

بسمه تعالی

وزارت صنایع و معادن

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

طرح اکتشافات مواد معدنی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ژئوفیزیک هوایی

بررسی‌های دورسنجی بمنظور شناسایی پتانسیل مواد معدنی

در برکه ۱۰۰،۰۰۰:۱ تخت سلیمان

مجری طرح: محمدتقی کره‌ای

ناظر علمی:

سیمین مهدیزاده تهرانی

تهیه کننده:

مهرداد مدنی گیوی

بهار ۱۳۸۰

کتابخانه سازمان زمین‌شناسی و
اکتشافات معدنی کشور
تاریخ: ۸/۱/۸۴
شماره ثبت: ۸۰۶۹۲

کتابخانه سازمان زمین‌شناسی و
اکتشافات معدنی کشور

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف.....	- تشکر و قدردانی
ب.....	- پیشگفتار

فصل اول: کلیات

۲.....	۱-۱- موقعیت جغرافیائی و ریخت‌شناسی
۵.....	۱-۲- زمین‌شناسی عمومی ناحیه مورد بررسی

فصل دوم: مطالعات دورسنجی

۹.....	۲-۱- موزائیک کردن داده‌ها
۱۴.....	۲-۲- تصحیحات هندسی
۱۸.....	۲-۳- تصحیح‌های جوی
۲۴.....	۲-۴- پردازش تصاویر به منظور آشکارسازی و بارزکردن پدیده‌ها
۲۷.....	۱- افزایش کنتراست یا تباین
۳۴.....	۲- ایجاد تصاویر رنگی مجازی
۳۴.....	۳- عملیات ریاضی بین باندها و بکارگیری PCA
۳۹.....	۴- فیلتره کردن

فصل سوم: زمین‌ساخت

۴۳.....	۳-۱- تکوین ساختاری منطقه تخت سلیمان
---------	-------------------------------------

صفحه	عنوان
۴۵	۳-۲- تشخیص و تعیین ساختارهای زمین ساختی
۴۵	۱- گسل‌ها
۵۵	۲- چین خوردگی

فصل چهارم: بارزسازی آلتراسیون

۶۳	۴-۱- مقدمه
۶۴	۴-۲- پردازش اطلاعات ماهواره‌ای
۶۴	۴-۳- تجزیه و تحلیل باندهای TM لندست
۶۶	۴-۴- ترکیب رنگ مجازی از تقسیم باندها
۷۳	۴-۵- پردازش بر اساس آنالیز مؤلفه‌های اصلی
۸۰	۱- آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای چهار باند نقشه برداری هیدروکسیل
۸۴	۲- آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای چهار باند نقشه برداری اکسید آهن
۸۸	۴-۶- ترکیب کروسست و نقشه برداری آلتراسیون
۸۹	- نتیجه‌گیری
۹۳	- منابع

تشکر و قدردانی

برخود لازم می‌دانم از کلیه دوستان و همکارانی که در تهیه این گزارش و مطالعات دورسنجی مربوطه مرا یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی نمایم. از آقای مهندس کره‌ای ریاست محترم سازمان بخاطر تلاش سازنده‌شان در جهت ایجاد فضایی مناسب برای مطالعات تحقیقاتی و خانم مهندس سیمین مهدیزاده که زحمت مطالعه این گزارش را تقبل کرده و نظراتشان را اعلام نمودند سپاسگزاری می‌کنم. از همکارم خانم طیبه سامانی که زحمت موازنه اطلاعات و تصحیحات را به عهده داشته‌اند متشکرم و همچنین از آقای مهندس فریبرز قریب که مرا در برداشت صحرائی همراهی نموده‌اند و در تفسیرهای زمین اینجانب را راهنمایی کرده‌اند بی‌نهایت سپاسگزارم.

لازم است از خانم بقایی که زحمت تایپ گزارش را متحمل شده‌اند نیز قدردانی کنم.

پیشگفتار

سنجش از دور از جمله علوم و فنون جدیدی است که در سالهای اخیر به سبب پیشرفت کامپیوتر در فن آوری ماهواره‌ای و انواع سنجنده‌ها بسرعت رشد کرده و توسعه یافته است. بکارگیری موفقیت آمیز فن سنجش از دور در موضوعات مختلف به ویژه زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی مستلزم داشتن مهارت کافی در آن موضوع و دانش لازم در پردازش صحیح تصویری می‌باشد.

یکی از ویژگیهای مهم تصاویر ماهواره‌ای، دید یکپارچه و وسیع آن است که امکان بررسی ادامه روندهای زمین ساختی، چین خوردگیها، رخنمون‌های سنگی و امتداد و شیب لایه‌های سنگی و سایر پدیده‌های زمین‌شناسی را در یک محدوده مطالعاتی فراهم می‌سازد. به این منظور برگه تخت سلیمان با استفاده از پردازش اطلاعات رقومی سنجنده TM ماهواره لندست با هدف موارد زیر مورد بررسی قرار گرفت:

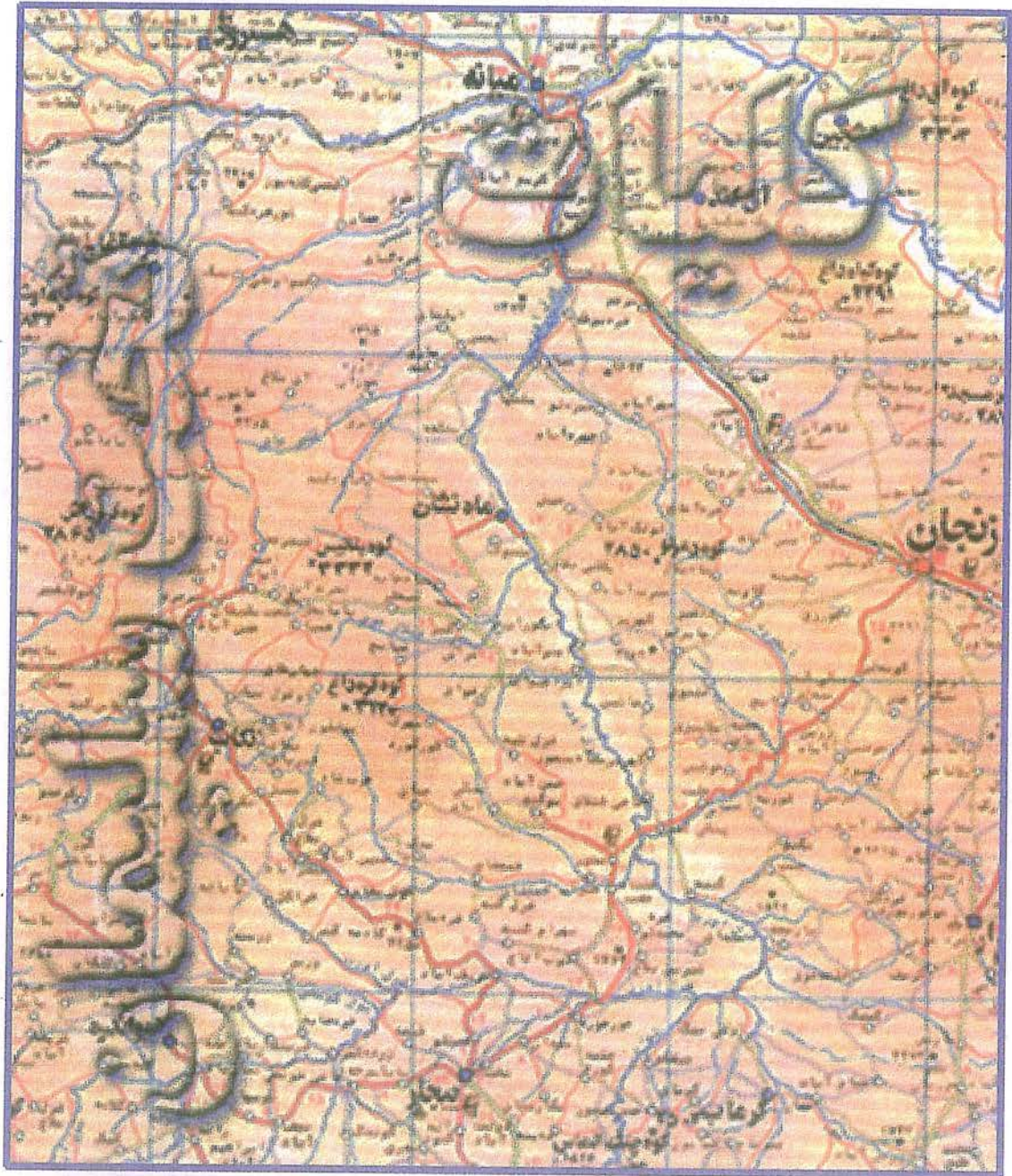
- ۱- اعمال معادلات ویژه ریاضی و آماری جهت بارزسازی داده‌های ماهواره‌ای
- ۲- تفکیک واحدهای اصلی رخنمون سنگی بمنظور توجیه چینه‌شناسی منطقه
- ۳- تشخیص و تفکیک نواحی دگرسان شده آرژیلیتی و سیلیسی و اکسید آهن‌دار
- ۴- تشخیص و ترسیم ساختمانهای زمین‌شناسی و شکستگی‌ها با در نظر گرفتن سازوکار

آنها

۵- تحلیل زمین ساختی منطقه بر اساس مطالعات دورسنجی

۶- ارتباط نواحی دگرسانی با زمین ساخت منطقه

فصل اول



فصل اول

۱-۱- موقعیت جغرافیائی و ریخت‌شناسی

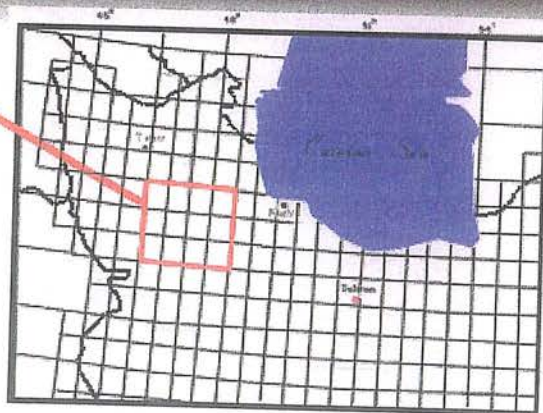
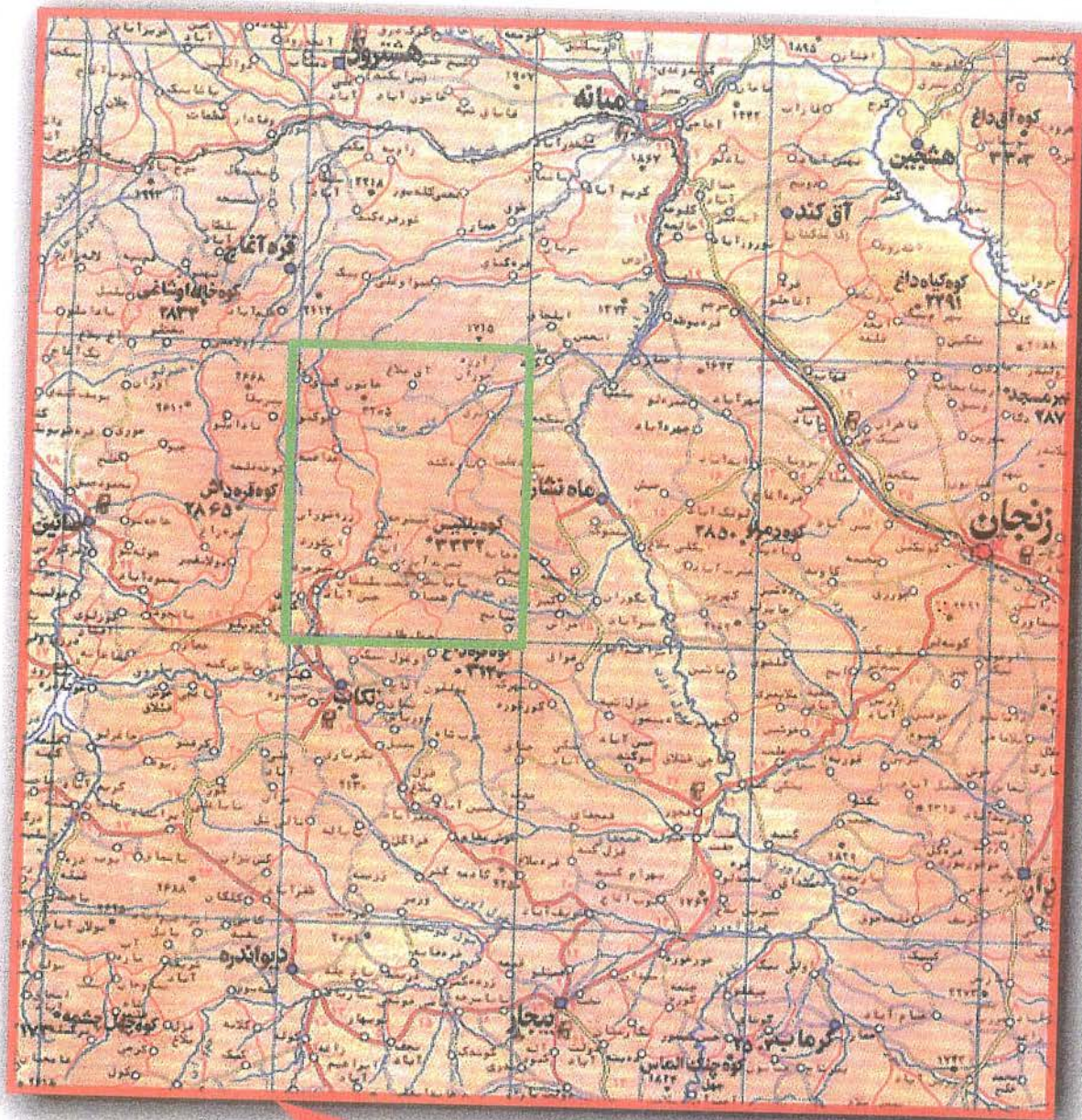
برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ تخت سلیمان بخشی از چهارگوش ۱:۲۵۰,۰۰۰ تکاب می‌باشد که در محدوده طول خاوری ۳۷° تا $۳۷^{\circ}۳۰'$ و عرض شمالی $۳۶^{\circ}۳۰'$ تا ۳۷° واقع شده است. منطقه‌ای است کوهستانی و سخت‌گذر که در زمستان سرد و در تابستان دارای هوای معتدل می‌باشد. بلندترین نقطه ورقه، قله کوه بلقیس با بلندای ۳۳۳۰ متر و پست‌ترین نقطه آن در شمال روستای آقاج بالا با بلندای ۱۴۶۴ متر از سطح‌تر از دریا می‌باشد. این محدوده میان چهار استان آذربایجان خاوری - آذربایجان باختری، زنجان و کردستان قرار گرفته است. نقشه ۱-۱ موقعیت برگه تخت سلیمان را در شمال باختری ایران به همراه استانهای دربرگیرنده آن نشان می‌دهد.

راههای دسترسی به گستره ورقه عبارت است از:

- الف - برای مطالعات بخشهای جنوبی و جنوب باختری منطقه از ۱۰ کیلومتری جاده آسفالتة زنجان - بیجار، جاده‌ای به سمت کارخانه تغلیظ روی دندی است که از آنجا به معدن انگوران، منطقه تخت سلیمان، معدن زره‌شوران و آق‌دره می‌توان دسترسی داشت.
- ب - برای مطالعه بخشهای شمالی و شمال باختری و خاور منطقه از طریق جاده ماهنشان که منشعب از جاده دندی است به سمت روستای پری و ذاکرکندی می‌رسیم که مسیری خاکی تا مالرو می‌باشد. نقشه شماره ۱-۲ نشان‌دهنده موقعیت برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ تخت سلیمان نسبت به چهارگوش ۱:۲۵۰,۰۰۰ تکاب - شاهین‌دژ و راههای ارتباطی آن می‌باشد.
- بخش شمالی منطقه که بیشتر از سنگهای دگرگونی گنایس، مرمر و آمفیبولیت تشکیل شده، دارای توپوگرافی خشن و با دره‌های پرشیب می‌باشد، در حالیکه بخش جنوب باختری آن بیشتر از رسوبات مارنی و ماسه سنگی و آهکی اولیگوسن - میوسن تشکیل شده و دارای توپوگرافی ملایمی است. مرز جداکننده این دو بخش یک مرز گسلی است که سازوکار تراستی دارد. لازم به ذکر است که چشمه‌های جنوب باختری این گسل همه چشمه‌های آبگرم و آهک ساز می‌باشند، و آب چشمه‌های شمال خاوری این گسل سرد و پرآب می‌باشد.



نقشه ۱-۱- موقعیت برگه تخت سلیمان در شمال باختری ایران به همراه استانهای در برگیرنده



نقشه ۱-۲- نشاندهنده موقعیت برگه تخت سلیمان نسبت به چهارگوش تکاب - شاهین دژ

۱-۲- زمین‌شناسی عمومی ناحیه مورد بررسی :

منطقه مورد مطالعه از نظر ساختمانی بخشی از زون سنندج - سیرجان (اشتوکلین ۱۹۶۸) و زون خوی - مهاباد (نبوی ۱۳۵۵) بوده و محل برخورد زون‌های ساختاری البرز - آذربایجان، ایران مرکزی و سنندج - سیرجان است و از آن رو دارای ویژگیهای زون‌های یاد شده نیز می‌باشد.

تنوع سنگی در گستره برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ تخت سلیمان زیاد است و بیشترین رخنمون سنگی در این محدوده مربوط به مجموعه سنگهای دگرگونی شامل شیست، مرمر، گنایس و آمفیبولیت است که با روند شمال باختری - جنوب خاوری در بخش میانی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این مجموعه از سنگها با توپوگرافی خشن، بلندترین ارتفاعات را در این منطقه تشکیل می‌دهد.

بخش وسیعی از منطقه مورد بررسی (بیش از ۵۰ درصد سطح نقشه) را سنگهای رسوبی و آتشفشانی الیگوسن - میوسن تشکیل می‌دهند که بطور ناهم‌ساز بر روی سنگهای دگرگونی کهن قرار گرفته‌اند. سنگهای رسوبی الیگوسن شامل پی کنگلومرایی و ماسه سنگی قرمز رنگ است که شاید بتوان آن را هم ارز سازند سرخ زیرین دانست. بر روی این رسوبات، واحدهای سنگی مربوط به الیگوسن - میوسن شامل آهک توده‌ای و ریفی، تناوبی از شیل و سیلتستون توفی و نیز مارن و ماسه سنگ با میان لایه‌هایی از گچ دیده می‌شوند که هر کدام می‌توانند هم ارز با بخشهایی از سازند قم باشند.

سنگهای آتشفشانی الیگوسن - میوسن بر روی واحد آهکی توده‌ای و یا کنگلومرا و ماسه سنگ الیگوسن و همچنین در بین واحدهای رسوبی الیگوسن - میوسن جای گرفته‌اند که شامل واحدهای توف برشی - توف با ترکیب آندزیتی بیانگر فعالیت آتشفشانی در محیط زیر آب و نیز ردیفی از گدازه‌ها و توفهای داسیتی تا آندزیتی است.

بروی واحدهای مارنی و ماسه سنگی گچ‌دار و گدازه‌های آندزیتی تناوبی از مارن و ماسه

سنگ قرمز رنگ همراه با گچ بطور ناهم‌ساز قرار می‌گیرد که در بخش جنوب باختری منطقه بیشترین گسترش را داشته و بر روی آنها نهشته‌های آهک آب شیرین حاصل فعالیت چشمه‌های آهک ساز بصورت لایه‌های افقی دیده می‌شود. رسوبات این واحد را شاید بتوان هم ارز سازند سرخ فوقانی در نظر گرفت.

در شمال خاور منطقه رسوبات کنگومرایی - رسی با شیب کم و بطور ناهم‌ساز بر روی رسوبات مارنی و ماسه سنگی الیگوسن و سنگهای قدیمی تر قرار گرفته است که دارای رخصاره سیلابی بوده و به احتمال هم ارز سازند هزار دره در البرز می‌باشند.

از رسوبات منسوب به کواترنری می‌توان رسوبات آبرفتی پادگانه‌های کهن، رسوبات آبرفتی مخروط افکنه‌ای دشت و آبرفت‌های جوان رودخانه‌ای را نام برد. در این زمان گستره عظیمی از نهشته‌های تراورتن دیده می‌شود که حاصل فعالیت چشمه‌های آهک ساز با آبهای سرد و گرم می‌باشند. نقشه ۳-۱ زمین‌شناسی برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ تخت سلیمان را با واحدهای چینه‌شناسی مربوطه نشان می‌دهد.

نقشه ۳- نقشه زمین‌شناسی برگه تخت سلیمان

تخت سلیمان
TAKHT-E-SOLEYMAN



این نقشه بر مبنای داده‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی تهیه شده است. در این نقشه، واحدهای زمین‌شناسی مختلف به رنگ‌های مشخصی نمایش داده شده است. واحدهای رسوبی، آتشفشانی و متاسختی در این منطقه دیده می‌شود. همچنین، خطوط شکست و چین خوردگی در این منطقه مشخص شده است. این نقشه برای مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی در این منطقه بسیار مفید خواهد بود.

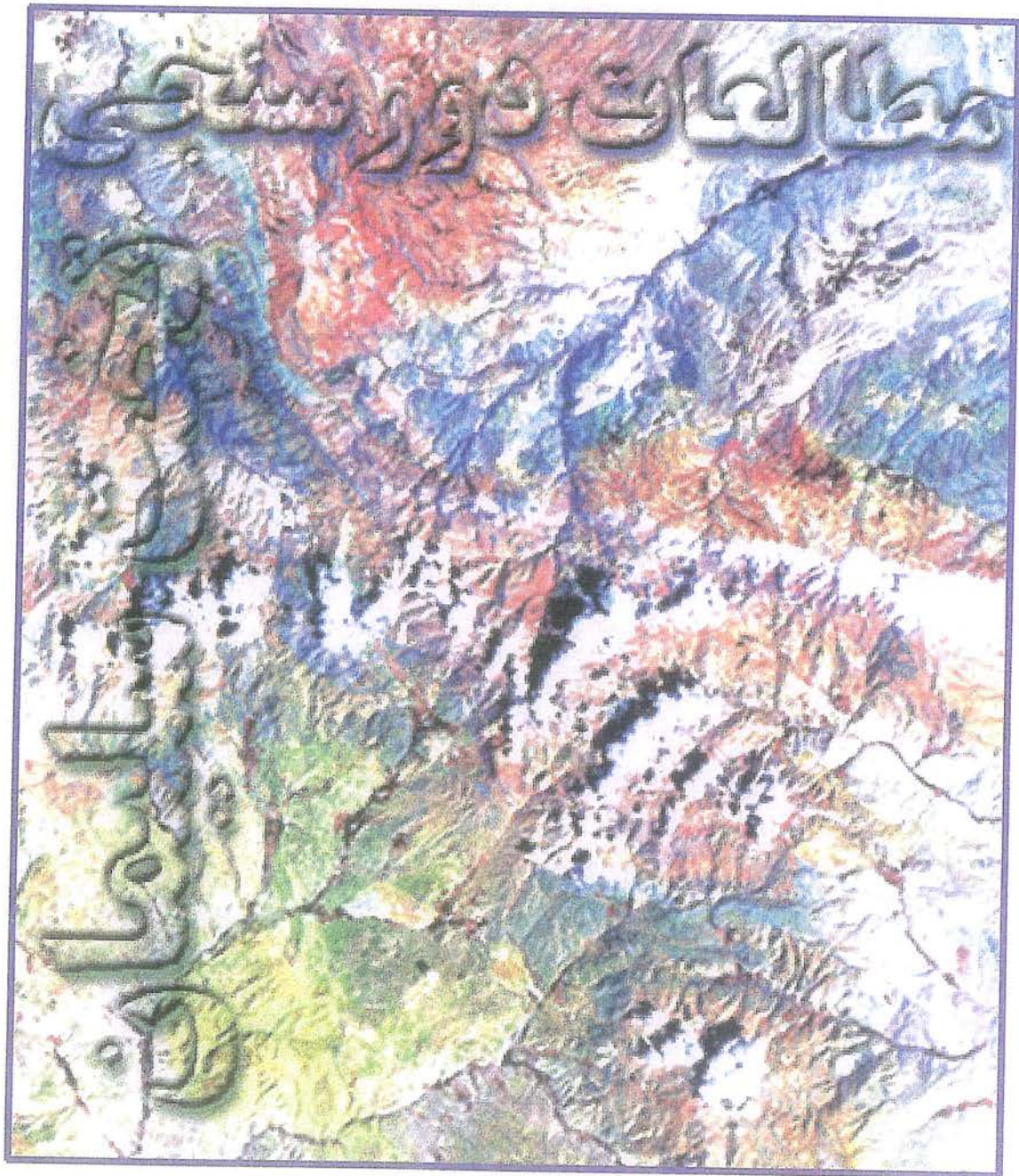
این نقشه بر مبنای داده‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی تهیه شده است. در این نقشه، واحدهای زمین‌شناسی مختلف به رنگ‌های مشخصی نمایش داده شده است. واحدهای رسوبی، آتشفشانی و متاسختی در این منطقه دیده می‌شود. همچنین، خطوط شکست و چین خوردگی در این منطقه مشخص شده است. این نقشه برای مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی در این منطقه بسیار مفید خواهد بود.

این نقشه بر مبنای داده‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی تهیه شده است. در این نقشه، واحدهای زمین‌شناسی مختلف به رنگ‌های مشخصی نمایش داده شده است. واحدهای رسوبی، آتشفشانی و متاسختی در این منطقه دیده می‌شود. همچنین، خطوط شکست و چین خوردگی در این منطقه مشخص شده است. این نقشه برای مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی در این منطقه بسیار مفید خواهد بود.

این نقشه بر مبنای داده‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی تهیه شده است. در این نقشه، واحدهای زمین‌شناسی مختلف به رنگ‌های مشخصی نمایش داده شده است. واحدهای رسوبی، آتشفشانی و متاسختی در این منطقه دیده می‌شود. همچنین، خطوط شکست و چین خوردگی در این منطقه مشخص شده است. این نقشه برای مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی در این منطقه بسیار مفید خواهد بود.

این نقشه بر مبنای داده‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی تهیه شده است. در این نقشه، واحدهای زمین‌شناسی مختلف به رنگ‌های مشخصی نمایش داده شده است. واحدهای رسوبی، آتشفشانی و متاسختی در این منطقه دیده می‌شود. همچنین، خطوط شکست و چین خوردگی در این منطقه مشخص شده است. این نقشه برای مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی در این منطقه بسیار مفید خواهد بود.

فصل دوم



مطالعات دورسنجی :

برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ تخت سلیمان از موزائیک کردن دو صحنه (سین) مختلف اطلاعاتی سنجنده TM تشکیل شده است. صحنه شمالی آن همانطور که در جدول ۱-۲ نشان داده شده است، از داده‌های رقومی ماهواره لندست ۴ به شماره گذر ۱۶۷ و شماره ردیف ۳۴ که در تاریخ ۲۸ می ۱۹۹۱ در هفت باند طول موجی و قابلیت تفکیک زمینی ۲۸/۵ متر (بجز باند شش با قابلیت تفکیک زمینی ۱۲۰ متر) دریافت شده است. صحنه جنوبی که در جدول ۲-۲ بر اساس توضیحات کامل در فایل معرف (Header) صحنه دیده می‌شود، از داده‌های رقومی ماهواره لندست ۵ به شماره گذر ۱۶۷ و شماره ردیف ۳۵ که در تاریخ ۲۹ اگوست ۱۹۸۷ در هفت باند طیفی و نیز قابلیت تفکیک زمینی (Resolution) ۲۸/۵ متر دریافت شده، استفاده گردیده است.

بررسی‌های دورسنجی در گستره برگه تخت سلیمان طی مراحل ذیل انجام گرفته است :

۱- موزائیک کردن داده‌ها

۲- تصحیح هندسی

۳- تصحیح جوی

۴- پردازش تصویر به منظور آشکارسازی و بارز کردن پدیده‌ها

۲-۱- موزائیک کردن داده‌ها :

برای موزائیک کردن داده‌ها ابتدا صحنه‌های اطلاعاتی مربوطه با بهره‌گیری از نرم افزارهای ویژه پردازش تصویر خوانده شدند. تصویر شماره ۱-۲ تمامی سین شمالی (۱۶۷/۳۴) و تصویر شماره ۲-۲ تمامی سین جنوبی (۱۶۷/۳۵) را نشان می‌دهد.

برای بدست آوردن تصویری یکسان از منطقه بیش از ۳۰ نقطه مشترک در مناطق هم پوشانی دو تصویر شمالی و جنوبی انتخاب گردید. خط موزائیک با توجه به توپوگرافی منطقه و بهترین مسیر عبور این خط ترسیم شد تا اثر خط و اختلافات دو تصویر در دو طرف این خط دیده نشود.

