

ارزیابی چند روش برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA در حوزه آبریز دریاچه ارومیه

• علی رحیمی خوب، دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبیاری دانشگاه تربیت مدرس
• مهدی کوچک زاده، استادیار گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
• جمال محمد ولی سامانی، دانشیار گروه تاسیسات آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
• فرود شریفی، استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخ دریافت: شهریورماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: فروردین ماه ۱۳۸۴

akhob@ut.ac.ir

چکیده

دمای سطح زمین یکی از پارامترهای مهم برای تعیین بیلان انرژی زمین، مطالعات هواشناسی و محیطی است. الگوریتم‌های مختلفی برای برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است و از میان آنها الگوریتم‌های روزنه مجزا برای تصاویر ماهواره NOAA که از دو باند مادون قرمز مجاور هم استفاده می‌کند، موفقیت بیشتری داشته است. در این بررسی، الگوریتم‌های مختلف روزنه مجزا شامل Price (۱۰)، Li و Becker (۲)، Platt و Prata (۹)، Ulivieri و همکاران (۱۵) و Coll و همکاران (۵) در حوزه آبریز دریاچه ارومیه مورد مقایسه قرار گرفتند. داده‌های دمای خاک در عمق ۵ سانتیمتری که در ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌گردد، به دما در سطح زمین شبیه‌سازی شد و مبنای مقایسه و تعیین بهترین الگوریتم قرار گرفت. به منظور تحلیل نتایج از پارامترهای آماری انحراف ارباب از میانگین (MBD)، جذر میانگین مربع خطاها (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) استفاده گردید. نتایج نشان داد که الگوریتم پرایس با ضریب تبیین ۰/۶، انحراف ارباب از میانگین ۱/۸۱- درجه کلون و جذر میانگین مربع خطاها ۴/۰۷ درجه کلون بیشترین دقت را دارد و دیگر الگوریتم‌ها دمای سطح زمین را بیشتر از میزان واقعی و با دقت کمتر برآورد می‌کنند.

کلمات کلیدی: ارومیه، الگوریتم، دمای سطح زمین، روزنه مجزا، ماهواره NOAA

Pajouhesh & Sazandegi No 68 pp: 84-90

Estimating maximum daily temperature using NOAA satellite images: case study in Oroomieh lake basin

By: A. Rahimi khoob, PhD Student, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modarres.

M. Kouchakzade, Assistant Prof. Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modarres.

J. Mohammadvali Samani, Associate prof. Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modarres.

F. Sharifi, Assistant Prof. Institute of Soil Conservation and Watershed Management.

Land surface temperature (LST) is a significant parameter for ground energy and water balance, and it is necessary for many applications, like: Agrometeorology, climate, and environmental studies. Various methods have been presented for the retrieval of land surface temperature from satellite images; among them split-window algorithms that use two adjacent infrared channels shown more successes. The objective of this study is to compare various split-

window algorithms for retrieving surface temperature from AVHRR images in Oroomieh lake basin in Iran. These algorithms presented by Price (1984), Becker and Li (1990), Prata and Plat (1991), Coll et al. (1994) and Ulivieri et al. (1990). We have used subsurface temperature at 5 cm measured in the meteorological stations to compare the split-window algorithm LST estimates. The mean bias deviation (MAD), root mean square error (RMSE) and coefficient of determination (R2) were used to assign the best algorithm for retrieving LST in Oroomieh lake basin. The results showed that the Price algorithm (MAE= -1.82 °K, RMSE= 2.354 °K and R2 = 0.62) has the best accuracy and the other algorithms overestimate LST.

Key Words: Algorithm, Land surface temperature, NOAA satellite, Oroomieh, Split-Window

مقدمه

آگاهی از توزیع مکانی و زمانی دمای سطح زمین برای تعیین بیلان انرژی زمین، مطالعات هواشناسی و تبخیر و تعرق ضروری است. دمای سطح زمین را می‌توان با استفاده از تابش مادون قرمز که از سطح زمین ساطع می‌گردد، به وسیله معادله معکوس پلانک برآورد نمود. در سنجش از دور، دمای سطح زمین که در فضای بالای اتمسفر به وسیله سنجنده‌ها به دست می‌آید را دمای روشنایی^۱ می‌نامند (۱۲). این دما به علت پدیده‌های جذب و پخش اتمسفری کمتر از دمای واقعی در سطح زمین است.

