

## شناسایی منابع ماسه‌های بادی ارگ نوق با استفاده از تحلیل باد و مورفومتری ذرات ماسه

**مهران مقصودی:** استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران \*  
**مجتبی یمانی:** دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
**ناصر مشهدی:** استادیار مرکز بین‌المللی تحقیقات همزیستی با کویر، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
**مهدی تقی‌زاده:** کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
**سمیه ذهاب ناظوری:** دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

### چکیده

جلوگیری از حرکت رسوبات بادی در مناطق برداشت، یک کار بنیادی است و عملیات اجرایی باید در منطقه برداشت بیشتر متمرکز شود. به منظور منشأیابی رسوبات بادی منطقه ارگ نوق، از روش گام به گام (اریفر) استفاده شد. این کار طی دو مرحله انجام می‌گیرد. ابتدا جهت یابی مناطق برداشت و سپس مکان یابی به منظور جهت یابی قطاع برداشت منطقه ارگ نوق. ابتدا اطلاعات مربوط به جهت طوفان‌های گرد و خاک منطقه با تکمیل پرسشنامه از ساکنان محدوده اطراف ارگ به دست آمد. سپس تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی مربوط به دو دوره زمانی با یکدیگر مقایسه شد و با استفاده از تصویر ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرائی، مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ارگ، تعیین گردید. در نهایت، با مطالعه رژیم باد و رسم گلباده‌ها، بادهای فرساینده و مؤثر در تشکیل تپه‌های ماسه‌ای شناسایی شد. پس از مشخص شدن قطاع برداشت (جنوب‌غربی و شمال‌شرقی)، مرحله مکان‌یابی نقاط برداشت آغاز گردید. در این مرحله با نمونه برداری از رسوبات، اقدام به مطالعه کانی شناسی و مورفوسکپی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای نموده و ارتباط ژنتیکی عناصر با یکدیگر بررسی گردید. ابزارهای این پژوهش شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه، نرم افزارهای GIS و Wind Rose Plote است. نتایج با توجه به شواهد مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای همانند: سیف‌ها (در بخش جنوب شرقی) و پیکان‌های ماسه‌ای و برخان‌ها در بخش غربی منطقه، شدید بودن میزان انرژی باد جنوب‌غربی را نشان می‌دهد. همچنین وجود درصد زیاد کانی‌های آذرین (کانی سنگین) در نمونه‌های بخش غربی، زیاد بودن میانه قطر نمونه‌ها (۲۹۳ میکرون)، رابطه میانگین قطر ذرات با فاصله حمل (کمتر از ۲۰ کیلومتر)، کج شدگی برخی نمونه‌ها به سمت ذرات درشت دانه، ضرایب گردش‌دگی نیمه‌زاویه دار را در اکثر نمونه‌ها نمایش می‌دهد. همچنین ضرایب هاله مانند: نمونه‌ها نماینده حمل آنها توسط آب بوده و نشان دهنده این واقعیت است که منشاء رسوبات تپه‌های ماسه‌ای در منطقه نزدیک و از سطوح مخروط افکنه (دشت‌سر) و اراضی زراعی متروکه واقع در شرق منطقه و همچنین بستر رودخانه شور و سطوح دشت‌سر در بخش جنوب غرب و غرب منطقه است.

**واژه‌های کلیدی:** تپه‌های ماسه‌ای، ژئومورفولوژی، فرسایش بادی، منشأیابی، دشت نوق

### مقدمه

از تنوع اکولوژیکی آن کاسته و پوشش گیاهی با تراکم کم بر روی آن استقرار یافته است. فقر پوشش گیاهی، به باد این اجازه را می‌دهد که به راحتی بر سطح خاک

بیش از دوسوم مساحت ایران را اراضی خشک و نیمه خشک فراگرفته است. کمبود بارش در این مناطق

نقاط برداشت رسوبات را رخساره‌های فرسایشی و ناهمواری‌های شلجمی شکل معرفی کرد. قانعی بافقی (۱۳۷۹) با مطالعه در تپه‌های ماسه‌ای جنوب بافق عمده‌ترین مناطق برداشت را مسیل رودخانه شور و آبراهه‌های فرعی متعدد در شرق این مسیل معرفی کرد. معماریان خلیل‌آباد (۱۳۸۳) به مطالعه منشأ رسوبات بادی منطقه رفسنجان پرداخت وی با استفاده از روش گام به گام مهم‌ترین منشأ رسوبات بادی منطقه را دشت سرهای آپانداز و پوشیده منطقه رفسنجان و بستر رودخانه‌های شاهزاده عباس، کبوترخان و شور مرادیه معرفی کرد.

پاتریک پیز<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۹) با مطالعه بر روی تپه‌های ماسه‌ای و شناسایی مسیر انتقال آنها با استفاده از داده‌های لندست TM در کشور عمان بدین نتیجه رسید که این داده‌های ماهواره‌ای در تفسیر و شناخت ژئومرفیک بیابان، محیط‌های رسوب‌گذاری بادی و جداسازی این محیط‌های رسوبی به لحاظ کانی‌شناسی و بسط و گسترش شناخت کانی‌شناسی ماسه‌ها از حالت نقطه‌ای (نمونه‌برداری نقطه‌ای) به حالت سطحی بسیار کارایی دارد.

سیلوستر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی مورفولوژی تپه‌ها در شرق منطقه تاماسیا<sup>۳</sup> (مسیر حمل ماسه و مناطق احتمالی منشأ را شناسایی کردند، ایشان خاطر نشان کردند که پیچیدگی الگوی تپه‌ها می‌تواند تغییرات شدید رژیم باد را نشان دهد.

کاوش کرده و سالانه مقادیر فراوانی از خاک سطحی را با خود از نقطه ای به نقطه دیگر حمل کند (احمدی، ۱۳۷۸، ص ۲۹۳). در فرسایش بادی سه منطقه برداشت، حمل و رسوب‌گذاری وجود دارد. جلوگیری از حرکت رسوبات در منطقه برداشت یک کاربنیادی است و عملیات اجرایی بایستی بیشتر در منطقه برداشت متمرکز شود (معماریان خلیل‌آباد و همکاران، ۱۳۸۷، ص ۲۷). جهت تثبیت مناطق برداشت تپه‌های ماسه‌ای نیاز به شناخت محدوده‌های برداشت می‌باشد. حاکمیت فرسایش بادی، تجمع و حرکت ذرات ماسه که به روستاهای منطقه، اراضی زراعی و باغات پسته، کانال‌های آبیاری در منطقه خسارات سنگینی وارد می‌نماید و همواره کنترل آن مورد توجه مسئولین و دست‌اندرکاران منطقه بوده، علت انتخاب موضوع تحقیق حاضر است. در زمینه منشأیابی رسوبات بادی تاکنون تحقیقات نسبتاً زیادی در داخل و خارج از کشور و با روش‌های مختلف انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

اختصاصی و همکاران (۱۳۷۵) به بررسی منشأ رسوبات دشت یزد- اردکان پرداختند. در این مطالعه از یک روش ابداعی به نام منشأیابی گام به گام استفاده شده که در آن از فاکتورهای متعددی برای تعیین منشأ استفاده می‌شود. در این روش ابتدا جهتی که رسوبات به سمت محل ترسیب حمل می‌شود (قطاع برداشت) مشخص شده و سپس داخل این قطاع نقاط حساس به فرسایش تعیین می‌گردند. صادقی نژاد (۱۳۷۸) با کمک روش گام به گام در دشت نرماشیر عمده‌ترین

