

## مطالعه تفکیک پذیری طیفی کلاس های اطلاعاتی بیابان لوت با استفاده از داده های ماهواره ای

چوقی بایرام کمکی\* - کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه تهران

دکتر سید کاظم علوی پناه\*\* - دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

دریافت مقاله: ۸۲/۹/۱۵

تأیید نهایی: ۸۴/۴/۱۳

### چکیده

بیابان لوت خشک ترین بیابان ایران است که در منطقه جنوب شرقی کشور قرار دارد. یاردانگ ها از مهم ترین تیپ موجود در لوت مرکزی بشمار می رود. در این تحقیق برای بررسی خصوصیات انعکاس طیفی مناطق یاردانگ ها و شناسائی رخساره آن از داده های رقومی ماهواره لندست (TM) استفاده شد. پس از بررسی پارامترهای آماری باندهای لندست (TM<sup>1</sup>) براساس شاخص ترکیب بهینه باندی (OIF<sup>2</sup>) و شاخص همبستگی باندها (I<sup>3</sup>)، ترکیب باندهای شرکت کننده در طبقه بندی معلوم گردید. همچنین تفکیک پذیری کلاس های اطلاعاتی موجود در منطقه با نرمال نمودن اختلاف کلاس ها بررسی شد و تصویر طبقه بندی شده با تهیه جدول ماتریس خطا ارزیابی گردید و ماهیت خطاها معلوم گردید و سپس روش مناسب ترکیب باندی برای منطقه معرفی شد. براساس نتایج حاصل از این مطالعه، نتیجه گیری شد که داده های رقومی در صورت انتخاب روش مناسب برای شناسائی رخساره های منطقه ابزار مفیدی می باشد. واژگان کلیدی: ارزیابی، انعکاس، باند، بیابان، طبقه بندی، کلاس اطلاعاتی، لوت و یاردانگ.

### مقدمه

اشکال تپه های فرسایشی حاصل از فرسایش بادی یاردانگ ها در مناطق خشک دنیا از قبیل ایران، ایالات متحده، چاد مصر و پرو در سطح وسیعی گسترش یافته اند و فرایندهای موجود تا حدی مورد مطالعه قرار گرفته اند (احمدی ۱۳۷۷، دونالد ۱۹۷۷ و برید ۱۹۸۹). در ایران یاردانگ ها سطح وسیعی را در لوت مرکزی پوشانیده، به طوری که چهار درصد از کل بیابان لوت را شامل می شود و این سازند از نظر چینه شناسی در ردیف پلیوسن فوقانی و کواترنری تحتانی قرار می گیرد (کرینسلی ۱۹۷۰). تحولات چاله لوت در دوران چهارم زمین شناسی واقع شده که در این دوره عامل

\*E-mail: bkomaki@yahoo.com

\*\*E-mail: salavipa@chamran.ut.ac.ir

<sup>1</sup> - Thematic mapper

<sup>2</sup> - Optimum Index Factor

<sup>3</sup> - Index Factor

فرسایش بادی - آبی باعث تغییر حوزه و اشکال مرفولوژی موجود در آن به خصوص یاردانگ ها گشته است (اشتوکلین، یوان و همکاران ۱۳۵۲) و عوامل اقلیمی نیز در پیدایش عارضه ها مؤثر بوده است (کرینسلی ۱۹۷۰ و معتمد ۱۳۶۷). البته براساس مشاهدات میدانی و فسیل ها در حدود چهل هزار سال قبل آب و هوای منطقه مرطوب تر از امروز بوده است (معتمد ۱۳۶۷)؛ در صورتی که اکنون اقلیم منطقه فراخشک می باشد (ثابتی ۱۳۶۸).  
 با توجه به وضعیت اقلیمی خاص منطقه و زمین شناسی یاردانگ های بیابان لوت نیاز به تحقیقات بیشتری است: براساس مطالعات بعمل آمده، واحدهای رسوبی منطقه به راحتی با استفاده از تصاویر ماهواره ای و به روش تفسیر چشمی قابل تفکیک و شناسائی است (برزگر ۱۳۶۳).

ناهمواری ها و اشکال فرسایش بادی از جمله یاردانگ ها در مناطقی واقع هستند که باد سرعت کافی برای بادکندهی وسایش داشته باشد که در الگوی فرسایش بادی برخلاف فرسایش آبی حرکت مواد در همه جهات امکان پذیر است (دونالد ۱۹۷۷). در نواحی با باد شدید، اقلیم خشک و بستر مناسب فرسایش باعث ایجاد شیارها به صورت آرایه های موازی می شود که این شیارها (دالان ها) بر اثر افزایش فرسایش بادی - آبی گسترش می یابند؛ بدین نحو که عامل رطوبت باعث نرمی و سستی سطح منطقه می گردد (احمدی ۱۳۷۷). پس از خشکیدگی به سهولت با کوچک ترین حرکت باد مواد برداشته می شود. در حد فاصل این شیارها تپه های موازی و دوکی شکل یاردانگ ها هم جهت با باد غالب منطقه باقی می مانند: حالت دوکی شکل آن به نحوه عمل فرسایش بادی مربوط می شود؛ به طوری که شیب رو به باد بیش از قسمت پشت به باد است و عموماً یاردانگ های منطقه لوت براساس ابعاد و عامل فرسایش به دو رخساره تقسیم می گردند: یاردانگ های بزرگ حاصل فرسایش آبی - بادی و یاردانگ های کوچک تحت تأثیر فرسایش بادی شکل گرفته است (احمدی ۱۳۷۷) (شکل شماره ۱ الف و ب).

