



نسخه از دور

GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

37-54



## Dust Storm Detection Using MODIS Satellite Imagery by Artificial Neural Network

Mehdi Amiri,<sup>1</sup> Saifollah Soleimani,<sup>\*2</sup> Fakhteh Soltani Tafreshi.<sup>2</sup>

1. PhD Student, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran
2. Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran

### Abstract

Dust storm increased in both spatial and temporal aspects during last decade. Middle East dust storms have caused countless social, economic and environmental damages for the residents of South and Southwest regions of Iran. MODIS satellite imagery has certain advantages, including available and useful spectral bands, with high spatial and radiation resolution and MODIS data are used in the present study. In this study, two MODIS datasets were used. Part one, model development data (January 18-21, 2018) and part two, model evaluation data. Meteorological data are collected with respect to time interval studied. After preprocessing MODIS data and preparing field observations, features (artificial neural network input) were generated by proposed method from MODIS data. A model through artificial neural network analysis was developed. This model extracts dust storm and estimates visibility. Model outputs were compared visually with NDDI outputs. To evaluate the effectiveness of the proposed method, the developed model was tested with other time data. Model outputs were compared visually with NDDI outputs.

Eventually, in order to reveal the strengths and weaknesses of the proposed method, an accuracy assessment has been carried out by comparing the models output with visibility parameter of synoptic stations. The observation root mean squared error are 10%, 10%, 15% and 10% related to January 18th, January 19th, January 20th and 21th, and also, 20% and 25% related to January 26th, 2019 and October 28th, 2018, respectively.

**Keywords:** Dust enhancement, Remote sensing, Feature generation, Artificial Neural Network (ANN), MODIS.

\* Correspondence Address: Dep. of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak. Zip: 38156-8-8349

Email: s-soleimani@araku.ac.ir

<https://doi.org/10.52547/gisj.12.1.37>



سجش از دور

GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

۵۴-۳۷



## استخراج گردوغبار از تصاویر ماهواره‌ای MODIS با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

مهدی امیری<sup>۱</sup>، سیفاله سلیمانی<sup>۲</sup>، فاخته سلطانی تفرشی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی دکتری گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۲. استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۲۸

### چکیده

طی دهه‌های گذشته، طوفان‌های گردوغبار از لحاظ مکانی و زمانی همواره در حال افزایش بوده‌اند. طوفان‌های گردوغبار خاورمیانه سبب رسیدن آسیب‌های بی‌شماری در حوزه سلامت اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و دیگر موارد به ساکنان مناطق جنوب و جنوب‌غرب ایران شده است. در این مقاله، به‌منظور بررسی طوفان‌های گردوغبار، از داده‌های سنجنده MODIS استفاده شد. از محاسن داده‌های سنجنده MODIS، توان تفکیک طیفی و زمانی بالای آن است. در این پژوهش، از دو مجموعه داده MODIS استفاده شد؛ بخش اول، داده‌های توسعه مدل (رخداد ۲۱-۱۸ ژانویه ۲۰۱۸) و بخش دوم، داده‌های تست و ارزیابی مدل. داده‌های هواشناسی نیز، با توجه به بازه زمانی مورد مطالعه، جمع‌آوری شد. پس از پیش‌پردازش داده‌ها و آماده‌کردن مشاهدات میدانی، ویژگی (ورودی شبکه عصبی مصنوعی) از داده‌های سنجنده MODIS، به‌روش پیشنهادی، تولید می‌شود. از طریق شبکه عصبی مصنوعی، مدلی مناسب توسعه یافت که، بدین ترتیب، می‌توان گردوغبار استخراج و پارامتر دید افقی را، هم‌زمان، برآورد کرد. خروجی مدل با خروجی شاخص NDDI مقایسه بصری شد. سپس، برای بررسی کارایی روش پیشنهادی، مدل توسعه‌یافته با داده‌های مربوط به زمان دیگر تست و خروجی مدل با خروجی شاخص NDDI مقایسه بصری شد. در نهایت، به‌منظور نشان‌دادن نقاط قوت و ضعف روش پیشنهادی، ارزیابی دقت از طریق مقایسه نتایج روش پیشنهادی و پارامتر دید افقی در ایستگاه‌های سینوپتیک انجام شد. میزان خطای کلی، به ترتیب، ۱۰٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و ۱۰٪ درمورد پردازش تصاویر هجدهم ژانویه، نوزدهم ژانویه، بیستم ژانویه و ۲۱ ژانویه ۲۰۱۸ و ۲۰٪ و ۲۵٪ درمورد پردازش تصاویر ۲۶ ژانویه ۲۰۱۹ و ۲۸ اکتبر ۲۰۱۸ به‌دست آمد. با اتصال به پایگاه داده سازمان هواشناسی کشوری، روش پیشنهادی دارای قابلیت به‌کارگیری در سیستم خودکار استخراج گردوغبار است.

**کلیدواژه‌ها:** گردوغبار، برآورد پارامتر دید افقی، سنجش از دور، تولید ویژگی، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، MODIS.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی، دانشگاه اراک، کدپستی: ۳۸۱۵۶-۸-۸۳۴۹

## ۱- مقدمه

طوفان‌های گردوغبار<sup>۱</sup> منجر به از بین رفتن گیاهان زراعی، معادن و امکانات ارتباطی و همچنین، سبب کاهش دید و مختل شدن فعالیت‌های روزانه می‌شود (Xie et al., 2017). گردوغبار کیفیت هوا را کاهش می‌دهد و در تشکیل ابرها تأثیرگذار است. همچنین، با تار کردن جو زمین، دما را کاهش می‌دهد (Xie, 2009). علاوه بر این، طوفان‌ها می‌توانند روند بیابان‌زایی<sup>۲</sup> را تسریع کنند (Han et al., 2008) که این مسئله در سلامت انسان‌ها تأثیر مستقیم دارد و باعث بروز مشکلات تنفسی می‌شود (Badarinath et al., 2007). طی دهه‌های گذشته، طوفان‌های گردوغبار در خاورمیانه مشکلات زیادی، برای ساکنان مناطق جنوب و جنوب غرب ایران، ایجاد کرده و برای همسایگان غربی ایران، به یکی از مخاطرات روبه‌رشد تبدیل شده است (Khoshakhlagh et al., 2012). این طوفان‌ها سبب آسیب‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در مناطق غربی ایران می‌شود (Samadi & Darvishi, 2014).

فناوری سنجش از دور، در شناسایی گردوغبار و پایش آن‌ها، عملکردی بهتر از مشاهدات میدانی دارد (Christopher S & Jones, 2010). با استفاده از داده‌های سنجش از دور، مطالعات منطقه‌ای و جهانی در زمینه دینامیک گردوغبار با سهولت بیشتری انجام می‌شود (Mather & Tso, 2010). داده‌های سنجش از دور در تشخیص پیدایش و انتقال گردوغبار و نیز، شناسایی منبع آن کاربردهای فراوانی دارند (Baddock et al., 2009). یکی دیگر از کاربردهای سنجش از دور نظارت بر تغییرات مکانی و زمانی طوفان‌های گردوغبار است (Husar, 2001). تا کنون، با استفاده از داده‌های سنجش از دور، روش‌های گوناگونی به منظور تشخیص پدیده گردوغبار توسعه یافته است. برخی از روش‌های شناسایی طوفان گردوغبار از طیف مرئی و فروسرخ (Qu et al., 2006)، فروسرخ حرارتی (Ackerman, 1997) و برخی دیگر از

ترکیب طیف بازتابی و حرارتی استفاده می‌کنند (Roskovensky & Lion, 2005). همچنین، در برخی روش‌ها، از ترکیب طیف حرارتی و مایکروویو برای شناسایی گردوغبار و جدا کردن آن از دیگر پدیده‌های جوی استفاده شده است (Huang et al., 2007). طوفان‌های گردوغبار طی پژوهش‌های متعددی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوناگون، مطالعه شده‌اند. در مقایسه با سایر داده‌های سنجش از دور، سنجنده MODIS دارای محاسنی است؛ مانند داشتن ۳۶ باند طیفی و دامنه طیفی گسترده، وضوح مکانی مناسب و قدرت تفکیک طیفی بالا. همان‌طور که گفته شد، یکی از کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای MODIS تشخیص گردوغبار است و تا امروز، الگوریتم‌های بسیاری برای این منظور توسعه یافته‌اند. مبنای این روش‌ها اغلب استفاده از ویژگی‌های طیفی گردوغبار و ابر در باندهای فروسرخ تابشی و انعکاسی است (Salomonson et al., 1989).

ال‌استا<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، طوفان گردوغبار را در شمال افریقا استخراج کردند. آن‌ها از ۴۶ مجموعه داده MODIS بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ بهره بردند. ورودی شبکه عصبی مصنوعی تفاوت درجه دمای درخشندگی (BTD) بین باندهای ۲۳ و ۳۱ و BTD بین باندهای ۳۱ و ۳۲ به همراه سه باند ۱، ۳ و ۴ است. در مقایسه با روش‌های میدانی استخراج طوفان‌های گردوغبار، روش آن‌ها نتیجه بهتری در تشخیص طوفان‌های گردوغبار به دست آورده است. دقت کلی خروجی این روش ۰/۸۸ است. بات و مشاط<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) از شاخص نرمال‌شده تفاضلی گردوغبار (NDDI) برای تشخیص طوفان‌های شن و ماسه و

1. dust storm
2. desertification
3. El-ossta
4. Butt & Mashat

گردوغبار، در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۱، استفاده کردند. آن‌ها باند ۳۱ سنجنده MODIS را، برای تفکیک ماسه و گردوغبار جوی از سایر پدیده‌های موجود در زمین، به کار بردند. نتایج نشان می‌دهند که شاخص NDDI به خوبی می‌تواند طوفان‌های و گردوغبار را از ابرها متمایز کند و باند ۳۱ سنجنده MODIS نیز می‌تواند، در تفکیک شن موجود در هوا و گردوغبار، در بیابان‌های عربستان سعودی، کاربرد داشته باشد.

