



## ارزیابی تناسب اراضی و امکان سنجی اجرای تناوب گندم-سویا در سطح اراضی زراعی استان گلستان

رامین عرفانیان سلیم<sup>۱</sup>، علیرضا کوچکی<sup>۲\*</sup>، مهدی نصیری محلاتی<sup>۲</sup> و بهنام کامکار<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد  
<sup>۲</sup> استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
<sup>۳</sup> دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۸

### چکیده

**سابقه و هدف:** تجزیه و تحلیل و تهیه نقشه تناسب اراضی یکی از کاربردهای بسیار مفید سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت مدیریت و طراحی مکانی است. تناوب زراعی به‌عنوان یکی از تاثیرگذارترین مدیریت‌های زراعی، از مدیریت‌های مختص به مکان است که گاه کشاورزان طبق عرف اقدام به اجرای آن می‌کنند. اما توانمندی اراضی برای اختصاص به کشت دو محصول در دو زمان مختلف باید به شکل علمی تعیین شود، به نحوی که یک زمین ممکن است برای کشت یک محصول مناسب اما برای کشت محصول دیگر نامناسب باشد. کامکار و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای به ارزیابی تناسب اراضی و امکان اجرای یک تناوب کلزا-سویا در ۴ حوضه استان گلستان ایران پرداختند. نتایج نشان داد که تنها ۱۱/۸۲ درصد از کل اراضی مورد بررسی برای اجرای تناوب گیاه سویا بعد کلزا بسیار مناسب بودند. بیدادی و همکاران (۲۰۱۵) نیز وضعیت تناسب اراضی کشاورزی حوزه قره‌سو استان گلستان برای کشت گندم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که کشت گندم در محدوده‌ی مورد مطالعه در ۴ پهنه خیلی مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب قرار گرفت. این پژوهش به‌منظور پهنه‌بندی اراضی کشاورزی استان گلستان جهت کشت سویا و گندم و همچنین تعیین اراضی مطلوب برای اجرای تناوب گندم-سویا انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** به‌منظور انجام این پژوهش نیازهای بوم‌شناختی گندم و سویا با استفاده از منابع علمی موجود تعیین گردید. متغیرهای محیطی دمای کمینه، دمای بیشینه، دمای میانگین، بارش، هدایت الکتریکی، اسیدیته، بافت خاک، شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا به عنوان عوامل بوم‌شناختی جهت تعیین تناسب کشت گندم و سویا استفاده شد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای IRS مربوط به سال ۲۰۰۸ میلادی و تصاویر ماهواره لندست ۵ مربوط به سال ۲۰۱۱ استفاده شد. در گام آخر با ادغام نقشه‌های تناسب کشت گندم و سویا امکان اجرای تناوب گندم-سویا مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج پهنه‌بندی کشت گندم نشان داد اراضی استان گلستان در ۴ طبقه کشت کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب و ضعیف برای رشد گیاه گندم قرار گرفتند که طبقه‌ی کاملاً مناسب با ۴۸۹۵۳۸/۶ هکتار (معادل ۶۷/۸۲ درصد از اراضی زراعی استان) بیشترین سهم را در بین تناسب‌های مختلف داشت. اراضی کشاورزی مورد بررسی برای کشت سویا نیز در ۴ طبقه تناسب کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب و ضعیف قرار گرفتند. طبقه‌ی تناسب کاملاً مناسب با ۳۶۲۱۹۲/۳ هکتار (۵۰/۱۷ درصد از کل اراضی کشاورزی

\*نویسنده مسئول: akooch@um.ac.ir

استان) بیشترین را بین طبقه‌های مختلف برای کشت سویا داشت. نتایج بررسی امکان اجرای تناوب گندم-سویا نیز نشان داد اراضی کشاورزی استان گلستان در ۱۲ طبقه‌ی متفاوت قرار گرفتند که تناوب کاملاً مناسب گندم-کاملاً مناسب سویا در بین طبقات مختلف با ۳۵۸۵۱۴/۱ هکتار (برابر با ۴۹/۷۴ درصد از کل اراضی کشاورزی) بیشترین سهم را داشت. در مقابل، طبقه‌های نامناسب-نسبتاً مناسب و نامناسب-کاملاً مناسب مربوط به تناوب گندم-سویا به ترتیب با ۳/۵۲ و ۱۱/۸۴ هکتار (در مجموع کمتر از ۱ درصد از اراضی کل استان) کم‌ترین مساحت را برای اجرای تناوب گندم-سویا داشتند.

**نتیجه‌گیری کلی:** در حال حاضر تناوب گندم-سویا با وجود محدودیت‌های فراوان به‌طور وسیعی در استان گلستان اجرا می‌گردد که اصلاح ارقام زودرس گندم و سویا می‌تواند یکی از کلیدی‌ترین و ضروری‌ترین اقدامات برای بهبود شرایط پیاده‌سازی این تناوب باشد. نتایج به‌دست آمده به‌وضوح نشان داد که به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان یک ابزار مهم جهت تعیین پتانسیل‌های بوم‌شناختی کشت یک گیاه بر معیاری مناسب و دقیق برای تصمیم‌گیری مطلوب مدیران مزارع در سطوح کلان باشد و در عین حال موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** استان گلستان، تناسب کشت، تناوب زراعی.

#### مقدمه

تأمین امنیت غذایی یکی از ارکان توسعه پایدار به‌شمار می‌رود. در عصر حاضر با توجه به محدودیت منابع و افزایش روز افزون جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا برای محصولات غذایی، بهره‌برداری بهینه از منابع یک ضرورت است که این موضوع ریشه در افزایش جمعیت بشر از یک طرف و کاهش سطح زمین‌های قابل کشت از طرف دیگر دارد (۸).

افزایش سطح زیر کشت در آینده جهت افزایش تولید راه‌حل مطلوبی نخواهد بود، زیرا این امر مستلزم استفاده از اراضی حاشیه‌ای است که علاوه بر عملکرد پایین ثبات کم‌تری دارند. بنابراین به اعتقاد بسیاری از محققان افزایش بهره‌وری، موثرترین راهکار موجود برای تأمین نیازهای غذایی آینده خواهد بود (۲۷).

روند ۵۰ ساله وضعیت تولید غلات در ایران نیز نشان داده است که سطح زیر کشت گندم به‌ویژه طی ۱۰ سال گذشته رشد اندکی داشته و افزایش تولید گندم عمدتاً ناشی از افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد، بنابراین تلاش در جهت ارائه راهکارها برای بهبود عملکرد است و موفقیت در این امر مستلزم آگاهی از عملکرد بالقوه و شناخت عوامل

محدودکننده عملکرد در مناطق مختلف می‌باشد (۳۷). برای دستیابی به این هدف شناخت ظرفیت تولید این اراضی و تعیین نوع کاربری مطلوب اهمیت ویژه‌ای دارد. این راهکار با عنوان ارزیابی تناسب اراضی شناخته می‌شود (۲۸).

پتانسیل اراضی برای استفاده کشاورزی به‌وسیله‌ی ارزیابی اجزای مربوط به اقلیم، خاک و محیط زیست توپوگرافی و با درک محدودیت بیوفیزیکی محلی تعیین می‌شود (۱۱). در صورتی که آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌طور کامل فراهم بوده و محیط رشد عاری از هرگونه علف هرز، آفت یا بیماری باشد سرعت رشد محصول توسط عوامل محیطی یعنی میزان تابش خورشیدی، درجه حرارت و غلظت CO<sub>2</sub> و نیز خصوصیات گیاه یا وارسته زراعی تعیین می‌شود، عملکرد در این شرایط به عملکرد بالقوه یا پتانسیل موسوم است. دستیابی به این سطح از عملکرد در شرایط مزرعه امکان‌پذیر نخواهد بود، زیرا مجموعه‌ای از عوامل محدودکننده شامل آب و مواد غذایی و عوامل کاهش‌دهنده شامل آفت، بیماری و علف هرز رشد را تحت تأثیر قرار داده و عملکرد واقعی به

ماده آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته، بافت خاک، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن و روی خاک استفاده نمودند. نتایج نشان داد اراضی جنوب و جنوب غرب استان برای کشت گندم بسیار مناسب و نسبتاً مناسب بودند (۱۷).