شکل ۱ - مرفولوژی اشکال تپه های یاردانگ بیابان لوت



الف - رخساره تپه های یاردانگ های کوچک

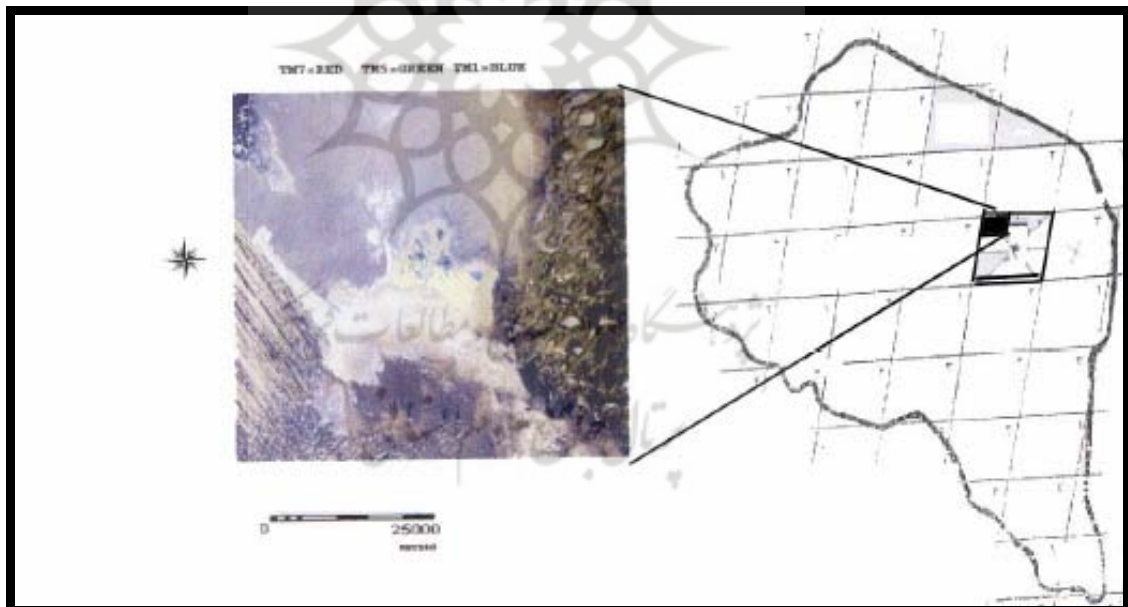
ب - رخساره تپه های یاردانگ های بزرگ

مطالعه رخساره ها و پدیده های یاردانگ های بیابان لوت و به ویژه تغییرات آن، کاری دشوار است؛ زیرا شرایط بسیار سخت و طاقت فرسای منطقه امکان بازدید و مشاهدات میدانی را سخت می سازد. از اینرو استفاده از داده های ماهواره ای و بررسی توانایی آنها در طبقه بندی و تفکیک پدیده های منطقه لوت اهمیت زیادی دارد. بنابراین در این تحقیق سعی شده تا توانایی داده های ماهواره ای در طبقه بندی رخساره های منطقه مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد. به همین دلیل منطقه مورد مطالعه به نحوی انتخاب گردید که پدیده های مهم و غالب بیابان لوت از قبیل تپه های ماسه ای و یاردانگ ها در آن دیده شود.

#### مواد و روش ها

در این تحقیق از داده های رقومی ماهواره لندست-۴ با سنجنده نقشه بردار موضوعی (TM) مربوط به تاریخ سوم تیرماه ۱۳۶۸ (ه. ش.) و ابعاد پنجره آن (۲۰۲۸ × ۱۹۶۰ پیکسل) سطر و ستون برای پردازش استفاده گردید (شکل شماره ۲). همچنین از نقشه های جانبی مانند توپوگرافی به مقیاس (۱:۵۰۰۰۰)، نقشه زمین شناسی به مقیاس (۱:۲۵۰۰۰۰) و عکس های هوایی (۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰) به عنوان اطلاعات کمکی استفاده شد و برای تفسیر پدیده ها از یکدیگر، اطلاعاتی مانند تصاویر رنگی (RGB) (TM7, TM4, TM2) به مقیاس (۱:۱۰۰۰۰۰) مورد استفاده قرار گرفت (شکل شماره ۳).

شکل ۲- موقعیت منطقه مطالعاتی



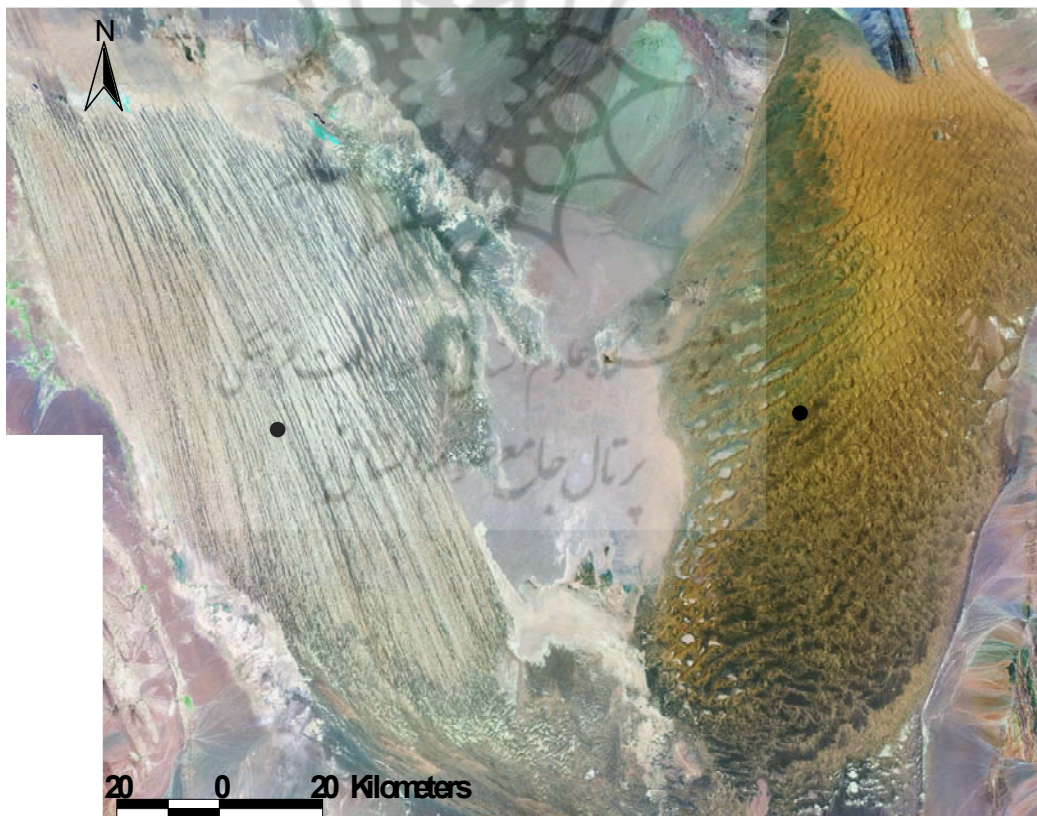
اطلاعات رقومی باندهای هفت گانه (TM) در محیط نرم افزار ILWIS براساس اطلاعات آماری باندها طبق الگوی پردازش شکل شماره (۴) طبقه بندی شد (نجفی دیسفانی ۱۳۷۷ و جینسن ۱۹۹۶). در مرحله اول، با استفاده از اطلاعات نقشه های موجود کلاس های اطلاعاتی منطقه شناسایی گردید.

