



Research Paper

## Accuracy Assessment of Pistachio Climate Suitability Map Based on ROC Curve

Jamshid Yarahmadi<sup>1\*</sup>, Ata Amini<sup>2</sup> and Ghobad Rostamizad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assist. Professor, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

<sup>2</sup>Assoc. Professor, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran

<sup>3</sup>Assist. Professor, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zanjan, Iran

### Paper Information

**Received:** December 18, 2020

**Revised:** January 16, 2021

**Accepted:** February 06, 2021

### Keywords:

Accuracy Evaluation  
Climate Suitability  
Pistachio  
ROC curve

\*Corresponding author:  
[j.yarahmadi@areo.ac.ir](mailto:j.yarahmadi@areo.ac.ir)



### Abstract

The aim of this study was to evaluate the accuracy of the climate suitability map of pistachio planting in the northwestern provinces of the country. Accordingly, the climate suitability map of pistachio planting was prepared based on long-term meteorological data using weighted overlap modeling in the GIS environment. The accuracy of the mentioned map was evaluated by comparing it with the pistachio orchards map that located in this area using the Receiver Operating Curve (ROC). The results showed that 33, 33.4, 60, and 12.4% of the study area in East and West Azerbaijan, Kurdistan, and Ardabil provinces are suitable for pistachio cultivation respectively. The area under the curve (AUC) for the mentioned provinces was calculated as 0.9, 0.8, 0.9, and 0.62, respectively, which in general indicates the high accuracy of the results. In Ardabil province, insufficient attention to the limitation of high relative humidity in different stages of pollination, and fruit growth in the construction of pistachio orchards has caused a low area AUC. Citing the results of the climate suitability of the pistachio cultivation map can be a good guide for site selection of new orchards and therefore, the reduction of crop yield due to climatic hazards will be minimized.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



### Introduction

Pistachio is one of the important garden products of Iran and makes up about 10% of the non-oil income of this country. In recent years, the high added value of pistachio and its adaptability to the conditions of water deficiency and relatively salty soils have caused the area of pistachio orchards to expand significantly in the northwestern regions of the country, regardless

of the climatic needs. It seems that the lack of attention to the suitability of land in the site selection of pistachio is one of the main reasons for its low yield in these areas. To overcome this problem, it is necessary to evaluate land suitability to choose the most suitable place for pistachio planting, so that it is possible to increase its yield per unit area. The preparation of land suitability maps is considered the most



efficient tool in this field. If the user is aware of the accuracy of the generated maps, they can estimate the success rate of the planning based on the thematic maps. In this research, the accuracy of the thematic map of the climatic suitability of pistachio planting has been evaluated using the Receiver Operating Curve (ROC) method.

### Material and Methods

The studied area includes the provinces of East Azerbaijan, West Azerbaijan, Kurdistan and Ardabil, which are located in the northwest of Iran. In this research, maps of climatic suitability in different phenological stages of pistachio growth have been prepared based on spatial analysis of climatic threshold values (Table 1) extracted from long-term meteorological data (30 years) in the GIS

environment. Then, the final map of the climatic suitability of pistachio cultivation was prepared based on the weighted overlap model in the ArcGIS software environment for the study areas. In the next step, the spatial distribution map of existing pistachio orchards based on the information in the archives of the Agriculture-Jahad organizations of the provinces, the information obtained from the completed questionnaires during field observations and recording the coordinates of pistachio orchards using GPS, has been prepared in the GIS environment. Finally, the accuracy of the final map of the climatic suitability of pistachio planting has been evaluated by spatially overlaying it with the map of existing pistachio orchards in the study area using the ROC curve method.

Table 1 Updated climate requirement for pistachio growing stage

Phenological Variables	Suitability Class				
	S0	S1	S2	S3	N
Chilling requirement (hr<7 °C)	>800	800-600	600-500	500-400	<400
Air temperature during fruit growth (°C)	23-28	20-23	18-20	15-18	<15 >37
Mean annual air temperature (°C)	14-17	12-14	10-12	7-10	-
Air temperature during pollination (°C)	14-22	12_14	10_12	-	>30 <10
Mean minimum temperature in the coldest month of the year (°C)	0-(-2)	0-(-2)	(-5)-(-17)	-17 - (-25) and 4-6	<-25
Relative humidity in the pollination stage (%)		35-50	50-65	-	>65
Relative humidity in the growth stage (%)		25-45	45-60	-	>60
Elevation from sea level (m)	900-1800	1800-2200 200-900		-	2200<200<H

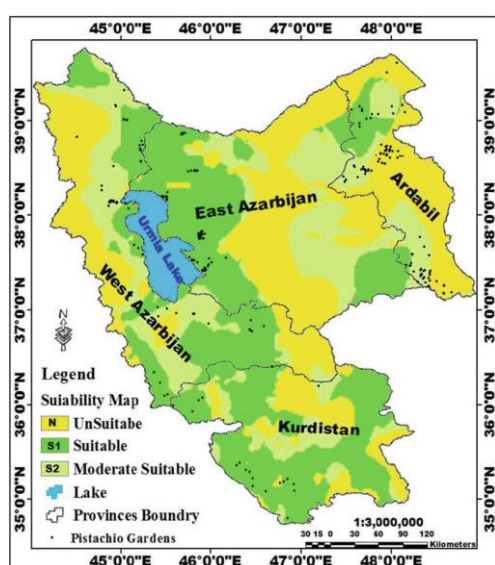


Fig. 1 Climate suitability map of pistachio growing area

### Results

The final map of pistachio suitability zones was modeled by overlaying different spatial layers based on the weighted overlay method in the GIS environment. The result is shown in Fig. 1. Moreover, the map of existing pistachio orchards in the studied areas is shown in Fig. 2. Based on the information in Fig. 1 and 2, it was found that pistachio orchards were planted in all provinces except Ardabil according to the climatic conditions of those regions.

The validation results of the pistachio climatic suitability map, which was performed by comparing it with the spatial distribution map of existing pistachio orchards in the mentioned provinces based on the ROC curve shown in Fig. 3.

The ROC curve for East Azarbaijan Province is shown in Fig. (3a); The area under the curve (0.9) related to this province indicates a good match of the climatic suitability modeling results with the existing pistachio orchards in this province. This issue can be well deduced by matching Fig. 1 and 2. The ROC curve of West Azarbaijan, Kurdistan, and Ardabil are shown in Fig 3. The results of the ROC method showed that the area under the curve (AUC) of Ardabil province is lower than the other three provinces.