برای تعیین دمای واقعی سطح زمین غالباً از الگوریتم‌های روزنه مجزا^۲ استفاده می‌گردد. این الگوریتم‌ها باندهای مادون قرمز حرارتی سنجنده پیشرفته با توان تفکیک بسیار بالا^۳ در ماهواره NOAA را مورد استفاده قرار می‌دهند و بر مبنای تفاوت قابلیت انتقال اتمسفر در دو محدوده طیفی مجاور هم در ناحیه مادون قرمز، در محدوده طیفی ۱۱ و ۱۲ میکرومتر، توسعه یافته‌اند. تابش ساطع شده از سطح زمین در باند مادون قرمز قبل از اینکه به سنجنده برسد، به وسیله ذرات موجود در جو بویژه بخار آب جذب می‌گردد. از این رو دمای روشنایی ثبت شده در سنجنده تفاوت معنی‌داری با دمای واقعی سطح زمین دارد (۸). اثر کاهندگی جو در باند طیفی ۱۲ میکرومتر (باند ۵ ماهواره NOAA) بیشتر از باند طیفی ۱۱ میکرومتر (باند ۴ ماهواره NOAA) است و با افزایش اثر کاهندگی اتمسفر (بیشتر بعلافت افزایش بخار آب)، تفاوت تابش سنجش شده در دو ناحیه طیفی فوق افزایش می‌یابد. لذا تفاوت تابش سنجش شده از یک سطح معین که به‌طور همزمان به وسیله دو باند ۱۱ و ۱۲ میکرومتر اندازه‌گیری می‌گردد، به علت تفاوت

اثر کاهندگی اتمسفر در دو باند فوق است و در الگوریتم‌های روزنه مجزا از همین مغایرت برای تعیین تأثیر اتمسفر در تابش ساطع شده از سطح زمین و در نتیجه برآورد دمای سطح استفاده شده است.

در ابتدا الگوریتم‌های روزنه مجزا برای تعیین دمای سطح دریا مورد استفاده قرار گرفت و در واقع هدف از طراحی دو باند مادون قرمز مجاور هم در سنجنده AVHRR آن بوده که بتوانند دمای سطح اقیانوس‌ها را برآورد نمایند (۷). الگوریتم‌های روزنه مجزا با فرض اینکه گسیلندگی سطح دریا ثابت و برابر یک باشد، به‌طور موفقیت آمیزی دمای سطح دریا را برآورد نمود. Deschamps و Phulpin (۶) با استفاده از ترکیب خطی دماهای روشنایی اندازه‌گیری شده در دو باند ۴ و ۵ ماهواره نوا، دمای سطح دریا را برآورد نمودند. برای برآورد دمای سطح زمین باید تغییرات گسیلندگی سطح زمین در الگوریتم‌های روزنه مجزا را لحاظ نمود.

دقت الگوریتم روزنه مجزا بستگی به مقدار تفاوت بین گسیلندگی‌های سطح زمین در باندهای فوق دارد (۱). مقدار ۰/۰۱ تفاوت بین گسیلندگی‌های سطح زمین در باندهای فوق باعث خطای حدود ۲ درجه سانتیگراد در برآورد دمای سطح زمین می‌گردد (۱۱). در عمل نمی‌توان گسیلندگی سطح زمین را با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره تعیین نمود لذا با توجه به اینکه تفاوت گسیلندگی بین باندهای ۴ و ۵ در حدود ۰/۰۲ تا ۰/۰۵ می‌باشد (۱۱)، حداکثر خطای برآورد دمای سطح زمین ۲ درجه سانتیگراد است. مقدار گسیلندگی تابعی از تراکم پوشش گیاهی می‌باشد و درجه تراکم پوشش گیاهی را می‌توان از شاخص‌هایی که به‌وسیله داده‌های تصاویر ماهواره قابل برآورد است، تعیین نمود. از جمله شاخص‌های پوشش

گیاهی، شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده^۴ است که به‌وسیله باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک برآورد می‌گردد. در یک پوشش گیاهی سالم و متراکم، بازتاب تابش خورشید در محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک (باند ۲ ماهواره NOAA) بیشتر از محدوده مرئی (باند ۱ ماهواره NOAA) است ولی در زمین‌های لخت و عاری از پوشش گیاهی مقدار بازتاب تابش در دو محدوده فوق یکسان است و براین اساس شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده به صورت رابطه ۱- تعریف شده است:

رابطه (۱)

$$NDVI = (Ch2 - Ch1) / (Ch2 + Ch1)$$

در رابطه فوق، Ch1 و Ch2 به ترتیب تابش‌های اندازه‌گیری شده در باندهای ۱ و ۲ ماهواره NOAA می‌باشند. در ماهواره NOAA باند ۱ در محدوده مرئی و باند ۲ در محدوده مادون قرمز نزدیک است. هر چه پوشش گیاهی سالم و متراکم باشد، مقدار NDVI بیشتر می‌شود. در ابرها، آب و پوشش برفی بازتاب تابش مرئی بیشتر از مادون قرمز نزدیک است لذا مقدار NDVI منفی است و در زمین‌های لخت و عاری از پوشش گیاهی این مقدار نزدیک صفر است. با توجه به خصوصیات فوق، گسیلندگی با استفاده از رابطه بین گسیلندگی و NDVI برآورد شده است (۴، ۱۶).