1- Patrick P. Pease et al, 1999  
2- Silvestro et .S. et al, 2010  
3-Thaumasia

۰۵ دقیقه و ۲۴ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته و از طریق جاده موصلاتی نوق- انار قابل دسترسی است از شمالشرق به مخروط افکنه های کوهستان داوران و از طرف جنوبغربی به سطوح پوشیده پدیمت بدبخت کوه منتهی می شود (شکل ۱). مساحت منطقه ۴۰ کیلومترمربع، ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۰۰ متر، متوسط بارندگی سالانه ۹۱ میلیمتر و متوسط دمای سالیانه منطقه ۱۸ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است. تیپ اقلیم منطقه براساس سیستم اقلیم نمای دومارتن، خشک است. منطقه از لحاظ زمین‌شناسی دارای سازندهایی چون کنگلومرا، سنگ آهک، شیل، مارن، ماسه سنگ، داسیت، آندزیت و رسوبات عهد حاضر که بیشتر بخش‌های دشت را در بر گرفته می‌باشند. در بخش غربی منطقه نیز رودخانه شور بصورت فصلی در جریان بوده که از ارتفاعات شمال شرقی شهرستان انار و قنات‌های واقع در ۵۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان رفسنجان سرچشمه گرفته و در نهایت در جنوب غربی شهرستان بافق به کویر درانجیر می‌ریزد (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۳، ص ۲۳۵).

(اریک<sup>۱</sup> وهمکاران، ۲۰۰۹، ۳) به بررسی نقش بادهای دوجته در شکل‌گیری تلماسه‌ها در صحرای سینا (مصر) پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که بادهای دوجته با زاویه ۱۲۰ درجه باعث ایجاد تلماسه‌های سیف می‌شوند و برآیند این دو باد جهت حرکت ماسه را نشان می‌دهد.

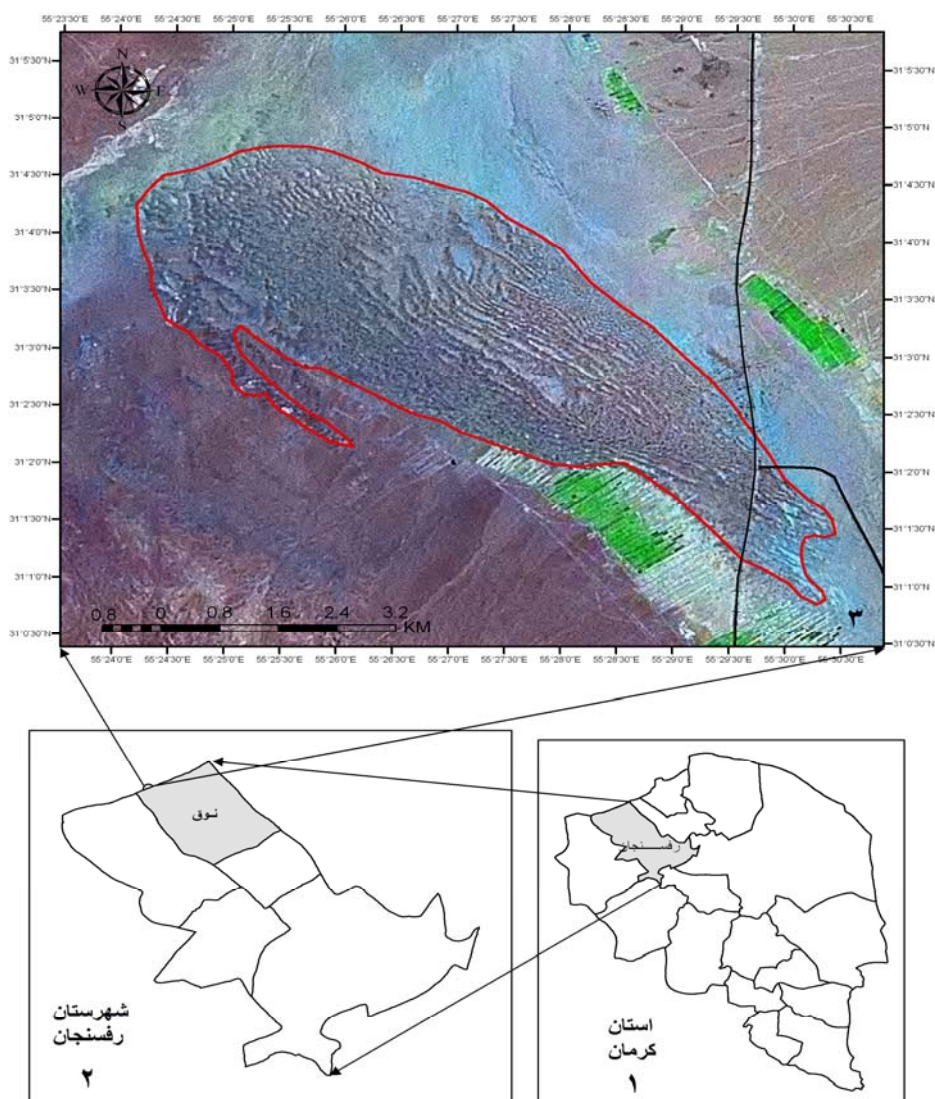
به طور کلی نتایج تحقیقات فوق نشان می‌دهد که مطالعه مورفولوژی و رسوبشناسی تپه‌های ماسه‌ای، رژیم باد و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مناطق برداشت ماسه کارایی دارند.

هدف این پژوهش شناسایی مناطق برداشت رسوبات تپه‌های ماسه‌ای به منظور عملیات کنترل و تثبیت ماسه‌های روان و کاهش خسارات فرسایش بادی در منطقه می‌باشد. فرضیه تحقیق بر این پایه استوار بوده است که مهمترین جهت نقل و انتقال ماسه در منطقه منطبق با بادهای غالب می‌باشد و سطوح مخروط افکنه‌های اطراف ریگ و بستر رودخانه شور مهمترین منشاء ماسه‌های منطقه هستند.

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه نوق از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده شهرستان رفسنجان قرار گرفته و از جزء حوضه آبریز کویر درانجیر است (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۳، ص ۲۷۳). منطقه مورد مطالعه ما بین ۵۵ درجه و ۲۳ دقیقه و ۲۴ ثانیه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه و ۴۸ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه تا ۳۱ درجه

1 Eric et al, 2009

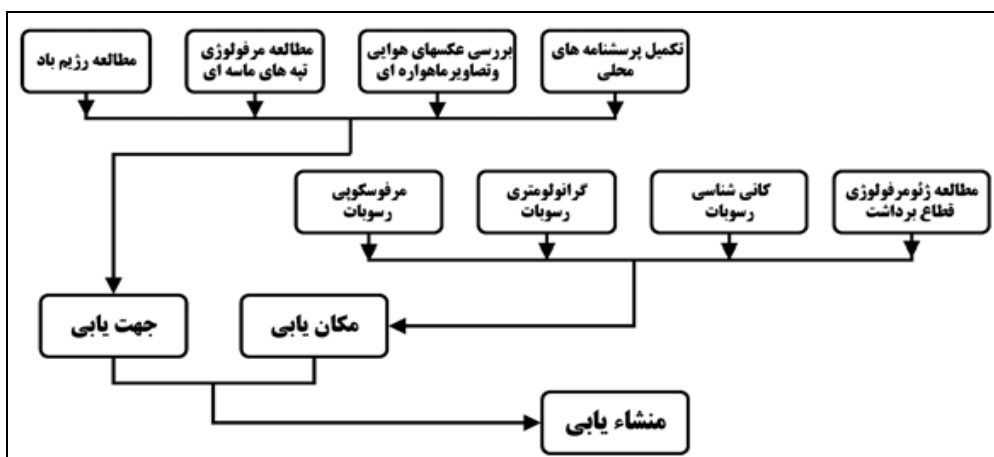


شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده ارگ نوق

شد. در این روش منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در دو مرحله انجام می‌گیرد (شکل ۲):

