



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال دوازدهم، شماره‌ی ۳۷
بهار ۱۳۹۱، صفحات ۵۴-۳۹

خلیل ولیزاده کامران^۱

سعید جهانبخش^۲

مجید زاهدی^۳

مجید رضائی بنفشه^۴

برآورد تبخیر- تعرق واقعی و تحلیل ارتباط آن با کاربری زمین در محیط GIS مطالعه‌ی موردی: شهرستان مشکین شهر

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۰۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۰۵

چکیده

با توجه به اهمیت تبخیر- تعرق در چرخه هیدرولوژی و کاربردهای متنوع آن در علوم مختلف، محاسبه مقدار آن بویژه، تبخیر- تعرق واقعی از اهمیت بالایی برخوردار است. منطقه مورد مطالعه شهرستان مشکین شهر در استان اردبیل می‌باشد. در این تحقیق ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat/ETM+ نقشه‌های کاربری و NDVI استخراج گردید. سپس با استفاده از آمارهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک مشکین شهر مقدار تبخیر- تعرق مرجع به روش بلانی- کریدل و اصلاحی دورنبوس و پروت محاسبه شده و با تابع درونیایی کریجینگ، این مقادیر به سطح تعمیم داده شدند. در مرحله بعدی با استفاده از روش برانسل و گلیس بر پایه استفاده از نقشه NDVI، مقادیر کسر

Email: valizadeh@tabrizu.ac.ir

۱- استادیار جغرافیای طبیعی (اقلیم‌شناسی)، دانشگاه تبریز.

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

۳- استاد بازنشسته گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

۳- استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

پوشش گیاهی محاسبه گردید. نهایتاً بر اساس روش آلن با ضرب لایه کسر پوشش گیاهی در لایه تبخیر- تعرق مرجع، نقشه تبخیر- تعرق واقعی منطقه استخراج گردید. استفاده از تحلیل‌های فضائی و روابط مکانی GIS نشان می‌دهد که بیشترین مقدار تبخیر- تعرق واقعی در کاربری مراتع خوب و کمترین آن در اراضی شهری و ساخته شده اتفاق می‌افتد.

کلید واژه‌ها: تبخیر- تعرق واقعی، کاربری اراضی، سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی، مشکین شهر.

مقدمه

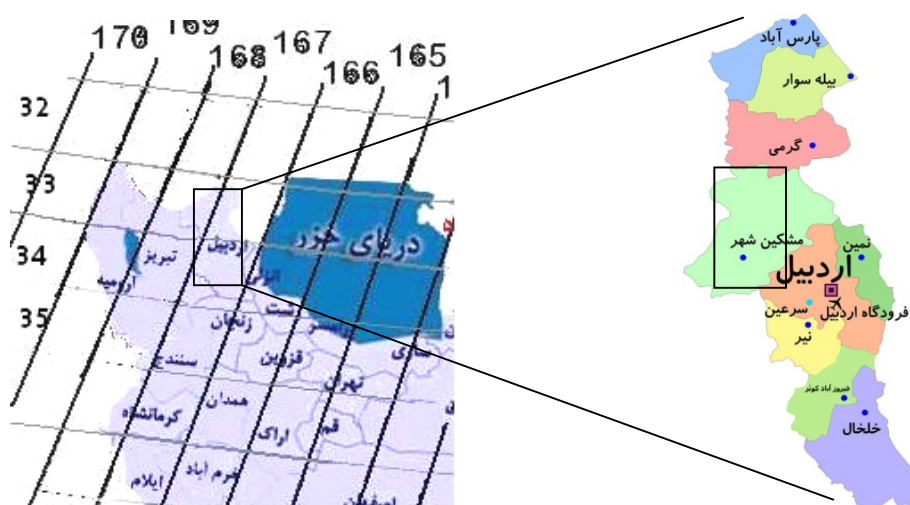
ایران کشوری است که به لحاظ اقلیمی جزو کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب شده، بطوریکه از یک سو متوسط بارندگی سالانه آن حدود یک سوم متوسط بارندگی خشکی‌ها و کمتر از یک سوم بارندگی متوسط کره زمین و از سوی دیگر میزان تبخیر آن حدود سه برابر تبخیر خشکی‌های زمین می‌باشد (جهانبخش و همکاران، ۱۳۸۰ ص ۵۱). در کشور ما بخش کشاورزی حدود ۹۴ درصد کل آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد که بیشترین میزان تبخیر- تعرق در آن اتفاق می‌افتد (زاهدی و بیاتی خطیبی، ۱۳۸۷ ص ۱۰۹). تبخیر- تعرق یکی از مؤلفه‌های اصلی بیلان آبی هر منطقه و همچنین یکی از عوامل کلیدی برای برنامه ریزی درست و مناسب آبیاری برای بهبود راندمان آب مصرفی در منطقه می‌باشد (Granger, 1999, 72). از طرف دیگر تبخیر- تعرق نقش قابل ملاحظه‌ای در اقلیم جهانی از طریق چرخه هیدرولوژی ایفا کرده و تخمین آن کاربردهای مهمی در پیش بینی رواناب، پیش بینی عملکرد محصول و طراحی کاربری اراضی، طراحی کانال‌های آبیاری و ابنیه تقسیم آب داشته و همچنین بر روی بلایای طبیعی نظیر خشکسالی موثر است (مباشری و همکاران، ۱۳۸۴ ص ۱) به طور متوسط ۷۰ درصد بارانی که به سطح زمین می‌رسد مجدداً توسط فرآیند تبخیر- تعرق به اتمسفر باز می‌گردد (رحیم پور، ۱۳۸۷ ص ۴۹۲) که این میزان در مناطق خشک که اکثر مناطق کشورمان را تشکیل می‌دهد به ۹۰ درصد می‌رسد (دین پژوه و جهانبخش، ۱۳۸۷ ص ۵۰۱) بنابراین با توجه به اهمیت عامل تبخیر- تعرق لازم است این پارامتر حتی الامکان بطور دقیق برآورد شود. اما در عمل به دلیل آنکه تبخیر- تعرق به طور مستقیم اندازه گیری نمی‌شود و تنوع فضائی و زمانی زیادی دارد برآورد آن بسیار مشکل است (Caselles, 1998, 2). در این تحقیق سعی می‌شود به این سوال‌ها که آیا می‌توان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، مقدار تبخیر- تعرق واقعی منطقه را محاسبه نمود؟ و ارتباط آن با کاربری زمین چگونه است؟ پاسخ داده شود. در این ارتباط رحیم پور در برآورد تبخیر- تعرق به روش پرایسلی- تیلور در حوضه نازلو چای از GIS استفاده نموده و نتایج کار خود را رضایت بخش توصیف نموده است

