

پهنه‌بندی بوم‌شناختی زراعی گندم آبی با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و مدل تحلیل سلسله مراتبی در استان ایلام

پروانه وفا^۱، مهرشاد براری^۱، یاسر علیزاده^۱ و مرزبان فرامرزی^{۲*}

^۱گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

^۲گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

*نویسنده مسئول: m.faramarzi@ilam.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۷

وفا، پ.، م. براری، ی. علیزاده و م. فرامرزی. ۱۳۹۷. پهنه‌بندی بوم‌شناختی زراعی گندم آبی با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و مدل تحلیل سلسله مراتبی در استان ایلام. مجله کشاورزی بوم‌شناختی. ۸ (۱): ۷۴-۶۱.

سابقه و هدف: بررسی تناسب اراضی برای تولید محصول پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک مورد نیاز است. گیاهان زراعی بهترین رشد را در مکان‌هایی دارند که شرایط آب و هوایی و عامل‌های خاکی نیازهای رشدی آنها را به بهترین نحو تامین می‌کنند. عامل‌هایی مانند ارتفاع، شیب، جهت شیب، نوع خاک، پوشش زمین و بسیاری از عامل‌های آب و هوایی که بر رشد محصول تاثیر دارند، در مشخص کردن مناسب‌ترین مناطق برای کشت یک گیاه تعیین کننده هستند. روند طبقه‌بندی تناسب اراضی شامل ارزیابی و گروه‌بندی مناطق خاصی از نظر مناسب بودن آنها برای استفاده مشخصی است. در این پژوهش، توانایی دیمزارهای غرب کشور از نظر کشت گندم آبی در استان ایلام با استفاده از GIS و روش مدل تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process: AHP) مورد ارزیابی قرار گرفت که ضمن آن متغیرهای اقلیمی متناسب با نیازهای اکوفیزیولوژی گندم بررسی شده و در نهایت مناطق به سه منطقه مستعد، نیمه‌مستعد و نامستعد، طبقه‌بندی شدند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، متغیرهای اقلیمی دما و بارش از ۷ ایستگاه سینوپتیک (همدید) منطقه و متغیرهای محیطی شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، بافت و مواد آلی خاک، احتمال رخداد دماهای مناسب در مرحله‌ی جوانه‌زنی، احتمال رخداد دمای بیشینه روزانه 25°C و بیشتر در مرحله‌ی گلدهی و احتمال رخداد دمای بیشینه روزانه 30°C و بیشتر در مرحله‌ی پرشدن دانه به عنوان عامل‌های مؤثر در پهنه‌بندی، مورد استفاده قرار گرفت. در آغاز داده‌های مربوط به هر کدام از عامل‌های اقلیمی و متغیرهای محیطی استخراج شد، آنگاه نقشه‌های مربوط به این متغیرها ترسیم شد. در ادامه وزن هر لایه اطلاعاتی با روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی مشخص و تلفیق لایه‌های مورد نظر در محیط GIS انجام شد. روش‌های رگرسیون، Kriging و IDW برای درونیابی متغیرهای محیطی مورد استفاده قرار گرفتند. سپس نقشه‌ی پهنه‌بندی اراضی مستعد کشت گندم آبی در استان ایلام به‌دست آمد. پهنه‌بندی اراضی در پنج طبقه شامل: بسیار مناسب، مناسب، متوسط، ضعیف و نامناسب بر پایه تقسیم‌بندی سازمان خواربار و کشاورزی (فائو) انجام شد. اراضی بسیار ضعیف دارای محدودیت‌های شدیدی هستند که به ندرت از طریق نهاده‌های ورودی یا شیوه‌های مدیریتی می‌توان بر آنها غلبه کرد.

نتایج و بحث: نتایج تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌های AHP نشان داد، در بین عامل‌های مؤثر در تناسب اراضی، دمای مناسب در مرحله کاشت (۰/۳۱) و ارتفاع (۰/۰۹) دارای بیشترین و کمترین وزن بودند. در این مدل AHP نسبت سازگاری حدود ۰/۰۳۵ است. این نشان می‌دهد که مقایسه معیارها بسیار درست بوده و وزن‌های نسبی برای استفاده در تجزیه و تحلیل تناسب اراضی در ایلام مناسب بود. بر

پایه نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی به‌دست آمده، ۳۱/۲۳ درصد از اراضی استان برای کشت بسیار مناسب، ۳۴/۷۴ درصد مناسب، ۱۳/۹۱ درصد دارای قابلیت متوسط، ۱۶/۰۴ درصد ضعیف و ۸/۰۴ درصد نیز برای کشت گندم آبی نامناسب هستند. در حال حاضر ۲۲/۰۸ درصد از سطح زمین‌های کشاورزی استان زیر کشت گندم است. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که نقش هریک از متغیرهای اقلیمی و محیطی بر عملکرد گندم آبی در مناطق مختلف استان ایلام متفاوت است. همچنین می‌توان مناطق مناسب برای کشت گندم آبی را با استفاده از روش GIS و روش AHP تعیین کرد.

نتیجه‌گیری: در این تحقیق، موثرترین عامل‌ها در تعیین تناسب اراضی برای کشت گندم، دمای مناسب در مرحله کاشت، احتمال رخداد بیشینه دمای ۲۵ درجه سلسیوس و بیشتر در طول گلدهی، ارتفاع و شیب بود. نتیجه دیگری که از این تحقیق گرفته شد، تأیید قابلیت GIS در پهنه‌بندی است.

واژه‌های کلیدی: متغیرهای محیطی، دما، بارش، GIS، AHP.

مقدمه

سطح زیر کشت گندم در کشور ایران و استان ایلام بالاترین سهم را از سطوح زیر کشت گیاهان زراعی مختلف به خود اختصاص داده است. در استان ایلام از کل ۲۳۳۲۶۹ هکتار زمین کشاورزی، ۱۴۰۴۴۴ هکتار زیر کشت گندم قرار دارد (Agriculture Organization Report, 2015). بنابراین اگر بتوان با توجه به نیازهای بوم‌شناختی (اکولوژیکی)، مناطق مستعد برای کشت گندم را شناسایی کرده و محدودیت‌ها و توانمندی‌هایی را که اقلیم برای رشد گندم ایجاد کرده است شناسایی کرد، درعمل می‌توان میزان محصول بیشتری در واحد سطح برداشت کرد. (Kamali et al., 2010)، که خود باعث بهبود شرایط اقتصاد کشاورزی و سطح درآمد کشور خواهد شد. در بسیاری از موارد در کشورهای در حال توسعه زمین‌های زراعی با وجود محدودیت‌های چندی زیر کشت و کار قرار می‌گیرند. هدف اصلی از ارزیابی زمین زراعی، پیش‌بینی ظرفیت ذاتی آن برای تولید در درازمدت است که باعث به کمینه رساندن هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی می‌باشد (Nematollahi et al., 2012). ارزیابی تناسب اراضی در مدیریت درست منابع زمین، برای تعیین بهترین نوع استفاده از زمین در یک مکان خاص انجام می‌شود. پهنه‌بندی اراضی یکی از روش‌های ارزیابی زمین است که عامل‌های محدود کننده‌ی اصلی تولید یک محصول خاص را شناسایی می‌کند. در عین حال، تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد تا یک نظام مدیریت افزایش عملکرد را برای بالا بردن بهره‌وری زمین اجرا کنند (Elbaroudy, 2015).