شکل ۳- عکس هوایی مایل منطقه یاردانگک ها (مقیاس ۲۰/۰۰۰: ۱):  
(الف) و تصویر ماهواره ای تپه های شنی و منطقه یاردانگک: (ب)

(الف)



(ب)



در مرحله دوم، الگوی ارزش پیکسلی در چند باند طیفی بررسی و با نمایش گرافیکی باندها (نمود فضایی<sup>۱</sup>) ارزش های مشابه به عنوان یک کلاس اطلاعاتی شناسائی شد و جفت الگوهای طیفی مشابه در هم ادغام و الگوهای ناهمگن به زیر گروه تقسیم بندی شدند و سپس با نمونه برداری از آنها طبقه بندی انجام شد. براساس اطلاعات آماری باندها و تفاوت خصوصیات انعکاسی کلاس های اطلاعاتی، باندهای انتخابی معلوم شد تا باندهای با ارزش اطلاعاتی (واریانس) کم و باندهای با تکرار اطلاعات زیاد (کوواریانس) در طبقه بندی شرکت داده نشود و بدین ترتیب از سه روش تصمیم گیری برای انتخاب باندها استفاده گردید:

براساس اطلاعات آماری باندها (ماتریس کوواریانس و انحراف معیار) ترکیب باندی برای طبقه بندی معلوم گردید: روش اول - براساس رابطه زیر شاخص ترکیب باندی (OIF) محاسبه شد:

رابطه شماره (۱)

$$OIF = \frac{Std_i + Std_j + Std_k}{f_{ij} + f_{jk} + f_{ik}}$$

Std انحراف معیار باندهای (i,j,k)

f ضرایب همبستگی باندهای (i,j,k)

روش دوم - براساس رابطه زیر شاخص همبستگی باندی (I) محاسبه شد (آندریو ۱۹۹۹).

$$I = \sqrt{1 + 2abc - a^2 - b^2 - c^2}$$

رابطه شماره (۲)

a ضرایب همبستگی باند یک و باند دو

b ضرایب همبستگی باند یک و باند سه

c ضرایب همبستگی باند دو و باند سه

در رابطه فوق، نتیجه برابر با یک گویای بیشترین تغییرات طیفی باندها و عدد صفر، حداقل تمایز طیفی باندهاست.

حاصل عمل در جدول شماره (۱) برای ترکیب سه تایی باندها آورده شده است.

روش سوم - همچنین با نرمال کردن اختلاف میانگین ارزش های پیکسلی کلاس های اطلاعاتی (نسبت قدرمطلق تفاضل میانگین ارزش های پیکسلی دو کلاس بر مجموع واریانس آنها) مقدار تفکیک پذیری آماری کلاس یاردانگ ها با سایر کلاس های اطلاعاتی بررسی گردید (جدول شماره ۳).

در واقع، براساس فاصله آماری (میانگین) مطابق رابطه زیر نسبت قدرمطلق تفاضل میانگین ارزش های پیکسلی دو کلاس بر مجموع واریانس آنهاست (علیزاده ربیعی ۱۳۷۴):

$$dnorm = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

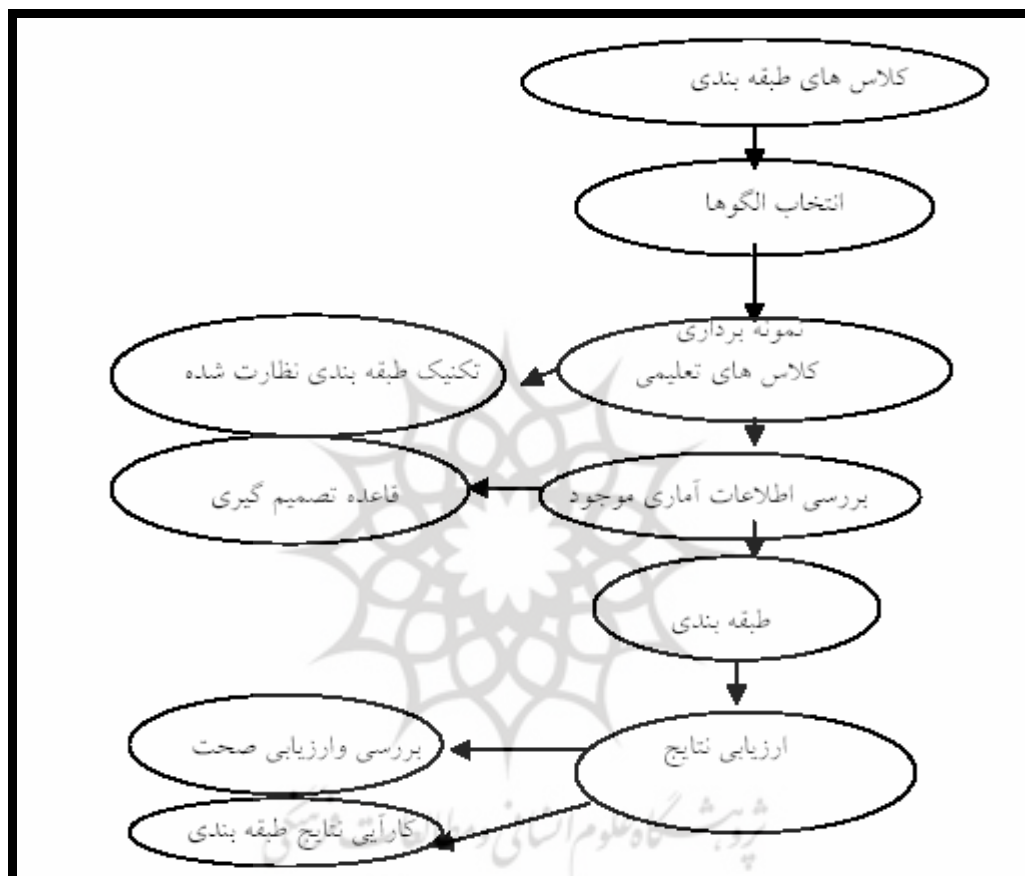
رابطه شماره (۳)

dnorm نسبت قدرمطلق تفاضل میانگین ارزش های پیکسلی کلاس یک و دو دو کلاس بر مجموع واریانس آنها

<sup>1</sup> Feature Space

$|\mu_1 - \mu_2|$  قدرمطلق تفاضل میانگین ارزش های پیکسلی کلاس یک و دو  $\sigma_1 + \sigma_2$  مجموع واریانس کلاس یک و دو بدین ترتیب مقدار نسبت فاصله آماری میانگین های دو کلاس یا طبقه را نشان می دهد. بنابراین قابلیت تفکیک پذیری دو کلاس به صورت کمی بیان می شود که هر چه مقدار آن بیشتر باشد، تفکیک پذیری داده های دو کلاس بیشتر می شود و خطای احتمالی طبقه بندی کاهش می یابد.

شکل ۴ - الگوی پردازش و فرایند طبقه بندی داده های رقومی



در خاتمه با انتخاب باندهای موردنظر، براساس الگوریتم حداکثر احتمال طبقه بندی گردید و سپس تصویر طبقه بندی شده با نمونه برداری مجدد و تهیه جدول ماتریس خطا مورد ارزیابی قرار گرفت و ماهیت خطای آن معلوم شد.