۱. به‌طور کلی، روش‌های تشخیص گردوغبار بر پهنه‌های آبی را نمی‌توان به‌منظور تشخیص گردوغبار بر پهنه‌های خشکی به کار برد و برعکس؛

۲. روش‌های تشخیص گردوغبار، با تغییرات زمانی (فصلی، ماهیانه و روزانه)، به حد آستانه‌های متفاوتی نیاز دارند؛

۳. روش‌های تشخیص گردوغبار، با تغییرات مکانی، به حد آستانه‌های متفاوتی نیاز دارند؛

۴. تفکیک گردوغبار از پدیده‌های دیگری مانند ابرها، آب و سطح خاک زمین با دشواری‌هایی همراه است.

هدف اصلی این تحقیق توسعه روشی است که محدودیت روش‌های پیشین را برطرف کند. در پژوهش حاضر، طوفان‌های گردوغبار بدون نیاز به حد آستانه، مستقل از تغییرات زمانی و بر پهنه‌های آبی و غیرآبی استخراج می‌شوند. همچنین، این روش می‌تواند گردوغبار را از دیگر پدیده‌ها تفکیک و هم‌زمان، پارامتر دید افقی را برآورد کند.

## ۲- روش پیشنهادی

شکل ۱ فلوچارت کلی این پژوهش را نشان می‌دهد.

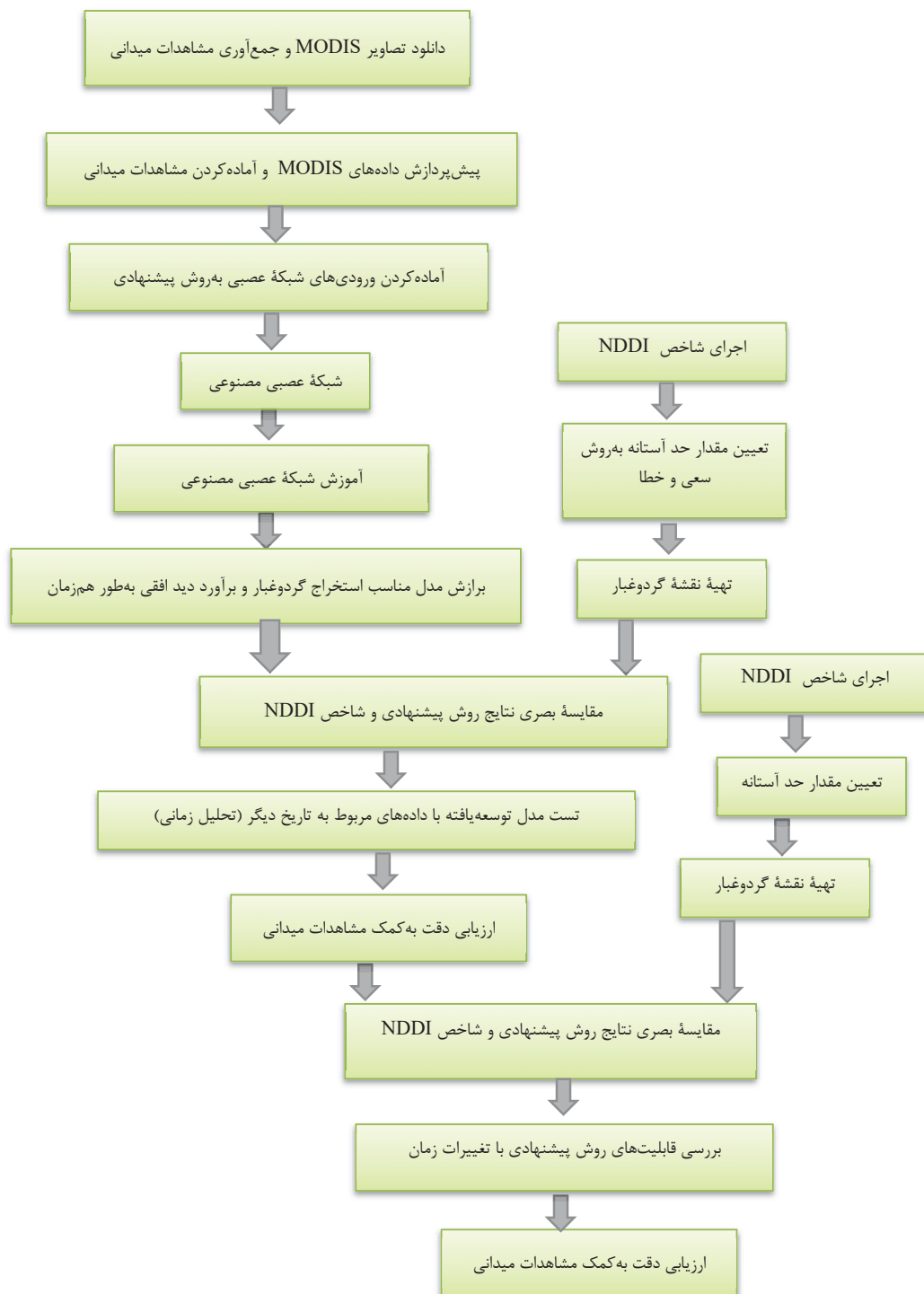
آکرمن<sup>۱</sup> (۱۹۸۹)، برای شناسایی و پایش طوفان‌های گردوغبار، از اختلاف دمای درخشندگی در طیف‌های  $3/7 \mu\text{m}$  و  $11 \mu\text{m}$  استفاده کرد. سپس، با استفاده از سه باند در محدوده طیفی  $8 \mu\text{m}$  و  $11 \mu\text{m}$  و شاخص دیگری را برای شناسایی گردوغبار بر پهنه‌های آبی و تمایز توده‌های گردوغبار از ابرها و سطوح یخی یا آبی توسعه داد. مقدار منفی تفاضل دمای درخشندگی در طیف‌های  $11 \mu\text{m}$  و  $12 \mu\text{m}$  را می‌توان، به‌منظور استخراج طوفان‌های گردوغبار و شناسایی منبع تولید آن‌ها، به کار برد.

هائو و کو<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) شاخص فروسرخ حرارتی گردوغبار (TDI) را در شناسایی و پایش طوفان‌های گردوغبار به کار بردند. این شاخص با استفاده از باندهای ۲۰، ۳۰، ۳۱ و ۳۲ سنجنده MODIS توسعه یافته و به‌علت استفاده از باندهای حرارتی، قابلیت شناسایی گردوغبار در طول شب را نیز داراست.

صحت‌کاشانی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۶) از سه شاخص اصلی گردوغبار NDDI، BTD و TDI به‌منظور طبقه‌بندی طوفان گردوغبار در غرب و جنوب‌غرب ایران استفاده کردند. ارزیابی نتایج آن‌ها ارتباطی ۸۵ درصدی را بین مشاهدات میدانی دید افقی و شاخص‌های NDDI و BTD نشان می‌دهد.

صمدی و درویشی<sup>۴</sup> (۲۰۱۴)، با استفاده از باندهای فروسرخ حرارتی و انعکاسی در منطقه غرب ایران، طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱، فرایندی خودکار را برای

1. Ackerman  
2. Hao & Qu  
3. Sehatkashani  
4. Samadi & Darvishi



شکل ۱. فلوچارت کلی روش پیشنهادی

در ادامه، هریک از مراحل اصلی در این فلوچارت شرح داده خواهد شد.

### ۲-۱- دانلود تصاویر MODIS و جمع‌آوری داده‌های هواشناسی

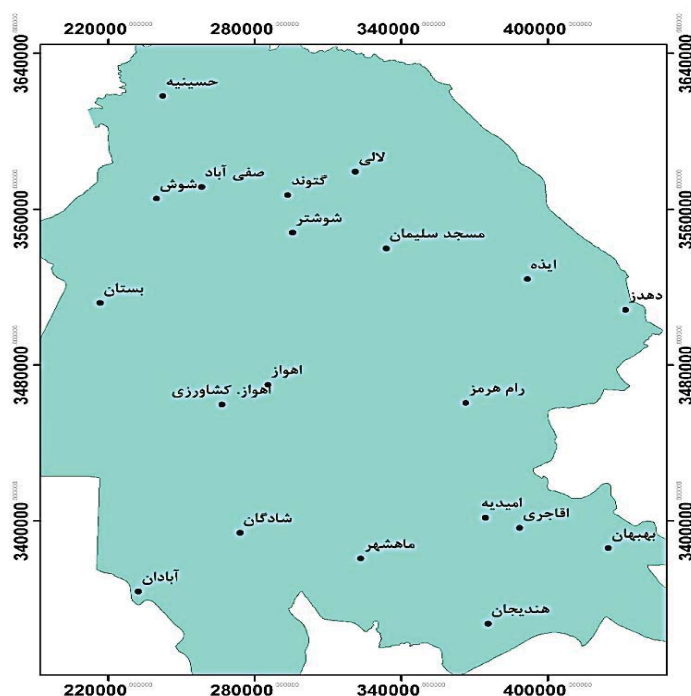
در این پژوهش، از تصاویر سنجنده MODIS استفاده شده است. داده‌های MODIS در ۳۶ باند طیفی، در محدوده طول موج‌های ۰/۴ تا ۱۴/۴ میکرومتر، و با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ و ۵۰۰ و ۱۰۰۰ مترمربع دریافت می‌شوند. در حال حاضر، سنجنده MODIS روی ماهواره‌های Terra و Aqua قرار دارد. این دو ماهواره، به ترتیب، در دسامبر ۱۹۹۹ و مه ۲۰۰۲، با هدف مشاهده تغییرات جوی و سایر تغییرات زمین و نظارت بر آن‌ها، به فضا پرتاب شدند (Baddock et al., 2009).