دیدگاه‌ها و فرضیات مختلفی که محققین برای استنتاج دمای سطح زمین داشتند، الگوریتم‌های متعددی ارائه شده است. هدف این تحقیق این است که ۵ الگوریتم متداول شامل Price (۱۰)، Becker (۲)، Prata و Ulivieri (۹)، و همکاران (۱۵) و Coll و همکاران (۵) برای محدوده حوزه آبریز دریاچه ارومیه مورد مقایسه و ارزیابی قرار دهد.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره نوا مورد استفاده در این تحقیق

سال	ماه	روز	زمان گذر	
			گرینویچ	ایران
۱۹۹۸	۶	۷	۱۰:۱۱	۱۴:۴۷
۱۹۹۸	۶	۱۱	۱۰:۲۶	۱۴:۵۶
۱۹۹۸	۷	۱۰	۱۰:۰۷	۱۴:۳۷
۱۹۹۸	۷	۲۲	۱۰:۱۶	۱۴:۴۶
۱۹۹۸	۸	۱۴	۱۰:۲۲	۱۴:۵۲
۱۹۹۸	۸	۲۸	۱۰:۰۸	۱۴:۳۸
۱۹۹۸	۹	۱۷	۱۰:۴۷	۱۵:۱۷
۱۹۹۸	۹	۳۰	۱۰:۴۵	۱۵:۱۵

مواد و روش‌ها

حوزه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران بین مختصات جغرافیایی $44^{\circ}07'$ تا $47^{\circ}53'$ طول شرقی و $35^{\circ}40'$ تا $38^{\circ}30'$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). این حوزه از سمت غرب تحت تأثیر توده هوای مدیترانه‌ای و از سمت شرق تحت تأثیر توده هوای قاره‌ای از طریق مرکز آسیا قرار دارد. میانگین سالانه بارندگی در حوزه از ۳۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر متغیر است و رژیم غالب آن مدیترانه‌ای با بارش اندک تابستانه می‌باشد. حوزه مورد بررسی از نظر اقلیمی مشخصات دشت‌های نیمه مرتفع عرض‌های میانی با هوای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل را دارا است. میانگین سالانه دما در حوزه مطالعاتی از حدود ۱۱ درجه در اطراف دریاچه ارومیه تا حدود ۲/۵ درجه در ارتفاعات سهند و سیلان متغیر است.

سری ماهواره‌ای هواشناسی NOAA در دو دهه اخیر توانایی با ارزشی را در سنجش از دور از خود نشان داده است. این ماهواره‌ها در مدار خورشید آهنگ با ارتفاع متوسط ۸۳۳ کیلومتر از سطح زمین قرار گرفته است. از مزایای این ماهواره‌ها این است که در یک دوره تناوب ۲۴ ساعته، یک منطقه معین را ۲ بار (یک بار در روز و یک بار در شب) مورد سنجش قرار می‌دهد. بر روی سری‌های مختلف NOAA سنجنده‌های مختلفی از نوع AVHRR نصب شده است. سنجنده AVHRR یک دستگاه

تشعشع سنج است که تشعشعات منعکس و ساطع شده از سطح زمین را پویس می‌کند. در ماهواره‌های NOAA-۱۲ و NOAA-۱۴ سنجنده AVHRR نصب شده است که در ۵ باند محدوده‌ای طیفی مرئی (۰/۵۸ تا ۰/۶۸ میکرومتر)، مادون قرمز نزدیک (۰/۷۲۵ تا ۱/۱۰ میکرومتر)، مادون قرمز میانی (۳/۵۵ تا ۳/۹۸ میکرومتر) و دو تا مادون قرمز حرارتی (۱۰/۳ تا ۱۱/۳ میکرومتر و ۱۱/۵ تا ۱۲/۵ میکرومتر) را پوشش می‌دهد و برای دیده بانی پارامترهای محیط نظیر دما و آلبیدو مناسب می‌باشد. زاویه دید لحظه‌ای تصاویر سنجنده فوق ۵۵/۴ درجه، عرض جاروب ۲۸۰۰ کیلومتر و توان تفکیک فضایی (ابعاد پیکسل‌ها) در سنجنده فوق حدود $1/1 \times 1/1$ کیلومتر مربع در نقطه نادیر برای تمام باندها است.