MSH Data Tape Source Header Listing

EASI /PACE V4.2 08:30 21-OCT-96

EOSAT Fast format (Band Sequential) tape header

Scene ID : 2233077 -01 WRS =167/03400
Date (YYYYMMDD) : 1991/05/28
Satellite : L4
Instrument : TM10
Product Type : ORBIT ORIENTE
Projection : SOM
USGS Projection # > 21
USGS Map Zone > 167
Pixel size (meters) > 28.50
List of bands on tape : 1234567
Pixels per scanline > 6967
Scanlines per image > 5965
List of bands on tape : 7
Record length (bytes) > 27868
Blocking factor > 4

Longitude	titude	Easting	Northing
DDDMMSS.SSSSH	DDMMSS.SSSSH	(meters)	(meters)
Upper-left : 0464612.3414E	382425.3646N	434116.221	15823369.079
Upper-right : 0490003.0624E	380506.3377N	632350.484	15834219.646
Lower-right : 0483813.0765E	363453.7278N	623060.679	16003939.593
Lower-left : 0462656.9374E	365350.1853N	424826.416	15993089.025

جدول ۱-۲- توضیحات فایل معرف سین اطلاعاتی TM مربوط به ۱۶۷/۳۴

MSH Data Tape Source Header Listing

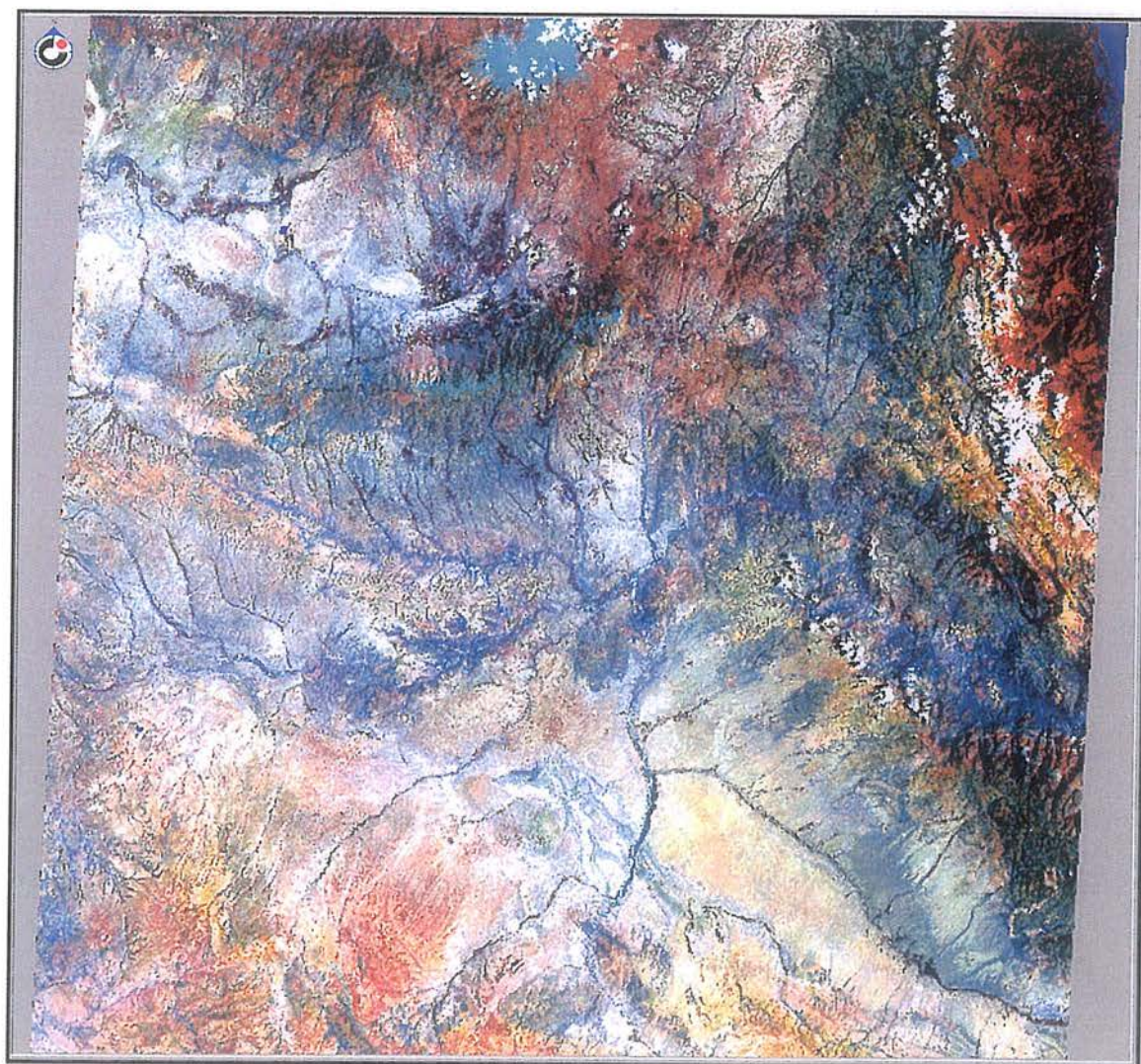
EASI/PACE V4.2 08:30 21-OCT-96

EOSAT Fast format (Band Sequential) tape header

Scene ID : 2233078-01 WRS =167/03500
 Date (YYYYMMDD) : 19870829
 Satellite : L5
 Instrument : TM10
 Product Type : ORBIT ORIENTE
 Projection : SOM
 USGS Projection # > 21
 USGS Map Zone > 167
 Pixel size (meters) > 28.50
 List of bands on tape : 1234567
 Record length (bytes) > 27868
 Pixels per scanline > 6967
 Scanlines per image > 5965
 List of bands on tape : 7
 Blocking factor > 4

	Longitude DDDMMSS.SSSSH	Latitude DDMMSS.SSSSH	Easting (meters)	Northing (meters)
Upper-left	: 0463242.0615E	365643.2881N	432721.381	15986832.133
Upper-right	: 0484359.8164E	363733.0055N	630942.673	15997917.130
Lower-right	: 0482247.2762E	350717.2546N	621452.159	16167625.972
Lower-left	: 0461353.4316E	352605.8700N	423230.866	16156540.974

جدول ۲-۲- توضیحات فایل معرف سین اطلاعاتی TM مربوط ۱۶۷/۲۵



تصویر ۱-۲- تصویر سین اطلاعاتی TM با شماره گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۴ دربرگیرنده

شمال منطقه برگه تخت سلیمان



تصویر ۲-۲- تصویر سین اطلاعاتی TM با شماره گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۴ در برگ‌گیرنده

جنوب منطقه برگه تخت سلیمان

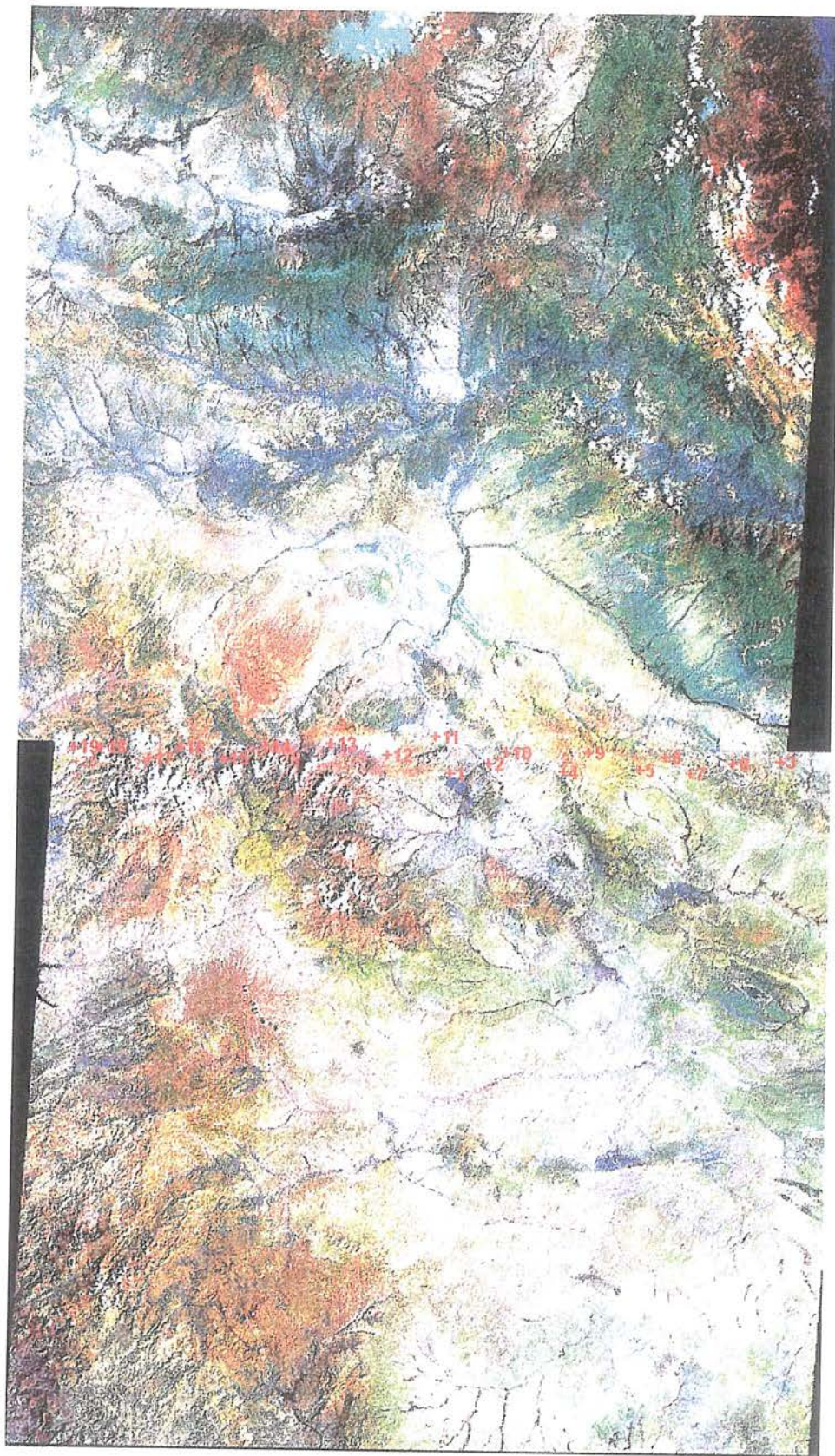
با توجه به اختلاف تاریخ اخذ دو تصویر (بهار و تابستان) هیستوگرام‌های درجات روشنایی دارای اختلاف زیادی بودند که با بهره‌گیری از روش‌های ویژه‌ای تصویر همسانی تهیه گردید. تصویر ۲-۳ تصویر موزائیک شده منطقه قبل از اعمال تصحیح هندسی می‌باشد.

متاسفانه بعلت وجود پوشش ابر زیاد در صحنه ۱۶۷/۳۵ موزائیک این دو صحنه مشکلاتی داشته، از جمله مشخص بودن خط موزائیک در تصویر تلفیق شده، پوشیده شدن واحدهای سنگی و پدیده‌های زمین ساختی. افزون بر آن پوشش ابر تاثیر زیادی بر روی محاسبات آماری و معادلات ریاضی گذاشته که منجر به اشتباهاتی در این محاسبات بعلت ایجاد واریانس زیاد و ضریب انحراف بسیار شده است.

۲-۲- تصحیحات هندسی:

برای اینکه تصویر ماهواره‌ای یک منطقه مختصات جغرافیایی نقشه همان منطقه را داشته باشد، یعنی مختصات تصویر از پیکسل و خط اسکن به مختصات جغرافیایی نقشه سیستم UTM و طول و عرض جغرافیایی تبدیل شود لازم است که یکسری تصحیح‌های هندسی روی تصویر ماهواره‌ای اعمال شود. زیرا تصاویر ماهواره‌ای لندست دارای خطاهای هندسی می‌باشد که عوامل زیر در ایجاد آن دخیل می‌باشند:

- الف - خطاهای تجهیزات سنجنده، شامل انحرافات در سیستم نوری، خطی نبودن مکانیسم اسکن و بالاخره عدم یکنواختی کادر پیکسهای انتخاب شده
- ب - انحراف پانوراماتیک که در سنجنده‌های AVHRR با میدان دید باز (Wideangle) نسبت به سنجنده‌هایی با میدان دید کم از قبیل لندست و اسپات بیشتر است.
- ج - حرکت وضعی زمین، در حالی که ماهواره به طرف خاور در حرکت است زمین در حرکت وضعی به سمت باختر در گردش بوده، بنابراین شروع هر خط اسکن به صورت فزاینده به طرف باختر متمایل می‌شود.



تصویر ۲-۳- تصویر موزائیک شده دو سین اطلاعاتی TM قبل از اعمال تصحیح هندسی

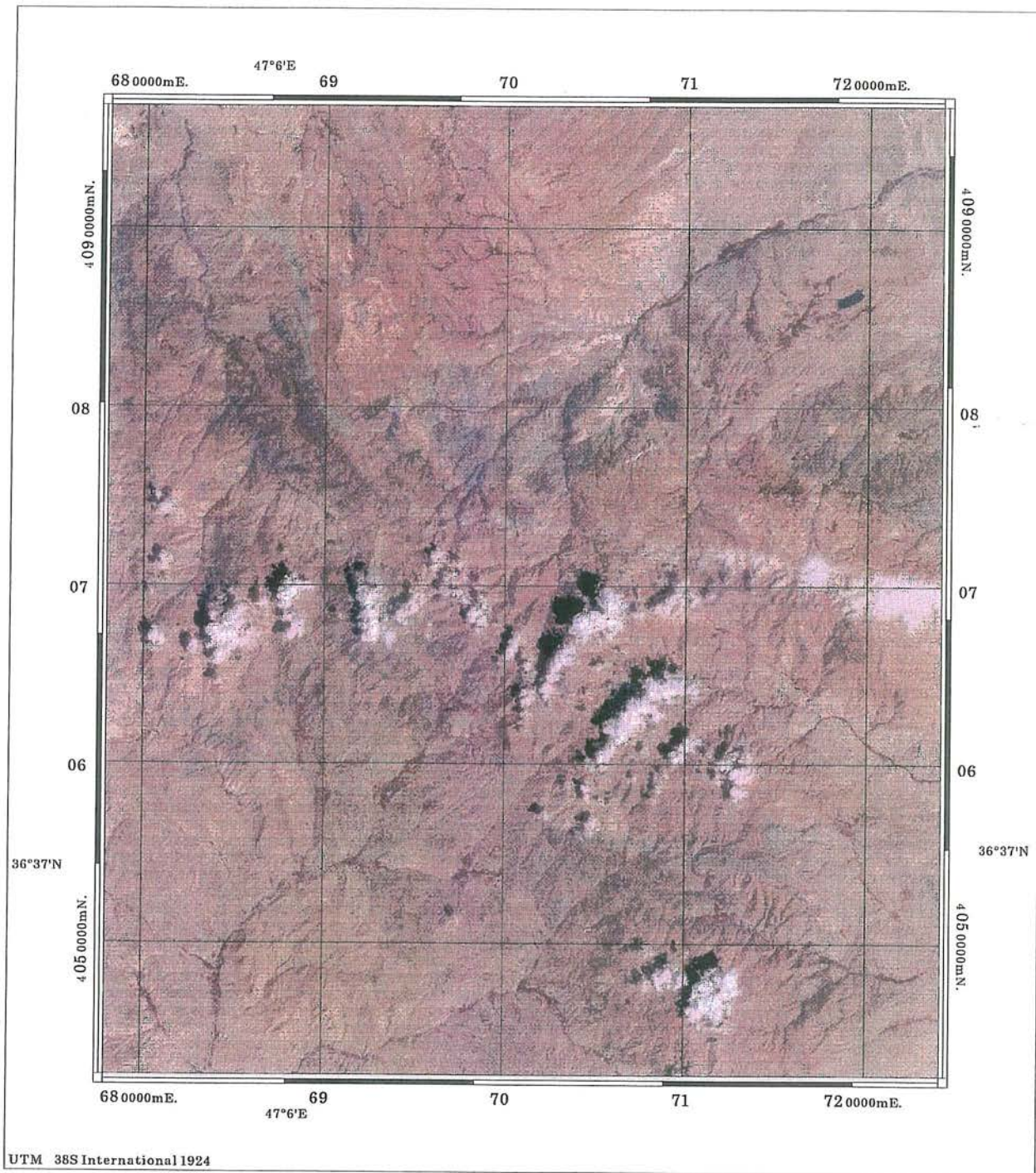
د - عدم ثبات سکوها ماهواره‌های منابع زمینی که حاوی سنجنده نوع TM هستند دارای سکوه‌های پایدار و ثابتی نیستند، بدین معنی که ممکن است ارتفاع آن نسبت به سطح زمین، سرعت ماهواره و وضعیت آن که با شیب (حرکت در حول محور عرض مسیر)، انحراف (حرکت در طول محور قائم) و ژل (حرکت در حول محور طول) مشخص می‌شود، متغیر باشد.

تمامی این تغییرات اختلافاتی را در هندسه و مقیاس تصویر ممکن است ایجاد نماید، که در نتیجه تصویر تصحیح نشده تصویر واقعی زمین نیست. پس از عملیات موزائیک کردن، تصویر بر اساس نقاط زمینی دارای مختصات تصحیح می‌گردد. نظر به اینکه بررسی‌های دورسنجی در این ورقه در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ می‌باشد، بنابراین نقشه‌های توپوگرافی پوشش سراسری به مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ مبنای تصحیحات قرار گرفته است. با توجه به اینکه زمان تهیه تصویر با زمان تهیه جدیدترین نقشه تفاوت قابل توجهی دارد، در انتخاب نقطه کنترل زمینی دقت شده تا مناطقی که در فرآیند فرسایش و تغییرات سطح زمین قرار داشته مانند رودخانه‌ها، حاشیه جنگلها و مزارع و مناطق ساحلی و... به عنوان نقاط کنترل زمینی انتخاب نشود، بلکه بهترین نقاط کنترل زمینی می‌تواند تقاطع جاده‌ها و دره‌ها و آبراهه‌ها، قله کوه‌ها و خلاصه پدیده‌ها و احیاناً پارهای سازه‌هایی که دستخوش تغییر قرار نگرفته و هم در نقشه و هم در تصویر براحتی قابل تشخیص و تطبیق باشد. در ورقه تخت سلیمان در مجموع ۱۲۰ نقطه کنترل زمینی انتخاب شد و برای یافتن ارزش عددی هر پیکسل در تصویر اصلاح شده و از روش واسط یابی (interpolation) استفاده شده که یکی از انواع روش واسط یابی، روش نزدیکترین همسایه (nearest neighbour) می‌باشد. در این روش مقدار پیکسل خاصی که نزدیکترین فاصله را با مختصات پیکسل تصحیح شده دارد، انتخاب می‌شود.

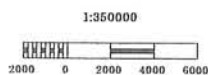
این روش دو مزیت دارد: یکی اینکه سرعت این روش زیاد بوده و دوم اینکه ارزشهای عددی اختصاص داده شده به هر پیکسل در تصویر تصحیح شده مستقیماً از تصویر خام کپی شده و در نتیجه ارزش واقعی پیکسل‌ها است. تصویر شماره ۴-۲ نمایی از برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ تخت سلیمان را پس از تصحیح هندسی و قبل از آشکارسازی نشان می‌دهد.

Color Composite Map of Takht-e-Soleyman

Bands : R= B5 , G= B3 , B= B1 Without Enhancement



BY : Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۴-۲- نمای از برگه تخت سلیمان پس از تصحیح هندسی و قبل از آشکارسازی

شمال منطقه برگه تخت سلیمان

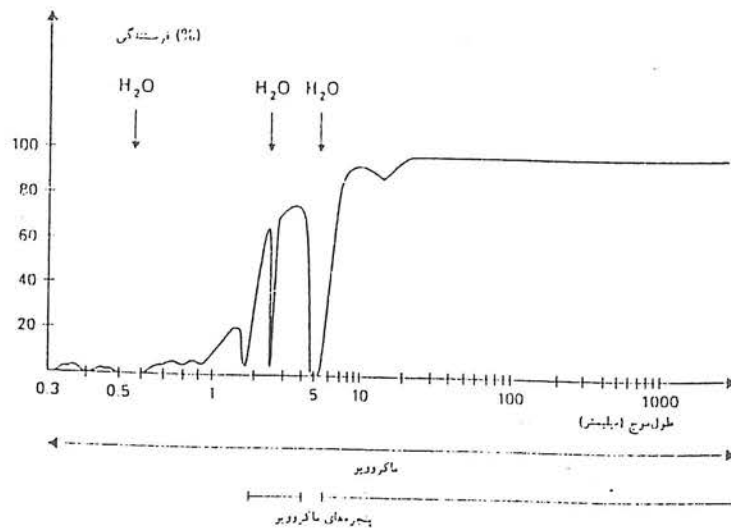
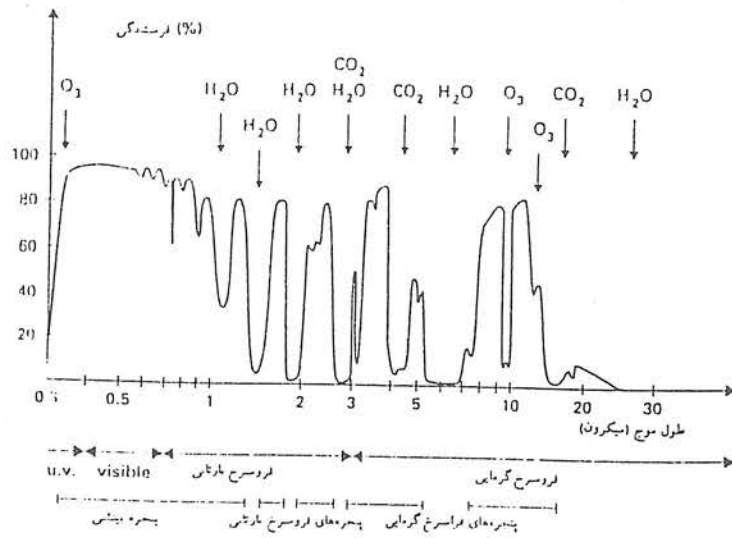
۳-۲- تصحیح‌های جوی :

سنجنده‌های لندست، امواج الکترو مغناطیسی حاصل از انعکاس نور خورشید از سطح زمین را ثبت می‌کنند، با توجه به اینکه این امواج در هنگام عبور از جو زمین با مواد معلق و مولکول‌های گاز سازنده‌ی جو برخورد می‌کند، منجر به پراکنش و جذب این امواج به وسیله جو زمین می‌گردند. استفاده از بخشهایی از طیف الکترو مغناطیسی که پراکنده و جذب شده است ممکن نیست، زیرا فرآیند پراکنش و جذب باعث تیره و تار شدن تصاویر ماهواره‌ای می‌گردند.

بخش‌هایی از طیف الکترومغناطیسی که پراکنش و جذب جوی بر آنها تاثیر کمتری داشته‌اند بنام پنجره‌ی جوی (Atmospheric Window) گفته می‌شوند. این پنجره‌های جوی بیشترین مقدار تابش الکترومغناطیسی را عبور می‌دهند. نمودار ۱-۲ ارتباط طول موج و جذب آنها توسط اتمسفر و پنجره‌های جوی را نشان می‌دهد. بیشترین جذب مربوط به ذخایر آب (H_2O)، دی‌اکسید کربن (CO_2) و اوزون (O_3) می‌باشد، اوزون مهمترین جذب کننده‌ی امواج طیف فرابنفش (Ultraviolet) می‌باشد.

اگر طول موجهای دریافتی در هفت باند سنجنده‌ی TM ماهواره‌ی لندست در نمودار ۱-۲ در نظر گرفته شود، ملاحظه می‌شود که حدود تغییرات طیفی هر یک از باندهای سنجنده TM تنها در محدوده‌ی پنجره‌های جوی که تقریباً کمترین جذب و پراکنش جوی را دارند، قرار می‌گیرند، چون امواج الکترو مغناطیس بدون جذب و پراکنش از جو زمین عبور نمی‌کند، بنابراین بر روی تصویر ایجاد تیرگی و مه آلودگی می‌شود که در نتیجه‌ی آن کنتراست بین عوارض تصویر کاهش می‌یابد.

پراکنش و جذب، در نتیجه‌ی برخورد امواج الکترومغناطیسی تابیده شده از خورشید با مولکولهای گاز و یا ذرات موجود در جو روی می‌دهد که این ذرات می‌تواند منشأ طبیعی و یا فعالیت‌های انسانی داشته باشد. بنابراین تمرکز ذرات در جو، در زمان و مکان متغیر است، بنابراین شفافیت و کنتراست بین عوارض بسته به شرایط موجود در زمان و مکان متفاوت می‌باشد. پس از افزایش کنتراست و شفافیت در تصویر ماهواره‌ای لازم است تصحیحات جوی را برای هر یک از باندهای سنجنده TM اعمال نمود.

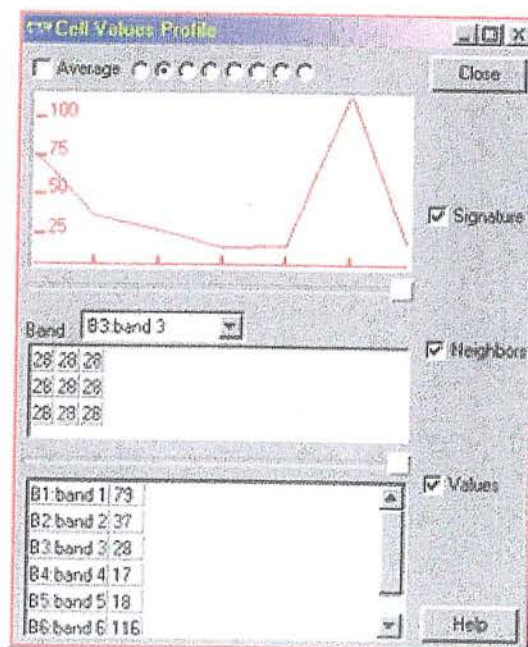
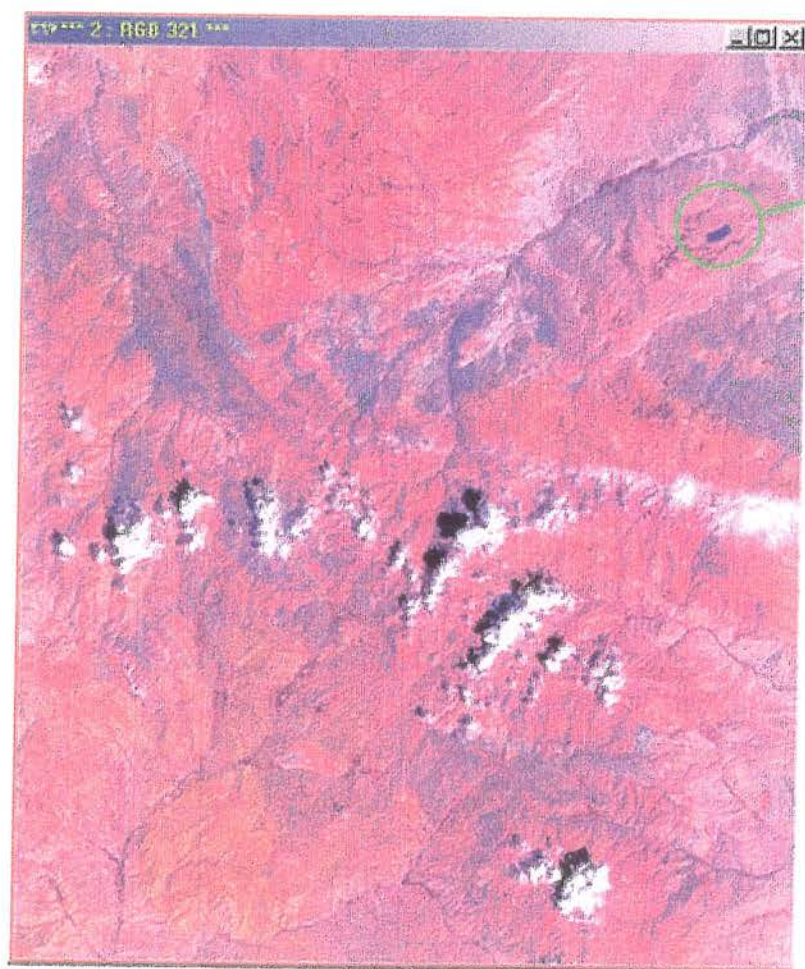


نمودار ۱-۲- نمودار پنجره‌های جوی و ارتباط طول موج و جذب آنها توسط اتمسفر

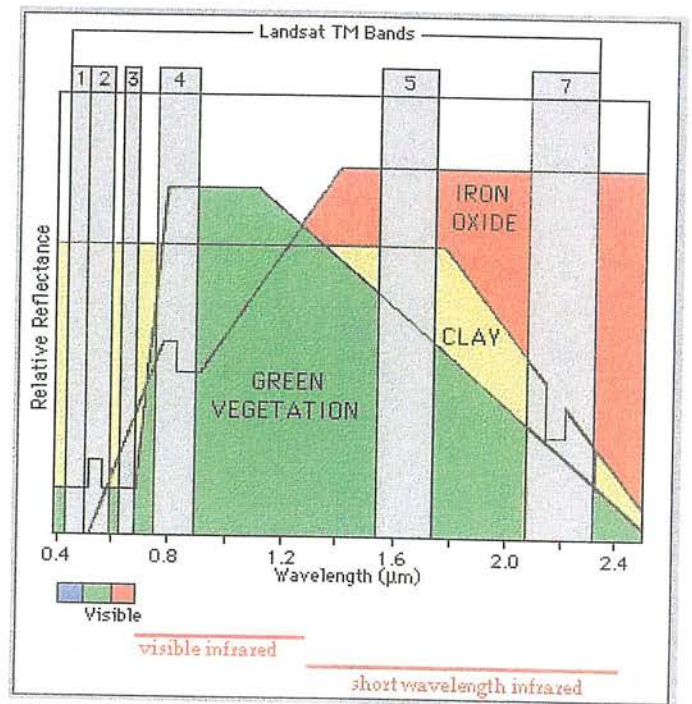
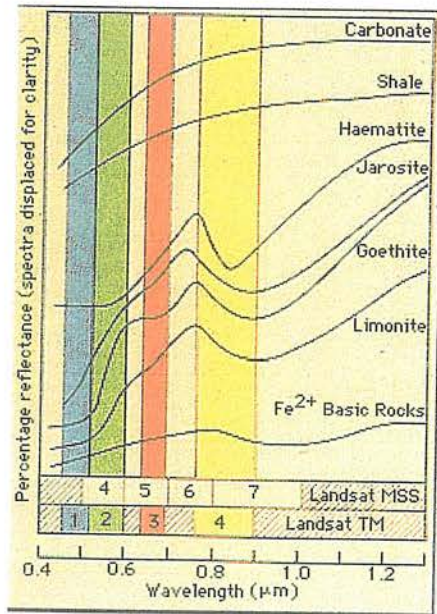
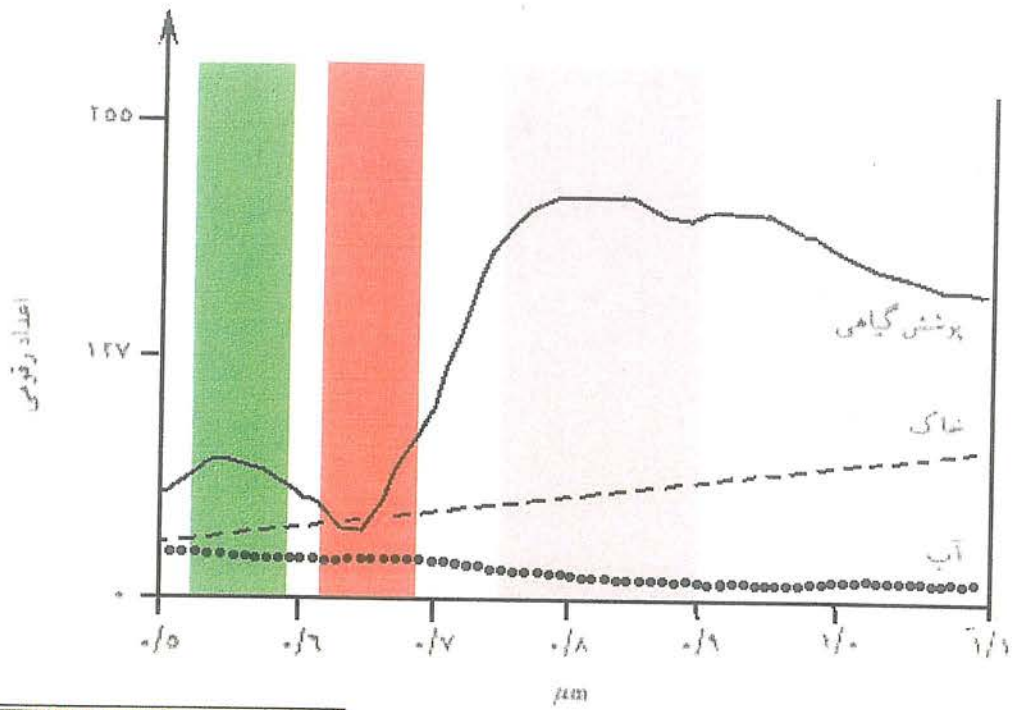
تصویر شماره ۵-۲، تصویر خام بدون آشکارسازی و پیش از تصحیحات جوی می‌باشد. همانطور که دیده می‌شود واحدهای سنگی و پدیده‌های زمین‌شناسی به روشنی قابل تشخیص و قابل تفکیک نیست. نمودار ۲-۲ که نشان دهنده بازتاب طیفی ایده‌آل پوشش گیاهی، آب و خاک می‌باشد، می‌توان کاهش محسوس انعکاس طیفی آب را با افزایش طول موج مشاهده کرد. بنابراین انعکاس طیفی آبهای عمیق و شفاف در طول موج مادون قرمز نزدیک به صفر است که این بازتاب طیفی تحت تاثیر تمرکز مواد محلول و معلق و نیز عمق آب تغییر یافته و زیاد می‌شود.