(رحیم پور، ۱۳۸۷ ص ۴۹۲). شهابی فر و همکارانشان با استفاده از زمین آمار و تکنیک سنجش از دور اقدام به برآورد مقدار تبخیر استان تهران نموده و بهترین روش درونیابی برای تعمیم داده‌های نقطه‌ای حاصل از محاسبه مقادیر تبخیر را به سطح روش کریجینگ اعلام نموده‌اند (شهابی فر و همکاران، ۱۳۸۷ ص ۴۹۶). در این تحقیق با استفاده از توابع تحلیلی GIS و داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های زمینی و تصاویر ماهواره‌ای اقدام به برآورد مقدار تبخیر- تعرق واقعی در شهرستان مشکین شهر شده است.

معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

شهرستان مشکین شهر در شمال غربی ایران و فاصله ۸۳۹ کیلومتری تهران واقع شده است. آب و هوای این شهرستان معتدل کوهستانی است و دمای هوا در طول سال بین ۳۰- و ۳۰+ درجه سانتی‌گراد متغیر است. کوه معروف سبلان در ۲۵ کیلومتری این شهر واقع شده است. مساحت این شهرستان در حدود ۳۹۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این شهرستان دومین شهر استان اردبیل بعد از مرکز استان می‌باشد. این شهرستان بر روی مختصات جغرافیایی ۳۸/۲ تا ۳۹ درجه عرض شمالی و ۴۷/۳ تا ۴۸/۳ درجه طول شرقی واقع شده است.

ارتفاع متوسط این شهرستان ۱۸۳۰ متر و بلندترین نقطه آن قله سبلان با ارتفاع ۴۸۱۱ متر از سطح آب‌های آزاد است مشکین شهر از طرف شمال با مغان (شهرستان گرمی) از طرف جنوب با کوه سبلان و شهرستان سراب (آذربایجان شرقی) و از طرف غرب با شهرستان‌های اهر و هریس (آذربایجان شرقی) و از مشرق با شهرستان اردبیل و از طرف شمال شرقی به طول ۵۶ کیلومتر با کشور جمهوری آذربایجان هم مرز است. (وب سایت فرمانداری مشکین شهر^۵)



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه در کشور و استان اردبیل (در تصویر سمت چپ مختصات فریم ماهواره‌ای منطقه نیز نشان داده شده است)

مواد و روش‌ها

لایه‌های اطلاعاتی به کار رفته در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

تصویر Landsat/ETM+ مربوط به تاریخ ۵ ژوئن ۲۰۰۰

۱. داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه در دوره ۱۹۸۶-۲۰۰۵

مراحل انجام عملیات برای برآورد تبخیر-تعرق واقعی به شرح زیر بوده است:

الف) آماده سازی تصویر:

در این پژوهش از تصاویر ماهواره لندست با سنجنده ETM+ استفاده گردیده است. منطقه مورد مطالعه بخشی از فریم ۳۳-۱۶۷ بوده و تاریخ تصویر برداری آن ۵ ژوئن ۲۰۰۰ (۱۵ خرداد ۱۳۷۹) است. پس از انتخاب تصویر مورد نظر، عملیات زیر بر روی تصویر انجام پذیرفت:

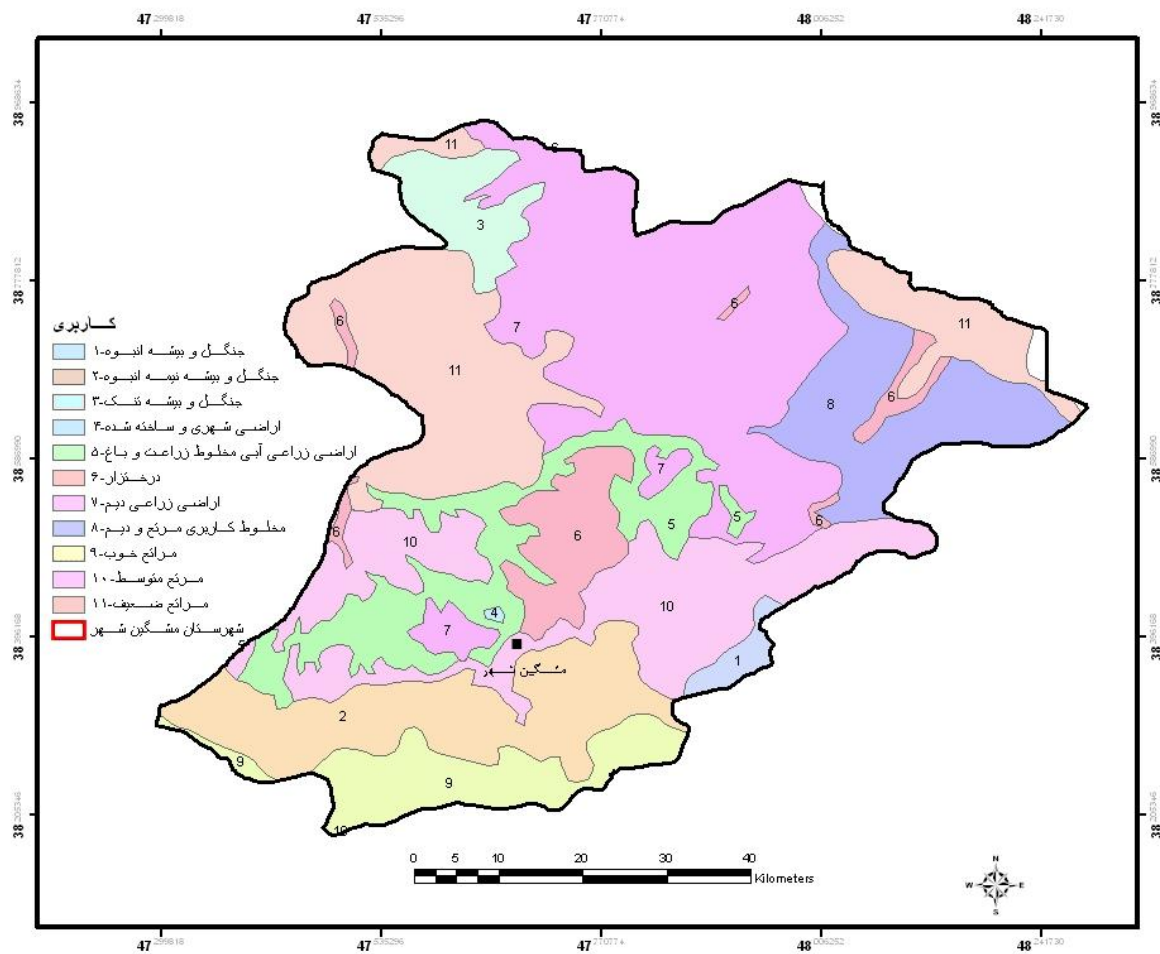
تصحیحات هندسی: هرچند که تصویر مورد نظر در فرمت GEOTIFF ارائه شده بود ولی برای اطمینان از صحت هندسی تصویر با استفاده از نقاط GPS و همچنین سایر تصاویر با صحت هندسی در محیط نرم افزار ERDAS به روش تصویر به تصویر تصحیح هندسی به عمل آمد.

