

## کانی شناسی، منشا رسوبات بادی - ماسه ای و ارزیابی بیابان‌زایی در ناحیه شرق و شمال شرق اهواز

بهمن سلیمانی<sup>۱\*</sup>، کاظم رنگزن<sup>۲</sup>، علیرضا سرسنگی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۳/۲۰

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۱۸

### چکیده

کانی شناسی و منشا یابی رسوبات تپه های ماسه ای در کنترل گسترش رسوبات بادی با اهمیت است. در این مطالعه از روشهای متعدد دانه بندی، SEM، XRD، و سنجش از دور-GIS استفاده گردید. کانیهای ایلیت و مونتموریلونیت بالاترین فراوانی نسبی را نشان داده، و کانیهای کلریت و کائولینیت نیز در بعضی از نمونه ها شناسایی گردید. نوع و فراوانی آنها تابع منشا رسوبات، اختصاصات فیزیکوشیمیایی، و جهت وزش بادهای است. وجود کوارتز، چرت، انیدریت و صدف دو کفه‌ای آب شیرین و دریایی نشانه دخالت رسوبات رودخانه ای و سواحل خلیج فارس در تغذیه رسوبات منطقه است. مطالعات SEM دانه های کوارتزی نشان داد بعضی از دانه ها فاقد هر گونه آثار ضربه ای است که می بایست از منابع نزدیک مانند سازند گچساران، آغاچاری و لهری منشا گرفته باشند. تصاویر TM و ETM<sup>+</sup> در دوره زمانی ۱۱ ساله جهت بررسی تغییرات تپه های ماسه ای و نیز تعیین نوع کانی‌های رسی بکار گرفته شد. تفسیر داده ها با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره-ای و عملیات صحرایی صورت گرفت. نسبت‌گیری باندی ۲/۵ و ۶/۴ برای تشخیص کانی‌های رسی کائولینیت و ایلیت بسیار مفید است. نتایج ارزشیابی اراضی منطقه نشانگر توسعه بیابانی شدن منطقه است. در این خصوص، معیار اقلیم دارای تاثیر بیشتری نسبت به سایر پارامترهاست.

**واژه های کلیدی:** تپه ماسه‌ای، کانی رسی، میکروسکوپ الکترونی، پراش اشعه X

**مقدمه**

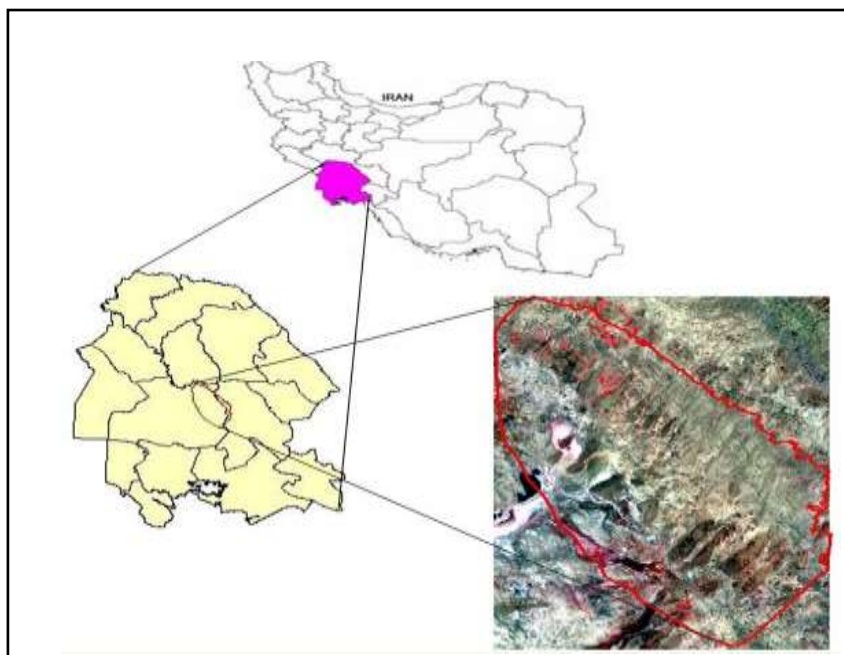
بیش از یک سوم اراضی کره زمین دارای اقلیمی خشک بوده و پدیده بیابان‌زایی در این مناطق در دهه‌های اخیر شدت یافته است (مشکوه، ۱۹۹۷). بیابان‌زایی (کوسماس و همکاران، ۱۹۹۹؛ جیوردانو و همکاران، ۲۰۰۲) تخریب زمین در مناطق خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب خشک است که برخاسته از چندین فاکتور، شامل تغییرات اقلیمی و تأثیرات انسانی می‌باشد. تپه‌های ماسه-ای در تمام کره زمین از سواحل و دریاچه‌های شور تا نواحی بیابانی خشک، پراکنده هستند و در حدود ۱۰ درصد عرض‌های  $30^{\circ}$  شمالی تا  $30^{\circ}$  جنوبی را اشغال نموده‌اند (سارنتین، ۱۹۷۸). بررسی ویژگی‌های کانی شناسی، رسوبشناسی ماسه بادی با استفاده از روش‌های متداول XRD، SEM و دانه بندی و نیز روش سنجش از دور و GIS می‌تواند در مدیریت و کنترل مسئله بیابان‌زایی در زمانی که نیاز به زمین‌های حاصلخیز شدیداً احساس می‌شود، با اهمیت باشد. انعکاسات طیفی عوارض زمینی در تصاویر ماهواره ای حاوی اطلاعات با ارزشی برای مطالعه کانی‌های موجود در تپه‌ها و بررسی تغییرات حادث شده در یک بازه زمانی می‌باشند. این انعکاس‌ها به عواملی مانند ویژگی سطح، نحوه قرار گرفتن آنها بین خورشید و سنجنده، چگالی اتمسفر، درصد پوشش گیاهی، نوع کانی و بافت مواد تشکیل دهنده آنها بستگی دارد (بین-دور و همکاران، ۲۰۰۶). سنجش از دور نقش مهمی را در شناخت و نمایش دادن پوشش‌های زمینی بازی می‌کند. بعنوان مثال از مجموعه تصاویر ETM<sup>+</sup> برای مشخص کردن مورفولوژی و نوع کانیها، از نسبت گیری باندهای ۵/۷ و ۶/۴ بترتیب

برای مشخص کردن مناطق با ترکیب مافیک بالا و ترکیبات کوارتز- کربنات (هوواری و همکاران، ۲۰۰۷) و یا خصوصیات طیفی ایلیت در محیط‌های هیدروترمال و رسوبی (هاوف و همکاران، ۱۹۹۱) از محدوده طیفی ۲/۲ میکرون استفاده کردند.