در گوشه سمت راست بالای تصویر شماره ۵-۲ دریاچه پرورش ماهی منطقه پری بعنوان نمونه انتخاب شده است که در قسمت‌های میانی دریاچه عمیق آب زیاد است و می‌توان انتظار داشت که در محدوده باندهای مادون قرمز سنجنده TM مقدار بازتاب نزدیک صفر باشد، ولی همانطور که در قسمت پایین تصویر مشاهده می‌شود و برای این محدوده از باندهای (TM) یک مقدار عددی محاسبه شده است که این مقدار نشان دهنده اثرهای جوی بروی مقدار بازتاب طیفی سطح زمین می‌باشد. همانطور که در نمودار ۱-۲ دیده می‌شود، پراکنش جوی با طول موج نسبت عکس دارد یعنی اینکه با کاهش طول موج مقدار پراکنش افزایش می‌یابد. یکی از روشهای بکار رفته در تصحیحات جوی روش رگرسیون (Regression) است. با توجه به اینکه پیکسل‌های مناطقی از تصویر بازتاب کم (آب صاف، سایه و بازالت تیره) در باندهای با طول موج کوتاه مادون قرمز (SWIR) باند TM7 ارزش عددی نزدیک به صفر دارند پس تمامی باندها را نسبت به باند TM7 که مقدار پراکنش حداقل دارد، در نظر می‌گیریم. تصویر ۶-۲ نمودار پراکنندگی (Scatter plot) باندهای TM1,2,3,4,5 نسبت به TM7 را قبل از تصحیحات جوی نشان می‌دهد.

با استفاده از روش رگرسیون استاندارد، بهترین خط مستقیمی که بتواند از داخل هر یک از نمودار پراکنندگی‌ها عبور کند را در نظر می‌گیریم که انحراف این خط در محور X در هر یک از باندها بیانگر مقدار پراکنش جوی می‌باشد که با کم کردن این مقادیر از هر یک از باندهای مربوطه می‌توان اثرات جوی را کاهش داد. با توجه به این نمودارها، توزیع فراوانی تجمعی هر یک از نسبت باندها از باند TM1 تا TM7 به سمت صفر میل می‌کند که این همان نسبت عکس طول موج با میزان پراکنش را نشان می‌دهد.

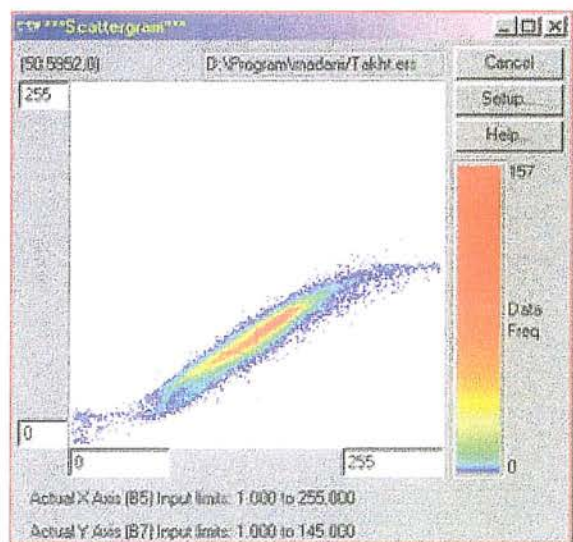
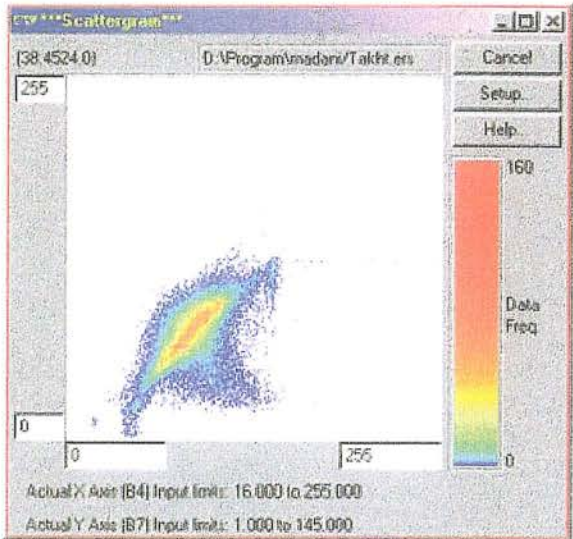
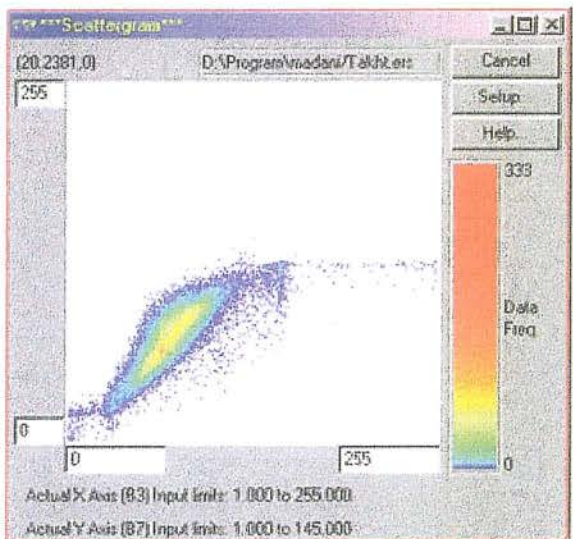
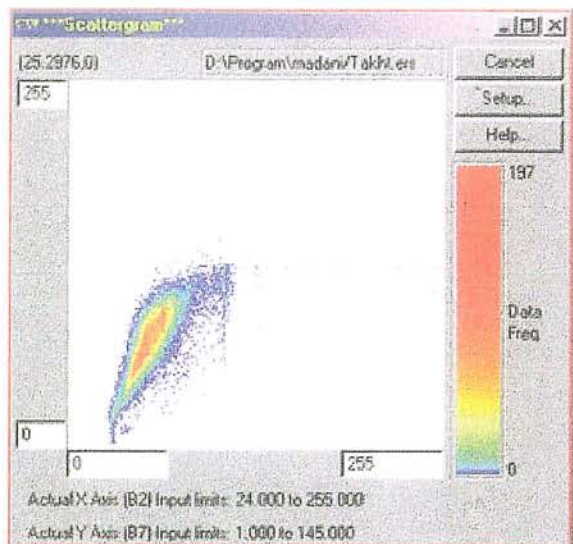
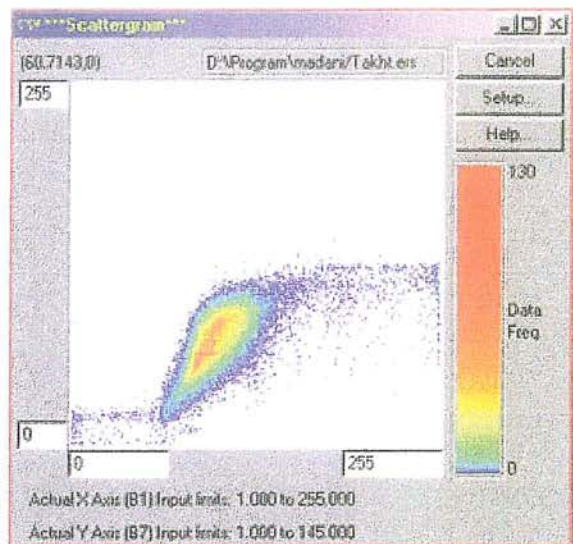


نمودار ۲-۵- تصویر خام بدون آشکارسازی و پیش از تصحیحات جوی برگه تخت سلیمان



نمودار ۲-۲- نشاندهنده بازتاب طیفی ایده‌آل پوشش گیاهی، آب و خاک (a).

طول موج بعضی از سنگها و کانیها (b)



نمودار ۶-۲- نمودار پراکنندگی باندهای TM1,2,3,4,5 نسبت به TM7 قبل

از تصحیحات هندسی

تصویر شماره ۷-۲ تصویر خام بدون آشکارسازی و بعد از تصحیحات جوی می باشد، که تصویری واضح و شفاف نسبت به تصویر خام پیش از تصحیحات جوی می باشد و تا حدودی واحدهای زمین شناسی در آن قابل تشخیص می باشد. در این تصویر منحنی مربوط به بازتاب هر باند TM از دریاچه پری در منطقه عمیق آن از نمودار مربوط به آبهای سطحی (نمودار ۲-۲) نسبت به تصویر خام پیش از تصحیحات جوی (تصویر ۵-۲) کاملاً تبعیت می کند که این امر نشان دهنده کاهش اثرات جوی در تصویر منطقه می باشد که سبب شفافیت و افزایش کنتراست تصویر شده است. تصویر شماره ۸-۲ نمودار پراکندگی (Scatter plot) هر باند TM (سواری باند TM6) نسبت به باند TM7 بعد از تصحیحات جوی را نشان می دهد.

۲-۴- پردازش تصاویر به منظور آشکارسازی و بارز کردن پدیده‌ها

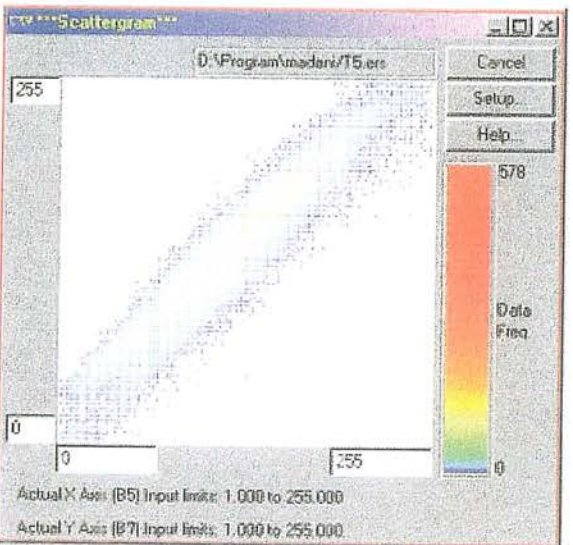
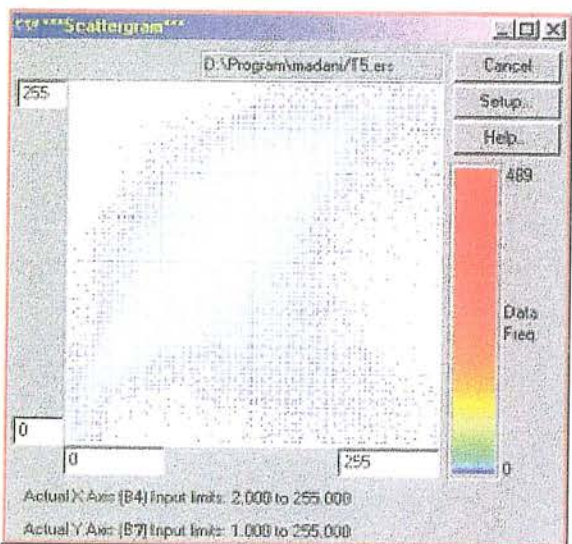
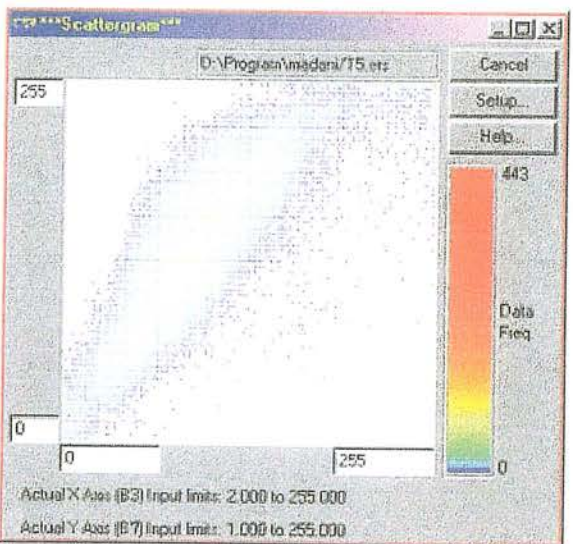
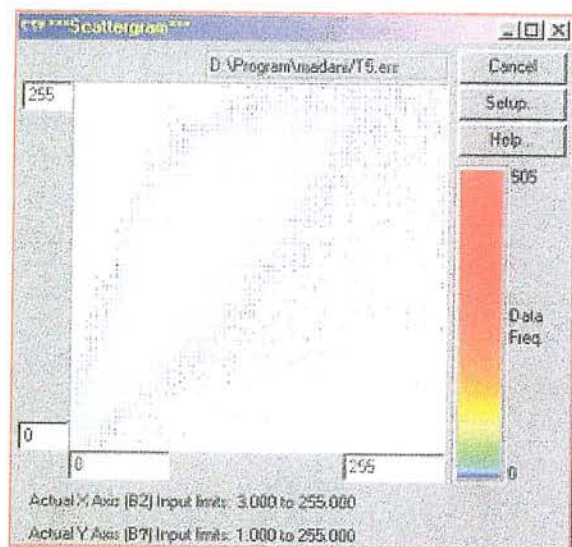
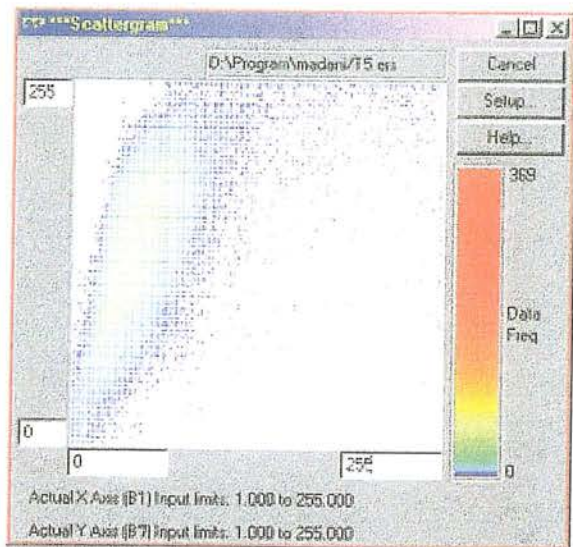
مهمترین و اصلی ترین قسمت مطالعات دورسنجی، پردازش تصاویر و اعمال روشهای متعدد آشکارسازی و بارز کردن پدیده‌های ویژه می باشد. روشهای معمول بکار گرفته شده در پردازش تصویر این محدوده مطالعاتی عبارتند از:

۱- افزایش کنتراست یا تباین

۲- ایجاد تصاویر با رنگهای مجازی

۳- عملیات ریاضی و آماری در بین باندها و بکارگیری آنالیز مولفه اصلی

۴- فیلتره کردن باندها



نمودار ۸-۲- نمودار پراکنندگی تمامی باندها نسبت به باند TM7 بعد از تصحیحات جوی

۱-۴-۲- افزایش کنتراست یا تباین :

سنجنده‌های تصویربرداری بایستی بتوانند تابندگی‌های غیرعادی را از شدت بازتاب کم (اقیانوسها) تا شدتهای خیلی زیاد (برف و یخ) را ثبت کنند. ولیکن معمولاً توان کامل سنجنده‌ها در به تصویر درآوردن هر ناحیه از سطح زمین بکار گرفته نمی‌شود.

تصاویر شماره ۹-۲ الی ۱۱-۲ هیستوگرام درجات روشنائی باندهای لندست بترتیب TM1, TM3, TM5 را بهمراه تصویر ماهواره‌ای منطقه تخت سلیمان نشان می‌دهد که هر یک ارزش عددی پیکسل‌های تصویری از صفر تا ۲۵۵ دارند. همانطور که در سه تصویر یاد شده دیده می‌شود تمامی دامنه صفر تا ۲۵۵ به وسیله پیکسل‌ها اشغال نشده است، از این رو تصاویر مربوطه تاریک و فاقد کنتراست است. بطور مثال :

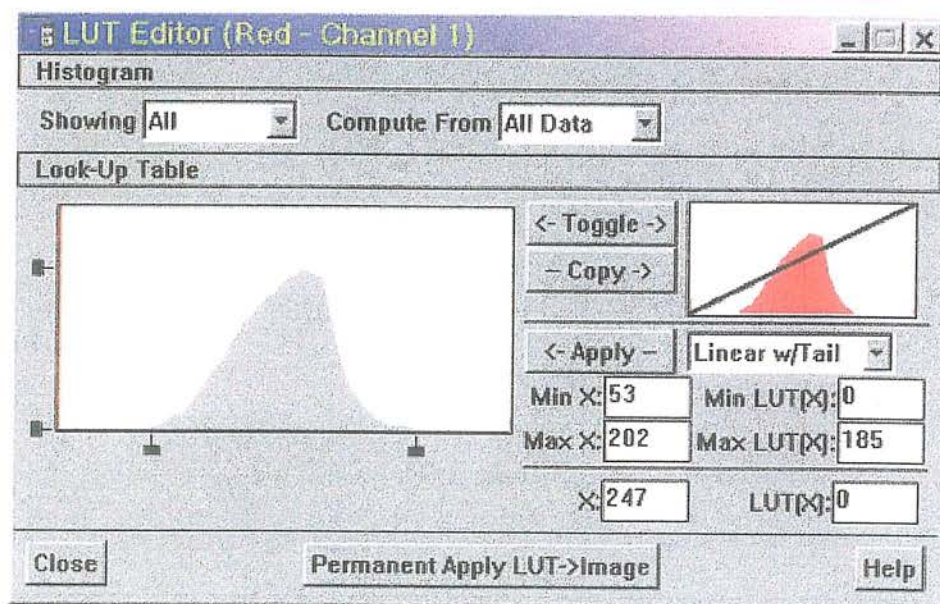
در باند TM5 درجات روشنایی در محدوده ۵۳ تا ۲۰۲ و با حداکثر مقدار فراوانی در درجه روشنایی ۱۸۵ می‌باشد.

در باند TM3 درجات روشنایی در محدوده ۲۴ تا ۱۱۷ و با حداکثر مقدار فراوانی در درجه روشنایی ۱۹۷ می‌باشد.

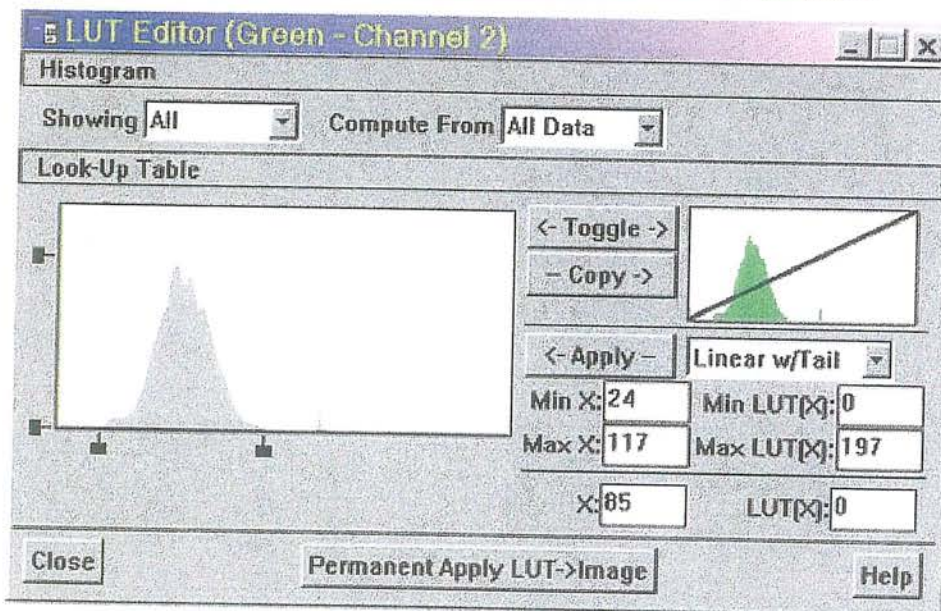
در باند TM1 درجات روشنایی در محدوده ۶۲ تا ۱۴۷ و با حداکثر مقدار فراوانی در درجه روشنایی ۱۸۵ می‌باشد.

با بکارگیری افزایش کنتراست خطی، ارزشهای عددی پیکسل‌ها به صورتی گسترش می‌یابد که حداقل مقدار عددی پیکسل به صفر و حداکثر آن به ۲۵۵ می‌رسد و مقادیر حدواسط بین مقدار حداقل و مقدار حداکثر در موقعیت نسبی خود و در حد صفر تا ۲۵۵ پراکنده می‌شود.

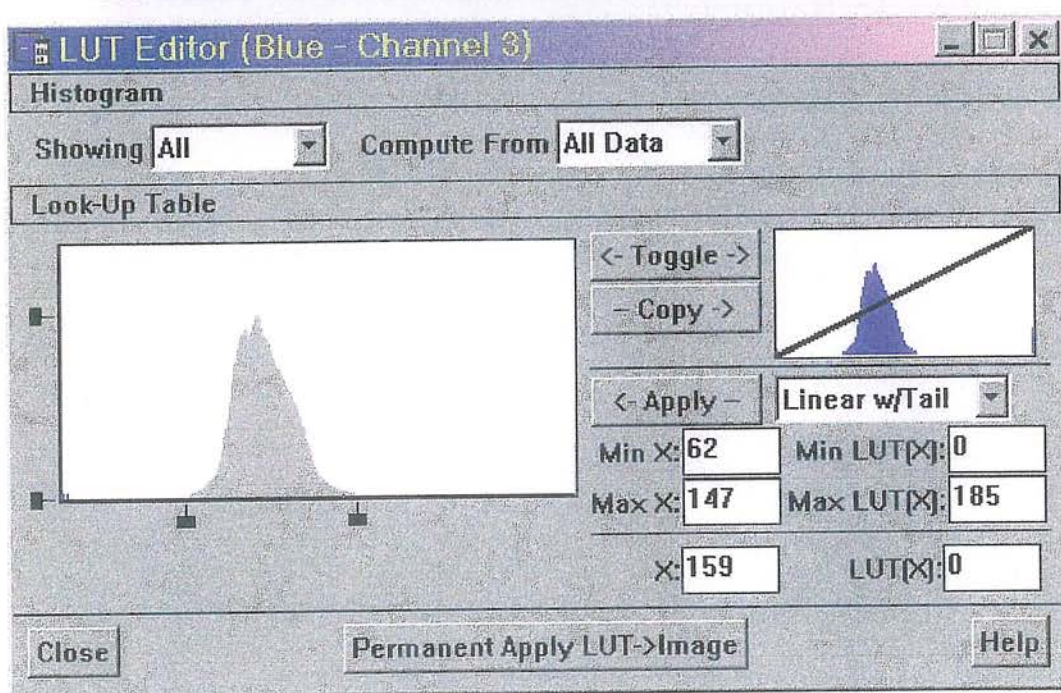
تصاویر شماره ۱۲-۲ الی ۱۴-۲ هیستوگرام درجات روشنائی پس از اعمال افزایش کنتراست خطی به همراه تصاویر ماهواره‌ای مربوطه در هر سه باند TM1, TM3, TM5 را نشان می‌دهد.



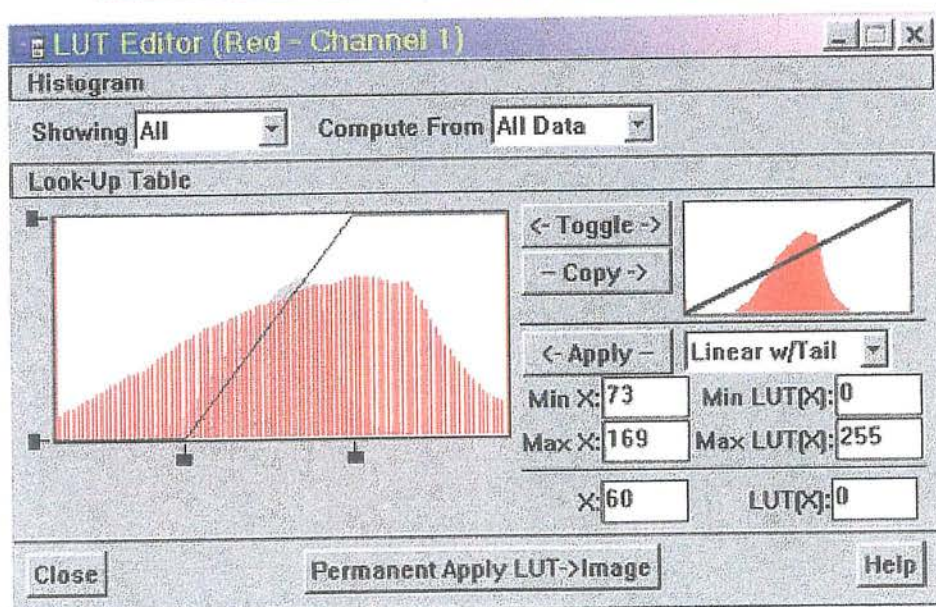
تصویر ۹-۲- هیستوگرام درجه روشنایی باند TM5 قبل از آشکارسازی در کانال رنگی قرمز



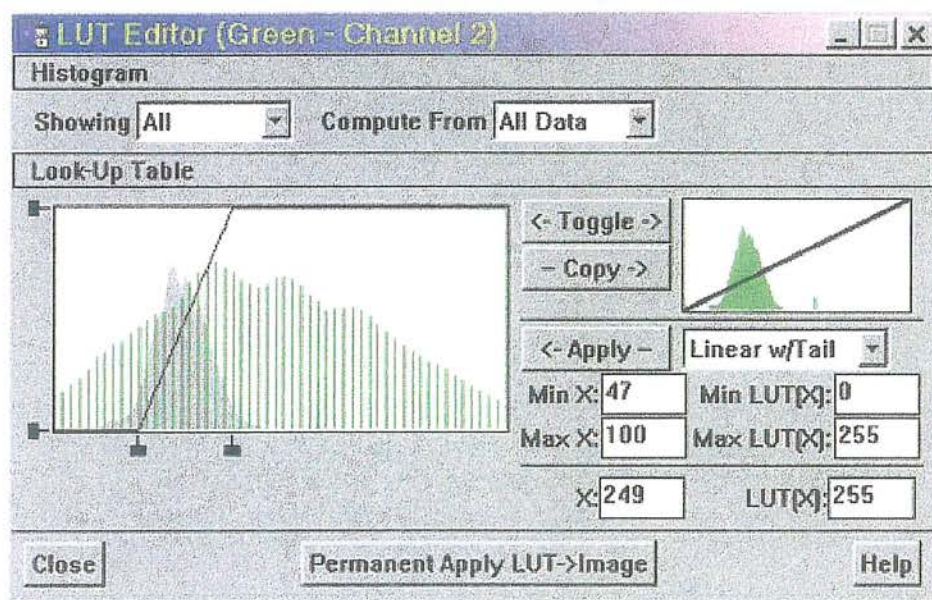
تصویر ۱۰-۲- هیستوگرام درجه روشنایی باند TM3 قبل از آشکارسازی در کانال رنگی سبز



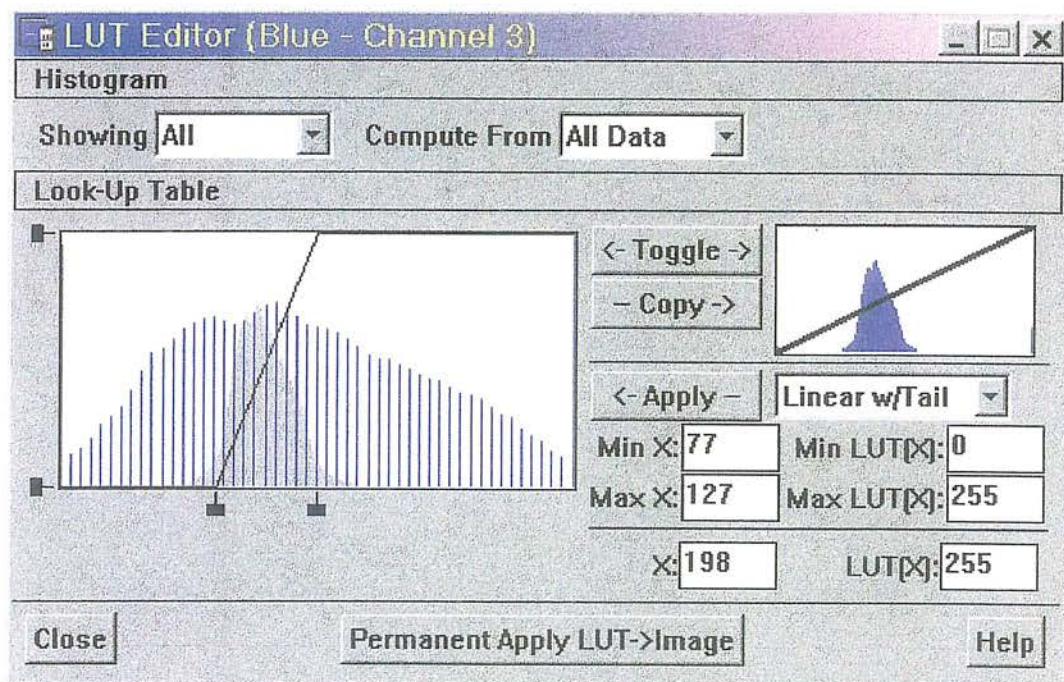
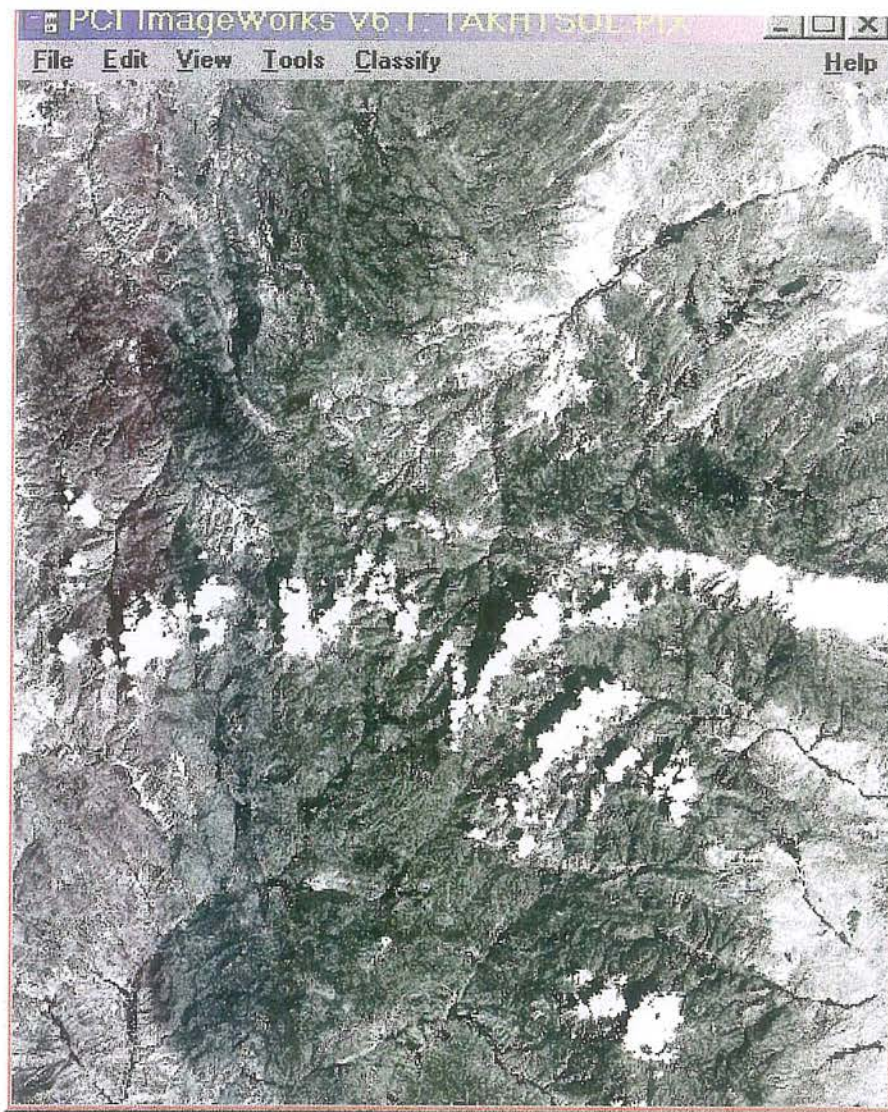
تصویر ۱۱-۲- هیستوگرام درجه روشنائی باند TM1 قبل از آشکارسازی در کانال رنگی آبی



تصویر ۱۲-۲- هیستوگرام درجه روشنایی باند TMS بعد از آشکارسازی خطی در کانال رنگی قرمز



تصویر ۱۳-۲- هیستوگرام درجه روشنایی باند TM3 بعد از آشکارسازی خطی در کانال رنگی سبز



تصویر ۱۴-۲- هیستوگرام درجه روشنایی باند TMI بعد از آشکارسازی خطی در کانال رنگی آبی

۲-۴-۲- ایجاد تصاویر رنگی مجازی :

ایجاد تصاویر رنگی مجازی مختلف نمایش همزمان سه باند تصویری و بکارگیری فیلترهای قرمز، سبز و آبی، روشی برای پردازش تصویر و بارزکردن پدیده‌ها است. در این روش، تصاویر تک باندهای دارای طیف خاکستری (۲۵۶ گام) به تصاویر رنگی که می‌توانند ترکیب‌های مختلفی از سه رنگ قرمز، سبز و آبی که هر کدام دارای ۲۵۶ گام رنگی هستند تبدیل می‌شوند، در نتیجه این عمل عوارض با رنگ‌های مختلف به نمایش در می‌آیند که شناخت آنها آسان‌تر انجام می‌شود.

