقدار تولید را برآورد کرد (۱). در این مدل‌ها تولید محصول (Y) به صورت تابع ۱ آنالیز می‌گردد:

$$Y= \Phi (X1, X2, \dots Xn) + \varepsilon \qquad [۱]$$

در این مدل‌ها Xn نشاندهنده متغیرهای مستقل یا خصوصیات اراضی انتخاب شده اعم از خصوصیات خاک، پارامترهای پستی و بلندی و ... و ε اثر باقی مانده است. اگر چه فرم ریاضی Φ نا شناخته است، این تابع اغلب به وسیله معادلات چند جمله‌ای تخمین زده می‌شود.

فرایندهای هیدرولوژیکی، پدولوژیکی و ژئومورفیکی قادر به ایجاد تغییرپذیری مکانی و زمانی در خصوصیات هیدرولیکی، خاک، انتقال سطحی و زیر سطحی آب، فرسایش و رسوب، قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و ذخیره آب در ناحیه ریشه گیاهان می‌باشند. همه این عوامل به صورت مکانی در سطح مزارع کشاورزی متغیر بوده و بر عملکرد دانه در اراضی کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک اثر گذارند(۴).

اگر چه چنین فاکتورهایی که عملکرد محصول را کنترل می‌نمایند به صورت مفصل و جزء به جزء در سطح مزارع اندازه‌گیری نمی‌شوند، اما اغلب می‌توان از فاکتورهای پستی و بلندی سطح زمین به عنوان جایگزین فاکتورهای خاک در مسائل مدیریتی و برآورد تولید استفاده نمود (۱۰و ۱۳). تأثیر پستی و بلندی در توزیع ذرات خاک، مواد آلی و مواد غذایی به وسیله فرسایش و رسوب می‌باشد که در نتیجه آن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در بالای شیب و پایین شیب تغییر می‌کند (۲۰ و ۲۱). هم‌چنین آگاهی از پارامترهای سطح زمین و خصوصیات پستی و بلندی در مزارع کشاورزی جهت تفسیر نقشه‌های عملکرد محصول مفید است (۲۶). از طرف دیگر مزیت خصوصیات پستی و بلندی نسبت به خصوصیات دیگر خاک در سهل الوصول بودن آنها از طریق محاسبه و صرف هزینه و زمان کمتر می‌باشد.

بنابراین استفاده از روش‌های غیر مستقیم برآورد محصول، نظیر استفاده از شاخص‌های پستی و بلندی و مدل رقومی ارتفاعی، روشی آسان، سریع، ارزان و قابل اعتماد جهت نیل به مقاصد فوق‌الذکر می‌باشد. در زمینه بررسی ارتباط عملکرد محصول با خصوصیات پستی و بلندی تاکنون مطالعاتی توسط پژوهشگران مختلف انجام شده است. کاسپار و همکاران (۱۴) به منظور تعیین ارتباط بین پارامترهای سطح زمین و عملکرد ذرت در آیوای مرکزی، به مدل آماری در آن منطقه دست یافتند که براساس آن برخی خصوصیات سطح زمین نظیر ارتفاع نسبی، شیب و انحنای سطح زمین ۷۸% از تغییرپذیری عملکرد را توجیه نمودند.

در مطالعه‌ای دیگر چنگ و فارل (۵) به منظور تعیین رابطه بین عملکرد گندم و شاخص‌های پستی و بلندی در منطقه آلونا کانادا دریافتند که عملکرد دانه گندم هم‌بستگی معنی‌داری با طول بالای شیب (r=۰/۷۷) و شاخص رطوبتی (r =۰/۶۷) دارد در حالی‌که انحنای سطح زمین تنها ۱۵درصد از تغییرپذیری عملکرد را توضیح می‌دهد.

از جمله قدیمی‌ترین گیاهان زراعی که در نقاط مختلف دنیا به منظور تولید دانه برای تهیه نان و تغذیه حیوانات و هم‌چنین مصارف صنعتی کشت می‌شود، گندم است (۲ و ۱۶). این محصول از نظر مقدار تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی کشورمان می‌باشد که افزایش تولید آن روز به روز مورد توجه قرار گرفته و از نظر اقتصادی و تأمین غذای اصلی از اهمیت بسیاری برخوردار است. بنابراین با توجه به اهمیت محصول گندم در کشاورزی کشور از یک سو و از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]

سوی دیگر به دلیل این که بخش اعظم اراضی زراعی دیم با پستی و بلندی زیاد در کشورمان زیر کشت این محصول می‌باشد، جهت برنامه‌ریزی و اعمال مدیریت بهینه از نظر تولید به صرفه و اقتصادی این محصول، شناخت پارامترهای پستی و بلندی مؤثر بر عملکرد امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در ارتباط با این موضوع نیز تاکنون در کشورمان مطالعه‌ای صورت نگرفته، لذا هدف از این تحقیق، ایجاد مدل آماری است که بر اساس آن بتوان با استفاده از خصوصیات و پارامترهای سطح زمین مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم(عملکرد کل، عملکرد دانه و وزن هزار دانه) در منطقه اردل استان چهارمحال و بختیاری را برآورد نمود.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۹۰۰ هکتار بخشی از اراضی تحت کشت گندم دیم منطقه اردل استان چهار محال و بختیاری می‌باشد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی '۱۲ °۵۰ تا '۳۷ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی '۵۸ °۳۱ تا '۰۳ °۳۲ شمالی واقع شده است (شکل ۱). متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا حدود ۱۸۶۰ متر، متوسط دمای سالانه منطقه C °۱۵ و متوسط بارندگی سالیانه حدود ۶۰۰ میلی‌متر است. رژیم رطوبتی خاک زریک و رژیم حرارتی ترمیک می‌باشد. از نظر ژئومرفولوژی، منطقه مورد مطالعه عمدتاً شامل فلات‌های موجدار و از نظر زمین‌شناسی شامل سازند پابده می‌باشد (۳).

مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری

برای انجام این تحقیق نمونه‌برداری به طریق تصادفی طبقه بندی شده صورت گرفت. به نحوی که ابتدا سطوح مختلف ژئومورفیک مشتمل بر قله شیب، شانه شیب، شیب پشتی، پنجه شیب و انتهای شیب در منطقه شناسایی شده و این سطوح به عنوان طبقات انتخاب گردیدند. سپس در هر طبقه، تعداد مساوی نقطه به طور تصادفی و با استفاده از GPS به صورتی انتخاب گردید که توزیع پستی و بلندی‌های مختلف را پوشش دهد (شکل ۲). در مجموع نمونه‌برداری از محصول گندم دیم (رقم سرداری) از ۱۰۰ نقطه به وسیله پلات با ابعاد ۱×۱ متر صورت گرفت. به منظور تعیین عملکرد گندم، مؤلفه‌های عملکرد کل، عملکرد دانه و وزن هزار دانه محاسبه گردید.

محاسبه شاخص‌های پستی و بلندی

مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه با میان یابی (Interpolation) خطوط میزان نقشه توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ درمحیط GIS (نرم افزار ILWIS) و در پیکسل‌هایی به ابعاد ۳×۳ متر تهیه شد. ویژگی‌های اولیه و ثانویه پستی و بلندی با استفاده از محاسبات روی مدل رقومی ارتفاع (DEM) به شرح زیر تعیین گردیدند.

خصوصیات پستی و بلندی به شاخص‌های اولیه و ثانویه (مرکب) تقسیم‌بندی شدند. شاخص‌های اولیه که شامل ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب، سطح ویژه حوزه، انحنای سطح زمین، انحنای افقی و انحنای قائم می‌باشند، مستقیماً از مدل رقومی ارتفاعی محاسبه شده و شاخص‌های ثانویه که شامل شاخص رطوبتی، شاخص قدرت جریان و فاکتور فرسایش‌پذیری می‌باشند از ترکیب شاخص‌های اولیه حاصل می‌شوند (۱۸). مبنای محاسبه شاخص‌های فوق‌الذکر ایجاد یک شبکه سلولی ۳×۳ روی تصویر است (شکل ۳).

اگر در شکل ۳، فاصله بین نقاط متوالی λ باشد و X و Y و Z مشخصات بردار طول و عرض و ارتفاع باشند، مشتقات لازم برای محاسبه شاخص‌های پستی و بلندی به شرح زیر است (۱۸).

$$f_{yy}=\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \quad f_{xy}=\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \quad f_x=\frac{\partial z}{\partial x}$$

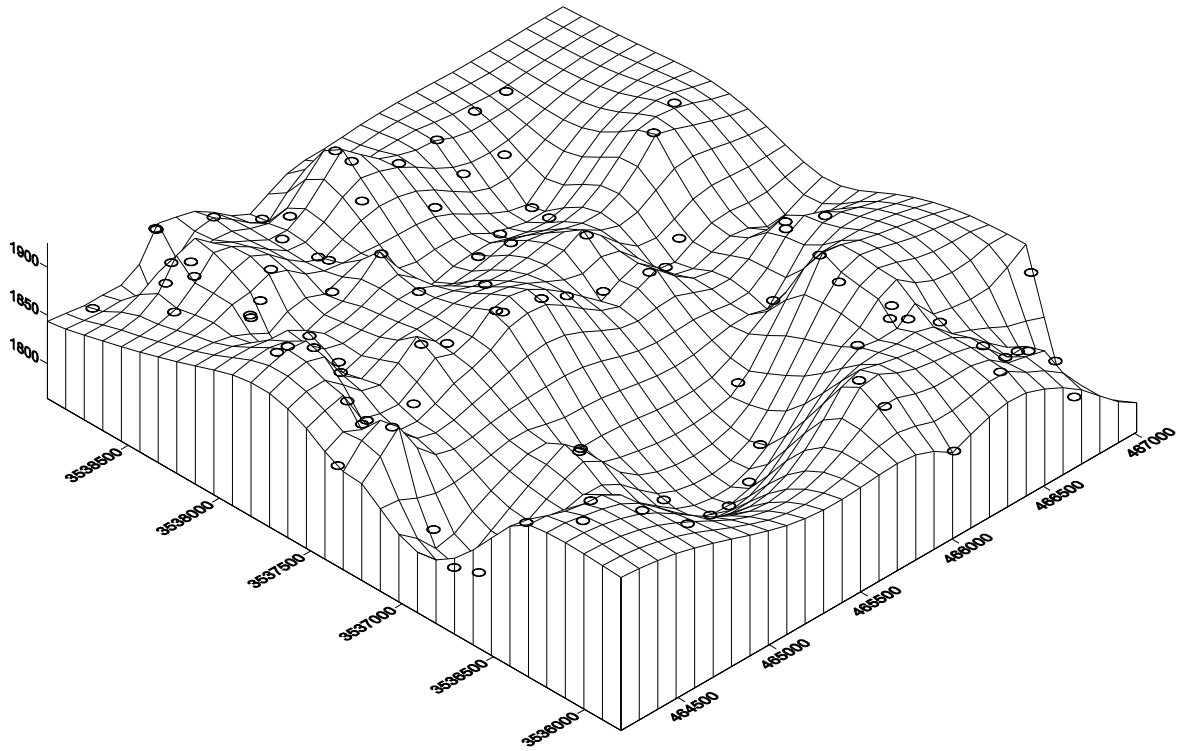
$$f_y=\frac{\partial z}{\partial y} \quad f_{xx}=\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}$$

$$p=f_x^2+f_y^2 \qquad q=p+1 \qquad [۲]$$

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]