با توجه به نبود یک مدل جامع برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در ایران و با توجه به جدید بودن مدل مدالوس، بعد از اصلاحاتی چند با توجه به شرایط ایران مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج مطلوبی نیز در پی داشته است (رنگزن و همکاران، ۲۰۰۷؛ خسروی و همکاران، ۲۰۰۳). مطالعه کنونی کوششی در ارزیابی تغییرات کانی شناسی و بیابان‌زایی بشمار می‌رود.

**مواد و روش****منطقه مورد مطالعه**

استان خوزستان مساحتی در حدود ۶/۴ میلیون هکتار دارد که ۱/۲۷ میلیون هکتار آن را اراضی بیابانی پوشانده است و از این نظر جزء آسیب پذیرترین استانهای ایران بشمار می‌رود. منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیای  $29^{\circ}48' - 29^{\circ}42'$  شمالی و در عرض  $31^{\circ}46' - 31^{\circ}46'$  شرقی و در فاصله ۳۰ کیلومتری شهر اهواز واقع گردیده است (شکل ۱). شکل غالب ژئومورفولوژی منطقه را تپه ماهور، آبهای سطحی، دشت و تپه‌های ماسه‌ای تشکیل می‌دهد. سازندهای موجود شامل گچساران، آغاچاری (بخش لهبری)، کنگلومرای بختیاری و آبرفتی است. پهنه‌های ماسه‌ای طولی گاه با طول ۱۰ کیلومتر و عرض ۳ کیلومتر نیز دیده می‌شود.



شکل ۱: موقعیت ناحیه مورد مطالعه

### روش تحقیق

از تکنیک‌های پراش اشعه ایکس (XRD)، دانه بندی، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و سنجش از دور در تعیین نوع کانی، منشا برداشت احتمالی ماسه‌ها و برآورد میزان تغییرات رخ داده، استفاده شده، و در نهایت با استفاده از مدل بیابانزایی MEDALUS (روش ESAs) و ابزار GIS، منطقه از لحاظ حساسیت به بیابانزایی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق تعداد ۲۰ نمونه از سطح تپه‌های ماسه‌ای برداشت شد. نحوه برداشت نمونه‌ها به صورت برداشت از عمق حدود ۲۵ الی ۳۰ سانیمتری بوده است.

روش XRD یکی از روشهای مفید و کاربردی در شناسایی و آنالیز مواد ریزدانه نظیر کانی‌های رسی است (تاکر، ۱۹۸۹). دستگاه اشعه ایکس استفاده شده، مدل (PW-1840) بوده، و مرحله آماده‌سازی نمونه‌ها شامل الک کردن، تعلیق و تهیه اسلاید است. از هر سه اسلاید تهیه شده برای هر نمونه، دو مورد جهت تیمارهای حرارتی و اتیلن گلیکول و یکی بدون تیمار مورد آزمایش

قرار گرفت و با استفاده از نتایج بدست آمده از هر تیمار، کانیهای سازنده شناسایی گردید (تاکر، ۱۹۸۹). محاسبه مقادیر نیمه کمی کانیهای رسی با استفاده از روش پیشنهادی ویبر و همکاران (۱۹۷۵) صورت گرفته است (جدول ۱). قسمت اعظم نمونه‌ها از سطح تپه‌های ماسه‌ای، رسوبات فرسایش یافته رودخانه‌های فصلی منطقه و نیز از سازند آغاچاری (بخش لهبری) برداشت شد.

جهت منشایی ماسه‌ها آزمایشات دیگری از قبیل دانه‌بندی، میکروسکوپی و SEM بر روی نمونه‌ها انجام شد. برای ارزیابی خصوصیات مختلف رسوبات و اظهار نظر در مورد دانه‌بندی و جورشدگی ذرات، پس از تعیین اندازه ذرات منحنی تجمعی آنها ترسیم شد. پارامترهای میانگین (Folk, 1996)  $MZ = (\Phi_{16} + \Phi_{84})/3$  و یکنواختی یا جورشدگی ذرات بر اساس فرمول  $\sigma_1 = [(\Phi_{84} - \Phi_{16})/4] + [(\Phi_{95} + \Phi_5)/6.6]$  محاسبه گردید.

جدیدترین روش و مدل بیابانزایی در جهان می- باشد توسط کمیسیون بین المللی اروپا ارائه شده است. روش ارزیابی و تهیه نقشه بیابانزایی در سال ۱۹۹۹ به عنوان شاخص کلیدی بیابانزایی و تهیه نقشه مستعد بیابانزایی Environmentally Sensitive Areas to Desertification (ESAs)، معرفی شده است (کوسماس و همکاران، ۱۹۹۹).

در این تحقیق از دو تصویر از ماهواره لندست مربوط به سالهای ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲ و نقشه‌های پوشش گیاهی و خاکشناسی استفاده گردید. بعلاوه، اقلیم و پارامترهای آن (رحیمی، ۲۰۰۳) نیز بکار برده شده است. آنچه که دارای اهمیت است، تهیه نقشه بیابانزایی می‌باشد که تاکنون روشهای متعددی برای آن ارائه گردیده است. از جمله این روشها و مدلها می‌توان به مدل MEDALUS اشاره کرد. این متدولوژی که

جدول ۱: درصد کانیهای رسی در نمونه های مورد مطالعه

Sample Number	X	Y	Illite (%)	Montmorillonite (%)	Chlorite (%)	Kaolinite (%)
SA-1	306339	3496298	66	30	0	0
SA-4	306339	3496298	62	30	0	0
SA-9	310517	3492072	48	23.5	7	15
SA-11	313036	3489764	42	27.5	13.1	11.5
SA-14	312862	3489486	43	27.5	25	0
SA-17	316864	3490341	32.5	30.5	32.4	0
SA-21	332086	3461248	47.8	22.7	29.5	0
SA-22	327736	3464270	42.1	24.6	15.8	17.5
SA-23	326529	3470306	54	35.2	10.8	0
SA-5	310414	3495685	41	27	11.9	14.5
SA-7	310414	3495685	44.5	18	0	31
SA-15-2	316278	3494218	61.5	31.5	0	0
Gachsaran F.	316256	3494764	41	25	29.8	0
Agha-Jari F.			48	30	0	22