بیدادی و همکاران (۲۰۱۵) وضعیت تناسب اراضی کشاورزی حوزه قره‌سو استان گلستان برای کشت گندم را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در مطالعه‌ی خود از متغیرهای محیطی دمای کمینه، دمای متوسط، دمای بیشینه، بارش، شیب، جهت شیب، ارتفاع و هدایت الکتریکی استفاده نمودند. نتایج به‌دست آمده از پهنه‌بندی نشان داد که کشت گندم در محدوده‌ی مورد مطالعه در ۴ پهنه خیلی مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب قرار گرفت (۴).

تناوب زراعی هنوز به‌عنوان نوعی عملیات ضروری در نظام‌های کشاورزی پایدار به شمار می‌رود (۲۵). تناوب زراعی به‌عنوان یکی از تأثیرگذارترین مدیریت‌های زراعی، از مدیریت‌های مختص به مکان است که گاهی اوقات کشاورزان طبق عرف اقدام به اجرای آن می‌کنند، اما توانمندی اراضی برای اختصاص به کشت دو محصول در دو زمان مختلف باید به شکل علمی تعیین شود، به نحوی که یک زمین ممکن است برای کشت یک محصول مناسب اما برای کشت محصول دیگر نامناسب باشد. مجموعه‌ای از عواملی که در یک الگوی تناوبی گیاهان زراعی بایستی مدنظر قرار گیرند شامل عوامل مربوط به خاک، عوامل زیستی، عوامل اقلیمی، عوامل فیزیکی و عوامل انسانی می‌باشند (۲).

کشت بلندمدت مداوم سویا منجر به کاهش عملکرد در این گیاه می‌شود (۱۸ و ۲۲). اجرای تناوب زراعی نسبت به کشت مداوم سویا به افزایش عملکرد سویا کمک می‌کند (۱۸). در مطالعه‌ای بلند مدت در هند در یک سامانه کشت گندم-سویا، اثر

سطحی پایین‌تر از مقدار پتانسیل آن تقلیل می‌یابد (۳۶).

تجزیه و تحلیل و تهیه نقشه تناسب اراضی یکی از کاربردهای بسیار مفید سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت مدیریت و طراحی مکانی است (۶ و ۲۴). امروزه ارزیابی تناسب اراضی در کشورهای در حال توسعه محور اصلی انتخاب کشت متناسب با شرایط اقلیمی و خاکی هر منطقه است (۳).

جهت تناسب کشت گیاهان در اراضی مستعد، مطالعات زیادی صورت گرفته است که می‌توان به مطالعه‌ی تناسب اراضی کشاورزی بین سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای در ایتوپی توسط رابیا و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کرد که به‌منظور کمک در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی صورت پذیرفت. نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان داد که فن‌آوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت مدل‌سازی و توسعه نقشه‌های تناسب اراضی بسیار کارا و مفید هستند (۲۹).

در مطالعه‌ای دیگر گوپالاکریشنا و رجیل (۲۰۱۴) به بررسی تناسب اراضی حوضه‌ی آبخیز رودخانه آنجراکانندی در ایالت کرالای هند جهت کشاورزی پرداختند که به این منظور از داده‌های ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی استفاده گردید. همچنین در این پژوهش از داده‌های توپوگرافی، خاکی و... استفاده گردید و با به‌کارگیری روش هم‌پوشانی وزنی این لایه‌ها تلفیق گردیدند که ۵ طبقه تناسب اراضی تعیین شد (۱۰).

کاظمی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای با به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی و قرآیند سلسله مراتبی به پهنه‌بندی بوم‌شناختی گیاه گندم در سطح استان گلستان پرداختند که از متغیرهای بوم‌شناختی دمای کمینه، بیشینه، متوسط، بارندگی، شیب، جهت شیب، ارتفاع و ویژگی‌های خاکی مانند

دریا کشت می‌شود (۱۹). دما یکی از موثرترین عوامل محیطی در نمو رویشی و زایشی سویا است. کومار و همکاران (۲۰۰۸) و صدیق و جولیف (۱۹۸۴) دمای پایه، دمای مطلوب و دمای بیشینه جهت رشد سویا را به ترتیب ۱۰، ۲۴ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند (۲۰ و ۳۲). سویا یکی از گیاهان حساس به شوری خاک است. سویا تا مقادیر EC کمتر از ۵ دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌گونه کاهش محصولی ندارد. با EC ۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر، ۱۰ درصد کاهش محصول، با EC ۶/۲ دسی‌زیمنس بر متر، ۲۵ درصد کاهش محصول، با EC ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر، ۵۰ درصد کاهش محصول و با EC ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، ۱۰۰ درصد کاهش محصول نشان می‌دهد (۳۵). جهت دستیابی به حداکثر عملکرد سویا، به ۷۵۰-۵۰۰ میلی‌متر بارش طی فصل رشد نیاز است. سویا در خاک‌های با بافت سنگین و با دامنه اسیدیته‌ی ۸/۲ تا ۵/۲ رشد می‌کند (۳۱).

رینولدز و همکاران (۱۹۹۴) سویا را به‌عنوان گیاه ذخیره‌کننده ازت با سیستم ریشه‌ای قوی معرفی می‌کنند که در تناوب زراعی به خصوص با غلات نقش مهمی ایفا می‌کند (۳۰). ایمزاند (۱۹۹۸) نیز به مزایای کشت سویا در تناوب زراعی با گیاهانی اشاره کرده است که بعد از سویا کاشته می‌شوند که این مزایا را مرتبط با اصلاح خاک، عمق زیاد ریشه این گیاه و ذخیره ازت از طریق ریشه‌های این گیاه و غنی شدن ازت خاک می‌داند (۱۲). با توجه به مزایای کشت سویا در تناوب با غلات و قابلیت کشت گیاه سویا در استان گلستان و امکان کشت گیاه گندم پس از برداشت سویای تابستانه، تناوب زراعی گندم-سویا در اراضی کشاورزی این استان رشد قابل توجهی داشته به طوری که در بسیاری از اراضی زراعی این استان تناوب گندم-سویا اجرا می‌گردد و این تناوب به مهم‌ترین تناوب زراعی در استان گلستان تبدیل

آلپاتیک مرتبط با کاهش عملکرد در سویا مشاهده نشد (۲۱). در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ سطح زیر کشت گندم در ایران برابر با ۶/۴ میلیون هکتار بوده است که از این سطح زیر کشت، حدود ۱۲/۳ میلیون تن گندم برداشت شده است. از طرف دیگر بیش از ۷۰ هزار هکتار از اراضی کشور به کشت سویا اختصاص یافته بود که از این سطح زیر کشت، ۱۷۰ هزار تن سویا برداشت شده است (۹). در این بین استان گلستان با ۶/۴ درصد از سطح زیر کشت گندم، رتبه پنجم سطح زیر کشت گندم ایران را به خود اختصاص داده است؛ در حالی که با تولید ۵/۹ درصد از کل گندم کشور رتبه سوم تولید گندم در سطح کشور را دارد و از سوی دیگر این استان با دربرداشتن ۷۹/۹ درصد از سطح زیر کشت سویا در کشور و تولید ۷۳/۷ درصد از کل سویای تولید شده در کشور مقام اول تولید سویا را به خود اختصاص داده است (۲۶). بنابراین بررسی امکان اجرای تناوب گندم-سویا در اراضی کشاورزی استان گلستان و تعیین میزان مطلوبیت اراضی استان جهت پیاده‌سازی این تناوب امری ضروری می‌باشد.