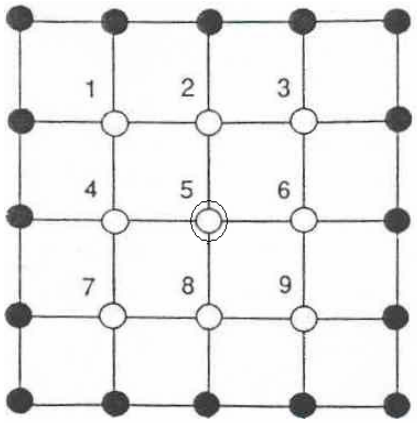
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. پراکنش نقاط مطالعاتی در منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]



شکل ۳. ساختار شبکه DEM، با یک آرایه ۳×۳ متحرک، متمرکز روی نقطه ۵

به عنوان مثال برای نقطه شماره ۵ در شکل ۳ مشتقات جزئی فوق به شکل زیر محاسبه می‌شود (۱۸):

$$f_x = \frac{z_6 - z_4}{2l} \qquad f_y = \frac{z_2 - z_8}{2l}$$

$$f_{xy} = \frac{-z_1 - z_3 + z_7 - z_9}{4l^2} \qquad [۳]$$

ماکزیمم شیب (β)، جهت شیب (ψ) و انحنای سطح زمین(Curvature) عبارت‌اند از:

$$b = \arctan\left(p^{1/2}\right) \qquad [۴]$$

$$y = 180 - \arctan\left(\frac{f_y}{f_x}\right) + 90\left(\frac{d_x}{|f_x|}\right) \qquad [۵]$$

$$\text{curvature} = \frac{f_{xx}\cos^2 f + 2f_{xy}\cos f \sin f + f_{yy}\sin^2 f}{q^{1/2}\cos u} \qquad [۶]$$

$$\cos f = \frac{f_x}{(pq)^{1.2}} \quad \sin f = \frac{f_y}{(pq)^{1/2}} \qquad [۷]$$

انحنای قائم(φ) و انحنای افقی(ω) عبارت‌اند از:

$$j = \frac{f_{xx}f_x^2 + 2f_{xy}f_x f_y + f_y f_y^2}{pq^{3/2}} \qquad [۸]$$

$$w = \frac{f_{xx}f_x^2 - 2f_{xy}f_x f_y + f_y f_x^2}{p^{3/2}} \qquad [۹]$$

سطح ویژه حوزه با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود (۲۹).

$$As = A/W \qquad [۱۰]$$

که در آن معادله مقدار A مساحت و W شاخص عرض جریان می‌باشد.

شاخص رطوبتی به عنوان شاخصی از توزیع مکانی رطوبت خاک در طول چشم انداز زمین می‌باشد که به وسیله معادله زیر قابل محاسبه است (۱۸).

$$w = \mathrm{In}\left(\frac{A_s}{\tan b}\right) \qquad [۱۱]$$

که در این معادله مقدارAs سطح ویژه حوزه آبخیز (m/m2) و β درجه شیب است.

فاکتور فرسایش‌پذیری (LS) نمایانگر فرایندهای فرسایش و رسوب بوده و به طور عمده تأثیر شیب بر فرسایش را نشان می‌دهد (۲۰). در این معادله As و β همان پارامترهای قبلی و m= 0.6 و N= 13 پارامترهای ثابت‌اند (۱۸).

$$t = \left(\frac{A_s}{22/13}\right)^m \left(\frac{\sin b}{0/0896}\right)^n \qquad [۱۲]$$

شاخص قدرت جریان (Ω) نمایشی از قدرت فرسایندگی جریان‌های سطحی است (مقدارAs در این معادله سطح ویژه حوزه آبخیز (m/m2) و β درجه شیب می‌باشد) (۱۸).

$$\Omega = A_s \tan b \qquad [۱۳]$$

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]

ایجاد مدل آماری و اعتبارسنجی

بعد از محاسبه شاخص‌های اولیه و ثانویه پستی و بلندی در نقاط مورد مطالعه، بین این پارامترها و مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم، ماتریس هم‌بستگی پیرسون برقرار شد. سپس با استفاده از نرم افزار SPSS (۲۳) آنالیز رگرسیون چند متغیره خطی بین مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم و شاخص‌های پستی و بلندی به روش رگرسیون گام به گام (Stepwise regression)پیش‌رونده صورت گرفت. از بین ۱۰۰ نقطه نمونه‌برداری شده۸۰ نقطه جهت مدل‌سازی و ۲۰ نقطه باقی‌مانده به منظور اعتبارسنجی مدل‌ها استفاده شده‌اند. جهت انجام فرایند اعتبارسنجی مدل‌ها، از معیارهای میانگین انحرافات تخمین‌ها (ME) و جذر میانگین مربع انحرافات تخمین‌ها(RMSE) به شکل زیر استفاده شده است (۲۵). در معادلات زیر Z* مقدار برآورد شده و Z مقدار واقعی می‌باشد.

$$ME=\Sigma ni = (Z^* - Z)/n \qquad [۱۴]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n}(Z^*-Z)^2} \qquad [۱۵]$$

شاخص ME نشانگر درجه اریب بودن تخمین است که باید حتی‌المقدور نزدیک صفر باشد و RMSE نمایانگر درجه دقت تخمین است که برای یک تخمین نااریب باید تا حد امکان حداقل باشد.

برای محاسبه شاخص‌های مزبور از مدل‌های رگرسیونی چند متغیره توسعه یافته استفاده گردید به این نحو که در ۲۰ نقطه اعتبارسازی مقادیر مربوط به پارامترهای وارد شده در مدل استخراج شده و سپس توسط مدل‌ها مقادیر مؤلفه‌های عملکرد محاسبه شدند. پس از ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل‌ها، مدل‌های توسعه یافته در محیط GIS به نقشه‌های پارمترهای پستی و بلندی در سلول‌هایی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰متر اعمال گردید و نقشه پراکنش مکانی عملکرد ارائه گردید. در مرحله بعد جهت بررسی وضعیت بررسی آماری پیش‌بینی‌ها، دقیقاً در همان ۱۰۰نقطه مورد بررسی میزان عملکردها استخراج گردید و شاخص‌های آماری مختلف محاسبه گردید.