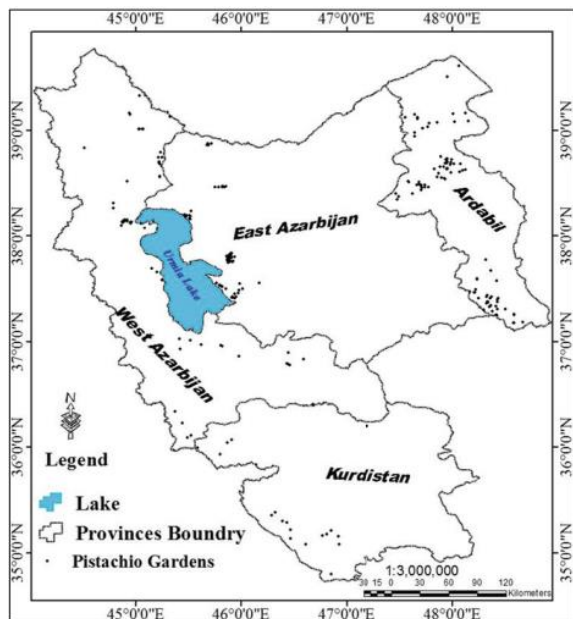


Fig. 2 The map of existing pistachio gardens

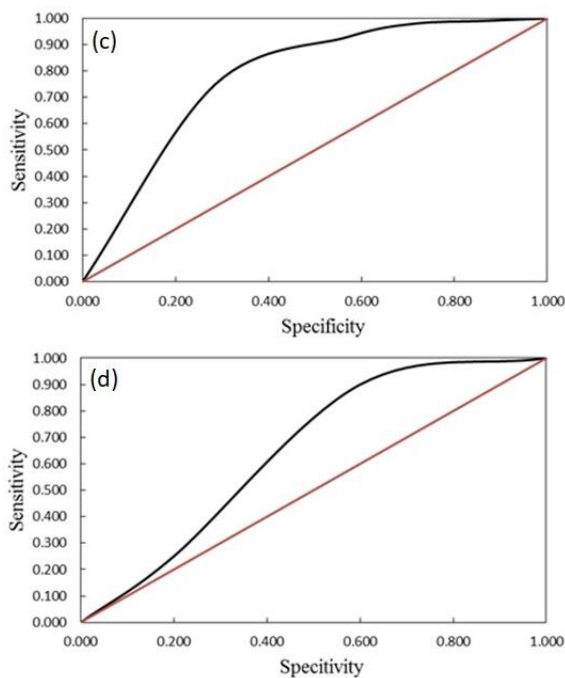
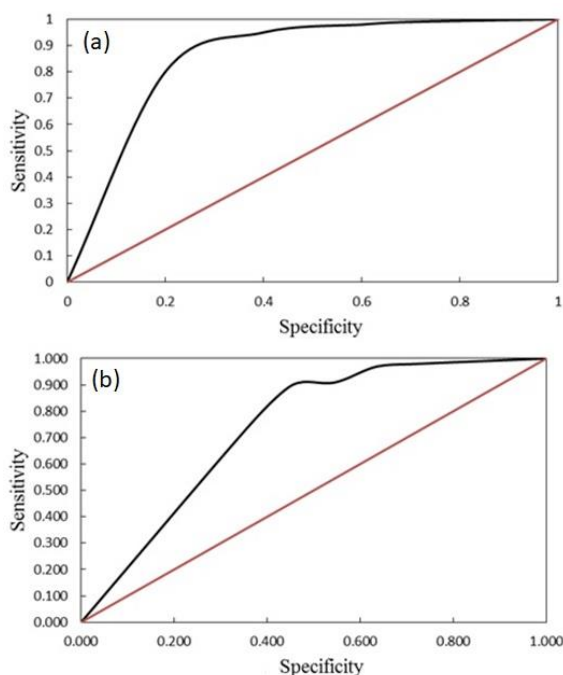


Fig. 3 ROC Curve for: a) East Azarbaijan province, b) West Azarbaijan province, c) Kurdistan province, and d) Ardabil province

The ROC curve for the entire study area is drawn and shown in Fig. 3. In this regard, the AUC for the entire region has been calculated as 0.766, which indicates the acceptable accuracy of the modeled map of pistachio climatic suitability for the northwestern region of the Iran and based on the ROC method, this map is placed in the good class.

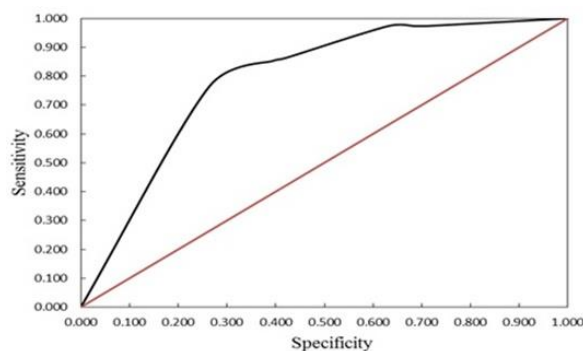


Fig.4 ROC Curve for the study area

**Conclusions**

Accuracy assessment of the thematic maps is a very important task, and if users know the accuracy of the produced maps, they can estimate the success rate of planning based on thematic maps. The Receiver Operating Curve (ROC) method is one of the common methods in this field which was used in this research. The results of the ROC method showed that the area under the curve (AUC) of Ardabil province is lower

than the other three provinces. This is due to the less attention to the high relative humidity caused by the entry of the humid Caspian air mass in the different stages of pollination and fruit growth in the site selection of pistachio orchards in this province. On the other hand, the AUC of East Azerbaijan, Kurdistan, and West Azarbaijan provinces showed the highest level of compliance with existing pistachio orchards with values of 0.9, 0.86, and 0.8, respectively.

#### **Acknowledgment**

The present research was carried out with the financial support of the Agricultuer-Jahad Organization of East Azarbaijan Province and the scientific support of the Pistachio Research Institute of Iran (Project No. 04-35-33-33-

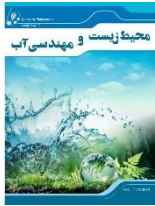
960709-960709). Hereby, the colleagues of these two institutions and the assistance of the Meteorological Department of East and West Azerbaijan, Kurdistan, and Ardabil provinces are appreciated for preparing and presenting meteorological data.

#### **Data Availability**

Data can be sent by email from the corresponding author upon request.

#### **Conflicts of interest**

The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب

Homepage: [www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

مقاله پژوهشی

## ارزیابی دقت نقشه تناسب اقلیمی پسته با استفاده از منحنی ROC

جمشید یاراحمدی<sup>۱\*</sup>، عطا امینی<sup>۲</sup> و قباد رستمی زاد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، تبریز، ایران

<sup>۲</sup>دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سنندج، ایران

<sup>۳</sup>استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، زنجان، ایران

### اطلاعات مقاله

### چکیده

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۹/۲۸]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۱۰/۲۷]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۱۱/۱۰]

### واژه‌های کلیدی:

اعتبارسنجی

پسته

پهنه‌بندی تناسب اقلیمی

منحنی ROC

\*نویسنده مسئول:

[j.yarahmadi@areo.ac.ir](mailto:j.yarahmadi@areo.ac.ir)



این پژوهش با هدف ارزیابی صحت نقشه تناسب اقلیمی کاشت پسته در استان‌های شمال-غرب کشور انجام گرفت. بدین منظور، نقشه تناسب اقلیمی کاشت پسته بر مبنای داده‌های بلندمدت هواشناسی با استفاده از مدل‌سازی به روش همپوشانی وزن‌دار در محیط GIS تهیه شد. اعتبار نقشه یاد شده با مقایسه آن با نقشه توزیع باغات موجود پسته و با استفاده از منحنی عملیاتی دریافت کننده (ROC) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که به ترتیب ۳۳/۴، ۶۰ و ۱۲/۴٪ از کل مساحت استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، کردستان و اردبیل برای کشت پسته مناسب می‌باشد. مقادیر سطح زیر منحنی (AUC) برای استان‌های یاد شده به ترتیب ۰/۰۹، ۰/۸، ۰/۸۶ و ۰/۶۲ محاسبه شد که بیانگر دقت بالای نتایج است. در استان اردبیل، عدم توجه کافی به محدودیت بالا بودن رطوبت نسبی هوا در مراحل مختلف گرده افشانی و رشد میوه در احداث باغات پسته، باعث پایین بودن سطح زیر منحنی عملیاتی دریافت کننده است. نتایج حاصل از نقشه پهنه‌بندی مناطق رویشی پسته از نظر اقلیمی، می‌تواند راهنمای مناسبی در مکان‌یابی باغات جدید شده و بدین سبب، خطر کاهش عملکرد محصول تحت تأثیر مخاطرات اقلیمی را کاهش دهد.

