

Research Article

Agricultural Engin., 44(1) (2021) 121-139  
DOI: 10.22055/AGEN.2021.37398.1604

ISSN (P): 2588-543X  
ISSN (E): 2588-5979

## Determination of the compliance of soybean lands with land suitability maps (Case Study: Golestan Province)

B. Kamkar<sup>1\*</sup>, P. Alizadeh Dehkordi<sup>3</sup>, P. Aalae Bazkiaee<sup>2</sup> and O. Abdi<sup>4</sup>

1. Prof., Agronomy Dept., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources & Agrotechnology Dept. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran.
3. PhD student, Department of Agriculture, Plant production College, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. PhD graduated in Remote Sensing and Geographic Information System, Dresen University of Technology, Dresen. Germany

Received: 12 May 2021

Accepted: 20 June 2021

### Abstract

**Introduction:** Understanding the suitability of the lands is very important in terms of the ability to cultivate a particular crop. Having information in this field helps us to act more intelligently in prioritizing land allocation for the cultivation of various crops. Also, adapting the current-grown lands under cultivation of a crop selected by the farmer to the final layer of land suitability can give us an overview of the right or wrong choice of land use. This information will help agricultural policymakers to replace crops when necessary and to replace crops that have been misallocated in disproportionately desirable lands with other crops or to improve their crop management. Therefore, this study was conducted to assess the land suitability of Golestan province agricultural lands for soybean cultivation and the degree of adaptation of current soybean-grown fields to the obtained suitability layers.

**Materials and Methods:** This study was carried out in the agricultural lands of Golestan province with an area of 821 thousand hectares. First, the real lands under cultivation of soybean were separated using 1674 land samples taken from different crops and object-based image analysis (OBIA) method. To separate the lands under soybean cultivation in Golestan province, sentinel 2 satellite images with a spatial accuracy of 10 meters related to planting to harvesting time in 2018 were used. Then, the layers of soil, climate, and topography characteristics were provided to investigate land suitability for soybean cultivation. Climatic components including minimum, optimum, maximum temperatures, and rainfall were estimated using long-term statistics of synoptic stations in the province (maximum available statistics). Data of soil texture, nitrogen, organic matter, phosphorus and potassium, soil pH, and salinity were also received from the provincial agricultural and natural resources research center, and from the data, the soil properties map was obtained. The digital land elevation map (DEM) of the province with a spatial resolution of 20 meters was used to extract slope, elevation, and aspect maps. The process of interpolation of climatic and soil layers was performed using ordinary kriging method. The relative importance of each factor was determined through the Analytic Hierarchy Process



(AHP). This was done by designing questionnaires based on AHP paired matrices and completing it by agricultural specialists. After extracting the weights from the questionnaires and preparing the classified raster layers, these layers were imported in GIS version 10.3. Combining and overlaying the layers was done by assigning AHP weight to each layer. Finally, a land suitability map was prepared for the cultivation of the soybean in the study area which, in turn, was used to determine the adaptation of current soybean fields with determined suitability classes.

**Results and Discussion:** The accuracy of classification by object-oriented method using kappa coefficient and overall Accuracy coefficient (0.87 and 90%, respectively) shows the acceptable accuracy of soybean land separation in this study. In the study of land suitability for soybean cultivation, the results obtained from hierarchical analysis showed that the soil criterion had the greatest effect on the site selection of soybean cultivation with a coefficient of 0.52 with respect to both climate and topography factors. The results showed that most of the fields (about 87% of total) placed in suitable class and 13% placed in a relatively suitable class. In suitable areas for cultivation, despite having the best conditions for factors such as maximum temperature, average temperature, slope, aspect, height, soil texture, soil pH, phosphorus and soil salinity, soybean production is limited by factors such as precipitation (400 to 500 mm per year), minimum temperature (10 to 12 °C), phosphorus (8 to 10, 15 to 20 mg/kg soil). In these areas, maximum yield can be achieved by managing the mentioned factors and applying desirable agricultural management. In relatively suitable areas, limitations of nitrogen deficiency (less than 0.5 mg/kg soil), organic matter (less than 2%), salinity (above 6 dS/m), slope (more than 5%), restriction of soybean cultivation due to heavy soil texture (high percentage of soil clay), potassium (less than 100 mg/kg soil), phosphorus (more than 20 or less than 8 mg/kg soil), precipitation (less than 400 mm per year), minimum temperature (less than 10 °C), slope (more than 8%) and aspect (west and north) caused relatively high land restrictions for soybean cultivation. Compatibility analysis of the current soybean fields with the suitability maps indicated that about 99% of total cultivated lands are located in a suitable class, which demonstrates the proper selection of farm locations by the farmers.

**Conclusion:** By considering the position of Golestan province in the production and area under soybean cultivation in the country, if it is possible to identify suitable soybean cultivation areas according to the environmental requirements of this product and identify the limitations created by the environment, more yield per area can be achieved, which will improve the agricultural economy and the level of income of the country.

**Key words:** *Suitability compatibility, land suitability, interpolation, soybean, object-based classification*

## تعیین میزان انطباق اراضی زیر کشت محصول سویا با نقشه‌های تناسب اراضی (مطالعه موردی: استان گلستان)

بهنام کامکار<sup>۱</sup>، پریسا علیزاده دهکردی<sup>۲</sup>، پویا اعلایی بازکیایی<sup>۳</sup> و امید عبدی<sup>۴</sup>

- ۱- استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و گروه اگروتکنولوژی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران  
 ۲- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهر کرد، ایران  
 ۱- ۳- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.  
 ۲- ۴- دانش آموخته دکتری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه فنی درسن، درسن، آلمان

چکیده	تاریخچه مقاله
شناخت وضعیت اراضی از نظر قابلیت کشت یک گیاه زراعی خاص اهمیت زیادی دارد و سبب می‌شود تا در اولویت‌بندی اختصاص اراضی به کشت گیاهان زراعی مختلف هوشمندانه‌تر عمل کنیم. این تحقیق با هدف ارزیابی تناسب اراضی استان گلستان برای کشت محصول سویا و میزان انطباق مزارع زیر کشت فعلی با لایه‌های تناسب اراضی به دست آمده انجام شد. این مطالعه در اراضی زراعی استان گلستان با مساحتی برابر ۸۲۱ هزار هکتار انجام شد که ابتدا اراضی واقعی زیر کشت سویا با استفاده از ۱۶۷۴ نمونه‌ی زمینی برداشت‌شده از محصولات مختلف و روش پردازش تصویر شیء‌گرا (OBIA) تفکیک شد. سپس با استفاده از لایه‌های خصوصیات خاک، اقلیم و توپوگرافی، اراضی مستعد کشت این گیاه در محدوده مورد مطالعه مشخص شد. اهمیت نسبی هر عامل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین شد. در نهایت نقشه تناسب اراضی برای کشت این محصول تهیه و با انطباق لایه مزارع تفکیک شده با کلاس‌های تناسب متناظر، وضعیت تناسب اراضی زیر کشت این محصول تحلیل شد. نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که معیار خاک بر مکان‌یابی کشت سویا با ضریب ۰/۵۲ بیشترین تأثیرگذاری را داشت. نتایج نشان داد که بیش‌تر اراضی (حدود ۸۷ درصد)، در طبقه مستعد و حدود ۱۳ درصد در طبقه نسبتاً مستعد قرار دارند. بررسی انطباق اراضی زیر کشت سویا با طبقات تناسب اراضی سویا نشان داد که ۹۹ درصد سطح اراضی سویا در طبقه تناسب مستعد گرفته‌اند که نشان می‌دهد کشاورزان در انتخاب موقعیت اراضی زیر کشت خود به خوبی عمل کرده‌اند.	دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰
	<b>کلمات کلیدی:</b> <b>انطباق تناسب،</b> <b>تناسب اراضی،</b> <b>درون‌یابی،</b> <b>سویا،</b> <b>طبقه‌بندی شیء‌گرا.</b>
	* عهده دار مکاتبات Email: kamkar@um.ac.ir