### مواد و روش‌ها

روش منشأیابی: به منظور منشأیابی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای منطقه ارگ نوق از روش گام به گام استفاده



شکل ۲- نمودار جریان‌ی روش منشأیابی گام به گام (معماریان خلیل آباد و همکاران، ۱۳۸۳، ص ۲۹)

### ۱- جهت یابی قطاع برداشت

جهت یابی قطاع برداشت با توجه به مطالعات زیر انجام شد:

جمع‌آوری اطلاعات مربوط به بادهای منطقه با استفاده از تکمیل پرسش‌نامه از ساکنین محدوده اطراف ارگ

در مجموع، در محدوده اطراف تپه‌های ماسه‌ای ۱۰ پرسش‌نامه تکمیل شد که افراد پرسش شونده شامل کسانی بودند که حداکثر به فاصله ۱۰-۵ کیلومتر از تپه‌های ماسه‌ای ساکن و یا کشاورز بودند.

بررسی و مقایسه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دوره‌های مختلف زمانی به منظور بررسی و مطالعه میزان و جهت گسترش ارگ در طی سال‌های گذشته و پی‌بردن به جهت جغرافیایی نقاط برداشت بهترین روش بررسی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای است که در زمانهای مختلف از ارگ گرفته شده است. بنابراین، در این مرحله عکس‌های هوایی با مقیاس ۱/۵۵۰۰۰ در سال ۱۳۳۴، و همچنین عکس‌های هوایی ۱/۴۰۰۰۰ در سال ۱۳۸۱ با یکدیگر و تصاویر

ماهواره‌ای TM سال ۱۹۹۶، ماهواره لندست سنجده ETM سال ۲۰۰۳ و IRS-P5 سال ۲۰۰۵ نیز با هم مقایسه و محدوده گسترش بر روی آنها مشخص گردید.

### مطالعه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ارگ نوق

به منظور بررسی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی استفاده گردید. در این مرحله می‌توان علاوه بر مشخص کردن نوع و میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای، جهت بادهای فرساینده و حمل رسوب را نیز مشخص نمود.

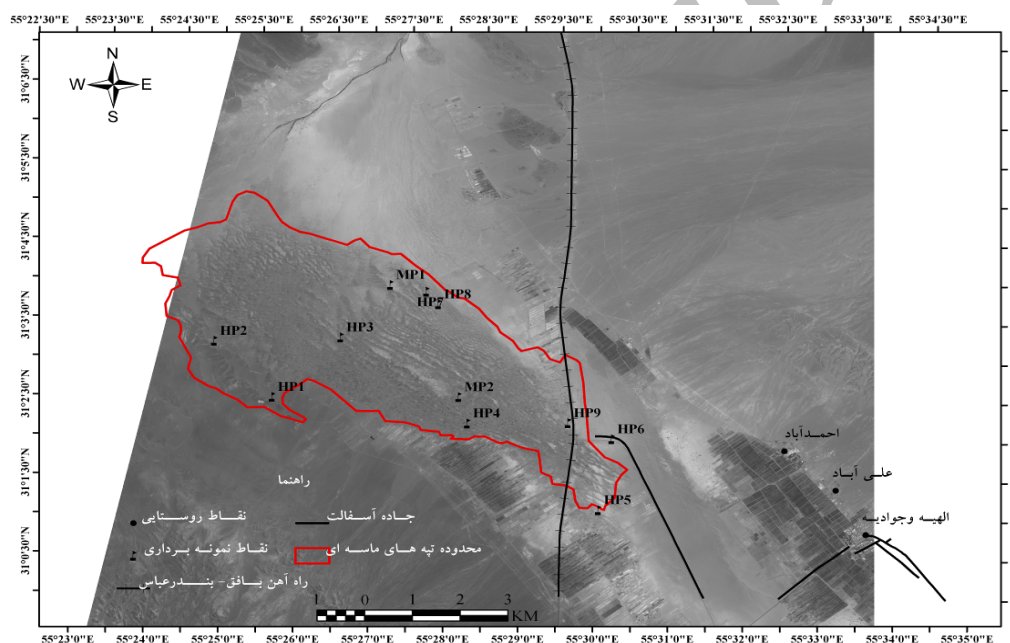
مطالعه رژیم باد و شناسایی بادهای فرساینده و موثر در تشکیل تپه‌های ماسه‌ای در این مرحله با کمک آمار باد روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک انار و بافق، گلبادهای ماهانه این ایستگاه‌ها ترسیم و بادهای شدید و فرساینده موجود در منطقه شناسایی شد.

## ۲- مکان یابی نقاط برداشت

پس از تعیین قطاع برداشت باید داخل آن در جستجوی نقاط برداشت بود. نقاط برداشت نقاطی هستند که حساس به فرسایش بوده و در هنگام طوفان به طور فعال رسوبات بادی را به جریان هوا وارد می‌کنند. برای شناسایی این مناطق مطالعات متعددی انجام می‌گیرد و از شاخص‌هایی استفاده می‌شود که در زیر تشریح شده است.

## نمونه‌برداری و تعیین شاخص‌های دانه‌بندی عناصر قطاع برداشت

در این مرحله به منظور بررسی شاخص‌های دانه‌بندی (گرانولومتری)، اقدام به نمونه‌برداری از تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه گردید. در شکل ۳ نقاط نمونه برداری نشان داده شده است.



شکل ۳- نقشه نقاط نمونه برداری شده

طوری انتخاب گردید که قطر سوراخ‌های هر الک تقریباً نصف قطر سوراخ‌های الک قبلی باشد. در پایان، شاخص‌های دانه‌بندی از جمله میانگین قطر ذرات، میانه قطر، جورشدگی و کج شدگی (چولگی) نمونه‌ها براساس روش جامع ترسیمی فولک محاسبه گردید.

نمونه‌ها از سه نقطه تپه، شامل دامنه روبه باد، دامنه پشت به باد و رأس تپه برداشته شده و سپس از مخلوط آنها یک نمونه گرفته شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با استفاده از الک‌های ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۳، و کمتر از ۶۳ میکرون از هر نمونه ۱۰۰ گرم الک شد و محتوی رسوب باقی مانده بر روی هر الک به دقت وزن گردید. به منظور تعیین بهتر پارامترهای آماری مربوط به آنها ترتیب الک‌ها

بالا در چهار نمونه HP2, HP9, HP5, MP1 که مربوط به اطراف ارگ بود، استفاده شد و از طریق روش مشاهده میکروسکوپی درصد کانی‌های غالب در بین این نمونه‌ها استخراج گردید.