در این تحقیق از ۸ تصویر ماهواره NOAA-۱۴ استفاده گردید که در جدول ۱- تاریخ و زمان گذر آنها ارائه شده است. تصحیحات هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر فوق با استفاده از نرم افزار STARS که یک برنامه اختصاصی سازمان فضایی ایران است، انجام گرفت.

متغیر گسیلندگی که در الگوریتم‌های روزنه مجزا استفاده می‌شود یک پارامتر حساسی است که بر روی دقت برآورد دمای سطح زمین تأثیر زیادی دارد. اراضی با پوشش گیاهی متراکم بیشترین گسیلندگی به میزان ۰/۹۸ را دارند (۳)، ولی در اراضی لخت و صخره‌ای میزان آن ۰/۹۵ است (۱۳). شاخص NDVI که معرف شدت تراکم پوشش گیاهی است می‌تواند به جای گسیلندگی استفاده گردد. در این تحقیق با استفاده از روابط تجربی ۲ و ۳ که توسط Van de Griend و Owe (۱۶) ارائه گردید، مقدار گسیلندگی تعیین شده است:

$$\varepsilon_4 = 0/9897 + 0/029 - \ln(\text{NDVI}) \quad (2) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\Delta\varepsilon = 0/01019 + 0/01344 \cdot \ln(\text{NDVI}) \quad (3) \quad \text{رابطه (۳)}$$

در روابط فوق، ε_4 گسیلندگی باند ۴ و $\Delta\varepsilon$ تفاضل گسیلندگی باندهای ۴ و ۵ ماهواره NOAA است. تاکنون الگوریتم‌های متعددی توسط محققین با استفاده از روش روزنه مجزا توسعه یافته است و در این تحقیق ۵ الگوریتم که در جدول ۲- ارائه شده‌اند، مورد مقایسه و بررسی قرار می‌گیرند. برای مقایسه نتایج الگوریتم‌های فوق با مقادیر واقعی از داده‌های ایستگاههای سازمان هواشناسی ایران که در حوزه آبریز ارومیه واقع شده‌اند، استفاده گردیده است. موقعیت کلی این ایستگاهها در حوزه فوق در شکل ۲- ارائه شده است. ایستگاههای سازمان هواشناسی ایران مطابق استاندارد سازمان هواشناسی جهانی (WMO) دمای خاک را در اعماق مختلف و در ساعات معینی اندازه‌گیری می‌نمایند. در این بررسی از دما در عمق ۵ سانتیمتری که در ساعات ۹ و ۱۲ گرینویچ اندازه‌گیری می‌گردد، استفاده شده است و به‌وسیله روش درون‌یابی خطی بین ساعات فوق مقدار دما در زمان گذر ماهواره تعیین گردید. بدیهی است که دما در عمق ۵ سانتیمتری با دمای سطح خاک متفاوت می‌باشد. در تحقیقی که توسط Vazquez و همکاران (۱۷) در سال ۱۹۹۷ در منطقه‌ای در اسپانیا انجام گرفت نشان داد که اختلاف دما بین سطح خاک با دما در عمق ۵ سانتیمتری در طی روز متغیر می‌باشد، به‌طوری‌که در ساعات اولیه صبح این اختلاف ناچیز و پس از آن دمای سطح زمین نسبت به دما در عمق ۵ سانتیمتری افزایش یافته و در ساعات ۱۲ الی ۱۴ دمای سطح زمین حدود ۱۰ درجه بیشتر از دما در عمق ۵ سانتیمتری می‌شود و در موقع غروب آفتاب مجدداً دماهای فوق یکسان و در ساعات شب دمای عمق خاک بیشتر از دمای سطح زمین می‌شود. با توجه به اینکه زمان گذر تصاویر مورد استفاده در این