## مقدمه

امروزه یکی از بزرگ‌ترین مشکلات پیش‌روی جهانیان، رشد فزاینده جمعیت و به تبع آن کمبود منابع در دسترس جهت رفع نیازهای اساسی انسان‌ها می‌باشد. به منظور نظارت بر مشکل کمبود مواد غذایی، تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان، نیاز به کسب آگاهی و اطلاعات بروز از کمیت، کیفیت، نوع، نحوه پراکنش و سطح زیر کشت محصولات کشاورزی دارند (۱). به کارگیری روش‌های دقیق و سریع برای کمک به برنامه‌ریزی‌های کلان در حوزه کشاورزی ضروری است (۴). سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای به دلیل دید کلان و پیوسته، امکان دسترسی به تاریخ-های مختلف، استفاده از امواج طیفی مختلف و همچنین قابلیت مطالعه و پردازش داده‌ها با نرم‌افزارهای رایانه‌ای می‌تواند به عنوان یک راه کار کارآمد و ارزشمند به منظور تعیین سطح زیر کشت و تغییرات میزان عملکرد اراضی مورد استفاده قرار گیرد (۲۴). سعادت و همکاران<sup>۱</sup> (۲۸) با استفاده از تصاویر لندست ETM+ کاربری زمین در حوزه سد گلستان را در سه تاریخ مجزا بررسی کردند. از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به برآورد تغییرات سطح زیر کشت گندم و سویا با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در غرب استان گلستان (۵)، تفکیک اراضی زیر کشت برنج و سویا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ در الگوهای کاشت تابستانه جهت تحلیل تغییرات سطح زیر کشت دو محصول در چهار حوزه آبخیز در استان گلستان (۱۰) و تعیین سطح زیر کشت برنج، پنبه و سویا در اراضی استان گلستان با استفاده از آنالیز شیء گرا (۱۴) اشاره نمود. پهنه‌بندی زراعی بوم‌شناختی، تلفیقی از لایه‌های اطلاعاتی محیطی است که در آن منابع اقلیم، آب، پستی و بلندی و شرایط خاک به صورت یک مجموعه همگن زیست‌محیطی در ارتباط با سامانه‌های زراعی مشخص، کاربری اراضی و تنوع زیستی بررسی می‌گردد (۱۹). رادوکج و همکاران<sup>۲</sup> (۲۷) در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت سویا با استفاده از سامانه اطلاعات

جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای در کرواسی گزارش نمودند که ۶۳/۳ درصد اراضی مورد مطالعه برای کشت سویا مستعد می‌باشند. کامکار و همکاران<sup>۳</sup> (۱۷) در ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی استان گلستان به منظور کشت کلزا و سویا بیان نمودند که حدود ۱۲ درصد از کل اراضی برای اجرای تناوب سویا بعد از کشت کلزا بسیار مناسب هستند. از آنجایی که ارزیابی تناسب اراضی کار پیچیده‌ای است استفاده از تکنیک سنجش از راه دور، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی، منطق فازی، بولین و روش ترکیب خطی وزن‌دار می‌تواند به این ارزیابی کمک کند (۲۵)؛ اما استفاده از روش AHP در ارزیابی تناسب اراضی می‌تواند جایگزین روش‌های متداول ارزیابی گردد زیرا از مزایای این روش می‌توان قابلیت به کارگیری برای صفات کمی و کیفی و استفاده از ساختار سلسله‌مراتبی برای طرح مسائل تصمیم‌گیری پیچیده و همچنین امکان محاسبه‌ی میزان سازگاری رویه ارزیابی مسئله را برشمرد (۷). از زمانی که تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی مطرح شد، مطالعات بی‌شماری جهت ارزیابی تناسب اراضی از این روش استفاده کرده‌اند (۱۲، ۱۳، ۲۲).

اطلاع از وضعیت سطح زیر کشت محصولات مختلف نظیر سویا در استان گلستان که به دلیل اقلیم مناسب و قابلیت‌هایی که در ارتباط با تولید محصولات کشاورزی متنوع دارد، به ارائه برنامه‌های مدیریتی کمک شایانی می‌نماید (۱۰). سویا (*Glycine max* L. یکی از منابع گیاهی یک‌ساله‌ی مهم تولیدکننده روغن خوراکی و پروتئین گیاهی می‌باشد که در بین گیاهان روغنی رتبه‌ی اول را داشته و حدود ۵۰ درصد تولید دانه‌های روغنی دنیا را به خود اختصاص داده است (۲۰). بر اساس اطلاعات مندرج سطح زیر کشت و تولید سویا در ایران به ترتیب حدود ۴۰ هزار هکتار و ۸۳ هزار تن می‌باشد که ۴۳ درصد تولید آن مربوط به استان گلستان می‌باشد (۲)؛ بنابراین معرفی مزیت‌ها، نقاط قوت و ضعف کشت سویا در سطح استان می‌تواند راهنمای مناسبی

1- Saadat *et al.*2- Radocaj *et al.*3- Kamkar *et al.*

اطلاعات بوم‌شناختی و زراعی از منابع و اسناد کتابخانه‌ای، مقالات، گزارش نهایی طرح‌های پژوهشی، پایان‌نامه‌ها و مشاوره با کارشناسان مراکز دانشگاهی و پژوهش‌های کشاورزی استان گلستان تهیه گردیدند. پس از تهیه این اطلاعات، لایه‌های خاک، اقلیم و توپوگرافی در محیط ArcMap v.10.3 تهیه و پس از تهیه این لایه‌ها، کار طبقه‌بندی هرلایه بر اساس جدول نیازهای محیطی گیاه زراعی در طبقات بسیار مستعد تا غیر مستعد انجام شد و لایه‌های رستری طبقه‌بندی شده آن‌ها تهیه شد (۱۵ و ۱۶). سپس با روی هم‌گذاری لایه‌های رستری نقشه تناسب اراضی برای کشت سویا استخراج شد. در ادامه، مراحل انجام این کار تشریح شده است (۱۵ و ۱۶).

### الف- تفکیک اراضی زیر کشت سویا با استفاده از روش آنالیز تصویر شیء‌گرا

به منظور تفکیک اراضی زیر کشت سویا در استان گلستان از تصاویر ماهواره‌ی سنتینل ۲ با دقت مکانی ۱۰ متر استفاده شد که مربوط به زمان کاشت تا برداشت (به طور مرسوم از ۲۰ خرداد تا یک آبان) محصول در سال ۱۳۹۷ و با عملیاتی به شرح ذیل بود.

۱- انجام تصحیحات اتمسفری و توپوگرافی روی تصاویر ماهواره‌ای: به منظور حذف اثرات اتمسفری روی تصاویر، با توجه به اینکه تصاویر در زمان‌های مختلف اخذ شده‌اند، اقدام به تصحیح اتمسفری تصاویر سنتینل ۲ به روش <sup>۱</sup>DOS شد. سپس برای کاهش اثرات پستی و بلندی‌ها، به کمک مدل رقومی ارتفاعی زمین تصاویر ALOS، تصحیح اثرات توپوگرافی به روش C-Correction انجام شد.

۲- استفاده از شاخص ارتقاء یافته پوشش گیاهی تصویر (EVI<sup>۲</sup>): به منظور شناسایی بهتر محصولات سبز از مناطق فاقد محصول و یا مناطقی که محصول آن‌ها برداشت شده است، اقدام به تهیه شاخص EVI برای تصاویر موردنظر در تاریخ‌های فوق شد.

برای سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی در منطقه باشد. شایان‌ذکر است که مطالعات بسیار زیادی در مورد پهنه‌بندی محصولات زراعی مختلف با استفاده از روش‌های مختلف انجام شده است ولی می‌توان گفت که تحقیقی با هدف بررسی هماهنگی توزیع مکانی اراضی زیر کشت سویا با نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل از ارزیابی تناسب اراضی برای کشت این گیاه انجام نشده است. از این‌رو، این پژوهش با هدف پهنه‌بندی مناطق مستعد و غیر مستعد کشت گیاه سویا با در نظر گرفتن نیازهای زراعی گیاه و شرایط محیطی و بررسی جایابی درست اراضی زیر کشت در مناطق مستعد در استان گلستان انجام شد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در استان گلستان انجام شد. استان گلستان حدود ۲۰۴۳۸ کیلومتر مربع مساحت دارد و در مختصات طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه شمالی قرار گرفته است. ارتفاع استان از سطح دریا در دامنه ۲۷۱- تا ۳۸۲۱ متر قرار دارد که از سمت جنوب به سمت شمال استان روند آن کاهشی است. میانگین بارش و دمای هوا در دهه اخیر به ترتیب ۲۴۲ میلی‌متر و ۱۸ درجه سلسیوس بوده است. خاک این منطقه عمدتاً شنی لومی است (۳). شکل (۱) نشان‌دهنده موقعیت استان گلستان در کشور، نقشه پراکنش اراضی زراعی استان گلستان و نقاط کنترل زمینی انتخاب شده در ارزیابی حاضر است. همچنین در شکل (۲) موقعیت نقاط نمونه برداری خاک و ایستگاه‌های هواشناسی استان گلستان مشخص گردید.