### یافته‌های تحقیق

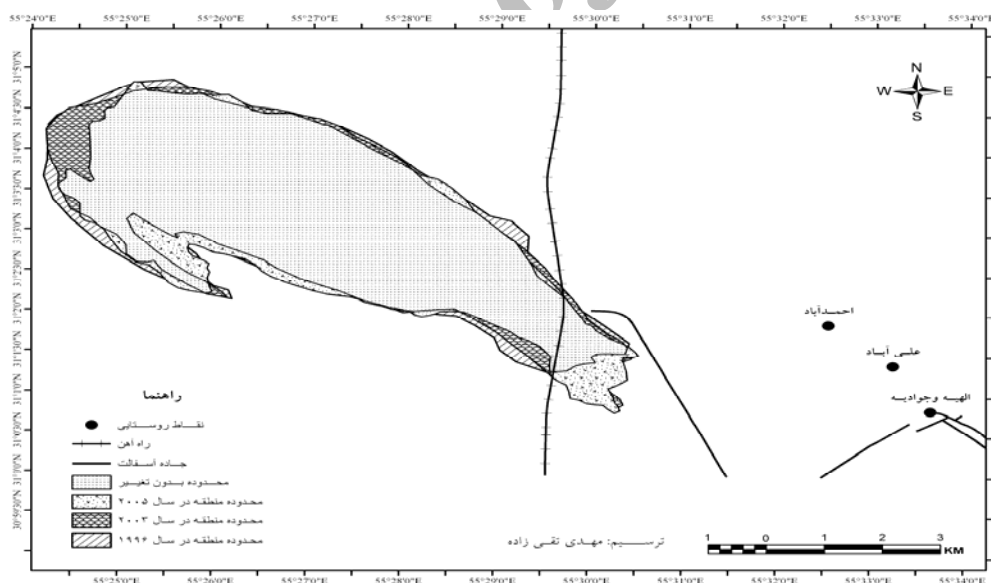
الف) نتایج حاصل از جهت‌یابی قطاع برداشت با توجه به نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌ها مشخص گردید که در این منطقه چهار نوع باد وجود دارد. نام محلی این باده‌ها شامل: باد قبله (جنوب‌غربی)، باد امام رضا (شمال شرقی)، باد بالا یا بهرمانی (جنوب شرقی)، و باد یزدی (شمال‌غربی) می‌باشند.

### بررسی مرفوسکوپی عناصر تپه‌های ماسه‌ای

به منظور بررسی مرفوسکوپی عناصر موجود در رسوبات تپه‌های ماسه‌ای و تعیین معیارهایی نظیر میزان گردش‌دهی ذرات و بافت سطحی (درخشندگی) از دانه‌های کوارتز با قطر ۲۵۰-۱۲۵ میکرون استفاده شد. بدین منظور برای هر نمونه حدود ۲۵ دانه کوارتز انتخاب و براساس جدول پیشنهادی (مشهدی، ۱۳۸۶، ص ۱۲۰) شاخص‌های گردش‌دهی و بافت سطحی کانیهای کوارتز مشخص شد.

### کانی‌شناسی عناصر تپه‌های ماسه‌ای و بررسی ارتباط آنها

برای تعیین کانی‌های موجود در رسوبات تپه‌های ماسه‌ای از ذرات دانه‌بندی شده با قطر ۲۵۰ میکرون به



شکل ۴- نقشه تغییر موقعیت ارگ در دوره‌های زمانی مختلف (تقی زاده، ۱۳۸۸، ص ۱۵۰)

در مسیر راه آهن سراسری بافق- بندرعباس که از منطقه می‌گذرد نیز گردیده است. بنابراین می‌توان گفت که دور جدیدی از فعالیت ارگ در منطقه در حال شکل‌گیری است. در شکل ۴ محدوده پیشروی

نتایج حاصل از بررسی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که محدوده ارگ مورد مطالعه در حال گسترش در سمت جنوب شرقی منطقه است که علاوه بر نابودی اراضی زراعی باعث ایجاد مشکلاتی

یکسری پیکان‌های ماسه‌ای مشاهده گردید که حکایت از شکل‌گیری آنها در اثر باد جنوب غربی داشت. در قسمت شمال غربی از بخش انتهایی منطقه نیز اشکال هلالی شکل (برخان‌ها و تپه‌های عرضی) مشاهده گردید که حکایت از شکل‌گیری این نوع تپه‌ها توسط باد جنوب غربی و شمال غربی دارد.

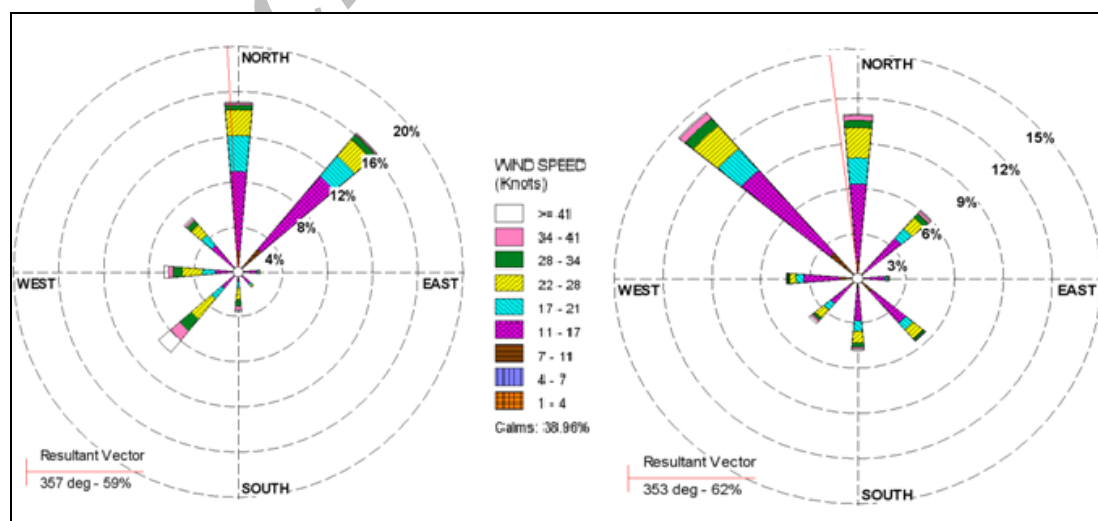
### نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل باد در ایستگاه‌های سینوپتیک انار و بافق

در ایستگاه انار باد جنوب غربی دارای شدت بیشتری نسبت به سایر جهات بوده و اغلب در ماه‌های سرد سال (آبان ماه تا فروردین ماه) حاکم است. بادهای این جهت نقش مهمی در فرسایش و حمل ماسه در منطقه دارند. باد دیگری از سمت شمال شرقی و در ماه‌های گرم سال (اردیبهشت تا مهر ماه) غالب است که به نوبه خود در جهت شکل‌گیری اشکال سیف مانند در قسمت شرقی منطقه دخالت دارد (شکل ۵).

ارگ در سه دوره زمانی مختلف و همچنین محدوده تغییر نیافته نیز بر روی تصاویر ماهواره‌ای نشان داده شده است.