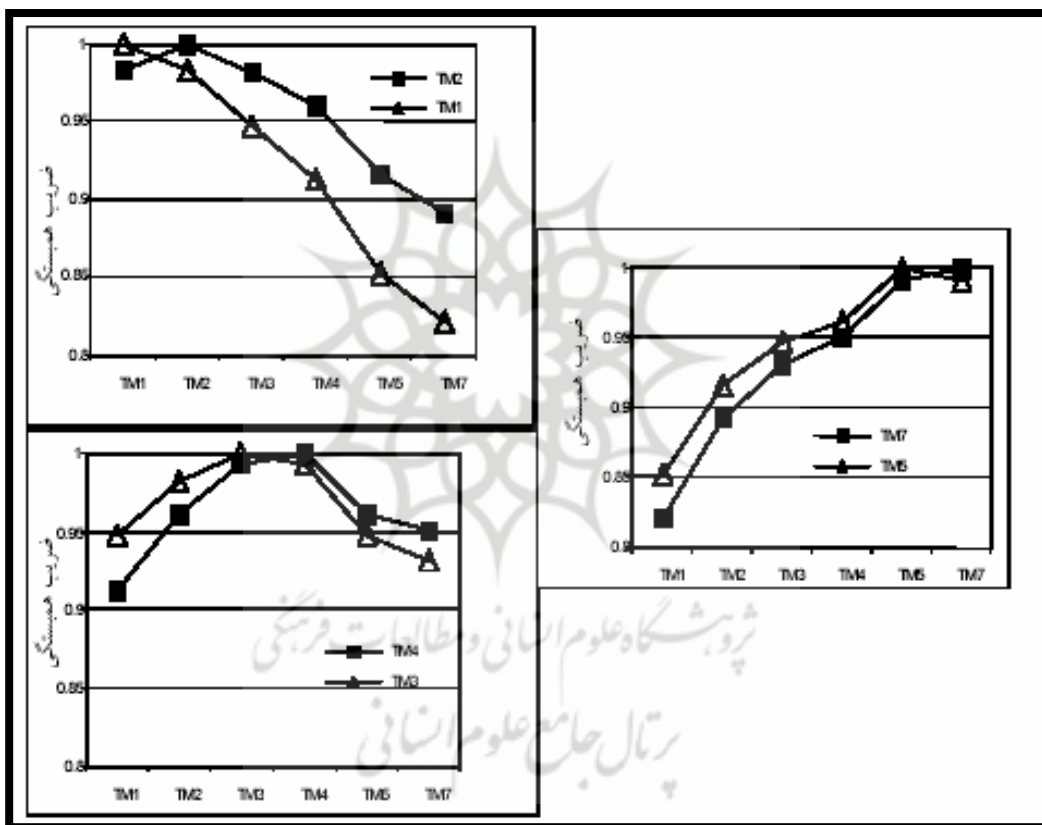
#### بحث و نتایج

ضریب همبستگی زیاد بین باندها بیانگر تکرار اطلاعات است. شکل شماره (۵) تغییرات ضرایب همبستگی باندهای دوگانه را نمایش می دهد. به طوری که ضریب همبستگی بین باندهای TM1 و TM2 بالاست و ضریب همبستگی این دو باند با سایر باندها با افزایش طول موج کاهش می یابد و سیر منحنی نزولی است و ضریب همبستگی باند TM6 با دیگر باندها منفی است. براساس شکل شماره (۵) می توان ابراز داشت که ضریب همبستگی باندها با باندهای مجاور خود زیاد است. برای بررسی اطلاعات موجود در باندها عامل (I) و (OIF) استفاده گردید و براساس

نتایج بدست آمده، باندهای انتخابی در ترکیب رنگی و شرکت کننده در طبقه بندی معلوم و نهایتاً طبقه بندی شد (جینسن ۱۹۸۶ آندریو ۱۹۹۹)

نتایج براساس عامل (I) در جدول شماره (۱- الف) آورده شده است. این فاکتور برای ترکیب باندی (TM1, TM6, TM7) بالاترین مقدار و برای ترکیب باندی (TM2, TM3, TM4) کمترین مقدار را داشته است؛ زیرا در ترکیب اخیر ضرایب همبستگی باندها به حداکثر می رسد. براساس عامل (I) بهترین ترکیب باندی (TM1, TM6, TM7) از میان کل باندها است، ولی برای باندهای انعکاسی ترکیب سه تایی (TM1, TM4, TM7) مناسب تر است.

شکل ۵- منحنی تغییرات ضرایب همبستگی باندها



عامل دیگر برای انتخاب ترکیب باندی و همبستگی باندها (OIF) است که براساس ضرایب همبستگی باندها و پراکنش اطلاعات در باندها محاسبه می گردد. بر این اساس بهترین ترکیب باندی (TM1, TM5, TM6) از میان کل باندها است، ولی برای باندهای انعکاسی ترکیب سه تایی (TM1, TM5, TM7) مناسب است. جدول شماره (۱- ب). لازم به ذکر است که باند حرارتی TM6 در پنج رتبه اول (OIF) دیده می شود؛ ولی در فاکتور (I) تا رتبه ۱۳ نیز وجود دارد. این ویژگی دلالت بر با ارزش بودن اطلاعات در باند فوق دارد.