Subset: با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه بخشی از فریم کامل است لذا در این مرحله، در تمام باندها، منطقه مورد مطالعه جدا شده و ذخیره گردید. برای این مرحله لایه شهرستان مشکین شهر به صورت فرمت وکتوری وارد شده و مبنای Subset انتخاب گردید.

تصحیحات اتمسفری: تصحیح اتمسفری مورد استفاده، تصحیح کلی^۶ جهت باندهای انعکاسی با استفاده از گزینه Dark subtract می‌باشد. با استفاده از نرم‌افزار ENVI4.5 و گزینه Thermal Atm correction، تصحیح اتمسفری باند حرارتی انجام شد.

ب) تهیه نقشه کاربری:

در این تحقیق پس از اعمال مراحل پیش پردازش، پردازش و پس پردازش بر روی تصاویر، نقشه کاربری‌های اراضی شهرستان استخراج شده و درصد هرکدام از کاربری‌ها محاسبه و در مرحله بعد دقت طبقه بندی، با استفاده از شاخص‌های آماری برآورد شده است. در شکل شماره ۱ نقشه کاربری منطقه و در جدول شماره ۱ مقادیر هر یک از آنها ارائه شده است.



شکل ۱: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: مقادیر کاربری‌های استخراج شده

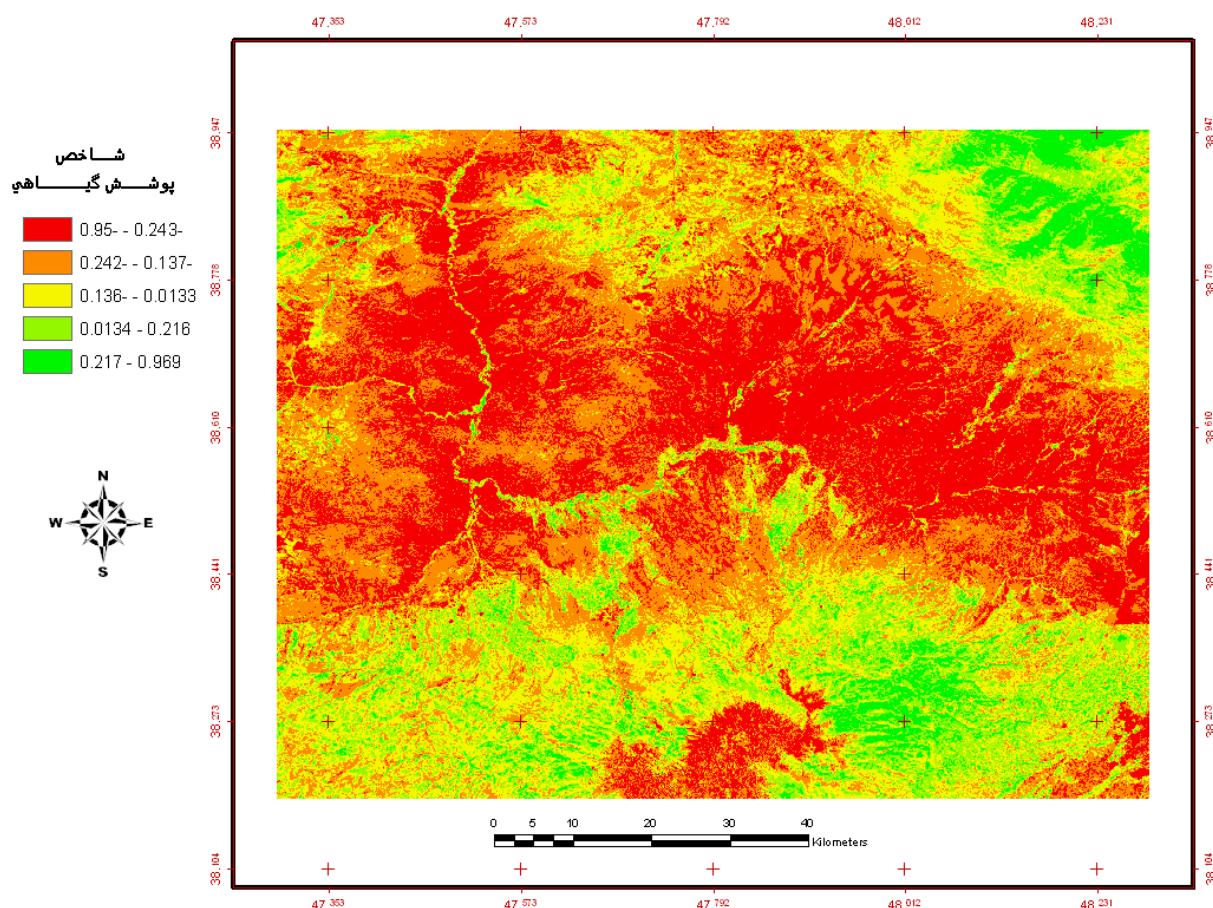
کد کاربری	کاربری	درصد	مساحت بر حسب کیلومتر مربع
۱	جنگل و بیشه انبوه	۱/۲۶	۴۹/۳۸۹۴
۲	جنگل و بیشه نیمه انبوه	۴/۱۴	۱۶۰/۴۸۸۰
۳	جنگل و بیشه تنک	۱/۱۵	۴۴/۸۲۲۷
۴	اراضی شهری و ساخته شده	۰/۰۲	۰/۷۱۴۹
۵	اراضی زراعی آبی مخلوط زراعت و باغ	۲/۴۶	۹۶/۰۲۱۳
۶	درخت زار	۱/۹۲	۷۴/۶۸۵۷
۷	اراضی زراعی دیم	۳۰/۷۴	۱۱۹۹/۶۲۱۵
۸	مخلوط کاربری مرتع و دیم	۴/۷۳	۱۸۵/۶۶۹۶
۹	مراتع خوب	۲۵/۱۸	۹۸۲/۶۳۶۳
۱۰	مراتع متوسط	۱۰/۷۳	۴۱۸/۴۹۶۲
۱۱	مراتع ضعیف	۱۷/۶۷	۶۸۹/۰۹۰۴
	مجموع	۱۰۰	۳۹۰۱/۶۳۶۰