نتایج حاصل از مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای نشان داد که مورفولوژی عمومی ارگ به شکل خوشه سیلک نامتقارن که دارای دو قسمت ساقه و خوشه است. ساقه سیلک در ابتدا قرار داشته و جوان‌تر است اما خوشه آن در انتها قرار داشته و دارای رسوبات قدیمی‌تر است و مساحت بیشتری از منطقه را در بر می‌گیرد. جهت عمومی توسعه ارگ از شمال غربی (بخش انتهایی ارگ) تا جنوب شرقی (بخش ابتدایی ارگ) است. اشکال مختلف ماسه‌ای که در محدوده ارگ مشاهده گردید به شرح ذیل هستند:

در بخش ابتدایی منطقه (قسمت جنوب شرقی) تپه‌های سیف که در نتیجه باد متقابل بوجود می‌آیند مشاهده گردید که حاصل وزش باد دو با متقابل جنوب غربی و شمال شرقی و دو با زاویه حاده جنوب غربی و شمال غربی در منطقه می‌باشند. همچنین در قسمت غربی از بخش ابتدایی منطقه نیز



شکل ۶- گلباده سالانه ایستگاه بافق

شکل ۵- گلباده سالانه ایستگاه انار



- متوسط میانگین قطر ذرات در تپه‌های ماسه‌ای ۲۸۴/۰۸ میکرون بوده و درشت‌ترین ذرات با قطر ۵۰۱/۴ میکرون در بخش غربی و شمال‌غربی منطقه گسترده شده و ریزترین ذرات نیز با میانگین ۱۹۵/۱ میکرون در شرق منطقه وجود دارند. بنابراین، می‌توان گفت که بین میانگین قطر ذرات با فاصله حمل ارتباط معکوس وجود دارد، یعنی هر چه از منشا دور شویم از قطر میانگین ذرات کاسته می‌شود. (جدول ۱).

- قطر ذرات از بخش غربی و شمال‌غربی به سمت بخش مرکزی و خصوصاً قسمت شرقی منطقه کاهش می‌یابد (از ذرات درشت و متوسط به سمت ذرات ریز ماسه).

- جورشدگی نمونه‌های تپه‌های ماسه‌ای در محدوده ارگ بین ۰/۵۵ تا ۰/۹۰۴ است، جورشدگی متوسط تا نسبتاً خوب ماسه‌ها سطح یکنواختی در مقابل فرسایش بادی فراهم می‌کند. جورشدگی حاصل رسوبگذاری انتخابی ذرات تحت تاثیر سرعت باد و نرخ‌های متفاوت در نقل و انتقال رسوب است (مک کیو، ۲۰۰۸، ۱۳۴).

در ایستگاه بافق نیز فراوانی باد با باد شمال غربی است که به دلیل طول بادگیر بیشتر در سمت جنوب‌شرقی ریگ این باد نقش مهمی در شکل‌گیری روند شمال‌غرب - جنوب‌شرق ریگ به عهده دارد، کشیدگی بازوی برخان‌ها به سمت جنوب‌شرقی و مراحل تبدیل برخان‌ها به تپه‌های سیف‌نشان دهنده تاثیر این باد در مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای است (شکل ۶).

### ب) نتایج حاصل از مکان‌یابی قطاع برداشت

نتایج حاصل از دانه‌بندی (گرانولومتری) رسوبات تپه‌های ماسه‌ای که در جدول ۲ نشان داده شده است را می‌توان بصورت زیر بیان نمود:

- بیشترین قطر ذرات در نمونه‌های تپه‌های ماسه‌ای در طبقه ۲۵۰-۱۲۵ میکرون قرار گرفته است که به صورت جهشی حمل می‌شوند.

- میانه قطر ذرات برای کل نمونه‌ها برابر با ۲۹۳/۸۷ میکرون محاسبه شده و دامنه تغییرات آن بین ۱۸۶/۴ میکرون تا ۵۱۷/۳ میکرون است.

جدول ۲- خصوصیات دانه‌بندی نمونه‌های برداشت شده از تپه‌های ماسه‌ای

کد نمونه	میانگین (میکرون)	قطر میانه (میکرون)	انحراف معیار ترسیمی جامع	جورشدگی	ضریب کج‌شدگی	وضعیت تقارن
Hp1	۳۰۲/۷	۳۲۱/۲	۰/۶۱۸	نسبتاً خوب	۰/۲۰۵	به سمت ذرات ریز دانه
Hp2	۵۰۱/۴	۵۱۷/۳	۰/۶۵۰	نسبتاً خوب	۰/۰۹۵	متقارن
Hp3	۲۵۴/۸	۲۵۲/۵	۰/۹۰۴	متوسط	-۰/۰۳۷	متقارن
Hp4	۳۰۴/۲	۳۲۰/۷	۰/۵۵۰	نسبتاً خوب	۰/۲۷۹	به سمت ذرات ریز دانه
Hp5	۲۹۱	۳۱۱/۱	۰/۶۱۴	نسبتاً خوب	۰/۲۵۲	به سمت ذرات ریز دانه
Hp6	۲۵۸/۷	۲۶۵/۶	۰/۶۵۱	نسبتاً خوب	۰/۰۸۰	متقارن
Hp7	۲۰۱/۹	۱۹۱/۶	۰/۷۳۷	نسبتاً خوب	-۰/۰۶۵	متقارن
Hp8	۱۹۵/۱	۱۸۶/۴	۰/۷۳۹	نسبتاً خوب	-۰/۰۶۳	متقارن
Hp9	۲۴۸/۹	۲۵۵/۸	۰/۶۵۰	نسبتاً خوب	۰/۰۸۳	متقارن
Mp1	۲۸۰	۳۰۴/۳	۰/۸۶۴	متوسط	۰/۱۶۹	به سمت ذرات ریز دانه
Mp2	۲۸۶/۲	۳۰۶/۱	۰/۵۸۸	نسبتاً خوب	۰/۲۶۳	به سمت ذرات ریز دانه

منبع: مطالعات آزمایشگاهی نگارندگان

سه نمونه Hp7, Hp8, Hp9 شاخص گردشگری نیمه‌گرد و شاخص درخشندگی کمی مات است. شاخص فرسایش بادی ذرات ماسه بین ۶۰ تا ۸۰ درصد بوده (حداقل ۶۰ و حداکثر ۸۴) و در مقابل آن شاخص فرسایش آبی بین ۱۶ تا ۴۰ درصد است.

نتایج حاصل از مورفوسکوپی عناصر تپه‌های ماسه‌ای که در جدول ۳ نشان داده شده به شرح ذیل است. شاخص گردشگری و درخشندگی در اکثر رسوبات نیمه زاویه‌دار و هاله مانند است. و تنها در

جدول ۳- نتایج مورفوسکوپی عناصر تپه‌های ماسه‌ای

کد نمونه	ضریب گردشگری	شاخص گردشگری	ضریب تخریب فیزیکی و شیمیایی	فرسایش آبی		فرسایش بادی
				درصد دانه‌های درخشان	درصد دانه‌های هاله	
HP1	۳۷۲	نیمه زاویه دار	۴۸	۲۸	۰	۲۴
HP2	۳۳۸	نیمه زاویه دار	۶۰	۱۶	۰	۲۴
HP3	۳۴۲	نیمه زاویه دار	۴۸	۲۸	۰	۲۴
HP4	۳۶۴	نیمه زاویه دار	۵۶	۲۸	۰	۱۶
HP5	۳۶۰	نیمه زاویه دار	۴۸	۳۲	۰	۲۰
HP6	۳۰۲	نیمه زاویه دار	۶۴	۲۸	۰	۸
HP7	۴۶۰	نیمه گرد	۳۶	۲۸	۰	۳۶
HP8	۴۰۸	نیمه گرد	۳۲	۳۲	۰	۳۶
HP9	۴۹۰	نیمه گرد	۴۰	۲۸	۰	۳۲
MP1	۳۸۴	نیمه زاویه دار	۴۸	۲۴	۰	۲۸
MP2	۴۰۰	نیمه زاویه دار	۴۴	۴۰	۰	۱۶