#### تهیه نقشه تناسب اراضی

به‌منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گیاه سویا، به انطباق خصوصیات و نیازهای بوم‌شناختی محصول با شرایط محیطی منطقه نیاز است. در این طرح برای انطباق نیازمندی‌های محیطی گیاه زراعی با خصوصیات اراضی، ابتدا نیازهای بوم‌شناختی و زراعی سویا با استفاده از منابع موجود تعیین شد (۱۸). این

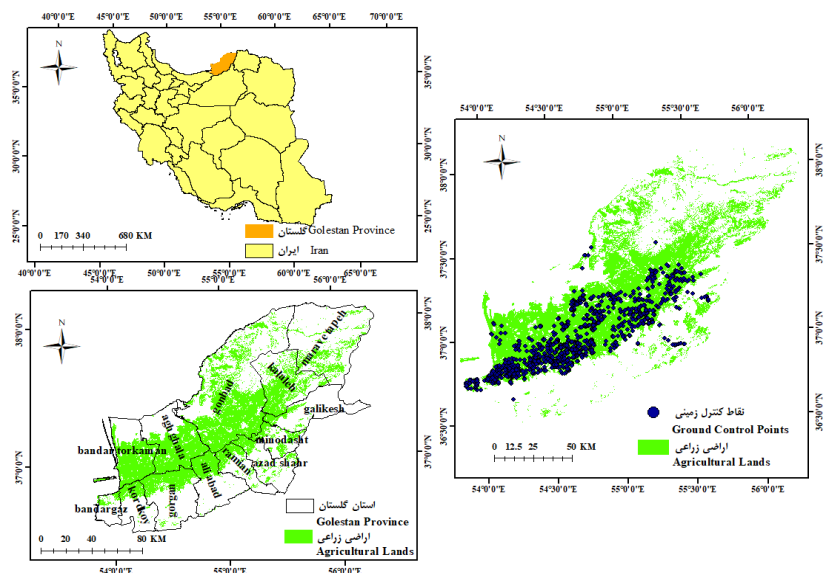
1- Dark object subtraction

2- Enhanced Vegetation Index

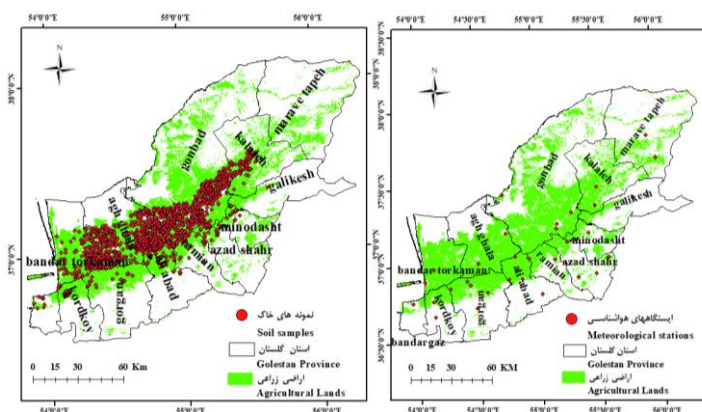
قطعه‌بندی تصاویر (Image Segmentation): برای شناسایی پیکسل‌های مربوط به محصول، آزمون پیکسل‌های مختلف برای قطعه‌بندی تصاویر چندطیفی (شامل پیکسل‌های ۱۰، ۲۵، ۶۰ و ۱۰۰ متری) انجام شد. برای هر زمان تصویر قطعه‌بندی انتخاب شد که بتواند کوچک‌ترین سطح محصول تحت کشت را تفکیک کرده باشد.

۳- طبقه‌بندی تصاویر سنتینل ۲ به منظور تفکیک سویا به روش OBIA (Object-Based Image Analysis). این مطالعه در اراضی زراعی استان گلستان با مساحتی برابر ۸۲۱ هزار هکتار انجام شد که ابتدا اراضی واقعی زیر کشت سویا با استفاده از ۱۶۷۴ نمونه‌ی زمینی برداشت‌شده از محصولات مختلف و روش پردازش تصویر شیء‌گرا (OBIA) تفکیک شد.

۴- ایجاد ترکیب چندطیفی از تصاویر باندهای اصلی (۲، ۳، ۴ و ۸) و شاخص EVI برای زمان‌های مختلف یا



شکل (۱) موقعیت محدوده اراضی زراعی مورد مطالعه و نقاط کنترل زمینی مورد استفاده  
Figure (1) Location of the studied agricultural lands and used land control points



شکل (۲) موقعیت موقعیت نقاط نمونه‌برداری خاک و ایستگاه‌های هواشناسی استان گلستان.  
Figure (2) Location of soil sampling points and meteorological stations in Golestan province.

۹- ویرایش طبقه‌بندی تصاویر قطعه‌بندی شده: در این مرحله با توجه به منابع موجود مانند ترکیبات رنگی مختلف تصاویر و نمونه‌های زمینی قطعات طبقه‌بندی شده ویرایش گردیدند. بدیهی است که تمامی قطعات طبقه‌بندی شده مورد بررسی قرار گرفت تا هرگونه خطای احتمالی در طبقه‌بندی حذف شود.

۱۰- تلفیق طبقه‌بندی‌های زمان‌های مختلف: به منظور استخراج نقشه نهایی محصولات از تصاویر طبقه‌بندی شده زمان‌های مختلف، اقدام به تطبیق طبقه‌بندی‌ها و نهایتاً تلفیق آن‌ها به منظور داشتن یک نقشه محصول نهایی شد.

۱۱- ارزیابی صحت طبقه‌بندی محصولات: در این مرحله با توجه به باقیمانده ۵۰ درصد نمونه‌های زمینی محصولات صحت طبقه‌بندی نهایی ارزیابی شد. در این تحقیق برای ارزیابی دقت روش‌های طبقه‌بندی از پارامترهای ضریب کاپا<sup>۱</sup> و صحت کلی<sup>۲</sup> استفاده شد (۵).

### ب- تعیین تناسب اراضی زیر کشت سویای تفکیک شده در مرحله الف با استفاده از روش همپوشانی لایه‌ها

این بخش از مطالعه در سطح کل اراضی زراعی تفکیک‌شده (در سطح استان گلستان) انجام شد. مؤلفه‌های اقلیمی شامل دماهای حداقل، مطلوب، حداکثر و بارندگی با استفاده از آمار بلندمدت ایستگاه‌های هم‌دیدگی استان (حداکثر آمار موجود) برآورد شد. داده‌های مربوط به بافت، نیتروژن، ماده آلی، فسفر و پتاسیم، pH و شوری خاک نیز از ۱۲۰۰ نمونه آنالیز خاک از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان دریافت شد. با در اختیار داشتن نقشه رقمی ارتفاعی اراضی (DEM) استان با کیفیت ۲۰ متر، از تحلیل‌های مکانی جهت استخراج نقشه‌های شیب و جهت شیب استفاده شد. فرآیند درون‌یابی لایه‌های اقلیمی و خاکی با استفاده از روش کریجینگ معمولی انجام شد. در این

۵- تعریف کلاسه‌های محصول: در این مرحله، با توجه به تصاویر قطعه‌بندی شده، اقدام به تعریف کلاسه‌های مختلف شد که شامل محصولات اصلی، دیگر محصولات کشت شده (مثل ذرت، لوییا، صیفی‌جات، آفتابگردان)، باغات، رگه‌های درختی، علفزارهای سبز، محصولات برداشت شده با طیف‌های رنگی مختلف، زمین‌های تحت آیش، جاده‌ها، سکونت‌گاه‌ها، استخرهای کشاورزی و رودخانه‌ها بود. لازم به ذکر است که کلاسه‌های تعریف شده برای هر تصویر با توجه به زمان اخذ آن و نیز موقعیت محصول (غرب، شرق و یا شمال استان) دارای تغییراتی بوده است که مدنظر قرار گرفت.

۶- نمونه‌برداری از کلاسه‌های مختلف از تصاویر قطعه‌بندی شده: در این مرحله، به منظور طبقه‌بندی هرچه بهتر محصولات بر روی تصاویر قطعه‌بندی شده با توجه به نمونه‌های زمینی برداشت‌شده از محصولات مختلف (۵۰ درصد)، سایر داده‌های کمکی و ترکیبات رنگی مختلف، اقدام به تهیه نمونه‌های آموزشی از کلاسه‌های تعریف‌شده در سطح انبوه شد. لازم به ذکر است که این کار برای تمامی تصاویر در زمان‌های ذکر شده تکرار شد.

۷- استخراج مشخصات آماری باندهای تصاویر با توجه به نمونه‌های آموزشی: در این مرحله، میانگین ارزش‌های طیفی باندهای تصاویر با توجه به نمونه‌های آموزشی گرفته شده بر روی تصاویر استخراج شد که از این مشخصات آماری برای طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم موردنظر استفاده شد.

۸- طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش Nearest NN (Nearest Neighbor Classification): در این مرحله، طبقه‌بندی تصاویر قطعه‌بندی شده با توجه به نمونه‌های آموزشی گرفته شده با روش قدرتمند NN، که ترکیبی از طبقه‌بندی تصویر و روش‌های نظارت شده است، انجام شد. طبقه‌بندی برای تمامی تصاویر در زمان‌های مختلف تکرار شد.