داده‌های هواشناسی مربوط به بیست ایستگاه سینوپتیک در استان خوزستان، که سازمان هواشناسی جمهوری اسلامی ایران (IRIMO) آن‌ها را تهیه می‌کند،

در بازه زمانی مورد مطالعه جمع‌آوری شد. در استان خوزستان، ۲۲ ایستگاه هواشناسی موجود است. از این میان، از داده‌های بیست ایستگاه آبادان، آغاجری، امیدیه- آغاجری، اهواز، اهواز- کشاورزی، ایذه، بستان، بندر ماهشهر، بهبهان، حسینی، دهدز، رامهرمز، شادگان، شوش، شوشتر، صفی، گتوند، لالی، مسجد سلیمان، هندیجان استفاده شد. از دو ایستگاه امیدیه و دزفول، به علت نصب ادوات نظامی، استفاده نشد. نقشه ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده در استان خوزستان در شکل ۲ نشان داده شده است.

### ۲-۲- پیش‌پردازش داده‌های MODIS و آماده‌کردن مشاهدات میدانی

سنجنده MODIS روزانه داده‌های کل کره زمین را، در توان تفکیک مکانی گوناگون، دریافت می‌کند. توان تفکیک مکانی دو باند اول ۲۵۰ متر، باندهای ۳ تا ۷ برابر با ۵۰۰ متر و باندهای ۸ تا ۳۶ یک کیلومتر است.



شکل ۲. نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک

ابر، سرعت باد، جهت باد و دیگر موارد است. داده‌های مورد نیاز این پژوهش در جدول ۱ نشان داده شده است. جدول ۱ شامل نام ایستگاه‌های سینوپتیک، کد و مختصات جغرافیایی آن ایستگاه، دید افقی و موارد دیگر است. این مشاهدات در هریک از زمان‌های پردازش تصاویر MODIS گردآوری شد.

پدیده گردوغبار، با توجه به محلی و فرامحلی بودن و نیز میزان کاهش دید و شدت آن، با کدهای خاصی تعریف می‌شود. برای اطلاعات بیشتر درباره کد و علائم اختصاری پدیده‌های گردوغبار، می‌توان به پژوهش فخرایی‌پور (۱۳۹۰) مراجعه کرد.

با توجه به اهمیت دید افقی (Xie, 2009)، براساس استانداردهای مؤسسه هواشناسی چین، چهار سطح برای طبقه‌بندی گردوغبار در نظر گرفته شده است: گردوغبار معلق (دید افقی کمتر از ده کیلومتر)؛ گردوغبار منتشرشده (دید افقی بین یک تا ده کیلومتر)؛ طوفان گردوغبار (دید افقی بین پانصد تا هزار متر)؛ طوفان شدید گردوغبار (دید افقی کمتر از پانصد متر) (Yang & Ronggao, 2013). از طریق مصاحبه با افراد متخصص و طبق استانداردهای سازمان هواشناسی

طول و عرض جغرافیایی مربوط به هر تصویر MODIS در قالب داده HDF گنجانده شده است. داخل جعبه ابزار مربوط به داده MODIS (MCTK)، تصاویر اولیه در سیستم مختصات UTM دارای مختصات هندسی شدند. در روش پیشنهادی، از رفلکتانس<sup>۱</sup> و دمای درخشندگی<sup>۲</sup> استخراج‌شده، در محیط نرم‌افزاری MCTK، استفاده شد. سپس، در محیط نرم‌افزار ENVI، تصویر MODIS به‌اندازه منطقه مورد مطالعه بریده شد. در باند ۱ داده MODIS، بازتاب پیکسل‌های مربوط به آسمان کمتر از ابر است. ابرها با اعمال حد آستانه ۰/۳ بر باند ۱ MODIS استخراج شدند. بدین ترتیب، پیکسل‌هایی که مقدار آن‌ها از ۰/۳ بیشتر است، به‌منزله ابر، استخراج و از پردازش‌ها حذف می‌شوند (Khoshakhlagh et al., 2012).

مشاهدات میدانی جمع‌آوری‌شده داده‌های بیست ایستگاه سینوپتیک در استان خوزستان در نزدیک‌ترین ساعت به زمان دریافت داده MODIS است که از طریق مراجعه حضوری به سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. این مشاهدات شامل کد و مختصات جغرافیایی هر ایستگاه، ارتفاع، درجه حرارت، دید افقی، رطوبت، درصد

جدول ۱. مشاهدات میدانی ایستگاه‌های سینوپتیک

province	name	Station id	lon	lat	Ground elevation	data	temp	Dew Point	visibility
Khuzestan	Abadan	40831	۴۸.۲۱۴۷۲	۳۰.۳۷۷۲	6.6	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	19.7	3.6	10000
Khuzestan	Aghajari	99538	۴۹.۸۲۸۰۵۵۵۶	۳۰.۶۹۶۶۶۶۷	143	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	20	1.7	10000
Khuzestan	Ahvaz	40811	۴۸.۷۴۴۲	۳۱.۳۴۴۲	22.5	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	18.5	3.5	8000
Khuzestan	Ahvaz(agricultural)	99535	۴۸.۵۵	۳۱.۲۵	12	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	19	3.1	10000
Khuzestan	Bandar-E-Mahshahr	40832	۴۹.۱۵۹۱۶۶۶۷	۳۰.۵۴۵۵۵۵۵۶	6.2	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	19	1.8	10000
Khuzestan	Behbahan	40834	۵۰.۲۱۷۲۲۲۲۲	۳۰.۶۰۵۵۵۵۵۶	313	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	18.9	1.1	12000
Khuzestan	Bostan	40810	۴۸.۰۱	۳۱.۷۰۷۷۷۷۸	7.8	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	18.6	4.7	10000
Khuzestan	Dehdez	99527	۵۰.۲۸۱۳۸۸۸۹	۳۱.۷۰۸۳۳۳۳۳	1457	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	10	-3.8	15000
Khuzestan	Gotvand	99513	۴۸.۸۰۸۸۸۸۹	۳۲.۲۲۳۰۵۵۵۶	70	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	16.7	6.9	12000
Khuzestan	Hendijan	99537	۴۹.۷۰۶۳۸۸۸۹	۳۰.۲۴۹۴۴۴۴	3	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	19.4	2	10000
Khuzestan	Hoseyniyeh	99493	۴۸.۲۵۳۸۸۸۸۹	۳۲.۶۶۹۷۲۲۲۲	354	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	15.8	2	10000
Khuzestan	Izeh	99455	۴۹.۸۵۴۴۴۴۴۴	۳۱.۸۴۷۵	767	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	15.4	-2.4	10000
Khuzestan	Lali	99508	۴۹.۰۹۹۷۲۲۲۲	۳۲.۳۳۶۱۱۱۱۱	365	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	15.9	4.2	10000
Khuzestan	Masjedsoleyman	40812	۴۹.۲۴۰۸۳۳۳۳	۳۱.۹۸۳۳۳۳۳۳	320.5	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	16.4	0.4	10000
Khuzestan	Omidiyeh	40833	۴۹.۶۸۷۷۷۷۷۸	۳۰.۷۴۲۵	27	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	18.4	-1.6	10000
Khuzestan	Rmhormoz	40813	۴۹.۵۹۳۸۸۸۸۹	۳۱.۲۷۷۷۷۷۸	150.5	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	18	0.9	10000
Khuzestan	Safiabad	40794	۴۸.۴۳۳۰۵۵۵۶	۳۲.۲۵۳۳۳۳۳۳	82.9	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	16.5	6.2	10000
Khuzestan	shadegan	99456	۴۸.۶۴۱۶۶۶۶۷	۳۰.۶۵۲۲۲۲۲۲	3	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	19.3	4.8	10000
Khuzestan	Shush	99514	۴۸.۳۳۹۴۴۴۴۴	۳۲.۱۹۴۴۴۴۴۴	65	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	17.7	5.4	10000
Khuzestan	shushtar	99446	۴۸.۸۳۳۳۳۳۳۳	۳۲.۰۵	67	۹۰۰۰۱۸۰۱/۱۸/۱	17.4	1.8	10000

1. reflectance      2. brightness temprature

خاص) و مقدار عددی قدر مطلق آن (بدون توجه به مثبت یا منفی بودن مقدار) معرف میزان اختلاف است. در تحقیق حاضر، فضای ویژگی با توجه به تفاضل بین هر دو باند مورد استفاده ایجاد شد. برای نمونه، همان‌طور که در رابطه (۱) مشاهده می‌کنید، با استفاده از باندهای انعکاسی ۱ تا ۷ سنجنده MODIS ویژگی‌های تولیدشده به‌روش تفاضلی به‌شرح زیر است:

$$B_1 - B_2, \dots, B_1 - B_7, B_2 - B_3, \dots, B_2 - B_7, B_3 - B_4, \dots, B_3 - B_7, B_4 - B_5, \dots, B_4 - B_7, B_5 - B_6, \dots, B_5 - B_7, B_6 - B_7.$$

رابطه (۱)

از تمامی حالت‌های تفاضلی بین هفت باند انعکاسی (۲۱ حالت) به‌منظور ایجاد فضای ویژگی استفاده شد. کلیه حالت‌های تفاضلی بین شش باند حرارتی سنجنده MODIS و مورد استفاده در این پژوهش (باندهای ۲۰ تا ۲۳ و همچنین، باند ۳۱ و باند ۳۲)، در مجموع، پانزده موردند. برای هر تصویر MODIS (باندهای انعکاسی ۱ تا ۷ و باندهای حرارتی ۲۰ تا ۲۳ و ۳۱ و ۳۲)، در مجموع، ۳۶ ویژگی تولید شد که هر ویژگی معرف نحوه رفتار بین دو باند مورد استفاده در تولید آن ویژگی است. تأثیر هر یک از ویژگی‌های تولیدشده در نتایج را می‌توان، هوشمندانه و با اعمال وزن، کنترل کرد.