همکاران، ۱۹۹۳ و پرایس، ۱۹۸۷). در ابتدا دو تصویر از لحاظ زمینی و هندسی با RMSE کمتر ۰/۱۷ ژئورفرنس شدند. سپس تصاویر برای برآورد تاثیرات اتمسفر بررسی گردیدند. در هنگام استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده لندست (سنجنده TM و ETM<sup>+</sup>) برای برآورد میزان تغییرات و کانی شناسی باید ارزشهای DN تصاویر به ارزشهای انعکاسی تبدیل گردد. تبدیل DN به ارزش انعکاسی شامل دو مرحله (۱) تبدیل DN به ارزش تشعشعی و (۲) تبدیل ارزش

مراحل انجام کار شامل پردازش تصاویر، طبقه بندی تصاویر، ارزیابی معیارهای مؤثر است. الف) پردازش تصاویر: شامل چندین روش از قبیل افزایش کنتراست، نسبت گیری باندی و طبقه بندی تصاویر چند طیفی است (سابینز، ۱۹۹۷؛ وینسنت، ۱۹۹۷؛ لی لی سنت و کیفر، ۱۹۹۴؛ رامادام و کنت نی، ۲۰۰۴). معمولا احتیاج است تا تصحیحات اتمسفری و هندسی بر روی داده های سنجنش از دور جهت حذف یا کاهش تاثیرات اتمسفر و توپوگرافی زمین انجام گیرد ( کونیسی و

(سابینز، ۱۹۹۷؛ لی لی سنت و کیفر، ۱۹۹۴ و ریچارد، ۲۰۰۰). نقشه ایجاد شده متشکل از ۶ کلاس کاربری اراضی کشاورزی، تپه‌های فعال، زمین‌های بایر، اجسام آبی، تپه‌های تثبیت شده و مراتع می‌باشد. جدول (۲) میزان مساحتی که هر کاربری در دو سال مختلف اشغال کرده است را نشان می‌دهد.

تشعشی به انعکاسی است. در انجام آن از فایل راهنمای تصویر، فرمولها و ضرایب پیشنهادی استفاده شد (چاندر و مارک هام، ۲۰۰۳).  
 ب) طبقه‌بندی تصاویر: طبقه بندی حفاظت شده- ای که در این تحقیق استفاده شده به این طریق است که پیکسل ناشناخته را به یکی از کلاسها از طریق روش حداکثر احتمال نسبت می‌دهد

جدول ۲: نتایج رده بندی ماکزیمم احتمال likelihood نسبی

code	Class of land use	1991(Hec)	Area (%)	2002(Hec)	Area (%)
1	Agriculture land	58299	43	65988	48.4
2	Active sand dunes	9335	7	7330	5.37
3	Bare land	20161	14.78	25502	18.7
4	Water body	7870	5.77	1125	0.83
5	Non active sand dunes	8034	5.9	8782	6.45
6	Pasture land	32644	24	27616	20.25
Total Area		136343	100	136343	100

اقدام به بررسی تبدیل کاربری‌ها به یکدیگر در دوره زمانی ۱۱ ساله بین سالهای ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ گردید. بعد از انجام مراحل بالا و ضرب لایه‌ها در نهایت یک نقشه تغییر کاربری برای کل منطقه به دست آمد. مساحت تغییرات کاربری در واحد هکتار و برای تپه‌های فعال در جدول های ۳ و ۴ ارائه شده است.

مشخص کردن تغییرات کاربری‌ها با استفاده از مدل Landuse Multiplication Matrix (LMM) - مدل روشی ساده و در عین حال مؤثر برای بررسی تغییرات کاربریهای یک منطقه به یکدیگر در زمانهای متفاوت است. پس از مرحله طبقه‌بندی، از کدهایی که در مرحله قبل به طبقات مختلف داده شده، استفاده شد. برای بررسی تغییرات سطح تپه‌های ماسه‌ای منطقه

جدول ۳: مساحت کاربری اراضی بر حسب هکتار در سال ۱۹۹۱ (ردیف) و ۲۰۰۲ (ستونی)

Code	1	2	3	4	5	6
1	38174.3	460.6	11603.7	654.9	2222.4	5191.7
2	1887.4	5653.2	90.7	0	1344.2	358.1
3	11678.2	275.7	6248	77.7	142.3	1723.6
4	2501.3	0	4959.7	383.5	16.1	7.8
5	1902.8	746.6	82.4	4.4	4710.1	585.1
6	98.5	190.4	2508	3.4	342	19751.5

جدول ۴: مساحت تغییر کاربری در ارتباط با تپه های فعال ماسه ای		
Type	Area (hec)	%
Agriculture to active sand dune	460.6	0.34
Active sand dune to agriculture	1887.4	1.4
Active sand dune to Active sand dune	5653.1	4.1
Active sand dune to bare land	90.7	0.06
Active sand dune to nonactive sand	1344.2	1
Active sand dune to pasture land	358.1	0.26
Bare land to active sand dune	275.7	0.2
Nonactive sand dune to active sand dune	746.7	0.5
Pasture land to active sand dune	190.4	0.14

### بحث و نتیجه‌گیری

سنگ لهبری به یکدیگر نزدیک هستند ولی رسوبات رودخانه‌ای تفاوتی در جورشدگی نشان می‌دهند. در فرآیندهای حمل و نقل، رابطه‌ای بین اندازه ذرات دانه‌ها و جورشدگی وجود دارد، یعنی هر چه ذرات فاصله حمل و نقل بیشتری را طی کنند در اثر عملکرد فرسایش و برخورد با یکدیگر، دارای اندازه ریزتر و جورشدگی بهتری خواهند شد. بنابراین با توجه به پارامترهای آماری بدست آمده از آزمایش دانه بندی نتیجه می‌گیریم که چون ماسه بادی‌های منطقه مطالعاتی به احتمال زیاد از ماسه سنگ‌های بخش لهبری مجاور منشا گرفته‌اند، لذا از نظر دانه‌بندی میانگین اندازه ذرات تقریباً یکسان بوده، و بدلیل فاصله حمل و نقل کم، جورشدگی ذرات ماسه بادی خوب تا متوسط می‌باشد