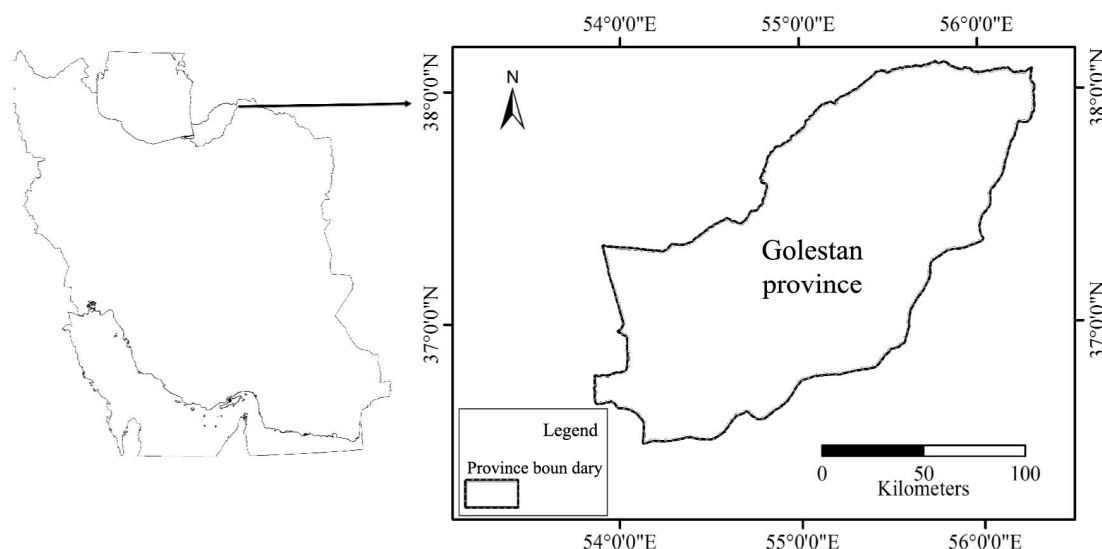
سی و سه‌مرده و ساکین (۲۰۱۴) به نقل از کروسانت و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که بارش و دما دو عامل آب‌وهوایی مهم در کشت گیاه گندم هستند (۳۳ و ۷). احمدی (۱۳۸۷) دمای پایه‌ی گندم رقم کوه‌دشت که بیشترین سطح زیر کشت در استان گلستان دارد را ۳/۲۴ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب آن را بین ۲۸-۲۶/۸ و دمای سقف آن را ۳۷ درجه سانتی‌گراد گزارش کرد (۱). گیاه گندم مقادیر EC تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل می‌کند و تا EC کمتر از ۶ دسی‌زیمنس بر متر تأثیری بر کاهش محصول ندارد (۳۵). در حال حاضر سویا از عرض جغرافیایی ۴۰ درجه جنوبی تا بیش از ۵۰ درجه شمالی و ارتفاع صفر تا بیش از ۲۱۰۰ متر از سطح

بررسی وضعیت تناسب اراضی مورد بررسی قرار گرفتند. استان گلستان در طول‌های جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه شمالی و در شمال کشور ایران واقع گردیده است. مساحت استان گلستان بالغ بر ۲۰۳۶۷/۱۲۷ کیلومترمربع است (۳۴).

شده است. این مطالعه به منظور بررسی تناسب اراضی زراعی استان گلستان جهت کشت گیاهان گندم و سویا و همچنین امکان‌سنجی اجرای تناوب گندم سویا در این اراضی صورت گرفته است.

### مواد و روش‌ها

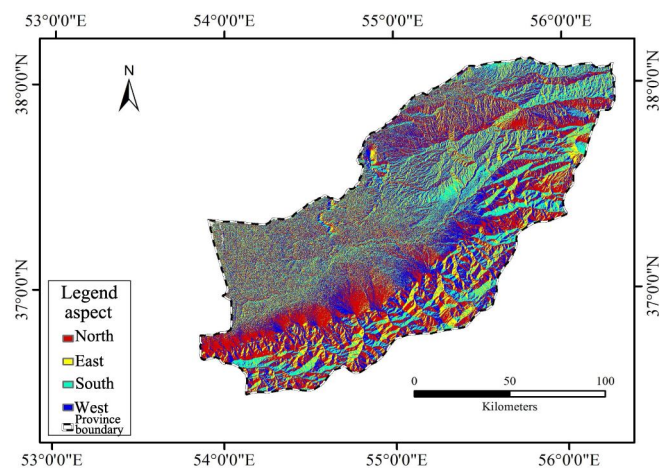
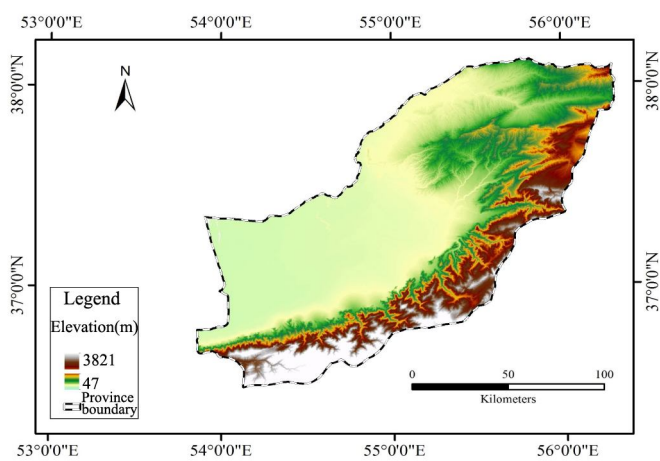
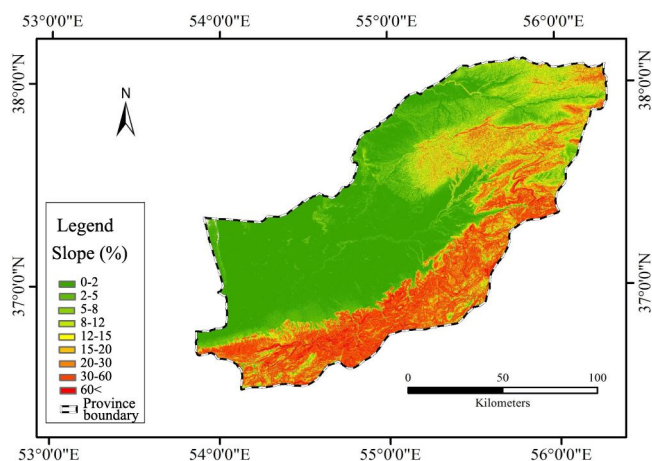
در این مطالعه، اراضی زراعی استان گلستان جهت

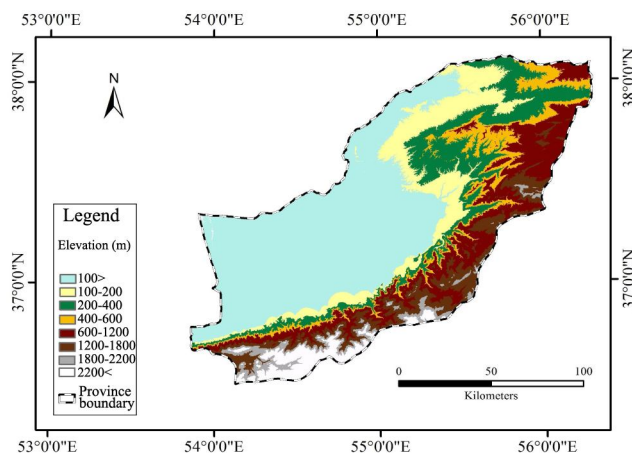


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شمال ایران  
Figure 1. Geographical position of studied zone in north of Iran

و بسته به دسترسی مورد استفاده قرار گرفت. مدل رقومی ارتفاعی زمین (DEM) با استفاده از خطوط میزان منحنی نقشه‌های رقومی توپوگرافی سه بعدی (3D) با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در محیط GIS با اندازه پیکسل ۲۰ متر تهیه شد. در گام بعد از این مدل جهت تهیه نقشه‌های شیب، جهت شیب و استخراج طبقات ارتفاعی استفاده شد (شکل ۲).