#### ۲-۳-۲- شبکه عصبی مصنوعی

پس از آماده‌کردن ورودی‌های شبکه عصبی مصنوعی (تولید ویژگی به‌روش پیشنهادی)، باید الگوهای پنهان بین ویژگی‌ها شناسایی و پس از آن، دانش تولید شود. برای این منظور، از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) استفاده شد. پرسپترون<sup>۱</sup> چندلایه (MLP) به‌منزله شبکه عصبی پیشرو<sup>۲</sup> با یک یا چند لایه پنهان شناخته می‌شود. الگوریتم پس‌انتشار معروف‌ترین الگوریتم، به‌منظور به‌روزرسانی فعالیت نرون‌ها و وزنشان در

کشوری، مشاهدات میدانی در چهار کلاس قرار گرفت: دید افقی بیشتر از ده کیلومتر (کد ۱)؛ دید افقی بین دو تا ده کیلومتر (کد ۲)؛ دید افقی بین یک تا دو کیلومتر (کد ۳)؛ دید افقی کمتر از یک کیلومتر (کد ۴). هر یک از این چهار دسته به‌منزله یکی از شرایط آب‌وهوایی و با نامی مشخص شناخته می‌شود. کد ۱ «گردوغبار معلق در هوا»، کد ۲ «گردوغبار متوسط»، کد ۳ «گردوغبار برخاسته» و کد ۴ «گردوغبار شدید» نام‌گذاری شده است.

#### ۲-۳-۲- برآزش مدل مناسب به‌منظور استخراج

##### گردوغبار و برآورد هم‌زمان دید افقی

#### ۱-۲-۳- آماده‌کردن ورودی شبکه عصبی به‌روش پیشنهادی

در زمینه تولید ویژگی در حوزه سنجش از دور، تا کنون روش‌های متنوعی مطرح شده است که، از آن جمله، می‌توان به روش‌های آماری، روش‌های تبدیلی مانند PCA، عملیات ریاضی بر باندها شامل تفریق و تقسیم باندها، تولید شاخص و مواردی از این دست اشاره کرد. هدف تمامی این روش‌ها افزایش دقت و کاهش زمان محاسباتی است. پژوهش‌های چندی، با هدف مقایسه روش‌های تولید ویژگی و عملکردشان بر نتایج طبقه‌بندی، انجام شده است (Syrris et al., 2015). در حوزه سنجش از دور، روش‌های تفاضلی و نسبتی بین باندهای گوناگون، به‌سبب کاهش خطاهای سیستماتیک، کاربرد بیشتری دارند.

صعودی یا نزولی بودن رفتار بین دو باند و میزان عددی اختلاف مقادیر رفلکتانس بین آن‌ها دو پارامتر قابل استخراج و بسیار مهم در منحنی طیفی محسوب می‌شود. این دو پارامتر به‌سادگی و از تفاضل مقادیر رفلکتانس بین دو باند حاصل می‌شود؛ بدین ترتیب که علامت مربوط به تفاضل مقادیر دو باند معرف شیب (بیانگر صعودی یا نزولی بودن رفتار بین آن دو باند

1. perceptron  
2. feed-forward



گردوغبار و برآورد دید افقی به صورت همزمان در پژوهش حاضر، هدف استخراج ریزگردها و پارامتر دید افقی از تصاویر MODIS، با کمترین میزان دخالت عامل انسانی است. بنابراین، سعی شد که با برآزش مدلی مناسب و بدون اعمال حد آستانه، اهداف طرح محقق شود. برای این کار، از شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌شود. برآزش مدل بهینه در شبکه عصبی با استفاده از داده‌های آموزشی صورت می‌گیرد. شبکه عصبی بر آن است ارتباط بین ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر و مشاهدات میدانی را شناسایی کند. شبکه عصبی مصنوعی به علت قابلیت مدل‌سازی رفتارهای غیرخطی، آموزش سریع، داشتن فرایند جلوگیری از آموزش بیش‌ازحد و نداشتن محدودیت در تعداد ورودی و خروجی، کاربردهای بسیاری در پردازش تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای دارد. پس از آموزش شبکه عصبی، با استفاده از MLP، مدلی ایجاد می‌شود که قابلیت تشخیص گردوغبار از سایر پدیده‌ها و برآورد دید افقی را، براساس چهار کلاس یادشده، داراست.

#### ۲-۴- روش ارزیابی دقت

رایج‌ترین راه نشان‌دادن دقت نقشه‌های تولیدشده با تصاویر سنجش از دور ارائه درصد سطحی از تصویر است که به درستی طبقه‌بندی شده باشد. درصد دقت کلی نشان‌دهنده درصد واحدهایی است که طبقه‌بندی آن‌ها صحیح است. ماتریس ابهام (CM)<sup>۱</sup>، که با عنوان «ماتریس خطا» یا «ماتریس ارزیابی» نیز شناخته می‌شود، روشی برای ارزیابی دقت است. این ماتریس حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل پیکسل‌های معلوم با پیکسل‌های متناظر در نتایج است. هر پیکسل معلوم با پیکسل متناظرش مقایسه و نتایج یکسان یا یکدیگر جمع می‌شوند و تعداد برجسب‌هایی که با یکدیگر هم‌خوانی ندارند نیز محاسبه خواهد شد (Richards, 1996). روش

1. Confusion Matrix

پرسپترون چندلایه محسوب می‌شود (Mather & Tso, 2010) که، در این تحقیق نیز، به کار گرفته شد. MLPها قادر به ساختن مدل‌های تصمیم‌گیری با آموزش دلخواه‌اند و بر همین اساس، در حوزه تشخیص گردوغبار مفیدند (Taylor et al., 2014). در این پژوهش، از شبکه عصبی MLP سه‌لایه استفاده شده که شامل لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی است. تعداد ورودی‌ها برابر با ابعاد فضای ویژگی و ۳۶ عدد است. داده‌های آموزشی مورد استفاده در این پژوهش در چهار کلاس قرار گرفت؛ بنابراین، لایه خروجی شامل چهار نرون است که مشخص می‌کند پیکسل به کدام یک از چهار کلاس مورد نظر ما تعلق دارد. تعداد لایه‌های پنهان یک پارامتر آزاد است و مقدار آن طبق پیچیدگی مسئله و تعداد کلاس‌های خروجی مشخص می‌شود. وجود یک لایه پنهان در بیشتر مسائل طبقه‌بندی کافی است اما، در صورت افزایش تعداد کلاس‌های خروجی، دو لایه پنهان ممکن است نتیجه دقیق‌تری کسب کند (Mather & Tso, 2010). تعداد بهینه نرون‌ها در لایه پنهان، در مرحله آموزش شبکه عصبی و با استفاده از فرایند تکرار، به دست می‌آید.

#### ۳-۳-۲- آموزش شبکه عصبی مصنوعی

با توجه به جدول ۱، ستون «visibility» معرف دید افقی در هریک از ایستگاه‌هاست. با توجه به توضیحات بخش ۲-۲، مشاهدات میدانی براساس دید افقی به چهار سطح تقسیم شدند. آموزش شبکه عصبی، با کمک مشاهدات میدانی مربوط به پارامتر دید افقی، در ایستگاه‌های سینوپتیک انجام می‌شود. به منظور افزایش دقت، سعی شد اختلاف زمان بین گذر ماهواره (زمان دریافت تصویر MODIS) و مشاهدات زمینی به کمترین میزان برسد.

#### ۴-۳-۲- برآزش مدل مناسب به منظور استخراج

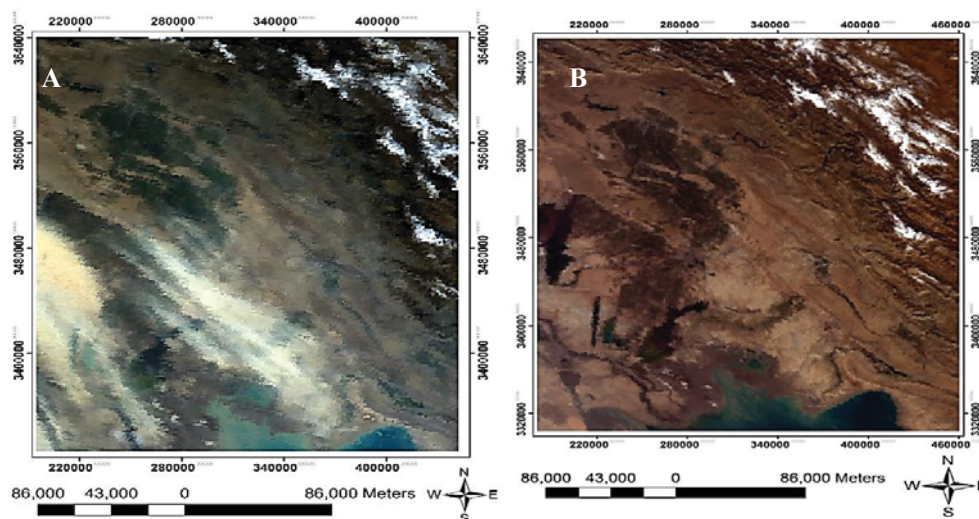
استان محسوب می‌شود و در بیشتر روزهای سال، ریزگردها مهمان ناخوانده این استان‌اند. طول جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و عرض جغرافیایی آن ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه شمالی از خط استواست. در این پژوهش، از دو مجموعه داده MODIS استفاده شد. بخش اول شامل داده‌های توسعه مدل استخراج گردوغبار و بخش دوم شامل داده‌های تست و ارزیابی مدل می‌شود. برای توسعه مدل، تصاویر MODIS ماهواره Terra از هجدهم تا ۲۱ آرم ژانویه ۲۰۱۸ در سطح IB استفاده شد. به منظور تست مدل توسعه یافته در تاریخ یادشده، از تصاویر تاریخ ۲۶ آرم ژانویه ۲۰۱۹ و ۲۸ آرم اکتبر ۲۰۱۸ استفاده شد. همه داده‌ها در لینک <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html> در دسترس‌اند (Xie et al., 2017). تصویر ترکیب رنگی واقعی<sup>۱</sup> تصاویر MODIS از منطقه مورد مطالعه در تاریخ‌های مزبور در شکل ۳ نشان داده شده است.