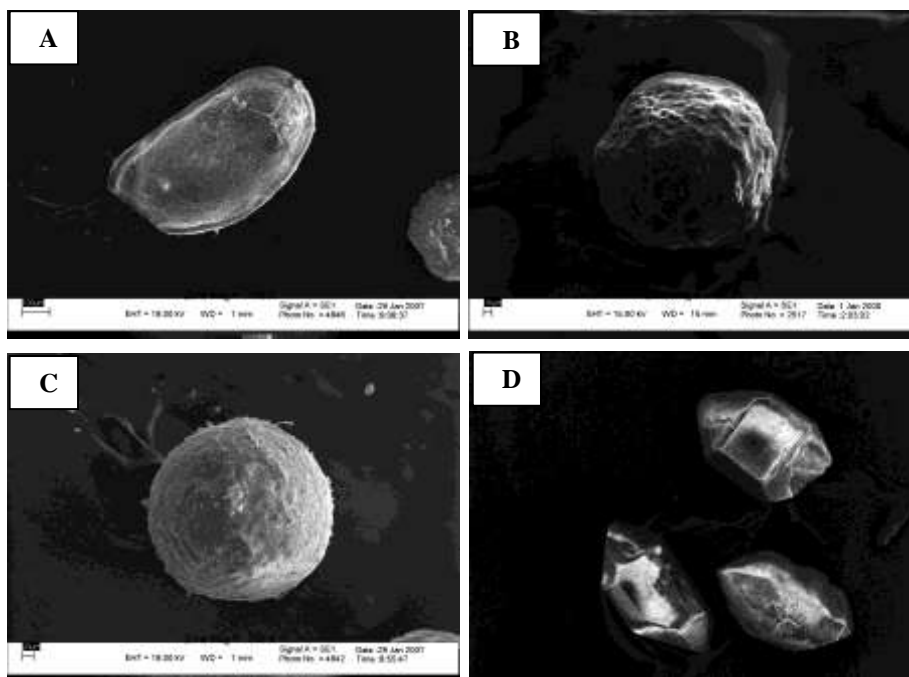
بررسی نمودارهای پراش اشعه X کانیهای رسی روشن ساخت که کانیهای ایلیت و مونتموریلونیت از بالاترین فراوانی تسبی برخوردار هستند؛ مقادیر آنها از ۴۲-۶۶٪ برای ایلیت و ۲۲-۳۲٪ برای مونتموریلونیت در تغییر است. کانیهای کلریت و کائولینیت نیز در بعضی از نمونه ها شناسایی گردید و مقادیر آنها بندرت به ۳۲٪ می‌رسد. علت این نوع توزیع را می‌توان در منشا رسوبات و نیز اختصاصات فیزیکوشیمیایی آنها جستجو کرد. با توجه به آواری بودن این رسوبات و نیز عدم

نمونه های رسوبات ماسه ای برداشت شده مورد آنالیز دانه بندی قرار گرفت. میانگین اندازه ذرات ماسه بادی در نمونه‌های تپه ماسه‌ای بین ۰/۱۴ تا ۰/۲۲ میلیمتر متغیر است که متوسط اندازه ذرات مساوی ۰/۱۷ میلیمتر می‌باشد. میانگین اندازه ذرات ماسه سنگ لهبری برابر ۰/۱۸ می‌باشد. میانگین اندازه ذرات رسوبات رودخانه‌ای بین ۰/۱۷ تا ۰/۴۳ متغیر بوده که متوسط اندازه ذرات برابر ۰/۲۴ می‌باشد. بنابراین از نظر میانگین، اندازه ذرات ماسه‌بادی‌ها و ماسه سنگ لهبری تقریباً در یک حد بوده و اختلاف جزئی ناشی از کاهش اندازه ذرات در اثر حمل و نقل می‌باشد. با این نتیجه احتمال وجود بخش لهبری به عنوان یکی از منابع تغذیه رسوبات بادی منطقه تقویت می‌شود. در منطقه مورد مطالعه انحراف معیار ماسه بادی‌ها از ۰/۳ تا ۰/۶ فی بوده که جورشدگی (فولک، ۱۹۶۶) آنها خوب تا متوسط است. انحراف معیار ذرات ماسه سنگ لهبری ۰/۶ فی بوده که جورشدگی آن خوب تا متوسط است. انحراف معیار اندازه ذرات رسوبات رودخانه‌ای بین ۰/۴ تا ۰/۹ بوده که جورشدگی آنها نیز خوب تا متوسط است. بر اساس انحراف معیار اندازه نمونه‌ها و همچنین مطالعات صورت گرفته بر روی سازند آغاچاری محدوده مورد مطالعه (رنگزن و اقبال‌دین، ۱۹۹۸)، جورشدگی ماسه‌بادی‌ها و ذرات ماسه

رسوبات سواحل خلیج فارس را در تغذیه رسوبات منطقه تایید می‌کند. گردشگری نمونه‌ها خوب بوده، ولی درجات این گردشگری بسیار متفاوت است به حدی که انواع گردشگری و جورشدگی را در نمونه‌ها می‌توان دید که نشان دهنده چند منشایی بودن رسوبات منطقه است. با توجه به حضور بالای چرت و ردیابی آن در سازند آغاچاری این سازند به عنوان محتمل‌ترین منبع برداشت رسوبات منطقه معرفی می‌گردد. مطالعات SEM دانه‌های ماسه کوارتزی (شکل B۲) نشان داد که گرد شدگی نیز در دانه‌های ماسه متفاوت است. بعضی از دانه‌ها دارای اثرات ضربه‌ای بسیار زیاد بوده (شکل C۲) و در مواردی این اثرات بواسطه وارد شدن دانه در چرخه آبی رودخانه در حال محو شدن است. بعضی از دانه‌ها بدلیل نزدیک بودن منشا، شکل اتومورف خود را حفظ کرده و فاقد هر گونه آثار ضربه‌ای است (شکل D۲).

سیمان شدگی کافی و از همه مهمتر اینکه سنگ بستر این ناحیه را می‌سازد، انتظار می‌رود در تغذیه رسوبات بادی نیز نقش بیشتری داشته باشد. مقایسه نتایج XRD نشان دهنده قرابت بالای کانیهای سازند لهبری با نمونه‌های تپه ماسه‌ای جدید است (نمونه‌های SA-۱ و SA-۴ مربوط به تپه‌هایی است که تثبیت شده و جزء رسوبات قدیمیتر است). تغییرات مشاهده شده در رسوبات نشانگر اهمیت جهت وزش بادها نیز می‌باشد. این موضوع در ارتباط با سنگ منشا رسوبات بادی نهفته است. اگر چه تجزیه بعضی از کانیهای رسی را نیز نباید از نظر دور داشت.

