



بررسی محدودیت‌های تهیه نقشه دمای سطحی بیابان لوت با استفاده از داده‌های باند حرارتی ماهواره لندست

سید کاظم علوی پناه^۱، محمدرضا سراجیان^۲ و چوقی بایرام کمکی^۳

۱، استادیار، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران دانشگاه تهران ۲، استادیار، دانشکده فنی

دانشگاه تهران ۳، کارشناس ارشد رشته مدیریت مناطق بیابانی

تاریخ وصول ۸۱/۳/۲۸

چکیده

با وجود آنکه بیابان لوت و به ویژه یاردانگ‌های مهم سطح زمین و کم نظیر در جهان است ولی به دلیل شرایط بسیار سخت اقلیمی آن، مورد توجه زیاد محققین قرار نگرفته است. در این تحقیق به منظور مطالعه برخی ویژگی‌های حرارتی و محدودیت‌های مطالعه دمای سطحی بیابان لوت، از داده‌های TM ماهواره لندست به تاریخ ۳ تیرماه ۱۳۶۸، مطالعات میدانی، عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و دیگر اطلاعات جنبی استفاده گردید. برای استخراج و بررسی و تفسیر اطلاعات از باندهای TM ماهواره لندست و باند حرارتی برای تبدیل درجات روشنایی (DN) به تابندگی و دمای درخشایی استفاده گردید. در این تحقیق با استفاده از باند حرارتی TM، نقشه‌های دما با ۶ توان شعشعی ۱، ۰/۹۹، ۰/۹۸، ۰/۹۶، ۰/۹۴ و ۰/۹۲ تهیه و با مقایسه نقشه‌های حاصل، حداقل و حداکثر دمای آنها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که با احتساب توان‌های شعشعی ۱ و ۰/۹۲ حداکثر دمای سطح زمین در لحظه عبور ماهواره یعنی حدود ساعت ۹/۳۰ صبح در روز ۳ تیرماه ۱۳۶۸ برای کل منطقه (شامل یاردانگ‌ها و ماسه‌زارها) به ترتیب 67.8°C و 53.54°C و حداقل به ترتیب 35.6°C و 22.1°C می‌باشد و حداقل و حداکثر دمای درخشایی برای منطقه یاردانگ‌ها با احتساب توان شعشعی برابر ۱/۰۰ به ترتیب 39.33°C و 41.2°C است. به منظور تعیین رژیم حرارتی لوت و مطالعه دمای سطح در سایر اوقات روز و سایر روزهای سال بررسی روند تغییرات حرارت منطقه، پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بیابان لوت، یاردانگ، تشعشعات حرارتی، باند ترمال، دما، توان شعشعی

مقدمه

ایران واقع شده و در عرض‌های بین 21° تا 28° شمالی و طول‌های 30° تا 57° تا 55° شرقی قرار گرفته است. بر اساس ضریب خشکی دو مارتن اصلاح شده و داده‌های هواشناسی

بیابان لوت یکی از گرمترین، پست‌ترین و

خشک‌ترین بیابانهای جهان (۱۷) و نمونه مشخصی از بیابانهای جهان می‌باشد. این بیابان در جنوب شرق

روزهای آفتابی و هوای صاف برخوردار است. به همین رو محققین این ناحیه را گرمترین منطقه ایران می دانند.

با وجود اینکه بیابان لوت از پدیده‌های مهم زمینی با ویژگی‌های متمایز و کم نظیر در جهان است ولی به دلیل شرایط بسیار سخت اقلیمی حاکم بر آن، حضور در مناطق میانی لوت بسیار دشوار و خطرناک است و از این رو تعداد محققین و دانشمندانی که به منظور جمع آوری اطلاعات از لوت اقدام کرده‌اند بسیار اندک می باشد. لذا هدف این تحقیق استخراج اطلاعات پایه و شناخت پدیده‌های لوت به ویژه وضعیت حرارتی آن با استفاده از داده‌های ماهواره لندست است تا از این طریق بتوان در کوتاهترین زمان و صرف کمترین هزینه ضمن دستیابی به دمای

ایستگاه شهداد، اقلیم منطقه فراخشک معتدل می باشد (۶). بیابان لوت با ویژگی‌های خاص ژئومورفولوژیکی و متمایز از سایر بیابان‌های ایران، وسعتی حدود ۰۰۰ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است و از سه قسمت شمالی، مرکزی و جنوبی تشکیل شده است. بخش مرکزی و جنوبی آن به دلیل وجود گسل‌هایی از مناطق چین خورده کناری جدا گردیده است. لوت مرکزی وسیع‌ترین قسمت این بیابان است که پست‌ترین نقطه آن از سطح دریا ۱۹۰ متر می باشد (۱). دو پدیده بسیار مهم ژئومورفولوژیکی لوت شامل یاردانگ‌های حاصل از فرسایش بادی و آبی واقع در غرب لوت مرکزی و ماسه‌زارهای شرق و جنوب لوت مرکزی است (تصویر شماره ۱). بیابان لوت به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و اقلیمی خود از میزان بالایی از تابش ماهیانه خورشید و



تصویر ۱- موقعیت لوت و مشخصات طبیعی آن

تغییرات دما کندتر و در اعماق زیاد، یکنواخت و ثابت می‌باشد. تغییرات زمانی دمای سطح خاک بصورت سینوسی است و با انرژی خورشید که به سطح زمین می‌رسد هم فاز می‌باشد. تغییرات دمای هوا در ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک نیز نوسانات مشابهی با تغییرات دمای سطح خاک، به ویژه در هنگام غروب و شب دارد.

تهیه نقشه‌های حرارتی (ترموگرافی) از رشته‌های سنجش از دور محسوب می‌شود و هدف آن اندازه‌گیری درجه حرارت تشعشعی از سطح پدیده‌های زمینی می‌باشد. امروزه از داده‌های حرارتی ماهواره‌ها در تعیین محل گسل‌ها، تهیه نقشه خاک و رطوبت، مطالعه تبخیر گیاهان، آتش‌سوزی، ماهیگیری، تشخیص معادن شن و سنگریزه و لغزش زمین استفاده می‌شود (۱۵، ۲۵، ۲۶). شناخت برخی پدیده‌ها با کمک داده‌های حرارتی ماهواره‌ها بر این اصل استوار است که پدیده‌های سطحی مختلف به یک میزان نور خورشید را دریافت می‌کنند، اما میزان جذب و تشعشع گرمایی آنها متفاوت است. میزان تشعشع گرمایی با فاکتوری بنام توان تشعشعی (ε)^۲ مشخص می‌شود که مقدار آن می‌تواند از صفر تا یک تغییر کند. ε یک ماده واقعی در مقایسه با جسم

منطقه لوت بتوان زمینه مطالعات بعدی و جامع‌تر را فراهم ساخت. در این تحقیق سعی شده است که ویژگی‌های باندهای مختلف TM بالاخص باند حرارتی آن را در مورد بیابان لوت مورد بررسی قرار داده و موانع و محدودیت‌های این مطالعه را برای تحقیقات بعدی کاهش داد.