کمی‌سازی دقت استفاده از درصد دقت کلی است. درصد دقت کلی از تقسیم تعداد ایستگاه‌های سینوپتیکی، که خروجی روش پیشنهادی در آن ایستگاه‌ها و مشاهدات میدانی شبیه هم‌اند، بر تعداد کل ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در محل به دست می‌آید. مقادیر بزرگ‌تر درصد دقت کلی نشان‌دهنده نزدیکی بیشتر خروجی روش پیشنهادی و مشاهدات میدانی است.

### ۳- اجرای روش پیشنهادی

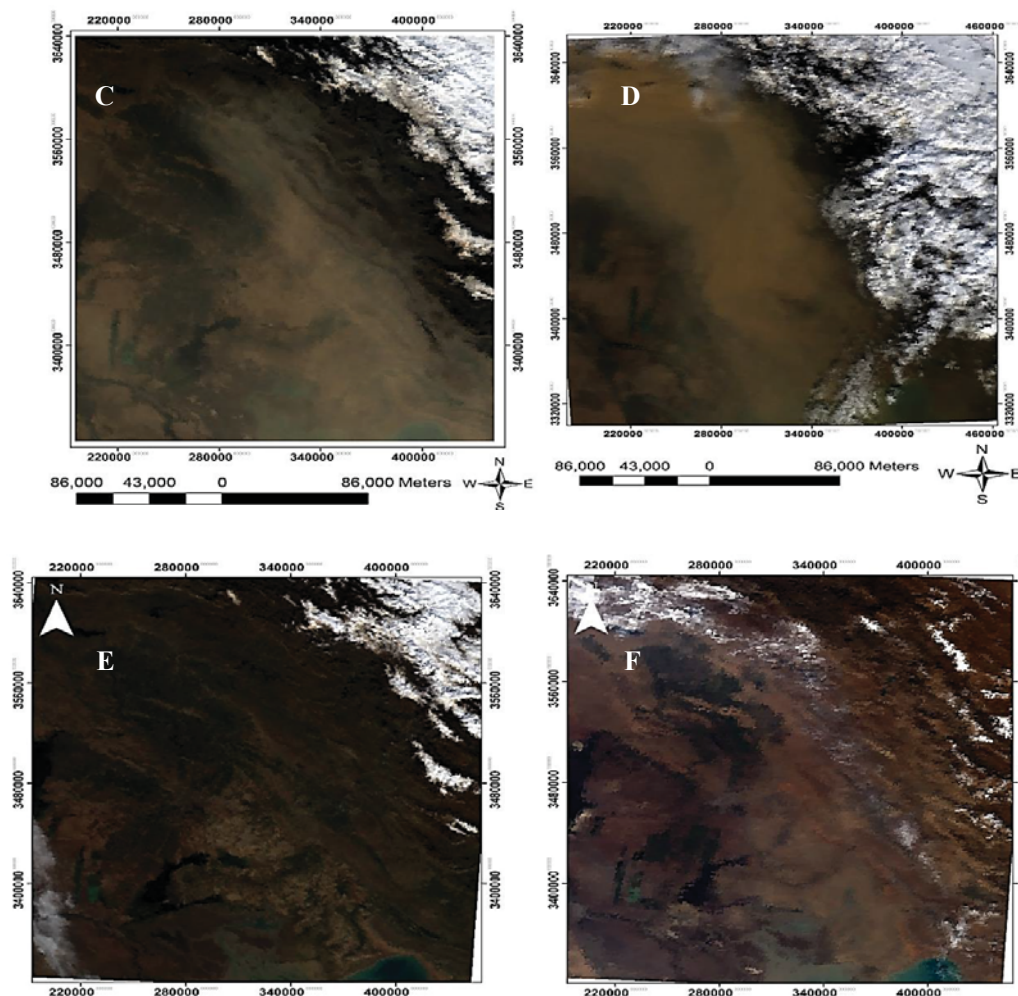
#### ۳-۱- منطقه مطالعاتی

استان خوزستان، به علت هم‌جواری با بیابان‌های عراق و عربستان، در بیشتر روزهای سال با مشکل ریزگردها روبه‌روست. میزان آسیب‌های ناشی از ریزگردها به قدری است که زیرساخت‌های خطوط انتقال برق و انرژی با مشکل جدی مواجه خواهند شد. بنابراین، استان خوزستان منطقه مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شد. پدیده ریزگردها یکی از مشکلات مهم در این



شکل ۳. تصویر واقعی MODIS در هجدهم ژانویه ۲۰۱۸ (A)، نوزدهم ژانویه ۲۰۱۸ (B)، بیستم ژانویه ۲۰۱۸ (C)، ۲۱ آرم ژانویه ۲۰۱۸ (D)، ۲۶ آرم ژانویه ۲۰۱۹ (E)، ۲۸ آرم اکتبر ۲۰۱۸ (F)

1. true color composite



ادامه شکل ۳. تصویر واقعی MODIS در هجدهم ژانویه ۲۰۱۸ (A)، نوزدهم ژانویه ۲۰۱۸ (B)، بیستم ژانویه ۲۰۱۸ (C)، ۲۱م ژانویه ۲۰۱۸ (D)، ۲۶م ژانویه ۲۰۱۹ (E)، ۲۸م اکتبر ۲۰۱۸ (F)

### ۳-۲- اجرا

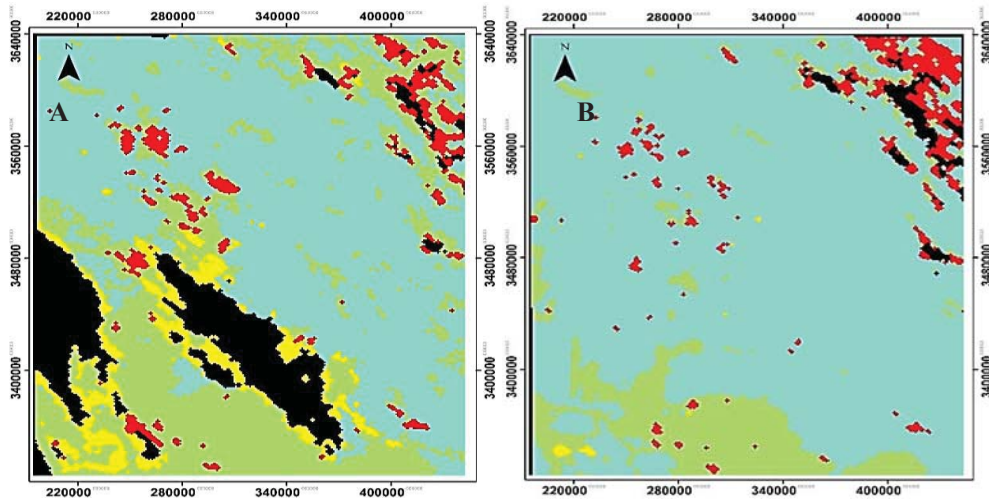
تا ۲۱م ژانویه ۲۰۱۸، به‌منزله داده آموزشی به‌کار رفت. براساس شصت مشاهده میدانی، آموزش شبکه عصبی انجام و مدل مناسب برازش داده شد. همان‌طور که در شکل‌های ۴ و ۵ مشخص است، به‌همه مشاهدات میدانی گردآوری‌شده در روزهای هجدهم و نوزدهم کد ۱ و کد ۲ اختصاص یافته است. مشاهدات میدانی روز بیستم اغلب کد ۳ و کد ۴ و چهارم کد ۲ گرفته‌اند. مشاهدات میدانی روز ۲۱م بیشتر کد ۳ و کد ۴ و دو مورد نیز کد ۲ دریافت کرده‌اند.

پس از پیش‌پردازش، ویژگی‌ها به‌روش پیشنهادی این پژوهش تولید و به‌منزله ورودی شبکه عصبی مصنوعی، استفاده شدند. هر ویژگی تولیدشده یک عدد مشخص است که رفتار نزولی یا صعودی بین مقدار دو باند مورد استفاده در تولید آن ویژگی را نشان می‌دهد. از داده‌های هجدهم تا ۲۱م ژانویه ۲۰۱۸ برای توسعه مدل و از دو تصویر دیگر، به‌منظور ارزیابی مدل توسعه‌یافته استفاده شد. در این تحقیق، پارامتر دید افقی در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان، با کمترین اختلاف زمانی از تصاویر MODIS در هجدهم

استخراج گردوغبار از تصاویر ماهواره‌ای MODIS با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

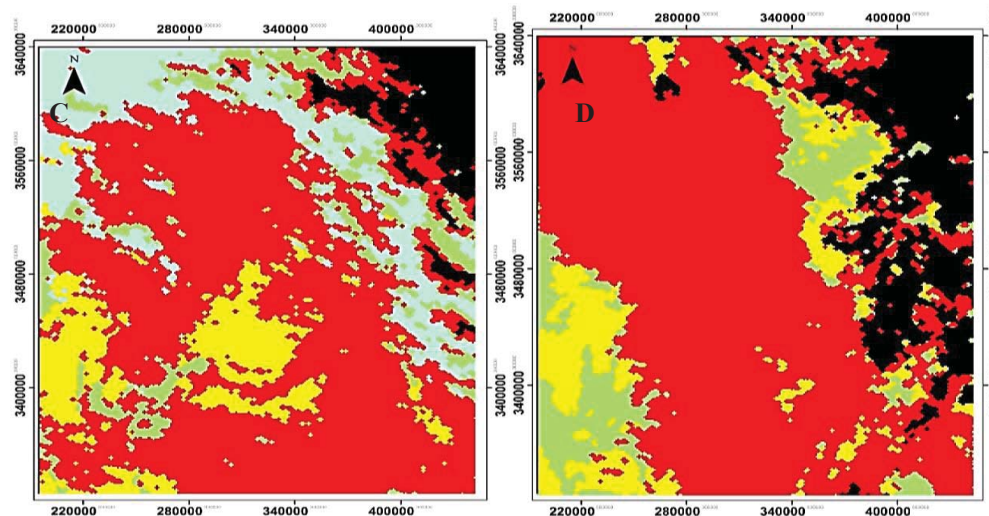
خروجی مدل شامل تقسیم‌بندی تصاویر ورودی به این چهار کلاس می‌شود: کد ۱ با دید افقی بیش از ۱۰۰۰۰ متر؛ کد ۲ با دید افقی ۲۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر؛ کد ۳ با دید افقی ۲۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر؛ کد ۴ با دید افقی ۱۰۰۰-۲۰۰۰ متر؛ کد ۵ با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر (نک: شکل ۴ و ۵).