بررسی تناسب اراضی یک پیش نیاز برای تولید محصول پایدار است. گیاهان زراعی بهترین رشد و تولید را در مکان‌هایی دارند که شرایط آب و هوایی و عامل‌های خاکی نیازهای رشدی آنها را به بهترین نحو تامین می‌کنند. عامل‌هایی مانند ارتفاع، شیب، جهت شیب، نوع خاک، پوشش زمین و بسیاری از عامل‌های آب و هوایی که بر رشد گیاه زراعی تاثیر دارند، در مشخص کردن مناسب‌ترین مناطق برای کشت یک گیاه تعیین کننده هستند. روند طبقه‌بندی تناسب اراضی شامل ارزیابی و گروه‌بندی مناطق خاصی از نظر مناسب بودن آنها برای استفاده مشخصی است (Seyed Shahivandi et al., 2013). Bidadi et al. (2015) حوزه‌ی قره‌سو در استان گلستان را برای شناسایی نواحی مستعد برای کشت گندم دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند سلسله مراتبی پهنه‌بندی کردند. نتایج به دست آمده نشان داد، مناطق موجود از نظر تناسب اراضی برای کشت گندم در ۴ پهنه خیلی مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب قرار می‌گیرند.

نتایج تحقیقی که توسط Sari saraf et al. (2009) برای پهنه‌بندی قابلیت (پتانسیل) های اقلیمی کشت گندم دیم در آذربایجان غربی صورت گرفت، نشان داد، نقش هریک از عنصرهای اقلیمی بارش و دما، متناسب با مراحل مختلف رشد، درمناطق مختلف استان متفاوت است و همچنین امکان شناخت میزان مطلوبیت مناطق برای کشت گندم وجود دارد. (Eini et al., 2012)، با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS^۱) ثابت کردند که در حرکت از شرق به غرب استان کرمانشاه، مناطق برای کشت گندم دیم

^۱ Geographic Information Systems

می‌توان از نظر اقلیمی، مناطق سه‌گانه سردسیری، گرمسیری و معتدل را در این استان به خوبی مشاهده کرد (Department of Meteorology of Ilam, 2017). سطح کل اراضی کشاورزی استان ایلام ۳۳۶۳۶۵ هکتار است که از این میزان ۱۴۰۴۴۳/۸ هکتار زیر کشت گندم می‌باشد. از کل سطوح زیر کشت گندم استان ۵۱۴۸۷/۵ هکتار به گندم آبی و ۸۸۹۵۶/۳ هکتار به گندم دیم اختصاص دارد (Agricultural Organization Report, 2015).

برای پهنه‌بندی کشاورزی بوم‌شناختی (اگرواکولوژیک) گندم آبی از فناوری سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش فرآیند سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. به این منظور، نقشه‌های عامل‌های محیطی موثر در مکان‌یابی زمین‌های مستعد کشت گندم آبی تهیه شد. این لایه‌ها شامل متغیرهای توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا، برای شیب و درصد شیب)، خاک (بافت خاک و درصد مواد آلی خاک)، اقلیم (دما و بارش) و شبکه هیدروگرافی می‌باشد. در مرحله بعد، با استفاده از روش AHP به هر کدام از لایه‌ها وزن خاصی داده شد و سپس با تلفیق این نقشه‌ها در محیط GIS مکان‌های مستعد کشت گندم آبی در استان ایلام در نقشه‌ی نهائی مشخص شد. در آغاز نیازهای بوم‌شناختی گندم بر پایه منابع علمی موجود مشخص شد (جدول ۱).

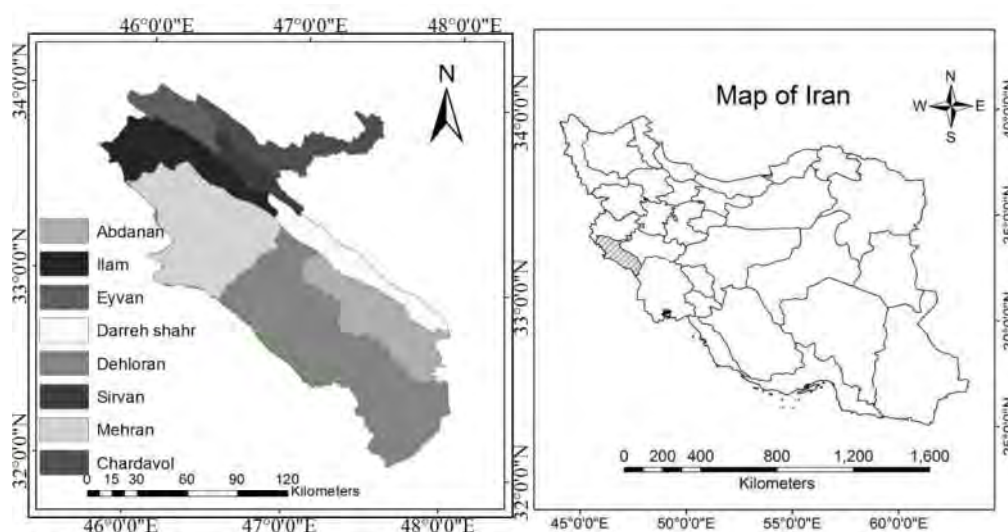
پس از آن برای بررسی شرایط اقلیمی، از یک دوره‌ی آماری ۱۶ ساله (۱۹۹۹-۲۰۱۴) و آمار سینوپتیک هفت ایستگاه موجود در استان ایلام که دارای آمار بلند مدت و پیوسته بودند، استفاده شد. همچنین از آمار و اطلاعات بعضی از

مساعد می‌شود و این روند همانند پراکندگی بارش سالانه در این استان است. افزون بر این از بین متغیرهایی که مورد بررسی قرار دادند، نقش بارش سالانه از همه مهم‌تر بود. فناوری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی GIS یک ابزار توانمند برای تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی است (Zabihi et al., 2014). این تحقیق به منظور ارزیابی و پهنه‌بندی اراضی مستعد کشت گندم آبی در استان ایلام با استفاده از GIS و روش مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد بررسی

استان ایلام با مساحت ۱۹۰۸۶ کیلومترمربع حدود ۱/۴ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. این استان در غرب سلسله جبال زاگرس در مختصات بین ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی، در گوشه‌ی غربی کشور قرار گرفته است (شکل ۱). شمال و شمال شرق استان از ارتفاعات و کوهستان‌های بلند تشکیل یافته و نیمه‌ی غربی و جنوب غربی آن از نواحی کم ارتفاع با شیبی به طرف غرب شکل گرفته است که دشتهای گسترده گرمسیر منطقه مهران، دهلران و دشت عباس را در بر می‌گیرد. استان ایلام از نظر شرایط اقلیمی جزء مناطق گرمسیر کشور به شمار می‌آید، ولی به علت وجود ارتفاعات در این منطقه، اختلاف دما و میزان بارندگی در بخش‌های شمالی، جنوبی و غربی استان زیاد است. به طوری که



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی روی نقشه ایران.

Fig. 1- Geographical location of the study area in Iran.

جدول ۱- نیازهای بوم‌شناختی گندم آبی.
Table 1. Wheat ecological requirements.