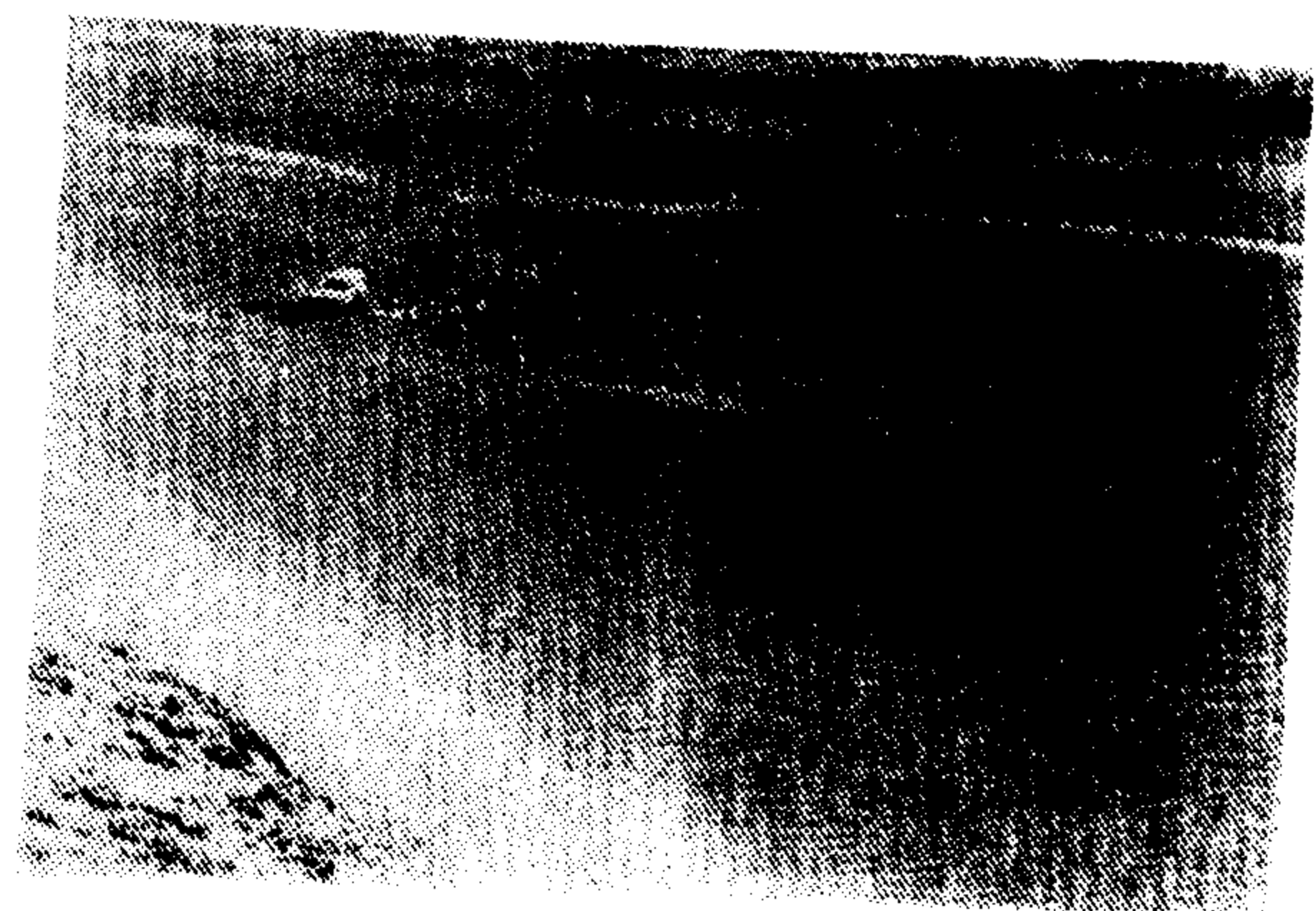
۹۵٪ از کل انرژی وارده به کره زمین به صورت تشعشعات خورشیدی^۱ است و تقریباً نیمی از این مقدار مستقیماً به حرارت تبدیل می‌شود، ۲۳٪ آن صرف پدیده‌های تبخیر و نزولات و تنها ۰/۲٪ (۵/۶×۱۰^{۱۴} Watt per year) صرف فتوسنتز گیاهان می‌شود. میزان حرارت و سرعت گرمایشی عامل مهمی در کسب اطلاعات از نوع و شرایط اشیاء می‌باشد. حرارت به عنوان یک کمیت مهم ترمودینامیکی می‌تواند برای شناسایی ماده و انتقال حرارت استفاده شود (۲۱). نورمان و همکاران (۱۹۹۵) معتقدند که حرارت آن چنان عامل مهمی در درک سیستم‌های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی در زمین و فضا است که با اطمینان می‌توان گفت که بایستی در هر مطالعه مرتبط با علوم زمین لحاظ گردد.

نوسانات دمای سطح خاک با نوسانات انرژی خورشید هم‌آهنگ می‌باشد و در اعماق پائین‌تر،

کرده و مرکز کم فشاری به وجود می‌آورد که منجر به طوفان‌هایی می‌شود که علاوه بر مشکلات، باعث پیدایش و تشدید عارضه‌های مهم فرسایش نیز می‌گردد.

حداکثر درجه حرارت سطح بیابان‌هایی مانند کالیفرنیا 70°C ، تاکسون آریزونا 72°C گزارش شده است. بر اساس مطالعات به عمل آمده بر روی دامنه و تغییرات روزانه دمای بیابانها، دامنه‌ای متجاوز از 40°C و حداکثر دمای میانگین اندازه‌گیری شده 80°C گزارش شده است (۴، ۱۶). بر اساس اطلاعات نگارندگان این مقاله، اطلاعات دقیقی از حداکثر دمای سطح مرکز لوت در دست نمی‌باشد و اصولاً اغلب اطلاعات منتشره توسط محققین پیرامون دمای لوت بر اساس اندازه‌گیری‌های بسیار محدود در حاشیه لوت می‌باشد. که بسیاری دیگر از اطلاعات منتشره پیرامون درجه حرارت مرکز لوت نیز مبتنی بر تخمین می‌باشد. به عنوان مثال، میزان حرارت هوا در نوزدهم ماه ژوئن (۲۹ خرداد) را در مرکز لوت (پست‌ترین نقطه) 57°C تخمین زده‌اند (۸، ۹، ۱۰) که این تخمین بر این اساس است که مرکز لوت در پست‌ترین نقطه، گرمترین درجه حرارت را داشته است به طوری‌که هر چه از مرکز به سمت حاشیه برویم درجه حرارت کاهش می‌یابد تا جائیکه در ارتفاعات، حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد

سیاه، بسته به نوع ماده تشکیل دهنده پدیده‌های متفاوت، و در طول موجهای مختلف ناحیه مادون قرمز حرارتی با یکدیگر تفاوت می‌کند. به همین دلیل ممکن است پدیده‌های مختلف را با وجود دمای یکسان در این ناحیه تشخیص داد (۲۶).