جدول (۲) - الگوریتم‌های روزنه مجزا مورد بررسی در این تحقیق

الگوریتم روزنه مجزا	محقق (سال و علامت اختصاری)
$LST = T_4 + 3.33 \cdot (T_4 - T_5) \cdot \frac{5.5 - \varepsilon_4}{4.5} + 0.75 \cdot T_5 \cdot \Delta\varepsilon$	Price (۱۰)
$LST = 1.274 + \left(1 + 0.15616 \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} - 0.482 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2}\right) \frac{T_4 + T_5}{2} + \left(6.26 + 3.98 \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} + 38.33 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2}\right) \frac{T_4 - T_5}{2}$	Becker & Li (۲)
$LST = 3.45 \frac{T_4 - T_0}{\varepsilon_4} - 2.45 \frac{T_5 - T_0}{\varepsilon_5} + 40 \frac{1 - \varepsilon_4}{\varepsilon_4} + T_0$	Prata & Platt (۹)
$LST = T_4 + 1.8 \cdot (T_4 - T_5) + 48 \cdot (1 - \varepsilon) - 75 \cdot \Delta\varepsilon$	Ulivieri و همکاران (۱۵)
$LST = T_4 + [1.0 + 0.58 \cdot (T_4 - T_5)] \cdot (T_4 - T_5) + 40 \cdot (1 - \varepsilon) - 75 \cdot \Delta\varepsilon$	Coll و همکاران (۵)

* LST = دمای سطح زمین، T_4 و T_5 = دمای روشنایی باندهای ۴ و ۵ ماهواره NOAA، ε و ε_4 و ε_5 = $(\varepsilon_4 + \varepsilon_5) / 2$ ، $T_0 = 273.15$

میانگین با مقدار ۱/۸۱ - درجه کلون را دارا است و مقدار منفی موید این است که این الگوریتم دمای سطح زمین را کمتر برآورد می‌کند و الگوریتم Prata و Platt با مقدار ۱۲/۲۱ درجه کلون کمترین دقت را دارد. به جز الگوریتم Price، بقیه الگوریتم‌ها دمای سطح زمین را بیشتر برآورد می‌نمایند.

پراکنش اندازه‌گیری‌های دمای زمین با برآوردهای الگوریتم‌های روزنه مجزا در اشکال ۳ تا ۷ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، معادله خطی همبستگی الگوریتم‌های Li, Becker, Prata, و Ulivieri، Platt و همکاران و Coll و همکاران با فاصله زیادی نسبت به خط $y=x$ قرار گرفته‌اند و دمای زمین را خیلی زیاد برآورد کرده‌اند. دو الگوریتم Ulivieri و همکاران و Coll و همکاران نتایج مشابهی را ارائه می‌دهند. معادله خط همبستگی الگوریتم Price (شکل ۳) تقریباً در نزدیکی خط $y=x$ قرار گرفته است و نشان می‌دهد که این روش نسبت به دیگر الگوریتم‌ها دقت بهتری دارد، ولی تغییرات خطای آن در دماهای مختلف نسبت به سایر روش‌های دیگر یکسان نیست همانطور که مشاهده می‌شود در دماهای کمتر از ۳۱۰ درجه کلون، دمای برآورد شده حدود ۷ درجه کمتر می‌باشد که باید در استفاده از این روش مورد توجه قرار گیرد.

Vazquez و همکاران (۱۷) مقایسه‌ای بین

بررسی مقارن با حداکثر دمای سطح زمین است لذا جهت تعیین دما در سطح زمین، ۱۰ درجه سانتیگراد به داده‌های دما در عمق ۵ سانتیمتری اضافه گردید و نتایج آن به عنوان مبنا برای مقایسه با نتایج الگوریتم‌های مختلف روزنه مجزا مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه الگوریتم‌های مختلف با استفاده از پارامترهای آماری انحراف اریب از میانگین^۵ (MBD)، جذر میانگین مربع خطاها^۶ (RMSE) و ضریب تبیین^۷ (R^2) انجام گرفته است. ضریب تبیین، میزان همبستگی خطی بین دمای اندازه‌گیری شده با دمای سطح زمین را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

نتایج آماری الگوریتم‌های مختلف تعیین دمای سطح زمین در جدول ۳- ارائه شده است. حداکثر ضریب تبیین ۰/۶۲ برآورد شده که مربوط به الگوریتم Coll و همکاران و بعد از آن الگوریتم Price با ضریب ۰/۶ در مرتبه بعدی قرار دارد و الگوریتم Prata و Platt با کمترین ضریب به میزان ۰/۴۵ در مرتبه آخر قرار گرفته است. از نظر جذر میانگین مربع خطاها، الگوریتم Price با مقدار ۴/۰۷ درجه کلون بیشترین دقت و الگوریتم Prata و Platt با مقدار ۱۴/۲۶ درجه کلون کمترین دقت را دارد. الگوریتم پرایس کمترین انحراف اریب از

جدول (۳) - نتایج آماری الگوریتم‌های روزنه مجزا

الگوریتم	RMSE (K)	MBD (K)	R^2
Price	۴/۰۷	۱-/۸۱	۰/۶۰
Li, Becker	۱۱/۹۵	۱۰/۵۳	۰/۴۸
Platt, Prata	۱۴/۲۶	۱۲/۲۱	۰/۴۵
یولیوری و همکاران	۷/۲۹	۵/۴۱	۰/۴۹
Coll و همکاران	۸/۵۲	۷/۰۷	۰/۶۲