تصویر رنگی مجازی شماره ۱۵-۲ حاصل ترکیب باندهای TM1, TM3, TM5 بترتیب در کانالهای قرمز - سبز و آبی پس از افزایش کنتراست خطی (Linear) می‌باشد. در این تصویر پوشش گیاهی با رنگ قرمز تا قهوه‌ای دیده می‌شود. تصویر رنگی مجازی شماره ۱۶-۲ حاصل ترکیب باندهای TM7, TM4, TM2 است که پس از افزایش کنتراست موازنه‌ای بوجود آمده است.

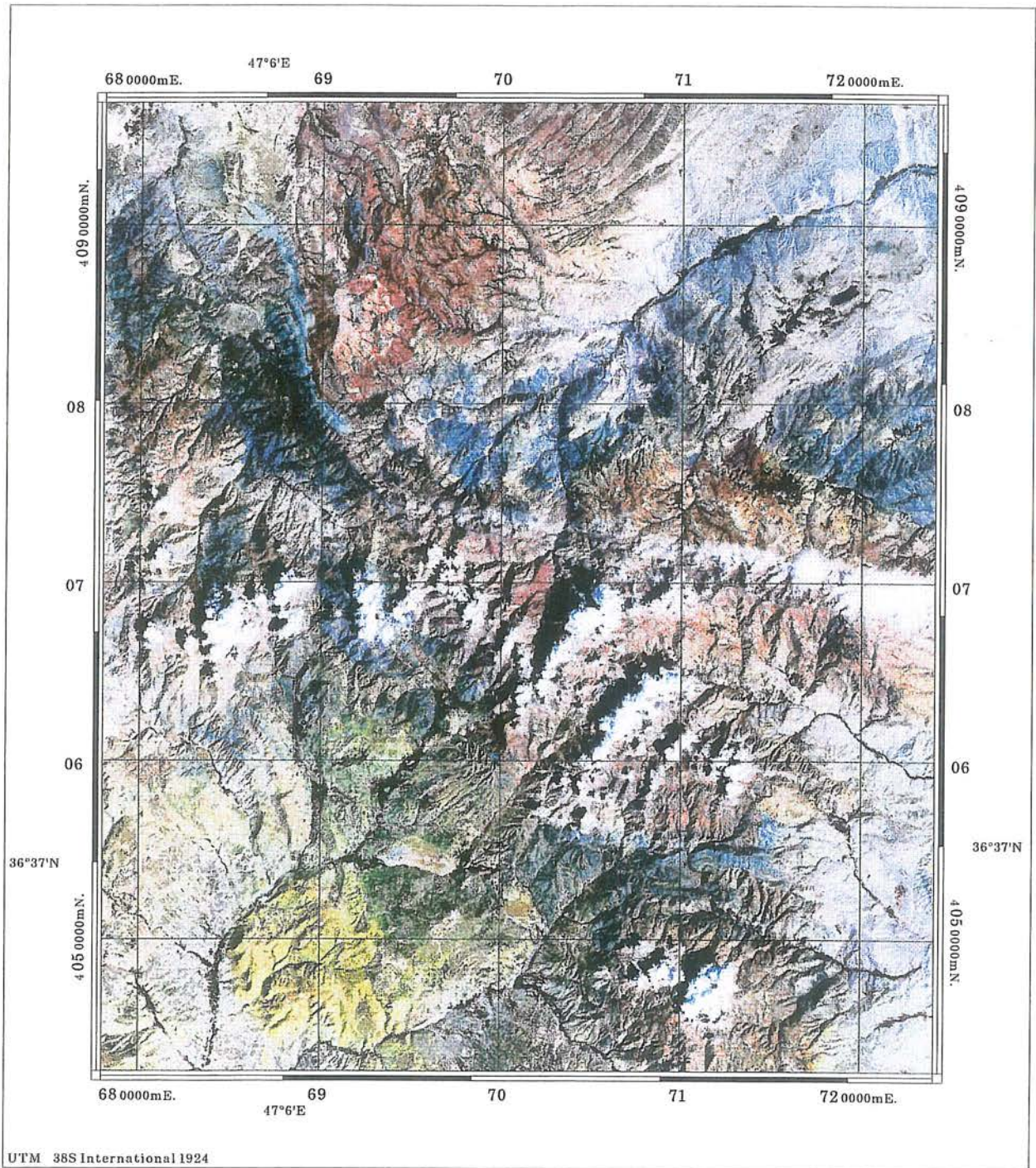
۲-۴-۳- عملیات ریاضی بین باندها و بکارگیری PCA:

عملیات ریاضی از قبیل جمع، تفریق، ضرب و تقسیم در داده‌های چندباندی بر روی یک باند و یا چند باند اعمال می‌شود که حاصل آن تصویری است دارای ویژگی‌های باندهای بکارگرفته شده، بنابراین تصاویر بدست آمده دارای ویژگی‌هایی است که برای بعضی از اهداف خاص بسیار مناسب‌تر از تصویر اولیه و خام می‌باشد. با مشخص کردن بیشترین و کمترین بازتاب یک پدیده در محدوده طول موجهای مختلف و بکارگیری روشهای نسبتی (Ratio) و تفاضلی (Difference) بین دو باند، می‌توان بازتاب طیفی پدیده مورد نظر را افزایش داد و بارز نمود.

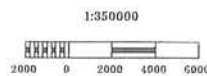
تصویرهای ۱۷-۲ و ۱۸-۲ تصاویر رنگی مجازی هستند که از ترکیب سه کانال نسبتی و تفاضلی ایجاد شده‌اند. هدف از ایجاد این تصاویر نشان دادن محدوده‌های دارای کانیهای رسی (برنگ بنفش تا صورتی) اکسید آهن (برنگ آبی) و پوشش گیاهی (برنگ زرد تا سبز) بصورت تفکیک شده می‌باشد.

Color Composite Map of Takht-e-Soleyman

Bands: R= B5, G= B3, B= B1



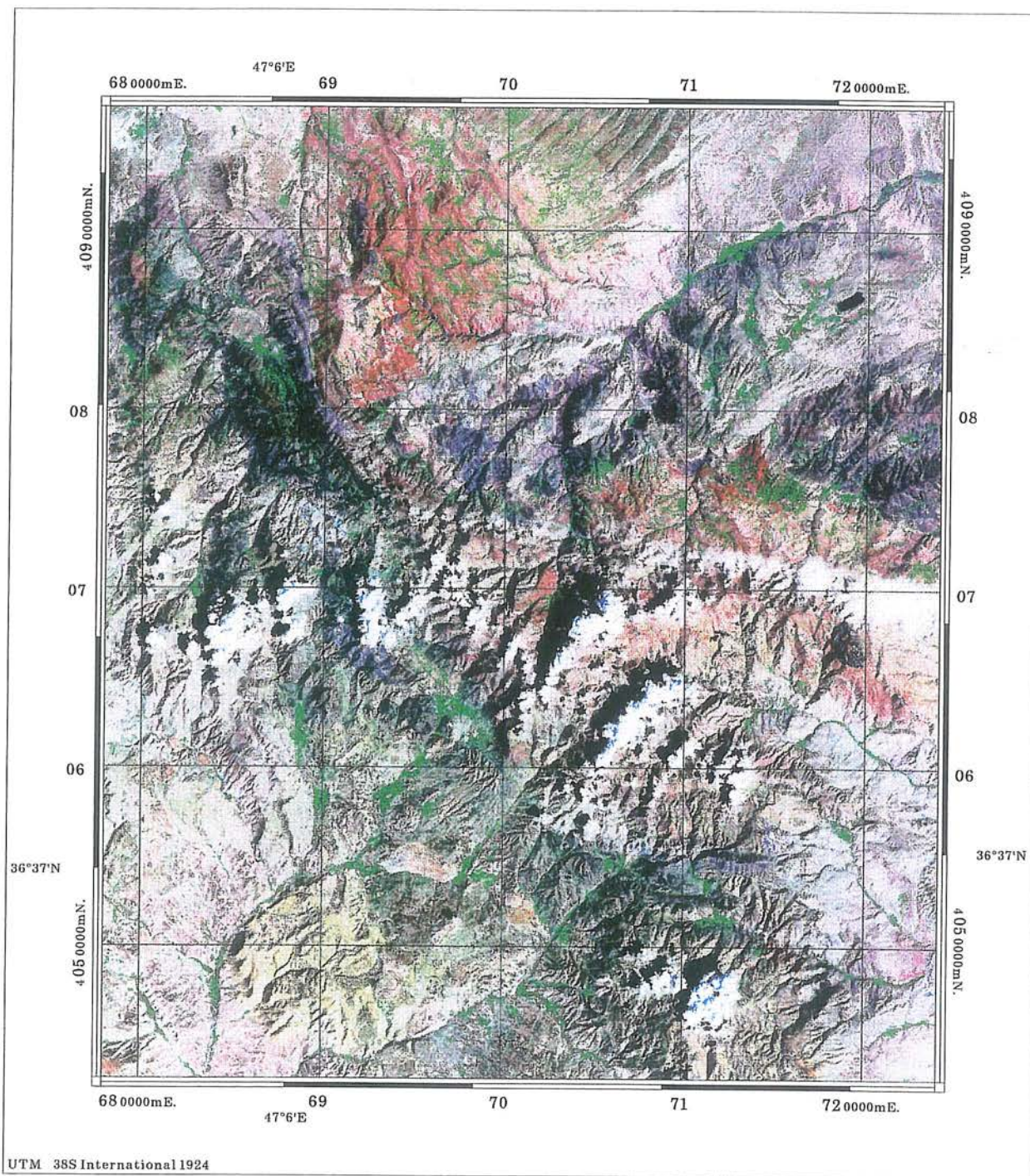
BY : Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



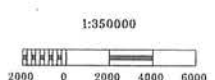
تصویر ۱۵-۲- ترکیب رنگی مجازی باندهای TM5,3,1 پس از افزایش کنتراست خطی

Color Composite Map of Takht-e-Soleyman

Bands : R= B7, G= B4, B= B2



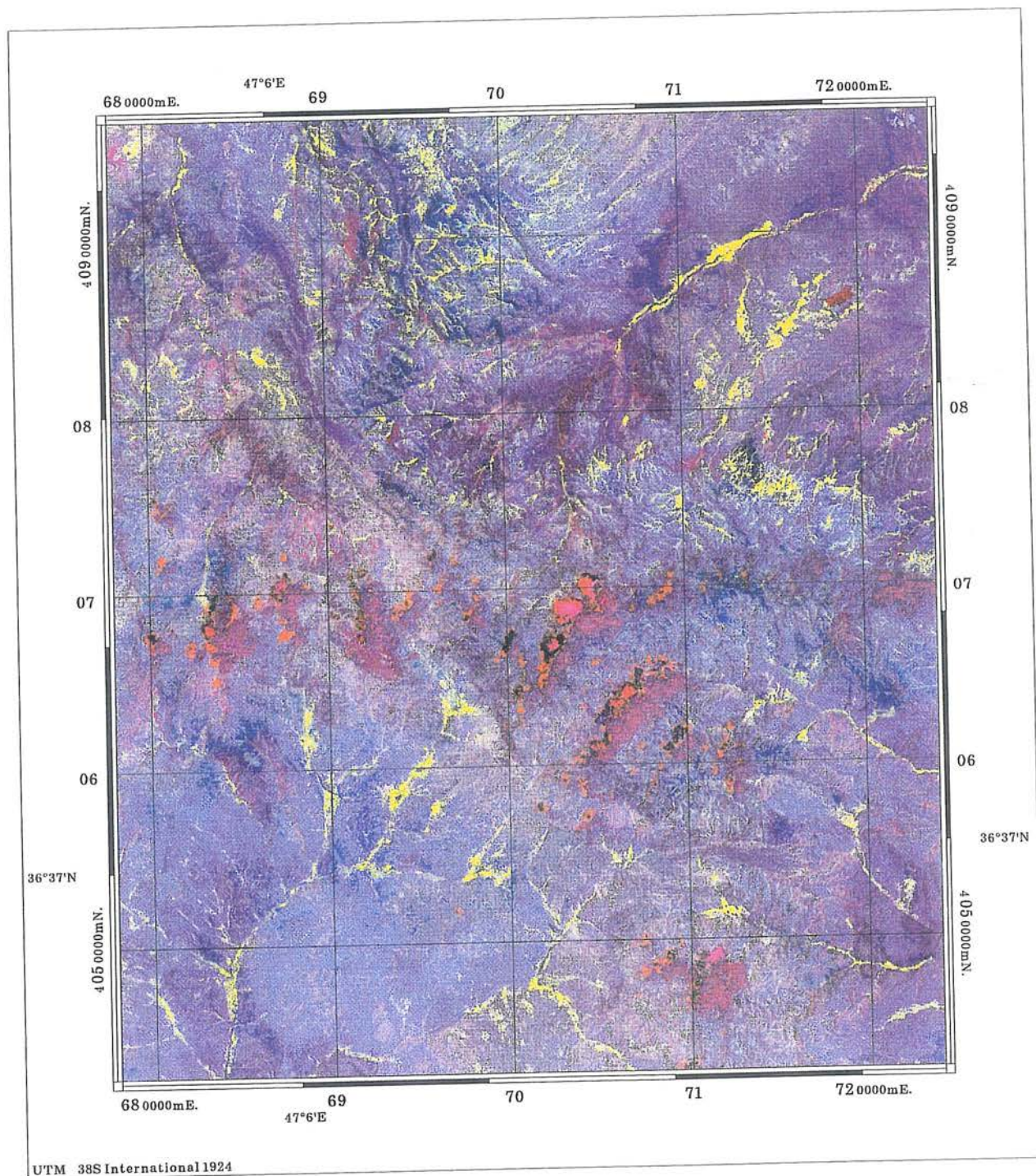
BY : Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۱۶-۲ ترکیب رنگی مجازی TM7,4,2 پس از افزایش کنتراست موازنه‌ای

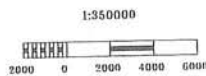
Color Composite Image of Takht-e-Soleyman

Ratio Bands : R= 5/7 , G= 4/2 , B= 3/1



UTM 38S International 1924

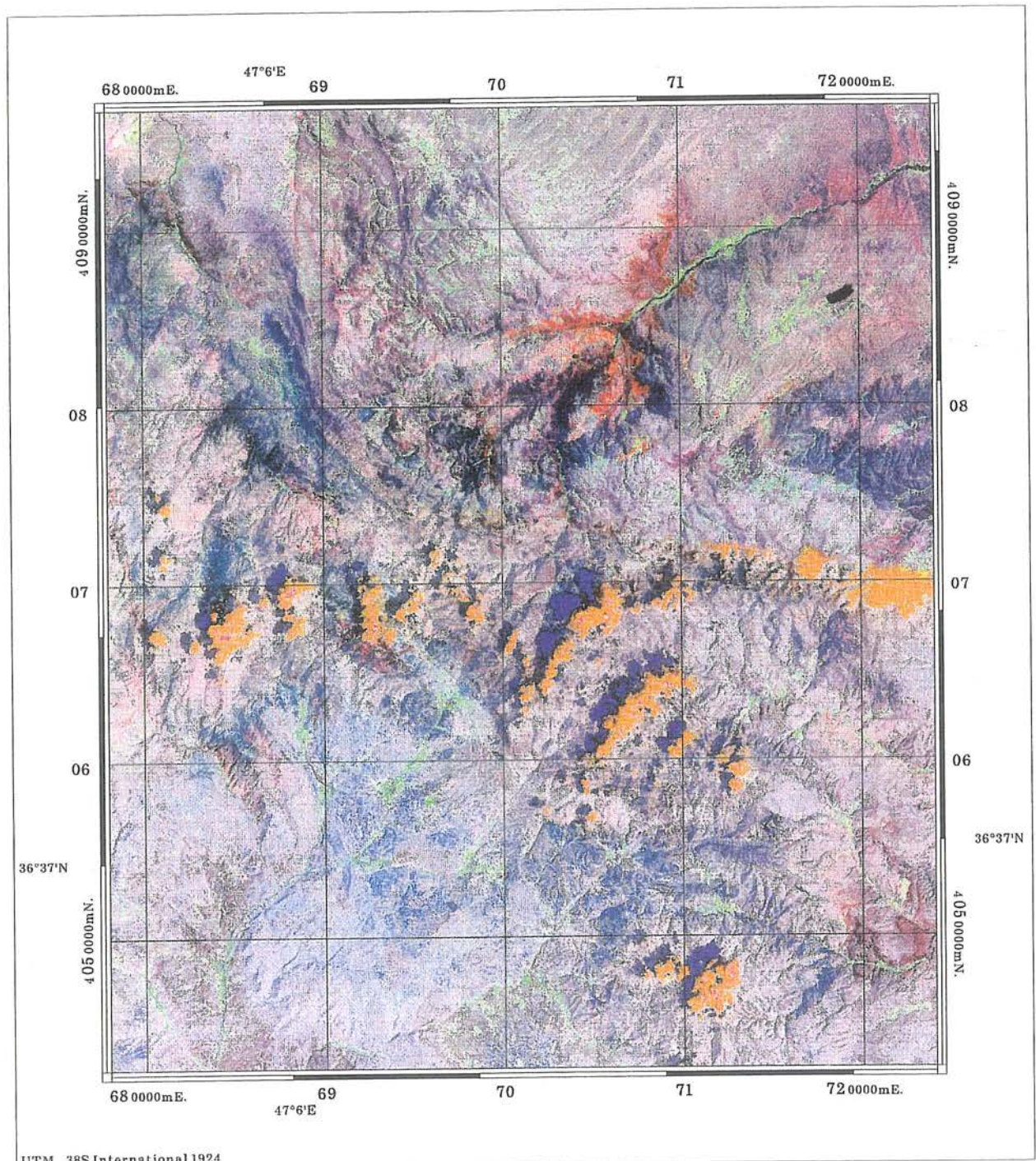
BY : Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۱۷-۲ ترکیب رنگی مجازی سه کانال نسبتی R=5/7, G=4/2, B=3/1

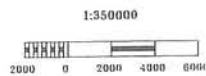
Color Composite Image of Takht-e-Soleyman

Difference Bands: R= 5-7, G= 4-2, B= 3-1



UTM 38S International 1924

BY: Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۱۸-۲ ترکیب رنگی مجازی سه کانال تفاضلی R=5,7, G=4,2, B=2

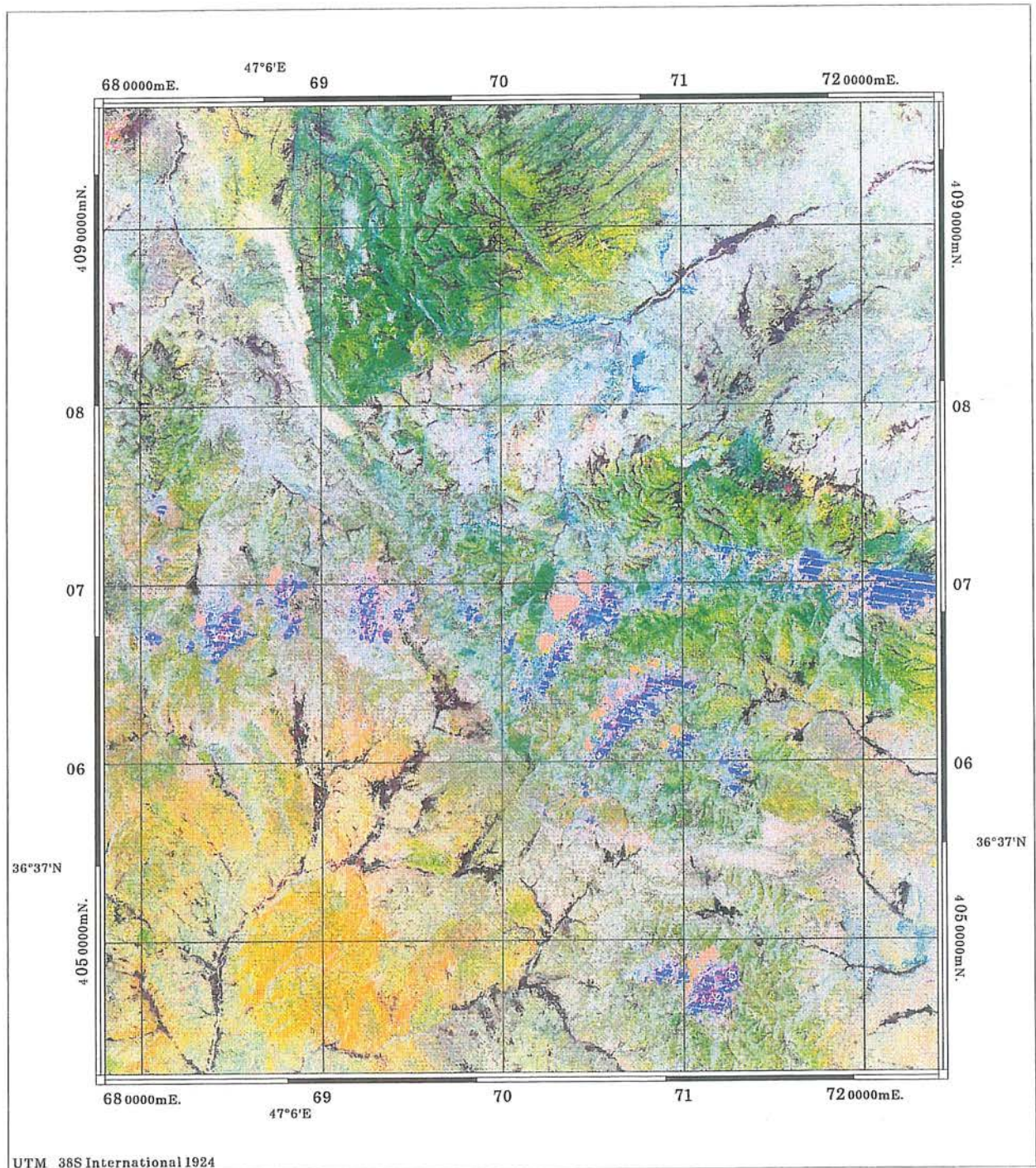
روش آنالیز مولفه‌های اصلی PCA که بر اساس محاسبهٔ واریانس، کوواریانس و انحراف معیار باندهای مختلف انجام می‌شود، روش دیگری است که با کاهش انطباق بین داده‌های باندهای مختلف در فضای چند بعدی موجب بارز شدن پدیدهٔ ویژه‌ای می‌گردد. تصویر شماره ۱۹-۲ تصویر رنگی مجازی حاصل از ترکیب PC2, PC3, PC4 که بترتیب در کانالهای قرمز، سبز و آبی قرار گرفته‌اند، پس از افزایش کنتراست خطی نشان می‌دهد.

۴-۴-۲- فیلتره کردن:

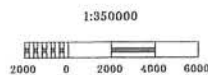
یکی دیگر از روشهای پردازش تصویر رنگی فیلترینگ است. در اثر اعمال فیلترها و حذف یا بارزسازی فراوانی‌های مکانی، راستاها و بافت‌های ویژه، می‌توان تصویری مطلوب‌تر ایجاد کرد. بطور مثال با بکارگیری فیلترهای پایین‌گذر (Low pass) می‌توان تصویری هموارتر و با اعمال فیلترهای بالاگذر (High pass) می‌توان تصویری واضحتر داشت که برای ترسیم خطواره‌ها از این روش استفاده شده است. تصویر ۲۰-۲ تصویر باندهای TM4 پس از افزایش کنتراست خطی و اعمال فیلتر Edge Enhancement می‌باشد.

Color Composite Map of Takht-e-Soleyman

Bands: R= PC4, G= PC3, B= PC2



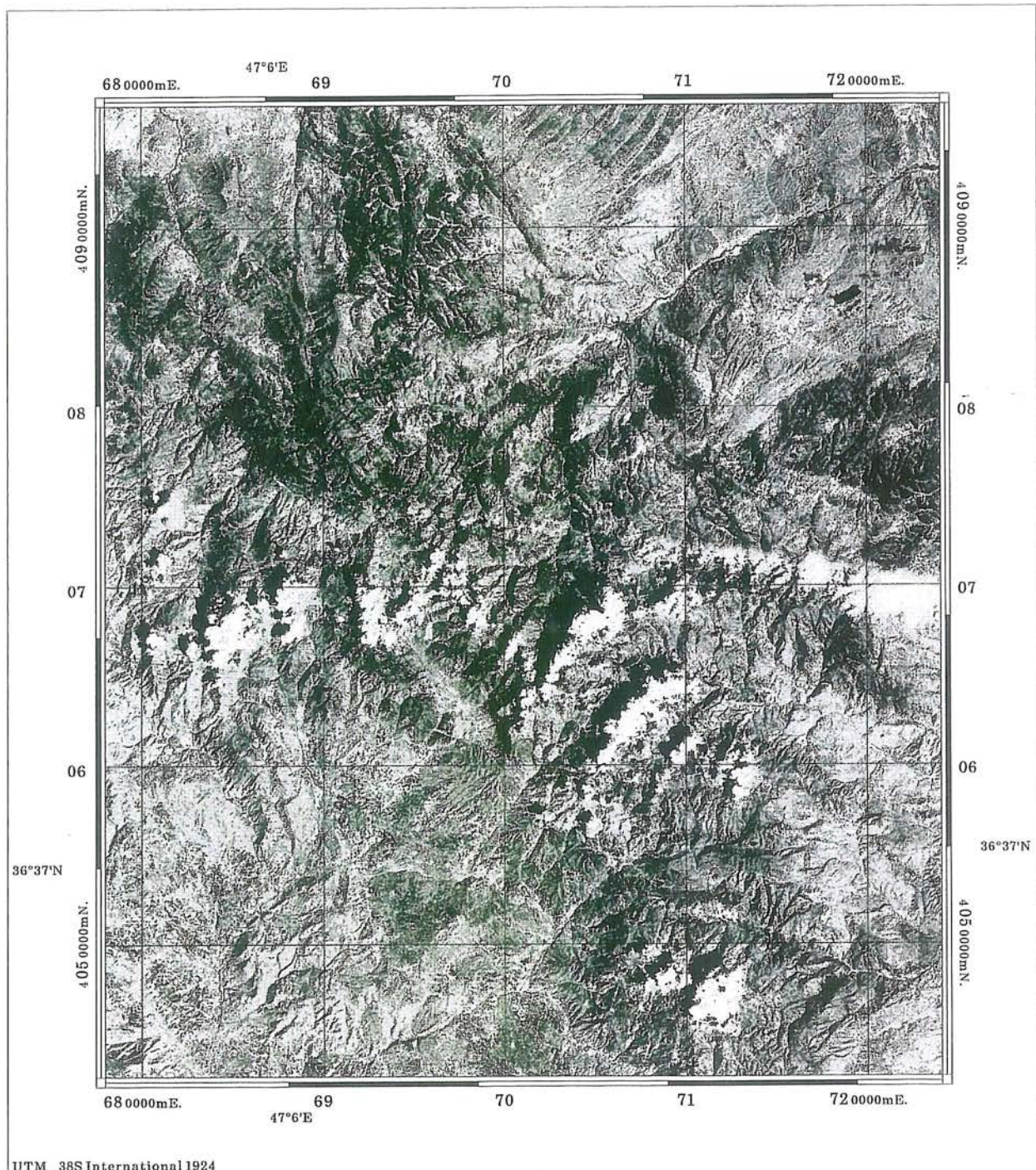
BY : Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



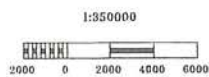
تصویر ۱۹-۲- ترکیب رنگی مجازی PC4, PC3, PC2 پس از افزایش کنتراست خطی

Color Composite Map of Takht-e-Soleyman

Band : TM 4 With Sharpen Filter



BY : Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۲۰-۲- تصویر باند TM4 پس از افزایش کنتراست خطی و اعمال فیلتر Edge

تشخیص ساختارهای زمین‌ساختی

مقدمه :

شناسایی عناصر ساختاری و بطور کلی تشخیص ساختار هر منطقه کمک ارزنده‌ای در جهت شناسایی و اکتشاف مواد معدنی می‌نماید. برای تشخیص شکستگی‌ها از تصاویر تک باندی و یا رنگی با بکارگیری فیلترهای مربوطه و همچنین از تصاویر با زوایای مختلف تابش خورشید استفاده گردید. برای این هدف نشانه‌های زمین ریخت‌شناسی که بسیار با ارزش می‌باشند، مورد توجه قرار گرفته است. در تعیین شکستگی‌ها تغییرات ناگهانی توپوگرافی، جابجایی بستر رودخانه‌ها، واحدهای چینه‌ای و مخروط افکنه‌ها و چگونگی ارتباط واحدهای سنگی بسیار قابل اهمیت می‌باشد و پاره‌ای از توده‌های نفوذی نهان را می‌توان با استفاده از بارزسازی دگرسانی تصاویر ماهواره‌ای پردازش شده مشخص نمود.