### ۱- مقدمه

داشته و باغات پسته حدود ۴۷۰۰۰۰ ha را با تولید ۴۷۰۰۰۰ ton/yr. ۲۰۰۰۰۰ آجیل پسته در بر می‌گیرد (Hokmabadi 2010). در سال‌های اخیر، ارزش افزوده بالای پسته و سازگاری آن با شرایط کم‌آبی و خاک‌های نسبتاً شور، موجب شده تا سطح باغات پسته در مناطق شمال غرب کشور گسترش چشمگیری داشته باشد؛ در برخی از این مناطق، توسعه باغات پسته بدون توجه به نیازهای اقلیمی آن صورت گرفته است

پسته (*Pistachio Vera L.*) یک محصول آجیلی است که به‌طور گسترده در قلمرو آب و هوایی معتدله کاشت می‌شود (Benmoussa et al. 2017). پسته یکی از تولیدات مهم باغی کشور ایران می‌باشد؛ بیش از ۶۰٪ از صادرات جهانی پسته در اختیار ایران بوده و ارزش تولید این محصول گران‌بها، حدود ۱۰٪ از درآمدهای غیر نفتی این کشور است. رشد تجاری پسته در ایران در طول سالیان متمادی ادامه



های تولید شده، استفاده از این دو شاخص به‌تنهایی پاسخگوی نیاز کاربران نقشه‌های موضوعی نیست. علاوه بر این، استفاده از دو شاخص مذکور، در کنار شاخص‌های صحت تولیدکننده و کاربر، اطلاعات کافی در مورد دقت نتایج طبقه‌بندی داده‌های دورسنجی ارائه نمی‌کند (Camps-Valls et al. 2004, Chen 2007). پژوهشگران علوم سنجش از دور، شاخصی به نام منحنی عملیاتی دریافت‌کننده ( $ROC^1$ ) را توسعه دادند که اطلاعاتی به‌مراتب دقیق‌تر نسبت به دو شاخص فوق‌الذکر در مورد صحت نقشه‌های موضوعی ارائه می‌کند (Erfanifard 2014). منحنی ROC توانایی پیش‌بینی تناسب یک نقشه در طبقه‌بندی باینری را با استفاده از نقشه مرجع برای هر آستانه بین صفر تا یک ارزیابی می‌کند (Shafizadeh-Moghadam et al. 2017). امروزه، منحنی ROC به‌عنوان یکی از رایج‌ترین ماتریس‌های ارزیابی دقت، مورد توجه محافل علمی در مبحث تغییرات کاربری اراضی قرار گرفته است (Hu and Lo 2007).

(Mohammadyari et al. 2019) برای ارزیابی دقت نقشه‌های کاربری شهرستان بهبهان (۱۳۷۸ و ۱۳۹۲) از تصاویر ماهواره‌ای لندست براساس سه الگوریتم حداکثر احتمال، MNF و AVI در نرم‌افزار IDRISI استفاده نمودند؛ برای مدل‌سازی تغییرات آبی کاربری اراضی تا سال ۱۴۰۶، از زنجیره مارکف و رگرسیون لجستیک استفاده کردند. در پژوهش ایشان برای ارزیابی دقت نقشه پیش‌بینی، از منحنی ROC استفاده شد. نتایج حاصله نشان داد روش رگرسیون لجستیک با آماره  $0/94$  سطح زیر منحنی ROC نسبت به سایر زیر مدل‌ها از دقت بیشتری برخوردار است. Kumar et al. (2020) با استفاده از دو روش AHP و FR، نقشه مناطق مناسب کشاورزی ایالت Rudraprayag هندوستان را براساس مشخصات خاکشناسی، زمین‌شناسی، توپوگرافی، اقلیم و اقتصادی-اجتماعی همراه با داده‌های دورسنجی در محیط GIS تهیه نموده و در ادامه، دقت روش‌های مذکور را با استفاده از روش منحنی ROC ارزیابی کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که هر دو روش یاد شده قابلیت شناسایی مناطق مناسب کشاورزی را داشته و از میان متغیرهای یاد شده، زمین‌شناسی و مشخصات خاک منطقه، اثر تعیین‌کننده‌ای در انتخاب مناطق مناسب کشاورزی دارند. در این پژوهش، دقت نقشه موضوعی تناسب اقلیمی کاشت پسته از

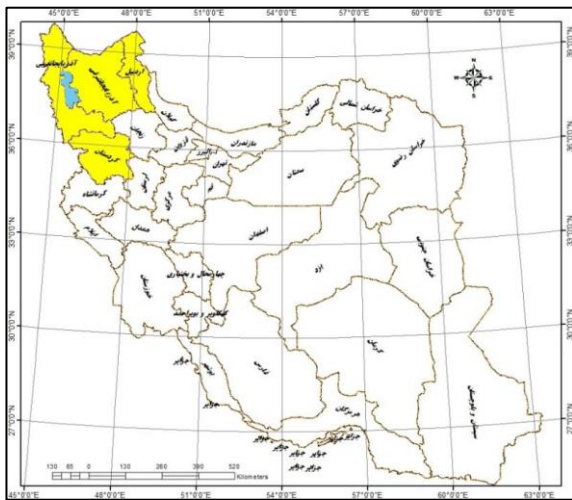
(Yarahmadi and Amini 2021). به‌نظر می‌رسد که یکی از دلایل اصلی عملکرد پایین محصولات کشاورزی در اغلب مناطق، عدم توجه کافی به بحث تناسب اراضی در مکان‌یابی این محصولات است. برای غلبه بر این مشکل، توجه به ارزیابی تناسب اراضی ضروری بوده تا از طریق انتخاب مناسب‌ترین مکان برای کشت محصول خاص به افزایش عملکرد آن در واحد سطح کمک گردد (FAO 2007).

از این‌رو، اولین و مهم‌ترین گام در برنامه‌ریزی استفاده از زمین، ارزیابی تناسب اراضی است که اغلب برای تعیین نوع استفاده مناسب از زمین در یک مکان خاص انجام می‌شود (Bodaghabadi et al. 2019). تناسب اراضی روشی برای ارزیابی زمین است که عمده‌ترین عوامل محدودکننده کاشت یک محصول خاص را مشخص می‌کند (Halder 2013). ارزیابی زمین در قالب نقشه‌های تناسب اراضی ارائه می‌شوند؛ امروزه، با توجه به توسعه مدل‌های شبیه‌سازی و توابع مختلف تحلیل‌های مکانی در محیط GIS، قابلیت‌های زیادی برای محققان در این زمینه فراهم شده است. نقشه‌های تناسب اراضی، اطلاعات لازم را برای برنامه‌ریزان کشاورزی فراهم کرده و از این‌رو، برای کاهش تخریب زمین و توسعه پایدار بسیار ضروری هستند (Taghizadeh-Mehrjardi et al. 2020). اشکال عمده نقشه‌های تناسب اراضی این است که در اکثر موارد، این نقشه‌های برخلاف نقشه‌های موضوعی مستخرج از تفسیر رقومی داده‌های دورسنجی، بدون هیچ‌گونه ارزیابی از میزان صحت و اعتبار آنها ارائه می‌شوند. از این‌رو، ارزیابی صحت نقشه‌های موضوعی، شرط لازم برای مقایسه نتایج حاصله و استفاده مناسب از تجزیه و تحلیل داده‌های جغرافیایی است. علیرغم این واقعیت که ضرورت انجام ارزیابی دقت نقشه‌های موضوعی از طرف جامعه علمی پیشنهاد شده، با این وجود، هنوز هم لازم است کارهای بیشتری در این زمینه انجام گیرد (Radoux and Bogaert 2017).

در صورت آگاهی از صحت نقشه‌های تولید شده، کاربر می‌تواند میزان موفقیت برنامه‌ریزی انجام شده براساس نقشه‌های موضوعی را برآورد نماید. تا به امروز، برای ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی داده‌های دورسنجی، از دو شاخص صحت کلی و ضریب کاپای مبتنی بر جدول خطا، استفاده می‌شود (Rafieyan et al. 2011, Vaughn et al. 2012). نظر به کسب اطلاعات کامل‌تر در مورد صحت نقشه-

<sup>1</sup>Receiver Operating Characteristic

در غرب استان با متوسط بارندگی حدود  $800 \text{ mm/yr}$  قرار دارند (Amini and Hesami 2017).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه  
Fig.1 Geographical location of study areas

## ۲-۲- روش پژوهش

### ۲-۲-۱- تهیه نقشه تناسب اقلیمی پسته

در پژوهش حاضر، نقشه تناسب اقلیمی کاشت پسته براساس داده‌های بلندمدت هواشناسی (منتهی به ۳۰ سال اخیر) و تحلیل مکانی آنها در محیط GIS انجام گرفته است. در همین راستا، بعد از تهیه داده‌های هواشناسی، همگنی آنها به روش منحنی جرم مضاعف<sup>۱</sup> بررسی شده و از روش ران تست<sup>۲</sup> نیز برای کیفیت آنها استفاده شده است. سطح خطای ۵٪ برای ارزیابی داده‌ها منظور شد. داده‌های گم شده در پایه زمانی مشترک با استفاده از همبستگی بین داده‌های ایستگاه‌های منتخب تکمیل شد.