نتایج و بحث

نتایج آمار توصیفی مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم برداشت شده مشتمل بر میانگین، مقدار حداکثر، مقدار حداقل، ضریب تغییرات، چولگی و ضریب کشیدگی در جدول ۱ ارائه شده است. همان طور که نتایج آمار توصیفی نشان می‌دهد، مؤلفه‌های عملکرد دانه و عملکردکل تغییرپذیری نسبتاً زیادی را نشان می‌دهند. یکی از دلایل این تغییرپذیری تأثیر زیاد پستی و بلندی بر جابه‌جایی و انتقال آب در موقعیت‌های مختلف زمین نماست که به دنبال این فرایند، خصوصیات خاک و حساسیت آن به فرسایش در موقعیت‌های مختلف چشم‌انداز متفاوت می‌شود. از سویی دیگر در هر نقطه‌ای از زمین نما، مقدار آب قابل دسترس گیاه به وسیله شیب، شاخص رطوبتی و انحنای افقی و قائم تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۱).

چنانچه سیها (۶) عنوان نمود که موقعیت شیب بیشترین تأثیر را روی عملکرد گندم پاییزه دارد که این امر در نتیجه تغییر خصوصیاتی مانند ضخامت خاک سطحی و مقدار آب قابل دسترس خاک با تغییرات شیب در طول یک زمین نماست.

آزمون نرمالیته کولموگروف- اسمیرونوف نشان داد که هر سه متغیر دارای توزیع نرمال هستند. نتایج ضریب چولگی (بین ۱- و ۱+) مؤید این مطلب است (جدول ۱).

مقادیر شاخص‌های پستی و بلندی در پیکسل‌هایی به ابعاد ۳×۳ متر محاسبه شد. پارامترهای شاخص رطوبتی و شیب برای منطقه مورد مطالعه در شکل۳ نمایش داده شده است. با توجه به این شکل می‌توان گفت که، مقادیر شیب دارای گستردگی زیاد از ۲ درصد تا ۲۸ درصد می‌باشد و مقدار شاخص رطوبتی در منطقه بین ۱۰ – ۴/۵ متغیر است. به طوری که گسلر و همکاران (۹) عنوان نمودند که شاخص رطوبتی با ترکیب سطح ویژه حوزه و درجه شیب، شاخصی از موقعیت مکانی یک نقطه در طول یک ردیف ارضی ـ آبی می‌باشد.

ضرایب هم‌بستگی بین مؤلفه‌های عملکرد گندم برداشت شده با شاخص‌های پستی و بلندی در جدول۲ ارائه شده است. از مهم‌ترین خصوصیات پستی و بلندی که با عملکرد گندم در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]

جدول ۱. آمار توصیفی مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم برداشت شده در منطقه مورد مطالعه (n=۱۰۰)

مؤلفه	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
عملکرد کل	Mg/ha	۱/۸۶	۱۰/۰۱	۵/۳۵	۰/۲۹	۰/۴۳	۰/۳۴
عملکرد دانه	Mg/ha	۰/۲۷	۳/۰۱	۱/۳۲	۰/۳۶	۰/۷۵	۱/۰۴
وزن هزار دانه	Mg/ha	۰/۲۶	۰/۴۸	۰/۳۵	۰/۱۳	۰/۵۷	۰/۱۸

جدول ۲. ضرایب هم‌بستگی (r) بین مؤلفه‌های عملکرد برداشت شده و شاخص‌های پستی و بلندی در منطقه مورد مطالعه

	Elev£	Proc	Plac	Curv	Asp	Slp	LS	Wetn	Strm	Cath
عملکرد کل	-۰/۱۲	۰/۷۷**	۰/۷۵**	۰/۸۳**	۰/۲*	-۰/۷۹**	-۰/۷۱**	۰/۸۵**	۰/۶۹ **	۰/۸۲**
عملکرد دانه	-۰/۱۱	۰/۶۲**	۰/۶۲**	۰/۶۸**	۰/۲۶**	-۰/۶۵**	-۰/۵۸**	۰/۷۳**	۰/۵۶ **	۰/۷ **
وزن هزاردانه	-۰/۰۴	۰/۵۷ **	۰/۵۶**	۰/۶۱**	۰/۲۵*	-۰/۶**	-۰/۵۵**	۰/۶۴ **	۰/۵۴ **	۰/۶**

**: معنی‌دار درسطح ۰/۰۱ و *: معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

£: Elev: ارتفاع، Proc: انحنای قائم، Plac: انحنای افقی، Asp: جهت شیب، Slp:شیب، Wetn: شاخص رطوبتی، Curv: انحنای سطح زمین، Cath: سطح ویژه حوزه آبخیز، Strm: شاخص قدرت جریان و LS: فاکتور فرسایش‌پذیری

درجات مختلف هم‌بستگی معنی‌داری نشان می‌دهند، می‌توان به انحنای سطحی، انحنای افقی، انحنای عمودی، شیب، جهت شیب، فاکتور فرسایش‌پذیری، شاخص رطوبتی، شاخص قدرت جریان و سطح ویژه حوزه اشاره نمود.

مؤلفه‌های عملکرد گندم در این منطقه هم‌بستگی‌های منفی معنی‌داری با شاخص‌های شیب و فاکتور فرسایش‌پذیری و هم‌بستگی مثبت معنی‌داری با پارامترهای شاخص رطوبتی، سطح ویژه حوزه، جهت شیب، شاخص قدرت جریان و انحنای زمین نشان دادند. در این رابطه کراوچنکو و بولوک (۱۵)، جنسون ودومینگ (۱۲) و تیملین و همکاران (۲۷) به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. در چشم‌اندازهای پیچیده با پستی و بلندی زیاد، توپوگرافی مهم‌ترین فاکتور در کنترل و توزیع آب خاک، مواد آلی، عناصر غذایی، توزیع اندازه ذرات و دیگر خصوصیات خاک است که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. به عبارت دیگر پارامترهای سطح زمین به واسطه تأثیر بر خصوصیات خاک، فرسایش و رسوب بر عملکرد محصول تأثیر گذارند (۳۰). به نظر می‌رسد فرایندهای مزبور در منطقه مورد مطالعه این تحقیق نیز حکم‌فرما باشد.