نتایج مشاهدات میکروسکوپی نشان دهنده وجود کوارتز به عنوان کانی غالب و کانی‌های چرت، انیدریت به عنوان کانی همراه است. در نمونه‌های برداشت شده صدف دو کفه‌ای آب شیرین (شکل A۲) و دریایی دیده می‌شود. وجود صدف-های دریایی در رسوبات بادی احتمال دخالت

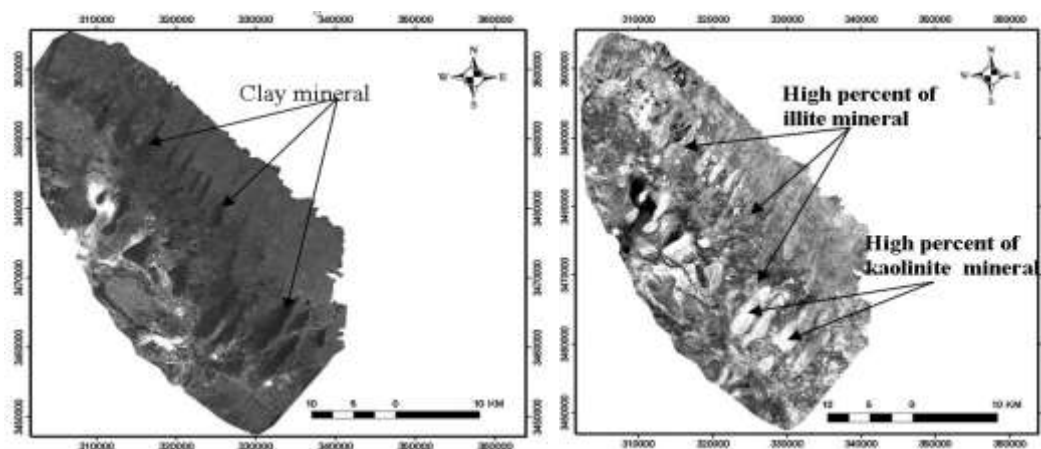


شکل ۲: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از (A) صدف آب شیرین، (B و C) دانه‌های ماسه کوارتزی خوب گرد شده با آثار فرسایش بادی، (D) دانه‌های ماسه کوارتزی خوش شکل بدون آثار فرسایش بادی

درصد اکسید آهن در تپه های ماسه ای می تواند عمر، منشا و مسیر حمل و نقل را برای ماسه های بیابانی (وایت و همکاران، ۲۰۰۱) و ماسه های ساحلی ( لوین و همکاران، ۲۰۰۵ و بین - دور و همکاران، ۲۰۰۶) نشان دهد به نحوی که اگر ماسه ها زردتر تا قرمزتر باشند فاصله بیشتری را از سواحل طی کرده اند. در منطقه مورد مطالعه چندین نسبت گیری طیفی انجام شد و با استفاده از نسبت گیری طیفی ۲/۵ مناطق حاوی کانی‌های رسی از اراضی متفرقه تفکیک گردید. مناطق رسی، تن تیره‌تری نسبت به سایر مناطق دارند (شکل ۳). با استفاده از نسبت طیفی ۶/۴، تپه‌های ماسه‌ای دو نوع تن روشن و تیره را نشان دادند. با مقایسه این نسبت با نتایج کسب شده توسط نمودار پراش اشعه ایکس مشخص گردید مناطق دارای تن روشن‌تر از لحاظ میزان کائولینیت غنی- تر بوده و میزان این کانی در این نمونه‌ها بین ۲۰ تا ۲۵ درصد می‌باشد، در حالیکه مناطق با تن تیره رنگ از لحاظ میزان کانی ایلیت غنی تر بوده و میزان کائولینیت موجود در آنها برابر صفر می- باشد (درصد نسبی کائولینیت در منطقه برابر ۶ است) (شکل ۴).

نسبت‌گیری باندی: نسبت‌گیری باندی و تکنیک- های محاسبات تصویر ارائه شده توسط سلطان و همکاران (۱۹۸۶) استفاده شده است. نسبت‌گیری باندی تصاویر ETM+ بطور خاصی برای تشخیص سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی بکار می رود. تکنیک نسبت‌گیری باندی تصاویر لندست قدرت جداسازی انواع سنگ‌ها و کانی‌ها را افزایش داده است، زیرا باندهای خاص به ترکیبات خاصی از کانی‌ها حساسیت دارند. چندین نویسنده از سنجش از دور در محدوده طول موج مرئی-مادون قرمز نزدیک (۲/۵ - ۰/۴ میکرون) برای مطالعه مخروطهای آبرفتی، ماسه های دریایی و رسوبات تپه ماسه ای استفاده کرده اند ( شیپ من و آدامز، ۱۹۸۷ و پیسلی و همکاران، ۱۹۹۱).

تصویر سیاه و سفید ایجاد شده از نسبت‌گیری باندی ۶/۴ و ۵/۷ اطلاعات بیشتری در مورد کانی- شناسی تپه‌های ماسه‌ای در اختیار قرار می‌دهد (پی یس و همکاران، ۱۹۹۹ و سلطان و همکاران، ۱۹۸۶). باندهای حرارتی ASTER نیز در پنجره اتمسفری (۸-۱۲ میکرون) کانیهای سیلیکات دار را به آسانی تشخیص می دهد (اچیدت و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۳: نسبت گیری باند تصویر ETM+ (۲/۵)

شکل ۴: نسبت گیری باند تصویر ETM+ (۶/۴)



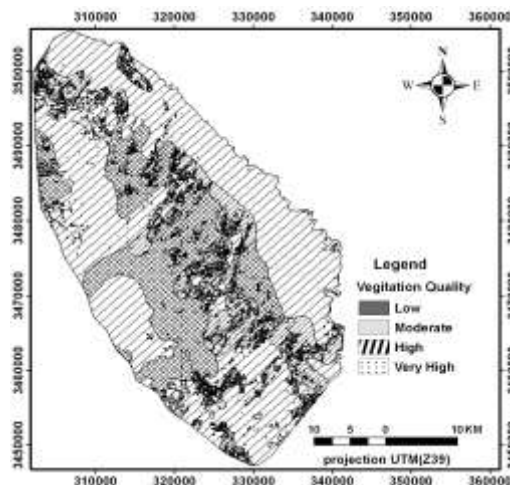
زایی (Desertification Mapping (DM) منطقه ترسیم گردید و ناحیه به ۸ زیر تیپ تقسیم‌بندی شد (جدول ۵).