در اینجا اطلاعات اقلیمی مورد نیاز رشد پسته بر حسب مراحل مختلف فنولوژیکی آن از پژوهشکده پسته ایران (Esmaeili et al. 2011) و موسسه تحقیقات خاک و آب (Zeinadeni et al. 2019) دریافت شده است. باتوجه به تفاوت عملکرد محصول در قلمروهای اقلیمی مختلف، آستانه‌های اقلیمی موجود از طریق بازدید از باغات بارور پسته و تکمیل فرم مربوط به اطلاعات فنولوژیکی پسته از باغداران تدقیق شده است؛ در جدول (۱) مقادیر به روز شده آستانه‌های اقلیمی موجود برای استان‌های مورد مطالعه ارائه شده است. مطابق اطلاعات حاصله از باغداران منطقه، دوره گلدی پسته از نیمه دوم فروردین تا نیمه اول اردیبهشت ماه

طریق مقایسه آن با باغات موجود پسته و با استفاده از یک روش منحنی عملیاتی دریافت کننده (ROC) ارزیابی شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان و اردبیل بوده که در شمال غرب آذربایجان شرقی بین  $36^{\circ}$  و  $45^{\circ}$  تا  $39^{\circ}$  و  $26'$  عرض شمالی و  $45^{\circ}$  و  $05'$  تا  $48^{\circ}$  و  $22'$  طول شرقی قرار دارد. مساحت استان برابر  $45491 \text{ km}^2$  بوده که  $2/8\%$  مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. وسعت اراضی کشاورزی این استان حدود  $1/22 \text{ Mha}$  است. این استان یکی از مناطق سردسیر و کوهستانی کشور بوده که دارای آب و هوای سرد و نیمه خشک با میانگین بارندگی سالیانه  $250$  الی  $300 \text{ mm}$  می‌باشد (Yarahmadi et al. 2017).

استان آذربایجان غربی در محدوده جغرافیایی  $35^{\circ}$  و  $58'$  تا  $46^{\circ}$  و  $39'$  عرض شمالی و  $44^{\circ}$  و  $02'$  تا  $47^{\circ}$  و  $24'$  طول شرقی واقع شده است. مساحت این استان بدون احتساب دریاچه ارومیه  $37210 \text{ km}^2$  بوده که حدود  $2/5\%$  از سطح کشور را شامل می‌شود. آذربایجان غربی دارای بهار و تابستانی معتدل بوده و زمستان‌های آن سرد و برفی است. استان اردبیل در مختصات  $47^{\circ}$  و  $15'$  و  $48^{\circ}$  و  $56'$  طول شرقی و  $37^{\circ}$  و  $9'$  و  $39^{\circ}$  و  $42'$  عرض شمالی قرار گرفته است؛ مساحت استان اردبیل  $17804 \text{ km}^2$  بوده که حدود  $1/07\%$  از مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. استان اردبیل با توجه به شکل طولی آن، از تنوع اقلیمی قابل توجهی برخوردار می‌باشد. شهرستان اردبیل، در اقلیم نیمه‌خشک قرار گرفته که ماه‌های خشک و یخبندان آن بیش از ۸ ماه است. این شهرستان دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. شهرستان گرمی با تابستان‌های گرم و نامساعد و زمستان‌های ملایم، در مرز بین اقلیم نیمه خشک و نیمه مرطوب واقع شده است (Eslahi 2017).

استان کردستان در مختصات جغرافیایی  $34^{\circ}$  و  $44'$  تا  $36^{\circ}$  و  $30'$  عرض شمالی و  $45^{\circ}$  و  $31'$  تا  $48^{\circ}$  و  $16'$  طول شرقی قرار گرفته است. مساحت این استان  $29065 \text{ km}^2$  است. متوسط بارندگی این استان  $440 \text{ mm/yr}$  بوده و دارای پنج اقلیم متفاوت است؛ اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک با متوسط بارندگی  $250 \text{ mm/yr}$  در شرق و اقلیم نیمه مرطوب معتدل

<sup>1</sup>Dobell Mass Curve

<sup>2</sup>Run Test

مطالعات مرتبط با مکان‌یابی داشته است (Al-Taani et al. 2020; Anselmus Teniwut et al. 2019, Ustaoglu and Uzun 2018). در این روش، نقشه نهایی براساس ضریب تأثیر و وزن اختصاصی به هر کدام از نقشه‌های مورد نظر تهیه می‌شوند. وزن هر یک از متغیرهای اقلیمی براساس اهمیت محدود کنندگی آنها و نظر کارشناسی به‌صورت ارزش نسبی بین ۰-۱۰۰ انتخاب شده است.

طول می‌کشد؛ در حالیکه، دوره رشد میوه از خرداد ماه تا انتهای ماه شهریور و دهه اول مهرماه را شامل می‌شود. بر همین اساس، متغیرهای اقلیمی مطابق با این مراحل فنولوژیکی تهیه شده است.

در این پژوهش، به‌منظور تعیین مناطق مستعد کشت پسته از مدل همپوشانی وزن‌دار در محیط نرم‌افزاری ArcGIS استفاده شد. این روش یکی از توابع رایج تحلیل مکانی در GIS بوده که در عین سهولت اجرا، نتایج قابل قبولی نیز در

جدول ۱- نیازهای اقلیمی بروز شده مورد نیاز کاشت پسته

Table 1 Updated climate requirement for pistachio growing stage

Phenological Variables	Suitability Class				
	S0	S1	S2	S3	N
Chilling requirement (hr<7 °C)	>800	800-600	600-500	500-400	<400
Air temperature during fruit growth (°C)	23-28	20-23	18-20	15-18	<15 >37
Mean annual air temperature (°C)	14-17	12-14	10-12	7-10	-
Air temperature during pollination (°C)	14-22	12_14	10_12	-	>30 <10
Mean minimum temperature in the coldest month of the year (°C)	0-(-2)	0-(-2)	(-5)-(-17)	-17 – (-25) and 4-6	<-25
Relative humidity in the pollination stage (%)		35-50	50-65	-	>65
Relative humidity in the growth stage (%)		25-45	45-60	-	>60
Elevation from sea level (m)		900-1800	1800-2200 و 200-900	-	2200<200<H

منحنی ROC یکی از روش‌های مناسب برای ارزیابی نتایج حاصل از نقشه‌های مدل‌سازی شده بوده که امروزه به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی دقت نتایج عملکرد الگوریتم‌های مختلف پهنه‌بندی در فرایند تهیه نقشه‌های موضوعی استفاده می‌شود (Mas et al. 2013). این شاخص بر مبنای ارزیابی سلول‌هایی که به‌درستی به طبقه مورد نظر اختصاص یافته‌اند (TP<sup>2</sup>)، سلول‌هایی که به‌درستی به طبقه مورد نظر اختصاص نیافته‌اند (TN<sup>3</sup>)، سلول‌هایی که به نادرست به طبقه مورد نظر اختصاص یافته‌اند (FP<sup>4</sup>) و سلول‌هایی که به نادرست به طبقه مورد نظر اختصاص نیافته‌اند (FN<sup>5</sup>) محاسبه می‌شود. برای رسم این منحنی، باید محور عمودی را به حساسیت<sup>6</sup> (رابطه ۱) و محور افقی را به ویژگی<sup>۷</sup> (رابطه ۲) اختصاص داد.