جهت انجام این پژوهش، داده‌های مورد نیاز برای تهیه نقشه‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی تهیه گردید. جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی، از نقشه‌های توپوگرافی رقومی سه‌بعدی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ (سازمان نقشه‌برداری کشور) استفاده شد. همچنین نقشه‌های کاربری اراضی، خاک‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای لندست و IRS جهت انجام مراحل مختلف





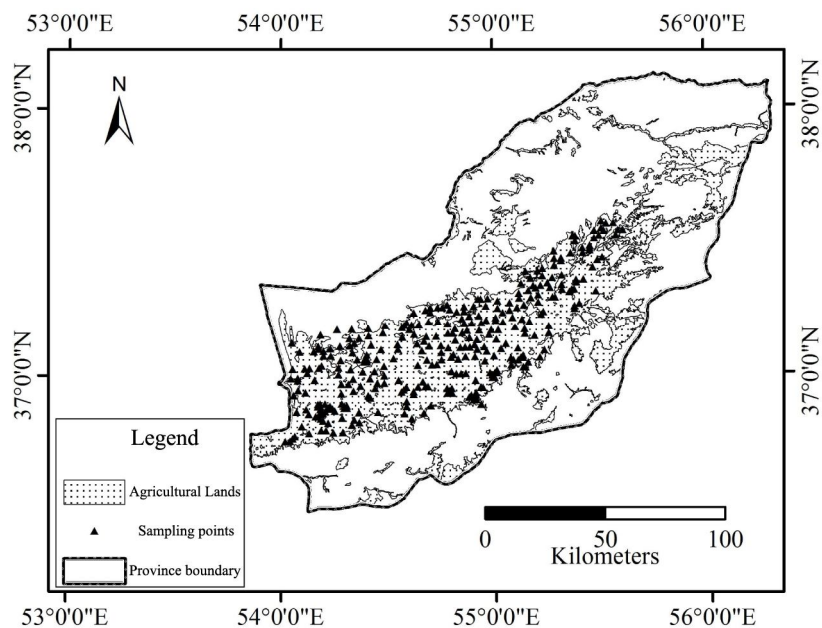
شکل ۲- مدل رقومی ارتفاعی، طبقات شیب، طبقات ارتفاعی و طبقات جهت شیب استان گلستان

Figure 2. DEM, slope, elevation and aspect classes in Golestan province

عمومی استفاده شد. سپس مناسب‌ترین مدل برآورد  
با کمک شاخص‌های آماری از قبیل RMSE, ME, CV,  
RMSSE و اریبی از خط یک به یک داده‌های  
پیش‌بینی شده در برابر داده‌های مشاهده شده تعیین  
گردید. اطلاعات بدست‌آمده از بهترین مدل برای هر  
متغیر برای هر ماه به صورت جداگانه تهیه شد و  
سپس با استفاده از هم‌پوشانی توابع آماری وزنی در  
محیط GIS، نقشه هر متغیر بر حسب طول فصل رشد  
به صورت یک لایه رستری تهیه شد.

برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای  
IRS مربوط به سال ۲۰۰۸ میلادی با توان تفکیک  
زمینی ۲۴ متر و تصاویر ماهواره لندست ۵ مربوط به  
سال ۲۰۱۱ استفاده شد (شکل ۳). سطح اراضی زراعی  
استان با استفاده از نقشه معادل ۷۲۱۲۶۴ هکتار  
محاسبه گردید.

به منظور تهیه لایه‌های هواشناسی از اطلاعات دراز  
مدت (۱۵ تا ۴۰ سال) ایستگاه هم دیدی و  
اقلیم‌شناسی استان‌های خراسان شمالی، جنوبی،  
رضوی، گلستان و سمنان استفاده شد. بدین منظور از  
اطلاعات روزانه و با استفاده از آمار توصیفی  
میانگین‌های دراز مدت ماهانه استخراج و پس از  
انجام پیش پردازش‌های اولیه، جهت انتقال به محیط  
سامانه اطلاعات جغرافیایی آماده شدند. پس از انتقال  
داده‌ها و تعیین مختصات مکانی با استفاده از انواع  
مدل درونیابی در محیط GIS اقدام به برآورد  
متغیرهای دمای حداقل، حداکثر، میانگین و بارش  
گردید. بدین منظور از مدل‌های برآورد کلاسیک  
شامل میانگین وزنی متحرک (IDW)، نوار باریک،  
مدل‌های چند جمله‌ای، توابع پایه شعاعی و مدل‌های  
برآورد زمین آماری شامل کریجینگ معمولی و



شکل ۳- نقشه طبقات کاربری اراضی در استان گلستان و نقاط نمونه برداری  
Figure 3. Map of land use classes in Golestan province and sampling points

جدول ۱- درجه تناسب عوامل محیطی مختلف برای گیاه گندم.

Table 1. Suitability criterion of different environmental factors for wheat.

Variable	متغیر	خیلی مناسب (S1) Highly suitable	مناسب (S2) Suitable	ضعیف (S3) semi-suitable	نامناسب (N) Non-suitable
میزان بارش فصل رشد (میلی متر) Precipitation (mm)		400≤	300-400	200-300	<200
دمای متوسط فصل رشد (سانتی گراد) Average temperature (°C)		16-20	20-24 و 12-16	24-30 و 8-12	8> و 30<
دمای کمینه فصل رشد (سانتی گراد) Minimum temperature (°C)		10-15	7-10	4-7	4>
دمای بیشینه فصل رشد (سانتی گراد) Maximum temperature (°C)		20-25	25-30	30-37	37<
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (ds.m <sup>-1</sup> )		0-4	4-8	8-12	12<
اسیدیته pH		6.5-7.5	7.5-8.5 و 5.5-6.5	5-5.5	5.5>
بافت خاک Soil texture		لومی - لومی رسی - رسی - لومی رسی سیلتی loam, clay loam, clay and silty clay loam	لومی شنی - لومی رسی شنی sandy loam and sandy clay loam	شنی لومی - لومی سیلتی - رسی شنی - رسی سیلتی Loam sandy, silty loam, sandy clay and silty clay	شنی sandy
شیب (درصد) Slope (%)		0-4	4-8	8-12	12<
جهت شیب Aspect		جنوبی - جنوب شرقی - بدون جهت south, southeast and flat	شرقی - شمال شرقی east and northeast	جنوب غربی - شمال غربی southwest and northwest	غربی - شمالی west and south
ارتفاع از سطح دریا Elevation		0-1000	1000-2000	2000-3000	3000<

برگرفته از کاظمی (۲۰۱۲) (۱۵)



سلسله مراتبی ماتریس مقایسات زوجی است که ارزش آن نسبت به اهمیت عوامل از شماره ۱ تا ۹ می‌باشد که هرچه مقدار به ۹ نزدیک‌تر باشد بیانگر ارجحیت یک عامل نسبت به عامل دیگر است. انجام مقایسات زوجی بین متغیرهای مهم تأثیرگذار بر فرآیند پهنه‌بندی با کمک طراحی پرسشنامه‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تکمیل این پرسشنامه‌ها توسط ۳۰ نفر از متخصصان زراعت شاغل در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و جهاد کشاورزی استان گلستان و همچنین اعضای هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت گرفت. مرحله بعد محاسبه وزن عوامل بود. پس از استخراج وزن‌ها از پرسشنامه‌ها، لایه‌های رستری موجود با توجه به وزن‌ها اختصاص یافته روی هم‌گذاری گردیدند.