ج) تهیه نقشه شاخص پوشش گیاهی به هنجار شده (NDVI)

شاخص پوشش گیاهی به هنجار شده (NDVI نسبت تفریق باند مادون قرمز نزدیک از باند قرمز به مجموع آنهاست. برای تولید این نقشه ابتدا DN به رادیانس و سپس به بازتابندگی تبدیل شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (۱)$$

در این پژوهش باند سه (قرمز) و چهار (مادون قرمز نزدیک) سنجنده ETM+ انتخاب شد و در محیط نرم افزار ERDAS مدل آن ایجاد گردید. مقادیر NDVI مابین +۱ و -۱ قرار دارد. سطوح دارای پوشش گیاهی مقادیر بین صفر تا ۱ و آب و ابر نیز مقادیر کمتر از صفر را خواهند داشت. در شکل ۲ مقادیر حاصل از NDVI در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.



شکل (۲): مقادیر NDVI در منطقه مورد مطالعه

(د) تهیه نقشه کسر (نسبت) پوشش گیاهی^۸

این نقشه به معنای نسبت سطح پوشیده از گیاه به خاک لخت است. برای تهیه این نقشه از روش برانسل و گلیس^۹ استفاده گردیده است. در این روش که از مقادیر NDVI برای محاسبه کسر پوشش گیاهی استفاده می‌گردد، نسبت گسیلمندی^{۱۰} خاک لخت به پوشش گیاهی متراکم اندازه‌گیری می‌شود و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Brunsell and Gillies, 2002, 1265).

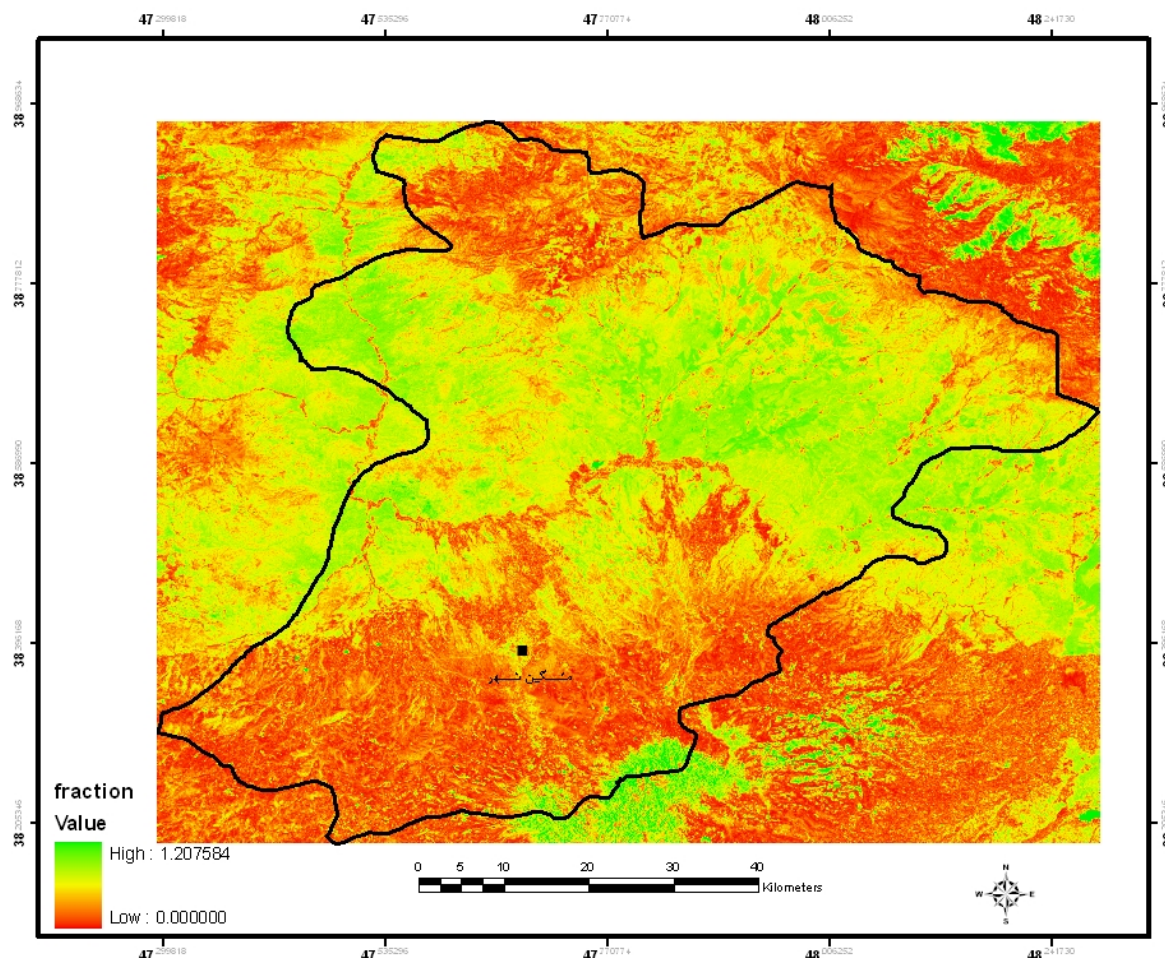
$$Fr = [(NDVI - NDVI0) / (NDVImax - NDVI0)]^2 \quad (2)$$