به طور کلی وجود هم‌بستگی آماری بین مؤلفه‌های عملکرد و شاخص‌های پستی و بلندی گویای این موضوع است که حرکت آب و فرایندهای هیدرولوژیکی و فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه بخشی از تغییرپذیری مؤلفه‌های عملکرد را کنترل نموده است.

مور و همکاران (۱۷) نیز عنوان نمودند که پارامترهایی مانند شاخص رطوبتی، شاخص قدرت جریان، جهت جریان و طول جریان از فاکتورهای پستی و بلندی و هیدرولوژیکی مهمی هستند که در سیستم تولید محصول به طور قابل ملاحظه‌ای مؤثرند.

با توجه به این موضوع که جهت مدل‌سازی، وجود هم‌بستگی بین مؤلفه‌های عملکرد برداشت شده و شاخص‌های پستی و بلندی اهمیت زیادی دارد، در این تحقیق نیز بر اساس نتایج ماتریس هم‌بستگی (جدول ۲)، شاخص‌های پستی و بلندی معنی‌دار برای هر مؤلفه انتخاب و در مدل‌سازی از آنها استفاده شده است. مدل‌های ایجاد شده در سطح احتمال ۱ درصد برای مؤلفه‌های عملکرد در جدول ۳ آمده است. در مجموع ضرایب تشخیص به دست آمده نشان می‌دهد که این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]

جدول۳. مدل‌های رگرسیون چندمتغیره خطی (معنی‌دار در سطح ۱ درصد) جهت برآورد مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم برداشت شده براساس شاخص‌های پستی و بلندی

مدل رگرسیون پیش بینی عملکرد	R^2	ME	RMSE
عملکرد کل (Mg/ha) =۱/۳۰۷ +۰/۶۱۹ (Wetn)$^{£}$ + ۱۰۸/۵۴۲(Curv)	۰/۷۸	-۰/۰۸۵۳	۰/۷۶
عملکرد دانه (Mg/ha) = -۰/۵۲۶ +۰/۲۸(Wetn)	۰/۶۰	۰/۰۳۴۷	۰/۳۴۵
وزن هزار دانه (Mg/ha) = ۰/۲۰۳+۰/۰۲۴(Wetn)	۰/۴۵	۰/۰۰۸۲۶	۰/۰۳۱۲

£: Wetn: شاخص رطوبتی، Curv: انحنای سطح زمین

مدل‌ها ۷۸- ۴۵ درصد از کل تغییرات مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم در این منطقه را توجیه می‌نمایند.

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، از بین فاکتورهای پستی و بلندی بررسی شده در این مطالعه، تنها دو پارامتر شاخص رطوبتی و انحنای سطح وارد مدل‌ها گردیدند. به گونه‌ای که در مدل به دست آمده جهت پیش‌بینی عملکرد کل هر دو پارامتر شاخص رطوبتی و انحنای سطح وارد شده و در مدل‌های به دست آمده جهت پیش‌بینی عملکرد دانه و وزن هزار دانه تنها پارامتر شاخص رطوبتی وارد مدل شده است.

براساس نتایج به دست آمده، می‌توان گفت که این دو پارامتر نسبت به سایر فاکتورهای توپوگرافی به خوبی توانسته‌اند تغییرپذیری عملکرد در منطقه مورد مطالعه را کنترل نمایند. در این ارتباط پژوهشگران مختلف به نتایج مشابهی دست یافتند. چنانچه تیملین و همکاران (۲۷) دریافتند که انحنای سطح پارامتر مهمی در توصیف روابط بین عملکرد، توپوگرافی و اقلیم می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر چنگ و همکاران (۵) دریافتند که شاخص رطوبتی به تنهایی ۴۶% از تغییرات عملکرد دانه گندم را توجیه می‌کند. شاخص رطوبتی نمایانگر توزیع مکانی رطوبت خاک در طول زمین نما بوده و با افزایش شیب نسبت جریان آب سطحی افزایش و پتانسیل نفوذ کاهش می‌یابد. در نتیجه به دنبال این فرایند می‌توان گفت که مقادیر شاخص رطوبتی در مناطق بالای شیب کمتر از نقاط پست و آبراهه‌ها می‌باشد(۹).

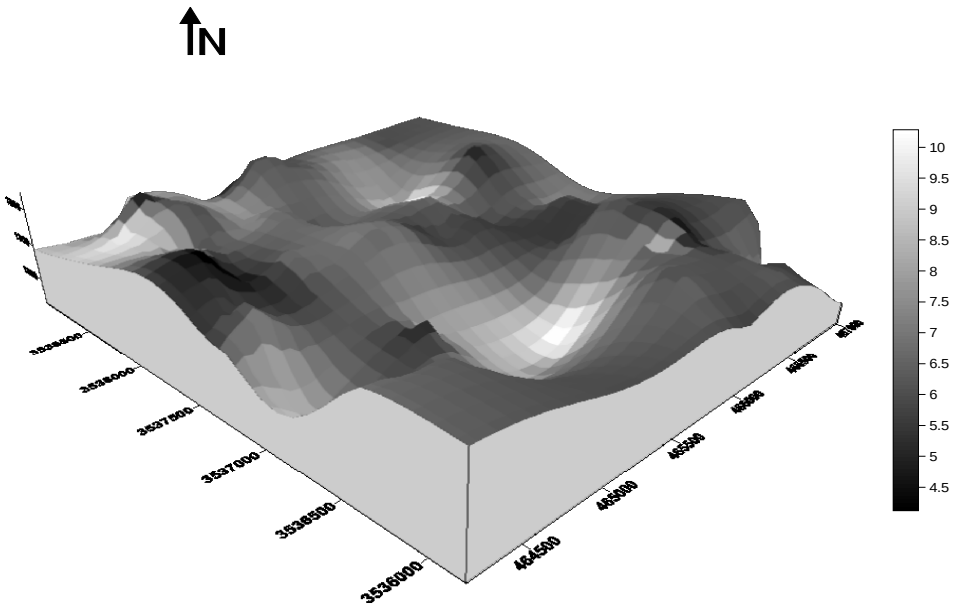
انحنای سطح زمین، تمرکز یا پخشیدگی جریان آب سطحی را تعیین می‌کند به گونه‌ای که در سطوح مقعر جریان آب متمرکز شده و نفوذ افزایش می‌یابد در حالی که در وضعیت‌های محدب جریان آب پخشیده شده و نفوذ کاهش می‌یابد (۷). به عبارت دیگر انحنای سطح زمین اثر غیر مستقیمی روی ذخیره رطوبتی خاک برای رشد محصول دارد.