## جدول ۱- مقادیر عامل (I) (الف) و (OIF) (ب)

ب			الف		
ردیف	باند های ترکیبی	فاکتور OIF	ردیف	باند های ترکیبی	فاکتور
1	TM1, TM5, TM6	24.12	1	TM1, TM6, TM7	0.47
3	TM1, TM6, TM7	21.60	2	TM4, TM5, TM6	0.44
2	TM3, TM5, TM6	21.50	3	TM1, TM5, TM6	0.42
4	TM5, TM6, TM7	21.25	4	TM2, TM6, TM7	0.37
5	TM4, TM5, TM6	21.09	5	TM1, TM4, TM6	0.34
6	TM1, TM5, TM7	20.80	6	TM2, TM5, TM6	0.32
7	TM1, TM3, TM6	20.53	7	TM3, TM6, TM7	0.30
8	TM1, TM4, TM6	20.09	10	TM3, TM5, TM6	0.26
9	TM1, TM4, TM5	19.96	8	TM1, TM3, TM6	0.26
10	TM2, TM5, TM6	19.76	9	TM4, TM6, TM7	0.26
11	TM3, TM6, TM7	19.33	11	TM2, TM4, TM6	0.23
12	TM1, TM2, TM5	18.79	12	TM1, TM2, TM6	0.15
13	TM1, TM3, TM7	18.48	13	TM2, TM3, TM6	0.15
14	TM3, TM5, TM7	18.46	14	TM1, TM4, TM7	0.12
15	TM4, TM6, TM7	18.34	15	TM5, TM6, TM7	0.11
16	TM3, TM4, TM6	18.28	17	TM1, TM4, TM5	0.11
17	TM3, TM4, TM5	17.92	16	TM3, TM4, TM6	0.11
18	TM1, TM4, TM7	17.87	18	TM1, TM3, TM7	0.10
19	TM1, TM3, TM5	17.79	19	TM1, TM3, TM5	0.09
20	TM1, TM2, TM6	17.73	21	TM2, TM4, TM5	0.08
21	TM4, TM5, TM7	17.59	20	TM2, TM4, TM7	0.08
22	TM2, TM3, TM5	17.32	22	TM1, TM5, TM7	0.07
23	TM2, TM5, TM7	17.28	24	TM2, TM3, TM5	0.06
24	TM2, TM6, TM7	17.14	23	TM1, TM2, TM7	0.06
25	TM1, TM3, TM4	17.13	25	TM2, TM3, TM7	0.06
26	TM1, TM2, TM7	16.81	27	TM1, TM2, TM5	0.05
27	TM2, TM3, TM6	16.70	26	TM2, TM5, TM7	0.05
28	TM2, TM4, TM5	16.69	29	TM3, TM5, TM7	0.04
29	TM2, TM4, TM6	16.07	30	TM4, TM5, TM7	0.04
30	TM1, TM2, TM3	15.86	28	TM3, TM4, TM7	0.04
31	TM3, TM4, TM7	15.84	31	TM1, TM2, TM4	0.04
32	TM1, TM2, TM4	15.50	33	TM3, TM4, TM5	0.03
33	TM2, TM3, TM7	15.28	34	TM1, TM3, TM4	0.03
34	TM2, TM4, TM7	14.61	32	TM1, TM2, TM3	0.03
35	TM2, TM3, TM4,	14.26	35	TM2, TM3, TM4,	0.02

## ۱- بررسی تفکیک پذیری کلاس های اطلاعاتی

کلاس های اطلاعاتی براساس عوارض موجود در منطقه شناسایی و ویژگی های مهم هر یک از کلاس های اطلاعاتی در جدول شماره (۲) آورده شده و نتایج اختلاف نرمال کلاس ها در جدول شماره (۳) نشان داده شده است و شکل شماره (۶) نیز تفکیک پذیری کلاس های اطلاعاتی را نمایش می دهد.

در باند TM1 کلاس اطلاعاتی یاردانگ (Y) بالاترین تفکیک پذیری آماری را به ترتیب با کلاس اطلاعاتی تپه ماسه ای (SD) و ارگ (E1) نشان می دهد. در حالت نمود فضایی باندها (نمایش گرافیکی) این اختلاف معلوم می گردد.



کمترین تفکیک پذیری آماری کلاس اطلاعاتی یاردانگ (Y) مربوط به کلاس اطلاعاتی اراضی مرطوب (W1) و کلاس اطلاعاتی اراضی شور (SL1) است.

جدول ۲- ویژگی های کلاس اطلاعاتی منطقه مطالعاتی

ویژگی	کد	تیپ
تپه های شاهد و باقی مانده در بین شیارها دارای بافت سیلتی- لومی که در روی عکس هوایی به رنگ روشن دیده می شود.	Y	یاردانگ
تپه های ماسه ای غیر فعال با بازوی جهت دار موافق با باد غالب منطقه که در روی عکس هوایی تیره رنگ دیده می شود.	E1	تپه های بزرگ ارگ لوت
به علت وجود ماسه بادی حاصل از ذرات آتشفشانی با انعکاس کم و رطوبت زیادتر انعکاس طیفی کمتری دارد.	E2	
این تپه ماسه ای نسبت به تپه های ماسه ای فوق از نظر ارتفاع و پراکنش کمتر است. تپه های ماسه ای فعال (برخانونید، سیلک، تپه ماسه ای موجود در شیارها) را شامل می شود.	SD	تپه ماسه ای
در حاشیه غربی تپه های ماسه ای بزرگ قرار دارد که عموماً از پهنه های ماسه ای تشکیل یافته اند و به علت عدم وجود مانع توسعه نیافته اند.	SSH	سفره های ماسه ای
با سطح سنگریزه ای و قلوه سنگی در منطقه فلات لوت که ارتفاع آن در شمال حواشی کوه ملک محمد زیاد و در کناره پرتگاه های چاله شور گز - هامون به حداقل می رسد.	DP	سنگفرش بیابانی
سطحی پوشیده از نمک که قشر نمکی حاصل انعکاس زیادی دارد.	SL1	راضی شور
مقدار نمک سطح نسبتاً کمتر و سطح عمومی پف کرده که آثار فرسایش بادی - آبی در آن مشاهده می شود.	SL2	
حوضه انتهایی جریان آبی و سطح آب زیر زمینی بالاست.	W1	راضی مرطوب پست
از لحاظ رطوبت نسبت به کلاس فوق کمتر است.	W2	

با وجود این که تفکیک پذیری آماری کلاس های اطلاعاتی در باند TM6 کم است و لیکن در این باند مقدار تفکیک پذیری آماری کلاس های اطلاعاتی اراضی مرطوب و اراضی شور با کلاس اطلاعاتی یاردانگ ها (Y) به حداکثر می رسد. براساس تفکیک پذیری آماری کلاس های اطلاعاتی می توان نتیجه گرفت که باندهای (TM2 و TM4) با طول موج کوتاه به همراه باند حرارتی TM6 برای طبقه بندی مناسب است.

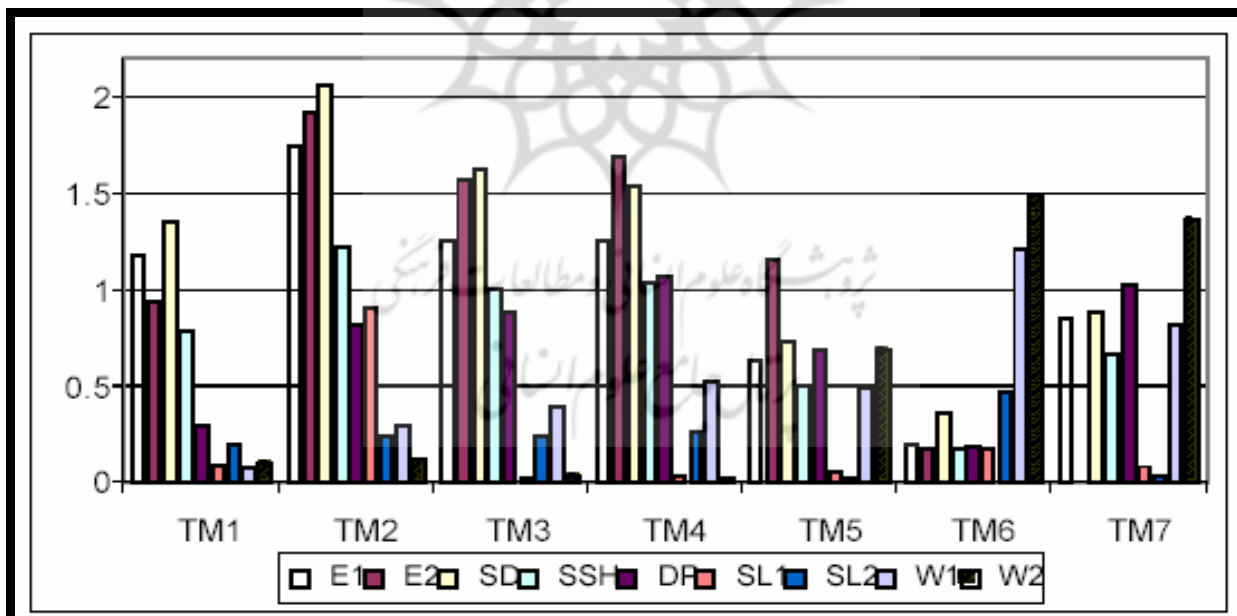
جدول ۳- اختلاف نرمال میانگین آماری کلاس های اطلاعاتی با کلاس اطلاعاتی یاردانگ ها