در این رابطه: NDVI0 مقدار این شاخص برای خاک لخت و NDVImax بالاترین مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم در تصویر می‌باشد. مقدار نهایی این رابطه معمولاً بین صفر تا ۱/۲ است. در این رابطه فرض بر آن است که در یک پیکسل کاملاً خشک مقدار تبخیر- تعرق صفر است و پیکسلی که در مکان مناسبی از پوشش گیاهی یونجه یا ذرت قرار گرفته و به خوبی آبیاری می‌شود نیز مقداری در حدود ۱/۲ دارد. در این رابطه مقدار پیکسل کاملاً خشک صفر فرض می‌شود. مقادیر NDVI0 و NDVImax در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۹۶۹ می‌باشد. این معادله با استفاده از تابع Raster Calculation در محیط نرم افزار ArcGIS محاسبه گردید. نتیجه حاصل از این محاسبه در شکل ۳ ارائه گردیده است:

8. Fractional Vegetation Cover

9 . Brunsell and Gillies

10 . Emissivity



شکل ۳: مقادیر کسر پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه

۵) محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_r)

در این پژوهش مقادیر تبخیر-تعرق برای ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مشکین شهر در طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۰۵) برای ماه ژوئن (زمان تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده) با استفاده از روش بلانی - کریدل^{۱۱} و اصلاحی دورنبوس و پروت استفاده گردید و دلیل استفاده از این روش برای محاسبه ET_r، اثبات صحت و انطباق این روش در نتایج حاصل از این محاسبات در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (اسمعیل پور، ۱۳۸۶ ص ۴۹). بر اساس این رابطه مقدار تبخیر-تعرق گیاه مرجع از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$ET_o = a + b[p(0.46T_{mean} + 8.13)] \quad (3)$$

در این رابطه

ETo مقدار تبخیر تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز

T mean میانگین درجه حرارت بر حسب درجه سانتی‌گراد

P ضریب مربوط به طول روز یا درصد سالانه تابش آفتاب که از جداول مربوطه استخراج می‌گردد.

a و b ضرایب اقلیمی که از رابطه زیر به دست می‌آیند:

$$a = 0.0043RH_{min} - (n/N) - 1.41 \quad (\epsilon)$$

$$b = 0.82 - 0.0041RH_{min} + 1.07 (n/N) + 0.066 (U \text{ day}) - 0.006 (RH \text{ min}) (n/N) - 0.0006 (RH_{min}) (U \text{ day}) \quad (\epsilon)$$

در این رابطه

RHmin حداقل رطوبت نسبی بر حسب درصد

n تعداد ساعات واقعی آفتاب

N حداکثر ساعات ممکن تابش آفتاب

U day سرعت باد در طول روز در ارتفاع ۲ متری بر حسب متر بر ثانیه

پس از انجام محاسبات با استفاده از جداول مربوطه^{۱۲} در جدول شماره ۲ نتایج حاصل از محاسبات ارائه شده است:

جدول ۲: مقادیر تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ماه ژوئن در ایستگاه مشکین شهر

ایستگاه	T-mean (°C)	میانگین حداقل رطوبت %	n/N	Windspeed (m/s)	p	a	b	ET (mm/d)
مشکین شهر	۱۸/۳	۴۰/۸	۰/۶۳۸	۰/۷۷۱	۰/۳۳۲	-۱/۸۷	۱/۲۱	۴/۷۷

با توجه به اینکه این محاسبات در سطح انجام خواهد شد و نیاز به درونیایی مقادیر برای منطقه می‌باشد سه ایستگاه

همجوار این ایستگاه یعنی ایستگاه‌های اهر- پارس آباد و اردبیل نیز به همین روش مورد مطالعه قرار گرفته و در

نتیجه این مقدار برای اردبیل ۴/۷۵، پارس آباد ۶/۴۶ و اهر ۵/۵۶ میلی‌متر در روز برآورد گردید.

و) تهیه نقشه توزیع فضائی تبخیر- تعرق گیاه مرجع

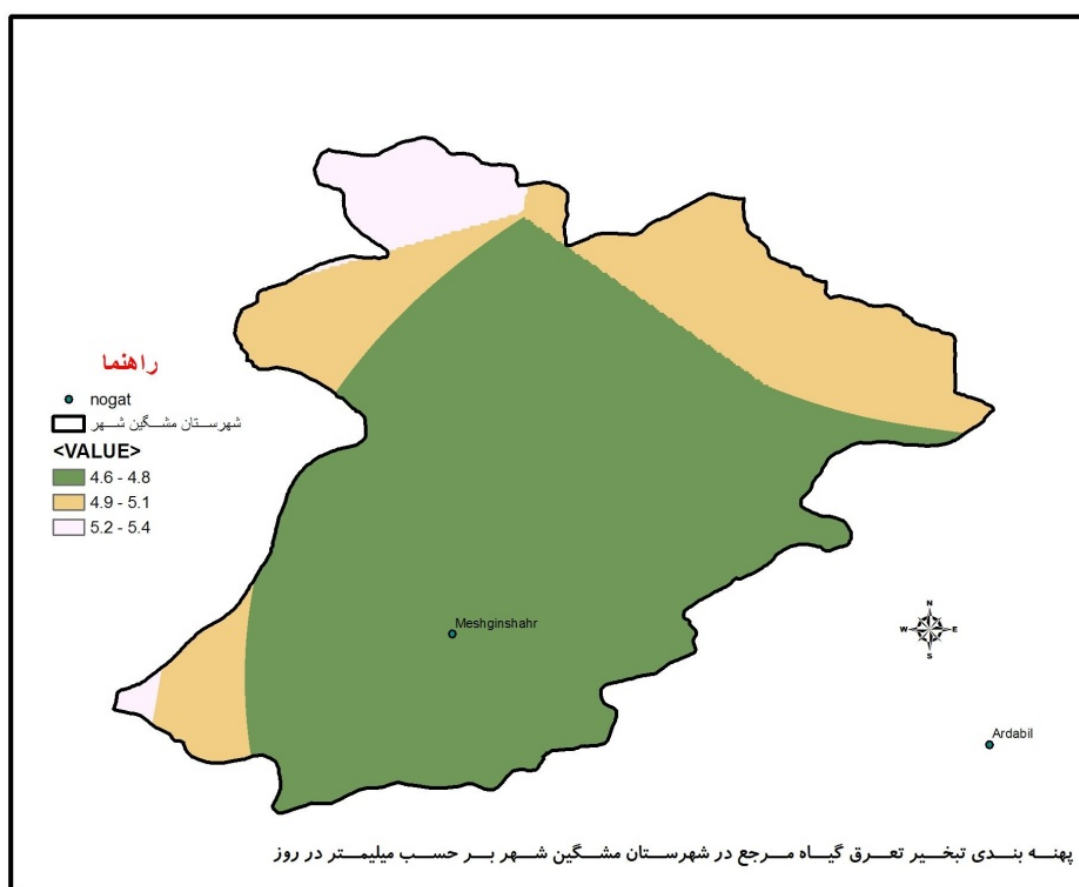
با توجه به اینکه مقادیر محاسبه شده به صورت نقطه‌ای بوده و نیاز به تعمیم دادن آن به سطح منطقه مورد مطالعه