۱-۳- تکوین ساختاری منطقه تخت سلیمان

منطقه مورد بررسی از نظر ساختمانی در زون خوی - مهاباد (نبوی ۱۳۵۵) و محل برخورد زونهای ساختمانی سنندج - سیرجان، البرز - آذربایجان و ایران مرکزی قرار می‌گیرد. جایگیری سنگهای دگرگونی پرکامبرین و پالئوزوئیک در زیر رسوبها و سنگهای آتشفشانی الیگوسن - میوسن نشان از وجود یک برجستگی کهن (فرازمین گورگور - بلقیس - قبله داغ) احتمالاً از پالئوزوئیک پائین تا الیگوسن و نبود رسوبگذاری با فرسایش شدید در فاصله زمانی یاد شده در منطقه می‌باشد. این برجستگی بصورت یک فرازمین با راستای شمال باختری - جنوب خاوری از جنوب تا شمال منطقه کشیده شده است. مرز باختری آن از طریق گسل راندگی قینرجه - چهارتاق با حوضه فرورفته شیرمرد و مرز شمال خاوری آن با حوضه فرورفته پری محدود می‌باشد.

قدیمی‌ترین فاز کوهزایی موثر در منطقه به احتمال کوهزایی پان آفریکن است که سبب

دگرگونی و سخت شدن پوسته قاره‌ای پرکامبرین (رسوبات سازند کهر) و تشکیل فرازمین گورگور - بلقیس - قبله داغ شده است. دگرگونی رسوبات شیلی سازند کهر و نیز جایگیری مرمر جان گوتاران با مرز ناپیوسته بر روی آنها را شاید بتوان شواهدی از این فاز کوهزایی در منطقه مورد بررسی باشد. دلایل و شواهد آشکاری از تاثیر فازهای کوهزایی کالدونین و هر سینین در منطقه بررسی در دست نیست. نفوذ توده‌های دیوریت گابرویی، گرانودیوریتی و گرانیتی در سنگهای دگرگونی پرکامبرین و پالئوزئیک را شاید بتوان نمودی از فازهای کوهزایی کیمرین - پیشین و پسین در منطقه مورد بررسی قلمداد نمود. چین خوردگی و گسلش مجموعه رسوبی - آتشفشانی الیگوسن - میوسن و رسوبات قاره‌ای میوسن پلیوسن نیز در پیوند با جنبشهای کوهزایی آلپ پسین در منطقه مورد بررسی می‌باشد.

پس از کوهزایی پیرنه حوضه قاره‌ای وسیعی با نهشته شدن سازند سرخ زیرین تشکیل گردید که تا پایان میوسن آغازی ادامه می‌یابد. در این زمان دریای الیگوسن در حال پیشروی می‌باشد و رسوبات آن با دگرشیبی هم شیب (Disconformity) بر روی سنگهای قدیمی‌تر قرار می‌گیرد.

رسوبگذاری قاره‌ای سازند سرخ زیرین در الیگوسن پایانی قطع می‌گردد و با حرکت خشکی‌زایی منفی به سنگهای دریایی معادل سازند قم تبدیل می‌گردد. این مرحله از حرکت کوهزایی مربوط به فاز کوهزایی ساوین (Savian) می‌باشد. مجموعه رسوبات الیگوسن پایانی - میوسن آغازی شامل کنگلومرای قاعده‌ای، مارن، سنگ آهک، گدازه‌های دریایی با ترکیب کالکوالکالان است که بصورت دگرشیبی فرسایشی هم شیب بر روی سازند قدیمی‌تر قرار گرفته‌اند. و به سمت شمال گسترش یافته‌اند.

نهشته شدن سنگهای دریایی معادل سازند قم از میوسن آغازی تا میوسن میانی ادامه می‌یابد. در میوسن میانی تحت تاثیر فاز کوهزایی استیرین (Styrian) از چرخه کوهزایی آلپ پایانی، مجدداً شرایط قاره‌ای حاکم می‌گردد و سری سازند سرخ بالایی با دگرشیبی هم شیب و

شرایط خشکی‌زایی منفی بر روی سنگهای دریائی کم عمق رسوبگذاری می‌نماید. در ادامه خشکی‌زایی میوسن میانی نهشته‌های تخریبی - قاره‌ای در حوضه‌های بین کوهستانی و حوضه‌های باقیمانده کولابی همراه شده است. این فاز کوهزایی با رژیم فشارشی باعث دگرشکلی رسوبات دوران سوم می‌گردد. در همین زمان چشمه‌های آهک ساز شروع به فعالیت می‌نماید. در ناحیه مورد مطالعه پس از تاثیر فاز کوهزائی استیرین، رژیم فشارشی در آغاز فازهای والاشین (Walachehain) به شدت افزایش می‌یابد (تشکیل زندان سلیمان، زندان نبی کندی و تخت سلیمان و...) تراورتن‌های قدیمی دارای خلل و فرج‌های بزرگ و به همراه هوازدگی شدید می‌باشند که این نوع از تراورتن‌ها (مربوط به بعد از فاز کوهزایی والاشین) گسترش وسیعی را دربر می‌گرفته‌اند. در حالیکه پس از فعالیت رژیم فشارشی فاز والاشین رسوبگذاری تراورتن‌ها با تشکیل گنبد‌ها و برجستگی‌های وسیع و بصورت پراکنده ولیکن در امتداد گسل‌ها همراه بوده است.

تصویر ماهواره‌ای شماره ۱-۳ ناحیه تراورتنی منطقه تخت سلیمان را از نمای نزدیک نشان می‌دهد.

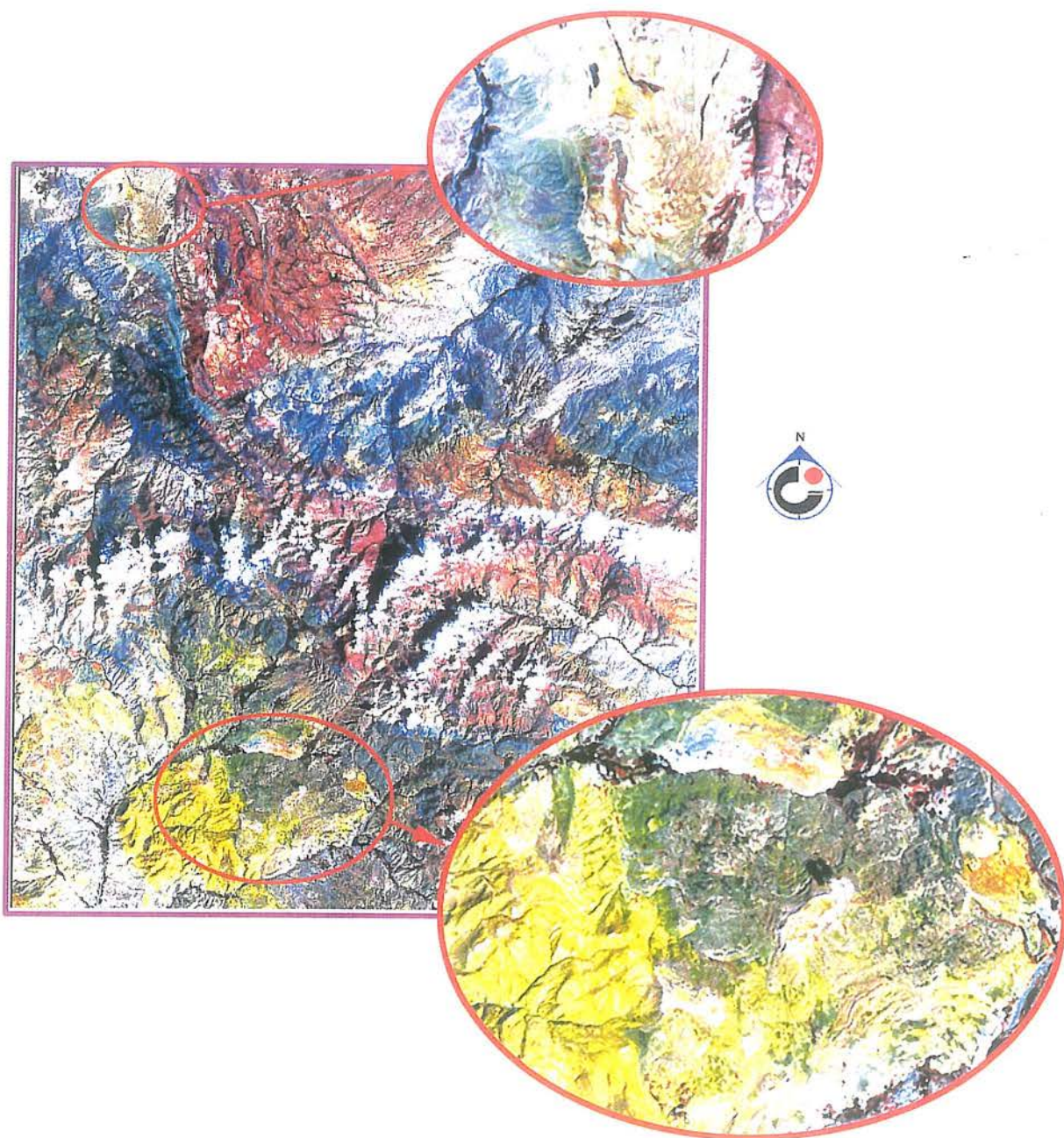
تصویر ماهواره‌ای شماره ۲-۳ تفکیک تراورتن‌های قدیم و جدید را با گرافیک‌های رنگی، قرمز برای تراورتن‌های گسترده قدیمی و سبز برای تراورتن‌های گنبدی شکل جدید، نشان می‌دهد.

عکسهای شماره ۱-۳ و ۲-۳ تراورتن‌ها را با توجه به ساختار مختلفشان نشان می‌دهد.

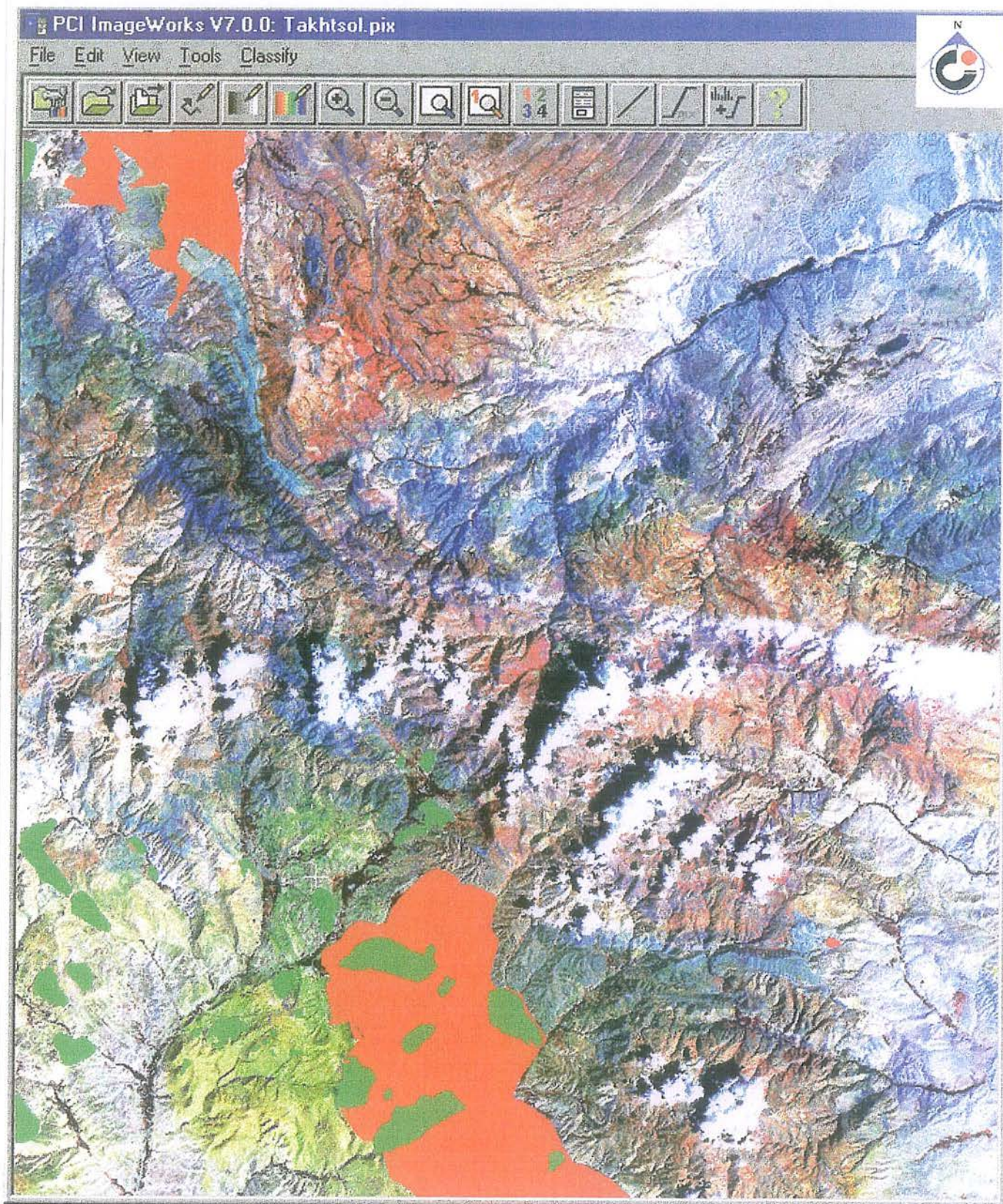
۳-۲- تشخیص و تعیین ساختارهای زمین ساختی

۱-۳-۲- گسل‌ها:

مهمترین گسل منطقه که روندی شمال باختری - جنوب خاوری دارد بنام گسل قینرجه - چارطاق نامیده می‌شود. در اثر عملکرد راندگی این گسل، سنگهای دگرگونی متناسب به



تصویر ۳-۱- نمای نزدیک از نواحی تراورتنی منطقه تخت سلیمان



تصویر ۲-۳- تفکیک تراورتن‌های قدیمی و جدید با گرافیک رنگی، گرافیک قرمز بیانگر تراورتن قدیمی

و گرافیک سبز برای تراورتن‌های گنبدی شکل جدید



عکس شماره ۱-۳- نمای از تراورتن‌های قدیمی با خلل و فرج‌های زیاد و بزرگ در منطقه بایونه وسط



عکس شماره ۲-۳- نمای از تراورتن‌های گنبدی شکل جدید با خلل و فرج کوچک

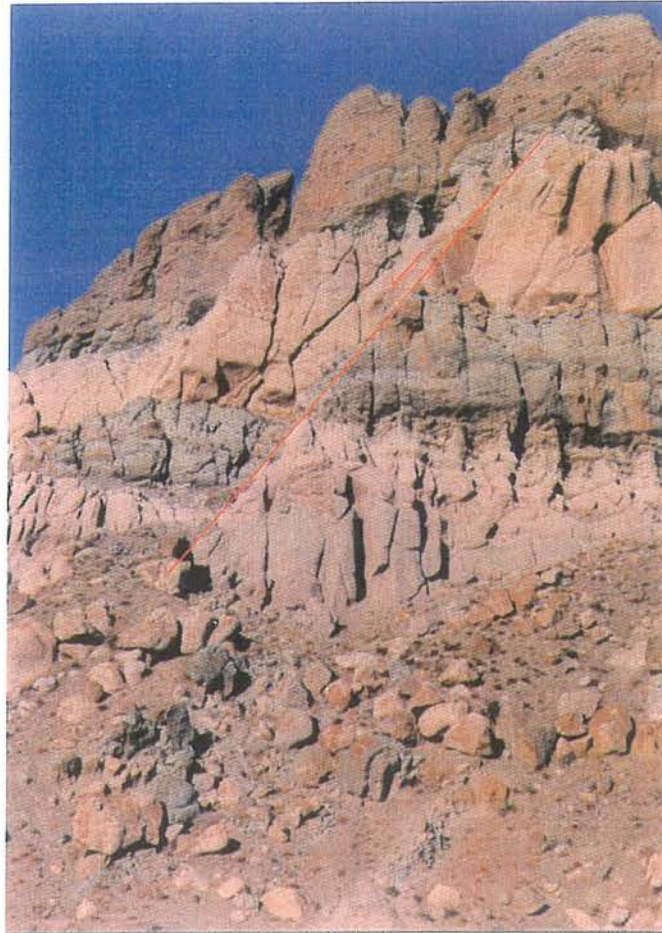
در منطقه زندان سلیمان

پرکامبرین - پالئوزوئیک (در بخش خاوری گسل) در مجاورت سنگهای رسوبی و آتشفشانی الیگوسن - میوسن (در بخش باختری گسل) قرار گرفته است. گسل قینرجه - چارطاق افزون بر سازوکار راندگی دارای جنبش راستالغز بزرگی است که در ضلع خاوری عملکرد فشاری ناشی از حرکت راستالغز راست بر آن بطرف جنوب سبب تشکیل یکسری گسلهای رورانده با راستای تقریباً خاوری - باختری شده است. در راستای این گسلها، سنگهای دگرگونی بر روی رسوبات الیگوسن - میوسن رانده شدهاند (گسل رورانده قره‌ناز - قوزلو و گسل رورانده لعل کان) اگر ادامه گسل قینرجه - چارطاق را در برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ تکاب دنبال کنیم در انتهای این گسل، می‌توان Splay Rault را مشخص نمود که دارای سازوکار راستالغز راست بر با عملکرد تراستی می‌باشد.

افزون بر گسل یاد شده در منطقه دو سیستم گسل عمده با امتداد شمال باختر - جنوب خاور و همچنین شمال خاور - جنوب باختر نمایانند که به احتمال گسلهای درجه ۲ و ۳ در پیوند با گسل راستالغز قینرجه - چارطاق می‌باشند. گسلهای شمال باختر - جنوب خاوری گسلهای R1 و از نوع راست بر هستند که کنشی مانند گسل اصلی دارند. در حالیکه گسلهای شمال خاور - جنوب باختری، گسلهای R2 و دارای عملکرد چپ بر می‌باشند. همچنین یکسری گسل تقریباً خاوری - باختری در منطقه دیده می‌شود که گسلهای ژرف و احتمالاً ادامه روندهای قدیمی می‌باشند که مهمترین آنها گسل خاوری - باختری زندان سلیمان با جابجاشدگی راست بر با همراه عملکرد تراستی است.

بیشتر گسلهای شمال خاوری - جنوب باختری که دارای سازوکار راستالغز چپ بر نیز هستند دارای سنی جوانتر از گسل قینرجه - چارطاق می‌باشند چرا که در بیشتر موارد جابجایی در امتداد این گسل نمایان است.

تعدادی گسلهای نرمال نیز مشاهده می‌شود که بیشتر در اثر عملکرد گسلهای راستالغز منطقه از نوع راست بر ایجاد شده‌اند. عکس شماره ۳-۳ گسلهای نرمال را در رسوبات نئوژن



عکس ۳-۳- گسل‌های نرمال در رسوبات نئوژن در منطقه تخی چاق دید به سمت خاور

نشان می‌دهد. چشمه‌های آهک ساز در امتداد گسلها تشکیل شده و با پیگیری روند قرارگیری آنها در تصویر ماهواره‌ای می‌توان گسلهای نامشخص را در اطراف آنها شناسایی کرد. بویژه گسلهایی، این چشمه را قطع نموده‌اند که این مسئله می‌تواند دلیلی بر فعال بودن آنها محسوب شود عکس شماره ۳-۴ گسل خوردگی چشمه‌های آهک ساز را نشان می‌دهد که امتداد این گسل تراورتن زندان سلیمان را نیز قطع نموده است.

تصویر شماره ۳-۳ گسلهای منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد. همانطور که در این تصویر مشاهده می‌گردد دو سیستم گسل تراستی در ناحیه قابل مشاهده است که یکی دارای روند شمال باختری - جنوب خاوری و دیگری روند تقریباً خاوری - باختری می‌باشد. همانطور که بیان شد مهمترین گسل تراستی منطقه، گسل قینرجه - چارطاق می‌باشد که سازوکاری راستالغز راست بر دارد. تصویر شماره ۳-۴ نمودار گل سرخی گسلهای تراستی و معکوس منطقه را نشان می‌دهد که راستای گسلهای تراستی میزان طول بیشتری را نشان می‌دهد که بر این اساس می‌توان دو سیستم تنش را در ساختار کلی منطقه بیان کرد. قدیمی‌ترین فاز فشارشی که سبب بالآمدگی و دگرگونی و سخت شدن پوسته قاره‌ای پرکامبرین و تشکیل فرازمین گورگور - بلیقیس - قبله داغ شده است و دارای جهت تنش اصلی ($\delta 1$) N45E می‌باشد.

در خاور منطقه تخت سلیمان در حوالی روستای قره ناز و خورجهان با توجه به تصویر ماهواره‌ای شماره ۳-۵ می‌توان فرازمین و فروزمین‌هایی را مشاهده کرد که دو اثر عملکرد فاز فشارشی با روند تنش اصلی ($\delta 1$) N45E می‌باشد که منجر به بالآمدگی سنگهای دگرگونه بصورت فرازمین گشته است و در مناطقی که بصورت فروزمین باقی مانده‌اند، با پیشروی دریای اولیگوسن - میوسن رسوبات این دوره در این مناطق نهشته شده است.

دومین فاز فشارشی با روند تنش اصلی ($\delta 1$) N20E می‌باشد که سبب حرکت راستالغز راست بر گسل تراستی قینرجه - چارطاق و نیز تشکیل گسلهایی با روند شمال خاوری - جنوب باختری با سازوکار راستالغز چپ بر شده است که روند گسل اصلی قینرجه - چارطاق را در بیشتر نواحی قطع نموده است.



عکس ۳-۴- گسل خوردگی چشمه‌های آهک‌ساز در بین راه زندان سلیمان و آبگرم - ادامه

این گسل حتی زندان سلیمان را نیز قطع می‌کند.



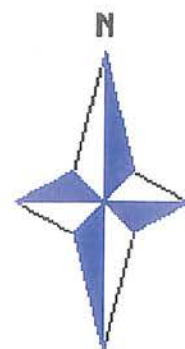
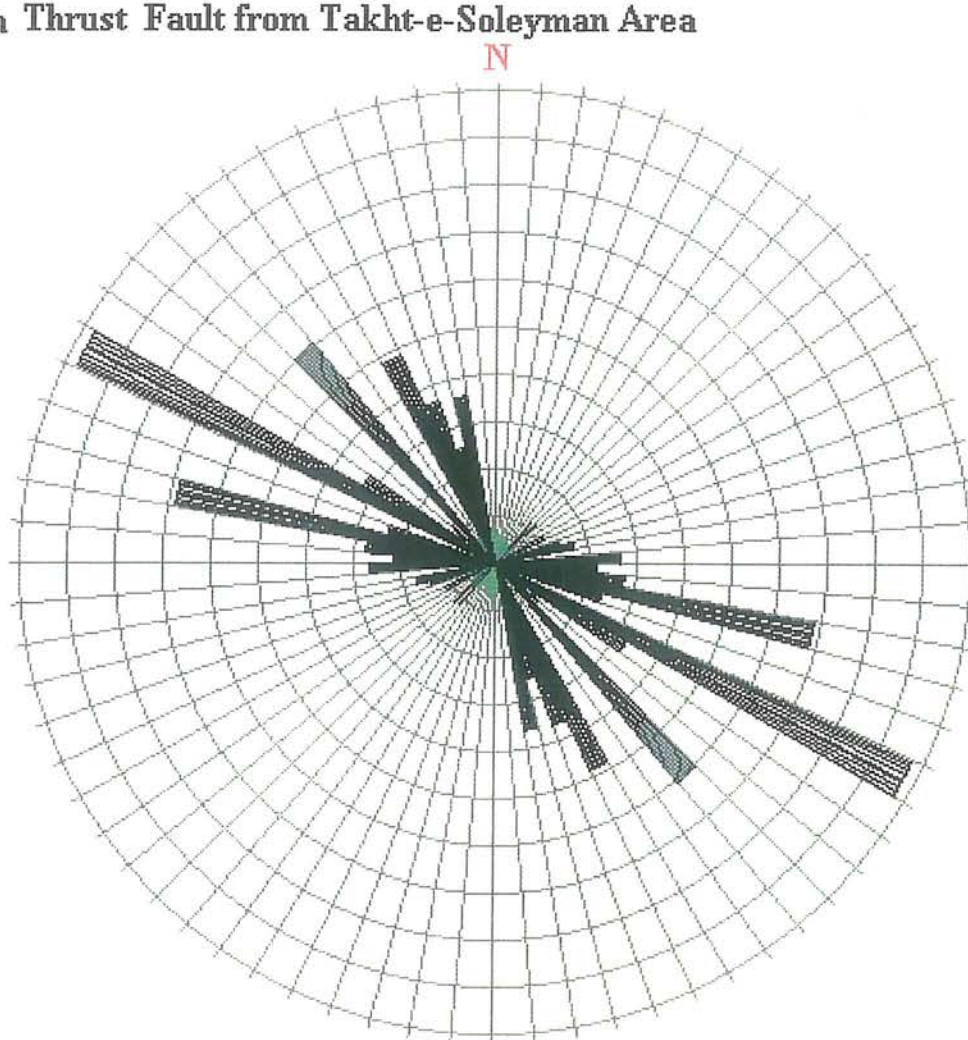
- گسل ذراسنی
- گسل خرمان
- گسل امتداد لغز
- خطواره



تصویر ۳-۳- گسلهای منطقه برگه تخت سلیمان با توجه به سازوکار آن

Rose Diagram Thrust Fault from Takht-e-Soleyman Area

TOTAL DATA=
C.I. = 5 °



تصویر ۳-۴- نمودار گل سرخی گسلهای فشارشی (تراست و معکوس) منطقه تخت سلیمان

تصویر ماهواره‌ای شماره ۶-۳ بریدگی گسل قینرجه - چارطاق مربوط به عملکرد گسل‌های
چپ بر را نشان می‌دهد.

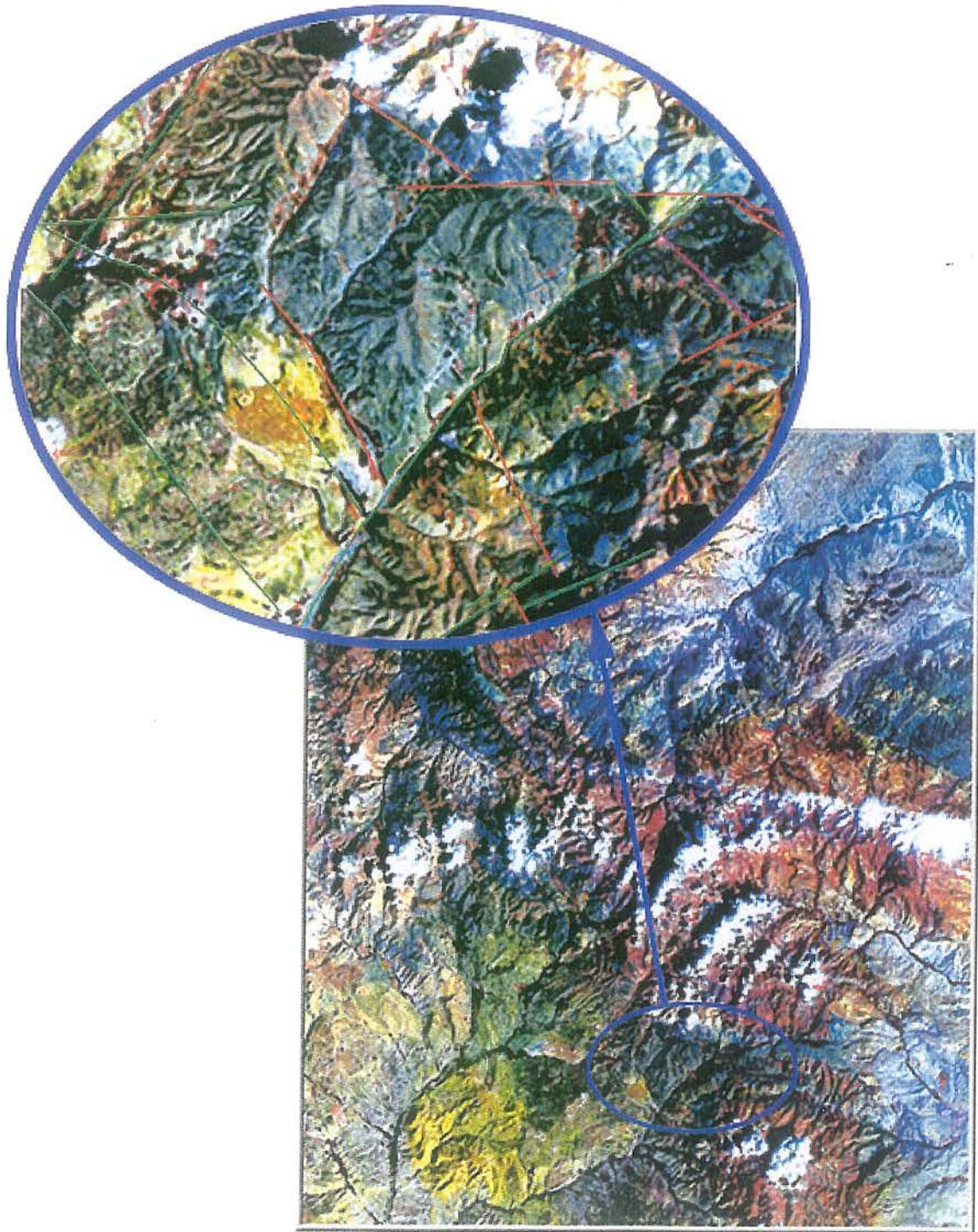
تصویر شماره ۷-۳ نمودار گل سرخی مربوط به گسل‌های امتداد لغز منطقه می‌باشد و
تصویر شماره ۸-۳ نمودار گل سرخی مربوط به گسل‌های نرمال منطقه را نشان می‌دهد.

۲-۲-۳- چین خوردگی :

دو نوع چین خوردگی در منطقه بیشتر قابل مشاهده است. یک نوع در اثر عملکرد فازهای
فشارشی بویژه در رسوبات تئوزن ایجاد شده که بصورت تاقدیس و ناودیس‌های پی در پی
دیده می‌شوند. تصویر شماره ۹-۳ چین خوردگی منطقه بین آق‌دره تا زرده‌شوران را با روند و
میل چین خوردگی نشان می‌دهد.

تیپ دوم از چین خوردگی‌ها مربوط به مواردی است که در اثر عملکرد گسل‌های عمیق ایجاد
شده که این نوع در بین گسل‌های تراستی منطقه تشکیل می‌شود. بطور مثال تاقدیس تازه کندو یا
تاقدیس کوه اورتایورد تصویر ماهواره‌ای شماره ۱۰-۳ تاقدیس تازه کندو گسل‌های مربوط به
آن را نشان می‌دهد.