ردیف Row	فاکتور Factor	نیاز بوم‌شناختی Ecological requirements	منابع Resources
۱	دمای جوانه زنی Germination temperature	8-14 °C	Kamali, 1996
۲	دمای نامناسب گلدهی Flowering inappropriate temperature	≥25 °C	Kamali, 1996 ; Bazgir, 1999
۳	دمای نامناسب پرشدن دانه Grain filling inappropriate temperature	≥35 °C	Kamali, 1996 ; Bazgir, 1999
۴	فاصله از رودخانه (متر) Distance from the river	<4000	Seyedi Shahivandi, 2013
۵	درجه روز GDD	>2100	Kamali et al., 2010
۶	بارش (میلی‌متر) Precipitation(mm)	>600	Noor mohammadi et al., 2000
۷	شیب (%) Slope (%)	<12	Bani Aghil et al., 2016
۸	مواد آلی خاک (%) Soil organic matter (%)	>1	Kazemi et al., 2015
۹	بافت خاک Soil texture	لومی، لوم رس، لوم شن Loam, Loam Clay, Loam Sand	Bani Aghil et al., 2016 ; Nurmohammadi et al., 2001
۱۰	جهت شیب Slope direction	شرقی و جنوبی East & South	Ahansaz et al., 2012
۱۲	ارتفاع (متر) Elevation(m)	<1000	Bani Aghil et al., 2016

بنابر نتایج بررسی‌های انجام شده، بهترین بافت خاک برای حصول عملکرد بهینه در گندم خاک‌های دارای بافت لومی، لومی رسی و لومی شنی دارای زهکشی خوب هستند. اراضی که توان نگهداری آب در آن‌ها زیاد و نیز دارای لایه‌های زیرین نفوذپذیر باشد یا اراضی که آب را به مدت طولانی در خود نگهداری می‌کنند مانند خاک‌های رسی برای کشت گندم مناسب نمی‌باشند. اراضی سبک مانند شنی لومی نیز به علت ظرفیت کم رطوبتی در مواقع حساس ممکن است گیاه را با تنش رطوبتی روبه‌رو کند (Nurmohammadi et al., 2001).

همچنین زمین‌هایی که دارای ماده‌ی آلی کم و زیر ۱٪ می‌باشند برای کشت گندم مناسب نیستند (Kazemi et al., 2015). برای تهیه‌ی لایه‌های بافت و کربن آلی خاک از اطلاعات مربوط به نمونه‌گیری‌های انجام شده توسط مرکز تحقیقات کشاورزی استان، که از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک استان انجام شده بود، استفاده شد. درون‌یابی نقاط یادشده از روش کریجینگ انجام شد

ایستگاه‌های خارج از محدوده‌ی مورد بررسی به عنوان نقاط کمکی و نشانه برای بازسازی آمار مربوط به ایستگاه‌هایی مانند آبدانان و مهران استفاده شد. برای انجام این کار روش نسبت‌ها و تفاضل‌ها (Alizade, 2003) به کار برده شد. نقشه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM^۱) استان ایلام تهیه شدند. جهت‌های جغرافیایی برای کشت گندم، به ترتیب اولویت به مسطح، شمال شرقی، شرق، جنوب شرقی، جنوب، جنوب غربی، غرب، شمال غربی و شمال طبقه‌بندی شد. برای جغرافیایی تاثیر شایان ملاحظه‌ای بر دریافت تشعشع و گرما توسط گیاه می‌گذارد و باعث افزایش رشد به‌ویژه در زمین‌های مسطح و دامنه‌های شرقی و جنوب شرقی می‌گردد (Bani Aghil et al., 2012). خاک یکی از عنصرهای مهم در تعیین کمیت و کیفیت عملکرد گندم است که هدف از طبقه‌بندی آن تعیین ارزش کشاورزی و آبیاری است. بافت و میزان مواد آلی خاک از جمله عامل‌های مهم در کشت گیاهان زراعی می‌باشد. (Koochaki, 2009).

^۱ Digital Elevation Model

احتمال رخداد دمای 30°C و بیشتر در مرحله‌ی پر شدن دانه به عنوان آستانه‌ی رخداد تنش گرمایی (Bazgir, 1999) محاسبه شد. در این راستا برای هریک از ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی، محاسبه‌ی GDD لازم برای رشد در هر مرحله برای هر یک از سالها و برای تک تک ایستگاه‌های هواشناسی محاسبه شد. واحدهای دمایی مورد نیاز برای عبور گیاه گندم از مراحل حساس رشد عبارت‌اند از: تاریخ کاشت تا تاریخ رسیدن به 180 درجه‌روز (واحدهای دمایی لازم برای سبز شدن)، رسیدن به 1500 درجه‌روز (واحدهای دمایی لازم برای گلدهی)، و رسیدن به 2100 درجه‌روز (واحدهای دمایی لازم برای پر شدن دانه). سپس احتمال رخداد دماهای مناسب جوانه زنی، گلدهی و پر شدن دانه‌ها به دست آمد و در نهایت این احتمالات به نقشه‌ی رستری تبدیل شد (Kamali et al., 2010).

با توجه به اینکه عامل‌های محیطی موثر در تعیین تناسب اراضی اهمیت یکسانی ندارند، لذا برای ارزیابی دقیق‌تر، اهمیت نسبی هر عامل مشخص شد. برای این منظور پرسشنامه‌هایی طراحی، و توسط 20 نفر از متخصصان زراعت شاغل در جهاد کشاورزی استان ایلام و اعضای هیات علمی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ایلام تکمیل شد. پس از اعمال مقایسه‌های زوجی متغیرها بر پایه نظر کارشناسان و متخصصان، وزن هر لایه اطلاعاتی با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با استفاده از نرم افزار ArcGIS 10.3 مشخص و تلفیق لایه‌های مورد نظر نیز با همین نرم افزار انجام شد. وزن لایه‌ها به شرح زیر توسط روش AHP محاسبه شد. شایان یادآوری است، با توجه به اینکه نسبت سازگاری برابر 0.346 می باشد و این میزان کمتر از 0.1 می باشد، مقایسه‌ها پذیرفته شده و وزن‌های معیار استخراج می شود (Bertolini et al., 2006). تلفیق لایه‌های مختلف در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی از روش ترکیب خطی وزنی (WLC^2) که رایج‌ترین سامانه در تحلیل ارزیابی چند معیاره است، انجام شد. به این ترتیب که پس از مشخص شدن وزن هریک از لایه‌های اطلاعاتی به روش AHP، وزن هر کدام از لایه‌ها در آن ضرب شده و در نهایت با جمع کردن همه‌ی این لایه‌ها، نقشه‌ی پهنه‌بندی مکان‌های مستعد برای کشت گندم آبی در استان ایلام به دست آمد.

