



دانشگاه گواران و منابع آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره دوم، ۱۳۹۳
<http://jwsc.gau.ac.ir>

تعیین نیاز آبی گیاهان الگوی کشت شبکه آبیاری با استفاده از ArcET (مطالعه موردی: دشت درودزن فارس)

* مهدی ذاکری‌نیا^۱، خلیل قربانی^۱ و ابوطالب هزارجریبی^۱

^۱ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۴

چکیده

از آنجا که بخش اعظم مصرف آب به بخش کشاورزی اختصاص دارد، با بهبود مدیریت مصرف آب در این بخش می‌توان به‌نحو قابل‌ملاحظه‌ای در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. یکی از پارامترهای مهم در مدیریت آبیاری، تبخیر و تعرق گیاهان در منطقه می‌باشد. دقت و سرعت در امر محاسبه این پارامتر نقش به‌سزایی در تصمیم‌گیری و تخصیص آب به کشاورزی دارد. در این پژوهش با استفاده از ابزار مدیریتی ArcET در محیط ArcGIS به برآورد تبخیر و تعرق گیاهان در حدود ۷۰۰۰ هکتار از اراضی که توسط مسیری ۴۰۰۰ متری از کانال اردیبهشت واقع در شبکه آبیاری زهکشی درودزن تغذیه می‌شوند، پرداخته شده است. به این منظور با ورود پارامترهای هواشناسی ایستگاه‌های منطقه، موقعیت ایستگاه‌ها و رقوم ارتفاعی در محیط ArcET، نقشه تبخیر تعرق گیاه مرجع تعیین و با اعمال ضرایب گیاهی با توجه به الگوی کشت موجود، تبخیر تعرق گیاهان منطقه به‌دست آمده است. همچنین از روش سند ملی آبیاری کشور نیز برای محاسبه تبخیر تعرق گیاهان شبکه مورد مطالعه استفاده شد. مقایسه نتایج این دو روش نشان داد که روش ArcET مقدار نیاز آبی گیاهان را در بیش‌تر موارد کم‌تر برآورد نمود و استفاده از این روش در اراضی تحت آبیاری کانال اردیبهشت باعث صرفه‌جویی حدود ۴۴۳۹۰۶ مترمکعب در سال خواهد گردید. به‌طوری‌که می‌توان از این صرفه‌جویی، مساحتی حدود ۸۰ هکتار دیگر از اراضی به زیر کشت برد. استفاده از ابزار ArcET، باعث سرعت و دقت بیش‌تری در برآورد مقدار آب مورد نیاز کانال‌های آبیاری شده و در عین حال یک بانک اطلاعاتی منظم از پارامترهای موجود در شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایجاد نمود.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، شبکه آبیاری و زهکشی، ArcET، GIS.