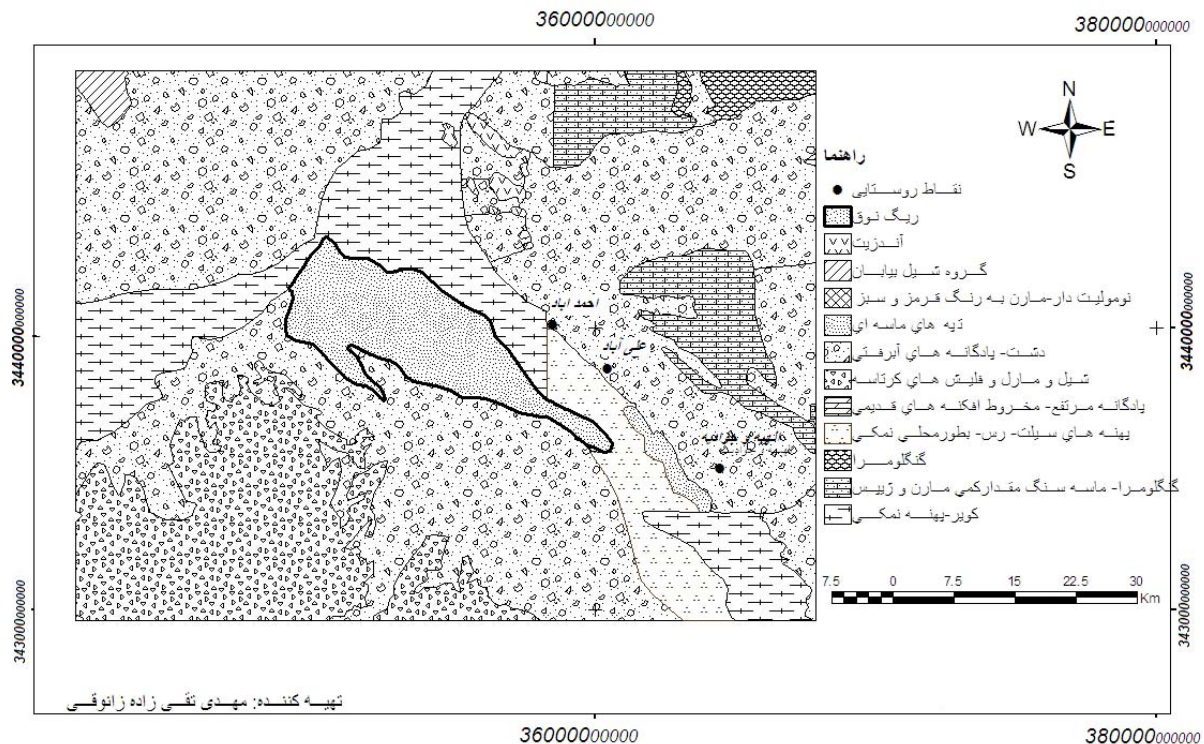
منبع: مطالعات آزمایشگاهی نگارندگان

نتایج حاصل از مطالعه میکروسکوپی کانی‌ها نیز در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- فراوانی ترکیب کانی شناسی نمونه‌ها به روش میکروسکوپی کانی

کد نمونه	HP2	HP9	MP1	HP5
نوع کانی				
خرده سنگ آذرین	۷۰	۱۴	۲۰	۲۰
کوارتز	۱۰	۷۰	۴۲	۵۲
خرده سنگ رسوبی	۱۹	۲	۱۰	۰
ژیپس	۱	۴	۱۴	۱۲
کلسیت	۰	۸	۱۰	۸
مینریت	۰	۲	۴	۸

منبع: مطالعات آزمایشگاهی نگارندگان



شکل ۷- نقشه واحدهای اصلی زمین شناسی منطقه

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از جهت یابی قطاع برداشت و مکان یابی نقاط برداشت، به دلایل زیر می توان منشأ رسوبات بادی را در منطقه ارگ نوق نزدیک و از سطوح مخروط افکنه ای، اراضی زراعی متروکه و همچنین بستر رودخانه شور دانست.

- نتایج حاصل از پرسش نامه های تکمیل شده در منطقه نشان داد که در این منطقه چهار نوع باد با جهات مختلف حاکم است، که از میان آنها باد جنوب غربی (باد قبله) مهم ترین بادی است که در جابجایی و حمل ذرات خاک و در نتیجه رسوبگذاری تپه های ماسه ای نقش دارد. این باد در فصل زمستان شروع شده و تا اواسط بهار ادامه می یابد. همچنین به گفته ساکنین اوج شدت این باد در اواخر زمستان

(اسفند ماه) بود و مدت آن از چند ساعت در روز تا چند شبانه روز است. همچنین با توجه به مورفولوژی تپه های ماسه ای و مراحل تبدیل برخان به سیف (بگنولد، ۱۹۴۱) باد جنوب غربی به عنوان باد اصلی در شکل گیری برخان ها و باد شمال غربی به عنوان باد فرعی در کشیدگی بازوی برخان و تبدیل آن به سیف عمل می کنند.

- نتایج حاصل از بررسی عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای در دوره های زمانی مختلف نشان داد که گسترش تپه های ماسه ای ارگ نوق به سمت جنوب شرقی منطقه است. همچنین بررسی ها نشان دادند که فعالیت تپه های ماسه ای در قسمت های شرقی و ابتدایی منطقه بیشتر از سایر بخش های محدوده ارگ است. در نهایت، بررسی عکس های هوایی و تصاویر

عوارض توسط بادهای یک جهته (باد جنوب‌غربی) بیانگر قطاع برداشت از سمت جنوب‌غربی می‌باشند.

- با مطالعه رژیم باد در ایستگاه‌های سینوپتیک انار و بافق مشخص گردید که باد جنوب‌غربی در منطقه دارای انرژی بیشتری جهت حمل ذرات خاک و فرسایش است. این باد که با نام محلی باد قبله در منطقه معروف است در فصل زمستان شروع به وزیدن کرده و تا اواسط بهار (اردیبهشت ماه) ادامه دارد. اوج شدت وزش این باد در اسفند ماه است. این باد بیانگر قطاع برداشت از سمت جنوب‌غربی منطقه است. علاوه بر این باد، باد دیگری با جهت شمال‌شرقی در منطقه در حال وزیدن است که بیشتر در ماه‌های گرم سال می‌وزد. اوج شدت وزش این باد در اواخر تابستان (شهریورماه) است. این باد نیز بیانگر قطاع برداشت از سمت شمال‌شرقی منطقه است. ماسه‌هایی که توسط بادهای جنوب‌غربی و شمال‌شرقی به داخل ریگ حمل می‌شوند در اثر باد شمال‌غربی کشیدگی شمال‌غربی جنوب‌شرقی پیدا می‌کنند. در واقع روند شمال‌غرب جنوب شرق بدبخت کوه با ایجاد حالت بادپناهی کشیدگی ریگ را توجیه می‌کند. در واقع باد شمال‌غربی به عنوان باد درجه دوم در ایجاد اشکال سیف عمل می‌کند.