برای تهیه نقشه‌های خاک‌شناسی از ۳۳۲ نمونه‌ی زمینی که توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شده بود، استفاده گردید. سپس با استفاده از روش‌های درونیابی مختلف در محیط GIS اقدام به تهیه نقشه متغیرهای مختلف خاک از جمله بافت خاک، شوری خاک و pH خاک گردید. لایه‌های رستری متغیرهای مورد بررسی با توجه به نیاز بوم‌شناختی و زراعی گندم و سویا که در منابع مختلف ذکر شده‌است (جداول ۱ و ۲) در ۴ طبقه‌ی خیلی مناسب (S1)، مناسب (S2)، ضعیف (S3) و نامناسب (N) طبقه‌بندی شدند. با توجه به این‌که عوامل مختلف اثر متفاوتی در تعیین تناسب ارضی دارند از برای ارزیابی دقیق‌تر ضروری است که اهمیت نسبی هر عامل مشخص گردد. در این مطالعه جهت تعیین اهمیت و ارزش متغیرها از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. ورودی روش تحلیل

جدول ۲- درجه تناسب عوامل محیطی مختلف برای گیاه سویا

Table 2. Suitability criterion of different environmental factors for soybean.

متغیر Variable	خیلی مناسب (S1) Highly suitable	مناسب (S2) Suitable	ضعیف (S3) Poor	نامناسب (N) Unsuitable
میزان بارش فصل رشد (میلی‌متر) Precipitation (mm)	500-750	400-500	300-400	300>
دمای متوسط فصل رشد (سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	18-25	15-18, 25-30	30-33	33<
دمای کمینه فصل رشد (سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	12-15	10-12	8-10	10>
دمای بیشینه فصل رشد (سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	20-25	15-20, 25-30	30-35	35<
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds.m <sup>-1</sup> )	0-3.5	3.5-6	6-10	10<
اسیدیته pH	6.5-7.5	7.5-8.5, 5.5-6.5	5-5.5	5>
بافت خاک Soil texture	لومی شنی - لومی رسی - لومی سیلتی - لومی Sandy loam, clay loam, silty loam and loam	شنی لومی - لومی رسی شنی - لومی رسی سیلتی Loam sandy, sandy clay loam and silty clay loam	سیلتی - شنی رسی سیلتی Silty, silty clay loam	سایر کلاس‌ها Other classes
شیب (درصد) Slope (%)	0-3	3-5	5-8	8<
جهت شیب Aspect	فلات - جنوبی - جنوب شرقی flat, south and southeast	شرقی - شمال شرقی east and northeast	جنوب غربی - شمال غربی southwest and northwest	غربی - شمالی west and North
ارتفاع از سطح دریا Elevation	0-1000	1000-2000	2000-3000	3000<

برگرفته از کاظمی (۲۰۱۲) (۱۵)

در بین ۴ طبقه‌ی موجود داشت که این نتایج نشان دهنده وضعیت بوم‌شناختی مناسب اراضی استان برای کشت گندم بود. نتایج همچنین نشان داد اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گیاه سویا نیز در ۴ طبقه‌ی تناسب کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب قرار گرفتند که طبقه‌ی تناسب کاملاً مناسب با ۳/۳۶۲۱۹۲ هکتار (۱۷/۵۰ درصد از کل اراضی کشاورزی استان) بخش عمده‌ی اراضی کشاورزی استان را در برگرفت و در مقابل طبقه‌ی تناسب ضعیف با ۴۸/۴۲۲۹۶ هکتار (معادل ۱۳/۶ درصد از کل اراضی زراعی استان) کمترین مساحت را بین طبقه‌های مختلف داشت (جدول ۳). این یافته‌ها بیانگر وضعیت مناسب بوم‌شناختی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت این دو گیاه بودند. نتایج بیانگر این مسئله بود که با توجه به حساسیت بیشتر گیاه سویا به تنش‌های محیطی مختلف، وضعیت اراضی کشاورزی استان گلستان برای گیاه گندم مطلوب‌تر بود.

در گام نهایی با توجه به نتایج بدست آمده از وضعیت تناسب کشت گیاهان گندم و سویا و با تلفیق طبقات تناسب به‌دست آمده برای هر گیاه، امکان اجرای تناوب گندم-سویا در اراضی کشاورزی استان گلستان و میزان مطلوبیت اجرای این تناوب مورد بررسی قرار گرفت.

### نتایج و بحث

نتایج بررسی تناسب کشت گیاه گندم در اراضی زراعی استان گلستان نشان داد این اراضی در ۴ طبقه‌ی کشت کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب برای رشد گیاه گندم قرار گرفتند. نتایج همچنین نشان داد بخش عمده‌ای از اراضی زراعی استان جهت کشت گیاه گندم کاملاً مناسب بودند که این طبقه‌ی تناسب ۶/۴۸۹۵۳۸ هکتار (معادل ۸۲/۶۷ درصد از اراضی زراعی استان) را پوشش داد. در مقابل، اراضی زراعی ضعیف برای کشت گندم با ۵۶/۶۰۲ هکتار (معادل ۰/۰۸ درصد) کمترین سهم را

جدول ۳- مساحت و سهم تناسب‌های مختلف جهت کشت گیاهان گندم و سویا در اراضی کشاورزی استان گلستان

Table 3. Area and ratio of different suitability for wheat and soybean planting in agricultural lands of Golestan province

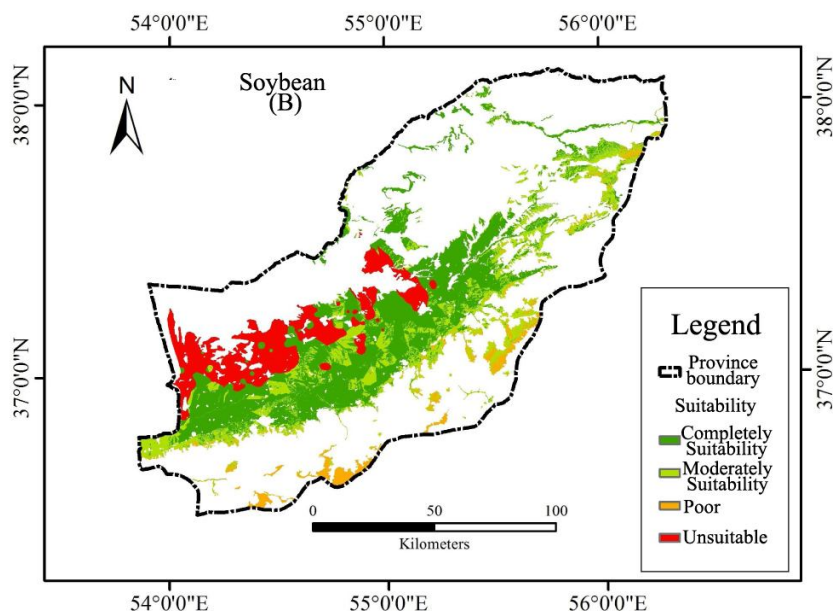
درجه تناسب suitability criterion	گندم (wheat)		سویا (soybean)	
	مساحت (هکتار) Area (ha)	درصد مساحت Percent of area	مساحت (هکتار) Area (ha)	درصد مساحت Percent of area
کاملاً مناسب Completely suitable	489538.6	67.82	362192.3	50.17
نسبتاً مناسب Moderately suitable	128610.7	17.82	178593.6	24.74
ضعیف Poor	602.56	0.08	44296.48	6.13
نامناسب Unsuitable	103099.7	14.28	136897.8	18.96
مجموع Total	721980.16	100	721980.16	100