* مسئول مکاتبه: a_zakerinia@yahoo.com

مقدمه

ایران کشوری است که از نظر اقلیمی جز کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. به طوری که متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر (حدود یک‌سوم بارش متوسط جهان را دارا می‌باشد) که میانگین تبخیر آن دو برابر میزان بارندگی است و حجم متوسط ریزش‌های جوی آن بین ۳۷۰-۴۰۰ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد. علاوه بر این، میزان بارش در سطح کشور از نظر توزیع مکانی نیز نوسانات زیادی دارد، به طوری که در شرایط نرمال، بارندگی سالیانه از حدود ۱۸۰۰ میلی‌متر در بخش‌هایی از نوار ساحلی دریای خزر تا کم‌تر از ۵۰ میلی‌متر در نواحی مرکزی نوسان دارد (تکاملی و همکاران، ۲۰۰۴). از طرف دیگر با توجه به این که در کشور ما بخش کشاورزی بیش‌ترین سهم از کل آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد، بنابراین با بهبود مدیریت مصرف آب در این بخش و افزایش راندمان مصرف آن، می‌توان در مصرف آب به نحو قابل‌ملاحظه‌ای صرفه‌جویی کرد. یکی از روش‌هایی که باعث بهبود مدیریت مصرف آب و در نهایت افزایش راندمان آب مصرفی می‌شود، برآورد دقیق تبخیر و تعرق یا تخمین میزان آب مصرفی گیاهان می‌باشد. تبخیر و تعرق یکی از مؤلفه‌های اصلی بیلان آبی هر منطقه و همچنین یکی از عوامل کلیدی برای برنامه‌ریزی درست و مناسب آبیاری برای بهبود راندمان آب مصرفی در اراضی فاریاب می‌باشد (لی و همکاران، ۲۰۰۳). تبخیر و تعرق به همان اندازه که در محاسبه نیاز آبی اراضی زارعی مهم است برای دانشمندان علم هیدرولوژی نیز اهمیت دارد. بنابراین با توجه به اهمیت عامل تبخیر و تعرق، لازم است این پارامتر تا حد امکان به‌طور دقیق برآورد شود. روش‌های زیادی برای محاسبه میزان تبخیر و تعرق در شرایط اقلیمی و جغرافیایی مختلف با استفاده از داده‌های هواشناسی توسعه داده شده و مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. این روش‌ها از روابط تجربی ساده گرفته تا روش‌هایی که اساس فیزیکی پیچیده‌ای دارند، متغیر می‌باشند. چون بیش‌تر این روش‌ها از داده‌های نقطه‌ای برای تخمین تبخیر و تعرق استفاده می‌کنند (جنسن و همکاران، ۱۹۹۰)، بنابراین فقط مناسب مناطق محلی بوده و به‌خاطر طبیعت پویا و تغییرات منطقه‌ای تبخیر و تعرق، قابل‌تعمیم به مناطق با وسعت زیاد نمی‌باشند. از این‌رو باید از روشی که قابلیت عمومیت بخشیدن به داده‌های نقطه‌ای برای مقیاس منطقه‌ای را داشته باشد، استفاده نمود (لی و لیونز، ۱۹۹۸؛ لی و لیونز، ۲۰۰۲). سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در دهه‌های اخیر به‌علت گسترش چشم‌گیر امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری بسیار متداول شده و به‌عنوان ابزاری قدرتمند در جمع‌آوری، مدیریت، تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی و غیرمکانی در زمینه‌های مختلف مورد استفاده