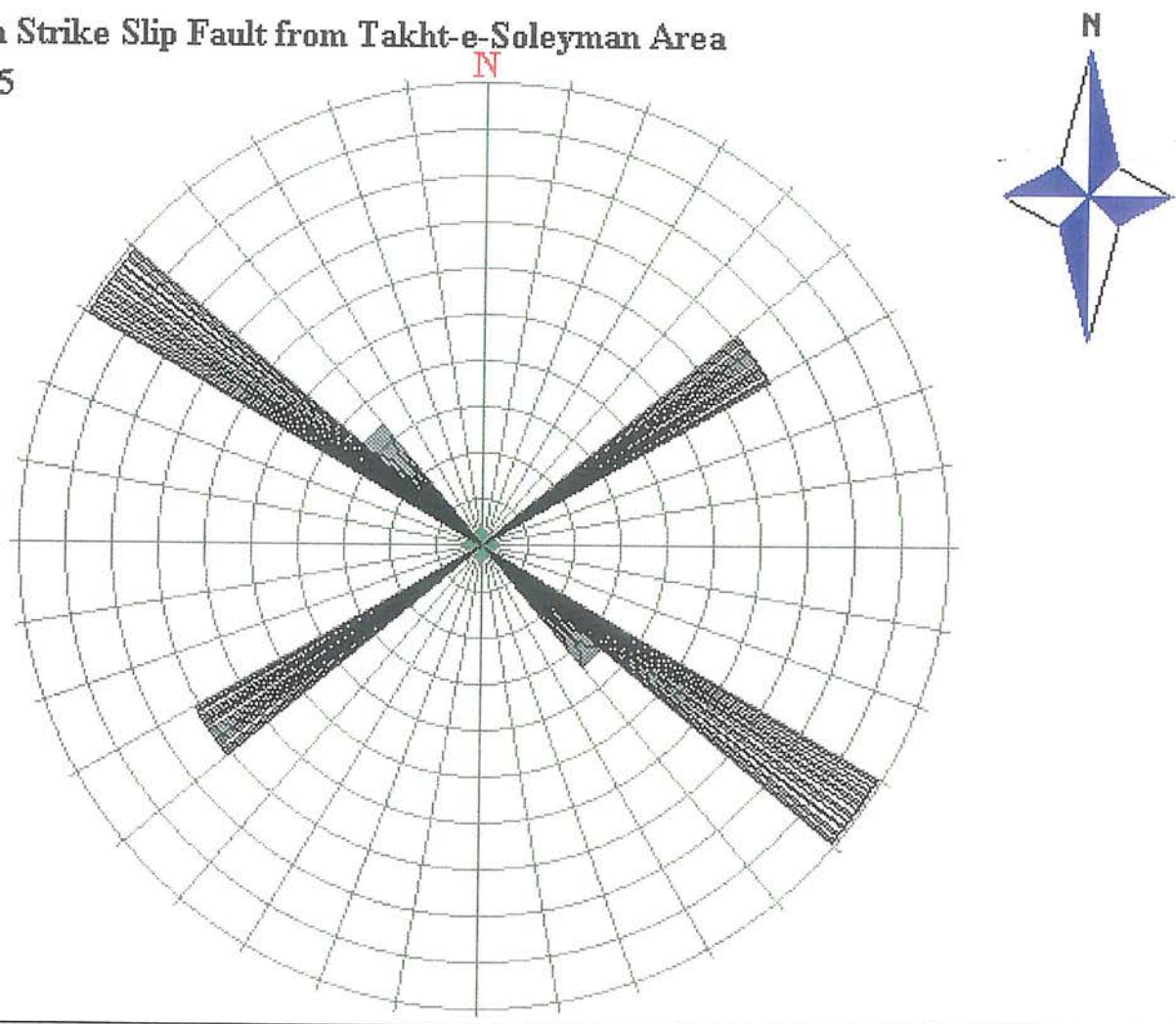
تصویر ماهواره‌ای شماره ۱۱-۳ تاقدیس اورتایورد و شکل شماتیک تشکیل آنرا نشان
می‌دهد.



تصویر ۳-۶- بریدگی گسل قینرجه - چارطاق مربوط به عملکرد گسلهای چپ بر

Rose Diagram Strike Slip Fault from Takht-e-Soleyman Area

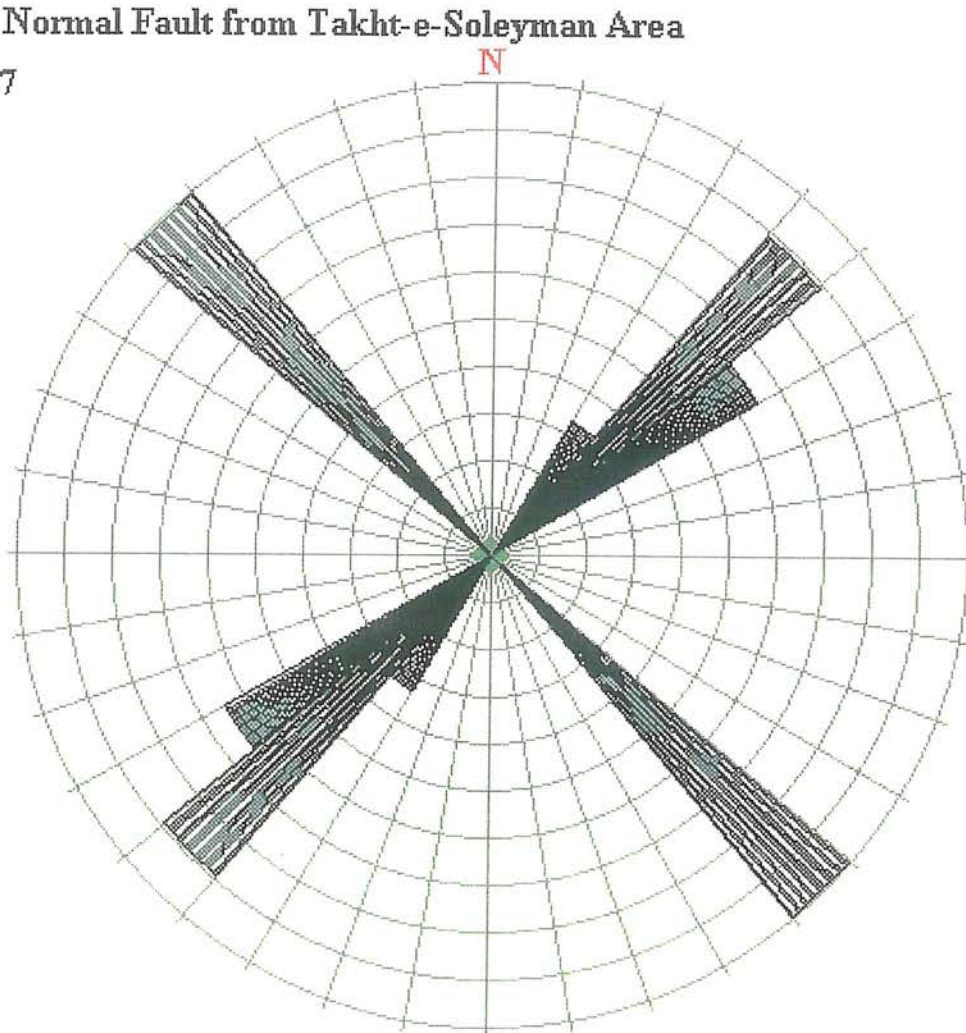
TOTAL DATA= 75
C. I. = 10°



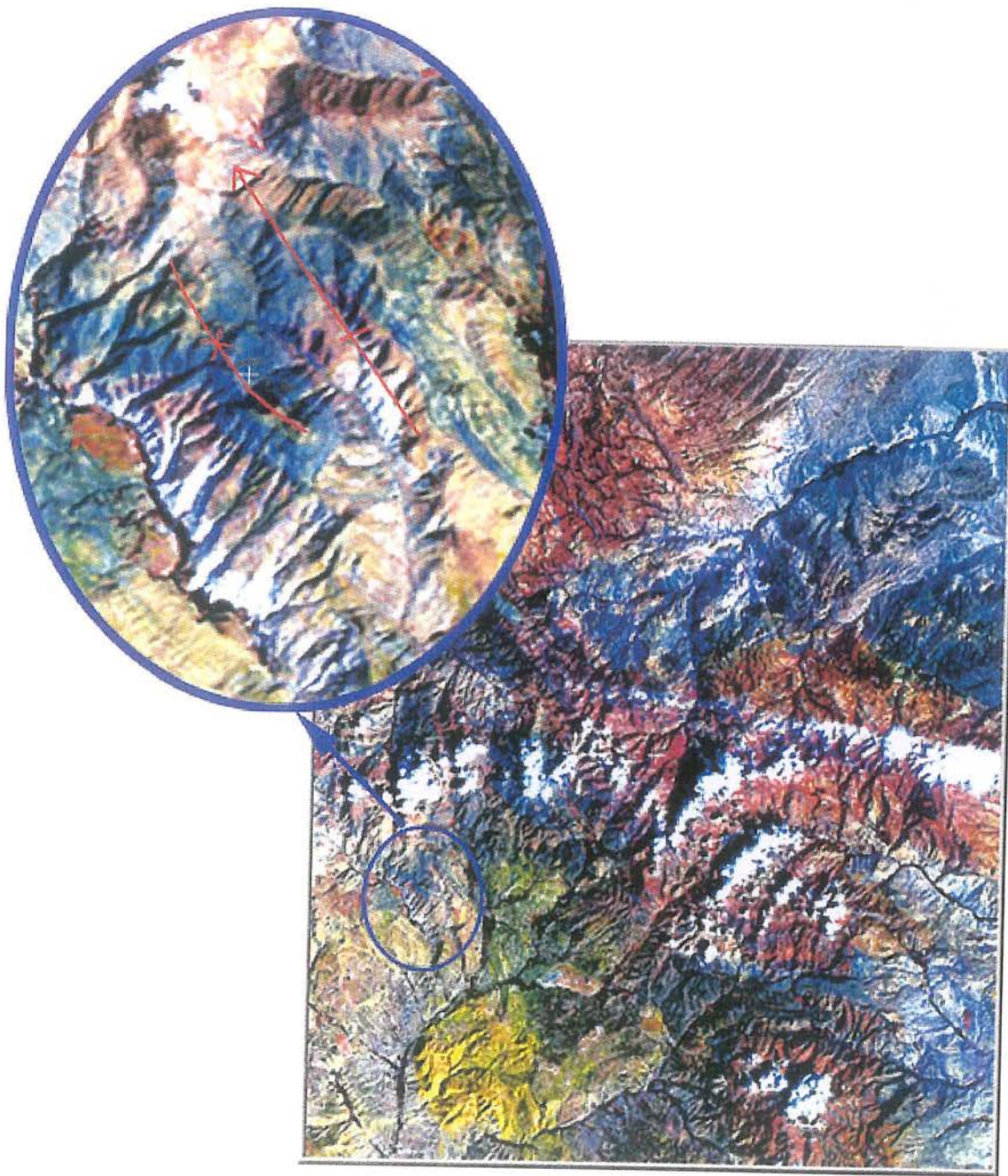
تصویر ۷-۳- نمودار گل سرخی گسلهای امتداد لغز برگه تخت سلیمان

Rose Diagram Normal Fault from Takht-e-Soleyman Area

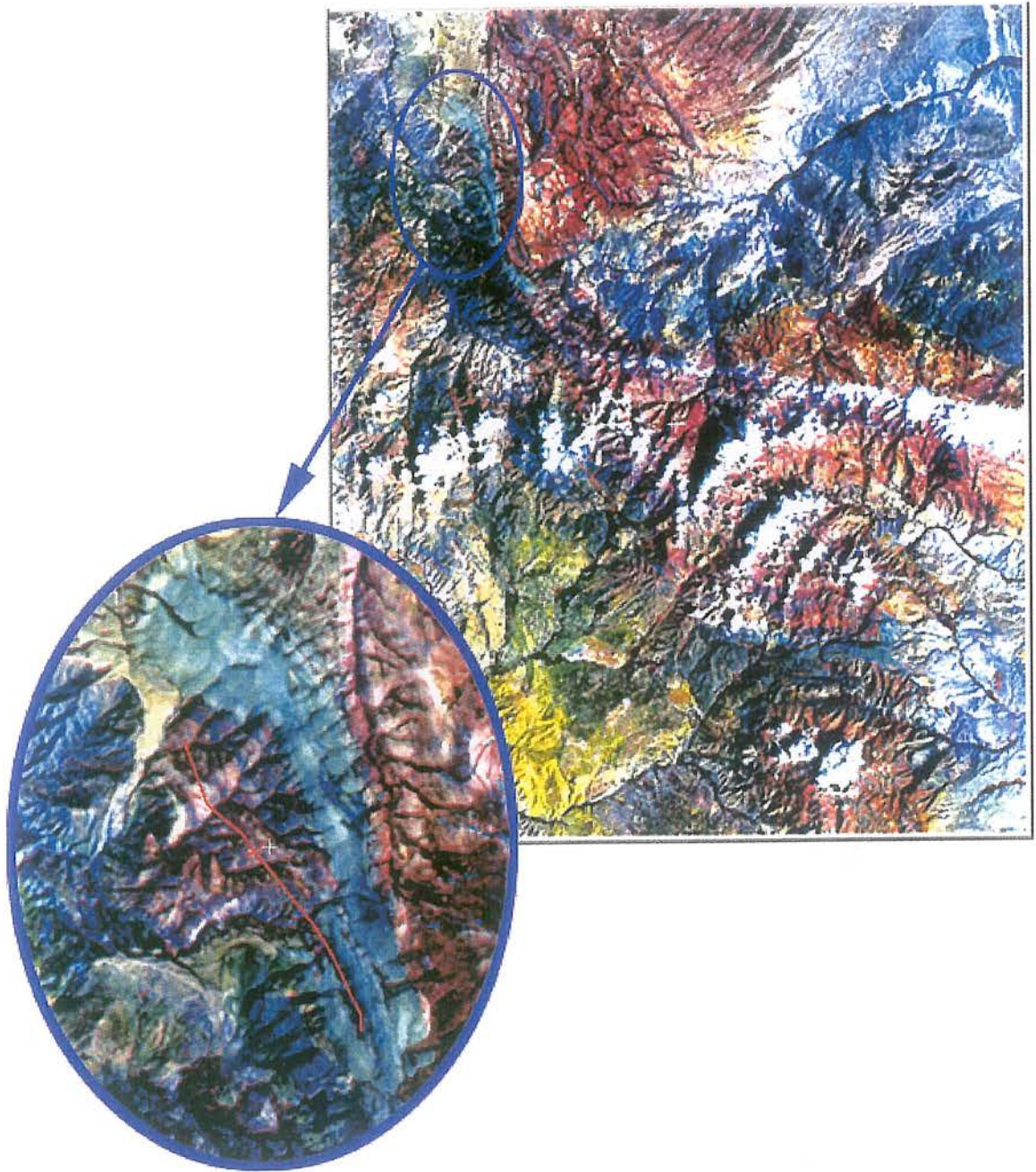
TOTAL DATA= 47
C.I. = 10°



تصویر ۸-۳- نمودار گل سرخی مربوط به گسل‌های نرمال منطقه



تصویر ۹-۳- چین خوردگی منطقه بین آق‌دره تا زره‌شوران با روند $N135E$



تصویر ۱۰-۳- تاقدیس تازه کند و گسل‌های مربوط به این تاقدیس



تصویر ۱۰-۳- تصویر ماهواره‌ای تاقدیس اورتایورد و شکل شماتیک تشکیل دهنده آن

پردازش داده‌ها جهت بارزسازی آلتراسیون

مقدمه :

پی‌جوئی کانسارهای گرمابی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای بر پایه‌ی ویژگی‌های سطحی این نوع کانسارها صورت می‌گیرد. با مشخص کردن محدوده‌ی سنگهای دگرسان شده که به کمک ترکیب باندهای مختلف اطلاعات TM لندست بارز می‌گردد، می‌توان موقعیت احتمالی یک کانسار را تعیین نمود. (Goetz 1989)

کانسارهای گرمابی در نتیجه واکنش بین محلولهای گرمابی و سنگ میزبان و تغییراتی که در ترکیب شیمیایی و مینرالوژیکی آنها ایجاد می‌شود بوجود می‌آیند. کاربرد ویژه فن آوری دورسنجی در تهیه نقشه‌ی دگرسانی‌های گرمابی و تعیین نوع آنها است که انواع دگرسانی در محدوده‌ی مادون قرمز با انعکاسی میانه تا نزدیک از امواج الکترومغناطیسی بارز می‌گردند. با استفاده از روش‌های پردازشی و شناخت بازتاب‌های طیفی می‌توان وجود اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن همانند لیمونیت و گوتیت را مشخص نمود.

وجود لیمونیت و گوتیت در محیط‌های سطحی بسیار مهم است زیرا محصول اکسیدان کانسارهای سولفیدی هستند (Harris et al. 1998). بنابراین آشکارسازی محصولات شسته شده سولفیدها، بطور مثال لیمونیت و گوتیت (گوسن‌ها) ممکن است مستقیماً راهنمای اکتشافی باشند.

در محدوده‌ی طیفی 1.0 تا 2.5 μ m از اطلاعات برای مشخص کردن کانیهای هیدروکسیل‌ها (Hydrous) مانند سرسیت، فیلوسیلیکات‌ها، کانیهای رسی، میکا و بیشتر سولفات‌ها استفاده می‌شود. این کانیها بیشتر بیان‌کننده دگرسانی فیلیک و آرژیلیک هستند بویژه بعنوان راهنمای اکتشافی برای مس پورفیری و رسوبات فلزی قیمتی بکار گرفته می‌شوند (Harris et al 1998).

۲-۴- پردازش اطلاعات ماهواره‌ای :

برای آشکارسازی زونهای دگرسانی بر روی تصاویر TM لندست چندین روش بر پایه منحنی‌های طیفی امواج الکترومغناطیسی وجود دارد که مهمترین آنها شامل :

الف - ترکیب رنگ مجازی از تقسیم باندها

ب - آنالیز مولفه‌های اصلی PCA

ج - روش‌های کلاسه بندی مختلف

که در اینجا در مورد دو روش اولیه برای تهیه نقشه سنگهای دگرسان شده توضیح داده خواهد شد. روش تقسیم باندها (نسبتی) که با استفاده از تقسیم یک باند بر باند دیگر بدست می‌آیند، که برای ارزیابی ویژگی‌های طیفی مواد زمینی بسیار مفید است. این عمل بر اساس میزان اختلاف در بازتاب پدیده‌ها در باندهای گوناگون است. تفریق باندی نیز مشاهده تقسیم آنها است که می‌تواند در شناسایی نواحی دگرسانی بکار برده شود. این روش نسبت به دیگر روشهای پیچیده پردازش تصویر نظیر تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی کارایی بیشتری دارد. زیرا نتایج اعداد رقومی بازتاب طیفی حاصل شده (DN) می‌تواند مستقیماً به اطلاعات ترکیبی مواد زمین نسبت داده شوند (Harris et al 1998).

۳-۴- تجزیه و تحلیل باندهای TM لندست :

قبل از بیان محاسبات روش‌های نسبتی و PCA، ابتدا تجزیه و تحلیل آماری تک باندها را برای انتخاب بهترین باند و ایجاد ترکیب رنگی مجازی را مرور می‌نمائیم. نتایج آماری هر یک از باندها در جدول شماره ۱-۴ نشان داده شده است. این جدول نشان می‌دهد که باندهای TM1, TM2, TM3 دارای توزیع روشنائی (albedo) یکسانی هستند و دارای مقدار حداقل بزرگتری نسبت به باندهای TM4, TM5, TM7 می‌باشند که این حالت بدلیل پدیده پراکنش اتمسفری است. باند TM2 دارای کمترین مقدار واریانس است و لذا دارای کنتراست پایین می‌باشد، ولیکن باند

STATISTICS FOR DATASET: madani/Takht-e-Soleyman

REGION: All

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
Non-Null Cells	262144	262144	262144	262144	262144	262144
Area In Hectares	250029.826	250029.826	250029.826	250029.826	250029.826	250029.826
Area In Acres	617837.202	617837.202	617837.202	617837.202	617837.202	617837.202
Minimum	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Maximum	255.000	255.000	255.000	255.000	255.000	255.000
Mean	49.896	84.434	93.089	107.375	121.873	138.936
Median	45.000	78.000	90.000	106.000	125.000	143.000
Std. Dev.	32.046	40.846	39.349	45.033	47.995	49.894
Std. Dev. (n-1)	32.046	40.846	39.349	45.033	47.995	49.894
Corr. Eigenval.	4.925	0.558	0.403	0.073	0.022	0.019
Cov. Eigenval.	9142.440	908.512	835.438	97.933	49.254	31.092
Correlation Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
Band1	1.000	0.926	0.874	0.610	0.651	0.632
Band2	0.926	1.000	0.971	0.700	0.805	0.796
Band3	0.874	0.971	1.000	0.707	0.845	0.847
Band4	0.610	0.700	0.707	1.000	0.759	0.640
Band5	0.651	0.805	0.845	0.759	1.000	0.962
Band7	0.632	0.796	0.847	0.640	0.962	1.000
Determinant	0.000					
Covariance Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
Band1	1026.951	1211.736	1101.698	879.834	1000.564	1010.756
Band2	1211.736	1668.433	1560.580	1287.528	1577.428	1622.480
Band3	1101.698	1560.580	1548.365	1253.162	1595.865	1661.956
Band4	879.834	1287.528	1253.162	2028.001	1641.157	1437.217
Band5	1000.564	1577.428	1595.865	1641.157	2303.484	2302.889
Band7	1010.756	1622.480	1661.956	1437.217	2302.889	2489.436
Determinant	1040719345804850.500					

جدول ۱-۴- نتایج آماری هر یک از باندها نسبت به بقیه باندها

TM5 دارای بیشترین مقدار واریانس است که این نیز بدلیل تفاوت زیاد بین عکس العمل طیفی مواد گوناگون سطح زمین در این باند می باشد که ایجاد کنتراست بالایی را می نماید.

اطلاعات باندهای مجاور و نزدیک در تصاویر چند باندهای TM بیشتر همبستگی دارند بعبارتی همبستگی منفی مابین باندهای مرئی و مادون قرمز و نیز مثبت بین باندهای مرئی لندست وجود دارد. بازتاب پوشش گیاهی به گونه ای است که تراکم پوشش گیاهی سبب کاهش انعکاس بخش قرمز طیف الکترومغناطیس و افزایش انعکاس در طیف مادون قرمز است. وجود همبستگی مابین باندهای تصاویر چندطیفی بیانگر وجود اطلاعات مشترک و یا به عبارت دیگر تکرار اطلاعات است.

ماتریکس همبستگی (جدول ۱-۴) نشان می دهد که باندهای TM1, TM2, TM3 در قسمت مرئی طیف کاملاً با یکدیگر همبستگی دارند. کمترین همبستگی بین باندهای TM1, TM4 (۶۱/۰ درصد) می باشد.

بر اساس تجزیه و تحلیل تک باندهای و یکاربردن اندیس انتخاب سه گانه باندها (IOBS) ترکیب رنگی $TM5=R, G=TM4, B=TM1$ بهترین ترکیب رنگی مجازی جهت مشخص نمودن واحدهای سنگی گوناگون می باشد (Moore et al 1999). تصویر ۱-۴ نشاندهنده ترکیب رنگی مجازی $RGB=5,4,1$ از داده های TM منطقه تخت سلیمان می باشد.

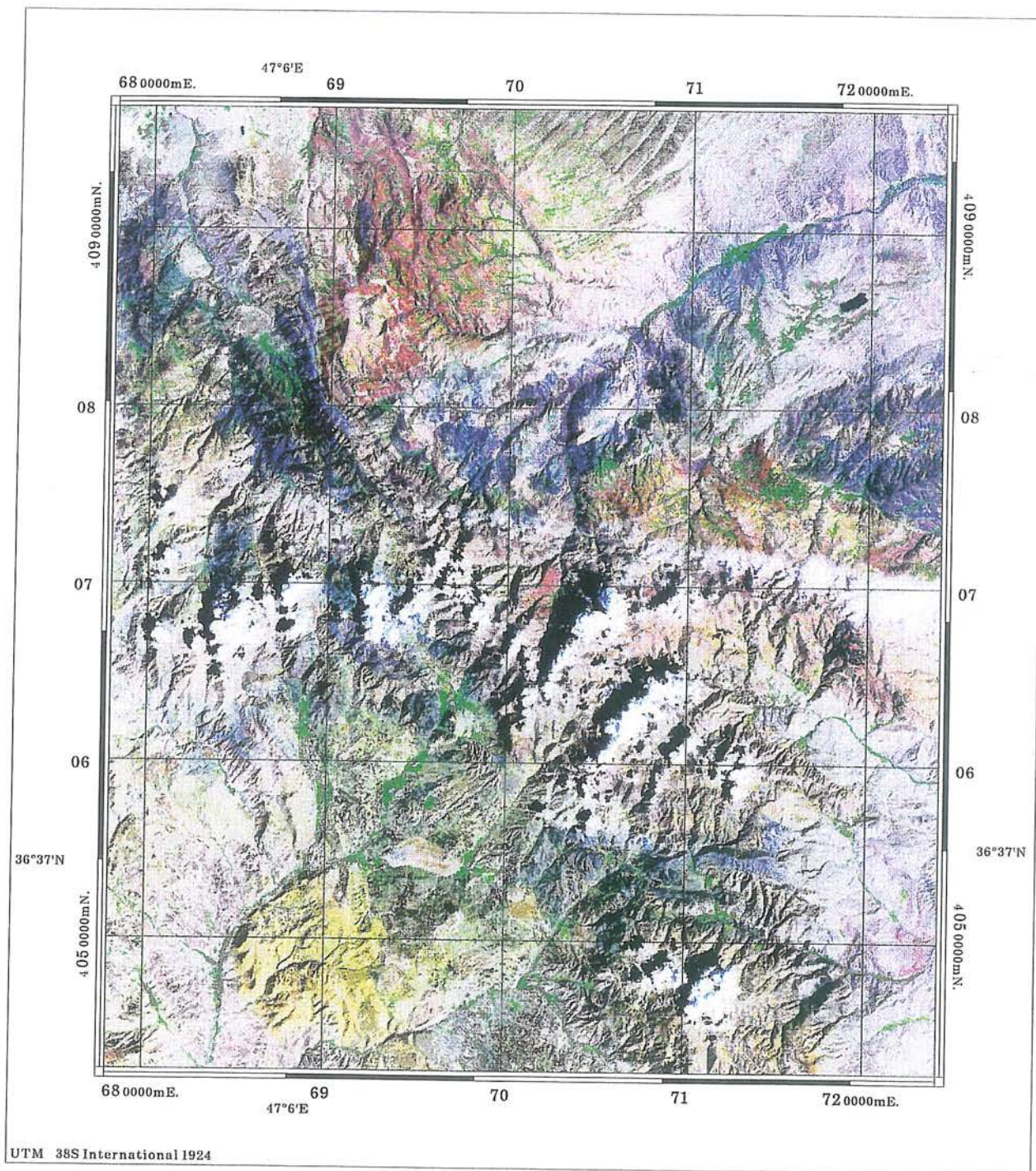
۴-۴- ترکیب رنگ مجازی از تقسیم باندها

تصاویر نسبتی (Ratio) حاصل از تقسیم، ارزش های DN یک باند طیفی بر باند دیگر می باشد. یک مزیت اصلی تصویر نسبتی این است که این تصاویر خصوصیات طیفی یا رنگی پدیده های تصویر را بدون توجه به تغییرات تابش وابسته به توپوگرافی و آلبدوی سطح زمین آشکار می کنند (Rowan & Lathran 1980).

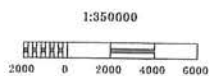
شکل ۱-۴ وضعیتی فرضی را که در آن تابندگی نقطه B صرفاً ۵۰ درصد تابندگی نقطه A

Color Composite Map of Takht-e-Soleyman

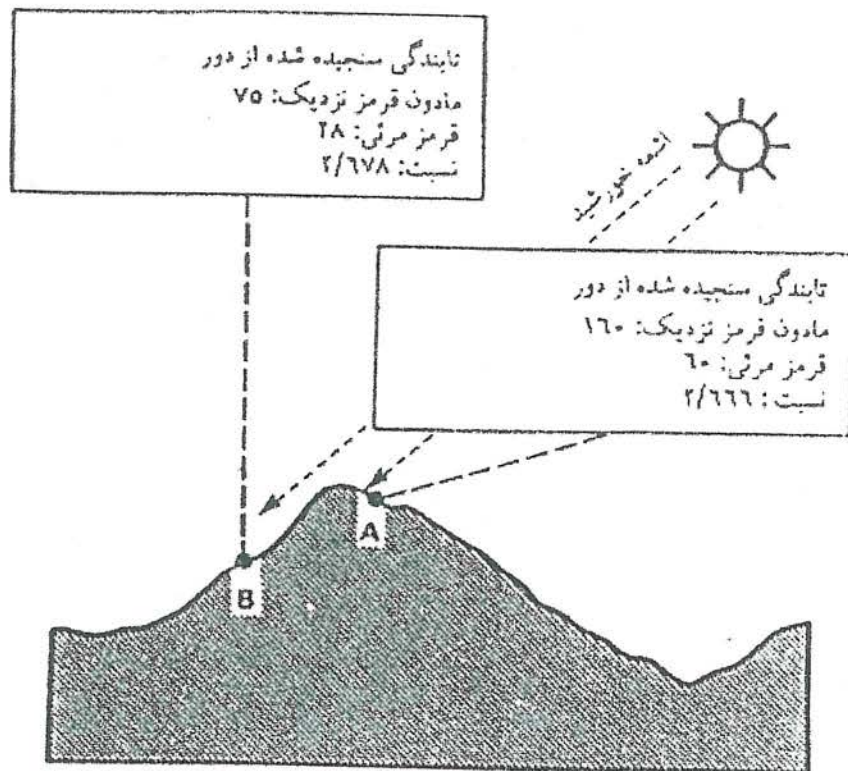
Bands: R= 5, G= 4, B= 1



BY: Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۱۰-۲- تصویر ماهواره‌ای ترکیب رنگ مجازی از داده‌های TM5,4,1



52	53	54	58	62	69	72
51	53	55	61	66	72	73
51	54	58	65	70	75	74
52	58	62	69	73	76	75
54	61	65	72	74	76	76
58	64	67	72	73	76	76
60	65	68	71	72	75	77

Band 5

53	53	53	60	67	79	84
52	54	56	65	73	84	88
51	56	60	72	80	88	89
53	61	68	79	85	90	88
56	66	74	85	88	91	89
61	72	78	87	88	90	90
65	75	81	87	86	89	90

Band 3

7	8	8	8	8	7	7
7	8	8	8	8	7	7
7	8	8	8	7	7	7
8	8	8	7	7	7	7
8	8	8	7	7	7	7
8	8	8	7	7	7	7
8	8	8	7	7	7	7

Ratio Bands 5/3

شکل ۱-۴- وضعیتی فرضی تابندگی B,A که تفاوت منظر دامنه نسبت به

آزیموت خورشید را نشان می‌دهد

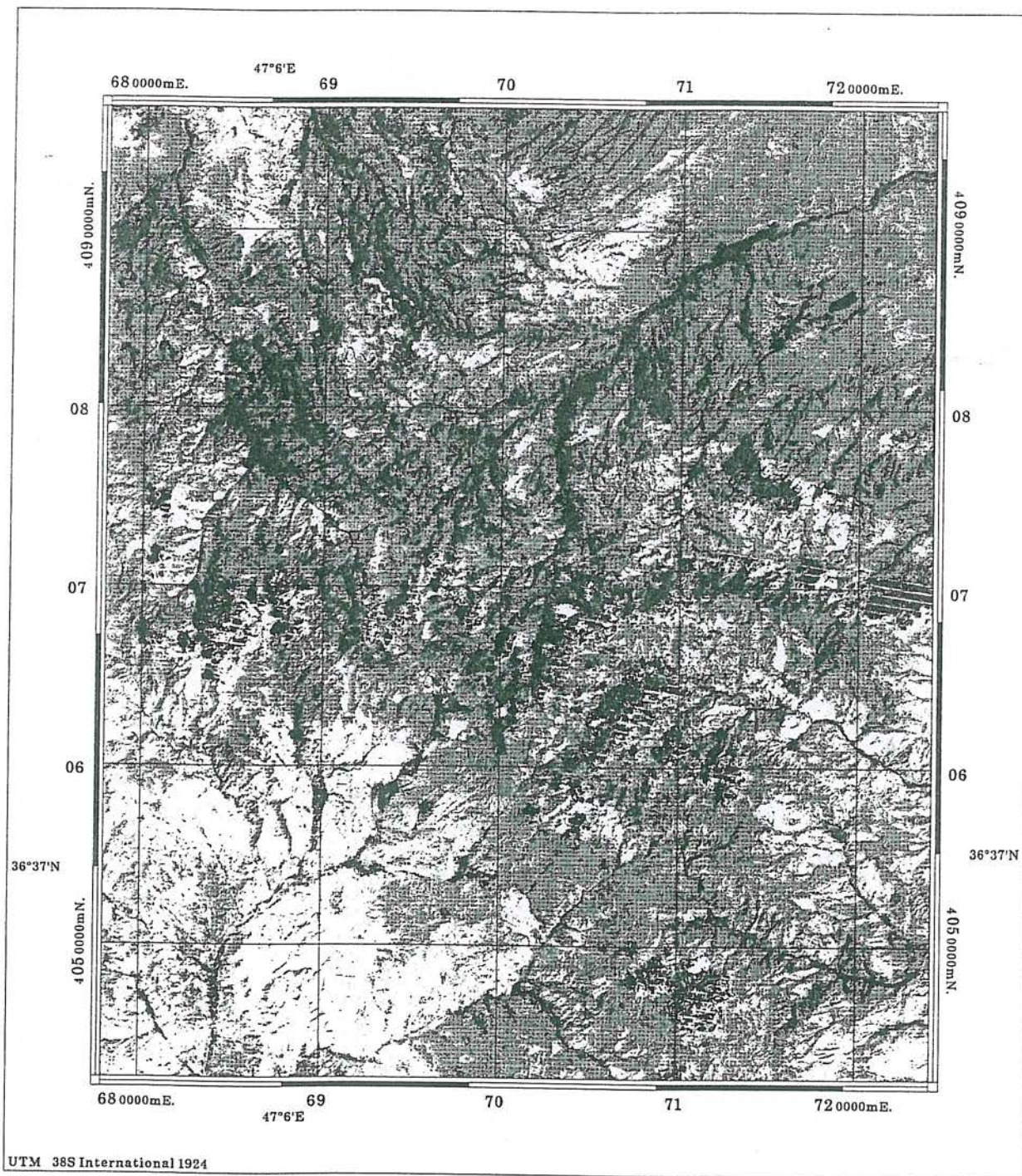
می باشد که بر اثر تفاوت منظر دامنه نسبت به آزیموت خورشید را نشان می دهد. اگر چه دو نقطه A و B بر روی یک نوع پوشش زمین قرار دارند، نتیجه تفریق ارزشهای عددی دو باند در نقطه A، تقریباً دو برابر تفریق ارزشهای عددی دو باند در نقطه B است. حال آنکه نسبت دو باند در دو نقطه A و B تقریباً یکسان است. در این حالت اثر توپوگرافی به نحو مؤثری حذف شده است، البته همیشه چنین حالتی پیش نمی آید (P.M.Mather 1987).