نصیر ۲- بازدید از منطقه یاردانگ‌ها
واقع در شرق شهاد

ویژگی‌های اقلیمی و حرارتی

به دلیل عدم وجود ایستگاه‌های هواشناسی در اعماق لوت، اطلاعات کافی از وضعیت آب و هوای حرارتی آن در دست نیست. دمای زیاد بیابان لوت، دامنه زیاد تغییرات، بارندگی ناچیز و تبخیر شدید از مهمترین ویژگی‌های لوت می‌باشد. به دلیل برخوردار بودن مرکز لوت از تابش خورشید، سطح لخت و بدون پوشش گیاهی، به شدت گرم شده و هوای مجاور را نیز گرم نموده و به طرف بالا صعود

خنک‌تر از مرکز لوت است (۸، ۹، ۱۰). نظر به اینکه مرکز لوت به عنوان یکی از گرمترین مناطق کشور به شمار می‌رود، در این تحقیق سعی می‌گردد که از تصاویر ماهواره‌ای برای تخمین دمای سطحی استفاده شود. اصولاً مناطق خشک و بیابانی شرایط ایده‌آلی برای مطالعات مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای تلقی می‌گردند. به ویژه آنکه مطالعات انجام شده در لوت نشان داده است که نواحی وسیعی از لوت مرکزی فاقد حیات گیاهی است. بنابراین تصور می‌شود که عدم تداخل عواملی همچون پوشش گیاهی و ماده آلی در بازتابهای طیفی و حرارت تشعشعی موجب سهولت و دقت بیشتر در تخمین درجه حرارت سطحی با استفاده از داده‌های باندهای حرارتی TM گردد.

مواد و روشها

با توجه به مشکلات و محدودیت‌های بازدید از بیابان لوت و به ویژه بریدگی‌های صعب‌العبور یاردانگ‌ها، در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای استفاده گردید. قابل توجه است که قبل از هر گونه تفسیر و پردازش، ابتدا اطلاعات پیرامون ویژگیهای اقلیمی و حرارتی بیابان لوت جمع‌آوری و محدودیتهای تخمین و محاسبه حرارت سطح یاردانگ‌های لوت مورد بررسی قرار گرفت. برای شناخت پدیده‌های لوت به ویژه یاردانگ‌ها،

بازدیدهایی از منطقه به عمل آمد. به منظور مطالعه ویژگی‌های بیابان لوت و به ویژه دمای سطح آن، از داده‌های هفت باندهای TM ماهواره لندست به تاریخ سوم تیرماه ۱۳۶۸ (داده‌های موجود در مرکز سنجش از دور ایران)، نقشه‌های توپوگرافی (با مقیاس ۱:۵۰/۰۰۰)، عکس‌های هوایی (با مقیاس ۱:۲۰/۰۰۰ و ۱:۵۰/۰۰۰) و دیگر اطلاعات موجود از منطقه و نرم‌افزارهای Arcview، ER-Mapper، ILWIS و IDRISI استفاده گردید.

برای شناخت پدیده‌های منطقه از تفسیر تصاویر رنگی کاذب (FCC)^۱، و برای استخراج کمیت فیزیکی دما از روش تبدیل DN^۲ های باندهای حرارتی به درجه حرارت استفاده گردید. برای تفسیر وضعیت حرارتی ابتدا محدودیت‌های تخمین دمای سطحی منطقه یاردانگ‌های بیابان لوت با استفاده از DN های باندهای حرارتی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. برای تهیه نقشه حرارتی با توجه به جنس مواد متشکله یاردانگ‌ها فرض گردید که دامنه تغییرات توان تشعشعی (ε) آنها بین ۰/۹۲ تا ۰/۹۹ در نوسان باشد. در تصاویر سنجنده‌های TM این امکان وجود دارد که با استفاده از اطلاعات طیفی حاصله از تابش انرژی، دمای سطح زمین برآورد شود. البته

1. False Color Composite

2. Digitan Number

مرحله دوم: تبدیل تابندگی (R_r) به دمای درخشایی (T_B)
اصولاً برای تبدیل تابندگی به دمای درخشایی (T_B) از قانون تابش پلانک برای یک جسم سیاه استفاده می‌شود: (۱۲)

$$T_B = \frac{C_2}{\lambda \ln(C_1/R_r^5 + 1)} \quad (2)$$

$$3/741151 \times 10^{-16} \text{ Wm}^2 = C_1$$

$$0/0143879 \text{ mK} = C_2$$

$$\lambda = \text{طول موج (بر حسب متر)}$$

$$R_r = \text{تابندگی طیفی (بر حسب } \frac{\text{W}}{\text{m}^3 \text{sr}} \text{)}$$

$$T_B = \text{دمای درخشایی بر حسب کلونین (K)}$$

مرحله سوم: تبدیل دمای درخشایی (T_B) به دمای واقعی جسم (T_K)

طبق قانون استفان - بولتزمن انرژی تابشی یک جسم سیاه با توان چهارم دمای مطلق ($^{\circ}\text{K}$) یک جسم رابطه مستقیم دارد. از آنجا که اجسام واقعی روی سطح زمین جسم سیاه نیستند جهت بیان قابلیت انتشار انرژی، از یک ضریب به نام توان تشعشعی^۴ استفاده می‌شود که با نماد ϵ نمایش داده می‌شود. رابطه:

$$E_b = \epsilon T_B^4 \quad (3)$$

$$\delta = \text{ثابت استفان بولتزمن برابر}$$

دمایی که توسط سنجنده‌ها اندازه‌گیری می‌شود دمای واقعی جسم نیست در اصطلاح به آن دمای درخشایی^۱ می‌گویند که با نماد (T_B) نمایش داده می‌شود. عموماً برای برآورد دمای واقعی جسم (T_K)^۲ از داده‌های ماهواره‌ای مراحل زیر انجام می‌شود (۷، ۱۳):

مرحله اول: مرحله تبدیل تابندگی ثبت شده در سنجنده به تابندگی (R_r)

در سنجنده نقشه بردار موضوعی (TM)^۳

می‌توان میزان تابندگی (R_r) (بر حسب $\frac{\text{mW}}{\text{cm}^2 \cdot \text{Sr}}$) را با رابطه زیر محاسبه نمود (۳).

$$R_r = V \left[\frac{R_{\max} - R_{\min}}{D_{\max}} \right] + R_{\min}$$

$$R_{\max} = \text{حداکثر تابندگی ثبت شده}$$

$$R_{\min} = \text{حداقل تابندگی ثبت شده}$$

$$D_{\max} = \text{حداکثر مقدار عددی پیکسل (برابر با}$$

(۲۵۵

$$V = \text{مقدار عددی پیکسل (۰ تا ۲۵۵)}$$

تابندگی‌های R_{\max} و R_{\min} به دست آمده برای باند حرارتی ($TM6$) به ترتیب ۰/۳۵۵۹۵ و ۰/۰۰۳۷۵- می‌باشد (۳). این تابندگی‌ها در ماهواره اندازه‌گیری می‌شوند و شامل تاثیرات جوی نیز هستند.