**معیار پوشش گیاهی:** تخریب پوشش گیاهی یکی از معیارهای موثر در فرآیند بیابانی شدن است که در نتیجه کمبود بارندگی، تغییر در خصوصیات خاک و افزایش فرسایش آبی و بادی اتفاق می‌افتد. بنابراین در این مدل جهت ارزیابی پوشش گیاهی شاخص‌های مقاومت در برابر خشکسالی، درصد پوشش، خطر آتش سوزی، حفاظت در برابر فرسایش انتخاب گردیده‌اند، و برای هر کدام از این شاخص‌ها وزنی در نظر گرفته شده و در نهایت نقشه معیار پوشش گیاهی از میانگین هندسی این شاخص‌ها بدست می‌آید. برای استخراج درصد پوشش گیاهی منطقه، از شاخص (NDVI) بدست آمده از تصویر ماهواره سنجنده ETM (LANDSAT 7) سال ۲۰۰۲ استفاده شده است. نقشه کیفی پوشش گیاهی به-دست آمده از منطقه مورد مطالعه در شکل (۵) نشان داده شده است.

در این مطالعه برای تعیین وضعیت منطقه از لحاظ بیابان‌زایی از روش MEDALUS (شاخص ESAs) بدلیل دقت بیشتر این مدل جهت تهیه نقشه بیابان‌زایی استفاده شد. جهت ترسیم نقشه بیابان‌زایی از ۴ معیار کلیدی بیابان‌زایی شامل معیار پوشش گیاهی، اقلیم، کیفیت خاک و مدیریت استفاده شد. نقشه بیابان‌زایی منطقه به کمک این ۴ معیار تهیه شد. به هر لایه بر اساس تاثیر آن در بیابان‌زایی با توجه به بررسی منابع و شرایط منطقه، وزنی بین ۱ تا ۲ داده شد. نحوه وزن‌دهی به صورت خطی و نسبت برابر بوده، به طوری که ارزش ۱ بهترین و ارزش ۲ بدترین وزن بوده است (این وزنها از جداول استاندارد این مدل استخراج شد). هر کدام از معیارهای ذکر شده دارای پارامترهایی بودند که نقشه نهایی هر کدام از معیارها از میانگین هندسی پارامترهایش به-دست می‌آید. در این روش به مناطقی مانند استخرهای آب، مانداب و مناطق شهری ارزش صفر داده می‌شود. بعد از محاسبه هر معیار، نقشه تهیه شده طبقه‌بندی گردید. پس از تهیه نقشه های معیار توضیح داده شده، نقشه نهایی بیابان-

جدول ۵: انواع ESAs و دامنه اندیسه‌های مربوطه و توزیع فراوانی شرایط بیابانی در ناحیه مورد مطالعه

کد	کلاس	Type	Subtype	Range of ESAI	Area (hec)	% area
--	رده بندی نشده	Non Classified	N.C	-	14029.32	10.3
۱	غیرحساس	Not Affected	N.A	<1.17	0	0
۲	بالقوه	Potential	P	1.17-1.22	0	0
۳	شکندنده(الف)	Fragile	F1	1.23-1.26	44.12	0.03
۴	شکندنده(ب)	Fragile	F2	1.27-1.32	1701	1.25
۵	شکندنده(ج)	Fragile	F3	1.33-1.37	5870.82	4.3
۶	بحرانی(الف)	Critical	C1	1.38-1.41	13984.2	10.26
۷	بحرانی(ب)	Critical	C2	1.42-1.53	62570.58	45.86
۸	بحرانی(ج)	Critical	C3	>1.53	.8085.75	28



شکل ۵: نقشه کیفیت پوشش گیاهی

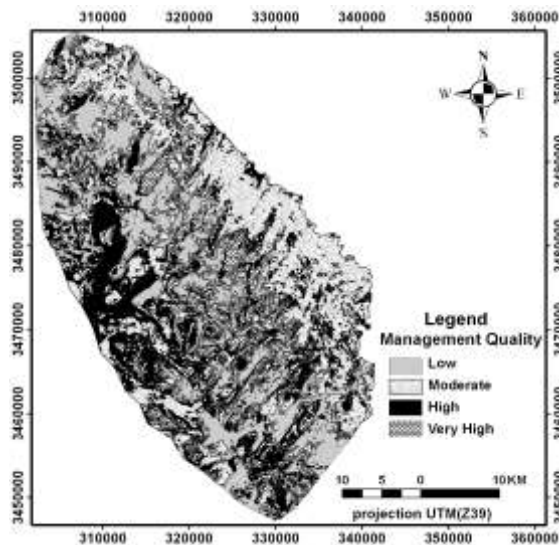
بعنوان یکی از مهمترین و شاید اصلی‌ترین عامل ایجاد شرایط بیابان‌زایی و در نهایت بیابانی شدن این مناطق دانست. در منطقه مورد مطالعه نقش این معیار دارای اهمیت زیادی بوده و تاکنون نیز موثر واقع شده‌است، بطوری‌که منطقه تقریباً به حالت تثبیت درآمده و قسمت‌هایی از منطقه به زیر کشت گیاهان مقاوم رفته‌است. این معیار شامل دو پارامتر (۱) نوع کاربری اراضی و (۲) اعمال مدیریت موثر است. اراضی بر طبق نحوه‌ی استفاده از آنها در بخشهای زیر طبقه بندی می‌شوند. در نقشه تهیه شده معیار کیفی مدیریت، کلاس کیفی متوسط بیشترین مساحت را در بر گرفته است (شکل ۶). بعد از کسب پارامترهای فوق شاخص نهایی ESAs برای بیابان‌زایی از میانگین‌گیری هندسی چهار معیار و سپس با اعمال وزن موثر آنها نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه تهیه شد (شکل ۷ و جدول ۶).

**معیار خاک:** از فاکتورهای تاثیرگذار در اکوسیستمهای خشکی در مناطق نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب است، بویژه با تاثیری که در میزان تولید بیوماس دارد (کوسماس و همکاران، ۱۹۹۹). برای ارزش‌دهی به معیار کیفی خاک باید پارامترهای تاثیرگذار در آن را مورد مطالعه قرار دهیم که این پارامترها شامل ۱- مواد مادری خاک، ۲- بافت خاک، ۳- عمق خاک، ۴- شیب، ۵- پوشش سنگریزه و ۶- شرایط زهکشی است.

**معیار اقلیم:** برای تهیه نقشه معیار اقلیمی از سه شاخص میزان بارش، جهت جغرافیایی و شاخص خشکی بگنولس- گوسن استفاده گردید. چون همبستگی بالایی بین پارامتر خشکی و میانگین بارندگی سالانه وجود دارد در نتیجه از ضریب خشکی بگنولس-گوسن استفاده گردید.