1- Kappa Coefficient

2- Overall Accuracy

این نوع کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند؛ زیرا ترکیب خطی از  $n$  داده است. در استفاده از این تخمین‌گر باید متغیر  $Z$  توزیع نرمال داشته باشد؛ در غیر این صورت باید از کریجینگ غیرخطی استفاده نمود و یا با بهره‌گیری از تبدیل‌های آماری، توزیع متغیر را نرمال نمود (۸). پس از تهیه لایه‌های اقلیمی، خاک و توپوگرافی برای مزارع مورد-نظر، این لایه‌ها بر اساس جدول نیازمندی‌های سویا (جدول ۱)، در چهار طبقه خیلی مستعد، مستعد، نسبتاً مستعد و نامناسب طبقه‌بندی شد. مدل ترکیبی عوامل اقلیمی، خاکی و توپوگرافی تدوین و در نهایت لایه‌های اطلاعات به دست آمده با هم منطبق شد. در این پژوهش برای محاسبات متغیرهای اقلیمی فصل رشد گیاه مورد بررسی از روش آمار سلولی، برای استخراج ارزش‌های ارتفاعی از مدل رقومی ارتفاعی زمین، برای طبقه‌بندی از روش Natural breaks (Jenks)، برای لایه‌سازی عوامل اقلیمی از محاسبه‌گر رستری و به‌منظور همپوشانی لایه‌های رستری از تابع همپوشانی استفاده شد.

### ارزیابی زراعی - بوم‌شناختی مزارع با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP<sup>11</sup>)

لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز شامل دمای متوسط، دمای حداقل، دمای حداکثر در طول فصل رشد سویا، بارش سالانه، شیب، ارتفاع از سطح دریا، جهات شیب، ماده آلی، شوری خاک، بافت خاک، pH، میزان عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن در محیط ArcMap تهیه شدند. با توجه به این که عوامل محیطی برای تعیین تناسب اراضی متعدد بوده و از سویی اهمیت یکسانی ندارند، اهمیت نسبی هر عامل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین شد. این کار از طریق طراحی پرسشنامه‌های مبتنی بر ماتریس‌های زوجی AHP و تکمیل آن توسط متخصصان زراعت صورت گرفت. پس از استخراج اوزان از پرسشنامه‌ها و نیز تهیه

روش، مدل‌های دایره‌ای<sup>۱</sup>، کروی<sup>۲</sup>، نمایی<sup>۳</sup>، گوسی<sup>۴</sup>، چهاروجهی کروی<sup>۵</sup>، پنج‌وجهی کروی<sup>۶</sup>، درجه دو منطقی<sup>۷</sup>، Hole effect، K-Bessel، J-Bessel و Stable در GIS مورد ارزیابی قرار گرفتند. فرایند درون‌یابی لایه بافت خاک با استفاده از روش چندضلعی تیسن انجام شد. انتخاب بهترین مدل بر اساس ریشه میانگین مربعات خطا ( $RMSE^{\wedge}$ )، میانگین مربعات خطا ( $MBE^{\wedge}$ ) و خطای مطلق متوسط ( $MAE^{\wedge}$ ) صورت گرفت که چگونگی محاسبه آن‌ها در رابطه‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (1)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i) \quad (2)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |O_i - P_i|}{n} \quad (3)$$

که در این روابط:  $P_i$  = مقدار درون‌یابی شده،  $O_i$  = مقدار اندازه‌گیری شده؛ و  $n$  = تعداد نمونه اندازه‌گیری شده است.

روش کریجینگ برای برآورد نقطه ناشناخته به هر یک از نمونه‌های اندازه‌گیری شده، وزنی را نسبت می‌دهد. در واقع کریجینگ یک برآوردگر خطی به‌شکل رابطه (۴) است:

$$Z_v^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i GZ_{v_i} \quad (4)$$

- 1- Circular
- 2 - Spherical
- 3 -Exponential
- 4 - Gaussian
- 5 - Tetraspherical
- 6 -Pentaspherical
- 7 -Rational Quadratic
- 8 -Root mean square error
- 9 -Mean bias error
- 10 -Mean absolute error

11- Analytic hierarchy process



در سال ۱۳۹۷ با هر کدام از کلاسه‌های مطلوبیت اراضی مورد تحلیل قرار گرفت.

### تلفیق نتایج و ارائه تحلیل

در این مرحله خروجی‌های مراحل تفکیک اراضی و ارزیابی تناسب اراضی برای تعیین میزان انطباق وضعیت مزارع واقعی زیر کشت سویا در سال ۱۳۹۷ با هر کدام از کلاسه‌های مطلوبیت اراضی مورد تحلیل قرار گرفت.

### نتایج و بحث

#### بررسی صحت تفکیک اراضی زراعی روش پردازش تصویر شیء‌گرا و دقت درون‌یابی صفات

صحت‌سنجی بدین معناست که بعد از انجام طبقه‌بندی نظارت شده، تعیین دقت تصاویر امری کاملاً ضروری است، زیرا دقت بیانگر آن است که نقشه حاصل از عمل طبقه‌بندی تا چه میزان با واقعیت زمینی مطابقت دارد. پس هرچه قدر میزان دقت طبقه‌بندی بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده آن است که نقشه طبقه‌بندی شده تفاوت کمتری با واقعیت زمینی دارد (۲۱). بررسی صحت طبقه‌بندی با استفاده از ضریب کاپا و ضریب صحت عمومی (به ترتیب ۰/۸۷ و ۹۰ درصد) نشان از دقت قابل قبول تفکیک اراضی سویا در این طرح دارد. محدوده اراضی تحت کشت سویا در استان گلستان (تفکیک شده به وسیله روش طبقه‌بندی شیء‌گرا) در شکل (۳) ارائه گردید. در مطالعه عزیزاده دهکردی و همکاران (۵) در برآورد تغییرات سطح زیر کشت سویا و گندم در غرب استان گلستان به روش ماشین‌بردار پشتیبان، مقدار صحت کلی محاسبه شده و ضریب کاپا به طور میانگین طی ۱۴ سال بررسی به ترتیب ۹۰/۱۷ درصد و ۰/۸۷ به دست آمد. بررسی مدل‌های مختلف در روش کریجینگ معمولی نشان داد که مدل گوسی بیش‌ترین دقت در درون‌یابی مقادیر فسفر، EC، دمای حداکثر و دمای متوسط، مدل کروی بیش‌ترین دقت را در درون‌یابی مقادیر نیتروژن، پتاسیم، ماده آلی، بارندگی و دمای حداقل، و مدل نمایی بیش‌ترین دقت را در درون‌یابی مقادیر pH خاک داشته است (جدول ۲). کاربرد

لایه‌های رستری طبقه‌بندی شده، این لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS نسخه ۱۰/۳ فراخوانی شدند. تلفیق و روی هم‌گذاری لایه‌ها با اختصاص وزن AHP مختص به هر لایه با استفاده از تابع Weighted Overlay، انجام شد (هم‌پوشانی وزنی) (۱۸). در انتهای کار، استعدادسنجی منطقه برای تولید سویا بر اساس جدول (۳) صورت گرفت. نقشه‌های خروجی در چهار پهنه بسیار مستعد، مستعد، نسبتاً مستعد و نامناسب چگونگی انطباق نیازهای گیاه زراعی سویا با شرایط محیطی منطقه را نشان دادند (۱۸). در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، در سطح اول هدف اصلی، در سطح دوم معیارهای اصلی مؤثر در کشت محصول (توپوگرافی، منابع خاک، اقلیم) و در سطح سوم زیرمعیارها قرار گرفتند.

#### تهیه و تکمیل پرسشنامه AHP و جامعه آماری: برای

جمع‌آوری داده‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و وزن معیارها و زیر معیارها از پرسشنامه AHP استفاده شد. این پرسشنامه‌ها حاوی مقایسه‌های زوجی برای کلیه عوامل مؤثر در مکان‌یابی است که توسط متخصصین زراعت تکمیل شد. روایی محتوایی و ظاهری پرسشنامه با استفاده از دیدگاه محققان زراعت، ترویج و آموزش کشاورزی و متخصصان AHP پس از چند مرحله اصلاح و بازنگری مورد تأیید قرار گرفت. پس از تبیین مفهوم AHP برای افراد خبره، پرسشنامه در اختیار آن‌ها قرار گرفت. در این روش تعداد ۲۰ نفر از کارشناسان خبره زراعت شاغل در مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی و اجرایی استان گلستان قضاوت‌های مقایسه زوجی ساده‌ای را از طریق سلسله‌مراتب ایجاد شده برای تمامی معیارها و زیر معیارها انجام دادند. مقایسه‌های زوجی این پژوهش در قالب ماتریس‌های مقایسه-های زوجی و بر اساس طیف ۹ قسمتی ساعتی انجام شد (۲۹). پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، تعیین اوزان به وسیله نرم‌افزار Expert Choice 11 انجام شد.