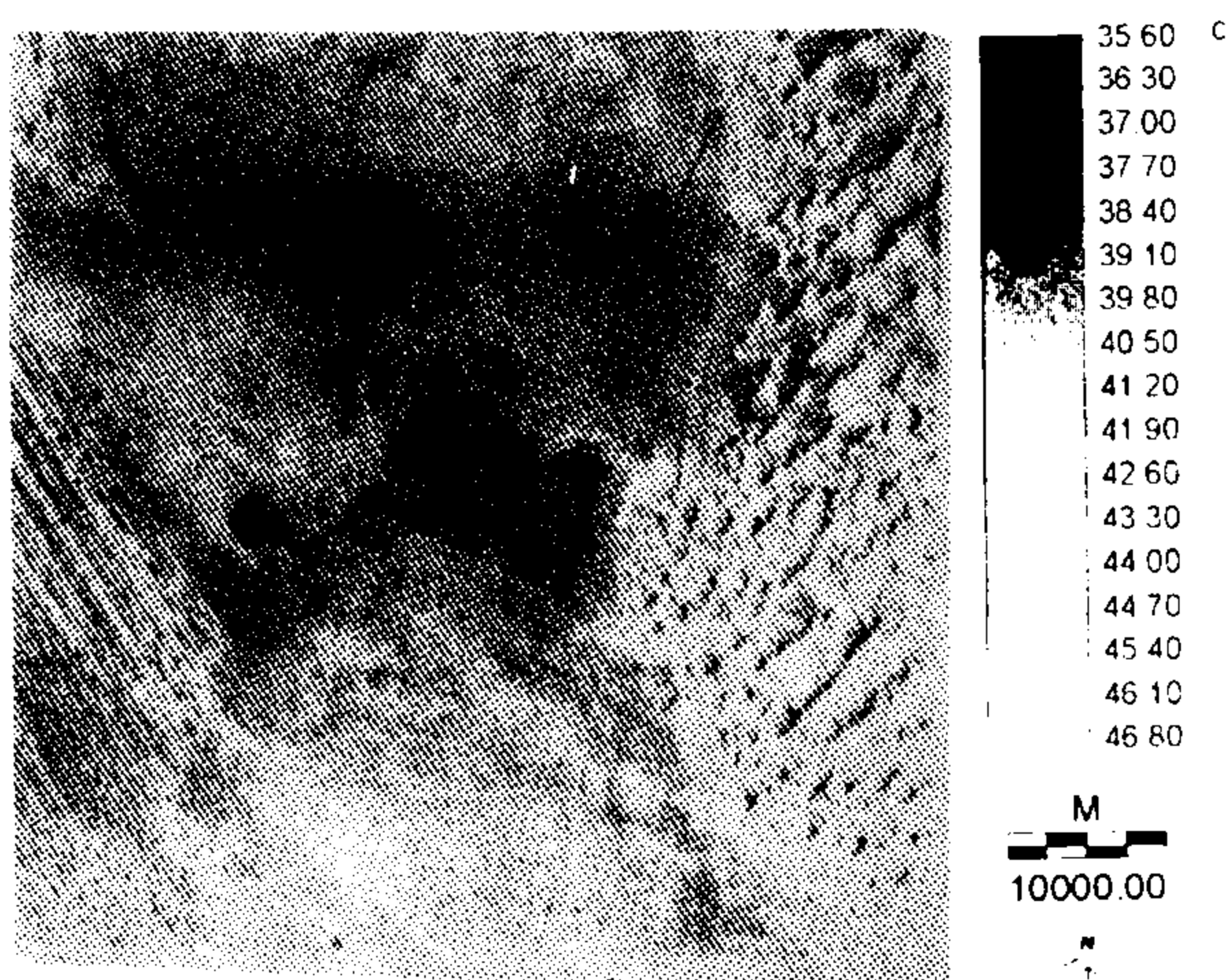
1. Brightness Temperature

2. Kinetic Temperature

3. Thematic Mapper

4. Emissivity

در تصویر شماره ۳ با احتساب توان تشعشعی یک برای کل تصویر دمای درخشایی منطقه محاسبه شده است.



تصویر ۳- برآورد گرمای تابشی با احتساب توان تشعشعی یک

با استفاده از نرم افزار Arcview مقادیر T_B به دست آمده برای توان تشعشعی برابر یک برای ۶ کلاس دمایی (بر اساس پدیده‌های موجود در منطقه شامل: یاردانگ، اراضی شور، اراضی مرطوب، سنگفرش بیابانی، تپه‌های ماسه‌ای فعال و غیر فعال) طبقه‌بندی تک باندی انجام گرفت. سپس بر اساس رابطه (۸) دمای واقعی T_k برای توان‌های تشعشعی ۱، ۰/۹۸، ۰/۹۶، ۰/۹۴ و ۰/۹۲ محاسبه شد. جدول شماره ۱ مقادیر T_B را با احتساب توان تشعشعی مختلف نشان می‌دهد. در تصویر شماره ۴ نقشه دمای سطحی برای بیشترین توان تشعشعی (۱) و کمترین توان تشعشعی مورد مطالعه (۰/۹۲) نمایش داده شده است.

$$\frac{mW}{mK^4} 5/7697 \times 10^{-8}$$

T_B = درجه حرارت بر حسب کلوین ($^{\circ}K$)

$$E_b = \text{میزان تابندگی}^1 \text{ جسم سیاه} \frac{mW}{m^2}$$

بنا به فرض رابطه فوق برای اجسام طبیعی

روی زمین به صورت زیر در می‌آید:

$$E_a = \epsilon \delta T_k^4$$

$$E_a = \text{میزان تابندگی جسم مورد نظر} \frac{mW}{m^2}$$

ϵ = توان تشعشعی (بدون واحد)

برای تبدیل دمای درخشایی (T_B) به دمای

واقعی، یک جسم سیاه و یک جسم واقعی را در نظر

می‌گیریم که دمای جنبشی (T_k) آنها با یکدیگر

متفاوت ولی میزان تابندگی آنها با هم برابر است.