خروجی مدل شامل تقسیم‌بندی تصاویر ورودی به این چهار کلاس می‌شود: کد ۱ با دید افقی بیش از ۱۰۰۰۰ متر؛ کد ۲ با دید افقی ۲۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر؛ کد ۳ با دید افقی ۲۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر؛ کد ۴ با دید افقی ۱۰۰۰-۲۰۰۰ متر؛ کد ۵ با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر (نک: شکل ۴ و ۵).



شکل ۴. دید افقی تخمین‌زده‌شده در هجدهم ژانویه ۲۰۱۸ (A)، نوزدهم ژانویه ۲۰۱۸ (B)

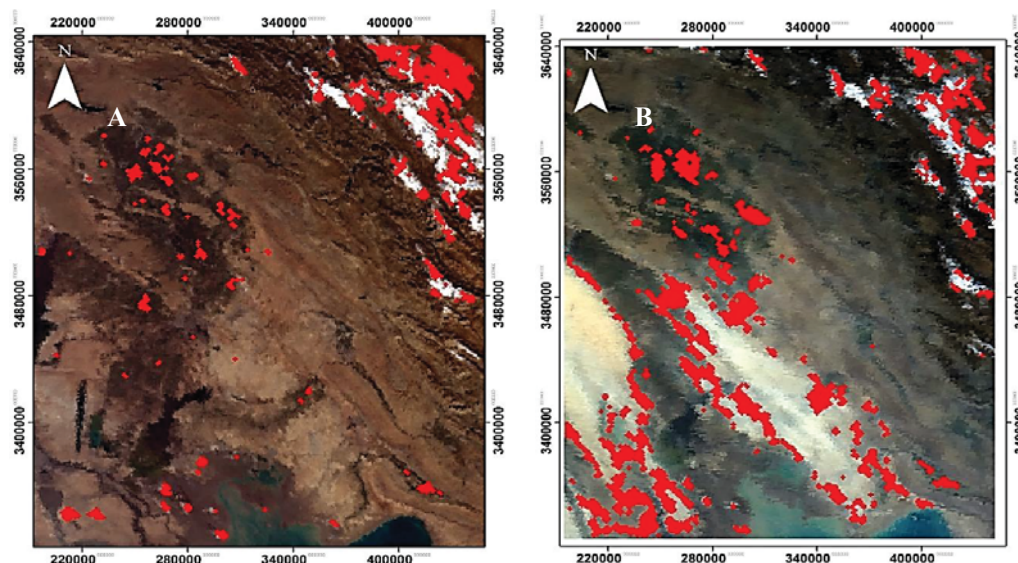
Black	کد ۱
Light Blue	کد ۲
Yellow	کد ۳
Red	کد ۴



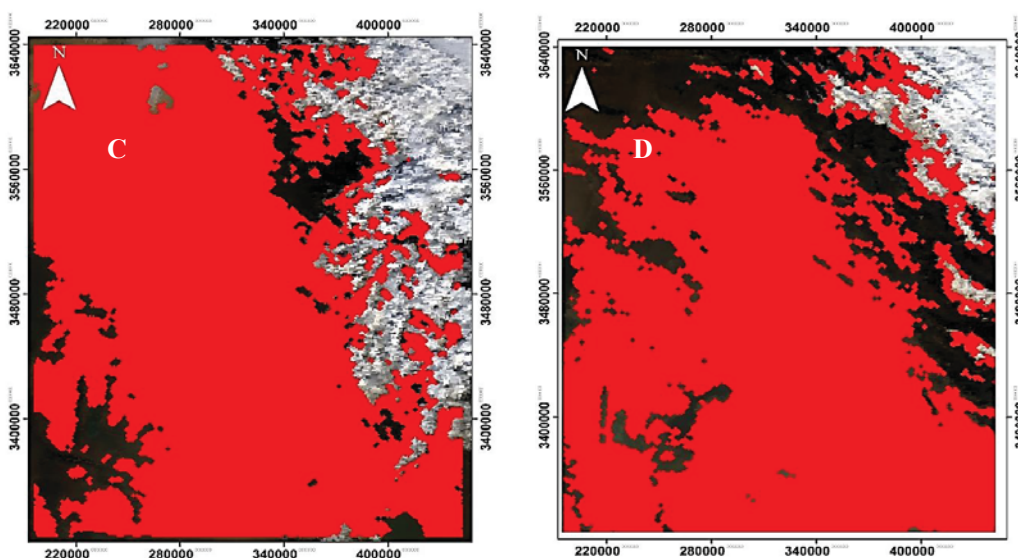
شکل ۵. دید افقی تخمین‌زده‌شده در بیستم ژانویه ۲۰۱۸ (C) و ۲۱م ژانویه ۲۰۱۸ (D)

کشور ایران، مجموع دو کلاس سوم و چهارم معرف مناطق دارای گردوغبار برخاسته و شدید است که در شکل ۶ و ۷ نشان داده شده است.

در طوفان‌های گردوغباری، دید افقی کاهش می‌یابد و به کمتر از ۲۰۰۰ متر می‌رسد. کلاس‌های سوم و چهارم، در مجموع، بیانگر مکان‌هایی با دید افقی کمتر از دو کیلومترند. طبق استانداردهای سازمان هواشناسی



شکل ۶. گردوخاک استخراج‌شده از تصویر MODIS مربوط به هجدهم (A) و نوزدهم (B) ژانویه ۲۰۱۸



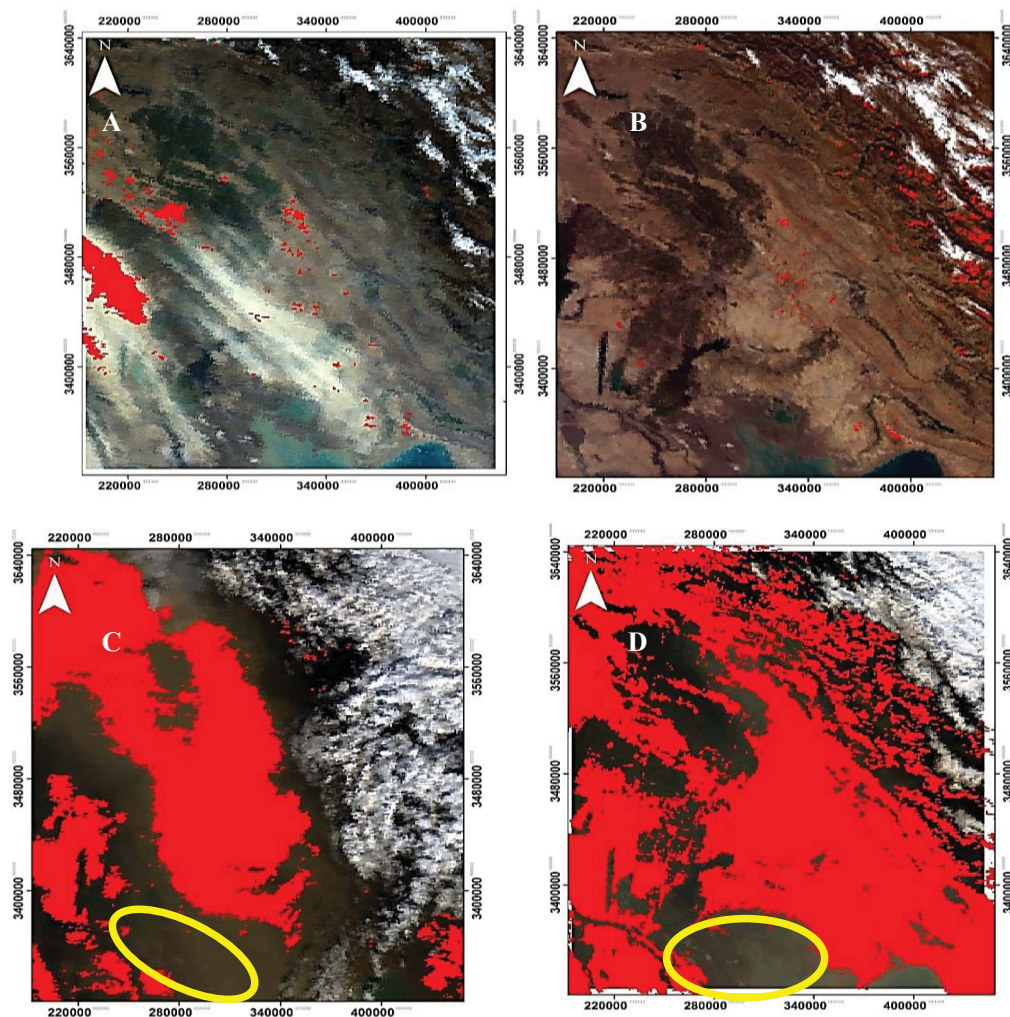
شکل ۷. گردوخاک استخراج‌شده از تصویر MODIS مربوط به بیستم (C) و ۲۱م (D) ژانویه ۲۰۱۸

چهار تصویر هجدهم تا ۲۱م ژانویه ۲۰۱۸، در محیط نرم‌افزار ENVI، اجرا شد.

$$\text{NDDI} = \frac{b_7 - b_3}{b_7 + b_3} \quad \text{رابطه (۲)}$$

به‌روش سعی و خطا و با تکرار، مقدار حد آستانه تعیین و گردوغبار استخراج شد. مقادیر حد آستانه در تصاویر هجدهم تا ۲۱م ژانویه، به ترتیب، ۰/۳۳، ۰/۲۵، ۰/۰۴ و ۰/۰۶ لحاظ و خروجی در شکل ۸ نشان داده شده است.