بنابراین به طور کلی می‌توان عنوان نمود، در مناطقی که زراعت دیم رایج است، رطوبت خاک یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده تولید محصول است و فرایندهایی که توزیع رطوبت خاک را کنترل می‌کنند، تولید محصول را نیز تحت کنترل خود دارند. تجمع آب و فرایندهای رواناب عمدتاً به وسیله شکل زمین نما تعیین می‌شود. چنانچه که سینایی و همکاران (۲۴) گزارش کردند که مقدار رطوبت خاک عمدتاً با انحنای سطح زمین هم‌بستگی دارد. از سوی دیگر از دست رفتن خاک سطحی و مواد آلی و نمایان شدن خاک زیر سطحی متراکم شده در وضعیت‌های بالای شیب به دلیل فرسایش خاک و بالا بودن فاکتور فرسایش‌پذیری در این وضعیت‌ها(۱۹)، نسبت نفوذ آب و ظرفیت ذخیره رطوبت را کاهش داده و به دنبال آن مقدار محصول در این وضعیت‌ها نیز کاهش می‌یابد (۴ و ۸). به علاوه انتقال عناصر غذایی و مواد آلی از موقعیت‌های پرشیب به مناطق پست‌تر می‌تواند یکی از نتایج اثرات پستی و بلندی بر مؤلفه‌های محصول باشد.

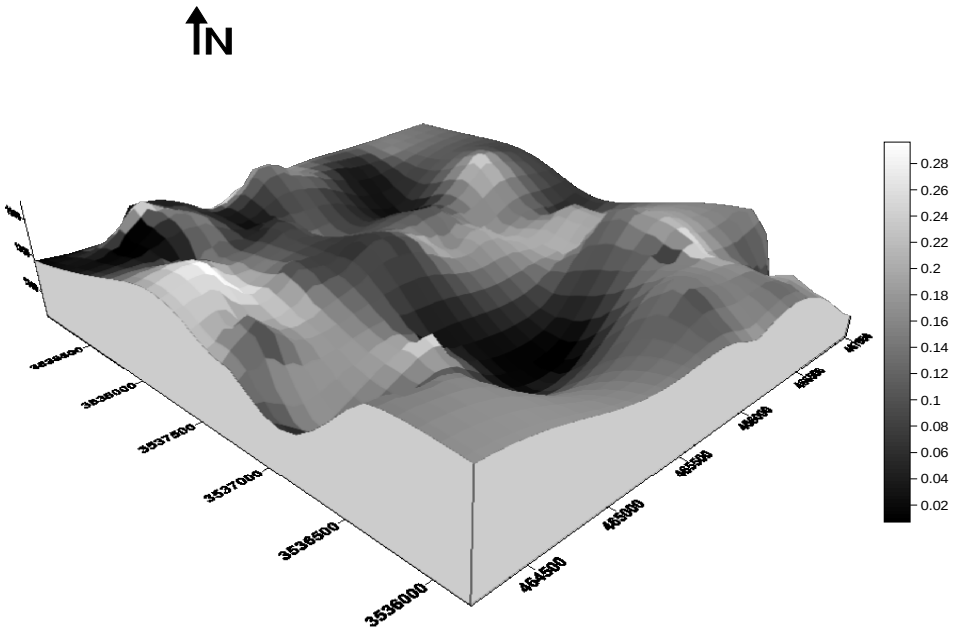
نتایج اعتبارسنجی مدل‌های به دست آمده در جدول ۳ آمده است. مقادیرME مدل‌های ایجاد شده نزدیک به صفر می‌باشد و می‌توان گفت که برازش، توسط مدل‌های ایجاد شده نا اریب می‌باشد. هم‌چنین پایین بودن مقادیر RMSE مدل‌ها نیز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]



(الف)