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (1)$$

<sup>2</sup>True Positive

<sup>3</sup>True Negative

<sup>4</sup>False Positive

<sup>5</sup>False Negative

<sup>6</sup>Sensitivity

<sup>7</sup>Specificity

## ۲-۲-۲- ارزیابی دقت با روش منحنی ROC

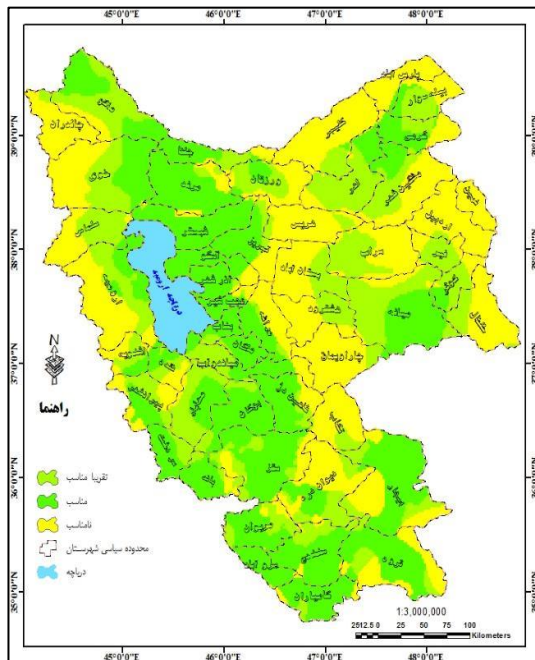
دقت یک نقشه حاصل از مدل‌سازی در محیط GIS از طریق مقایسه آن را با اطلاعات واقعیت زمینی<sup>۱</sup> ارزیابی می‌شود (Pontius Jr. and Schneider 2001). در اینجا از نقشه توزیع باغات موجود پسته منطقه مورد مطالعه به‌عنوان اطلاعات واقعیت زمینی یا نقشه مرجع برای ارزیابی اعتبار نقشه نهایی تناسب اقلیمی کاشت پسته استفاده شده است. این اطلاعات از طریق بازدیدهای میدانی در قالب حضور در باغات پسته و انجام مصاحبه با باغداران تهیه شده است؛ در جریان مصاحبه، فرم‌های شامل مشخصات فنولوژیکی پسته، نیازهای اقلیمی، موقعیت جغرافیایی باغات، مشخصات آب و خاک، ارقام کشت شده و عملکرد محصول تکمیل گردید. در ادامه، بر مبنای اطلاعات جمع‌آوری شده بانک اطلاعاتی باغات موجود پسته در محیط GIS تشکیل گردید تا از نقشه توزیع باغات موجود پسته به‌عنوان نقشه پایه در فرایند ارزیابی دقت نقشه مدل‌سازی شده تناسب اقلیمی مناطق کاشت پسته با استفاده از منحنی ROC استفاده گردد.

<sup>1</sup>Ground Truth



قبیل سهند و سبلان از یک طرف، ورود جریانات سرد سیبری از شمال، توده هوای مرطوب دریای خزر، دریای سیاه و مدیترانه‌ای از طرف شمال‌غرب و غرب به مناطق مورد مطالعه سبب شده که شرایط اقلیمی این مناطق، بالأخص تغییرات دمایی در دوره گرده‌افشانی و رطوبت نسبی در مراحل گرده‌افشانی و رشد میوه، کاشت پسته در برخی از نقاط این استان‌ها را با محدودیت‌های جدی مواجه سازد. در مقابل، بیشترین سطح کلاس مناسب (S1) در استان کردستان (۶۰٪) قرار گرفته و کمترین مقدار هم در استان اردبیل با ۴٪ واقع شده است. سهم استان‌های آذربایجان شرقی و غربی به ترتیب ۴۰ و ۴٪ تعیین شده که عمدتاً منطبق بر مناطق حاشیه دریاچه در این دو استان می‌باشد.

دمای مناسب برای کاشت درختان پسته در دامنه وسیعی قرار می‌گیرد، بطوریکه دمای °C ۴۵ در تابستان و °C ۲۰- در فصل زمستان را به‌خوبی تحمل می‌نماید (Javanshah et al. 2005). زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک با ۲۲۰۰ تا ۲۸۰۰ واحد گرمایی<sup>۳</sup> مناسب رشد پسته است (Ferguson et al. 2005). یافته‌های این پژوهش با آستانه‌های یاد شده مطابقت داشته و از نظر دمایی محدودیت خاصی برای کشت پسته در این مناطق مشاهده نشد.



شکل ۲- نقشه تناسب اقلیمی مناطق رویشی پسته

Fig. 2 Climate suitability map of pistachio growing area

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (2)$$

برای بررسی میزان تطابق مکانی پهنه‌های شناسایی شده در نقشه تناسب اقلیمی و نقشه پراکنش باغات پسته، از معیار دقت (رابطه ۳) و برای ارزیابی درستی تخصیص یک سلول به طبقه مورد نظر از معیار صحت (رابطه ۴) استفاده می‌شود؛ در اینجا  $n$  تعداد کل سلول‌های طبقه‌بندی شده است (Erfanifard 2014).

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{n} \quad (4)$$

سطح زیر منحنی ROC در قالب  $AUC^1$ ، بیانگر مقدار پیش-بینی سیستم از طریق توصیف توانایی آن در تخمین درست وقایع رخ داده (وقوع) و رخ نداده (عدم وقوع) است. ایده‌آل-ترین مدل، بیشترین سطح زیر منحنی را داشته و مقادیر  $AUC$  از ۰/۵ تا ۱ متغیر است. چنانچه مدلی نتواند رخداد طبیعی را بهتر از دیدگاه احتمالی (تصادفی) تخمین زند، مقدار  $AUC$  برابر ۰/۵ است و زمانی که سطح زیرمنحنی ROC برابر با ۱ باشد بیانگر بهترین دقت برای نقشه پهنه-بندی است. بر اساس یک سیستم طبقه‌بندی، سطح زیر منحنی ROC را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی و تفسیر نمود: عالی (۰/۹-۱)، خیلی خوب (۰/۸-۰/۹)، خوب (۰/۸-۰/۸)، متوسط (۰/۶-۰/۷) و ضعیف (۰/۵-۰/۶).

### ۳- یافته‌ها و بحث

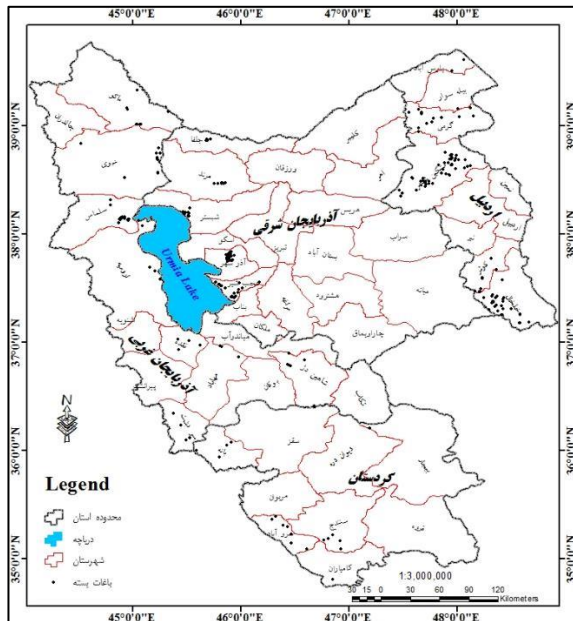
#### ۳-۱- نقشه تناسب اقلیمی کاشت پسته

براساس اطلاعات موجود در جدول (۱)، لایه‌های اطلاعاتی مختلفی به تفکیک هر یک از مراحل فنولوژیکی پسته و متغیرهای اقلیمی مؤثر بر آنها در محیط ArcGIS تهیه شدند؛ در ادامه، با اعمال روش همپوشانی وزن‌دار<sup>۲</sup> از توابع تحلیل مکانی، نقشه تناسب اقلیمی مناطق کاشت پسته در استان‌های یاد شده مدل‌سازی شده و نتیجه نهایی در شکل (۲) ارائه شده است. شکل (۲) نشان می‌دهد که بیشترین سطح کلاس نامناسب (N) مربوط به استان اردبیل با ۶۲٪ و منطبق بر مناطق شمالی، شرق و جنوب این استان بوده و بعد از آن استان‌های آذربایجان غربی و شرقی به ترتیب با ۳۵ و ۲۳٪ قرار دارد. سهم استان کردستان در این کلاس ۲۳٪ تعیین شده است. تنوع توپوگرافیکی و وجود ارتفاعات بلند از