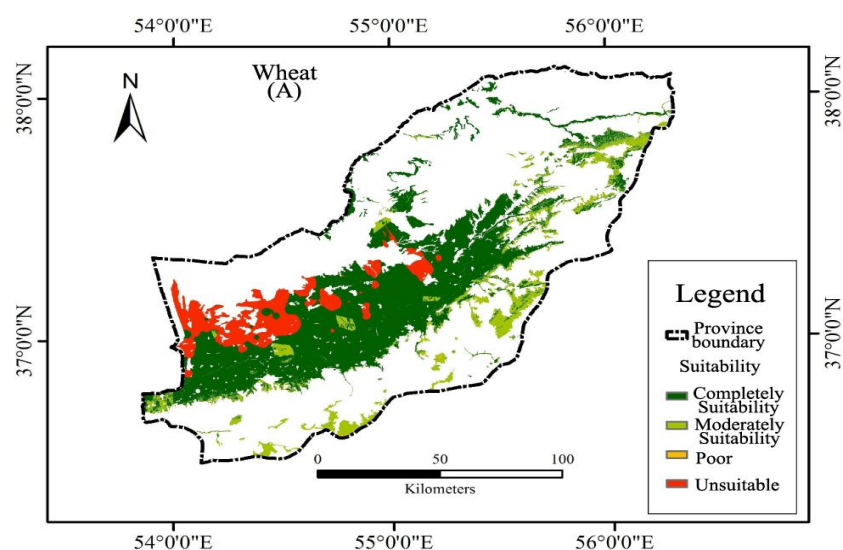
اراضی استان در طبقه‌ی تناسب کاملاً مناسب قرار داشتند که این طبقه تناسب برای هر دو گیاه به صورت نواری عرضی از شرق تا غرب در اراضی

با توجه به نقشه‌های نهایی به‌دست آمده مربوط به امکان کشت گیاهان گندم و سویا در سطح اراضی کشاورزی استان گلستان (شکل ۴)، بخش عمده‌ای از

توپوگرافی اراضی کشاورزی استان می‌تواند یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده برای گیاهان مورد بررسی به ویژه گیاه سویا باشد که با یافته‌های کاظمی (۲۰۱۴) هم‌سو می‌باشد. وی در مطالعه خود عوامل خاکی و عوامل توپوگرافی (به‌ویژه ارتفاع و درصد شیب) را به‌عنوان عوامل اصلی محدود کننده رشد گیاه جو لخت معرفی نمود (۱۶). نتایج به دست آمده از نقشه‌های خروجی همچنین نشان داد اراضی شمال‌غرب و بخش‌هایی از اراضی شمالی استان برای کشت گیاه گندم و سویا نامناسب بودند که نزدیکی این مناطق به دریا و وجود شوری بالا در این اراضی عامل اصلی محدود کننده برای کشت این گیاهان بود. از سوی دیگر کاهش تناسب کشت گندم و همچنین سویا در بخش‌هایی از اراضی شمالی استان گزارش شده است که می‌تواند به دلیل وجود شوری زیاد خاک این مناطق باشد (۱۵ و ۵).

مرکزی استان غالبیت بیشتری داشت که این بخش‌های استان وضعیت توپوگرافی ملایم‌تری داشته و اراضی کشاورزی در این نواحی تقریباً بدون شیب بودند. برای گیاه گندم و با شدت بیشتری برای گیاه سویا طبقه‌ی نسبتاً مناسب به‌صورت نواری سراسری در اراضی زراعی جنوبی استان و بخش‌هایی از دشت‌های مرکزی و شرقی استان قرار داشت که در شرق استان سهم اراضی نسبتاً مناسب در مقابل اراضی کاملاً مناسب بیشتر بود. محمودان و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه‌ی خود عنوان کردند که از سمت غرب به شرق استان کیفیت اراضی کشاورزی کاهش می‌یابد (۲۳). اراضی با تناسب ضعیف برای کشت گیاه گندم و به‌طور گسترده‌تری برای گیاه سویا نیز در جنوب استان قرار داشتند که می‌توان کم شدن تناسب کشت در اراضی این منطقه را به عوامل پستی و بلندی نسبت داد. این نتایج نشان می‌دهد که وضعیت





شکل ۴- وضعیت تناسب جهت کشت گیاهان گندم (الف) و سویا (ب) در اراضی کشاورزی استان گلستان  
 Figure 4. Suitability maps for wheat (a) and soybean (B) cultivation in Agricultural lands of Golestan province

نامناسب گندم-نامناسب سویا نیز با ۱۰۳۰۵۳/۱ هکتار (معادل ۱۴/۳۰ درصد اراضی کشاورزی استان) در رتبه‌ی دوم قرار داشت. در مقابل، وضعیت‌های نامناسب- نسبتاً مناسب و نامناسب- کاملاً مناسب مربوط به تناوب گندم-سویا به ترتیب با ۳/۵۲ و ۱۱/۸۴ هکتار (در مجموع کمتر از ۱ درصد از اراضی کل استان) کم‌ترین مساحت را برای اجرای تناوب گندم- سویا داشتند. با توجه به پتانسیل موجود برای کشت گیاهان وارد شده در تناوب، نتایج به دست آمده بیانگر وضعیت مطلوب اجرای این تناوب در قسمت عمده‌ی اراضی مرکزی استان گلستان بود.

پس از بررسی قابلیت کشت گیاهان گندم و سویا در اراضی استان، امکان اجرای تناوب گندم-سویا با تلفیق نقشه‌های تناسب کشت این دو گیاه تهیه گردید. نتایج نشان داد اراضی کشاورزی استان گلستان با اجرای تناوب گندم-سویا در ۱۲ طبقه متفاوت قرار گرفتند (جدول ۴). تناوب کاملاً مناسب گندم-کاملاً مناسب سویا در بین طبقات مختلف با ۳۵۸۵۱۴/۱ هکتار (برابر با ۴۹/۷۴ درصد از کل اراضی کشاورزی) بیشترین سهم را داشت که نشان داد تقریباً تمام اراضی کاملاً مناسب برای کشت سویا برای اجرای تناوب گندم-سویا کاملاً مناسب بودند. تناوب

جدول ۴- مساحت و سهم نسبی حالت‌های مختلف تناوب گندم - سویا در اراضی زراعی استان گلستان