الگوریتم‌های Platt و Prata, Li, Becker, Price و Ulivieri و همکاران برای منطقه‌ای با پوشش گیاهی طبیعی یکنواخت انجام دادند، ضرایب تبیین الگوریتم‌های فوق با مقادیر اندازه‌گیری شده همگی ۰/۹۷ و انحراف اریب از میانگین آنها به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۳، ۱/۸ و ۰/۷ درجه کلون برآورد گردید که با نتایج این تحقیق متفاوت است. علت بالا بودن ضریب تبیین و دقت برآورد آنها نسبت به نتایج این تحقیق این است که منطقه مورد تحقیق آنها از نظر پوشش گیاهی یکنواخت بوده و لذا تغییرات دمای سطح زمین با توجه به اندازه پیکسل ماهواره NOAA ناچیز است و بدیهی است که در این شرایط اندازه‌گیری دمای سطح زمین در یک نقطه، می‌تواند معرف خوبی برای سطح بیشتری باشد. حوزه آبریز دریاچه ارومیه از نظر سطح پوشش زمین همگن و یکنواخت نیست و بنابراین نباید برای چنین مناطقی انتظار ضریب همبستگی بالا را داشت زیرا که پیکسل‌های ماهواره NOAA سطحی در حدود یک کیلومتر مربع را پوشش می‌دهد و ایستگاه هواشناسی که در نقطه‌ای در داخل این سطح قرار می‌گیرد، نمی‌تواند معرف میانگین هر پیکسل باشد. لذا بدیهی است بین دمای اندازه‌گیری شده در یک نقطه با دمای متوسط برآورد شده از داده‌های ماهواره همبستگی بالایی برقرار نباشد. در مجموع با مقایسه الگوریتم‌های مختلف می‌توان اظهار داشت برای حوزه آبریز دریاچه ارومیه، الگوریتم Price دمای سطح زمین را با دقت بیشتر برآورد می‌کند و نتایج آن واقعی‌تر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

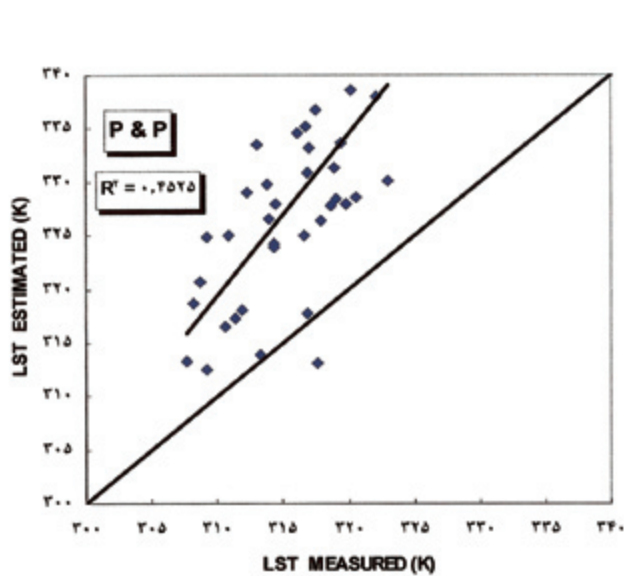
در این بررسی الگوریتم‌های مختلف روزانه مجزا به منظور تعیین بهترین آن برای برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA در حوزه آبریز دریاچه ارومیه مورد مقایسه قرار گرفت. مبنای مقایسه الگوریتم‌ها داده‌های دما در عمق ۵ سانتیمتری سطح خاک که در ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شود، بود که با توجه به نتایج تحقیقات گذشته برای تعیین دمای سطح خاک به مقدار ۱۰ درجه کلون به داده‌های فوق اضافه گردید. مقایسه‌ها نشان داد که الگوریتم پرایس بیشترین دقت را دارد و دمای سطح زمین را به مقدار ۱/۸۱- درجه کلون کمتر برآورد می‌کند. الگوریتم‌های Ulivieri, Platt, Prata, Li, Becker و همکاران و Coll و همکاران دمای سطح زمین را از ۵/۴۱ تا ۱۲/۲۱ درجه کلون بیشتر برآورد می‌نمایند که باید در استفاده از این الگوریتم‌ها دقت آنها را در نظر داشت. در مجموع الگوریتم پرایس بیشترین دقت را برای تعیین دمای سطح زمین برای حوزه آبریز دریاچه