به‌منظور ارزیابی نتایج این تحقیق با یافته‌های محققان دیگر، همان‌طور که در رابطه (۲) مشاهده می‌کنید، شاخص NDDI اجرا و نتایج مقایسه شد. شاخص گردوغبار تفاضلی نرمال‌شده<sup>۱</sup> شاخصی انعکاسی است که با تفاضل میزان رفلکتانس باندهای ۳ و ۷ سنجنده MODIS محاسبه می‌شود. کو و همکاران (۲۰۰۶)، به‌منظور پایش گردوخاک‌های آسیا، این شاخص را توسعه دادند. این شاخص در مورد هریک از



شکل ۸. گردوخاک استخراج‌شده از تصویر MODIS مربوط به هجدهم (A)، نوزدهم (B) بیستم (C) و ۲۱م (D) ژانویه سال ۲۰۱۸ (NDDI)

### 1. NDDI (Normalized Difference Dust Index)

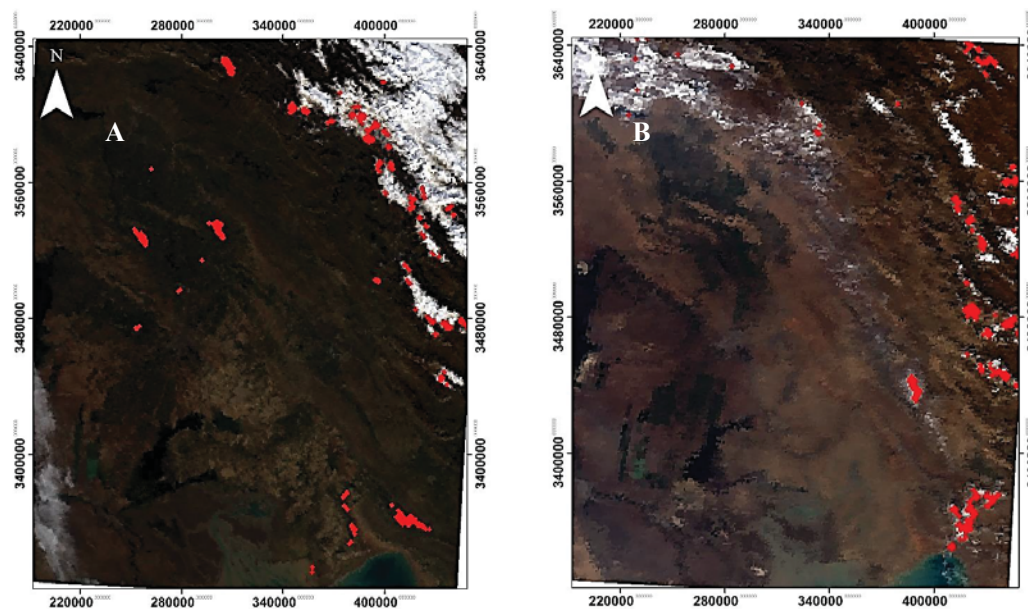
شکل معمولاً به علت غلظت بیشتر بخار آب و گازهای دیگر در منطقه، با عنوان گردوغبار، استخراج می‌شوند. منطقه مورد مطالعه، به علت هم‌جواری با آب و فراوانی میزان بخار آب، اغلب مواقع ابری است و یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر دریافت تصویر بدون ابر از منطقه یاد شده و در زمان مورد نظر است. ابرها، با اعمال فیلتر، ماسک و از فرایند پردازش خارج شدند. اطراف ابرها، به علت فراوان بودن میزان بخار آب، در هر دو روش به‌منزله گردوغبار شناسایی شده است.

### ۳-۳- ارزیابی دقت

به منظور بررسی دقت نتایج، از محصول دید افقی سازمان هواشناسی جمهوری اسلامی ایران (IRIMO) در استان خوزستان استفاده شد. خطای کلی روش پیشنهادی، به ترتیب، ۱۰ و ۱۵ و ۱۰٪ برای تصاویر هجدهم ژانویه، نوزدهم ژانویه، بیستم ژانویه و ۲۱ ژانویه است. ماتریس ابهام مربوط به هر یک از تصاویر ورودی در جدول‌های شماره ۲ تا ۵ نشان داده شده است. با توجه به شباهت شرایط جوی کد ۳ و کد ۴، جداسازی کد ۳ و کد ۴ با خطا همراه است و خطا بیشتر به این موضوع مربوط می‌شود.

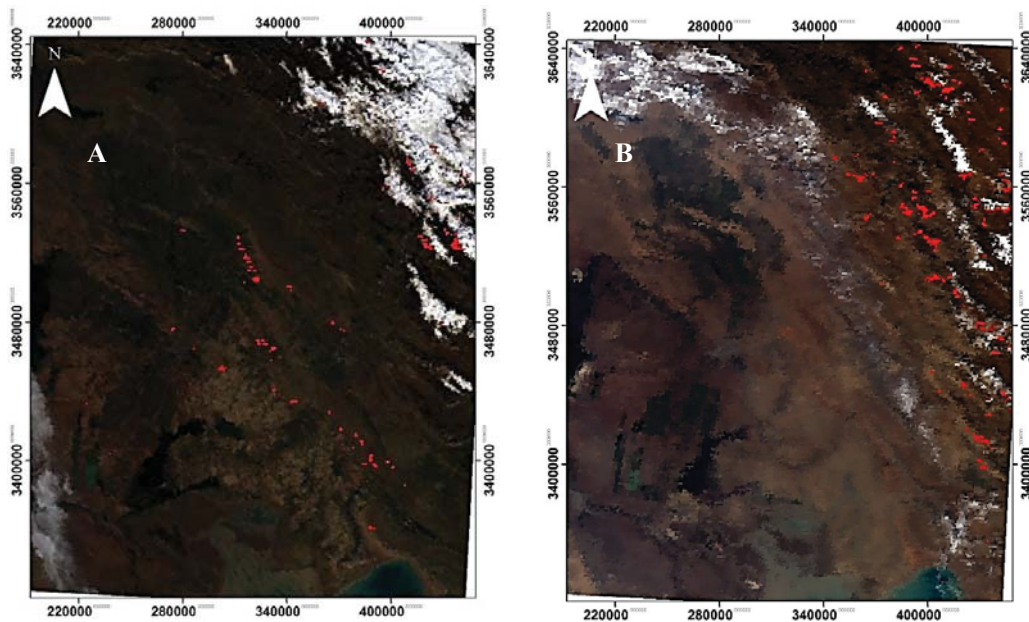
بخش پایینی منطقه مورد مطالعه آب است که، در هیچ‌یک از تصاویر شکل ۸، گردوغبار این قسمت استخراج نشده است (محل دایره‌های زرد رنگ در شکل ۸). از مقایسه تصاویر C و D در شکل‌های ۷ و ۸ نتیجه می‌شود که روش پیشنهادی، در استخراج گردوغبار در پهنه‌های آبی و غیر آبی، موفق‌تر از شاخص NDDI است. برای ارزیابی روش پیشنهادی، مدل توسعه یافته با داده ۲۶م ژانویه ۲۰۱۹ و داده ۲۸م اکتبر ۲۰۱۸ آزموده شد که خروجی در شکل ۹ نشان داده شده است. برای آزمودن دقت، مشاهدات ایستگاه‌های سینوپتیک جمع‌آوری و با خروجی مدل مقایسه شد. دید افقی در تمامی ایستگاه‌ها دارای کد ۱ یا کد ۲ است. لکه‌های قرمز در خروجی‌ها اغلب نشان‌دهنده بخار آب اطراف ابرهاست.

به منظور مقایسه روش پیشنهادی با پژوهش‌های قبلی، از شاخص NDDI استفاده شده است. در استخراج گردوغبار و به‌روش سعی و خطا، به ترتیب، حد آستانه ۰/۳۳ و ۰/۲۵ برای تصاویر A-8 و B-8 در نظر گرفته شد که خروجی آن در شکل ۱۰ نشان داده شده است. خروجی شاخص NDDI نشان می‌دهد که، در منطقه مورد مطالعه، گردوغبار موجود نیست. لکه‌های قرمز در



شکل ۹. گردوغبار استخراج شده از تصویر MODIS در ۲۶م ژانویه ۲۰۱۹ (A) و ۲۸م اکتبر ۲۰۱۸ (B)

استخراج گردوغبار از تصاویر ماهواره‌ای MODIS با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی



شکل ۱۰. گردوغبار استخراج‌شده از تصویر MODIS با استفاده از حد آستانه‌گذاری (NDDI) در ۲۶م ژانویه (A) و ۲۸م اکتبر (B)

جدول ۲. ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر هجدهم

	۱ کد	۲ کد	۳ کد	۴ کد
ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر هجدهم ژانویه	۱ کد	۴۰	۱	۰
	۲ کد	۲	۱۶	۱
	۳ کد	۰	۱	۱۲
	۴ کد	۰	۰	۲

خطای کلی: ۱۰٪

جدول ۳. ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر نوزدهم

	۱ کد	۲ کد	۳ کد	۴ کد
ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر نوزدهم ژانویه	۱ کد	۳۳	۰	۰
	۲ کد	۲	۲۴	۱
	۳ کد	۰	۱	۱۲
	۴ کد	۰	۰	۲

خطای کلی: ۱۰٪

جدول ۴. ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر بیستم

	۱ کد	۲ کد	۳ کد	۴ کد
ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر بیستم ژانویه	۱ کد	۰	۱	۰
	۲ کد	۲	۸	۲
	۳ کد	۰	۲	۱۷
	۴ کد	۰	۰	۳

خطای کلی: ۱۵٪



جدول ۵. ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر ۲۱م

	۱ کد	۲ کد	۳ کد	۴ کد
ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر ۲۱م ژانویه	۱ کد	۸	۱	۰
	۲ کد	۱	۷	۰
	۳ کد	۰	۱	۱۲
	۴ کد	۰	۰	۲
خطای کلی: ۱۰٪				

خروجی مدل مقایسه شد. با مقایسه خروجی روش پیشنهادی و مشاهدات میدانی، خطای کلی، به ترتیب، مقدار ۲۰٪ و ۲۵٪ برای تصاویر ۲۶م ژانویه ۲۰۱۹ و داده ۲۸م اکتبر ۲۰۱۸ محاسبه شد که جزئیاتش در جدول‌های ۶ و ۷ ارائه شده است.