می‌باشد، لذا با توابع درون یابی نرم افزار ArcGIS نسبت به ایجاد سطح اقدام گردید. یکی از بهترین روش‌های

درونیایی برای تعمیم دادن مقادیر نقطه‌ای به سطح بویژه در مناطق کوهستانی استفاده از روش کریجینگ می‌باشد

۱۲- جهت آشنائی با نحوه محاسبات می‌توانید به منبع شماره ۲ مراجعه نمایید.

(جامعی، ۱۳۸۷ ص ۴۸۸) (شهابی فر، ۱۳۸۷ ص ۴۹۶). در این تحقیق این درونیابی انجام گرفته و در شکل شماره ۴ ارائه شده است. علاوه بر تحقیقات یاد شده مطلق بودن تخمین در درونیابی کریجنگ از ویژگی‌های عمده آن می‌باشد. بدین مفهوم که مقدار تخمین کمیت در نقاط نمونه برداری با مقدار اندازه گیری شده برابر می‌باشد و واریانس تخمین صفر می‌گردد. این ویژگی سبب می‌شود که تخمین گر کریجینگ در رسم خطوط هم ارزش از حداکثر نقاط نمونه برداری عبور نماید و تمایلی به بسته شدن و دور زدن را نداشته باشد. به همین دلیل از این روش در درونیابی مقادیر استفاده گردید.



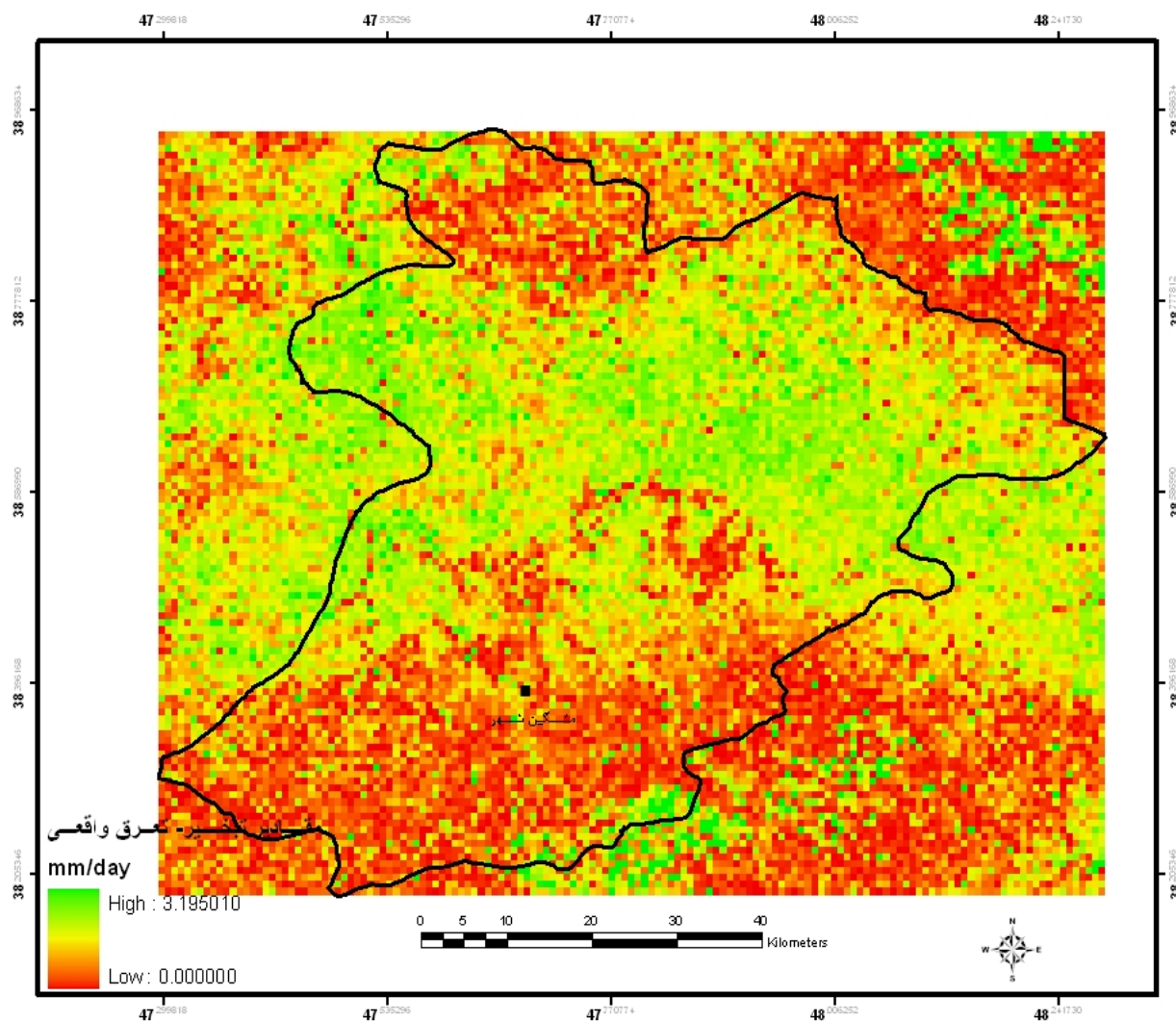
شکل ۴: مقادیر تبخیر- تعرق مرجع در منطقه مورد مطالعه