<sup>1</sup>Area Under Curve

<sup>2</sup>Weighted Overlay

<sup>3</sup>Heat units



شکل ۳ - نقشه موقعیت باغات پسته در منطقه مورد مطالعه  
Fig. 3 Pistachio gardens map in the study area

در استان اردبیل، عمدتاً شهرستان‌های مشکین‌شهر، خلخال، گرمی و پارس‌آباد دارای باغات پسته هستند. مطابق آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، سطح باغات پسته در استان‌های آذربایجان شرقی، غربی، کردستان و اردبیل به ترتیب ۱۲۳۷، ۴۰۴، ۴۰ و ۱۸۹ هکتار گزارش شده است. مجموع سهم این چهار استان از نظر سطح زیرکشت پسته نسبت به کل کشور نزدیک به ۰/۳۶٪ به صورت: آذربایجان شرقی ۰/۲۴، آذربایجان غربی ۰/۰۷۸، کردستان ۰/۰۰۸ و اردبیل ۰/۰۳۶٪ است (Ahmadi et al. 2020). انطباق توزیع مکانی باغات موجود پسته با نتایج مدل‌سازی پهنه‌های رویشی نشان می‌دهد که به‌غیر از استان اردبیل، در بقیه استان‌ها، باغات پسته عمدتاً در داخل کلاس تناسبی مناسب (S<sub>1</sub>) قرار گرفته‌اند.

**۳-۳-۳- اعتبارسنجی نقشه تناسب اقلیمی پسته**  
اعتبار نقشه تناسب اقلیمی پسته از طریق مقایسه آن با نقشه توزیع مکانی باغات موجود پسته در سطح استان‌های یاد شده براساس منحنی ROC انجام شد. نتایج اعتبارسنجی نقشه تناسب اقلیمی در شکل‌های (۴) و (۵) نمایش داده شده است. براساس اطلاعات این گراف‌ها، سطح زیر منحنی (AUC) هر یک از آنها محاسبه و در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۲- درصد مساحت پهنه‌های تناسب اقلیمی

Table 2 Percentage of climatic suitability zones

Description of Suitability	Suitability classes	Provinces	Final suitability
High suitability	S0	E-Azerbaijan	--
		W-Azerbaijan	--
		Kurdistan	--
		Ardabil	--
Suitable	S1	E-Azerbaijan	39.6
		W-Azerbaijan	33.4
		Kurdistan	59.9
		Ardabil	12.4
Moderately suitable	S2	E-Azerbaijan	27.5
		W-Azerbaijan	32.0
		Kurdistan	17.4
		Ardabil	25.8
Critically suitable	S3	E-Azerbaijan	--
		W-Azerbaijan	--
		Kurdistan	--
		Ardabil	--
Unsuitable	N	E-Azerbaijan	32.9
		W-Azerbaijan	34.7
		Kurdistan	22.7
		Ardabil	61.8

### ۳-۲- نقشه توزیع مکانی باغات موجود پسته

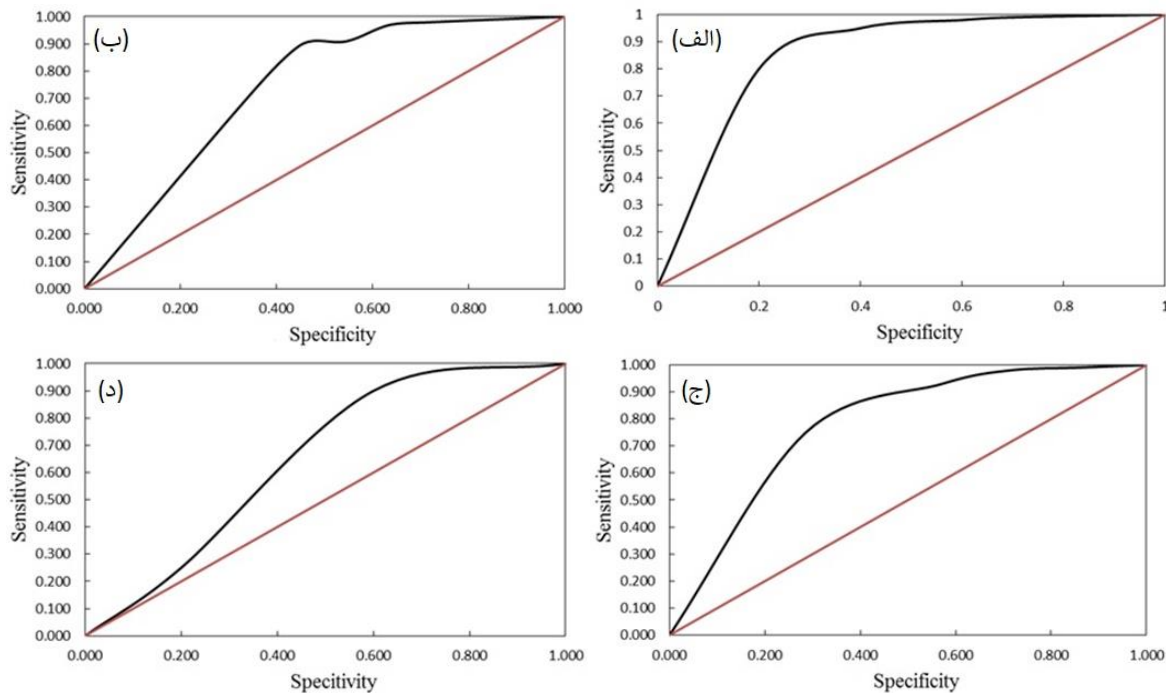
نقشه توزیع مکانی باغات موجود پسته براساس اطلاعات ثبت شده در مدیریت باغبانی سازمان جهاد کشاورزی استان‌ها به تفکیک سطح زیرکشت موجود در هر شهرستان و بازدیدهای میدانی مطابق شکل (۳) در محیط GIS تهیه شده است. در تهیه این نقشه در استان آذربایجان شرقی از اطلاعات تعداد ۱۴۱ باغ پسته، آذربایجان غربی ۷۳، کردستان ۱۸ و اردبیل ۱۲۷ باغ پسته استفاده شده است. شکل (۳) نشان می‌دهد که توزیع باغات پسته در استان آذربایجان شرقی عمدتاً در مناطق غربی آن در حاشیه دریاچه ارومیه متمرکز بوده و البته در شهرستان‌های مرند و جلفا و میانه نیز باغات پسته بارور در سطح قابل توجهی موجود است. در استان آذربایجان غربی نیز اکثراً باغات پسته در شهرستان‌های حاشیه دریاچه ارومیه در مناطق شرقی و شمالی استان توزیع یافته است. توزیع مکانی باغات پسته در استان کردستان بیش‌تر در شهرستان‌های غربی این استان شامل بانه، سروآباد، سنندج و کامیاران متمرکز می‌باشد.