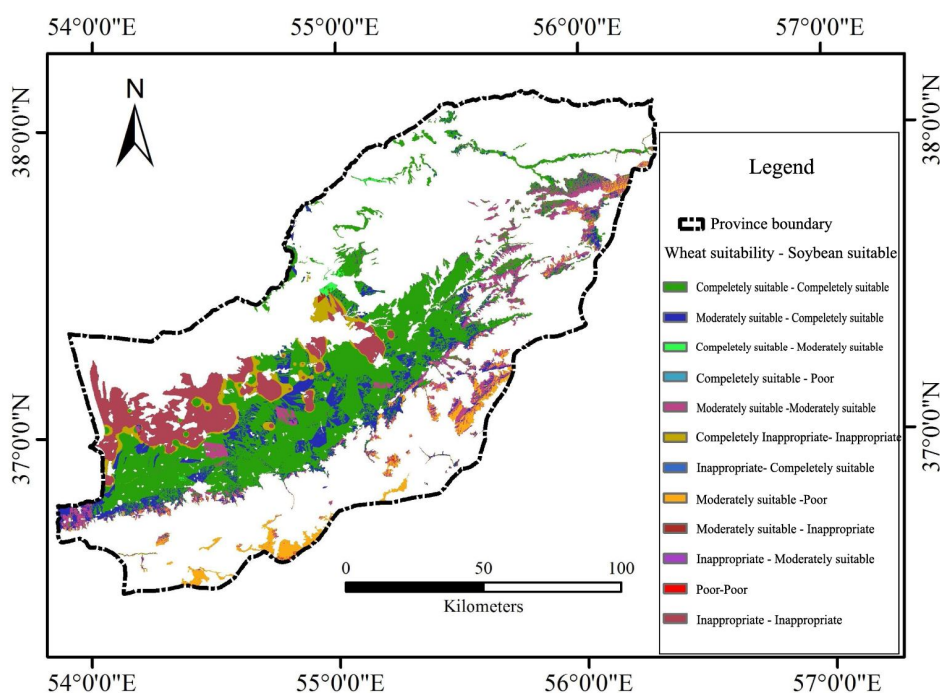
Table 4. Area and relative share of different combinations of Wheat-Soybean rotation in Agricultural lands of Golestan province

تناسب گندم Wheat suitability	تناسب سویا Soybean suitability	مساحت (هکتار) Area (ha)	درصد مساحت Percent of area
کاملاً مناسب Completely suitable	کاملاً مناسب Completely suitable	358514.1	49.74
کاملاً مناسب Completely suitable	نسبتاً مناسب Moderately suitable	97110.72	13.47
نسبتاً مناسب Moderately suitable	نسبتاً مناسب Moderately suitable	80926.88	11.23
نسبتاً مناسب Moderately suitable	ضعیف poor	43120.48	5.98

نسبتا مناسب	كاملا مناسب	3359.84	0.47
Moderately suitable	Completely suitable		
ضعيف	ضعيف	595.2	0.08
poor	poor		
كاملا مناسب	ضعيف	413.6	0.06
Completely suitable	poor		
كاملا مناسب	نامناسب	32839.84	4.56
Completely suitable	Unsuitable		
نامناسب	كاملا مناسب	11.84	0.01>
Unsuitable	Completely suitable		
نسبتا مناسب	نامناسب	779.52	0.11
Moderately suitable	Unsuitable		
نامناسب	نسبتا مناسب	3.52	0.01>
Unsuitable	Moderately suitable		
نامناسب	نامناسب	103053.1	14.30
Unsuitable	Unsuitable		

شرایط مناسب‌تری داشتند و قسمت‌های شمالی استان برای اجرای این تناوب وضعیت نامطلوبی داشتند (شکل ۵). با توجه به انطباق اراضی کاملاً مناسب اجرای تناوب گندم-سویا و اراضی کاملاً مناسب کشت سویا، یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های موجود بر سر راه اجرای تناوب در برخی مناطق را می‌توان به حساسیت‌های بوم‌شناختی گیاه سویا نسبت داد.

نقشه نهایی امکان‌سنجی اجرای تناوب گندم-سویا نیز مطابق با نتایج جدول ۴ به‌وضوح نشان داد که نزدیک به نیمی از اراضی کشاورزی استان قابلیت خوبی برای اجرای تناوب گندم-سویا داشتند که شرایط در شهرستان‌های شرق، جنوب شرق و مرکزی نسبت به شمال غرب استان مطلوب‌تر بود. همچنین نتایج نشان داد اراضی مرکزی استان نسبت به اراضی جنوبی و شمالی برای پیاده‌سازی تناوب گندم-سویا



شکل ۵- وضعیت امکان‌سنجی اجرای تناوب گندم-سویا در مزارع استان گلستان

Figure 5. Possibility of wheat-Soybean rotation implementation in the fields of Golestan province

گندم را آتش می‌زنند و این مسئله تاثیر نامطلوبی بر اثرات مفید تناوب می‌گذارد. از سوی دیگر به دلیل تاخیر در کاشت گیاه سویا، اواخر دوره رشد این محصول با بارندگی‌های پاییزه برخورد کرده که موجب رشد رویشی بیشتر این گیاه و کاهش کمیت و کیفیت این محصول می‌گردد. با توجه به محدودیت‌های یادآوری شده در اجرای تناوب گندم-سویا، اصلاح ارقام زودرس گندم و سویا می‌تواند یکی از کلیدی‌ترین و ضروری‌ترین اقدامات برای بهبود شرایط پیاده‌سازی این تناوب در سطح اراضی کشاورزی استان گلستان باشد.

استفاده از نتایج پژوهش‌های ارزیابی تناسب اراضی می‌تواند در تعیین میزان اراضی قابل کشت و تعیین سطح زیر کشت گیاهان غالب در منطقه موثر باشد. بنابراین نتایج این پژوهش می‌تواند پایه و اساس طراحی این الگوها و تناوب مناسب در منطقه مورد مطالعه قرار گیرد. از آن‌جا که طراحی الگوهای کاشت باید به شکل وابسته به مکان و با تعیین دقیق اقلیم منطقه صورت پذیرد، بنابراین استفاده از رهیافت‌های سیستمی جدید مثل لایه‌بندی اطلاعات مهم تعیین‌کننده قابلیت اراضی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای گزینش روی گیاهان مورد استفاده در الگوها می‌تواند در این زمینه بسیار کمک کننده باشد (۱۴). نتایج به‌دست آمده به‌وضوح نشان داد که به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان یک ابزار مهم جهت تعیین پتانسیل‌های بوم‌شناختی کشت یک گیاه خاص و همچنین تعیین نواحی مناسب برای اجرای تناوب‌های زراعی بسیار کارا و مفید است. این قابلیت می‌تواند معیاری مناسب و دقیق برای تصمیم‌گیری مطلوب مدیران زراعی در سطوح کلان باشد و در عین حال موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌گردد.

کامکار و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه‌ای به ارزیابی تناسب اراضی و امکان اجرای یک تناوب کلزا-سویا در ۴ حوضه استان گلستان ایران پرداختند که نتایج نشان داد که تنها ۱۱/۸۲ درصد از کل اراضی مورد بررسی برای اجرای تناوب گیاه سویا بعد کلزا بسیار مناسب بودند، در صورتی که اغلب اراضی زراعی منطقه مورد مطالعه در طبقه‌های تناسب متوسط و کم قرار گرفتند (۱۳).

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از مطالعه‌ی فوق، اراضی کشاورزی قرار گرفته در دشت‌های مرکزی استان نسبت اراضی شمال و به‌ویژه شمال غرب استان شرایط بهتری برای اجرای تناوب گندم-سویا داشتند. از طرفی اراضی جنوبی استان نیز نسبت به اراضی مرکزی استان کیفیت کمتری برای اجرای تناوب گندم-سویا داشتند. نتایج همچنین نشان داد اراضی واقع در مرکز استان نسبت به اراضی شرقی و همچنین اراضی واقع در غرب استان برای پیاده‌سازی تناوب گندم سویا مطلوب‌تر بودند. با توجه نتایج به‌دست آمده می‌توان شوری خاک در اراضی شمالی و شمال غربی استان و همچنین در محدودیت‌های توپوگرافی در جنوب و شرق استان را مهم‌ترین عوامل محدود کننده اجرای تناوب گندم سویا در منطقه مورد بررسی بیان نمود. در حال حاضر این تناوب با آزمون و خطاهای بسیار در طول سال‌های متمادی توسط کشاورزان بومی در سطح اراضی کشاورزی استان گلستان جایگاه خود را پیدا کرده است که هر چند محدودیت‌های فراوانی نیز در اجرای این تناوب وجود دارد. به‌عنوان مثال به‌دلیل استفاده از ارقام دیررس گندم در سطح اراضی استان گلستان، زمان مناسب برای کشت گیاه سویا از دست می‌رود که به‌ناچار برای جبران این کمبود وقت کشاورزان بقایای