#### تلفیق نتایج و ارائه تحلیل

در این مرحله خروجی‌های مراحل تفکیک اراضی و ارزیابی تناسب اراضی برای تعیین میزان انطباق وضعیت مزارع واقعی زیر کشت سویا

کامکار و همکاران: تعیین میزان انطباق اراضی زیر کشت...

مدل‌های کریجینگ در درون‌یابی عوامل محیطی در میان‌یابی بارش و دماهای اصلی و تعیین تناسب اقلیمی اراضی زراعی استان گلستان به منظور کشت گندم و باقلای پاییزه (۲۳) و کاربرد روش‌های درون‌یابی کریجینگ برای تخمین شوری خاک و عملکرد گندم در مزرعه نمونه ارتش آق‌قلا (۷) گزارش شده است. توزیع مکانی عوامل اقلیمی، خاکی و توپوگرافی در سطح اراضی زراعی استان گلستان در شکل (۴) ارائه گردید.

جدول (۱) جدول نیازمندی‌های سویا و طبقات ارزیابی هر عامل در استان گلستان

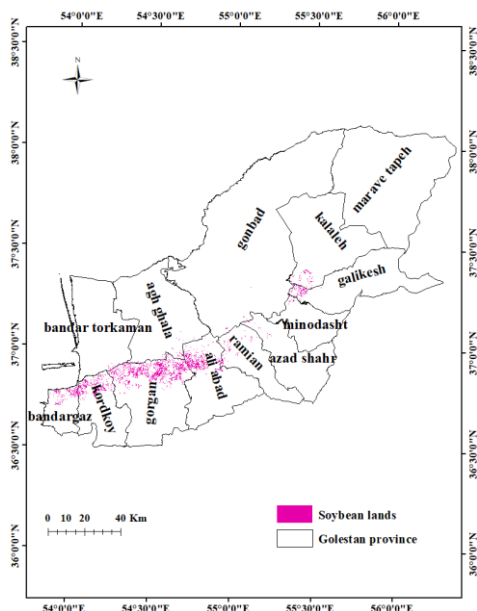
Table (1) Soybean requirements table and evaluation classes of each factor in Golestan province

نامناسب (S <sub>4</sub> ) unsuitable (s4)	نسبتاً مستعد (S <sub>3</sub> ) relatively suitable (s3)	مستعد (S <sub>2</sub> ) suitable (s2)	خیلی مستعد (S <sub>1</sub> ) very suitable (s1)	خصوصیات Characteristics
<300	300-400	400-500	500-750	میزان بارش (میلی‌متر) Rainfall (mm)
>33	12-15, 30-33	15-18, 25-30	18-25	دمای متوسط (سانتی‌گراد) Average temperature (Celsius)
<8	8-10	10-12	12-15	دمای کمینه (سانتی‌گراد) Minimum temperature (Celsius)
>35	30-35	15-20, 25-30	20-25	دمای بیشینه (سانتی‌گراد) Maximum temperature (Celsius)
>10	6-10	3.5-6	0-3.5	EC (دسی زیمنس بر متر) EC (ds.m <sup>-1</sup> )
<5	5-5.5	5.5-6.5, 7.5-8.5	6.5-7.5	pH
سایر کلاس‌ها Other classes	شنی رسی سیلتی، سیلتی Silty clay sand, Silty	شنی، لومی رسی سیلتی Loamy sand, Sandy clay loam, Silty clay loam	لومی، لومی شنی، لومی رسی، لومی سیلتی Loamy, Sandy loam, Clay loam, Silty loam	بافت خاک Soil texture
>8	5-8	3-5	0-3	شیب (درصد) Slope (percent)
غربی و شمالی West, North	جنوب غربی، شمال غربی Southwest, Northwest	شرقی، شمال شرقی East, Northeast	صاف، جنوبی، جنوب شرقی Flat, south, southeast	جهت شیب Aspect
>3000	2000-3000	1000-2000	0-1000	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)
<0.5	0.5-0.7	0.7-1	1≤	نیتروژن (درصد) Nitrogen (percent)
>25 و <5	5-8, 20-25	8-10, 15-20	10-15	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) Phosphorus (mg.kg <sup>-1</sup> )
<100	100-150	150-200, 250-300	200-250	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Potassium (mg.kg <sup>-1</sup> )
<1	1-2	2-3	>3	ماده آلی (درصد) Organic matter (percent)

جدول (۲) نتایج ارزیابی روش-مدل‌های مورد استفاده برای درون‌یابی متغیرهای اقلیمی و خاکی اراضی زراعی استان گلستان بر اساس مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین مورب خطا (MBE) و خطای مطلق متوسط (MAE)

Table (2) Evaluation results of the method-models used for interpolation of climatic and soil variables of arable lands in Golestan province based on root mean square error (RMSE), Mean bias error (MBE) and mean absolute error (MAE)

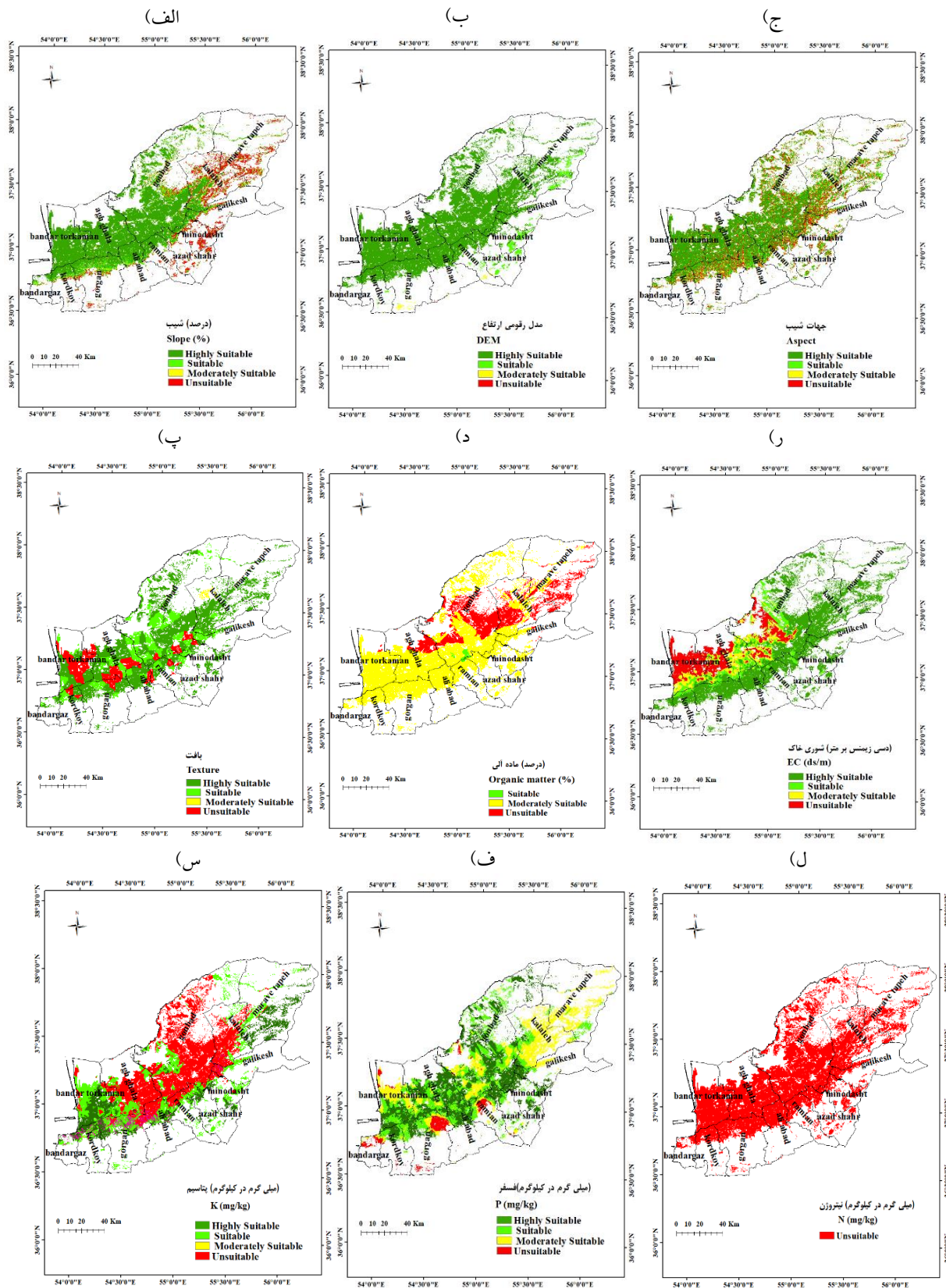
MBE	MAE	RMSE	مدل Model	نوع کریجینگ Kriging type	روش Method	عامل درون‌یابی شده Interpolated factor
0.581	0.018	0.470	کروی (Spherical)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	نیتروژن (Nitrogen)
0.711	0.021	0.5	گوسی (Gaussian)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	فسفر (Phosphorus)
0.541	0.026	0.46	کروی (Spherical)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	پتاسیم (potassium)
0.721	0.016	0.521	گوسی (Gaussian)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	EC
0.571	-0.015	0.452	نمایی (Exponential)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	pH
0.601	0.027	0.550	کروی (Spherical)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	ماده آلی (Organic matter)
0.541	0.036	0.312	کروی (Spherical)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	بارندگی (Rainfall)
0.801	0.038	0.59	کروی (Spherical)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	دمای حداقل (Minimum temperature)
0.671	0.025	0.407	گوسی (Gaussian)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	دمای حداکثر (Maximum temperature)
0.431	0.034	0.411	گوسی (Gaussian)	معمولی (Ordinary)	کریجینگ (Kriging)	دمای متوسط (Average temperature)