$$E_b = E_a \quad (5)$$

$$\delta T_B^4 = \epsilon \delta T_k^4 \quad (6) \text{ بنابراین}$$

$$T_B = \epsilon^{1/4} T_k \quad (7) \text{ و}$$

برای محاسبه دمای واقعی T_k از رابطه زیر

استفاده می‌شود:

$$T_k = \frac{\sqrt[4]{\epsilon^3}}{\epsilon} (T_B) \quad (8) \text{ و}$$

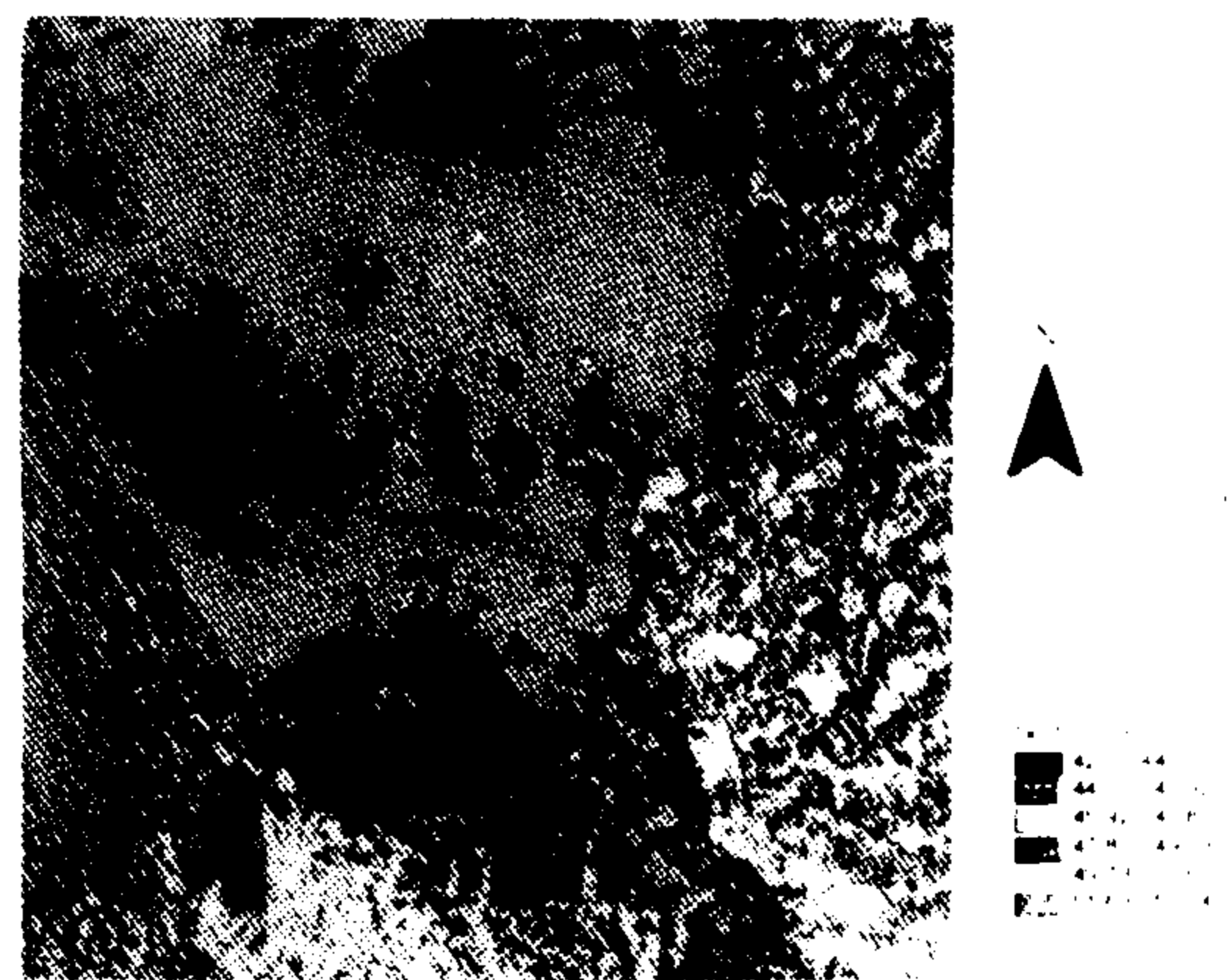
در تحقیق مورد نظر با استفاده از نرم افزار

IDRISI ارزش رقومی باند ۶ (باند حرارتی) لندست

۴، دمای درخشایی (T_B) سطوح زمین محاسبه شد.

جدول ۱- برآورد دمای واقعی بر حسب کلوین (°k) و سلسیوس با (°C) احتساب توان‌های تشعشی مختلف

توان تشعشی	کلاس ۱ (یاردانگ)		کلاس ۲ (شور)		کلاس ۳ (مرطوب)		کلاس ۴ (بیابان)		کلاس ۵ (تپه‌های شنی فعال)		کلاس ۶ (تپه‌های شنی غیرفعال)	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
۱/۰۰	۳۵/۶	۳۷/۴۲	۳۷/۴۷	۳۹/۳۲	۳۹/۳۲	۴۲/۲	۴۲/۲	۴۳/۰۷	۴۳/۰۷	۴۴/۹۳	۴۴/۹۳	۴۶/۸
۰/۹۹	۳۶/۳۸	۳۸/۲۵	۳۸/۲۵	۴۰/۱۲	۴۰/۱۲	۴۱/۹۹	۴۱/۹۹	۴۳/۸۶	۴۳/۸۶	۴۵/۷۳	۴۵/۷۳	۴۷/۶
۰/۹۸	۳۷/۱۶	۳۹/۰۴	۳۹/۰۴	۴۰/۹۲	۴۰/۹۲	۴۲/۷۹	۴۲/۷۹	۴۴/۶۷	۴۴/۶۷	۴۶/۵۴	۴۶/۵۴	۴۸/۴۲
۰/۹۶	۳۸/۷۷	۴۰/۶۵	۴۰/۶۵	۴۲/۵۴	۴۲/۵۴	۴۴/۴۲	۴۴/۴۲	۴۶/۳۱	۴۶/۳۱	۴۸/۲	۴۸/۲	۵۰/۰۸
۰/۹۴	۴۰/۴۱	۴۲/۳۱	۴۲/۳۱	۴۴/۲	۴۴/۲	۴۶/۱	۴۶/۱	۴۸	۴۸	۴۹/۸۹	۴۹/۸۹	۵۱/۷۹
۰/۹۲	۴۲/۱	۴۴/۰۱	۴۴/۰۱	۴۵/۹۳	۴۵/۹۳	۴۷/۲	۴۷/۲	۴۹/۷۳	۴۹/۷۳	۵۱/۶۳	۵۱/۶۳	۵۲/۵۴