(Kazemi, 2012). با توجه به اینکه بافت خاک یک متغیر کیفی است بنابراین برای تبدیل آن به ارزش‌های عددی به هر کدام از انواع خاک‌ها به ترتیب اهمیت آن برای کشت گندم ارزشی از 1 تا 8 اختصاص داده شد و از نظر میزان کربن آلی خاک به چهار رده تقسیم‌بندی شد. داده‌های مربوط به نقشه‌های هم‌دما، هم‌بارش و درجه‌روزرشد استان به روش‌های IDW و کریجینگ، درون یابی شده، سپس اقدام به تهیه مدل رگرسیونی دما و بارش هر ایستگاه و ارتفاع آن شد. افزون براین، به منظور درست سنجی روش درونیابی مورد استفاده، از مقادیر ارزش ضریب تعیین (R^2) استفاده شد. میزان ضریب تعیین در محدوده صفر و یک می باشد که معرف درصدی از داده‌هاست که به خط رگرسیون نزدیک تر هستند. هر چه میزان محاسبه شده به عدد یک نزدیکتر باشد برآورد مدل از صحت بالاتری برخوردار است. در این بررسی، مقادیر R^2 برای عامل‌های درجه روزهای رشد، دما، بارش، ماده آلی به ترتیب برابر 0.78 ، 0.89 ، 0.95 و 0.89 می باشد.

برای تهیه نقشه‌ی دمایی مناسب برای کشت گندم از دمای تجمعی مربوط به هریک از مراحل حساس فنولوژیکی (پدیدشناختی) گندم استفاده شد. برای تعیین نیاز دمایی گیاه در هر مرحله فنولوژیکی از روش مجموع دمای مؤثر استفاده شد. مبنای کار در این روش جمع بندی دماهای مؤثر یعنی دماهایی است که بالاتر از صفر فیزیولوژیکی گیاه است. برای محاسبه درجه‌روزرشد از رابطه زیر (Hundal et al., 1997) استفاده شد:

$$GDD = \sum_b \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b \quad (1)$$

که در آن GDD درجه‌روزهای رشد (حرارت تجمعی)، T_{max} و T_{min} به ترتیب بیشینه و کمینه دمای روزانه (بر حسب درجه سلسیوس)، T_b دمای پایه (بر حسب درجه سلسیوس)، a و b به ترتیب تاریخ‌های آغاز و پایان مرحله‌ی فنولوژیکی هستند. دمای پایه برای گندم صفر درجه سلسیوس در نظر گرفته شد (Zeinali and Soltani, 2001). نقشه‌ی احتمال رخداد دماهای مناسب جوانه زنی (14°C - 8°C) به شرطی که دمای حداقل شبانه‌روزی به صفر و زیر صفر نرسیده باشد) به عنوان آستانه‌ی رخداد تنش سرمایی، احتمال رخداد دمای 25°C و بالاتر در مرحله‌ی گلدهی و

¹ GDD = Growth Degree Days

² Weighted linear combination

جدول ۲- درجه روز رشد در طول دوره ی رشد گندم.

Table 2. Growth degree days during the period of wheat growth.

ردیف Row	نام ایستگاه Station name	ارتفاع Elevation	مجموع درجه روز رشد Total GDD
1	ایلام Ilam	1338	2953.75
2	ایوان Eyvan	1270	3021.75
3	آبدانان Abdanan	920	4558
4	سرآبله Sarableh	900	3328
5	دره شهر Darreh shahr	650	3929.5
6	دهلران Dehloran	232	5300.25
7	مهران Mehran	160	4856.63

نتایج و بحث

پهنه‌بندی کشت گندم آبی اهمیت بالاتری دارند. کمترین وزن مربوط به متغیر ارتفاع از سطح دریا با میزان ۰/۰۰۹ می‌باشد. وزن مربوط به متغیرهای مختلف در جدول زیر آمده است.

نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی AHP نشان می‌دهد، دو متغیر دما و فاصله از رودخانه نسبت به عامل‌های خاک و توپوگرافی، از نظر تأثیر بر

جدول ۳- ارزش وزنی عامل‌های موثر در پهنه‌بندی گندم آبی.

Table 3. The weight of the effective factors in the zoning of irrigated wheat.

ردیف Row	عامل Factor	وزن عامل Factor weight
1	دمای جوانه زنی Germination temperature	0.31
2	دمای نامناسب گلدهی Flowering inappropriate temperature	0.22
3	دمای نامناسب پرشدن دانه Grain filling inappropriate temperature	0.145
4	فاصله از منابع آبی (متر) Distance from the river	0.101
5	درجه روز GDD	0.072
6	بارش (میلی‌متر) Precipitation(mm)	0.05
7	شیب (%) Slope (%)	0.036
8	مواد آلی خاک (%) Soil organic matter (%)	0.019
9	بافت خاک Soil texture	0.026
10	جهت شیب Slope direction	0.012
11	ارتفاع (متر) Elevation(m)	0.009

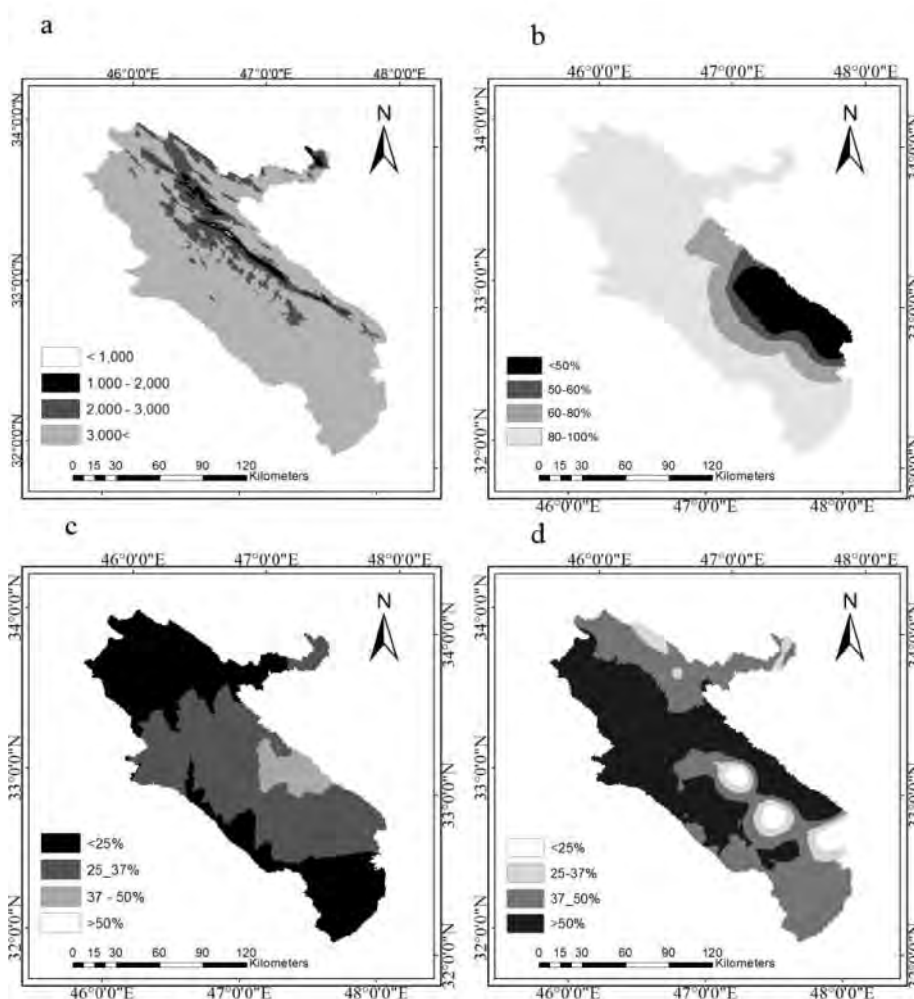
از اراضی استان از نظر فاصله از منابع آبی در شرایط مطلوبی قرار دارند.