در تصویر نسبتی TM3/TM1 اکسیدهای آهن بیشتر سولفیدهای آن (بطور شاخص) پیریت و کالکوپیریت در ناحیه مطالعاتی روشن تر خواهند بود. بعبارتی دیگر مقدار درجه روشنایی آنها زیاد است اکسیدهای آهن دارای حداکثر انعکاس در باند TM3 و حداقل انعکاس در باند TM1 می باشند. تصویر ماهواره ای شماره ۲-۴ نشان دهنده مناطق دارای اکسیدهای آهن را (احتمالاً زون گوسن) که دارای مقدار DN بالا هستند نشان می دهند. در تجزیه و تحلیل این تصویر باید دقت زیاد کرد زیرا هر سازندی که اکسید آهن دار باشد در تصویر نسبتی TM3/TM1 روشن تر دیده می شود، بنابراین بین مناطق حاوی آنومالی اکسیدهای آهن با سازندهای آهن دار (بیشتر خمیره و سیمان آنها) باید تفکیک قائل شد. در تصویر ۲-۴ بخش زیادی از جنوب باختری نقشه تخت سلیمان بعلت وجود سازند سرخ فوقانی که شامل ماسه سنگ و میکرو - کنگلومراهای قرمز رنگ می باشد دارای مقدار DN بالا در تصاویر نسبتی می باشد چرا که محیط تشکیل سازند سرخ فوقانی محیط اکسیدان در حاشیه دریای نئوژن می باشد. عکس شماره ۱-۴ ماسه سنگ ها و مارنهای سازند سرخ فوقانی که در قاعده آن میکروکنگلو مرا دیده می شود را نشان می دهد.

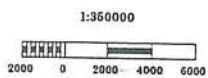
برای تشخیص نواحی دگرسانی بطور مثال دگرسانی سرسیتی (فیلیک) و نیز کانیهای رسی تصویر نسبتی TM5/TM7 مناسب می باشد، زیرا در باند TM5 سنگهای دگرسان با بازتاب شدید و در باند TM7 با بازتاب کم و یا جذب قوی بدلیل وجود کانیهای هیدروکسیل مشخص می گردد، بنابراین جهت TM5/TM7 دارای DN بالایی خواهد بود. در تصویر شماره ۳-۴ تصویر نسبتی TM5/TM7 بصورت تک رنگ دیده می شود که می توان با دقت بسیار مناطق دگرسانی

Color Composite Map of Takht-e-Soleyman

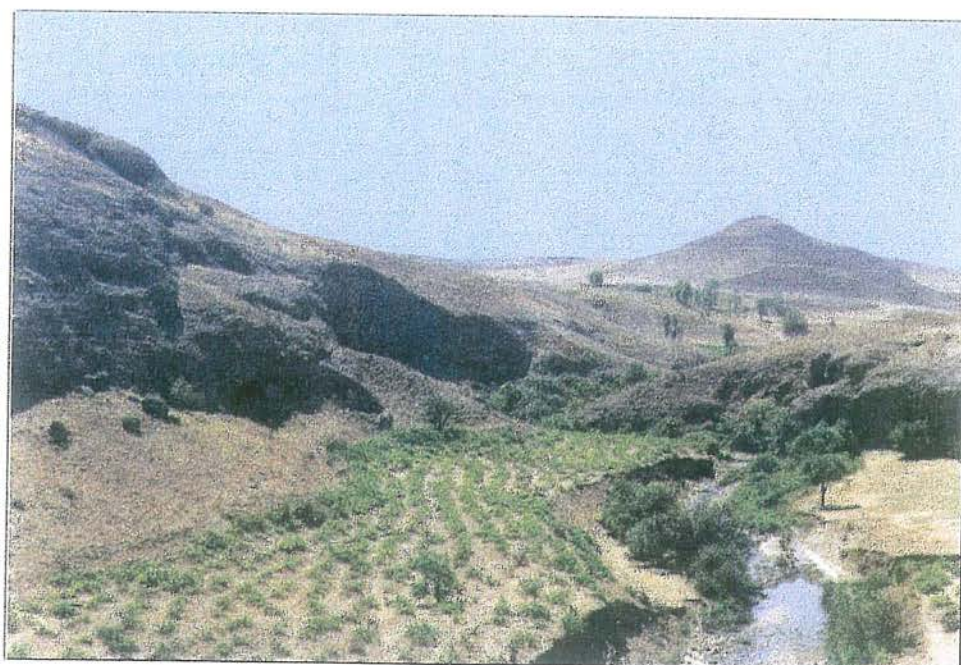
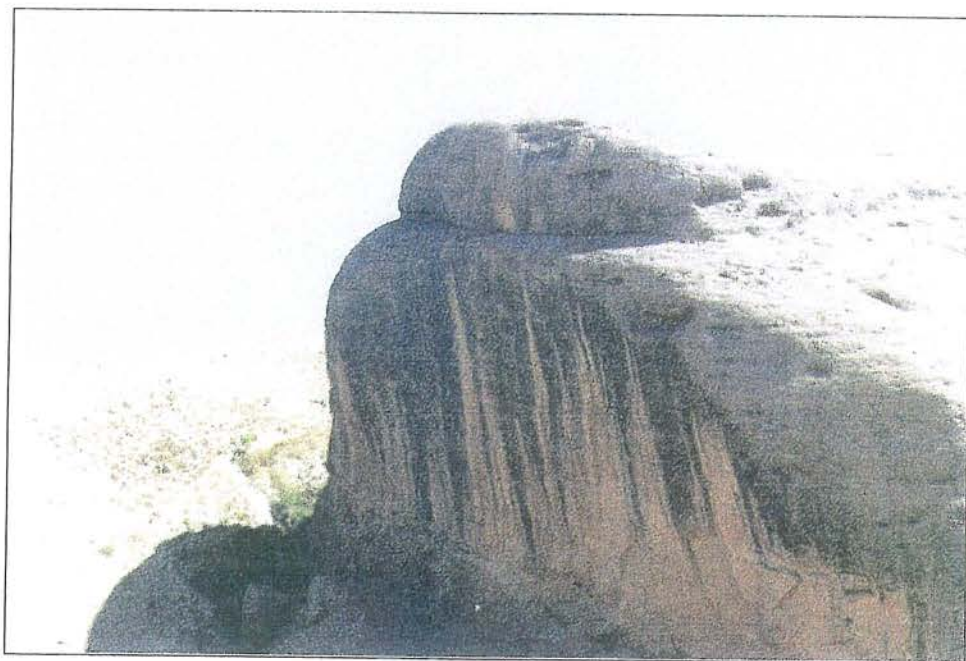
Ratio Bands: Band 3 / Band 1



BY: Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۲-۴- تصویر نسبتی ماهواره‌ای TM3/TM1

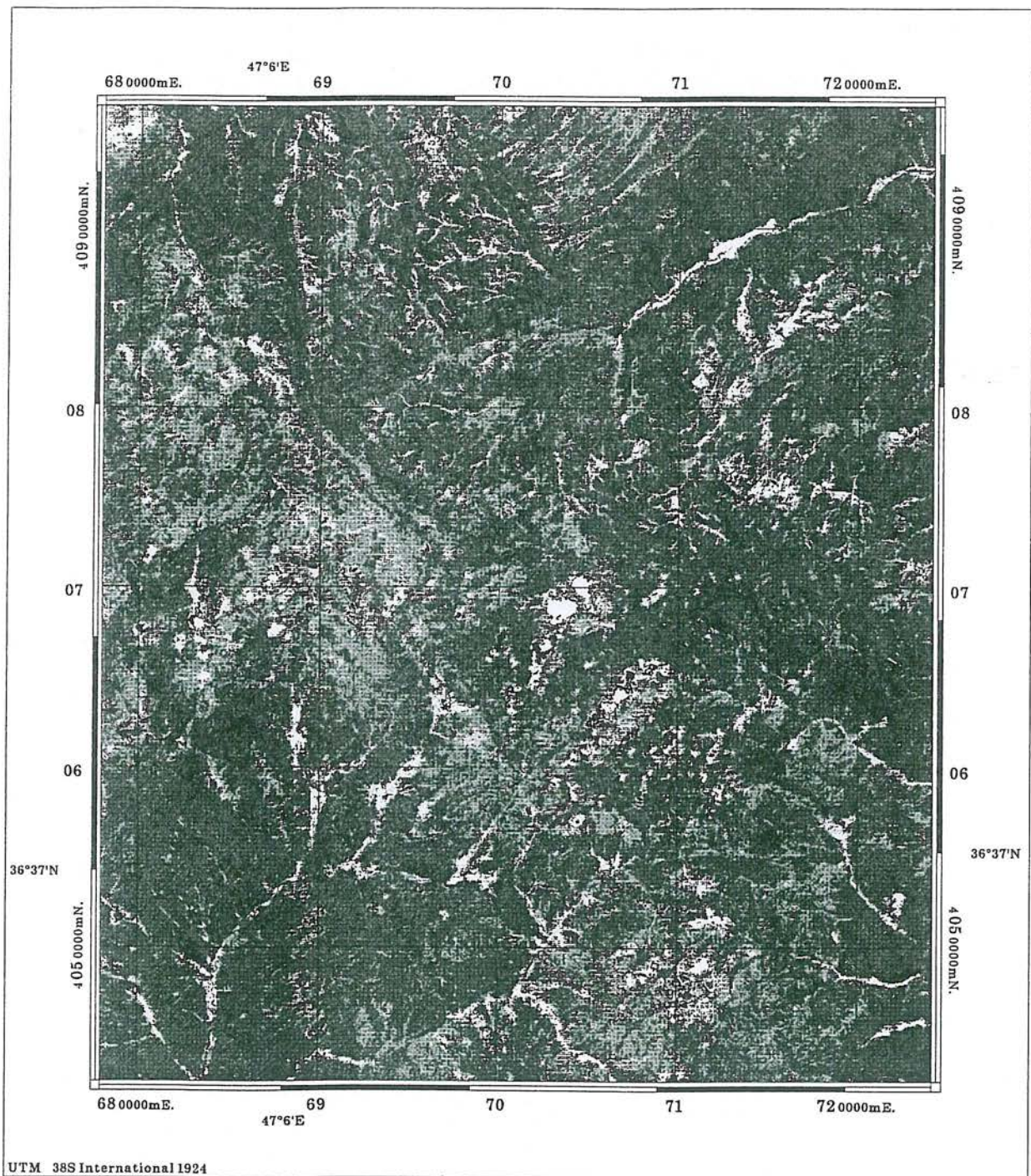


عکس شماره ۱-۴- ماسه‌سنگ و مارن‌های سازند سرخ فوقانی با قاعده میکروکنگلوмера

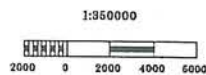
در باختر گوگردچی (دید رو به جنوب)

Color Composite Map of Takht-e-Soleyman

Ratio Bands: Band 5 / Band 7



BY: Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۳-۴- تصویر نسبی TMS/TM7 برای مشخص کردن نواحی دگرسازی

هیدروکسیلی را مشخص نمود. برای اینکه تصویر رنگی مجازی از محدوده‌های دگرسان شده ایجاد گردد، از ترکیب رنگی مجازی $B=TM3/TM1$, $G=TM4/TM2$, $R=TM5/TM7$ استفاده می‌کنیم که در این حالت مناطق دگرسان برنگ بنفش تا صورتی کم رنگ بارز می‌شود. در تصویر شماره ۴-۴ پوشش گیاهی برنگ زرد دیده می‌شود. در تصویر شماره ۴-۵ مناطقی که دارای یونهای هیدروکسیلی می‌باشند با گرافیک ویژه‌ای جدا شده این نواحی بهتر نمایان می‌شود.

در تصویر تفریقی شماره ۴-۶ که از ترکیب رنگی مجازی $B=TM3-TM1$, $G=TM4-TM2$, $R=TM5-TM7$ ایجاد شده است، نواحی دگرسانی نسبت به دیگر مناطق بارزتر دیده می‌شود.

۴-۵- پردازش تصاویر ماهواره‌ای بر اساس آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA)

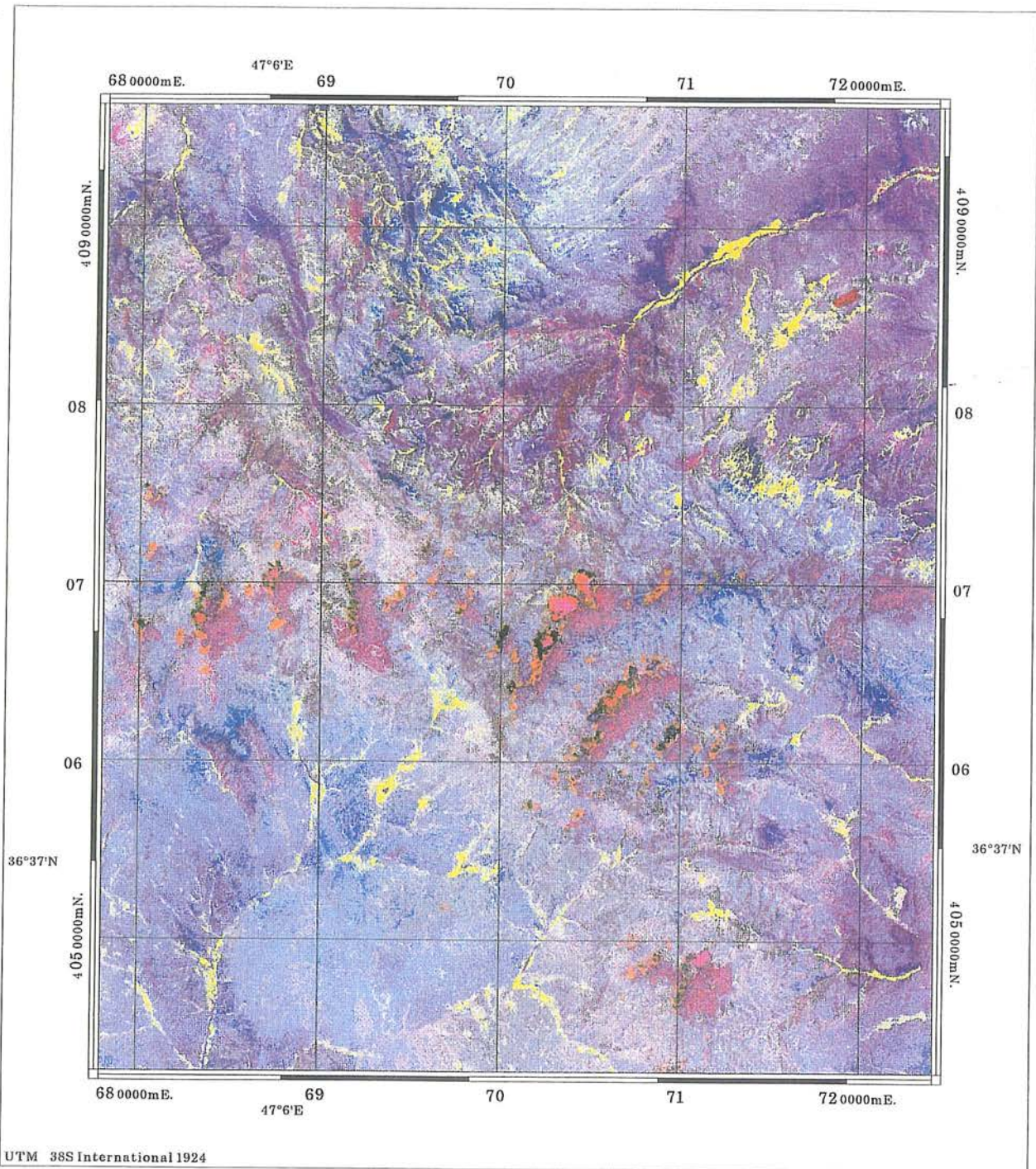
همانطور که در بخش ۳-۴ بیان گردید، مابین باندهای تصاویر TM همبستگی وجود دارد که حکایت از وجود اطلاعات مشترک و یا به عبارت دیگر تکرار اطلاعات است، بنابراین برای کاهش فراوانی و ابعاد داده‌ها تکنیک آنالیز مولفه اصلی PCA مفید می‌باشد (Drury1987.Lillesand&Kiefar1987)

شش باند اصلی داده‌های TM بجز باند TM6 (باند حرارتی) بطور آماری به شش مؤلفه اصلی PCA جدید تبدیل می‌گردد، بطوریکه ضریب همبستگی بین باندها به صفر می‌گراید. این خصوصیات آنالیز مولفه‌های اصلی برای فشرده کردن اطلاعات بسیار مفید است. جدول ۲-۴ طبقه‌بندی آماری مولفه‌ها را بر اساس واریانس و کوواریانس داده‌ها را نشان می‌دهد.

اولین مؤلفه اصلی PC1 دارای مقدار عددی مثبت برای تمام باندها را دارد و نیز با توجه به جدول ۳-۴ در TM1 بیشترین واریانس داده‌ها (9142.44) می‌باشد که توسط بالاترین مقدار ویژه eigen Value (82.63) نشان داده شده است، بنابراین PC1 بیشترین کنتراست و نیز اطلاعات

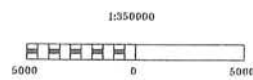
Color Composite Image of Takht_e_Soleyman

Ratio Bands : R=5 / 7 , G=4 / 2 , B=3 / 1 With Linear Enhancement



BY : Remote Sensing Group of G.S.I.

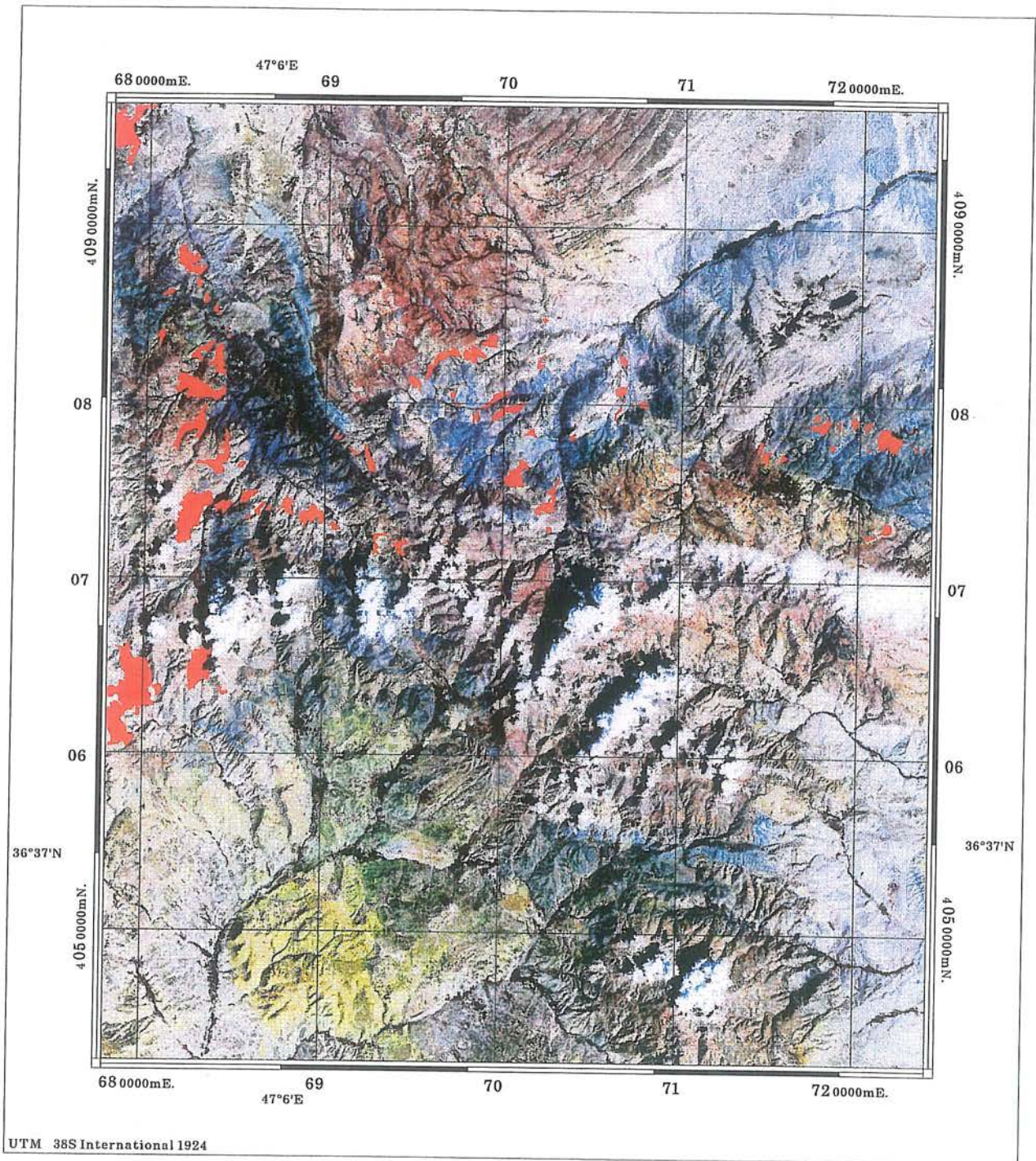
M. Madeni G.



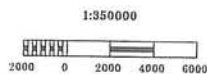
تصویر ۴-۴ ترکیب رنگ مجازی حاصل از تصویر نسبتی TM5/TM7, TM4/TM2, TM3/TM1

Color Composite Map of Takht-e-Soleyman

Bands: R= B5, G= B3, B= B3



BY : Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi

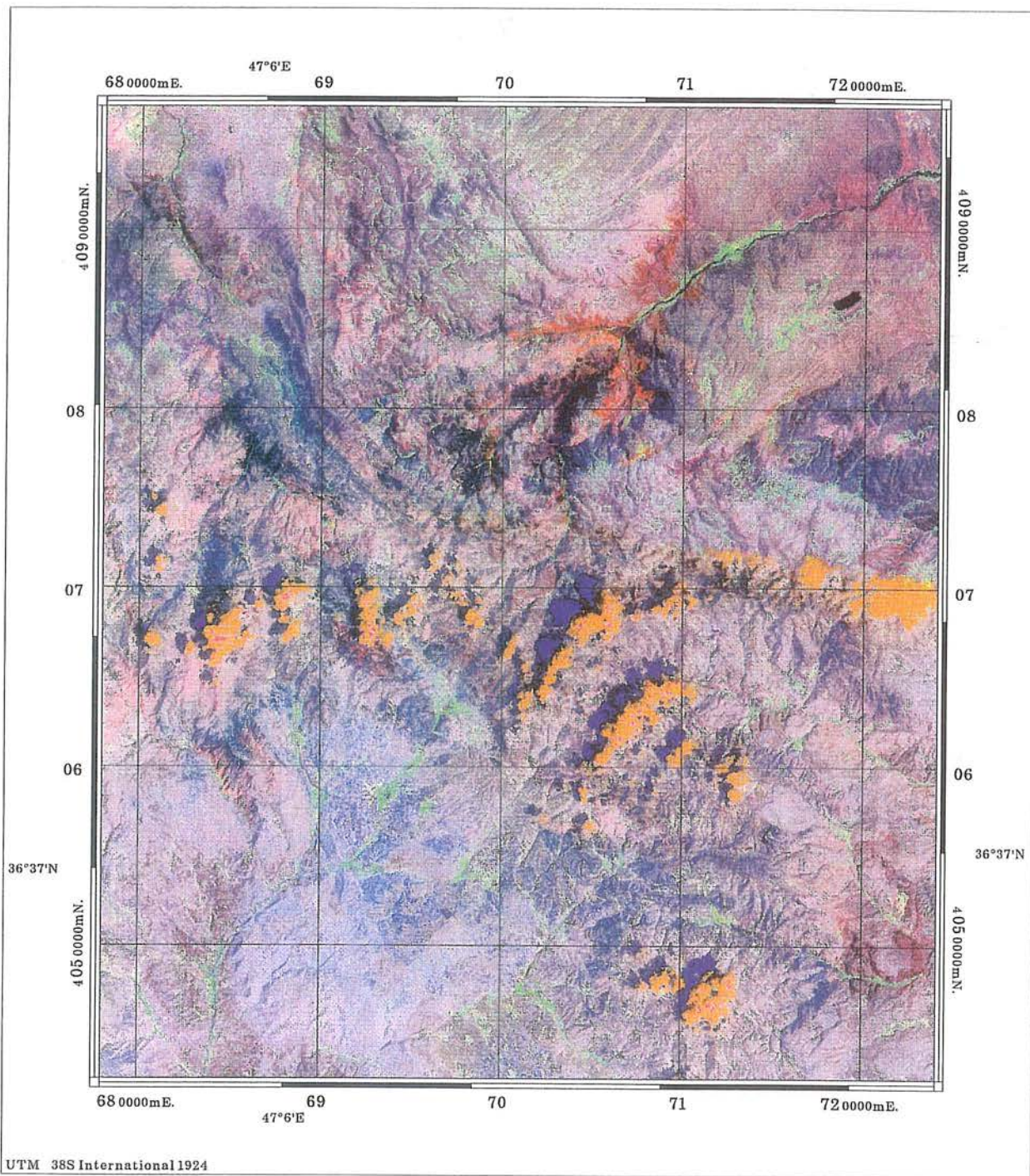


تصویر ۴-۵- نواحی دگرسانی با گرافیک قرمز در تصویر ترکیب مجازی

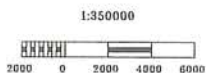
TM5,3,1 نشان داده شده است

Color Composite Image of Takht-e-Soleyman

Difference Bands : R= 5-7 , G= 4-2 , B= 3-1



BY : Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۴-۶- ترکیب رنگ مجازی تصویر تفاضلی حاصل از TM5-TM7, TM4-TM2, TM3-TM1

STATISTICS FOR DATASET: madani/Takht-e-Soleyman
REGION: All

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Non-Null Cells	262144	262144	262144	262144	262144	262144
Area In Hectares	250029.826	250029.826	250029.826	250029.826	250029.826	250029.826
Area In Acres	617837.202	617837.202	617837.202	617837.202	617837.202	617837.202
Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.274	-0.514	-0.244	-0.691	-0.215	-0.278
Band2	0.399	-0.389	-0.255	0.183	0.170	0.750
Band3	0.392	-0.237	-0.232	0.611	0.128	-0.589
Band4	0.384	-0.213	0.874	0.058	-0.198	0.014
Band5	0.479	0.429	0.072	-0.334	0.681	-0.080
Band7	0.485	0.546	-0.227	0.030	-0.637	0.085
Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.274	0.399	0.392	0.384	0.479	0.485
Band2	-0.514	-0.389	-0.237	-0.213	0.429	0.546
Band3	-0.244	-0.255	-0.232	0.874	0.072	-0.227
Band4	-0.691	0.183	0.611	0.058	-0.334	0.030
Band5	-0.215	0.170	0.128	-0.198	0.681	-0.637
Band7	-0.278	0.750	-0.589	0.014	-0.080	0.085
Corr. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.390	-0.628	0.058	0.627	-0.188	0.147
Band2	0.432	-0.325	-0.052	-0.302	0.464	-0.631
Band3	0.436	-0.185	-0.124	-0.638	-0.210	0.555
Band4	0.363	0.306	0.860	-0.029	-0.166	-0.087
Band5	0.417	0.453	-0.174	0.306	0.604	0.365
Band7	0.406	0.409	-0.458	0.117	-0.560	-0.362
Inv. of Corr. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.390	0.432	0.436	0.363	0.417	0.406
Band2	-0.628	-0.325	-0.185	0.306	0.453	0.409
Band3	0.058	-0.052	-0.124	0.860	-0.174	-0.458
Band4	0.627	-0.302	-0.638	-0.029	0.306	0.117
Band5	-0.188	0.464	-0.210	-0.166	0.604	-0.560
Band7	0.147	-0.631	0.555	-0.087	0.365	-0.362

جدول ۲-۴- طبقه‌بندی آماری مؤلفه‌های اصلی بر اساس واریانس و کوواریانس داده‌ها

توپوگرافی را می‌دهد که برای بارزسازی ساختارهای خطی و تفسیر ساختمانی مفید می‌باشد. بررسی مقدار و علامت (مثبت یا منفی) کوواریانس بردار ویژه eigen Vector برای PCA نسبت به باندها با توجه به جدول ۲-۴ می‌توان اطلاعات مفیدی کسب کرد. بنابراین مولفه‌های اصلی ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ PCA می‌تواند بترتیب برای آهن دوظرفیتی Fe^{+2} ، گیاهان، آهن سه ظرفیتی Fe^{+3} رس‌ها و کربنات‌ها و نوفه (noise) سودمند باشند (Bushara 1996).