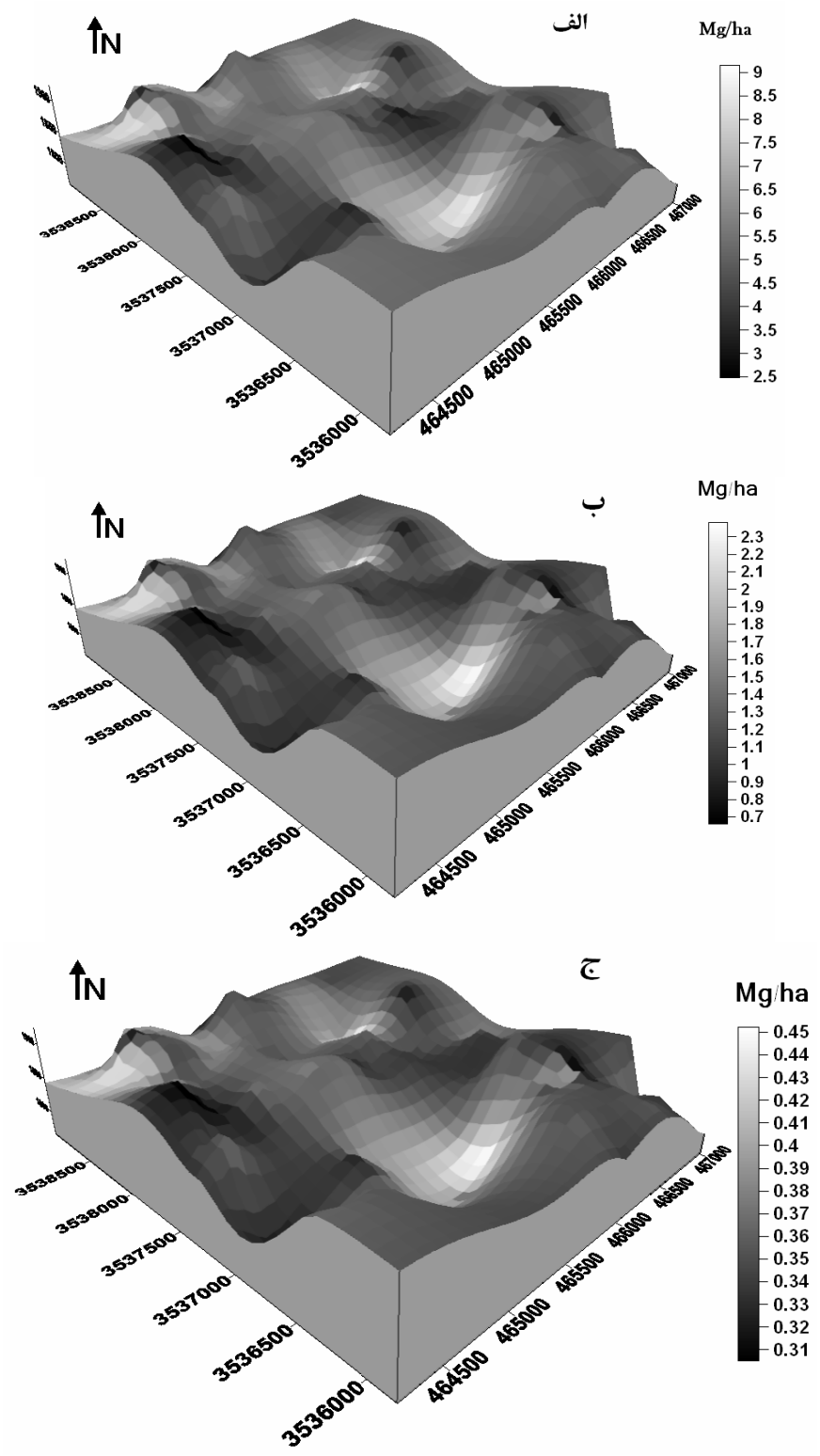


(ب)

شکل ۴. پراکنش جغرافیایی مقادیر محاسبه شده شاخص رطوبتی (الف) و شیب (ب) (مقادیر شاخص رطوبتی بدون واحد هستند و شیب منطقه برحسب نسبتی بین صفر و یک گزارش شده است).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]



شکل ۵. توزیع مکانی مقادیر تخمین زده شده مؤلفه‌های عملکرد به وسیله مدل‌های توسعه یافته، (الف) عملکرد کل، (ب) عملکرد دانه، (ج) وزن هزار دانه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]

جدول ۴. آمار توصیفی مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم تخمین زده شده توسط مدل‌های توسعه یافته (n=۱۰۰)

مؤلفه	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
عملکرد کل	Mg/ha	۱/۹۹	۸/۸۷	۵/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۳۱
عملکرد دانه	Mg/ha	۰/۵۷	۲/۴۵	۱/۳۱	۰/۲۷	۰/۷۲	۰/۴۹
وزن هزار دانه	Mg/ha	۰/۳۰	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۰۹	۰/۷۵	۰/۴۷

بیانگر دقت مناسب و قابل قبول برآوردها می‌باشد (جدول ۳).

پس از ارزیابی صحت و دقت قابل قبول مدل در پیش‌بینی مؤلفه‌های مورد مطالعه، مدل‌های توسعه یافته ارائه شده در جدول ۳ به نقشه‌های مکانی انحنای سطح و شاخص رطوبتی در محیط GIS اعمال گردید و نتیجه آن به صورت نقشه پیوسته مؤلفه‌های عملکرد کل، عملکرد دانه، و وزن هزاردانه در شکل ۵ ارائه شده است. همان‌طور که نمایش گرافیکی مؤلفه‌های عملکرد نشان می‌دهد عملکردهای بیشتر تابع توزیع رطوبت در منطقه مورد مطالعه است. این مطلب از مقایسه نقشه‌های مزبور با شکل ۴ به خوبی قابل پیگیری است. در صد نقطه مورد مطالعه مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها استخراج شده و پارامترهای آماری آنها محاسبه شده که نتایج آن در جدول ۴ خلاصه شده است. مقادیر ضریب چولگی مقادیر تخمین زده شده مؤید آن است که تخمین توسط مدل‌های توسعه یافته منجر به مقادیری با توزیع نرمال شده است. هم‌چنین مقایسه مقادیر ضریب تغییرات مقادیر تخمین زده شده(جدول ۴) با مقادیر آنها برای مؤلفه‌های برداشت شده(جدول ۱) نشان می‌دهد، نتایج تخمین دارای ضریب تغییرات کوچک‌تری شده‌اند که این امر محتملاً مربوط به اثر پیرایشی مدل رگرسیون می‌باشد که باعث کاهش تغییرات شده است.