بر پایه تعریف سازمان خواربار و کشاورزی (فائو) مطلوبیت شیب برای کشت گیاهان زراعی، شیب‌های ۵-۰٪ بالاترین مطلوبیت، ۸-۵٪ مطلوب، ۱۶-۸٪ مطلوبیت کم و ۳۰٪ به بالا برای کشت نامطلوب هستند (Fischer, 2002).

همان‌طور که در شکل ۳d قابل مشاهده است بخش‌های جنوبی و غربی استان دارای شیب بسیار مطلوب برای کشت گندم هستند. جهت شیب نیز یک عامل بسیار مهم در تعیین مکان‌های مناسب کشت گیاهان زراعی به شمار می‌آید، که در تهیه‌ی لایه‌ی جهت‌های جغرافیایی (شکل ۳c) مدنظر قرار گرفته و در آن زمین‌های هموار و مسطح که بدون شیب خاصی هستند نیز به نمایش درآمده‌اند. بر پایه طبقه‌بندی بهترین بافت خاک برای گندم، بافت‌های لومی، لوم رسی، لوم رس شنی، لوم رس سیلت، لوم شنی، لوم سیلت، رس سیلت و رسی به ترتیب رتبه‌های ۱ تا ۶ را به خود اختصاص دادند که پهنه‌های مختلف مربوط به آنها در شکل ۳e دیده می‌شود. طبقه‌بندی مناطق استان از نظر میزان مواد آلی در شکل ۳f آمده است. بر پایه نقشه‌ی ارتفاع از سطح دریای استان، بخش‌های کمی از اراضی استان بدون مطلوبیت لازم برای کشت گندم می‌باشد و بیشتر مناطق دارای مطلوبیت مناسبی هستند (شکل ۳g). به منظور، شناسایی مناطق مناسب برای کشت گندم آبی در استان ایلام، مهم‌ترین عامل‌های مربوط به شرایط محیطی موثر در زمینه‌ی تولیدات کشاورزی مورد بررسی قرار گرفتند. این عامل‌ها عبارت‌اند از: ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، بافت و مواد آلی خاک، احتمال رخداد دماهای مناسب در مرحله‌ی جوانه‌زنی، احتمال رخداد دمای بیشینه روزانه $^{\circ}\text{C}$ ۲۵ و بیشتر در مرحله‌ی گلدهی و احتمال رخداد دمای بیشینه روزانه $^{\circ}\text{C}$ ۳۰ و بیشتر در مرحله‌ی پرشدن دانه که لایه‌های مربوط به آنها تلفیق شده و استان ایلام از نظر کشت گندم آبی پهنه‌بندی شد. همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، استان ایلام بر اساس تقسیم‌بندی فائو (Fischer, 2002) از نظر تناسب اراضی برای کشت گندم آبی به ۵ منطقه تقسیم شده است. مناسب‌ترین مناطق استان برای کشت گندم آبی بخش‌های جنوبی، جنوب غرب و شمالی استان است و به طرف شرق از میزان استعداد مناطق کاسته می‌شود که علت آن تغییر دامنه‌ی شرایط آب و هوایی و فیزیکی از جمله دمای مناسب

دما از جمله عامل‌های بسیار موثر در رشد گیاهان زراعی و تولید محصولات است. نتایج بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد، کشت گندم در مناطقی که میانگین دمای سالانه‌ی آن‌ها $^{\circ}\text{C}$ ۱۵ است، مناسب است (Abdollahi et al., 2013). این عامل‌ها در هر یک مراحل رشد اهمیت خاصی دارد، ولی در این بین مراحل وجود دارد که به دلیل حساس بودن گیاه به تغییرپذیری‌های آب و هوایی، دارای اهمیت بیشتری است. به همین دلیل در این تحقیق، شرایط دمایی ایستگاه‌های مورد بررسی با توجه به نیازهای دمایی گندم در مراحل جوانه‌زنی، دوره‌ی گلدهی و دوره‌ی پر شدن دانه، مورد بررسی قرار گرفت (Bazgir, 1996). به هنگام جوانه‌زنی دمای مناسب $^{\circ}\text{C}$ ۸-۱۴ است (Kamali, 1996). در منطقه‌ی مورد بررسی، محدودیت شدید دمایی در این مرحله از رشد گندم وجود ندارد و تنها بخش کمی از شرق استان دارای محدودیت می‌باشد (شکل ۲b). از دیگر مراحل حساس فنولوژی گندم که پیشتر نیز توضیح داده شد، دوره‌ی گلدهی است. بیشتر مناطق استان ایلام از نظر تامین دمای مناسب گلدهی در محدوده‌ی مطلوب تا نیمه مطلوب قرار دارند (شکل ۲c). در صورتی که بخش محدودی از سطح استان دارای شرایط مطلوب دمایی در زمان پرشدن دانه‌ها می‌باشد (شکل ۲d).

گندم از نظر رطوبت خاک و هوا در نواحی بسیار متفاوتی در جهان با بارندگی سالیانه ۲۰۰ میلی‌متر تا نواحی با بارندگی سالیانه ۲۵۰۰ میلی‌متر کشت می‌شود. گندم برای اینکه دارای عملکرد عادی باشد نیاز به ۲۲۵ میلی‌متر بارندگی در طول مراحل رشد و نمو خود دارد. بهترین میزان بارندگی برای گندم پائیزه ۶۰۰ میلی‌متر در همه طول دوره‌ی رشد می‌باشد (Noor Mohammadi et al., 2000). سطوح هم‌بارش استان ایلام در شکل ۳b نشان داده شده است. میزان بارش این استان در محدوده ۷۴۰-۲۰۰ میلی‌متر قرار دارد. بخش‌هایی از شهرستان مهران و بخش‌های کمی از حاشیه‌ی غربی استان از نظر بارش در محدوده‌ی نامطلوب قرار دارد. با توجه به اینکه در کشت گندم آبی برای دستیابی به بیشترین عملکرد، افزون بر بارش‌های جوی نیاز به آبیاری وجود دارد، کشت این گیاه زراعی باید در مناطقی انجام شود که هم دسترسی به آبهای سطحی ممکن باشد و هم سطح آبهای زیرزمینی به اندازه‌ی کافی بالا باشد. در شکل ۳a طبقات فاصله از رودخانه استان نشان داده شده است که بر پایه آن بخش شایان ملاحظه‌ای