تصویر ۴- طبقه‌بندی تک بانندی برای کل منطقه با احتساب توان تشعشی برابر ۱ و ۰/۹۲

نتایج و بحث

تخمین حرارت سطحی و محدودیت‌های آن

مناسب‌ترین ویژگی‌های حرارتی در محدوده

طول موج‌های ۸-۱۴ میکرومتر تشخیص داده شده

است (۲۶). محدودیت‌های تخمین حرارت سطحی

به شرح زیر خلاصه می‌شود و اطلاع از آن در مطالعه

دقیق می‌تواند مفید باشد:

۱- باندهای حرارتی TM از قدرت تفکیک زمینی

کمتری نسبت به باندهای انعکاسی برخوردار

است و با توجه به اینکه پدیده‌های خطی و

درجه حرارت نقاط متعدد و پراکنده از پدیده‌های زمینی و در دست داشتن توان تشعشعی مربوط به مواد مختلف منطقه است، تعیین درجه حرارت واقعی در گرمای طاقت‌فرسای بیابان لوت، مخصوصاً در زمان گذر ماهواره یعنی در ساعت حدود ۹/۳۰ به وقت محلی، میسر نگردد.

۳- متغیرهای متعددی بر رابطه بین گرمای تابشی^۱ و تغییرات شار سطح^۲ موثر می‌باشد. تعدادی از آنها شامل تشعشعات خورشیدی^۳، سرعت باد، درجه حرارت هوا، رطوبت، خواص انعکاسی^۴، توان تشعشعی خاک، زبری و صافی سطح، رطوبت قابل استفاده، شرایط اتمسفری، زاویه دید ماهواره و زاویه تابش خورشید می‌باشد. با توجه به این ملاحظات در می‌یابیم که بی دلیل نیست که پیشرفت‌های سنجش از دور حرارتی به اندازه پیشرفت‌های سنجش از دور انعکاسی نبوده است (۲۵).

۴- وجود ذرات ریز گرد و غبار هوا در مناطق خشک و بیابانی اثر زیادی روی اکوسیستم دارند.

شیاری یاردانگ‌ها از وضعیت ناهمگن از لحاظ شیاریها و پشته‌ها و وجود سایه در زمان عبور ماهواره برخوردارند، بنابراین مشکلاتی در زمینه انطباق جزء به جزء تصاویر انعکاسی و تصاویر حرارتی وجود دارد. گرچه ابعاد یاردانگ‌ها به طور دقیق مشخص نمی‌باشد. بر اساس تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای (۱:۱۰۰/۰۰۰) و بازدید نگارنده و گروه متخصصین همراه، یاردانگ‌ها از وضعیت هندسی غیر یکنواختی برخوردارند، بدین نحو که به طور متناوب پشته‌ها و شیاریها با فواصل تقریباً غیر یکسان تکرار می‌شوند گرچه پشته‌ها از لحاظ مواد تشکیل دهنده و خصوصیات سطحی و عرض و ارتفاع شباهت زیادی به هم دارند.

۲- برای تعیین درجه حرارت واقعی زمین از طریق داده‌های TM لازم است تا رابطه‌ای بین DN‌های باند حرارتی و درجه حرارت مطلق زمین تعیین گردیده و با استفاده از این روابط بین نقاط اندازه‌گیری شده زمین و DN‌های مربوط به آنها امکان بالا بردن دقت این روابط میسر گردیده و با تبدیل سایر DN‌ها به درجه حرارت واقعی، از طریق محاسبات کامپیوتری، میسر می‌شود (۷، ۱۳، ۱۴، ۱۵). اما به دلیل اینکه محاسبه دقیق حرارت مستلزم داده‌های بهنگام و اندازه‌گیریهای

1 . Thermal radiance

2 . Flux of the surface

3 . Solar radiance

4 . Albedo

کرن (۱۹۶۵) مقادیر ϵ از ۰/۷ و ۰/۹۹۳ را به ترتیب برای کوارتز و آب به دست آورده‌اند. سالیسبری و آریا (۱۹۹۲) ϵ را برای مواد مختلف طبیعی در نظر گرفتند و دریافتند که با افزایش رطوبت سطح خاک از ۰/۷ به ۰/۸۴ ϵ نیز از ۰/۸۸ به ۰/۹۴ افزایش می‌یابد. در محدوده ۱۰-۱۲ میکرومتر بیشتر خاکها، ϵ بین ۰/۹۴ تا ۰/۹۸ دارند (جدول شماره ۲). بکر (۱۹۸۷) دریافت اگر ϵ سطحی ۰/۹۵ در باند چهار AVHRR و ۰/۹۸۵ در باند ۵ باشد، خطاهای تصحیحات تا 3°C تغییر می‌کند. کورنیفیدو ساسکینال (۱۹۷۷)، 1°C خطا در درجه حرارت را برای اثر در تعیین درجه حرارت سطحی موثر است، پیش‌بینی کردند. ولی بسیاری مطالعات نشان داده است که این مقدار بیشتر است. نورمان و همکاران (۱۹۹۵) اظهار می‌دارند که ضریب عدم اطمینان در تصحیحات اتمسفری هندسی حدود 1°C است. لازم به ذکر است که توان تشعشی تابعی از طول موج و دما است. با توجه به این نتایج در می‌یابیم که هنوز ضرایب مشخص و قابل اطمینانی برای ϵ پدیده‌های مختلف وجود ندارد. این عامل به عنوان یک عامل محدود کننده در کاربری داده‌های گرمایی سنجش از دور مطرح است.

بنابراین بسیاری از تحقیقات که با پدیده گرد و غبار به طور مستقیم یا غیر مستقیم مرتبط هستند، با مشکلاتی روبرو می‌شوند (۱۸). رفتار فیزیکی گرد و غبار در روز و شب و اوقات مختلف روز می‌تواند تفاوت کند. به عبارت دیگر غلظت گرد و خاک خود تابعی از ثبات جوی می‌باشد و در بیشتر مناطق خشک، جو زمین در طول روز قدری ناپایدارتر و در شب پایدارتر است. ناپایداری جو در روزهای تابستان بیشتر از زمستان است. ولی در شب و در زمستان پایدارتر است (۲۳). ضمناً هنگامی که میانگین سرعت باد به ۶-۷ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد اثر ثبات حرارتی کم اهمیت‌تر می‌شود (۲۴).