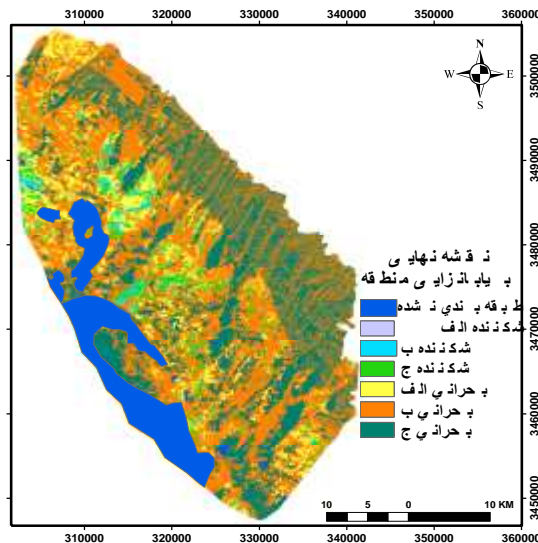
**معیار مدیریت:** با توجه به مطالعاتی که در مناطق مختلف بویژه مناطق خشک و نیمه خشک صورت گرفته است، می‌توان عوامل انسانی را

جدول ۶: میانگین مقادیر کمی وزن اندیسهای بیابان‌زایی			
Class	Description	Weight	Index
1	Very High	1.818	Climate index
2	High	1.647	Vegetation index
3	Moderate	1.387	Management index
4	Low	1.21	Soil index



شکل ۶: نقشه کیفیت مدیریت

رفت. این موضوع می تواند در برنامه ریزیهای آینده و مدیریت منطقه نقش داشته باشد. با توجه به نقشه های تهیه شده از معیارهای بیابانزایی و رویهم گذاری آنها بر اساس میانگین حسابی نقشه شدت بیابانزایی منطقه ترسیم شد. بر اساس نتایج کسب شده متوسط ارزش کمی شدت بیابانزایی برای کل منطقه بر اساس ۴ معیار مورد بررسی،  $1/48$  برآورد گردید که با مقایسه این مقدار با جدول ESAs (جدول ۵) کلاس شدت بیابانزایی برای کل منطقه بحرانی نوع (ب) برآورد می گردد. در نقشه تهیه شده دیده می شود که بیشترین مساحت منطقه در کلاس ۷ قرار می گیرد که کلاس بحرانی نوع ب است و کمترین مساحت نیز در کلاس ۳ قرار می گیرد که معرف منطقه شکننده (الف) از لحاظ بیابانزایی است (شکل ۷). نتایج نهایی نقشه بیابانزایی نشان می دهد که از بین ۴ معیار توضیح داده شده معیار اقلیم بیشترین تاثیر را در بیابانزایی منطقه دارد و معیار خاک کمترین تاثیر را دارد (جدول ۶). بررسی انجام شده بر روی متوسط وزنی شاخص های بیابانزایی مورد بررسی نشان می دهد که در منطقه مورد مطالعه سه شاخص میزان بارندگی،



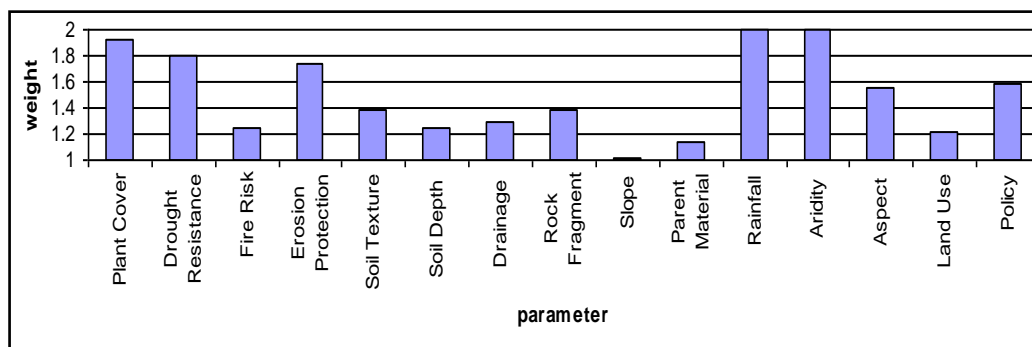
شکل ۷: نقشه بیابانزایی ناحیه مورد مطالعه

برای تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی، نقشه های طبقه بندی شده هر دو سال را به فرمت رستر تبدیل کردیم. نتایج به دست آمده نشان می دهد که مساحت تپه های ماسه ای فعال از ۹۳۳۵ به ۷۳۳۰ هکتار کاهش یافته است. بالاترین میزان کاربری تغییر یافته در منطقه تبدیل اراضی ماندابی به اراضی بایر و شورزار است که برابر ۴۸۸۲ هکتار است. بیشترین تغییر در بین پهنه های ماسه ای تغییر از تپه های فعال به اراضی کشاورزی و تغییر از تپه های فعال به تپه های تثبیت شده است که بترتیب برابر ۱۴۲۶ و ۵۹۸ هکتار می باشد. تغییر کاربری از اراضی ماندابی به مرتع و بالعکس کمترین میزان را در بین تغییرات دارد و برابر  $4/3$  هکتار است. در بین کاربریهای یاد شده کمترین تغییر در بین اراضی کشاورزی دیده می شود در حالیکه اراضی ماندابی و تپه های تثبیت شده بالاترین تغییرات را داشته اند.

برای جداسازی مناطق حاوی کانی های متفاوت، تکنیک نسبت گیری بانندی کمک مفیدی به انجام این کار کرد. نسبتهای بانندی  $2/5$  و  $6/4$  به ترتیب برای جداسازی کانی های رسی از دیگر مناطق و تمییز مناطق حاوی کائولینیت از ایلیت به کار

۱/۲۱۵ کمترین تاثیر را در بیابانزایی دارند. نتایج وزنی پارامترهای مورد بررسی در شکل (۸) نشان داده شده است.

ضریب خشکی و درصد پوشش گیاهی به ترتیب با ارزش عددی ۲، ۲ و ۱/۹۲۴ بیشترین تاثیر و سه شاخص شیب، مواد مادری و نوع کاربری اراضی به ترتیب با ارزش عددی ۱/۰۲۳، ۱/۱۴ و



شکل ۸: متوسط وزنی پارامترهای مورد استفاده

نشان داد که استفاده از GIS به بالا بردن دقت و سرعت عمل کمک قابل ملاحظه می کند.