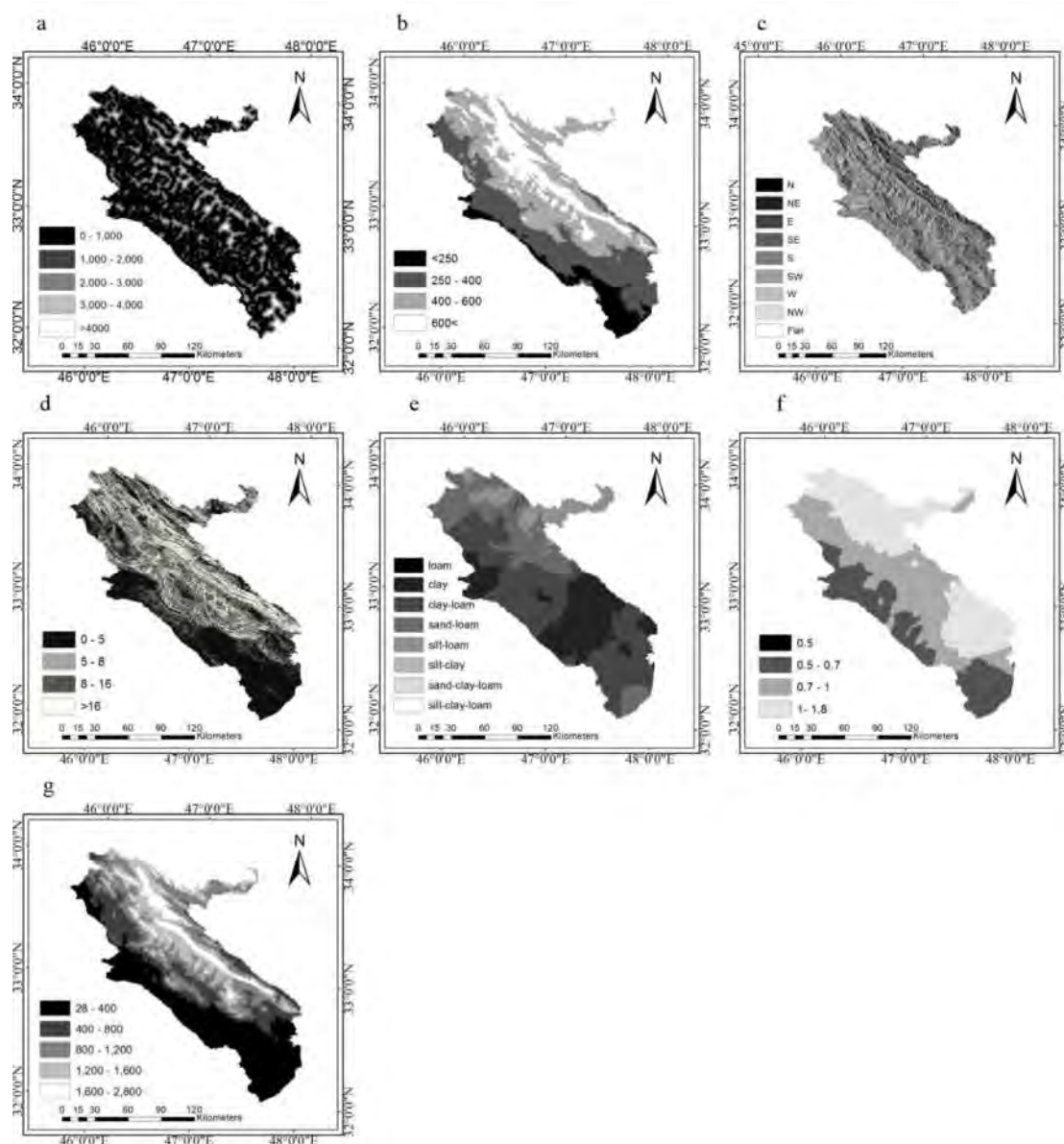
شکل ۲- نقشه عامل‌های اقلیمی: (a) درجه روز، (b) احتمال رخداد دمای 8°C – 14°C در مرحله ی جوانه زنی، (c) احتمال رخداد دمای 25°C و بالاتر در مرحله ی گلدهی، و (d) احتمال رخداد دمای 30°C و بیشتر در مرحله ی پر شدن دانه (d).

Fig. 2- Map of climatic factors: (a) GDD, (b) the possibility of temperatures of $8-14^{\circ}\text{C}$ in the germination period, (c) the probability of temperatures of 25°C and higher in the flowering stage, and (d) the probability of temperatures of 30°C and higher in the grain stage.

(شکل ۳g)، و شیب (شکل ۳d) باعث مطلوبیت اراضی شده است. دما در مراحل آغازین رشد گیاه، به ویژه در دوره ی کاشت تا سبزشدن، تأثیر شایان توجهی بر گیاهان سبز دارد (Kamali, 1996; Ahmadi *et al.*, 2016; Zolfagharnjad and Kazemi, 2016). در مرحله ی گلدهی گندم چنانچه دماهای بیشینه روزانه از 25°C بالاتر برود، سبب ناباروری اندام‌های نر در گندم می‌شود، که درنهایت افت عملکرد محصول را در پی دارد (Kamal, 1999; Bazgir, 1996). شکل و ارتفاع زمین در میزان عملکرد محصول موثر است و برابر قاعده ی کلی با افزایش ارتفاع، نقش بارندگی نیز افزایش می یابد یعنی تا ارتفاعی

برای جوانه زنی و گلدهی، ارتفاع و شیب مطلوب برای زراعت گندم آبی می‌باشد.

اراضی بسیار مناسب: این مناطق به علت دارا بودن شرایط آب و هوایی و محیطی مناسب دارای استعداد بالایی برای تولید گندم آبی می باشند. مساحت این منطقه 567720 هکتار است که بخش‌های شمالی و بخش‌هایی از جنوب و جنوب‌غرب استان را در برمی‌گیرد. اراضی شمالی از نظر تامین دمای مناسب جوانه‌زنی (شکل ۲b) و گلدهی (شکل ۲c) و درجه‌روز (شکل ۲a) دارای شرایط مطلوب هستند. در صورتی‌که در بخش‌های جنوبی و جنوب‌غرب تامین دمای مناسب جوانه‌زنی (شکل ۲b) و گلدهی (شکل ۲c)، ارتفاع



شکل ۳- نقشه‌ی عامل‌های محیطی: (a) فاصله از رودخانه، (b) نقشه‌ی هم‌بارش، (c) جهت شیب، (d) شیب، (e) بافت خاک، (f) مواد آلی خاک و (g) ارتفاع از سطح دریا.

Fig. 3- Map of environmental factors: (a) distance from the river, (b) iso-rainfall, (c) slope direction, (d) slope percentage, (e) soil texture, (f) soil organic matter (g) and elevation.

افزون بر اینکه آب کمی در زمین نفوذ می کند، روان آبها مواد غذایی زمین را شسته و از منطقه خارج کند (Khosh Akhlagh and Soltani, 2011).

اراضی مناسب: این نواحی شرایط مناسبی برای کشت گندم آبی دارند و دارای مساحتی برابر با ۶۳۱۴۶۲/۸ هکتار می باشند که شامل بخش گسترده‌ای از شهرستان دهلران، مهران و بخش‌هایی از شهرستان های ایلام و شیروان- چرداول است. این مناطق از نظر دمای مناسب گلدهی

معین موجب افزایش و پس از آن موجب کاهش بارندگی می‌شود (Bani Aghil *et al.*, 2016). یکی دیگر از عامل‌های مهم و موثر در بازدهی و عملکرد گیاهان زراعی شیب زمین است. به این ترتیب که هرچه شیب زمین کمتر باشد برای رشد گیاهان و تولید محصولات زراعی بهتر است. از سوی دیگر دامنه‌ی تغییرپذیری‌های دمایی در شیب کم نیز کمتر از شیب زیاد می‌باشد که عامل مثبت برای رشد گیاه به شمار می‌آید. شیب زیاد سبب می‌شود تا در زمان بارندگی

است. این اراضی از نظر ارتفاع، شیب و دما دارای محدودیت هستند.