E1	E2	SD	SSH	DP	SL1	SL2	W1	W2	پاند
۱.۱۸	۰.۹۳۸	۱.۳۴۷	۰.۷۷۱	۰.۲۸۸	۰.۰۸۳	۰.۱۸۳	۰.۰۶۹	۰.۱۰۳	TM1
۱.۷۴۳	۱.۹۲۶	۲.۰۶	۱.۲۲۱	۰.۸۱۸	۰.۹	۰.۲۲۹	۰.۲۸۷	۰.۱۱۵	TM2
۱.۲۶۳	۱.۵۷۳	۱.۶۲۱	۱.۰۱۱	۰.۸۸۱	۰.۰۱۲	۰.۲۳۵	۰.۳۸۸	۰.۰۳۴	TM3
۱.۲۵۶	۱.۶۹۶	۱.۵۳۹	۱.۰۳	۱.۰۷۱	۰.۰۲۷	۰.۲۵۹	۰.۵۲	۰.۰۱۲	TM4
۰.۶۳۱	۱.۱۴۶	۰.۷۲۵	۰.۴۹۹	۰.۶۸۲	۰.۰۴۸	۰.۰۱	۰.۴۹	۰.۶۸۸	TM5
۰.۱۸۷	۰.۱۶۳	۰.۳۴۹	۰.۱۶۱	۰.۱۷۶	۰.۱۶۳	۰.۴۶۷	۱.۲۱	۱.۴۹۶	TM6
۰.۸۳۵	۱.۶۸۳	۰.۸۸۷	۰.۶۵۵	۱.۰۱۹	۰.۰۸	۰.۰۳۷	۰.۸۲۱	۱.۳۶۱	TM7

## ۲- بررسی و ارزیابی دقت نقشه طبقه بندی

پس از تهیه نقشه طبقه بندی شده، جهت بررسی و ارزیابی دقت طبقه بندی با عملیات نمونه برداری مجدد دو نقشه (نقشه نمونه برداری و نقشه طبقه بندی شده) با هم انطباق داده شده است. البته تعداد نمونه انتخابی طوری انتخاب شده که از نظر آماری معنی دار شود (جدول شماره ۵) و نقشه نهایی پس از ادغام کلاس های اطلاعاتی هر رخساره در شکل شماره (۹) نمایش داده شده است. در جدول شماره (۴) نیز دقت کلی میانگین دقت طبقه بندی کننده و دقت کاربر برای ترکیب سه تایی و چهار تایی آورده شده است.

شکل ۶- نمودار اختلاف نرمال میانگین آماری کلاس های اطلاعاتی با کلاس اطلاعاتی یاردانگ ها



جدول ۴- دقت کلی میانگین دقت طبقه بندی کننده و دقت کاربر همه ترکیب ها

ترکیب باندی	میانگین دقت کاربر	میانگین دقت طبقه بندی کننده	دقت کلی
TM1-TM5-TM7	۸۸٫۴	۸۸٫۲	۸۷٫۷
TM1-TM5-TM6	۹۱٫۲	۹۲٫۱	۹۱
TM1-TM4-TM7	۹۱٫۴	۹۰٫۷	۹۰٫۸
TM1-TM6-TM7	۹۲٫۱	۹۰٫۴	۸۹٫۸
TM2-TM4-TM6	۹۰٫۹	۹۰٫۳	۸۹٫۴
TM1-TM4-TM5-TM7	۹۲٫۹	۹۳٫۳	۹۲٫۳
TM1-TM5-TM6-TM7	۹۲٫۲	۹۲٫۷	۹۳

جدول ۵- تعداد نمونه های کلاس تعلیمی عوارض موجود

جمع	DP	E1	E2	SD	SL1	SL2	SSH	W1	W2	Y
2291	250	265	131	128	481	224	310	40	50	412

دقت کلی طبقه بندی در ترکیب سه تایی (TM1, TM5, TM6) و در ترکیب چهار تایی M1, TM5, TM6, (TM7) از بقیه ترکیب ها بالاتر است. البته دقت های ذکر شده میانگینی از دقت هاست. بنابراین برای فهم ماهیت خطا، دقت هر کلاس با تهیه جدول ماتریس خطاها بررسی می شود و دقت کلاس های اطلاعاتی طبقه بندی شده و نوع خطا به شرح زیر امکان پذیر است:

الف- خطای افزایشی که به آن خطای افزودگی نیز گویند و بیانگر میزان پیکسل هایی است که به غلط در کلاس مورنظر قرار گرفتند؛ در صورتی که به کلاس دیگری تعلق دارند. بنابراین براساس آن دقت کاربر بدست می آید.

ب- خطای کاهش بیانگر میزان پیکسل های از دست رفته است که به غلط در کلاس مورد نظر قرار نگرفتند. این خطا را خطای از دست رفتگی نیز گویند. براساس آن دقت تهیه کننده بدست می آید.

با توجه به نتایج حاصله در جدول شماره (۵)، بالاترین دقت کاربر بدست آمده برای کلاس اطلاعاتی یاردانگ ها برای ترکیب های باندی سه تایی با توجه به خطای (۴٫۵٪) مربوط به ترکیب (TM1, TM4, TM7) است. حداقل دقت مربوط به ترکیب سه تایی (TM1, TM5, TM7) می باشد که اضافه شدن پیکسل های اراضی شور (SL1) باعث افزایش این خطا شده است.