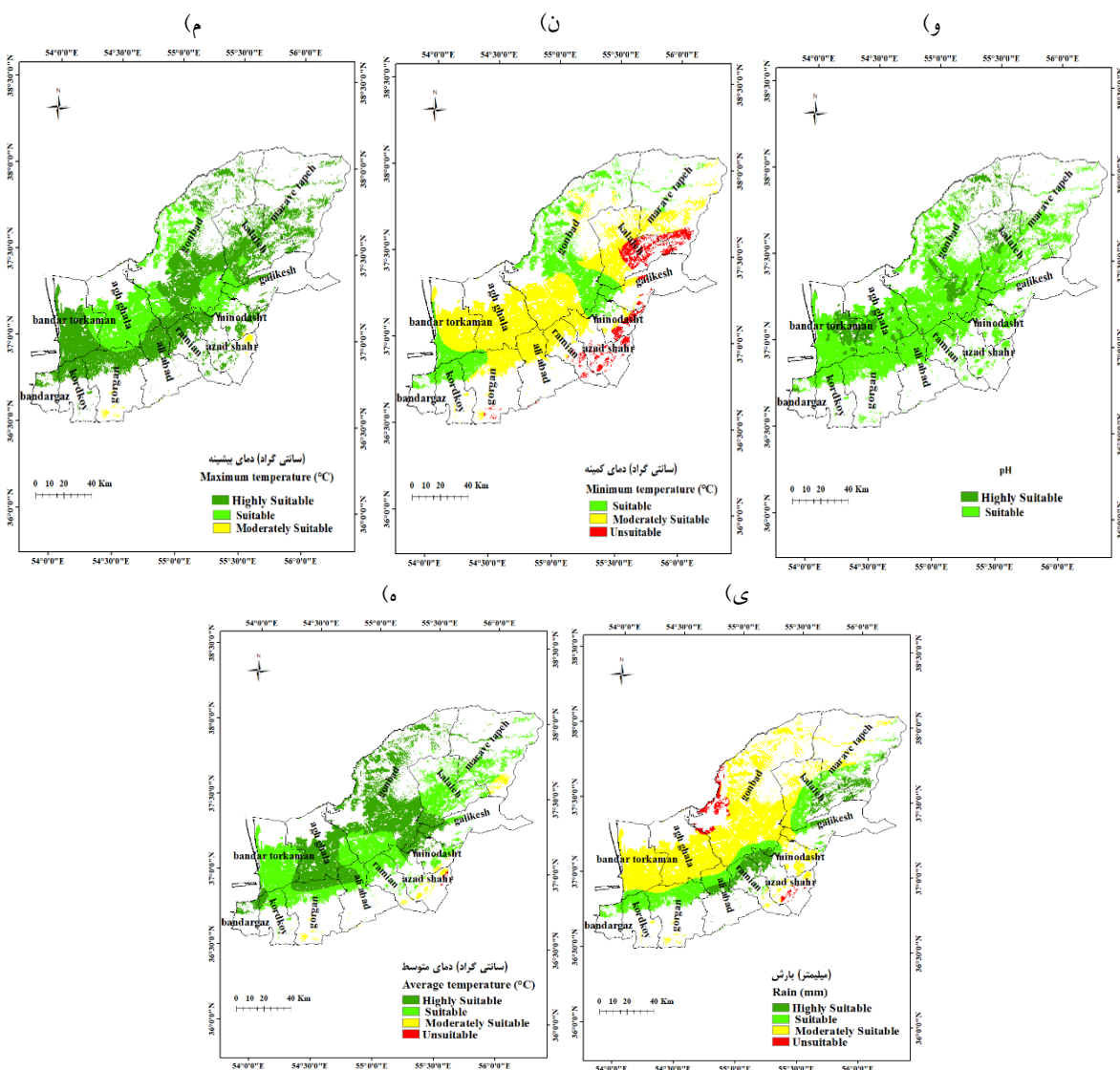


شکل (۳) محدوده اراضی تحت کشت سویا در استان گلستان (تفکیک شده به وسیله روش طبقه‌بندی شیئی‌گرا)

Figure (3) Area of soybean cultivated lands in Golestan province (separated by object-oriented classification method)

کامکار و همکاران: تعیین میزان انطباق اراضی زیر کشت...





شکل (۴) توزیع مکانی عوامل اقلیمی (بارش، دمای کمینه، بیشینه و متوسط)، عوامل توپوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا) و عوامل خاکی (نیترژن، ماده آلی، فسفر، پتاسیم، pH، EC، بافت خاک) در اراضی زراعی استان گلستان.  
 Figure (4) Spatial distribution of climatic factors (rain, minimum, maximum and average temperature), topographic factors (slope, aspect and altitude) and soil factors (nitrogen, organic matter, phosphorus, potassium, pH, EC and soil texture) in arable lands of Golestan province.

۳. طبق نتایج، ضریب ناسازگاری پرسشنامه‌ها معادل ۰/۰۳ به دست آمد که نشان‌دهنده سازگاری مورد قبول در قضاوت‌های صورت گرفته در پرسشنامه‌ها است (جدول ۳). در بین عوامل خاکی، عامل ماده آلی با ارزش وزنی ۰/۲۴ دارای بیش‌ترین تأثیرگذاری و پتاسیم خاک دارای کمترین تأثیرگذاری (۰/۰۹۰) بودند (جدول ۳). با توجه به دیدگاه کارشناسان،

### اولویت‌بندی عوامل محدودکننده کشت سویا در استان گلستان

نتایج به دست آمده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP): نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که معیار خاک نسبت به دو عامل اقلیم و توپوگرافی، بر مکان‌یابی کشت سویا با ضریب ۰/۵۲ بیشترین تأثیرگذاری را دارد (جدول

شده و اعمال مدیریت زراعی مطلوب به حداکثر عملکرد دست یافت. در مناطق نسبتاً مستعد محدودیت‌های ایجاد شده توسط کمبود نیتروژن (کم‌تر از ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، ماده آلی (کم‌تر از ۲ درصد)، شوری (بالا‌تر از ۶ دسی‌زیمنس بر متر)، شیب (بیش از ۵ درصد)، بافت نامناسب خاک، پتاسیم (کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، فسفر (بیش از ۲۰ و یا کمتر از ۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، بارش (کمتر از ۴۰۰ میلیمتر در سال)، دمای حداقل (کمتر از ۱۰ درجه سانتی-گراد)، شیب (بیش از ۸ درصد) و جهت شیب (غربی و شمالی) سبب محدودیت نسبتاً زیاد اراضی جهت کشت سویا گردید. در این مناطق باید تمهیدات خاصی جهت کشت سویا یا انتخاب گیاه دیگری متناسب با شرایط موجود در نظر گرفته شود.

عرفانیان سلیم و همکاران<sup>۱</sup> (۱۱) در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت سویا در سطح اراضی استان گلستان مشاهده نمودند که ۵۰/۱۷ درصد اراضی با شرایط بسیار مستعد بیش‌ترین سهم را در بین طبقات تناسب داشتند. در این مطالعه شوری و توپوگرافی مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشت گزارش شدند. کاظمی و همکاران (۱۹) در پهنه‌بندی زراعی-بوم‌شناختی استان گلستان به‌منظور کشت سویا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی گزارش نمودند که کمبود بارش، شوری و کمبود عناصر غذایی روی، آهن و فسفر، مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید سویا بوده است.