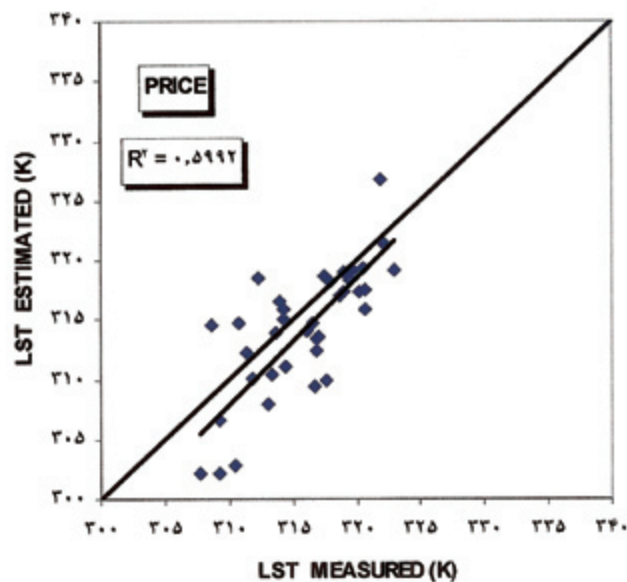
شکل ۱ - موقعیت کلی حوزه آبریز دریاچه ارومیه



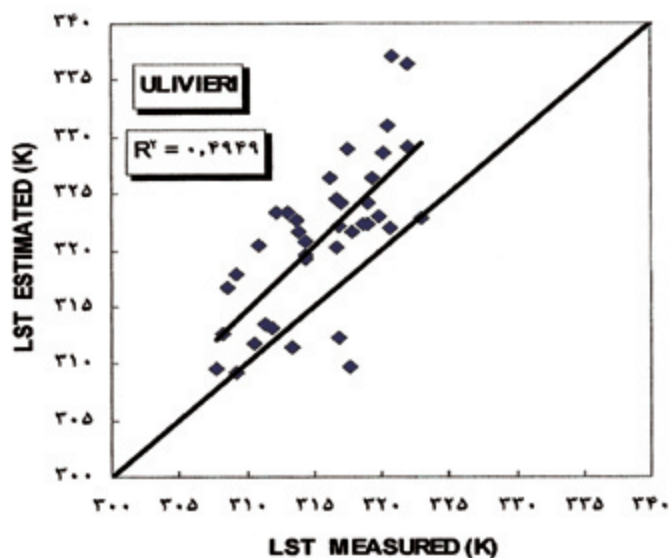
شکل ۲ - موقعیت کلی ایستگاه‌های هواشناسی در حوزه آبریز دریاچه ارومیه



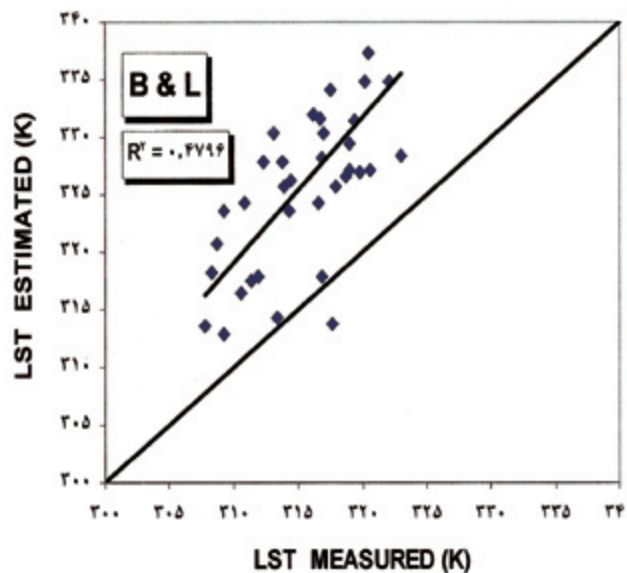
شکل ۵- پراکنش اندازه‌گیری‌های دمای واقعی زمین با برآوردهای الگوریتم Platt و Prata



شکل ۳- پراکنش اندازه‌گیری‌های دمای واقعی زمین با برآوردهای الگوریتم Price



شکل ۶- پراکنش اندازه‌گیری‌های دمای واقعی زمین با برآوردهای الگوریتم Olivieri و همکاران



شکل ۴- پراکنش اندازه‌گیری‌های دمای واقعی زمین با برآوردهای الگوریتم Li, Becker

surface temperature. International Journal of Remote Sensing, 15 : 105-122.

6- Deschamps, P. Y. and T., Phulpin. 1980; Atmospheric correction of infrared measurement of sea surface temperature using channels at 3.7, 11 and 12 μm . Boundary-Layer Meteorol, 18: 131-143.