۵- مواد واقعی در طبیعت، در درجه حرارت مساوی با جسم سیاه، فقط بخشی از انرژی که از جسم سیاه منتشر می‌گردد را از خود ساطع می‌کنند. بنابراین ϵ پدیده‌ها در لوت در مقایسه با جسم سیاه، بسته به ماده تشکیل دهنده آن پدیده متفاوت می‌باشد. به همین دلیل هم امکان تشخیص پدیده‌ها و مواد مختلف با داشتن حرارت یکسان در ناحیه ۸-۱۴ میکرومتر وجود دارد. توان تشعشی (ϵ) پدیده‌های سطحی در محدوده ۸-۱۴ میکرومتر بستگی به باند طیفی داشته و بیشتر برای خاک متغیر است. بوتنر و

تشعشعات کمتر گردیده و هر چه بازتاب خاک کمتر باشد خاک گرمتر می‌شود. آزمایش انجام شده در مناطق کویری این موضوع را تأیید می‌کند که اگر سطح خاک با لایه‌ای از کربنات منیزیم به رنگ سفید و ضخامت ۰/۵ میلی‌متر پوشانیده شود بازتاب خاک را از ۰/۳۱ به ۰/۶۴ افزایش می‌دهد (۲). بنابراین در منطقه‌ای که ماسه‌ها با رنگ‌های تیره و روشن دیده می‌شوند علاوه بر جنس آنها رنگ آنها نیز مؤثر است.

نقشه‌های حرارتی

از داده‌های باندهای حرارتی TM به تاریخ سوم تیرماه ۱۳۶۸ که حداقل DN آن ۱۸۹ و حداکثر ۲۵۵ می‌باشد با توان تشعشعی برابر با ۱ برای تولید نقشه حرارتی استفاده شد. نقشه‌های حرارتی حاصل از توان تشعشعی مذکور در تصویر شماره (۳) نشان داده شده است. مناطق با رنگ روشن، گرمتر و مناطق با رنگ تیره، سردتر می‌باشد.

تصویر شماره (۴)، طبقه‌بندی نقشه‌های حرارتی به دست آمده از داده‌های حرارتی TM را با احتساب توان تشعشعی برابر با ۱، ۰/۹۹، ۰/۹۸، ۰/۹۶، ۰/۹۴ و ۰/۹۲ نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱ نشان می‌دهد که اختلاف درجه حرارت کمترین ۸ با بیشترین ۴ برای حداکثر

جدول ۲- توان تشعشعی اجسام مختلف در محدوده طول موج ۱۰-۱۲ میکرومتر در دمای ۲۰ °C

توان تشعشعی	نام جسم
۰/۸۱۵	گرافیت
۰/۹۰۹	ماسه سنگ سیلیکا - صیقلی
۰/۹۱۲	ماسه کوارتز - درشت دانه
۰/۹۲۹	دولومیت صاف
۰/۹۵۸	دولومیت ناصاف
۰/۹۹۳	آب زلال
۰/۹۵	خاک لوم مرطوب
۰/۹۲	خاک لوم خشک
۰/۹	خاک ماسه‌ای
۰/۸۹	خاک آلی

۶- وجود طوفانهای شدید و باد از عوامل مهمی است که در تخمین درجه حرارت سطحی لوت بایستی در نظر گرفته شود. شروع طوفانها در لوت هنگامی است که اختلاف درجه حرارت و فشار محلی بین نقاط پست و مرتفع به حداکثر برسد. در بیابان لوت این شرایط اندکی پس از طلوع خورشید به وقوع می‌پیوندد و تا کمی قبل از غروب آفتاب ادامه دارد (۱۱).

۷- رنگ ماسه‌های بین یاردانگ بیابان لوت که به دو رنگ غالب تیره و روشن دیده می‌شود می‌تواند عامل مهمی در بازتاب گرمای تشعشعی باشد. صولاً هر چه رنگ خاک تیره‌تر باشد، بازتاب

همانگونه که نتیجه نشان می‌دهد در سوم تیرماه حداکثر درجه حرارت با توان تشعشعی برابر با ۰/۹۲، $53/54^{\circ}\text{C}$ است که بیانگر گرم بودن سطح منطقه در لحظه عبور ماهواره (یعنی حدود ساعت ۹/۳۰) از منطقه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق در می‌یابیم که علی‌رغم مشکلات متعددی که برای محاسبه دقیق دمای سطحی از طریق سنجش از دور وجود دارد ولی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌توان اطلاعات مفیدی از پدیده‌های سطحی به دست آورد. از میان باندهای TM ماهواره لندست باند حرارتی کاربرد مناسبی در تشخیص پدیده‌های مرتبط با میزان رطوبت سطح دارد. بر اساس نتایج حاصله نیز در می‌یابیم برای محاسبه دقیق دمای سطحی وجود توان تشعشعی هر پدیده لازم است. به هر حال با فرض نمودن یک محدوده از تغییرات برای توان‌های تشعشعی می‌توان به محدوده‌ای از تخمین دمای سطحی دست یافت و بر اساس آن و مقایسه نقشه‌های حرارتی نسبی ممکن است بتوان روند تغییرات حرارت شبانه روزی، ماهانه و سالانه را مورد بررسی قرار داد که در این صورت لازم است از داده‌های ماهواره‌ای دیگری نظیر NOAA استفاده کرد.

درجه حرارت برابر با $6/2^{\circ}\text{C}$ و برای حداقل درجه حرارت برابر با $6/74^{\circ}\text{C}$ است. تصویر شماره ۴ طبقه‌بندی تک باندهای با فرض توان تشعشعی مختلف را نمایش می‌دهد که در آن تعداد ۶ کلاس دمایی دیده می‌شود. در نقشه مزبور منطقه تپه‌های ماسه‌ای بالاترین درجه حرارت را دارند به طوری‌که منطقه تپه‌های ماسه‌ای بزرگ بالاترین کلاس درجه (کلاس ۶) حرارتی را تشکیل می‌دهند. این عامل مربوط است به ذراتی که احتمالاً دارای رنگ تیره می‌باشد. تپه‌های ماسه‌ای فعال و زیبارها کلاس حرارتی پائین‌تر (کلاس ۵) را تشکیل می‌دهند.

منطقه یاردانگ‌ها، اراضی شور و منطقه دشت لوت یک کلاس دمایی (کلاس ۴) را تشکیل می‌دهند و دمای آنها از تپه‌های ماسه‌ای کمتر می‌باشد. منطقه سنگفرش بیابانی که شامل سنگریزه‌ها و کلوخ سنگهاست کلاس دمایی ۳ را تشکیل می‌دهد. مناطق مرطوب از نظر دمایی کلاس دمایی پائین را تشکیل می‌دهند که با افزایش رطوبت میزان دمای سطحی کاهش می‌یابد و علت آن مربوط به تبخیر و تعرق و زه آب در حوضه‌های انتهایی مسیلهاست. با فرض توان تشعشعی برابر یک مرطوبترین کلاس رطوبتی (کلاس ۱) دارای دامنه $35/6^{\circ}\text{C}$ و $37/47^{\circ}\text{C}$ می‌باشد ولی اراضی شور با رطوبت کمتر (کلاس ۲) دارای دامنه کلاس $37/42^{\circ}\text{C}$ و $39/33^{\circ}\text{C}$ می‌باشند.