به نظر می‌رسد که در این پژوهش شاخص‌های پستی و بلندی به خوبی قادر به توجیه تغییرپذیری مکانی عملکرد شده‌اند که این امر نشان‌دهنده اهمیت این فاکتورها به صورت غیرمستقیم، عمدتاً از طریق تأثیر بر توزیع رطوبت در فرایند تولید محصول در این منطقه است. مدل‌های به دست آمده در چنین تحقیقاتی را در شرایط مشابه منطقه از نظر پستی و بلندی، با دقت مناسب می‌توان به کار گرفت. البته می‌توان جهت ایجاد مدلی معتبرتر که تغییرپذیری بیشتری از مؤلفه‌های عملکرد گندم در این منطقه را پیش‌بینی نماید، از خصوصیات دیگر مؤثر بر تولید محصول اعم از خصوصیات خاک، اقلیم و فاکتورهای مدیریتی استفاده نمود که این موضوع مستلزم انجام پژوهش‌های آتی در منطقه می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱. ایوبی، ش. و ا. جلالیان. ۱۳۸۵. *ارزیابی اراضی (کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی)*. انتشارات مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. کوچکی، ع. ۱۳۶۴. *زراعت در مناطق خشک* (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۳. وزارت کشاورزی، معاونت طرح و برنامه، مهندسین مشاور یکم. ۱۳۶۷. مطالعات جامع احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی حوزه آبخیز شمالی رودخانه کارون. جلد ۶: منابع و قابلیت اراضی.

4. Afyuni, M. M., D. K. Cassel and W. P. Robarge. 1993. Effect of landscape position on soil water and corn silage yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 1573– 1580.

5. Cheng Si. B. and R. E. Farrell. 2004. Scale-dependent relationship between wheat yield and topographic indices: A wavelet approach . Soil Sci. Soc. Am. J. 68: 577– 587.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]

6. Ciha, A. J. 1984. Slope position and grain yield of soft white winter wheat. Agron. J. 76: 193–196.
7. Daniels, R. B., J. W. Gilliam, D. K. Cassel and L. A. Nelson. 1987. Quantifying the effects of past soil erosion on present soil productivity. Soil and Water Conserv. 42: 183– 187.
8. Frye, W. W., S. A. Ebelhar, L. W. Murdock and R. L. Blevins. 1982. Soil erosion effects on properties and productivity of two Kentucky soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1051– 1055.
9. Gessler, P. E., O. A. Chadwick, F. Chamran, L. Althouse and K. Holmes. 2000. Modeling soil landscape and ecosystem properties using terrain attributes. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 2046– 2056.
10. Green, T.R., J.D. Salas, A. Martinez and R.H Erskine. 2006. Relating crop yield to topographic attributes using spatial analysis و neural networks and regression. Geoderma 139: 23– 37.
11. Hanna, A. Y., P. W. Harlan and D. T. Lewis. 1982. Soil available water as influenced by landscape position and aspect. Agron. J. 74: 999– 1004.
12. Jenson, S. K. and J. O. Domingue. 1988. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. Photogramm. Eng. Remote Sens. 54: 1593– 1600.
13. Jiang, P and K. D. Thelen. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. Agron. J. 96: 252– 258.
14. Kaspar, T. C., T. S. Colvin, D. B. Jaynes, D. L. Karlen, D. E. James and D. W. Meek. 2003. Relationship between six years of corn yield and terrain attributes. Precision Agric. 4: 87– 101.
15. Kravchenko, A.N. and D.G. Bullock. 2000. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. Agron. J. 92: 75– 83.
16. Leonard, W. H. and J. H. Martin. 1963. Cereal Crops. The MacMillan Company. New York.
17. Moore, I. D., P. E. Gessler and G. A. Nielson. 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 443– 452.
18. Moore, I. D., R. B. Grayson and A. R. Landson. 1991. Digital terrain modeling. A review of hydrological, geomorphological, and applications. Hydrol. Proc. 5: 3– 30
19. Moore, I. D. and J. P. Wilson. 1992. Length- slope factors in the revised universal soil loss equation. J. Soil Water Conserv. 47: 423– 429.
20. Ovalles, F. A. and M. E. Collins. 1986. Soil–landscape relationships and soil variability in North Central Florida. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 401– 408.
21. Pennock, D. J. and E. de Jong. 1990. Spatial pattern of soil redistribution in Boroll landscapes, southern Saskathewan, Canada. Soil Sci. 150: 867– 873.
22. Rossiter, D. G. 2003. Biophysical Models in Land Evaluation. Encyclopedia of life support system (EOLSS), EOLSS Pub, UK.
23. SPSS for windows (Microsoft). 2002. Release. 11.5. Copyright, Inc.
24. Sinai, G., D. Zaslavsky and P. Golany. 1981. The effect of soil surface curvature on moisture and yield:Beer Sheba observation. Soil Sci. 132: 367– 375.
25. Sinowski, W. and K. Auerswald. 1999. Using relief parameters in a discriminate analysis to stratify geological areas with different spatial variability of soil properties.Geoderma 89: 113– 128.
26. Sudduth, K. A., S. T. Drummond, S. J. Birrell and N. R. Kitchen. 1997. Spatial modeling of crop yield using soil and topographic data. PP. 439– 447. *In*: Precision agriculture 97: Proceedings of the 1st European Conference on precision agriculture, edited by J. V. Stafford (BIOS Scientific Publishers, Oxford, uk).
27. Timlin, D., Y. Pachepsky, V.A. Snyder and R.B. Bryant. 1998. Spatial and temporal variability of corn yield on a hillslope. Soil Sci. Soc. Am. J. 62: 764– 773.
28. Van Diepen, C. A., H. Van Keulen, J. Wolf and J. A. Berkhout. 1991. Land evaluation: from intuition to quantification. In Advances in Soil Science. PP: 139– 204. Stewart, B. A. (Eds.), Springer Pub., New York.
29. Wilson, J. P. and J. C. Gallant. 2000. Terrain Analysis. Wiley & Sons, New York.
30. Zebarth, B. J. and E. de Jong. 1989. Water flow in a hummocky landscape in central Saskatchewan, Canada, I. Distribution of water and soils. J. Hydrol. 107: 309– 327.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.26.0]