### تشکر و قدردانی

صمیمانه از بخش پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز و همکاران محترم در دانشکده علوم زمین بواسطه مشوق ها و نکات ارزنده کمال تشکر را دارد.

با توجه به نتایج ارزشیابی، اراضی منطقه مورد مطالعه به میزان قابل ملاحظه‌ای در حال بیابانی شدن قرار دارد. معیار اقلیم در اکثر نقاط حوزه دارای شدت عمل بیشتری است که این به دلیل بارندگی کم و درجه حرارت بالای محیط می باشد. در کل منطقه علی رغم طرح‌های بیابانزدایی همچنان تحت تاثیر بالای فرآیند بیابانزایی قرار دارد و توجه بیشتر را در این زمینه می طلبد. در این مطالعه از GIS کمک گرفته شد و نتایج

### منابع

-Ben-Dor, E., Levin, N., Singer, A., Karnieli, A., Braun, O., and Kidron, G.J., 2006. Quantitative mapping of the soil rubification process on sand dunes using an airborne CASI hyper spectral sensor. *Geoderma*, v. 131, p.1-21.  
 -Chander, G., and Markham, B., 2003. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Post calibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.41, p.2674-2677.  
 -Conese, C., Gilabert, M.J., Maselli, F., and Bottai, L., 1993. Topographic normalization of TM scene through the use of an atmospheric correction method and digital terrain models. *Photogrametric*

*Engineering and Remote Sensing*, v.59 (12), p.1745-1753.  
 -Folk, R.L., 1966. A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, v. 6, p.73-93.  
 -Giordano, L., Giordano, F., Grauso, S., Iannetta, M., Sciortino, M., Rossi, L., and Bonati, G., 2002. Identification of areas sensitive to desertification in Sicily Region. ENEA (Ente per le Nuove Tecnologie, l, Energia e l, Ambiente), centroRicerche casaccia, Via Anguillarese 301, 00060 Roma, Italy.  
 -Hauff, P., Kruse, F., Madrid, R., Fraster, S., Huntingtone, J., Jones, M., and Watters, S., 1991. Illite crystalinity: case histories using x-ray diffraction and reflectance

- spectroscopy to define ore host environments, in Proceeding of the 8th Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Volume 1, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, Mich., p.447-458.
- Howari, F.M., Baghdady, A., and Goodell, P.C., 2007. Mineralogical and geomorphological characterization of sand dunes in the eastern part of United Arab Emirates using orbital remote sensing integrated with field investigations. *Geomorphology*, v. 83, p.67-81.
- Khosravi, H., 2003. Application of MEDALUS model for Desertification study in Kashan region. M.Sc thesis, University of Tehran, Iran.
- Kosmas, C., Gerontidis, S.T., Detsis, V., Zafiriou, T.H., and Marathianou, M., 1999. Application of the MEDALUS methodology for defining ESAs in the Lesvos island, European Commission. Capri, Italy.
- Levin, N., Ben-Dor, E., and Singer, A., 2005. A digital camera as a tool to measure color indices and related properties of sandy soils in semi-arid environments. *International Journal of Remote Sensing*, v. 26 (24), p.5475-5492.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc. 230 p.
- Mashkoh, M.A., 1997. Temporary method for Assessment and Classification of desertification. Institute of Researches for Forests and Ranges. Iran. PRESS.
- Paisley, E. C. I., Lancaster, N., Gaddis, L. R., and Greeley, R., 1991. Discrimination of active and inactive sand from remote sensing: Kelso Dunes, Mojave Desert, California: *Remote Sensing of the Environment*, v. 37, p. 153-166.
- Pease, P.P., Bierly, G.D., Tchakerian, V.P., and Tindale, N.W., 1999. Mineralogical characterization and transport pathways of dune sand using Landsat TM data. *Wahiba Sand Sea, Sultanate of Oman Geomorphology*, v.29 (3-4), p.235-249.
- Price, J.C., 1987. Radiometric calibration of satellite sensor in the visible and near infrared: history and outlook. *Remote Sensing of environment*, v.22, p.3-9.
- Rahimi, M.R., 2003. Hydrogeology of Zeviercherry and Kheran plains, Molasani, Ahvaz. M.Sc thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
- Ramadan, T.M., and Kontny, A., 2004. Mineralogical and structural characterization of alteration zones detected by orbital remote sensing at Shalatein District, SE Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, v. 40 (1-2), p.89-99.
- Rangzan, K., and Iqbaluddin, A., 1998. Sedimentation As Guide to Tectonic Setting of Aghajari Formation, Zagros structural belt, SW-Iran, *J. Indian Association of Sedimentologists*, v.17 (1), p.1-11.
- Rangzan, K., Sarsangi, A.R., Soleimani, B., and Abshirini, E., 2007. Determination of sensitivi degree for east of Ahvaz Desert with MEDALUS model and GIS. 14 conference of Geomatic. Tehran. Iran.
- Richards, J.A., 2000. *Remote Sensing Digital Image Analysis*, 3rd ed. Springer-Verlag, Berlin, 190 p.
- Sabins, F.F., 1997. *Remote Sensing: Principles and Interpretation*. W. H. Freeman and Company, New York. 549 p.
- Sarnthein, M., 1978. Sand deserts during glacial maximum and climatic optimum. *Nature*, v. 272, p.43-46.
- Scheidt, S., Ramsey, M., and Lancaster, N., 2008. Radiometric normalization and image mosaic generation of Aster thermal infrared data: An application to extensive sand sheets and dune fields. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, p. 920-933.
- Shipman, H., and Adams, J. B., 1987. Detectability of minerals on desert alluvial fans using reflectance spectra: *Journal of Geophysical Research*, v. 92, p. 10391-10402.
- Sultan, M., Arvidson, R.E., Duncan, I.J., Stern, R., and El Kaliouby, B., 1986. Extension of the Najd Fault System from Saudi Arabia to the central Eastern Desert of Egypt based on integrated field and Landsat observations. *Tectonics*, v. 7, p.1291-1306.
- Tucker, M., 1989. *Techniques in sedimentology*, Black Well Scientific. Publ., 394p.

Vincent, R.K., 1997. Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 270 p.

-Weir, D.L., Ormerod, E.C., and Eimansey, M.I., 1975. Clay mineralogy of sediment of western Nile Delta, J. Clay mineralogy, v.10, p.369-386.

-White, K., Goudie, A., Parker, A., and Al-Farraj, A., 2001. Mapping the geochemistry of the Northern Rub' Al Khali using multispectral remote sensing techniques. Earth Surface Processes and Landforms, v. 26, p.735-748.