سپاسگزاری

پرسنل محترم مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران تشکرمی‌گردد. از مرکز سنجش از دور نیز به دلیل در اختیار قرار دادن داده‌های ماهواره‌ای کمال تشکر و قدردانی را دارد.

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران که با حمایت مالی شرایط اعتلای این تحقیق را فراهم ساخت کمال تشکر را داشته و از همکاری

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. احمدی، ح. ۱۳۷۷. ژئومرفولوژی کاربردی، جلد ۲، بیابان - فرسایش، انتشارات دانشگاه تهران
۲. بای بوردی، م. ۱۳۷۲. فیزیک خاک، انتشارات دانشگاه تهران.
۳. جاهدی، ف. و ش. فرخی. ۱۳۷۵. مبادی سنجش از دور. (ترجمه)، مؤلف انجمن سنجش از دور ژاپن، انتشارات مرکز سنجش از دور ایران.
۴. جعفرپور، ا. و ا. معتمد. ۱۳۷۰. بیابان. نشریه. شماره ۲۱ گزارش، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، دانشگاه تهران.
۵. حائز، ر. ۱۳۷۴. اصول سنجش از دور. (ترجمه). نویسنده پل کوران، انتشارات مرکز سنجش از دور ایران.
۶. خلیلی، ع. ایران‌نژاد، پ. و س. حجام. ۱۳۷۱. تقسیمات آب و هوایی ایران. انتشارات وزارت نیرو، طرح پژوهشی جامع آب کشور (جاماب).
۷. علیزاده ربیعی، ح. ۱۳۷۴. سنجش از دور (اصول و کاربرد). انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)، چاپ اول.
۸. کردوانی، پ. ۱۳۴۹. نمونه‌هایی از خاک‌های لوت زنگی احمد. نشریه شماره ۳، گزارش‌های جغرافیایی مؤسسه جغرافیایی دانشگاه تهران.
۹. کردوانی، پ. ۱۳۵۰. نمونه‌هایی از خاک‌های بخش شهداد (کرمان). نشریه شماره ۶، گزارش جغرافیایی مؤسسه جغرافیایی دانشگاه تهران.
۱۰. کردوانی، پ. ۱۳۵۴. بیابان. نشریه شماره ۱. مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، دانشگاه تهران.
۱۱. محمودی، ف. ۱۳۵۰. بررسی اجمالی علوم طبیعی (لوت). (ترجمه) نویسنده تئودور موند T.mond نشریه شماره ۷، گزارش جغرافیایی مؤسسه جغرافیایی دانشگاه تهران.

۱۲. نجفی دیسفانی، م. ۱۳۷۷. پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور. (ترجمه) نویسنده پل ام میذر، انتشارات

سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)

13. Androw, N. Rencz, 1999. Remote sensing for the Earth Science. American Society for Photogrametry and Remote Sensing. 707 pp.
14. Becker, F., 1987. The impact of spectral emissivity on the measurement of land surface temperature from satellite, *Int. J. Remote Sensing* 8: 1509-1522.
15. Buettner, K. J. K., and Kern, C. D., 1965. The determination of infrared emissivities of terrestrial surfaces, *J. Geophys. Res.* 70: 1329-1337.
16. Cooke, R. U., and Warren, A., and Goudie, A. S., 1993. Desert geomorphology (London: University College, London Press Limited).
17. Dresh, J., 1968. Reconnaissance danse de Lut (Iran): *Bull. Assoc. Geogr., Fr.*, No. 362-363, pp. 143-153.
18. Goroch, A., Burk, S., and Davidson, K. L. 1980. Stability effects aerosol size and height distributions. *Tellus*, 32: 254-250.
19. Kornifield, Y., and Susskinal, Y., 1977. On the effect of surface emissivity on temperature retrievals, *Monthly Weather Rev.* 105: 1605-1608.
20. Krinsley, D. H., 1970. A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran. USGS final scientific report, Contract, PROCP 70-800, US Air Force Cambridge Research.
21. Norman, J. M., Divakarla, M., and Goel, S., 1995. Algorithms for extracting information from remote thermal – I R observations of the earth surface. *Remote Sensing Environment*, 51: 157-168.
22. Salisbury, J. W., and Aria, D. N., 1992. Infrared (8-14 μm) remote sensing of soil particle size, *Remote Sensing Environment*, 42: 157-165.
23. Zangavil, A., Offer, Z., Apterman, Y., Miron, O., Sasson, A., and klepach, D., 1991. Meterogical analysis of the Shivta region in the Negev. The Jacob Blaustein Institute for Desert Research' Desert Meterology Papers, Set, B, No. 1: 210pp.
24. Wieringa, Y., 1986. De Atmosferisch Grenslaag. Koninkliyk, Nederlands Meteorologisch Institute, Technisch Rapport TR – 89 – 82 pp.
25. Prakash, A. 2000. Thermal remote sensing: Concepts issues and applications. International archives of photogrametry and remote sensing, Vol. XXXIII, Part B1. Amesterdam, 2000.
26. Lillesand, T., M., and R. W. Kiefer, 1994. Remote sensing and image interperetation, (4th edition) New York, John Willey and Sons.

Limitations on Land Surface Temperature Map of Lut Desert Using Thermal Band of Landsat Satellite

S. K. ALAVI PANAHI¹, M. R. SARAJIAN² AND CH. B. KOMAKI³

1, Assistant Professor, Iran Desert Research Center, University of Tehran.

**2, Assistant Prof., Faculty of Technology, University of Tehran, 3, MSc. Expert of
Desert Region Management, University of Tehran, Iran.**

Received 18 June 2002

ABSTRACT

In spite of the fact that Lut desert is one of the most important phenomenon because of its rare harsh climatic conditions in the world, it has drawn a very little attention in the country. To characterize some thermal condition and limitations of surface temperature of Lut Desert, Landsat TM data, aerial photos, topographic maps and some other additional maps were used. To extract some information from TM Thermal band, the TM Thermal DN values were converted to the radiance and brightness temperature. In this study, the temperature maps were obtained using TM thermal data and taking into account six emissivities (1, 0.99, 0.98, 0.96, 0.94 and 0.92). The temperature maps and their minimum and maximum temperatures of 46.8°C and 53.54°C and the minimum temperature of 35.6°C and 42.1°C for emissivities of 1.00 and 0.92 were obtained at the time of Landsat overpass, respectively. The range brightness temperature of 39.33°C – 41.2°C were obtained for Yardang zone for the emissivity of 1.0. In order to determine Lut thermal regime and study surface temperature in other dates and seasons, study of regional thermal variation is proposed.

Key words: Lut desert, Yardang, Thermal radiations, Temperature, Emissivity