نتایج حاصل از مکان‌یابی نیز به صورت زیر است:

- نتایج دانه‌بندی رسوبات نشان داد که:

الف) بیشترین فراوانی قطر ذرات نمونه‌های ماسه در طبقه ۲۵۰-۱۲۵ میکرون بوده و علاوه بر این متوسط میانه قطر ذرات ۲۹۳/۸۷ میکرون و متوسط قطر میانگین آنها نیز ۲۸۴/۰۸ میکرون است. بنابراین، با توجه به بالا بودن متوسط قطر میانه ذرات و رابطه میانگین ذرات با فاصله حمل آنها می‌توان به این

ماهواره‌ای مشخص ساخت که قطاع برداشت در منطقه از بخش‌های شمال‌شرقی و جنوب‌غربی منطقه هستند. در واقع رسوباتی که توسط بادهای جنوب‌غربی و شمال‌شرقی از سطوح اطراف ریگ به داخل ریگ رانده می‌شوند توسط باد شمال‌غربی به سمت جنوب شرق ریگ منتقل شده و باعث کشیدگی ریگ به سمت جنوب شرقی می‌گردد، بر اساس نظر (اریک و همکاران، ۲۰۰۹) بادهای دو جهته با زاویه ۱۲۰ درجه تپه‌های سیف را شکل می‌دهند. بر این اساس عامل ایجاد تپه‌های سیف را می‌توان بادهای جنوب‌غربی و شمال‌غربی دانست.

- مطالعات صورت گرفته در زمینه مورفولوژی

تپه‌های ماسه‌ای نشان داد که مورفولوژی عمومی ارگ ما بصورت یک خوشه سیلک نامتقارن بوده، بطوریکه ساقه آن که در ابتدای محدوده (قسمت جنوب‌شرقی منطقه) قرار دارد جوان‌تر، اما خوشه آن در بخش انتهایی منطقه دارای رسوبات قدیمی‌تر بوده و مساحت بیشتری را در بر گرفته است. همچنین جهت توسعه ارگ از شمال‌غربی به جنوب‌شرقی بوده که ابعاد و اندازه تپه‌های ماسه‌ای نیز در این راستا افزایش می‌یابد که خود نیز دلیلی بر گسترش و پیشروی ارگ به سمت جنوب‌شرقی منطقه است. در قسمت ابتدایی و شرقی منطقه اشکال سیف مشاهده شد که با توجه به شکل‌گیری این نوع تپه‌ها توسط بادهای دو جهته نشان دهنده وزش باد از دو جهت شمال‌شرقی و جنوب‌غربی بود که به تبع آن بیانگر قطاع برداشت از این دو جهت است. در قسمت غرب منطقه نیز اشکالی چون برخان‌ها، برخانوئیدها و پیکان‌های ماسه‌ای مشاهده گردید که با توجه به شکل‌گیری این

شمال شرقی، یعنی در نمونه HP7، HP8، و بویژه HP9 که ضریب سایش در این نمونه از تمامی نمونه‌ها بالاتر است، نیمه گرد بوده و حکایت از حمل شدن ذرات این نمونه از فاصله دورتری نسبت به ذرات در نمونه‌های دیگر دارد.

- شاخص درخشندگی نیز همانند میزان شاخص گردش‌دگی در نمونه‌های بخش‌های غربی، شمال غربی و مرکزی منطقه هاله مانند (کمی درخشان) بوده که نشانگر حمل این ذرات توسط آب در منطقه را دارد. در نتیجه این ذرات تا فاصله مشخصی توسط آب حمل شده و از آنجا به بعد این باد بوده که نقش حمل ذرات را به داخل منطقه ایفاء نموده است. در مقابل این نمونه‌ها، نمونه‌های بخش شرقی و شمال شرقی منطقه دارای شاخص درخشندگی کمی‌مات هستند که حکایت از حمل شدن این ذرات توسط باد است.

بنابراین، با توجه به نتایج حاصل از مورفوسکپی ذرات ماسه می‌توان گفت که منشاء برداشت این رسوبات در منطقه نزدیک بوده و رسوبات از فاصله کوتاهی به داخل منطقه حمل و رسوب‌گذاری می‌شوند. بطوریکه که می‌توان منشاء رسوبات در غرب منطقه را از بستر اراضی زراعی و همچنین بستر پهنه‌های نمکی و بستر رودخانه شور دانست. همچنین منشاء رسوبات در بخش شرقی منطقه را می‌توان از رسوبات آبرفتی سطوح مخروط‌افکنه و اراضی زراعی واقع در پائین دست آن دانست.

- بررسی‌های کانی‌شناسی رسوبات مورد مطالعه نیز نشان داد که:

- در نمونه HP2 که در غرب منطقه وجود دارد بدلیل زیاد بودن مقدار خرده سنگ‌های آذرین و مقدار درصد کم ژیپس (ژیپس یک کانی بسیار ناپایدار

نتیجه رسید که فاصله حمل ذرات از یک مکان نزدیک و محلی بوده و در نتیجه مناطق برداشت در منطقه نزدیک است. با توجه به جهات قطاع برداشت در منطقه می‌توان بیان نمود که اراضی زراعی متروکه و همچنین سطوح مخروط‌افکنه واقع در شرق و بستر رودخانه شور و سطوح دشت‌سر واقع در غرب منطقه تامین‌کننده ماسه و مناطق برداشت منطقه ما هستند.

ب) جورشدگی نمونه‌های ماسه بین ۰/۹۰۴-۰/۵۵ است و با توجه به اینکه جورشدگی اکثر ذرات نمونه‌های ما نسبتاً خوب بوده و با تحرک تپه رابطه مستقیم داشته، بنابراین حکایت از حمل ذرات از فاصله نزدیک را دارد.

ج) مقدار کج شدگی در نمونه‌های (HP2,HP3,HP6,HP7,HP8) متقارن بوده و در نمونه‌های (HP1,HP4,HP5,MP1,MP2) جورشدگی به سمت ذرات دانه ریز می‌باشد که این حکایت از وجود جورشدگی بهتر در ذرات درشت دانه این نمونه‌ها داشته و نشان دهنده حمل این ذرات از مسیری نزدیک است.

د) قطر ذرات در نمونه‌های غرب منطقه بیشتر (HP1,HP2) و به سمت قسمت مرکزی و شرقی منطقه کاهش می‌یابد. این مسئله نیز بیان‌کننده برداشت ذرات بخش غربی منطقه از مسیری کوتاه‌تر نسبت به ذرات بخش شرقی و مرکزی دارد.

- مطالعات مورفوسکوپی رسوبات نیز نشان داد که:

- شاخص گردش‌دگی در نمونه‌های بخش غربی، شمال غربی و همچنین بخشهایی از مرکز منطقه نیمه-زاویه دار بوده که بیان‌کننده حمل این ذرات از فاصله نزدیک را دارد. اما این شاخص در بخش‌های شرقی و

اختصاصی، محمدرضا، (۱۳۷۵)، منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در حوزه دشت یزد- اردکان، انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، چاپ اول، تهران، شماره ۱۴۵.

تقی زاده زانوقی، مهدی، استاد راهنما مهران مقصودی، (۱۳۸۸)، ژئومورفولوژی و منشأ ماسه‌های بادی در شمال غرب بهرمان (استان کرمان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران. استاد راهنما مهران مقصودی.

حسینی مرندی، حمید و سادات فیض نیا، (۱۳۸۷)، نقش ویژگی‌های بافتی و کانی شناسی رسوب‌ها در منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: غرب ایرانشهر)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۶۱، شماره ۲، صص ۳۰۴-۲۹۷.

دهواری، عبدالحمید، استاد راهنما سادات فیض نیا، (۱۳۷۳)، بررسی رسوبات بادی در سراوان بلوچستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه احیای مناطق - مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

سازمان جغرافیایی ارتش و نیروهای مسلح، (۱۳۳۴)، عکس‌های هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، (۱۳۸۳)، رودهای کشور - جلد سوم - حوضه آبریز ایران مرکزی، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، (۱۳۸۳)، فرهنگ آبادیهای استان کرمان - شهرستان رفسنجان - جلد هفتم، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، چاپ اول، تهران.