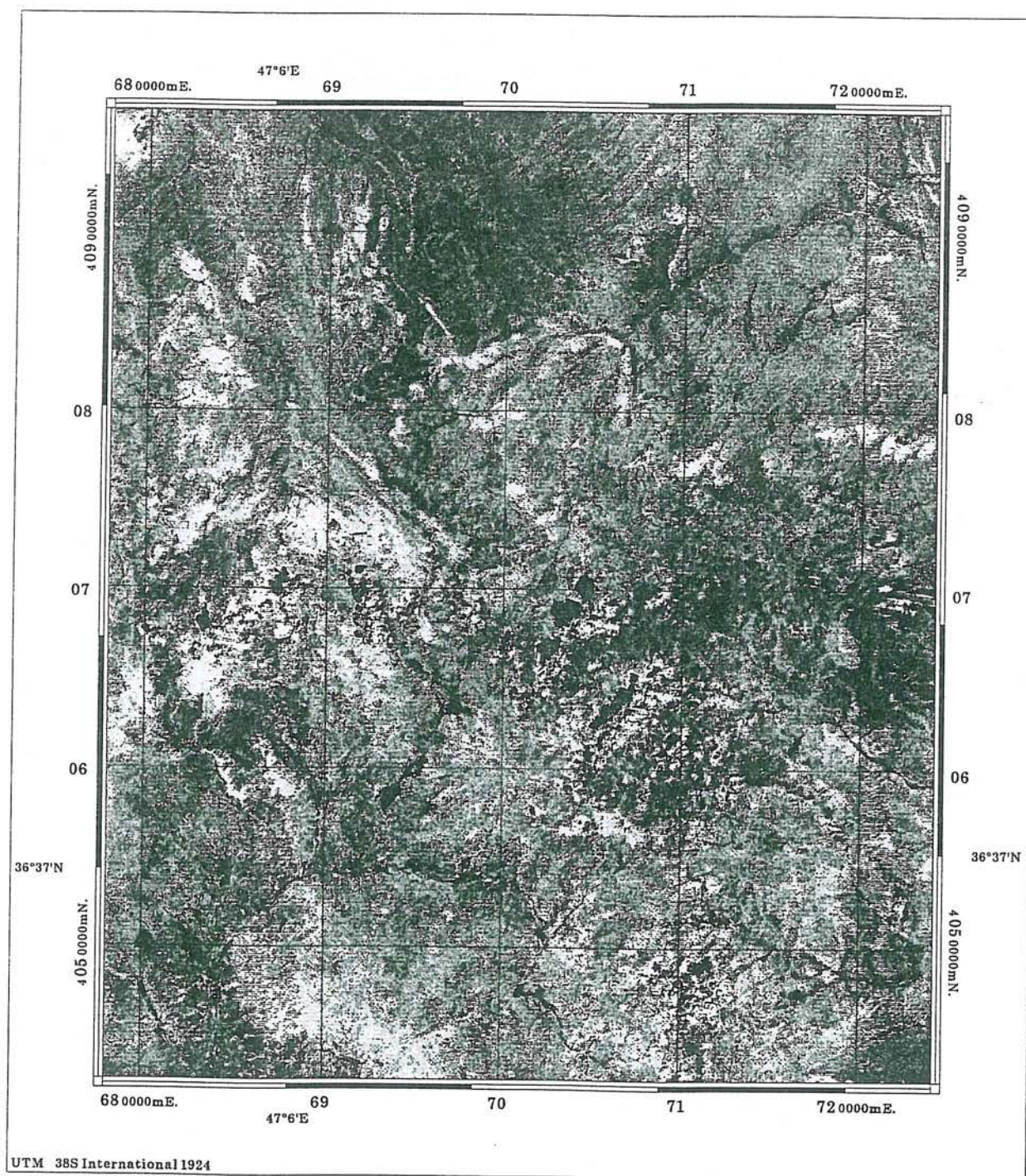
Bands	Eigen Values	Variance (%)	ToTal (%)
B1	9142.44	82.63	82.63
B2	908.512	8.21	90.84
B3	833.438	7.55	98.39
B4	97.933	0.88	99.27
B5	49.254	0.45	99.72
B7	31.092	0.28	100.00

جدول ۳-۴- بیانگر مقادیر واریانس و مقدار ویژه باندهای مختلف TM

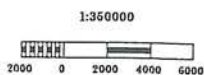
با بررسی بردار ویژه eigen Vector برای PC3 در جدول ۲-۴، حداکثر بازتاب در $TM4(0.874)$ و حداقل آن در $TM2$ با مقدار (-0.255) دیده می‌شود که این مسئله با بازتاب شدید پوشش گیاهی در باند $TM4$ و جذب آن در باند $TM2$ مطابقت می‌کند. کانیهای هیدروکسیل نیز بصورت پیکسل‌های روشن در $PC5$ دیده می‌شود زیرا حداکثر مقدار بردار ویژه در $TM5(0.681)$ و حداقل آن در $TM7(-0.637)$ می‌باشد که از نظر تئوری، هیدروکسل‌ها بازتاب شدید در $TM5$ و بازتاب ضعیف در $TM7$ دارند. اینگونه تحلیل مولفه‌های اصلی در جداسازی کانیهای اکسید آهن و هیدروکسیل بدون ابهام در یک تصویر PCA جداگانه، موفق عمل می‌کند. تصویر شماره ۷-۴ تصویر $PC5$ جهت نشان دادن کانیهای هیدروکسیل در منطقه تخت سلیمان می‌باشد. همانطور که در این تصویر دیده می‌شود، پیکسل‌هایی که دارای DN بالا هستند یعنی روشن‌تر می‌باشند بیانگر نواحی است که حاوی کانیهای هیدروکسیل می‌باشند. اگر تعداد کانالهای ورودی کاهش داده شود، شانس تعیین یک PC مشخص برای کانی خاص افزایش خواهد یافت (Loughlin 1991).

Color Composite Image Map of Takht-e-Soleyman

Principal Component Analysis : Pc5



BY : Remote Sensing Group of G.S.I.
M. Madani Givi



تصویر ۷-۴- تصویر ماهواره‌ای PC5 جهت نشان دادن کانیهای هیدروکسیل

۱-۵-۴- آنالیز مولفه اصلی برای چهار باند نقشه برداری هیدروکسیل

جدول ۴-۴ بیانگر تبدیل مولفه‌های اصلی بر داده‌های خام باندهای TM (۱،۴،۵،۷) منطقه تخت سلیمان می‌باشد. باندهای TM2, TM3 آگاهانه حذف گردیده‌اند تا از نقشه‌برداری اکسیدهای آهن صرف‌نظر گردد و حتی بایستی توجه شود که TM2 و یا TM3 می‌تواند بجای TM1 در این تبدیل جایگزین گردد.

در این محاسبه آماری PC1 نشان‌دهنده شدت روشنایی (albedo) تصویر PC2 بیانگر کنتراست بین (SWIR) و محدوده مرئی، PC3 مشخصه پوشش گیاهی و PC4 نمایانگر کانیهای حاوی هیدروکسیل بصورت پیکسل‌های تیره می‌باشد. این تصویر هیدروکسیل (H) که در تصویر ۸-۴ بصورت آشکارسازی (infrequency) نشان داده شده است، بیانگر تمرکز آنومالیهای H بصورت زونهای روشن‌تر و مشخص می‌باشد. یک خصوصیت مهم این تصاویر (H) اینست که پوشش گیاهی در TM4 مقدار منفی دارند و این نوع تصویر برای شباهت موثر بین کلاسه‌های پوشش گیاهی مشخص (آنهایی که دارای برگ محتوی آب زیاد هستند) و هیدروکسیل در (SWIR) بسیار سودمند هستند.

روش ساده برای نقشه‌برداری هیدروکسیل توسط PCA بروی باندهای TM1,4,5,7 می‌باشد به این صورت که بارهای بردار ویژه (eigen Vector) برای باندهای TM5 و TM7 در هر دو PC3 و PC4 بررسی می‌کنیم تا مشخص شود در کدامیک بار قوی و یا متوسط از هر دو باندها با علامت مخالف دارد و با بکارگیری آشکارسازی (infrequency) پیکسل‌های آنومالی‌ها در تمامی حالات روشن‌تر می‌باشد و تنها آن دسته از تصاویری که PC5 آنها دارای بار TM7 مثبت دارند، چنین حالتی را نشان می‌دهند. این تصاویر هیدروکسیل [H] بنام کروسا خوانده می‌شود

(Loughlin 1991).

Display Dataset Statistics

STATISTICS FOR DATASET : Madami\Takht-e-Soleyman

REGION: All

	Band1	Band4	Band5	Band7
	-----	-----	-----	-----
Non-Null Cells	11176416	11176416	11176416	11176416
Area In Hectares	250399.362	250399.362	250399.362	250399.362
Area In Acres	618750.345	618750.345	618750.345	618750.345
Minimum	0.000	11.000	0.000	0.000
Maximum	255.000	255.000	255.000	166.000
Mean	103.069	86.527	125.930	74.288
Median	100.000	85.000	128.000	76.000
Std. Dev.	24.226	17.092	29.533	19.003
Std. Dev. (n-1)	24.226	17.092	29.533	19.003
Corr. Eigenval.	3.196	0.401	0.377	0.027
Cov. Eigenval.	1746.466	232.087	119.481	14.283

Correlation Matrix	Band1	Band4	Band5	Band7
-----	-----	-----	-----	-----
Band1	1.000	0.625	0.705	0.667
Band4	0.625	1.000	0.768	0.648
Band5	0.705	0.768	1.000	0.958
Band7	0.667	0.648	0.958	1.000
Determinant	0.013			

Corr. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4
-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.465	-0.746	0.476	-0.009
Band4	0.474	-0.232	-0.830	-0.180
Band5	0.540	0.356	0.044	0.761
Band7	0.517	0.513	0.287	-0.623

جدول ۴-۴- محاسبات آماری مؤلفه‌های اصلی بر داده‌های خام باندهای (7,5,4,1) TM

Display Dataset Statistics

STATISTICS FOR DATASET: Madani\Takht-e-Soleyman
REGION: ALL

Inv. of Corr. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4
Band1	0.465	0.474	0.540	0.517
Band4	-0.746	-0.232	0.356	0.513
Band5	0.476	-0.830	0.044	0.287
Band7	-0.009	-0.180	0.761	-0.623

Covariance Matrix	Band1	Band4	Band5	Band7
Band1	586.879	258.841	504.137	306.826
Band4	258.841	292.135	387.786	210.556
Band5	504.137	387.786	872.201	537.390
Band7	306.826	210.556	537.390	361.102
Determinant	691692508.882			

Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4
Band1	0.486	-0.862	-0.146	-0.002
Band4	0.331	0.032	0.911	0.243
Band5	0.688	0.407	-0.107	-0.591
Band7	0.425	0.300	-0.371	0.769

Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4
Band1	0.486	0.331	0.688	0.425
Band4	-0.862	0.032	0.407	0.300
Band5	-0.146	0.911	-0.107	-0.371
Band7	-0.002	0.243	-0.591	0.769

ادامه جدول ۴-۴



تصویر ۸-۴- تصویر هیدروکسیل (H) با آشکارسازی infrequency

۲-۵-۴- آنالیز مولفه‌های اصلی برای چهار باند - نقشه برداری اکسید آهن

جدول ۴-۵ بیانگر تبدیل مولفه‌های اصلی بر داده‌های خام باندهای ۱،۲،۳،۴،۵ TM منطقه تخت سلیمان می‌باشد. حذف باند (SWIR) بطور آگاهانه بود تا از نقشه برداری هیدروکسیل اجتناب شود. در این تبدیل می‌توان TM7 را بجای TM3 جایگزین کرد ولیکن نتیجه آن نسبت به حالت قبل اثر کمتری دارد. در این محاسبه آماری PC1 نشاندهنده شدت روشنایی (albido) تصویر، PC2 بیانگر کنتراست بین (IR) و محدوده مرئی (PC3) مشخصه پوشش گیاهی و PC4 نمایانگر اکسید آهن بصورت پیکسل‌های روشن می‌باشد.

اصول نقشه برداری اکسید آهن مشابه با نقشه برداری هیدروکسیل می‌باشد. به این صورت که بارهای بردار ویژه (eigen Vector) را برای باندهای TM3, TM1 در هر دو PC3 و PC4 بررسی می‌کنیم تا مشخص شود در کدامیک بار قوی و یا متوسط از هر دو باندها با علامت مخالف دارد و با بکارگیری آشکارسازی (infrequency) پیکسل‌های آنومالیهای اکسید آهن در تمام حالات روشن‌تر می‌شود و تنها آن دسته از تصاویری که PC5 آنها دارای بار TM7 مثبت می‌باشد، چنین حالتی را نشان می‌دهند. این تصاویر اکسید آهن [F] بنام تصاویر کروسا خوانده می‌شود (Loughlin 1991).

تصویر ۹-۴ یک تصویر اکسید آهن [F] که به کمک آشکارسازی (infrafrequency) بارز شده است را نشان می‌دهد. همانطور که در تصویر نشان داده شده است پیکسل‌های روشن بیانگر وجود اکسید آهن در منطقه تخت سلیمان می‌باشد.

با جایگزین کردن TM2 به جای TM1 می‌توان هماتیت را نقشه برداری کرد. بخاطر نوفه‌های موجود و سیستماتیک در TM2، اینگونه تصاویر هماتیت دارای نوفه‌ها (noises) زیادی نسبت به هم تصاویر H و هم تصاویر F می‌باشند (Loughlin, 1991).

Display Dataset Statistics				
STATISTICS FOR DATASET: Medani\Takht-e-Soleyman				
REGION: All				
	Band1	Band3	Band4	Band5
	-----	-----	-----	-----
Non-Null Cells	11176416	11176416	11176416	11176416
Area In Hectares	250399.362	250399.362	250399.362	250399.362
Area In Acres	618750.345	618750.345	618750.345	618750.345
Minimum	0.000	0.000	11.000	0.000
Maximum	255.000	255.000	255.000	255.000
Mean	103.069	72.296	86.527	125.930
Median	100.000	71.000	85.000	128.000
Std. Dev.	24.226	19.584	17.092	29.533
Std. Dev. (n-1)	24.226	19.584	17.092	29.533
Corr. Eigenval.	3.279	0.425	0.225	0.071
Cov. Eigenval.	1781.999	220.795	99.509	32.462
Correlation Matrix	Band1	Band3	Band4	Band5
	-----	-----	-----	-----
Band1	1.000	0.884	0.625	0.705
Band3	0.884	1.000	0.710	0.856
Band4	0.625	0.710	1.000	0.768
Band5	0.705	0.856	0.768	1.000
Determinant	0.022			
Corr. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4
	-----	-----	-----	-----
Band1	0.491	-0.603	-0.419	-0.469
Band3	0.528	-0.294	0.168	0.779
Band4	0.471	0.704	-0.529	0.061
Band5	0.509	0.235	0.719	-0.412

جدول ۴-۵- محاسبات آماری مؤلفه‌های اصلی بر داده‌های خام باندهای TM5,4,3,1

Display Dataset Statistics

STATISTICS FOR DATASET: Madani\Takht-e-Soleyman
REGION: All

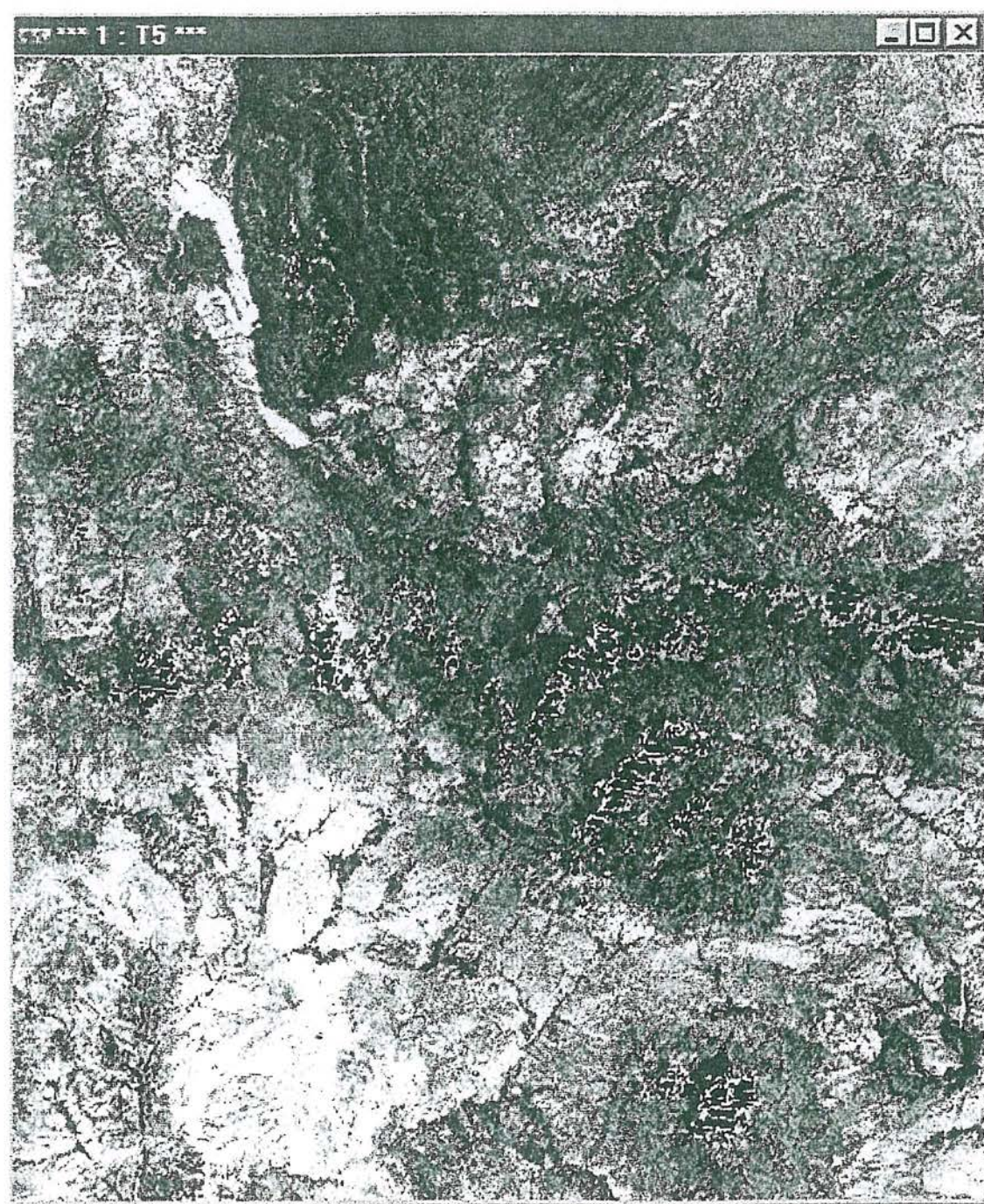
Inv. of Corr. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4
Band1	0.491	0.528	0.471	0.509
Band3	-0.603	-0.294	0.704	0.235
Band4	-0.419	0.168	-0.529	0.719
Band5	-0.469	0.779	0.061	-0.412

Covariance Matrix	Band1	Band3	Band4	Band5
Band1	586.879	419.213	258.841	504.137
Band3	419.213	383.551	237.752	494.984
Band4	258.841	237.752	292.135	387.786
Band5	504.137	494.984	387.786	872.201
Determinant	1270963170.326			

Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4
Band1	0.506	-0.750	-0.052	0.423
Band3	0.442	-0.198	0.140	-0.863
Band4	0.331	0.265	-0.905	-0.038
Band5	0.662	0.573	0.398	0.273

Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4
Band1	0.506	0.442	0.331	0.662
Band3	-0.750	-0.198	0.265	0.573
Band4	-0.052	0.140	-0.905	0.398
Band5	0.423	-0.863	-0.038	0.273

ادامه جدول ۴-۵



تصویر ۹-۴- تصویر اکسید آهن [F] با آشکارسازی infravquency

۴-۶- ترکیبات کروستا و نقشه برداری آلتراسیون

تصاویر تک رنگی هیدروکسیل و اکسید آهن ایجاد شده از آشکارسازی بروی مولفه‌های اصلی چهار باند برای تفسیر تمرکزهای آنومالی بسیار آسان می‌باشد که توسط پیکسل‌های روشن‌تر که دارای DN بالا می‌باشند، نشان می‌دهد. مزیت دیگر تصاویر کروستا اینست که می‌توانند با همدیگر جمع شوند و یک تصویر (H+F) ایجاد کند که تمرکز آنومالی هم هیدروکسیل و هم اکسیدهای آهن را توسط پیکسل‌های روشن‌تر نشان می‌دهند. اگر ترکیب رنگی مجازی (H,H+F,F) را بصورت RGB قرار دهیم در اینصورت در تصویر شماره ۱۰-۴ می‌توان آنومالی‌های موجود را اینگونه تفسیر کرد که پیکسل‌های سفید تا روشن بیانگر هم آلتراسیون آرژیلیکی و هم اکسید آهن است و نیز محدوده قرمز روشن تا نارنجی بیشتر نشاندهنده زون آرژیلیکی و رنگ فیلی روشن تا آبی بر عکس بیشتر حاوی اکسیدهای آهن نسبت به زون آرژیلیکی را نشان می‌دهد.

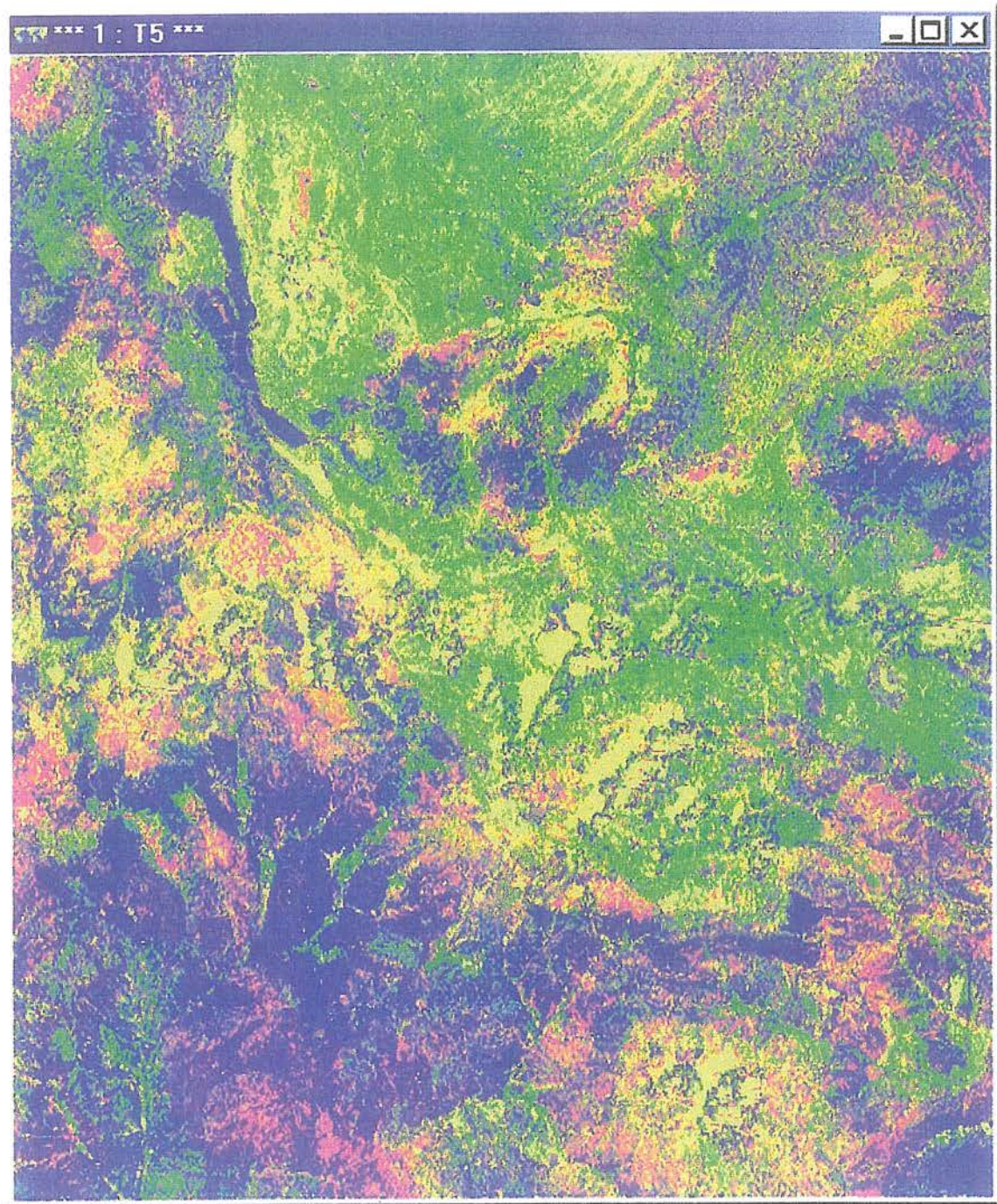
نتیجه‌گیری:

محدوده برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ تخت سلیمان بعثت تاثیر ولکانیسم در دوره پلیوکواترن و قبل از آن از لحاظ معدنی غنی می‌باشد. بنابراین تشخیص محدوده‌های آلتراسیون و ارتباط آن با ساختار زمین ساختی منطقه حائز اهمیت می‌باشد.

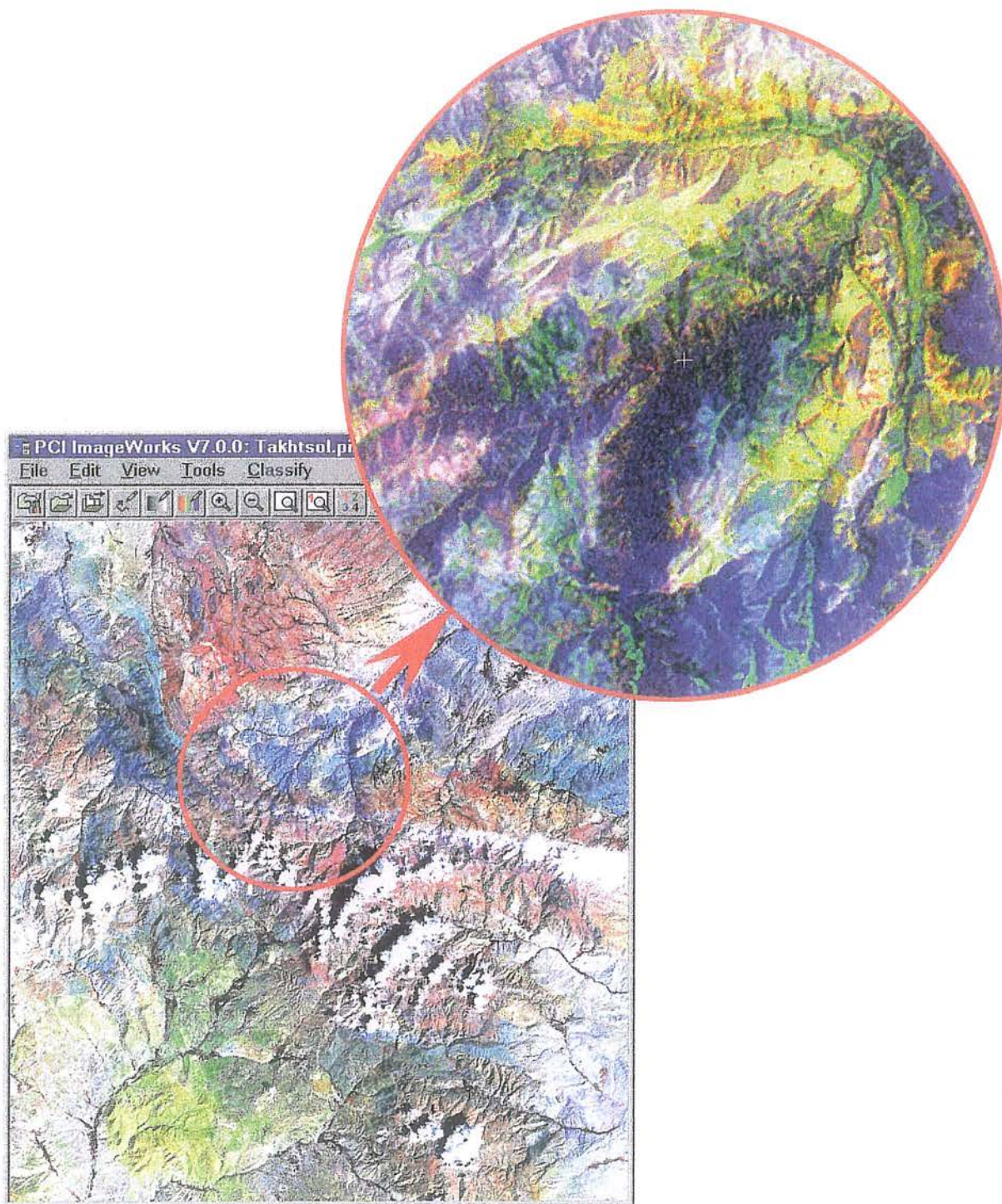
در این برگه بطور اعم آلتراسیون منطقه از ساختارهای حلقوی و گسل‌ها تبعیت می‌کند. در بیشتر جاها محل همبری ساختارهای حلقوی با یکدیگر و یا با گسل‌های موجود بهترین مکان برای تجمع کانسارهای گرمابی می‌باشد.

همانطور که در تصویر ۱۱-۴ دیده می‌شود در بخش باختری برگه ساختار حلقوی بزرگی قابل تشخیص می‌باشد که دگرسانی این محدوده در حاشیه این ساختار و در واحدهای ولکانیکی آندزیتی - تراکی آندزیت قابل تشخیص است و همچنین در محدوده زره‌شوران ساختار حلقوی دیگری دیده می‌شود که محل همبری این ساختار حلقوی با ساختار حلقوی بزرگ خاوری، معدن آق دره قرار می‌گیرد.

با توجه به تصویر ۱۲-۴ هفت محدوده اکتشافی مشخص گردیده است که برای پی‌جوئی بیشتر در اختیار گروه اکتشاف سازمان زمین‌شناسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه بزرگترین مخازن طلای دنیا در زونهای برشی (Shear Zones) قرار دارند شاید بتوان در برگه تخت سلیمان در شمال روستای قراول خانه در واحدهای شیستی کوه اورتایورد که اندیس‌های پیریت و کالکوپیریت بوفور در این واحدهای سنگی قابل تشخیص است، از لحاظ ساختاری با توجه به زون برشی گسلی، گسل تخت سلیمان در شمال محدوده روستای قراول‌خانه را جهت پی‌جوئی طلا تاکید نمود. /ب. ۸



تصویر ۱۰-۴- تصویر ترکیب رنگ مجازی H,H+F,F در محیط RGB



تصویر ۱۱-۴- ساختارهای حلقوی در برگه تخت سلیمان و ارتباط آن با دگرسانی منطقه



تصویر ۱۲-۴- هفت محدوده اکتشافی با توجه به تصویر ترکیب مجازی PC4, PC5, PC6