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، به‌منظور ارزیابی روش پیشنهادی و بررسی نقاط ضعف و قوت آن، مدل توسعه‌یافته با داده ۲۶م ژانویه ۲۰۱۹ و داده ۲۸م اکتبر ۲۰۱۸ آزموده شد. برای ارزیابی دقت، مشاهدات ایستگاه‌های سینوپتیک (بیست عدد) جمع‌آوری و با

جدول ۶. ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر ۲۶م ژانویه

	۱ کد	۲ کد	۳ کد	۴ کد
ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر ۲۶م ژانویه ۲۰۱۹	۱ کد	۱۲	۱	۱
	۲ کد	۰	۴	۱
	۳ کد	۰	۰	۰
	۴ کد	۰	۰	۰
خطای کلی: ۲۰٪				

جدول ۷. ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر ۲۸م اکتبر

	۱ کد	۲ کد	۳ کد	۴ کد
ماتریس ابهام مربوط به پردازش تصویر ۲۸م اکتبر ۲۰۱۸	۱ کد	۱۲	۱	۱
	۲ کد	۱	۳	۱
	۳ کد	۰	۰	۰
	۴ کد	۰	۰	۰
خطای کلی: ۲۵٪				

#### ۴- نتیجه‌گیری

امکانات بسیاری برای استخراج گردوغبار دارد. همچنین، می‌تواند گردوغبار روی سطح زمین و دریا را هم‌زمان شناسایی و دید افقی را برآورد کند. روش‌هایی چون شاخص NDDI به تعیین حد آستانه نیازمند است و حد آستانه، با تغییر زمان و مکان، به‌شدت متغیر است. از محاسن روش پیشنهادی، در مقایسه با شاخص NDDI، این است که به تعریف حد آستانه نیاز ندارد. به‌علاوه،

در زمینه استخراج گردوغبار و پیش‌بینی طوفان‌های گردوخاک و نیز سیستم‌های هشدار طوفان، صمدی و درویشی (۲۰۱۴) مدلی با عملکرد مناسب و مستقل از تغییرات زمانی، در تصاویر ماهواره‌ای، توسعه دادند. در مقایسه با دیگر روش‌های توسعه‌یافته استخراج گردوغبار و طوفان، روش پیشنهادی این تحقیق به تعیین و تدقیق مقدار حد آستانه نیازمند نیست و

- Butt, M.J. & Mashat, A.W.S., MODIS satellite data evaluation for sand and dust storm monitoring in Saudi Arabia, 2018, International Journal of Remote Sensing, DOI: 10.1080/01431161. 2018.1488293
- Christopher, S. & Jones, T., 2010, **Satellite and Surface-based Remote Sensing of Saharan Dust Aerosols**, Remote Sensing Environment, 114, PP. 1002-1007.
- El-ossta, E., Qahwaji, R. & Ipson, S.S., 2013, **Detection of Dust Storms Using MODIS Reflective and Emissive Bands**, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 6, No.6.
- Han, Y., Dai, X., Fang, X., Chen, Y. & Kang, F., 2008, **Dust Aerosols: A Possible Accelerant for an Increasingly Arid Climate in North China**, J. Arid Environ. 2008, 72, PP. 1476-1489.
- Hao, X. & Qu, J., 2007, **Saharan Dust Storm Detection Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Thermal Infrared Bands**, J. Appl. Remote Sens., 1, P. 013510.
- Huang, J., Ge, J. & Weng, F., 2007, **Detection of Asia Dust Storms Using Multisensory Satellite Measurements**, Remote Sensing Environment, 110, PP. 186-191.
- Husar, R., 2001, **Asian Dust Events of April 1998**, J. Geophys. Res., 106, PP. 18317-18330.
- IPCC, 2014, **Intergovernmental Panel on Climate Change**, Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>>.
- Khoshakhlagh, F., Najafi, M.S. & Samadi, M. 2012, **An Analysis on Synoptic Patterns of Springtime Dust Occurrence in West of Iran**, Physical Geography Research Quarterly, 2(80), PP. 99-124.
- Maher, B.A., Prospero, J.M., Mackie, D., Gaiero, D., Hesse, P. & Balkanski, Y., 2010, **Global Connections between Aeolian Dust, Climate and Ocean Biogeochemistry at the Present Day and at the Last Glacial Maximum**, Earth. Sci. Rev., 99(1-2), PP. 61-97, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.12.001>>.
- به‌منظور بررسی وابستگی روش پیشنهادی به تغییرات زمانی، مدل توسعه‌یافته، در یک زمان، در زمان دیگر به‌کار رفت. در این حالت، دقت برآورد دید افقی اندکی کاهش یافت. با توجه به اینکه کد ۳ و کد ۴، در مجموع، بیانگر گردوغبار است؛ دقت استخراج گردوغبار کاهش چندانی ندارد زیرا روش پیشنهادی معمولاً در تشخیص بین کد ۱ و کد ۲ و نیز، بین کد ۳ و کد ۴ دارای خطاست. محدودیت روش پیشنهادی در خودکار شدن فرایند مشاهدات میدانی است که، با اتصال به دیتابیس سازمان هواشناسی، این محدودیت از بین خواهد رفت. به‌عبارت دیگر، روش پیشنهادی پتانسیل‌های بسیاری در استخراج خودکار طوفان‌های گردوغبار دارد.

#### ۵- منابع

فخرایی پور، م.، ۱۳۹۰، بررسی ارتباط بین پدیده گردوغبار و پارامترهای هواشناسی در جنوب غرب ایران و تحلیل سینوپتیکی و دینامیکی آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

- Ackerman, S., 1989, **Using the Radiative Temperature Difference at 3.7  $\mu\text{m}$  and 11  $\mu\text{m}$  to Trace Dust Outbreaks**, Remote Sensing Environment, 27, PP. 129-133.
- Ackerman, S., 1997, **Remote Sensing Aerosols Using Satellite Infrared Observations**, J. Geophys. Res., 102, PP. 17069-17080.
- Badarinath, K., Kharol, S., Kaskaoutis, D. & Kambezidis, H., 2007, **Case Study of Adust Storm over Hyderabad Area, India: Its Impact on Solar Radiation using Satellite Data and Ground Measurements**, Sci. Total Environ. 2007, 384, PP. 316-332.
- Baddock, M., Bullard, J. & Bryant, G., 2009, **Dust Source Identification Using: A Comparison of Techniques Applied to the Lake Eyre Basin, Australia**, Remote Sensing Environment, 113, PP. 1511-1528.

- Mather, P. & Tso, B., 2010, **Classification Methods for Remotely Sensed Data**, CRC press.
- Miller, S., 2003, **A Consolidated Technique for Enhancing Desert Dust Storms with MODIS**, *Geophys. Res. Lett.*, 30(20).
- Qu, J., Hao, X., Kafatos, M. & Wang, L., 2006, **Asian Dust Storm Monitoring Combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurements**, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letter*, 3(4), PP. 484-486.
- Reza, S. & Ma, J., 2016, **ICA and PCA Integrated Feature Extraction for Classification**, in *IEEE 13th Int. Conf. on Signal Processing (ICSP '16)*, PP. 1083-1088.
- Richards, J.A., 1996, **Classifier Performance and Map Accuracy**, *Remote Sensing of Environment*, 57, PP. 161-166.
- Roskovensky J. & Liou, K., 2005, **Differentiating Airborne Dust from Cirrus Clouds Using MODIS Data**, *Geophys. Res. Lett.*, 32, P. L12809.
- Salomonson, V., Barnes, W., Maymon, P., Montgomery, H. & Ostrow, H., 1989, **MODIS: Advanced Facility Instrument for Studies of the Earth as a System**, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 27, PP. 145-153.
- Samadi, M. & Darvishi Boloorani, A., 2014, **Global Dust Detection Index (GDDI); A New Remotely Sensed Methodology for Dust Storms Detection**, *Journal of Environmental Health Science & Engineering*.
- Schatkashani, S., Vazifiedoust, M., Kamali, Gh. & Bidokhti, A.A., 2016, **Dust Detection and AOT Estimation Using Combined VIR and TIR Satellite Images in Urban Areas of Iran**, *Scientia Iranica A*, 23(5), PP. 1984-1993.
- Shao, Y. & Dong, CH., 2006, **A Review on East Asian Dust Storm Climate, Modelling and Monitoring**, *Global Planet Change*, 52, PP. 1-22.
- Syrris, V., Ferri, S., Ehrlich, D. & Pesaresi, M., 2015, **Image Enhancement and Feature Extraction Based on Low-resolution Satellite Data**, *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 8(5), PP. 1986-1995.
- Taylor, M., Kazadzis, S., Tsekeri, A., Gkikas, A. & Amiridis, V., 2014, **Satellite Retrieval of Aerosol Microphysical and Optical Parameters Using Neural Networks: A New Methodology Applied to the Sahara Desert Dust Peak**, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, PP. 3151-3175.
- Tegen, I. & Lacis, A.A., 1996, **Modeling of Particle Size Distribution and its Influence on the Radiative Properties of Mineral Dust Aerosol**, *J. Geophys. Res.*, 101, PP. 19237-19244.
- Xie, Y., 2009, **Detection of Smoke and Dust Aerosols Using Multi-sensor Satellite Remote Sensing Measurements**, PhD dissertation: Georgia Mason University.
- Xie, Y., Zhang, W. & Qu, J.J., 2017, **Detection of Asian Dust Storm Using MODIS Measurements**, *Remote Sensing* 2017, 9(8), P. 869.
- Yang, L. & Ronggao, L., 2011, **A Thermal Index from MODIS Data for Dust Detection**, *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 978(1), PP. 4577-1005.