## منابع

1. Ahmadi, M. 2008. Prediction of wheat phenological development. M.Sc. Thesis. University of Agric. 99p. (In Persian)
2. Ayneband, A. 2005. Crop Rotation. Jihad-e- Daneshgahi Publication of Mashhad. 407 pp. (In Persian).
3. Bagherzadeh, H.R., Bagherzadeh, A., and Moeinrad, H. 2012. Analysis of parametric approaches in qualitative land Suitability evaluation for irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation at Neyshabur plain. J. Agroecol., 4(2): 121-130. (In Persian).
4. Bidadi, M.J., Kamkar, B., Abdi, O., and Kazemi, H. 2015. Land suitability analysis on rainfed wheat cropping using geospatial information systems (A case study: Qaresoo basin). Sustain. Agri. Prod. Sci., 25(1): 131-143. (In Persian).
5. Bidadi, M.J., Kamkar, B., and Abdi, O. 2014. Suitable areas zoning of soybean cropping in Qaresoo basin by geographical information systems (GIS). Electronic J. Crop Prod., 7(2): 175-187. (In Persian).
6. Collins, M.G., Steiner, F.R., and Rushman, M.J. 2001. Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. Environ. Man., 28(5): 611-621.
7. Croissant, R.L., Peterson, G.A., and Westfall, D.G. 2008. Dryland cropping systems. Colorado State University, Cooperative Extension. Bulletin No. 516.
8. FAO. 2011. The State of The World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 47p.
9. Faostat. 2012. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
10. Gopala Krishna, G.V.T., and Regil, R. 2014. Agricultural land suitability analysis of a river basin area using Remote Sensing and GIS. International J. Geospatial Engin. Technol., 1(1): 37-42.
11. Grassano, N., Tedone, L., Verdini, L., and De Mastro, G. 2011. Evaluation of rapeseed cultivation suitability in Apulia with GIS-multicriteria analysis. Italian J. of Agron., 6: 101-105.
12. Imsande, J. 1998. Nitrogen deficit during soybean pod fill and increased plant biomass by vigorous N<sub>2</sub> fixation. European J. Agron., 8: 1-11.
13. Kamkar, B., Dorri, M.A., and Teixeira da Silva, J.A. 2014. Assessment of land suitability and the possibility and performance of a canola (*Brassica napus* L.) –soybean (*Glycine max* L.) rotation in four basins of Golestan province, Iran. Egypt. J. Remote Sen. Space Sci., 17: 95-104.
14. Kamkar, B., Zahed, M., Hoseini, R.S., Golchin, E., and Ghadirian, R. 2010. Principles of cropping patterns design (overviews and case studies). 11<sup>th</sup> Iranian Crop Science Congress. 24-26 July. Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran. 1514-1581. (In Persian).
15. Kazemi, H. 2012. Agroecological zoning of agricultural lands in Golestan province. Ph.D. Thesis in Agronomy, Tarbiat Modares University. 280p.
16. Kazemi, H. 2014. Agroecological zoning of Gorgan agricultural lands for hulless barley cropping base on Boolean logic. Electronic J. Crop Prod., 6(4): 165-185. (In Persian).
17. 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. Adv. Plants Agri. Res., 2(1): 1-7.
18. Kelley, K.W., Long Jr., J.H., and Todd, T.C. 2003. Long-term crop rotations affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. Field Crops Res. 83: 41-50.
19. Khajehpour, M.R. 2004. Industrial Crops. Jihad-e- Daneshgahi Publication of Esfahan. 582 pp. (In Persian).
20. Kumar, A., Pandey, V., Shekh, A.M. and Kumar, M. 2008. Growth and yield response of soybean (*glycine max* L.) in relation to temperature, photoperiod and sunshine duration at Anand, Gujarat,

- India. American-Eurasian J. Agron., 1(2):45-50.
21. Kundu, S., Bhattacharyya, R., Prakash, V., Gupta, H.S., Pathak, H., and Ladha, J.K. 2007. Long-term yield trend and sustainability of rainfed soybean-wheat system through farmyard manure application in a sandy loam soil of the Indian Himalayas. *Biol Fertil Soils*. 43: 271-280.
  22. Liu, X., and Herbert, S.J. 2002. Fifteen years of research examining cultivation of continuous soybean in northeast China: A review. *Field Crops Res.*, 79: 1-7.
  23. Mahmoudan, S., Kamkar, B., Abdi, O., and Bagherani, N. 2014. Assessment of universal kriging models to interpolate rainfall and temperature and determination of climatic suitability of Golestan province crop lands to sow winter wheat and faba bean using GIS. *Res. Crop Ecosyst.*, 1(4): 13-30. (In Persian).
  24. Malczewski, J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Prog. Planning*. 62: 3-65.
  25. Marengo, R.A., and Santos, M.B. 1999. Crop rotation reduced weed competition and increased chlorophyll concentration and yield of rice. *Pesq Agropec Bras, Brasilia*, 34:1881-1887.
  26. Ministry of agriculture jihad. 2013. Crop Statistics of 1389-90. Department of statistic and information. 123pp. (In Persian).
  27. Nassiri mahalati, M., and A. Koocheki. 2009. Agroecological zoning of wheat in Khorasan provinces: Estimating yield potential and yield gap. *Iran. J. Field Crops Res.*, 2(7): 695-709. (In Persian).
  28. Prakash, T.N. 2003. Land Suitability Analysis for Agricultural Crops: A Fuzzy Multicriteria Decision Making Approach. the Netherlands: International Institute for Geo-information Science and Earth observation Enschede. 6-13.
  29. Rabia, A.H., Figueredo, H., Huong, T.L., Lopez, B.A.A., Solomon, H.W., and Alessandro, V. 2013. Land suitability analysis for policy making assistance: A GIS based land suitability comparison between surface and drip irrigation systems. *Inter. J. Environ. Sci. Develop.*, 4(1): 1-6.
  30. Reynolds, M., Yan, L., and Ferguson, M. 1994. Intercropping wheat and barley with N- fixing legume species. *J. Agri. Sci.*, 123: 175-183.
  31. Rota, J.A., Wandahwa, P., and Sigunga, D.O. 2006. Land evaluation for soybean (*Glycine max* L. Merrill) production based on kriging soil and climate parameters for the Kakamega district, Kenya. *J. Agron.*, 5: 142-150.
  32. Seddigh, M., Jolliff, G.D., 1984. Effects of night temperature on dry matter partitioning and seed growth of indeterminate field-grown soybeans. *Crop Sci.*, 24: 704-710.
  33. Siosemarde, M., and Sakine, A. 2014. Prediction of rainfed wheat yield using meteorological parameters in Khoy County at West Azarbaijan province. *J. Applied Environ. Biolog. Sci.*, 4(1): 47-50.
  34. Statistical Centre of Iran. 2013. <http://www.amar.org.ir/Default.aspx?tabid=1668>.
  35. Sys, C., Van Ranst, E. and Debaveye, J. 1991. Land evaluation. Part 1: Principles in land evaluation and crop production calculations. General Administration for Development Cooperation. Brussels, Belgium, Agric. Publ, 7.
  36. Van Ittersum, M.K., and Rabbinge, R. 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of Agricultural input-output combinations. *Field Crops Res.*, 52: 197-208.
  37. Zare, A., Koochaki, A., and Nassiri, M. 2006. Trend analysis of yield, production and cultivated area of cereal in Iran during the last 50 years and prediction of future situation. *Iran. J. Field Crops Res.*, 4(1): 49-71. (In Persian).