ز) استخراج نقشه تبخیر- تعرق واقعی

نقشه تبخیر- تعرق واقعی از ضرب کسر پوشش گیاهی در تبخیر- تعرق مرجع حاصل می‌شود. با استفاده از رابطه زیر اقدام به برآورد تبخیر- تعرق واقعی گردید. (Allen et al, 2005):

$$ETa = Fr (ETr)$$

این عملیات با استفاده از تابع Raster Calculate تحلیل‌های فضایی در محیط نرم افزار ArcGIS انجام شده و نتیجه آن در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵: مقادیر تبخیر- تعرق واقعی در منطقه مورد مطالعه

بحث و نتایج

یکی از امتیازات GIS، استفاده از تحلیل‌های فضایی و روابط مکانی آن است. برای بررسی ارتباط بین مقادیر تبخیر- تعرق واقعی و کاربری در منطقه مورد مطالعه از تابع Zonal Statistic استفاده گردید و نتایج حاصل از آن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: ارتباط تبخیر- تفرق واقعی و کاربری در منطقه مورد مطالعه

کاربری	کمینه mm/day	بیشینه mm/day	میانگین	انحراف معیار	مجموع mm/day
اراضی زراعی دیم	۰	۱/۲۵	۰/۵۰	۰/۲۵	۱۰۸۳/۰۹
درخت زار	۰	۱/۹۰	۰/۴۸	۰/۲۵	۲۲۳/۲۹
مراعی ضعیف	۰	۱/۵۸	۰/۵۵	۰/۲۵	۷۸۳/۱۱
جنگل و بیشه تنک	۰	۱/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۵	۸۷/۵۷
مراعی خوب	۰	۲/۳۶	۰/۲۸	۰/۳۷	۱۴۲/۹۰
مخلوط کاربری مرتع و دیم	۰	۱/۰۵	۰/۵۸	۰/۱۹	۴۱۹/۸۷
مراعی متوسط	۰	۱/۶۳	۰/۳۸	۰/۲۴	۴۴۱/۴۵
اراضی زراعی آبی مخلوط زراعت و باغ	۰	۲/۰۴	۰/۳۷	۰/۲۷	۲۷۵/۷۹
جنگل و بیشه نیمه انبوه	۰	۱/۸۷	۰/۱۹	۰/۲۰	۱۷۶/۹۶
جنگل و بیشه انبوه	۰	۱/۹۴	۰/۱۵	۰/۱۸	۱۲/۴۰
اراضی شهری و ساخته شده	۰	۰/۸۰	۰/۲۰	۰/۲۸	۱/۲۲

با توجه به جدول فوق مشخص می‌گردد که بیشترین مقدار تبخیر- تفرق واقعی به ترتیب در مراتع خوب، جنگل و بیشه انبوه، جنگل و بیشه نیمه انبوه و ... و نهایتاً کمترین آن در اراضی شهری و ساخته شده انجام می‌گیرد. این نکته موید وجود همبستگی قوی و مثبت بین تراکم پوشش گیاهی و مقدار تبخیر- تفرق واقعی است.

نکته دیگر وجود انحراف معیار بالا در میزان تبخیر- تفرق واقعی در کاربری مراتع خوب است. این موضوع از دو عامل نشأت می‌گیرد: اولاً به دلیل محاسبه تبخیر- تفرق مرجع بر پایه یونجه و چمن که انطباق بالایی با این کاربری دارد و ثانیاً تغییر مکانی در کیفیت مرتع و ناپایداری آن. اما در کاربری‌های جنگلی به دلیل دائمی بودن پوشش گیاهی، میزان تبخیر- تفرق واقعی از روند یکسانی برخوردار بوده و لذا کمترین میزان انحراف معیار را نشان می‌دهد.

مهم‌ترین عاملی که می‌تواند نتایج حاصل از چنین پژوهش‌هایی را متأثر سازد، تعمیم دادن نتایج حاصل از محاسبه مقدار تبخیر- تفرق مرجع در ایستگاه‌های هواشناسی به عنوان یک نقطه مشاهداتی، به کل سطح منطقه است. اصولاً به دلیل کوهستانی بودن منطقه و عدم دخالت دادن عواملی مانند ارتفاع، شیب و جهت ناهمواری، نتایج حاصل از درونیابی‌ها می‌تواند در مقدار صحت محاسبات موثر باشد.

منابع

۱. آخوندزاده، مهدی. سراجیان، محمدرضا. (۱۳۸۵)، «تهیه نقشه ضریب گسیل ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS». همایش ژئوماتیک ۸۵، تهران.
۲. اسمعیل پور، مرضیه، (۱۳۸۶)، «ارزیابی بیلان آب برای استفاده کشاورزی در حوضه جنوبی رود ارس»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۳. جامعی، مژده، حجام، سهراب (۱۳۸۷)، «ارزیابی روش‌های زمین آماری در برآورد منطقه‌ای تبخیر و تعرق مرجع - مطالعه موردی: استان خوزستان»، مجموعه مقالات سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
۴. جهانبخش اصل، سعید. موحد دانش، علی اصغر. مولوی، احد، (۱۳۸۰)، «تحلیل مدل‌های برآورد تبخیر- تعرق برای ایستگاه هواشناسی تبریز»، دانش کشاورزی، شماره ۲ جلد ۱۱، ۵۱-۶۵.
۵. دین پژوه، یعقوب، جهانبخش، سعید (۱۳۸۷)، «بررسی تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ایران با استفاده از روش هارگریوز»، مجموعه مقالات سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
۶. رحیم پور، الهام، بشارت، سینا، رضایی، حسین، (۱۳۸۷)، «استفاده از GIS در برآورد تبخیر و تعرق به روش پرایسلی- تیلور در حوضه نازلو چای»، مجموعه مقالات سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
۷. رحیمی خوب، علی. کوچک زاده، مهدی. محمدولی سامانی، جمال. شریفی، فرود. (۱۳۸۴)، «ارزیابی چند روش برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA در حوزه آبریز دریاچه ارومیه»، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۸، پائیز ۱۳۸۴.
۸. زاهدی، مجید. بیاتی خطیبی، مریم. (۱۳۸۷)، «هیدرولوژی»، انتشارات سمت.
۹. ساری صراف، بهروز. محمدی، غ. (۱۳۸۷)، «بررسی پراکنش خرده اقلیم‌ها در شمال غرب»، نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، ۱۵ صفحه.
۱۰. شفیعی فسقندیس، ابراهیم. ساری صراف، بهروز. جهانی، مقصود. مولوی، احد (۱۳۸۶)، «ارزیابی مدل‌های برآورد تبخیر- تعرق بالقوه برای منطقه اهر، فضای جغرافیایی، شماره ۲۰ زمستان.