نواحی نامناسب: مساحت این بخش ۷۴۱۲۱/۵ هکتار است که ۴/۰۸ درصد از مساحت استان را در بر گرفته است. با توجه بررسی لایه‌های موجود مشخص شد که در بخشی از این مناطق GDD مورد نیاز برای طی مراحل مختلف رشد گندم، تامین نمی‌شود. احتمال رخداد دمای مناسب برای جوانه‌زنی در این مناطق کمتر از ۵۰٪ است و احتمال رخداد دمای °C ۲۵ و بیشتر در مرحله پرشدن دانه‌ها بالای ۵۰٪ است که مهم‌ترین عامل‌های محدودکننده‌ی رشد گندم در اراضی نامناسب می‌باشند.

(بیشتر از °C ۲۵) نسبت به مناطق بسیار مناسب، ارزش پایین‌تری دارند و همچنین در مناطق شمالی از مطلوبیت ارتفاع، شیب و GDD آنها کاسته شده است.

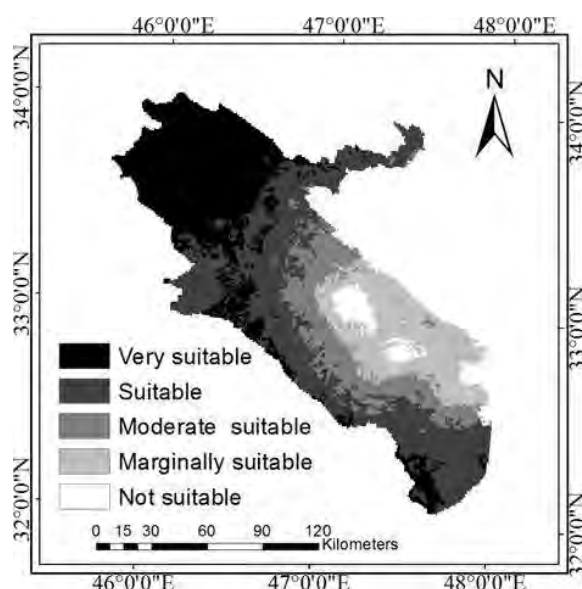
اراضی متوسط: دارای استعداد متوسطی برای تولید گندم آبی هستند که شامل نواحی شمالی و شرقی شهرستان مهران و شهرستان ملکشاهی می‌باشد و مساحت آن ۲۵۲۹۲۸/۱ هکتار است. در این مناطق، نسبت به اراضی متوسط شیب افزایش یافته و استعداد تامین دمای مناسب جوانه‌زنی کم شده است.

مناطق ضعیف: این نواحی عمدتاً در شهرستان آبدانان قرار می‌گیرند و مساحت آن ۲۹۱۶۶۴/۴ هکتار می‌باشد که ۱۶/۰۴ درصد از اراضی استان را به خود اختصاص داده

جدول ۴- تناسب اراضی برای کشت گندم آبی در استان ایلام.

Table 4. Potential land for cultivation of irrigated wheat in Ilam province.

قابلیت اراضی کشت گندم آبی	طبقه	مساحت (٪)	مساحت (هکتار)
Land ability for irrigated wheat cultivation	Class	Area (%)	Area (ha)
بسیار مناسب	1	31.23	567720
Very suitable			
مناسب	2	34.74	631462.8
Suitable			
متوسط	3	13.91	252928.1
Moderate suitable			
ضعیف	4	16.04	291664.4
Marginally suitable			
نامناسب	5	4.08	74121.5
Not suitable			



شکل ۴- نقشه پهنه بندی کشت گندم آبی.

Fig. 4- Prospective zoning of irrigated wheat cultivation.

گندم بودند. بر پایه نقشه‌ی این عامل‌ها و همچنین نقشه‌ی پهنه‌بندی نهایی، هرچه از غرب استان به سمت شرق استان می‌رویم از مطلوبیت اراضی برای کشت گندم کم می‌شود. از نتایج دیگر این تحقیق، تایید قابلیت سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در پهنه‌بندی می‌باشد. در پایان با توجه به اهمیت کشت گندم، اگر مناطق مساعد برای کشت آن در استان شناسایی شوند در عمل می‌توان به عملکرد بالاتری در واحد سطح دست یافت که تاثیر شایان توجهی در بهبود درآمد کشاورزان منطقه و شرایط اقتصادی استان و کلاً کشور دارد..

نتیجه‌گیری

ارزیابی عامل‌های کشاورزی بوم‌شناختی گندم آبی نشان داد که ۶۶ درصد از اراضی استان از نظر کشت گندم آبی در پهنه بسیار مناسب و مناسب قرار دارند. از نظر متخصصان زراعت دمای مناسب برای مراحل مختلف رشد گندم و فاصله از رودخانه به ترتیب جز عامل‌های محدود کننده‌ی کشت گندم آبی در استان ایلام بودند. ولی بر پایه نقشه‌ی پهنه‌بندی استان، از بین عامل‌هایی که مورد بررسی قرار گرفتند، دمای مناسب برای جوانه‌زنی و گلدهی، ارتفاع و شیب موثرترین عوامل در تعیین تناسب اراضی برای کشت

منابع

- Abdollahi, A., Emami, J. and Hosseini Sabet, S.M., 2013. Climatic zoning wheat crops in the Hamedan province using geographic information systems and satellite imagery. Publications Research Institute of Planning, Agricultural Economics and Rural Development.
- Ahansaz, S., Biabani, A. and Kamkar, B. 2012. Evaluation of land suitability with the actual performance of the wheat fields of Gorgan area using GIS. In Proceedings 2nd Conference of Planning and Environmental Management, 15th – 16th May, Tehran, Iran, pp. 48-55.
- Ahmadi, k., Gholizadeh, H., Hosseini poor, R., Hatami, F., Fazli, B., Kazemian, A. and Rafiee, M., 2015. Agricultural Organization Report. Ministry of Agriculture Press, Tehran, Iran.
- Ahmadi, M., Fallahi Khoshji, M. and Khaledi, Sh., 2016. Agtoclimate zoning of barley cultivation in Lorestan province using analytical hierarchy process (AHP) and fuzzy models. Journal of Agroecology. 6 (1), 11-27.
- Alizadeh, A., 2003. Principles of Applied Hydrology, Published 16. Imam Reza University Press, Mashhad, Iran.
- Bani Aghil, A.S., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A. and Faramarzi, H., 2016. Potential physiographic zoning wheat using a weighted linear combination (WLC) in Golestan province. Journal of Applied Research Plant Ecophysiology. 3 (1), 17-30. (In Persian with English abstract).
- Bazgir, S., 1999. Evaluate the potential of dryland wheat crop climate (Case study of Kurdistan). MS.c. Thesis. Tehran University, Tehran, Iran.
- Bertolini, M., Braglia, M. and Carmignani, G., 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract. International Journal of Project Management. 24(5), 422-30,
- Bidadi, M.T., Kamkar, B., Abdi, A. and Kazemi, H., 2015. Land suitability evaluation for rainfed wheat using Geographic Information System (GIS) (Case study: Gharasoo field). Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Development. 25(1), 132 – 143.
- Eini, H., Sadeghi, S.A. and Hossein Zadeh, S.R., 2012. Topoclimatic potential zoning of dry land wheat in Kermanshah province. Journal of Geography and Regional Development. 19, 21-45. (In Persian with English abstract).
- Fischer, G., 2002. Global Agro-Ecological Zones Assessment, Food and Agricultural Organization of the United Nations, IIASA.
- Hundal, S.S., Singh, R. and Dhaliva, L.K., 1997. Agro-climatic indices for predicting phenology of wheat (*Triticum aestivum*) in Punjab. Journal of Agricultural Science. 67, 265- 268.
- Kamali, Gh., Malae, P. and Behyar, B., 2010. Atlas wheat of Zanjan province using the climate data and GIS. 24 (5), 894-907. (In Persian with English abstract).
- Kamali, Gh., Sedghiani Pour, A., Sedaghatkardar, A. and Asgari, Gh., 2008. Evaluation of climatic potential of wheat cultivation in the East Azerbaijan province. Journal of Water and Soil Science. 22 (2), 367-383. (In Persian with English abstract).
- Kamali, Gh., 1996. Ecological study of the ability of West Country dry land farming in terms of climate and with particular emphasis on wheat. Ph.D. Thesis. Science and Research Islamic Azad University. Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
- Kazemi, H., 2012. Zoning of the agronomic – ecological potential of Golestan province to develop appropriate cropping pattern. Ph.D.