همچنین بالاترین دقت تهیه کننده برای کلاس اطلاعاتی یاردانگ ها جهت ترکیب های سه تایی با توجه به خطای کاهش (۱۹٫۸٪) مربوط به ترکیب (TM1, TM4, TM7) است و حداقل این دقت نیز به ترکیب سه تایی (TM1, TM6, TM7) مربوط می شود. در این حال پیکسل های کلاس اطلاعاتی یاردانگ ها به عنوان کلاس اراضی شور (SL1) طبقه بندی می شوند. بنا به تفاوت آماری کم بین این دو کلاس اطلاعاتی می توان نتیجه گرفت که خصوصیات این دو کلاس اطلاعاتی به همدیگر شبیه است و این امر منجر به خطای طبقه بندی می شود (جدول شماره ۶ و شکل شماره ۷).

جدول ۶- خطای افزایشی و کاهش کلاس های اطلاعاتی در گروه ترکیب بندی سه تایی

Y	E1	E2	SD	W2	W1	SSH	DP	SL2	SL1	ترکیب بندی	نوع خطا
۵۲.۶	۰.۵	۰.۴۵	۸.۲	۶	۲.۱	۱.۵	۰.۶	۵.۸	۵.۸	TM1-TM5-TM6	افزایشی
۴.۵	۰.۵	۰.۴	۱۴.۶	۴.۵	۲.۱	۲	۰.۶	۵.۸	۷.۲۵	TM1-TM4-TM7	
۵۵.۵	۱.۱	۱.۴۴	۱۱.۹۷	۱.۶	۴.۱۷	۴.۱۷	۰.۶	۱۸.۳۹	۸	TM1-TM5-TM7	
۲۳.۹	۱.۱	۰.۹	۳.۲	۳.۳	۱۸.۵	۲.۱	۱۸.۶	۶.۶	۱۳	TM2-TM6-TM4	
۲۶.۶	۰.۵۷	۸.۶	۴.۱	۱.۶	۸	۲.۹۴	۱.۷۸	۲.۸	۲۳.۸۷	TM1-TM6-TM7	کاهشی
۲۲.۶	۰.۵۶	۸.۲	۳.۲۹	۱.۶	۸	۲.۹۶	۴.۶	۴.۹۸	۲۲.۷	TM1-TM5-TM6	
۱۹.۸	۰.۵	۴.۷	۴.۳	۱.۵	۲۰.۷	۷.۱۴	۲.۹	۰.۹۲	۲۲.۶	TM1-TM4-TM7	
۴۳.۸	۰.۵۶	۵.۴۹	۲.۹۸	۴.۱۳	۲.۱۳	۵.۷۴	۹.۸۴	۰.۵۷	۲۴.۷	TM1-TM5-TM7	
۲۱	۰.۵	۰.۸۹	۴	۱۰.۶	۴.۳	۷.۵	۱.۸	۴.۹	۱۶.۰۶	TM2-TM6-TM4	کاهشی
۲۷.۴	۰.۶	۱.۳۳	۸.۹۵	۶	۰.۵۷	۰.۵	۱.۷	۶.۷۳	۹.۹۲	TM1-TM6-TM7	

در گروه ترکیب بندی چهارتایی دقت کلی میانگین دقت طبقه بندی کننده و میانگین دقت کاربر در ترکیب (TM1, TM4, TM5, TM7) بالاتر بوده است و همچنین در این ترکیب دقت طبقه بندی کننده کلاس اطلاعاتی یاردانگ ها نیز بالاتر بوده است و خطاها کاهش یافته است (شکل شماره ۸ و جدول شماره ۷)

جدول ۷- خطای افزایشی و کاهش کلاس های اطلاعاتی در گروه ترکیب بندی چهارگانه

Y	E1	E2	SD	W2	W1	SSH	DP	SL2	SL1	ترکیب بندی	نوع خطا
۵۲	۰.۵۶	۰.۹	۱.۲۸	۶.۱۵	۲.۱۳	۱	۱.۷۹.۶	۶.۲۸	۷.۶	TM1-TM5-TM6-TM7	افزایشی
۳۷.۶	۰.۵۶	۶.۶۷	۷	۶.۱۵	۲.۱۳	۱.۵	۰.۶	۲.۶۹	۶.۲۷	TM1-TM4-TM5-TM7	
۲۵.۹	۰.۵	۳.۹	۲.۹	۱.۶۱	۸	۲.۲۸	۵.۷	۳.۲۴	۲۳.۴	TM1-TM5-TM6-TM7	کاهشی
۱۵	۰.۵۶	۱.۳	۸.۸	۳.۱۷	۱۱.۵۴	۴.۳۷	۲.۹	۰.۴۶	۱۹.۹	TM1-TM4-TM5-TM7	

براساس مقایسه دقت حاصله از طبقه بندی به روش های انتخابی، روش انتخاب ترکیب بندی براساس فاکتور (I) در کاهش خطاها موفق تر عمل کرده و انتخاب ترکیب بندی با نرمال نمودن میانگین های کلاس های اطلاعاتی نیز باعث کاهش اختلاط کلاس یاردانگ ها با کلاس اطلاعاتی اراضی شور شده است.