7- McClain, E. P., W. G., Pichel, C. C., Walton, Z. Ahmad and J., Sutton. 1983; Multichannel improvements to satellite derived global sea surface temperatures. Advances in Space Research, 2: 43-47.

8- Ouaidrari, H., S. N., Goward, K. P., Czajkowski, J. A., Sobrino and E., Vermote. 2002; Land surface temperature estimation from AVHRR thermal infrared measurements: An assessment for the AVHRR Land pathfinder II data set. Remote Sensing of Environment, 81: 114-128.

9- Prata, A. J. and C. M. R., Platt. 1991; Land surface temperature measurements from the AVHRR. Proceeding of The 5th AVHRR Data Users' Meeting, Tromso, Norway, 433-438.

10- Price, J. C. 1984; Land surface temperature measurements from the split window channels of the NOAA 7 Advanced Very High Resolution Radiometer. Journal of Geophysical Research, 89: 7231-7237.

11- Qin, Z. and A., Karnieli. 1999; Progress in the remote sensing of land surface temperature and ground emissivity using NOAA-AVHRR data. International Journal of Remote Sensing, 20 : 2367-2393.

12- Reutter, H., F. S., Olesen, and H., Fischer. 1994; Distribution of the brightness temperature of land surfaces determined from AVHRR data. International Journal of Remote Sensing, 15: 95- 104.

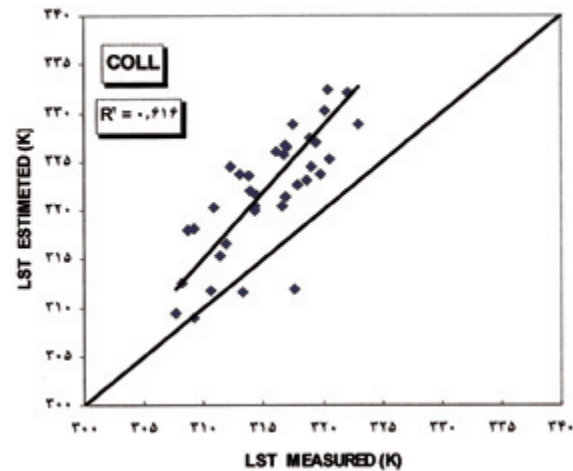
13- Salisbury, J. W. and D. M., D'Aria. 1992; Emissivity of terrestrial materials in the 8-14 atmospheric window. Remote Sensing of Environment, 42 : 83-106.

14- Sobrino, J. A., C., Coll and V., Caselles. 1991; Atmospheric correction for land surface temperature using NOAA-11 AVHRR channels 4 and 5. Remote Sensing of Environment, 38: 19-34.

15- Ulivieri, C., M. M., Castronovo, R., Francioni and A., Cardillo. 1994; A split-window algorithm for estimating land surface temperature from satellites. Advances in Space Research, 14(3): 59-65.

16- Van de Griend, A. A. and M., Owe. 1993; On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. International Journal of Remote Sensing, 14:1119-1131.

17- Vázquez D. P., F. J. O., Reyes and L. A., Arboledas. 1997; A comparative study of algorithms for estimating land surface temperature from AVHRR Data. Remote Sensing of Environment, 62(3): 215-222. Lore velit adiamcommy nonulput la feuguere



شکل ۷ - پراکنش اندازه‌گیری‌های دمای واقعی زمین با برآوردهای آلوگوریتم Coll و همکاران

ارومیه دارد.

پاورقی‌ها

- 1- Brightness Temperature
- 2-Split-Window
- 3-Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)
- 4-Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- 5-Mean Bias Deviation
- 6- Root Mean Square Error
- 7-Determination Coefficient

منابع مورد استفاده

- 1- Becker, F. 1987; The impact of spectral emissivity on the measurement of land surface temperature from a satellite. International Journal of Remote Sensing , 8 : 1509-1522.
- 2- Becker, F. and Z. L. Li. 1990; Towards a local split window method over land surfaces. International Journal of Remote Sensing , 11 : 369-393.
- 3- Chen, J. M., B. J. ,Yand and R. H., Zhang. 1989; Soil thermal emissivity as affected by its water content and surface treatment. Soil Science, 148: 433-435.
- 4- Cihlar, J., H., Ly, Z., Li , J. Chen, H. Pokrant and F. Huang. 1997; Multitemporal, multichannel AVHRR data sets for land biosphere studies-artifacts and corrections. Remote Sensing of Environment, 60 : 35-57.
- 5- Coll, C., V., Casselles, J. A., Sobrino and E. Valor. 1994; On the atmospheric dependence of the split-window equation for land