منحنی ROC برای استان آذربایجان شرقی ترسیم و مطابق شکل (۴-الف) نشان داده شده است. سطح زیر منحنی (۰/۹) مربوط به این استان، بیانگر تطابق خوب بین نتایج مدل سازی تناسب اقلیمی با اطلاعات مرجع در قالب نقشه توزیع مکانی باغات پسته در این استان می باشد. این مسئله با انطباق شکل های (۲) و (۳) به خوبی قابل استنباط است. منحنی ROC استان آذربایجان غربی در شکل (۴-ب) نشان داده شده است

جدول ۳- سطح زیر منحنی و پارامترهای آماری استان های مورد مطالعه

Table 3 Area under curve (AUC) and statistical parameters for study area

Row	Provinces	AUC	Sig.	Std. Error
1	E-Azerbaijan	0.90	0.002	0.08
2	W-Azerbaijan	0.80	0.026	0.10
3	Kurdistan	0.86	0.025	0.11
4	Ardabil	0.62	0.364	0.13
5	Study Area	0.77	0.000	0.55



شکل ۴ منحنی های ROC برای استان های: الف- استان آذربایجان شرقی، ب- استان آذربایجان غربی، ج- کردستان، و د- اردبیل  
Fig. 4 ROC Curves for: a) East Azerbaijan, b) West Azerbaijan, c) Kurdistan, and d) Ardabil provinces

در طبقه خیلی خوب قرار گرفته است. البته لازم بذکر است که سطح زیر کشت باغات پسته در این استان به مراتب کمتر از استان های آذربایجان شرقی و غربی است. نتایج اعتبارسنجی نقشه تناسب اقلیمی مناطق مناسب کاشت پسته در سطح استان اردبیل در شکل (۴-د) نشان داده شده است. برهمین اساس، مقدار سطح زیر منحنی برای این استان (۰/۶۲) محاسبه شد که از این نظر در طبقه متوسط قرار گرفته است. پایین بودن سطح زیر منحنی ROC در استان اردبیل ناشی از عدم توجه کافی به محدودیت بالا بودن درصد رطوبت نسبی در مراحل مختلف گرده افشانی و رشد میوه در مکان یابی باغات پسته در این استان است. از این رو، با انطباق نقشه توزیع مکانی باغات پسته با نتایج مدل سازی در ارتباط با تناسب اقلیمی مناطق رویشی پسته

این شکل نشان می دهد که میزان انطباق نتایج حاصل از مدل سازی نقشه تناسب اقلیمی مناطق کشت پسته با باغات پسته موجود در این استان، کمتر از استان آذربایجان شرقی است. این مسئله در سطح زیر منحنی (۰/۷۸) نیز به خوبی پدیداست. علت این امر مربوط به احداث چندین باغ پسته در مناطق شمالی این استان و در شهرستان های خوی و ماکو می باشد که از نظر میزان دما در مراحل گرده افشانی و رشد میوه، دارای محدودیت برای کاشت پسته است. علیرغم این مسئله، اعتبار نتایج این استان در طبقه خوب قرار می گیرد. منحنی ROC مربوط به استان کردستان در شکل (۴-ج) ارائه شده است. مقدار سطح زیر منحنی (AUC) حاصله برای این استان (۰/۸۵۷) محاسبه شد. از این رو، میزان اعتبار نتایج مدل سازی تناسب اقلیمی کاشت پسته در این منطقه

۲- نتایج سطح زیر منحنی (AUC) استان اردبیل (۰/۶۲) نشان داد که در احداث باغات پسته این استان، به شرایط اقلیمی حاکم بر آن توجه کافی نشده است. بطوریکه عدم توجه کافی به بالا بودن درصد رطوبت نسبی هوا، متأثر از نفوذ توده هوای مرطوب خزری در مراحل مختلف گرده-افشانی و رشد میوه از محدودیت‌های جدی در احداث باغات پسته در این استان به حساب می‌آید.

۳- سطح زیر منحنی برای کل منطقه محاسبه شده (با مقدار ۰/۷۶۶) بیانگر این است که متوسط اعتبار نقشه مدل‌سازی شده تناسب اقلیمی کشت پسته در منطقه شمال غرب کشور در کلاس خوب قرار می‌گیرد.

در پژوهش حاضر، اعتبار نقشه تناسب کاشت پسته براساس متغیرهای اقلیمی بررسی شده است؛ پیشنهاد می‌شود در ادامه، اطلاعات کامل‌تری از مشخصات خاک، کیفیت آب و خاک و سایر پارامترهای مؤثر بر عملکرد محصول در تهیه نقشه‌های تناسب کاشت پسته استفاده شود تا نقشه‌های تولیدی از اعتبار بیش‌تر برخوردار گردند.

### سپاسگزاری

پژوهش حاضر با حمایت مالی سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی و پشتیبانی علمی پژوهشکده پسته ایران (پروژه شماره ۹۶۰۷۰۹-۰۵۵-۳۳-۰۴) انجام شد. بدین‌وسیله از همکاران این دو مجموعه و مساعدت صمیمانه اداره کل هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، کردستان و اردبیل بخاطر تهیه و ارائه داده‌های هواشناسی تقدیر به عمل می‌آید.

### دسترسی به داده‌ها

داده‌ها حسب درخواست، از طرف نویسنده مسئول از طریق ایمیل قابل ارسال است

### تضاد منافع نویسندگان

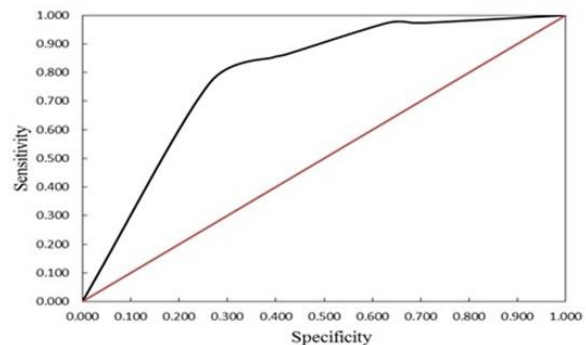
نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که، هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

## References

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Hossinpoor, R. and AbdehShah, H. (2020). Agricultural statistics. Information and

مشخص می‌شود که قسمت عمده باغات در پهنه‌های تقریباً مناسب (S2) و نامناسب (N) قرار گرفته‌اند. محدودیت رشد و عملکرد پسته تحت تأثیر رطوبت نسبی هوا در مطالعات متعددی از جمله (Mahani 2006 and Taheri 2017) نیز گزارش شده است.

براساس متوسط مقادیر محاسبه شده برای هر استان، منحنی ROC برای کل منطقه مورد مطالعه ترسیم شده و در شکل (۵) ارائه شده است. در همین راستا، سطح زیر منحنی برای کل منطقه محاسبه شده و با مقدار ۰/۷۶۶ بیانگر این است که متوسط اعتبار نقشه مدل‌سازی شده تناسب اقلیمی کشت پسته در منطقه شمال غرب کشور در کلاس خوب قرار می‌گیرد.



شکل ۵- منحنی ROC برای کل منطقه مورد مطالعه

Fig. 5 ROC Curve for study area

### ۴- نتیجه‌گیری

علیرغم تولید و ارائه طیف وسیعی از نقشه‌های موضوعی در ارتباط با مباحث تناسب اراضی، متأسفانه تلاش جدی در مورد اعتبارسنجی این اسناد صورت نمی‌گیرد؛ این موضوع باعث شده همواره صحت و دقت نقشه‌های یاد شده با شک و تردید همراه باشد. در این پژوهش تناسب اراضی با کشت محصول پسته بررسی و نتایج زیر بدست آمد:

۱- براساس مقادیر سطح زیر منحنی (AUC) روش ROC، مشخص شد که استان‌های آذربایجان شرقی، کردستان و آذربایجان غربی به ترتیب با ۹/۸۶، ۸۶/۰ و ۸/۰ بالاترین میزان انطباق را بین نتایج حاصل از مدل‌سازی تناسب اقلیمی کشت پسته با پراکندگی جغرافیایی باغات موجود پسته داشته‌اند.