### نتیجه گیری

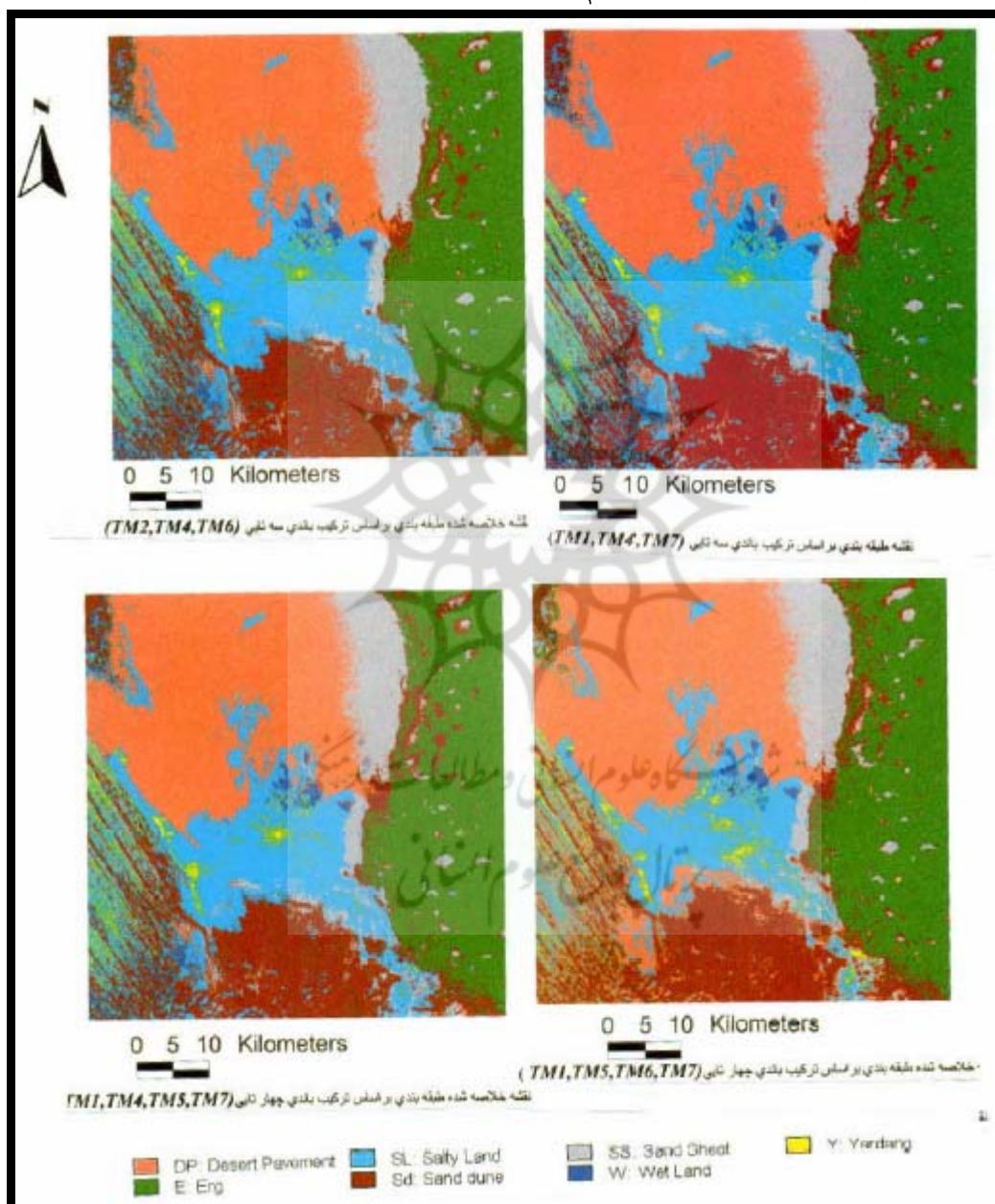
بررسی اطلاعات آماری، باندها و کلاس های اطلاعاتی می تواند در انتخاب باندهای شرکت کننده در طبقه بندی کلاس های اطلاعاتی مفید واقع شود. البته طبقه بندی در منطقه یاردانگ ها به علت اختلاط پیکسل ها و به دلیل باریکی عارضه ها و مشابهت سازند و بافت مناطق مجاور طبقه بندی و انفکاک این کلاس ها از سایر کلاس ها با مشکل مواجه می گردد. از این لحاظ با انتخاب یک روش مناسب می توان آنها را طبقه بندی کرد. برغم مشکلات عدیده موجود برای دسترسی به مناطق بیابانی داده های ماهواره ای برای تفکیک کلاس های اطلاعاتی تپه های ماسه ای و اراضی مرطوب ابزار مفیدی است.



## سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح مصوب معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران است. بنابراین از حمایت مالی آن معاونت کمال تشکر را داشته و همچنین از مسئولین محترم مرکز سنجش از دور به خاطر در اختیار قرار دادن داده های ماهواره ای و پرسنل محترم آن مرکز به خصوص آقایان مهندس پناهنده و مهندس فروهر ضمناً از تمام همکاران محترم مرکز تحقیقات مناطق کویری که هر کدام به نحوی در این طرح مساعدت کردند تشکر می گردد.

شکل ۹- نقشه های نهایی پس از ادغام کلاس های اطلاعاتی هر رخساره با ترکیب مختلف



## منابع و مأخذ:

- ۱- احمدی، حسن (۱۳۷۷)، ژئومرفولوژی کاربردی، جلد ۲: فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- اشتوکلین، یوان و همکاران (۱۳۵۲)، بررسی مقدماتی زمین شناسی در لوت مرکزی، گزارش شماره ۲۲ انتشارات سازمان زمین شناسی کشور.
- ۳- ثابتی، حبیب (۱۳۶۸)، بررسی اقلیم حیاتی ایران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴- برزگر، فرخ (۱۳۶۳)، کاربرد تصاویر ماهواره ای در بررسی رسوبات سطحی در ایران، نشریه انجمن نفت جمهوری اسلامی ایران، شماره اول.
- ۵- درویش زاده، علی (۱۳۷۱)، زمین شناسی ایران، انتشارات ندا.
- ۶- سازمان ارتش جمهوری اسلامی ایران، نیروهای مسلح کشور، نقشه های توپوگرافی به مقیاس (۱:۲۵۰۰۰).
- ۷- سازمان زمین شناسی کشور، نقشه های زمین شناسی به مقیاس (۱:۲۵۰۰۰۰).
- ۸- سازمان نقشه برداری کل کشور، عکس هوایی به مقیاس (۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰).
- ۹- علوی پناه، سید کاظم (۱۳۸۲)، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۰- عزیزاده ربیعی، حسن (۱۳۷۴)، سنجش از دور: اصول و کاربرد، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت).
- ۱۱- کردوانی، پرویز (۱۳۵۰)، نمونه هایی از خاک های بخش شهداد، نشریه شماره ۶، گزارش جغرافیایی، مؤسسه جغرافیایی دانشگاه تهران.
- ۱۲- محمودی، فرج اله (۱۳۵۰)، چند گفتار درباره مسائل طبیعی لوت، نشریه شماره ۷، گزارش جغرافیایی مؤسسه جغرافیایی دانشگاه تهران.
- ۱۳- محمودی، فرج اله (۱۳۵۴)، به سازی محیط چاله لوت، مجله محیط شناسی، شماره ۵.
- ۱۴- معتمد، احمد (۱۳۶۷)، نگاهی به شرایط آب و هوایی مرکزی ایران در کواترنری، مجله علوم، جلد ۱۷، شماره ۳ و ۴، انتشارات دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
- ۱۵- نجفی دیسفانی (۱۳۷۷)، پردازش کامپیوتری تصاویر ماهواره ای (ترجمه)، انتشارات مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی (سمت).

- 1- Andrew, N.:Rencz , (1999) ,Remote Sensing for Earth Science,American Society for Photogrametry and Remote Sensing; 707pp.
- 2- Breed,C.S.; MC Cauley,J; Whitney,M. L.: Thomas, D.S.G., (1989), Arid Zone Geomorphology; pp 284-307
- 3- Donald, C. ;Deorrikg; Fort, Cooling, (1977), Geomorphology in Arid Regions , Colorado, U.S.A.: PP.233-269
- 4- Jensen, J., (1986), Introductory Digital image Processing; A Remote Perspective pub. Prentice Mall Englewood Cliff USA PP.379
- 5- Krinsley, D, (1970),A Geomorphical and Poleoclimological Study of the Playas of Iran U .S.G.S. Final Science Report. Contract PROCP 70800,US Air force Cambridge Research.