- Thesis. Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
- Kazemi, H., Sarvestani, Z.T., Kamkar, B., Shataei, S. and Sadeghi, S., 2015. Ecological zoning for wheat production at province scale using geographical information system. *Advances in Plants and Agriculture Research*. 2(1), 1-7.
- Koochaki, A. 2009. *Agriculture in Arid Areas*. Jahad Daneshgahi Press, Mashhad, Iran.
- Noor Mohammadi, Gh., Siadat, A. and Kashani, A., 2000. *Crop Culture*. Shahid Chamran University Press, Ahvaz, Iran.
- Neamatollahi, E., Mohammadi, A., Bannayan, B., Jahansuz, M.R., Paul Struik, A. and Farid, A., 2012. Agro-ecological zoning for wheat (*Triticum aestivum*), sugar beet (*Beta vulgaris*) and corn (*Zea mays*) on the Mashhad plain, Khorasan Razavi province. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. 15, 99-112.
- Sari Sarraf, B., Bazgir, S. and Mohammadi, Gh.H., 2009. Climatic zonation of wheat cultivation in the province of West Azerbaijan. *Journal of Geography and Development*, 13, 5-26. (In Persian with English abstract).
- Seyedi Shahivandi, M., Khaledi, N., Shakiba, SH. and Mirbagheri, B., 2013. Climatic zoning maize farming in the province using GIS techniques. *Journal of Applied Research. In Geographical Science*. 13 (29), 214-195. (In Persian with English abstract).
- Zabihi, H., Ahmad, A., Nour Said, M., 2014. Zoning of the agro-ecological potential in Ramsar basin with geographical databases. *Middle-East Journal of Science Research*. 21 (10), 1751-1756,
- Zeinali, E. and Soltani, A., 2001. Determination cardinal temperature in wheat. *Research Report, GUASNR, Gr, IR*.
- Zolfagharnejad, H. and Kazemi, H., 2016. Evaluation of environmental variables to identify suitable areas for corn cropping using spatial analysis of geographic information system. *Journal of Agroecology*. 6 (2), 197-211.

Agro-ecological zoning of wheat irrigation using geographic information systems and the analytical hierarchy process in Ilam province

Parvane Vafa¹, Mehrshad Barary¹, Yaser Alizade¹ and Marzban Faramarzi^{2*}

¹ Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

² Department of Natural Resources and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

*Corresponding author: m.faramarzi@ilam.ac.ir

Received: 2017.07.14

Accepted: 2017.10.29

Vafa, P., Barary, M., Alizade, Y. and Faramarzi, M., 2018. Agro-ecological zoning of wheat irrigation using geographic information systems and the analytical hierarchy process in Ilam province. *Journal of Agroecology*. 8 (1), 61-74.

Introduction: This study investigates land use suitability to find sustainable production areas in arid and semi-arid regions. Crops perform best in locations where climatic conditions meet their growing requirements. Factors such as elevation, slope percentage, slope aspect, soil type, vegetation cover and other climatic features affecting growth are crucial in identifying the most suitable areas for crops. The trend of land suitability classification includes evaluating particular areas in terms of their aptness for a specific use (Seyedi Shahivandi *et al.*, 2013). The suitability of farms in western Iran were evaluated for rain-fed wheat, while the climate parameters were studied in accordance with the eco-physiological needs of wheat. Finally, the areas were classified into suitable, semi-suitable and non-suitable regions (Kamali, 1996). In this study, geographic information systems (GIS) and the Analytical Hierarchy Process (AHP) were applied to evaluate the feasibility of the agricultural lands of Ilam Province for cultivation of irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.).

Materials and methods: In this research, climatic parameters including temperature and rainfall were collected from seven synoptic stations of the region. Also compiled were data on important factors in zoning and environmental parameters including elevation, slope percentage, slope aspect, distance from river, soil texture, organic matter, the probability of the occurrence of appropriate temperatures during planting stage, the probability of the occurrence of the maximum temperature of 25°C during flowering, and the probability of the occurrence of temperatures of 30°C during the grain stage. First, the climatic data were extracted and environmental variables were obtained, then the maps related to these parameters were drawn. Furthermore, the weight of each factor was calculated using AHP with the layers integrated into the GIS environment. Kriging and IDW methods were applied for interpolation of environmental variables. Accordingly, a prospective map of irrigated wheat cultivation of the region was obtained. Lands were zoned into five classes: highly suitable, suitable, semi-suitable, non-suitable and highly non-suitable. Non-suitable lands seem to have extreme limitations and include those which should be used by farmers either rarely or never.

Results and discussion: The results of AHP analysis showed that among the factors affecting land suitability, appropriate temperature during planting stage (0.31) had the highest weight and elevation (0.009) had the lowest weight. In the AHP model, the inconsistency ratio is about 0.0346. This showed that the comparisons of factors were absolutely consistent (Bertolini *et al.*, 2006), and the relative weights were adapted for applying land suitability analysis in our study area.

The results indicated that about 34.74% of lands were very suitable and 34.74% were suitable. 13.91% of lands had average capabilities of cultivation (semi-suitability). 16.04% of the lands were poor and 8.04% were very poor for irrigated wheat cultivation. The conclusion was that the role of each climatic and land parameter varies in different parts of the region. Moreover, it is possible to determine suitable regions for irrigated wheat using GIS and AHP method.

Conclusion: In this research, the most effective factors determining the suitability of land for wheat were the appropriate temperature during sowing, the probability of the occurrence of the maximum temperature of 25° C during flowering, elevation and slope percentage. The results of this research confirmed the capability of GIS in zoning.

Keywords: Environmental variables, temperature, precipitation, GIS, AHP.

References:

- Bertolini, M., Braglia, M. and Carmignani, G., 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract. *International Journal Project Management*. 24(5), 422-30,
- Kamali, Gh., 1996. Ecological study of the ability of West Country dry land farming in terms of climate and with particular emphasis on wheat. Ph.D. Thesis. Fac. Agric. Science and Research Islamic Azad Univ. Tehran. Iran. (In Persian with English abstract)
- Seyedi Shahivandi, M., Khaledi, N., Shakiba, SH. And Mirbagheri, B., 2013. Climatic zoning maize farming in the province using GIS techniques. *Journal of Applied Research. In Geographical Science*. 13 (29), 214-195. (In Persian with English abstract).