Communication Technology Center, Deputy for Planning and Economic Affairs, Ministry

- of Agriculture-Jahad. (2019 ed., Vol. 3, pp. 241). Tehran, Iran [In Persian].
- Al-Taani, A., Al-husban, Y. and Farhan, I. (2020). Land suitability evaluation for agricultural use using gis and remote sensing techniques: The case study of Ma'an governorate, Jordan. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.*, DOI: [10.1016/j.ejrs.2020.01.001](https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.01.001)
- Amini, A. and Hesami, A. (2017). The role of land use change on the sustainability of groundwater resources in the eastern plains of Kurdistan, Iran. *Environ. Monit. Assess.*, 189(6). DOI: [10.1007/s10661-017-6014-3](https://doi.org/10.1007/s10661-017-6014-3)
- Anselmus Teniwut, W., Kahfi Hamid, S. and Mario Makailipessy, M. (2019). Using spatial analysis with weighted overlay on selecting area for fisheries agroindustry in southeast Maluku, Indonesia. *J. Phys. Conference Series*, 1424. DOI: [10.1088/1742-6596/1424/1/012016](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1424/1/012016)
- Benmoussa, H., Luedeling, E., Ghrab, M., Ben Yahmed, J., & Ben Mimoun, M. (2017). Performance of pistachio (*pistacia vera* l.) in warming Mediterranean orchards. *Environ. Experiment. Botan.*, 140, 76-85. DOI: [10.1016/j.envexpbot.2017.05.007](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.05.007)
- Bodaghabadi, M. B., Faskhodi, A. A., Saleh, M. H., Hosseini-fard, S. J. and Heydari, M. (2019). Soil suitability analysis and evaluation of pistachio orchard farming, using canonical multivariate analysis. *Sci. Hortic.*, 246.
- Camps-Valls, G., Gomez-Chova, L., Calpe-Maravilla, J., Martin-Guerrero, J. D., Soria-Olivas, E., Alonso-Chorda, L. and Moreno, J. (2004). Robust support vector method for hyperspectral data classification and knowledge discovery. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 42, 1530-1542 .
- Chen, C. H. (2007). *Signal and image processing for remote sensing*. Francis Taylor & Francis Publishers. 672 PP.
- Erfanifard, S. Y. (2014). Application of roc curve to assess pixel-based classification methods on ultracam-d aerial imagery to discriminate tree crowns in pure stands of brant's oak in Zagros forests. *Iran. J. Forest Poplar Res.*, 22(4), 649-663. DOI: [10.22092/ijfpr.2014.13179](https://doi.org/10.22092/ijfpr.2014.13179) [In Persian].
- Eslahi, M. (2017). Assessment of statistical downscaling models in explanation of climate change over northwest of Iran. (Ph.D), University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil. 181 PP. [In Persian].
- Esmaili, A., Tajabadipoor, A. and Hokmabadi, H. (2011). *Pistachio production and cultivation*. Rafsanjan, Iran: Pistachio Research Center, Horticultural Science Research Institute (HSRI). 98 PP. [In Persian].
- FAO. (2007). *Land evaluation: Towards a revised framework; food and agriculture organization of the united nations*. Retrieved from Rome, Italy. 124 PP.
- Ferguson, L, Polito, V. and Kallsen, C. (2005). The pistachio tree; botany and physiology and factors that affect yield. *Pistachio production manual*, 4<sup>th</sup> ed. Davis, CA, USA, University of California Fruit & Nut Research Information Center, 31-39
- Gil Pontius Jr., R. and Schneider, L. C. (2001) Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agri. Ecosyst. Environ.*, 85, 239–248
- Halder, J. C. (2013). Land suitability assessment for crop cultivation by using remote sensing and gis. *J. Geogr. Geol.*, 5, 65–74 .
- Hokmabadi, H. (2010). *Pistachio frost damage in Iran and new methods of frost protection*. Paper presented at the XIV GREMPA Meeting on Pistachios and Almonds, Zaragoza: CIHEAM / FAO / AUA / TEI Kalamatas / NAGREF.
- Hokmabadi, H. (2016). *Pistachio garden management calendar*. Retrieved from Damghan Pistachio Research Station, Semnan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO Semnan, Iran [In Persian].
- Hu, Z. and Lo, C. (2007). Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Comput. Environ. Urban Syst.*, 31(6), 667-688 .
- Javanshah, A., Alipour, H. and Hadavi, F. (2005). A model for assessing the chill units received in Kerman and Rafsanjan areas. Paper presented at the IV International Symposium on Pistachios and Almonds 726.
- Khayat-zadeh Mahani, A. (2006). Investigation of climatic elements (temperature and humidity) on pistachio crop cultivation in Rafsanjan

- city. (M.Sc), University of Sistan and Baluchestan, Sistan and Baluchestan province, Iran [In Persian].
- Kumar, A., Pramanik, M., Chaudhary, S. and Negi, M. S. (2020). Land evaluation for sustainable development of Himalayan agriculture using RS-GIS in conjunction with analytic hierarchy process and frequency ratio. *J. Saudi Soc. Agri. Sci.*, *10.1016/j.jssas.2020.10.001*
- Mas, J.-F., Soares Filho, B., Pontius, R., Farfán Gutiérrez, M. and Rodrigues, H. (2013). A suite of tools for roc analysis of spatial models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *2(3)*, 869-887. DOI: doi:10.3390/ijgi2030869
- Mohammadyari, F., Pour khabbaz, H. R., Aghdar, H. and Tavakoli, M. (2019). Predicting the trend of land use change in Behbahan city (2013-2027) using the lcm model. *Geogra. Space*, *19(65)*, 37-59 [In Persian].
- Pontius Jr., R. G. and Schneider, L. C. (2001). Land-cover change model validation by an ROC method for the ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agri. Ecosyst. Environ.*, *85*, 239-248.
- Radoux, J. and Bogaert, P. (2017). Good practices for object-based accuracy assessment. *Remote Sens.*, *9 (7)*. DOI: [10.3390/rs9070646](https://doi.org/10.3390/rs9070646)
- Rafieyan, O., Darvishsefat, A. A., Babaii, S. and Matajii, A. (2011). Evaluation of pixel-based and object-based classification methods for tree identification using aerial images (case study: A forestation in camestan-nur). *Iran. J. Forest*, *3(1)*, 35-47 [In Persian].
- Shafizadeh-Moghadam, H., Tayyebi, A., Ahmadi, M., Delavar, M. R. and Hasanlou, M. (2017). Integration of genetic algorithm and multiple kernel support vector regression for modeling urban growth. *Comput. Environ. Urban Syst.*, *65*, 28-40. DOI: [10.1016/j.compenvurbsys.2017.04.011](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.04.011)
- Taghizadeh-Mehrjardi, R., Nabiollahi, K., Rasoli, L., Kerry, R. and Scholten, T. (2020). Land suitability assessment and agricultural production sustainability using machine learning models. *Agronom.*, *10(4)*. DOI: [10.3390/agronomy10040573](https://doi.org/10.3390/agronomy10040573)
- Taheri, M. (2017). A feasibility study on cultivation of pistachio in qizil-uzan outskirts in Zanjan province. Retrieved from Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran [In Persian].
- Ustaoglu, B. and Uzun, A. (2018). Akdeniz Bölgesi'nde (Türkiye) yetiştirilen tarım ürünlerinin özel iklim isteklerine uygun arazilerin ağırlıklı çakıştırma analizi ile belirlenmesi. *J. Human Sci.*, *15(4)*, 2433-2453. DOI: [10.14687/jhs.v15i4.5573](https://doi.org/10.14687/jhs.v15i4.5573)
- Vaughn, N. R., Moskal, L. M. and Turnblom, E. C. (2012). Tree species detection accuracies using discrete point lidar and airborne waveform lidar. *Remote Sens.*, *4*, 377-403.
- Yarahmadi, J. and Amini, A. (2021). Determining land suitability for pistachio cultivation development based on climate variables to adapt to drought. *Theor. Appl. Climat.* DOI: [10.1007/s00704-020-03499-4](https://doi.org/10.1007/s00704-020-03499-4)
- Yarahmadi, J., Hajihassani, N., farajnia, A. and Tajabadei pour, A. (2017). Pistachio growing area zonation based on climatic parameters in east Azerbaijan province. *Geogra. Plan.*, *21(60)*, 281-298. [In Persian].
- Zeinadani, A., PoorIbrahimi, M., Taheri, N. and Navidi, M. N. (2019). The growing needs of important horticultural products in the iran. Tehran, Iran: Soil & Water Research Institute, Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO [In Persian].

### How to cite this paper:

Yarahmadi, J., Amini, A. and Rostamizad, G. (2023). Accuracy assessment of pistachio climate suitability map based on ROC curve. *Environ. Water Eng.*, *9(1)*, 127-140. DOI: [10.22034/JEWE.2021.262531.1486](https://doi.org/10.22034/JEWE.2021.262531.1486)