۱۱. شهابی فر، مهدی، چایچی، مریم؛ کوچک زاده، مهدی، برآورد مقدار تبخیر در استان تهران با استفاده از زمین آمار و تکنیک سنجش از دور، مجموعه مقالات سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
۱۲. علی اصغر زاده، حسن، ثنائی نژاد، سیدحسین (۱۳۸۵)، «تخمین تبخیر- تعرق گیاهان با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه آبخیز تنگ کنشت کرمانشاه»، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی؛ دانشگاه شهید چمران اهواز.
۱۳. علیزاده ربیعی، حسن، (۱۳۷۲)، «سنجش از دور (اصول و کاربرد)»، انتشارات سمت.
۱۴. علیزاده، امین. کمالی، غلامعلی. خانجانی، محمدجواد. رهنورد، محمدرضا. «ارزیابی روش‌های برآورد تبخیر- تعرق در مناطق خشک ایران». فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، ۹۷-۱۰۵.
۱۵. علیزاده، امین. (۱۳۸۷)، «اصول هیدرولوژی کاربردی»، چاپ هفدهم، انتشارات استان قدس رضوی.
۱۶. لو، ژان، ترجمه مجید زاهدی، (۱۳۷۸)، «هیدرولوژی آب‌های سطحی»، انتشارات آناس.
۱۷. لیل‌سند، تامس. کیفر، رالف. ترجمه حمید المامیریان، (۱۳۸۰)، «پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای»، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح.
۱۸. مباشری، محمدرضا. (۱۳۸۶)، «ارائه روشی جهت معتبر سازی داده‌های لندست ETM+7 برای برآورد تبخیر- تعرق پس از معیوب شدن تصحیح کننده خط اسکن SLC»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، تابستان، ۸۵-۹۵.
۱۹. مباشری، محمدرضا، (۱۳۸۵)، «مبانی فیزیک در سنجش از دور و فناوری ماهواره»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
۲۰. مباشری، محمدرضا، خاوریان، حسن، ضیائی‌ان، پرویز، کمالی، غلامعلی (۱۳۸۴)، «برآورد تبخیر و تعرق واقعی با استفاده تصاویر MODIS و الگوریتم سبال»، همایش ژئوماتیک ۸۴.
۲۱. میذر، پل ام. ترجمه محمد نجفی دیسفانی، (۱۳۷۷)، «پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور»، انتشارات سمت.

22. Alavipanah1, S. K. Saradjian, M., Savaghebi, Gh. R. Komaki1, Ch. B. Moghimi, E. Karimpour Reyhan, M., (2007), "Land Surface Temperature in the Yardang Region of Lut Desert (Iran) Based on Field Measurements and Landsat Thermal Data", *J. Agric. Sci. Technol.* Vol. 9: 287-303.

23. Allen, R.G., M. Tasumi, A. Morse. (2005), "Satellite-based Evapotranspiration by METRIC and Landsat for western estates water management", US Bureau Reclamation Evapotranspiration Workshop.
24. Bastiaanssen, W.G.M., (2000), "Sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Western Turkey", *J. of Hydr.* 229: 87-100
25. Brunsell, N. A and R.R. Gillies. (2002), "Incorporation of surface emissivity into a thermal atmospheric correction", *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 68, 12, 1263-1269.
26. Caselles.V, M. Artigoa. M, (1998), "Mapping Actual Evapotranspiration by Combining Landsat TM and NOAA-AVHRR Images: Application to the Barrax Area, Albacte, Spain", *Remote Sensing of Environment* 63:1-10.
27. Engeman. E.T, Gurney.R.J, (1991), "*Remote Sensing in Hydrology*", Chapman and Hall, 85-99.
28. Granger, R.J, (1999), "Satellite-derived estimation of evapotranspiration in Gediz basin", *Journal of Hydrology* 229, 70-76.
29. Loukas, Athanasios Vasiliades, et.al, (2005), "Basin-wide actual evapotranspiration estimation using NOAA/AVHRR satellite data", *Physics and Chemistry of the Earth* 30: 69-79.
30. Ramos, J.G. Cratchley, et.al. (2008), "Evaluation of satellite evapotranspiration estimates using ground-meteorological data available for the Flumen District into the Ebro Valley of N.E. Spain", *Agricultural Water Management*, AGWAT-2701.
31. Rossato, L. (2005), "Evapotranspiration estimation in the Brazil using NDVI data", INPE ePRINT vol 09- 17.
32. Sa'nchez, J.M. Scavone, G . Caselles, V. Valor, E. Copertino, V.A.Telesca, V. (2008), "Monitoring daily evapotranspiration at a regional scale from Landsat-TM and ETM+ data: Application to the Basilicata region", *Journal of Hydrology*, 351, 58- 70.
33. Schuurmans, J.M., et.al, (2003), "Assimilation of remotely sensed latent heat fluxes in a distributed hydrological model, *Adv. in Water Resources*, Vol. 26 (2): 151-159.
34. Scott, C.A., W.G.M. Bastiaanssen and M.D. ud-Din Ahmad, (2003), "Mapping root zone soil moisture using remotely sensed optical imagery", *ASCE Irrigation and Drainage Engineering*, 129 (5): 326-335.

35. Sobrino, J.A. (2004), "Single-channel and two-channel methods for land surface temperature retrieval from DAIS data and its application to the Barrax site". *Int. J. Remote Sensing*, Vol 25, No1, 215-230.
36. Teixeira, A.H. de C, Bastiaanssen, W.G.M., Ahmad, M.D., Bos, M.G., (2008), "Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the low-middle São Francisco River basin, Brazil", Part B: Application to the regional scale, *Agricultural and Forest Meteorology*, AGMET-3974, P 14.
37. Tsouni.A, Kontoes. Ch, Koutsoyiannis. D, Mamas. N, (2008), "Estimation of Actual Evapotranspiration by Remote Sensing: Application in Thessaly Greece", *Sensors*, 8, 3586-3600.