### درصد انطباق اراضی استخراج شده سویا با نقشه

#### تناسب اراضی سویا در شهرستان‌های استان گلستان

طبق نتایج به دست آمده (شکل ۵ب)، ۹۹ درصد اراضی تحت کشت سویا در اراضی مستعد برای کشت سویا که از روی هم‌گذاری لایه‌های توپوگرافی، اقلیمی و خاکی تهیه شدند، کشت شده است و یک درصد باقی مانده در مناطق نسبتاً مستعد قرار داشتند (جدول ۴). در بین شهرستان‌ها، آزادشهر، بندر ترکمن، گنبد و مینودشت دارای بیش‌ترین تعداد

عوامل اقلیم و خاک نقش مهم‌تری نسبت به عامل توپوگرافی در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت سویا در این محدوده داشته‌اند. در بین متغیرهای توپوگرافی، عامل جهت شیب با وزن ۰/۴۳ تأثیر بیشتری نسبت به عوامل شیب و ارتفاع از سطح دریا داشت (جدول ۳). در بین زیر معیارهای اقلیمی، عامل بارش بیش‌ترین وزن (۰/۳۵) را کسب کرد و دمای حداقل با کم‌ترین ارزش وزنی (۰/۱۶) کم‌اثرترین عامل بود (جدول ۳). نصرالهی و همکاران (۲۶) در ارزیابی تناسب اراضی شهرستان آق‌قلا (استان گلستان) برای تولید جو در شرایط دیم با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی گزارش کردند که معیار اقلیم و خاک به‌ترتیب با ضرایب ۰/۴۴ و ۰/۴۲ در مقایسه با عامل توپوگرافی، بر مکان‌یابی کشت جو بیش‌ترین اثر را داشت. بادسار و همکاران (۹) نیز در ارزیابی تناسب کشت گندم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوزه قره‌سوی شهرستان گرگان مشاهده نمودند که معیار خاک با ضریب ۰/۶۶ بیش‌ترین تأثیرگذاری در تناسب اراضی برای کشت گندم را داشته است.

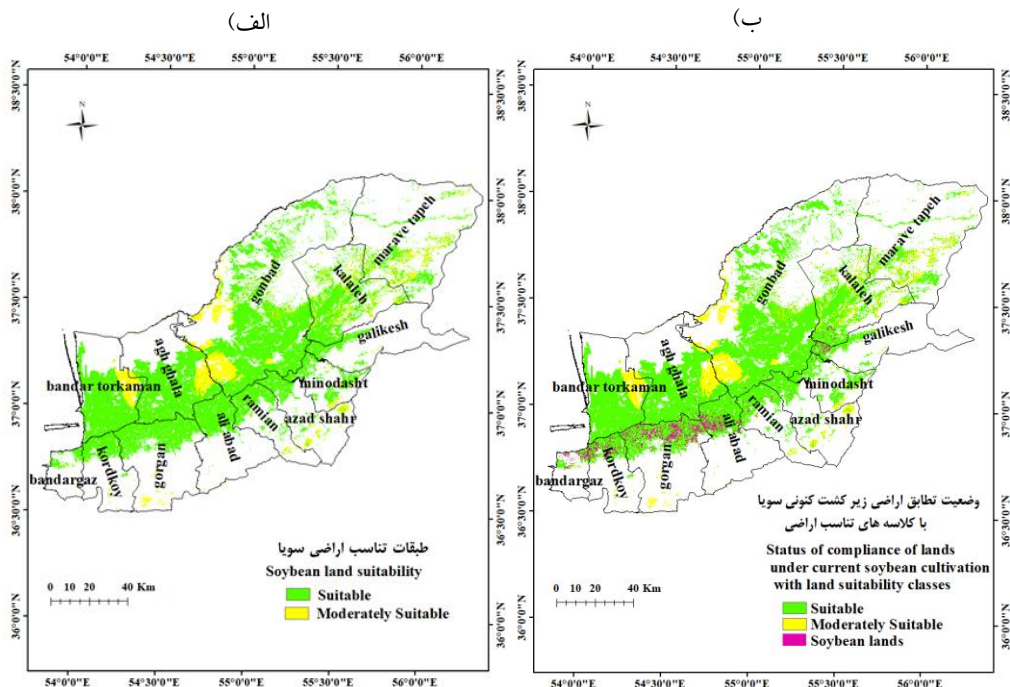
### استعدادسنجی اراضی کشاورزی استان گلستان جهت کشت سویا

طبق نتایج (جدول ۳)، عوامل خاکی با بیش‌ترین ضریب اهمیت، از عوامل مهم محدودکننده تولید سویا بوده است. در این مطالعه ۸۷ و ۱۳ درصد از اراضی مورد مطالعه برای کشت سویا به ترتیب در شرایط مستعد و نسبتاً مستعد قرار گرفتند (شکل ۵الف). نتایج نشان داد اراضی مستعد کشت سویا نسبت به مناطق نسبتاً مستعد از وسعت بیش‌تری برخوردار بوده است (شکل ۵الف). در مناطق مستعد کشت شرایط ایده‌آلی از نظر عوامل دمای حداکثر، دمای متوسط، شیب، جهت شیب، ارتفاع، بافت خاک، pH، میزان فسفر و شوری خاک وجود دارد؛ با این حال، تولید محصول سویا توسط عواملی مانند بارش (۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در سال)، دمای حداقل (۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی-گراد)، فسفر (۸ تا ۱۰، ۱۵ تا ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) محدود شده است. در این مناطق می‌توان با بررسی عوامل ذکر

مزارعی بودند که در مناطق مستعد قرار داشتند (جدول ۴). شوری خاک و ماده آلی خاک از دلایل اصلی کاهش عملکرد در مناطق مذکور بودند. بیشترین عدم تطابق اراضی تحت کشت سویا با اراضی مستعد در شهرستان‌های آق‌قلا (۹۷/۴ درصد تطابق) و گرگان (۹۸/۷ درصد تطابق) مشاهده شد که نیاز به اصلاح جزئی اراضی تحت کشت سویا دارد (جدول ۴).

جدول (۳) نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی AHP  
Table (3) Results obtained from AHP hierarchical analysis

اهمیت	ضرایب	Criteria / sub-criteria	معیار/ زیرمعیار	اهمیت	ضرایب	Criteria / sub-criteria	معیار/ زیرمعیار
Importance	Coefficients			Importance	Coefficients		
	0.29	2-Climate	۲- اقلیم		0.52	1-Soil	۱- خاک
1	0.35	2-1-Rainfall	۲-۱- بارش	5	0.10	1-1-Texture	۱-۱- بافت
2	0.28	2-2-Average temperature	۲-۲- دمای متوسط	2	0.20	1-2-EC	۱-۲- شوری
3	0.21	2-2-Maximum temperature	۲-۳- دمای بیشینه	3	0.13	1-3-pH	۱-۳- اسیدیته
4	0.16	2-2-Minimum temperature	۲-۴- دمای کمینه	3	0.13	1-4-Nitrogen	۱-۴- نیتروژن
	0.19	3-Topography	۳- توپوگرافی	4	0.11	1-5-Phosphorus	۱-۵- فسفر
3	0.27	3-1-Altitude	۳-۱- ارتفاع	6	0.09	1-6- Potassium	۱-۶- پتاسیم
2	0.30	3-2-Slope	۳-۲- شیب	1	0.24	1-7-Organic matter	۱-۷- ماده آلی
1	0.43	3-3-Aspect	۳-۳- جهت شیب		-		
					0.03	Incompatibility coefficient	ضریب ناسازگاری



شکل (۵) نقشه تناسب اراضی برای کشت سویا در محدوده زیر کشت این محصول در استان گلستان؛ (ب) نقشه انطباق اراضی تحت کشت سویا با طبقات تناسب اراضی سویا در استان گلستان

Figure (5) a) Land suitability map for soybean cultivation in the lands under its cultivation in the Golestan province; b) Map of adaptation of lands under soybean cultivation with suitability classes of arable lands in Golestan province.

جدول (۴) درصد انطباق اراضی استخراج شده سویا با نقشه تناسب اراضی سویا در شهرستان‌های استان گلستان.

Table (4) Percentage of conformity of extracted soybean lands with the suitability map of soybean lands in the Golestan province counties.