است) می‌توان به این نتیجه رسید که این نوع از رسوب از یک منطقه نزدیک به آنجا حمل شده‌اند که به احتمال زیاد می‌توان وجود بستر رودخانه شور واقع در کفه انار را بعنوان منشأ این رسوبات در غرب منطقه معرفی نمود. علاوه بر این می‌توان منشأ سنگ‌های آدرین موجود در غرب این منطقه را از رشته‌های جنوبی منطقه دانست که این مسیر را توسط آب حمل نموده و تا کفه انار حمل شده و بعد از آن توسط باد حمل گردیده‌اند.

- اما در نمونه‌هایی که از شرق منطقه موجود می‌باشد (HP9, HP5, MP1) با توجه به زمین‌شناسی شرق منطقه می‌توان گفت که گچ موجود از شرق منطقه تامین می‌شود بطوریکه در این قسمت معدن سنگ گچ نیز موجود می‌باشد. منشأ کوارتزهای این بخش را می‌توان از گنگلومراهای موجود بر روی سطوح مخروط‌افکنه واقع در شمال شرقی منطقه واقع شده‌اند دانست. کلسیت موجود در این نمونه‌ها نیز از سنگ‌های آهکی واقع در شرق منطقه تامین می‌گردد. (شکل ۷) واحدهای عمده زمین‌شناسی منطقه را نشان می‌دهد.

## منابع

احمدی، حسن، (۱۳۸۷)، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد دوم، بیابان - فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.

احمدی، حسن و همکاران، (۱۳۸۵)، بررسی تاثیر مناطق بحرانی در تولید رسوبات بادی در دوره خشک‌سالی ۱۳۸۲-۱۳۷۶ (پژوهش موردی: دشت سیستان)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۴، صص ۷۶۵-۷۵۹

- سازمان زمین شناسی کشور، (۱۳۵۱)، نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، یزد، راور، انار، رفسنجان.
- سازمان نقشه برداری کشور، (۱۳۸۰)، نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰، مزرعه همت آباد به شماره شیت ۷۰۵۲۲ جنوب شرقی، الهیه و جوادیه به شماره شیت ۷۱۵۲۳ جنوب غربی.
- سازمان نقشه برداری کشور، (۱۳۸۱)، عکس‌های هوایی مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ سال ۱۳۸۱.
- صادقی نژاد، ابراهیم، استاد راهنما حسن احمدی، (۱۳۷۸)، منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در حوزه نرمایشیر بم، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه احیای مناطق - مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ضیایی، نوید و همکاران، (۱۳۸۵)، بررسی وضعیت رسوبات بادی با استفاده از مطالعات مرفوسکپی و شاخص‌های گرانولومتری (مطالعه موردی: دشت آق قلا در استان گلستان)، مجله علمی - تخصصی تاغ، جلد ۸، شماره ۱، صص ۱۹-۲۵.
- طباطبایی، سیدجواد و جمال بخشی، (۱۳۸۷)، بررسی منشأ رسوبات بادی حاشیه غربی باتلاق گاوخونی، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۷۸، صص ۶۷-۵۹.
- طهماسبی بیرگانی، علی محمد، (۱۳۷۸)، بررسی منشأ رسوبات بادی دشت نگار بردسیر، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۲، شماره ۱، صص ۲۱-۹.
- طهماسبی بیرگانی، علی محمد، استاد راهنما حسن احمدی، (۱۳۷۷)، مقایسه دو روش برآورد رسوب پسیاک اصلاح شده و اریفر با روش اندازه گیری مستقیم در حوزه آبخیز آب بخشاء، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه احیای مناطق - مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- قانع بافقی، محمدجواد، استاد راهنما حسن احمدی، (۱۳۷۹)، منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای جنوب بافق و بررسی شیوه‌های کنترل آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه احیای مناطق - مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- کبریائی، حسین، استاد راهنما حسن احمدی، (۱۳۷۱)، بررسی و تحقیق در مورد فرسایش بادی در منطقه حسن آباد بافق، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه احیای مناطق - مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- مشهدی، ناصر، استاد راهنما حسن احمدی، (۱۳۸۶)، مطالعه فرآیندهای رخساره‌های فرسایش بادی در منطقه برداشت و حمل رسوب در منطقه خارتوران، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- معتمد، احمد، (۱۳۶۷)، بررسی منشاء و نحوه انتشار ماسه‌ها در حوزه شمال کاشان، پژوهش نامه خبری دانشگاه تهران.
- معتمد، احمد، (۱۳۷۰)، بررسی منشأ ماسه‌های منطقه یزد - اردکان، مجله بیابان، شماره ۲۰، نشریه علمی مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۶۹ صفحه.
- معتمد، احمد، (۱۳۷۶)، مطالعه منشأ ماسه‌های بم و مبارزه با هجوم ماسه در منطقه، مجله بیابان، شماره ۴-۳-۲-۱، نشریه علمی مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۸ صفحه.

- Lancaster N. Andy bass, (1998). Influence of vegetation cover on sand transport by wind filed sandy at Owens lake, California, Earth surface processes and landform, John Wiley, PP69-82.
- McCave. I.N. (2008.) SIZE SORTING DURING TRANSPORT AND DEPOSITION OF FINE SEDIMENTS: SORTABLE SILT AND FLOW SPEED, Department of Earth Sciences, University of Cambridge, Cambridge, UK Developments in Sedimentology, Elsevier, Volume 60.
- Patrick P. Pease et al. (1999). Mineralogical characterization and transport path ways of dune sand using landsat TM data, Geomorphology, Elsevier, Number 29, PP 235-249.
- Richard F. Madole. (2008). On the origin and age of the great sand dunes, Colorado, Geomorphology, Elsevier, Number 99, PP 99-119.
- Silvestro S., G. Di Achille , G.G. Ori . (2010). Dune morphology, sand transport pathways and possible source areas in east Thaumasia Region (Mars), Geomorphology 121, PP 84-97
- Zhiao Dong et al. (2002). Aerodynamic roughness of gravel surface, Geomorphology , Elsevier, Number 43, PP 17-31.
- Zhu Zhenda & et al. (1985). The characterization of sand dune and its stabilization in china, sand transport and desertification in arid land, World Scientific.
- معماریان خلیل‌آباد، هادی و همکاران، (۱۳۸۷)، منشأیابی رسوبات بادی منطقه فدیشه نیشابور، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۱۵، شماره ۱، صص ۴۱-۲۶.
- معماریان خلیل‌آباد، هادی، استاد راهنما حسن احمدی، (۱۳۸۳)، منشأیابی رخساره‌های فرسایش بادی و روش‌های کنترل آن (مطالعه موردی: منطقه رفسنجان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه احیای مناطق - مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- Bagnold, R. A. (1941). The Physics of Blown Sand and Desert Dunes. London: Methuen. pp. 265.
- Chao Sung Chiao. (1985). Drifting sand hazard and its control in north west arid china sand transport and desertification in arid land, Word Scientific, PP.438-449.
- Daniel R. Muhs. (2002). Federal center, Denver, Colorado 80225 USA, The concept of mineralogical maturity and the origin and evaluation of dune files in the western united states, (Daniel R. Mush, U.S, Geological Survey, MS 980, Box 25 046, Federal center, Denver, Colorado 80225 USA, P408).
- Eric J. R. Partelia, Orencio Duránb, Haim Tsoarc, Veit Schwämmled, and Hans J. Herrmann, Dune formation under bimodal winds, December 29, 2009 vol. 106 no. 52.