Suitability classes تناسب طبقات		County	شهرستان
نسبتاً مستعد Relatively suitable	مستعد Suitable		
0.1	99.9	Aliabad	علی‌آباد
2.6	97.4	Aq-qala	آق‌قلا
0	100	Azadshahr	آزادشهر
3	97	Bandar Qaz	بندرگز
0	100	Bandar Torkaman	بندر ترکمن
0.3	99.7	Galikesh	گالیکش
0	100	Gonbad	گنبد
1.3	98.7	Gorgan	گرگان
0.8	99.2	Kalaleh	کلاله
0.6	99.4	Kordkoy	کردکوی
0	100	Minodasht	مینودشت
0.9	99.1	Ramian	رامیان
1	99	Golestan province	استان گلستان

سویا را شناسایی نموده و محدودیت‌هایی را که محیط ایجاد کرده شناسایی نمود، می‌توان به عملکرد بیشتری در واحد سطح دست یافت که سبب بهبود شرایط اقتصاد کشاورز و سطح درآمد کشور خواهد گردید. بررسی درصد انطباق اراضی استخراج شده سویا با نقشه تناسب اراضی سویا در شهرستان‌های استان گلستان نشان داد که ۹۹ درصد اراضی تحت کشت سویا در اراضی مستعد برای کشت سویا کشت شده است که نشان‌دهنده انتخاب مناسب اراضی توسط کشاورزان بوده است.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بابت حمایت مالی در این پژوهش تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

### نتیجه‌گیری

نقشه نهایی پتانسیل تولید در کشت سویا با توجه به ارزیابی عوامل اقلیمی، خاکی و توپوگرافی و بر اساس دیدگاه متخصصان و کارشناسان زراعت استان گلستان در قالب پرسشنامه‌های AHP ترسیم و مناطق مستعد و غیر مستعد کشت سویا در چهار طبقه شناسایی شدند. نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در بین عوامل تأثیرگذار، ماده آلی و شوری خاک را از عوامل محدودکننده در کشت سویا نسبت به دیگر معیارها از نظر متخصصان نشان داد. ارزیابی عوامل اقلیمی، خاکی و توپوگرافی نشان داد که ۸۷ و ۱۳ درصد اراضی مورد بررسی برای کشت سویا به ترتیب در پهنه‌های مستعد و نسبتاً مستعد قرار دارند؛ بنابراین با توجه به جایگاه استان گلستان در تولید و سطح زیر کشت سویا کشور، اگر بتوان با توجه به نیازمندی‌های محیطی این محصول، مناطق مساعد کشت



## References

1. Abaszadeh tehrani, N., Beheshtefar, M.H., and Morabi, M. 2011. Crop Type Mapping in Qazvin by Using Multi- Temporal Satellite Images: IRSC-LISSIII DATA. Environmental Researches, 2: 87-96. (In Persian).
2. Agricultural Statistics, 2019. Volume I: Crop products. 2017-18. Office of Statistics and Information - Technology, Deputy Director of Planning and Economic Affairs. Ministry of Agricultural Jihad. 95 p. (In persian).
3. Ahmadi Alipour, H., Soltani, A., Kazemi, H., and Nehbandani, A.R. 2018. Zoning Golestan Province in terms of the ability and the wheat production gap using a simulation model (SSM). Journal of Crop Improvement, 20: 129-144. (In Persian).
4. Alipour, F., Aghkhani, M.H., Abasspour-Fard, M.H., and Sepehr, A. 2014. Demarcation and Estimation of Agricultural Lands Using ETM+ Imagery Data (Case study: Astan Ghods Razavi Great Farm). Journal of Agricultural Machinery, 4: 244-254. (In Persian).
5. Alizadeh, P. Kamkar, B., Shataee., S., and Kazemi posht masari, H. 2018. Estimation of changes in land area under wheat and soybean cultivation using satellite images classification techniques in west of Golestan province. Applied Field Crop Research, 31: 41-61. (In Persian).
6. Ayehu, G.T., and Besufekad, S.A. 2015. Land suitability analysis for rice production: A GIS based multi-criteria decision approach. American Journal of Geographic Information System, 4:95-104.
7. Azhirabi, R., Kamkar, B., and Abdi, O. 2019. Comparison of geostatistical interpolation models (kriging) to estimate soil salinity and wheat yield (a case study: army field of Aq qala). Crop Production, 12: 1-16. (In Persian).
8. Badsar, M. 2014. Yield gap estimation in wheat fields using GIS, RS and SSM model (A case study: Qaresso basin, Gorgan distinct). Master's thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural. 95 pp. (In Persian).
9. Badsar, M., Kamkar, B., Soltani, A., and Abdi, O. 2018. Suitability assessment of wheat-grown fields using Geographic Information System, Remote Sensing and Analytical Network Process method in Qaresoo basin, Gorgan county. Crop Production, 11: 1-22. (In Persian).
10. Dashti marvili, M., Kamkar, B., and Kazemi poshtmasari, H. 2019. Detection of rice and soybean grown fields and their related cultivation area using Sentinel-2 satellite images in summer cropping patterns to analyze temporal changes in their cultivation area (Case study: four watershed basins of Golestan Province). Water and Soil Conservation. 26, 151-167. (In Persian).
11. Erfanian salim, R., Koocheki, A.R., Nassiri Mahallati, M., and Kamkar, B. 2018. Assessment of land suitability and the performance possibility of wheat-soybean rotation in Golestan province. Journal of Crop Production, 11: 103-118. (In Persian).
12. Houshyar, E., SheikhDavoodi, M.J., Almassi, M., Bahrami, H., Azadi, H., and Witlox, F. 2014. Silage corn production conventional and conservation tillage systems.Part I: Sustainability analysis using combination of GIS/AHP and multi-fuzzy modeling. Ecological Indicators, 39: 102-114.
13. Kahsay, A., Haile, M., Gebresamuel, G., and Mohammed, M. 2018. Land suitability analysis for sorghum crop production in northern semi-arid Ethiopia: Application of GIS-based fuzzy AHP approach. Cogent Food and Agriculture, 4: 1-24.

14. Kamkar, B., Abdi, O., and Alizadeh Dehkordi, P. 2019. Determination of rice, cotton and soybean-grown fields area in Golestan province. Research report Agriculture-Jahad, Golestan province. 63p. (In Persian).
15. Kamkar, B., Alizadeh Dehkordi, P., Aalae Bazkiaee, P., and Abdi, O. 2021a. Determination of compliance of soybean-grown fields with land suitability maps using GIS and Remote Sensing (Case Study: Golestan Province, 2018). Research report Agriculture-Jahad, Golestan province. 49p. (In Persian).
16. Kamkar, B., Alizadeh Dehkordi, P., Aalae Bazkiaee, P., and Abdi, O. 2021b. Determination of compliance of cotton-grown fields with land suitability maps using GIS and Remote Sensing (Case Study: Golestan Province, 2018). Research report Agriculture-Jahad, Golestan province. 53p. (In Persian).
17. Kamkar, B., Dorri, M.A., and da Silva, J.A.T. 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. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 17: 95-104.
18. Kazemi, H. 2012. Ecological crop zoning of Golestan province in order to develop a suitable cultivation pattern. PhD Thesis in Agriculture. Tarbiat Modarres University. 280 p. (In Persian).
19. Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S., and Sadeghi, S. 2014. Agro-Ecological Zoning of Golestan Province Lands for Soybean Cultivation Using Geographical Information System (GIS). Agricultural Science and Sustainable Production, 23: 21-40. (In Persian).
20. Khajepour, M. 2012. Industrial plants. University Jihad Publications (Isfahan University of Technology). 580 p. (In Persian).
21. Kiyani, V., Alizade Shaabani, A., and Nazari Samani, A.A. 2014. Assessing the Classification accuracy of LISS-III Sensor Image of IRS-P6 Satellite using Google Earth's Database to provide land coverage/ Land use maps (Case study: Taleghan Watershed). Geographical Data, 23: 51-60. (In Persian).
22. Kumar, V., and Jain, K. 2017. Site suitability evaluation for urban development using remote sensing, GIS and analytic hierarchy process (AHP). In Proceedings of international conference on computer vision and image processing (pp. 377-388). Springer, Singapore.
23. Mahmoudan, S., Kamkar, B., Abdi, O., and Bagherani, N. 2015. 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. Research in Crop Ecosystems, 1: 13-30. (In Persian).
24. Molaei, M. 2015. Determining the changes in the area under cultivation of irrigated lands in Kermanshah using remote sensing. Master Thesis. Razi University. 103 p. (In Persian).
25. Montgomery, B., Dragicevic, S., Dujmovic, J., and Schmidt, M. 2016. GISbased Logic Scoring of Preference method for evaluation of land capability and suitability for agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 124: 340-353.
26. Nasrollahi, N., Kazemi, H., and Kamkar, B. 2015. Land Suitability of Aq-Qala Township for Barley production in rainfed condition by Geographical Information System (GIS). Crop Production, 11: 1-22. (In Persian).
27. Radocaj, D., Jurisic, M., Gasparovic, M., and Plascak, I. 2020. Optimal Soybean (*Glycine max* L.) Land Suitability Using GIS-Based Multicriteria Analysis and Sentinel-2 Multitemporal Images. Remote Sensing, 12: 1463.

28. Saadat, H., Adamowski, J., Bonnell, R., Sharifi, F., Namdar, M., and Ale-Ebrahim, S. 2011. Land use and land cover classification over a large area in Iran based on single date analysis of satellite imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66: 608-619.
29. Saaty, T.L. 1999. Fundamentals of the Analytic Network Process. Proceedings of ISAHP, Kobe, Japan, August 12-14.