قرار گرفته است. با توجه به همه عوامل دخیل در مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌ها و قابلیت‌های GIS، تهیه بانک اطلاعاتی در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی بخش عمده‌ای از خواسته‌های موردنظر را تأمین نموده و ابزار تصمیم‌گیری مناسبی را مهیا می‌سازد. همچنین سنجش از دور این قابلیت را دارد که ضمن تخمین مقدار تبخیر و تعرق، حتی توزیع مکانی (فضایی) آن را مورد بررسی قرار دهد، زیرا تنها فناوری است که می‌تواند پارامترهای معروفی مانند دمای سطحی، ضریب آلیبدو و شاخص گیاهی را به صورت منطبق یا سازگار با محیط استخراج کرده و همچنین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد (کاستاس و نورمن، ۱۹۹۶). هر چند که در سال‌های اخیر برخی از پژوهشگران امکان محاسبه ET با استفاده از سنجش از دور را که می‌تواند محدوده جغرافیایی وسیعی را پوشش دهد، مورد بررسی قرار داده‌اند (پرایس، ۱۹۹۰؛ ساکدروف و اتل، ۱۹۹۰؛ باستیانسن، ۲۰۰۰)، اما برخی از نتایج به دلیل اشکال در فرکانس‌های ماهواره‌ها و شرایط گوناگون آب و هوایی دارای نواقصی هستند. در واقع استفاده از این روش‌ها نمی‌تواند اطلاعات مربوط به محاسبه ET که وابسته به پارامترهای تغییرپذیر و غیرقابل پیش‌بینی آب و هوایی در آینده هستند را به‌طور مجزا در محاسبه تبخیر و تعرق تأثیر دهند و در بسیاری از مطالعات مانند برنامه‌ریزی‌های بلندمدت منابع آبی، محاسبه تبخیر و تعرق باید با در نظر گرفتن پارامترهای آب و هوایی، کاربری اراضی و الگوی کشت انجام گیرد. رووا و همکاران (۲۰۰۴) یک سامانه تصمیم‌گیری مبتنی بر GIS برای تخمین نیاز واقعی به هنگام در مقسم‌های آب ارایه نمودند. که نیازمند داده ایستگاه هواشناسی، پیش‌بینی هواشناسی و اطلاعات توزیع آب مزارع و گیاهان بود. دیانی و همکاران (۲۰۰۳) سیستم اطلاعات جغرافیایی شبکه آبیاری و زهکشی کوثر در جلگه خوزستان را با مساحت ۱۶۳۵۰ هکتار را تهیه نمودند که قابلیت به‌هنگام‌سازی اطلاعات و ترکیب لایه‌های مختلف را دارا بود. ایشان بیان نمودند که در سامانه نام برده با انتخاب مزرعه و یا آبیگر آب مورد نیاز در آن نقطه، میزان آب مورد نیاز را بسته به دور آبیاری انتخابی، الگوی کشت و درصد کشت هر گیاه، راندمان آبیاری و ماه تغییر دهد. با توجه به نکات نام برده، برای محاسبه تبخیر و تعرق معمولاً باید از داده‌های هواشناسی و انرژی تابشی ورودی به زمین، داده‌های کاربری اراضی و ضرایب گیاهی استفاده نمود که در حال حاضر دسترسی به پایگاه داده‌های این پارامترها به راحتی امکان‌پذیر است. اما برای این‌که میزان تبخیر و تعرق در مناطق مختلف به‌دست آید، باید از توزیع مکانی این داده‌ها کمک گرفته و با ترکیب پارامترها در مناطق مختلف ET تعیین گردد (زیلر، ۲۰۰۱). البته استفاده از GIS در مدیریت و بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی نیز

در سال‌های اخیر رو به گسترش است (آمور و همکاران، ۲۰۰۲؛ اصغرزاده و ثنائی‌نژاد، ۲۰۰۶؛ الوانکار و همکاران، ۲۰۰۰؛ تکاملی و همکاران، ۲۰۰۴؛ دیانی و همکاران، ۲۰۰۳). سارنگی و همکاران (۲۰۰۱) امکان استفاده از سامانه‌های GIS در مدیریت آبیاری و حوضه آبریز را مورد بررسی قرار دادند. سانتی و همکاران (۲۰۰۵)، استفاده از GIS به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی و برنامه‌ریزی تقاضای آب مورد استفاده در شبکه آبیاری استفاده نمودند.

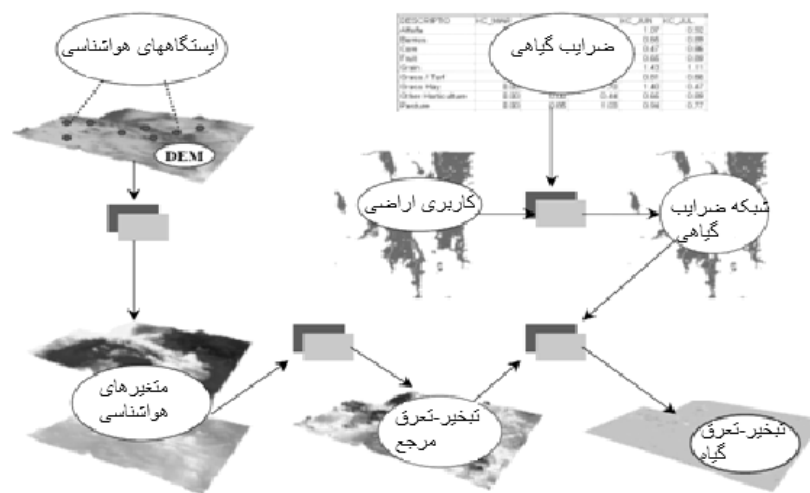
در سال‌های اخیر در محیط ArcMap ابزاری توسعه داده شده که می‌توان از آن برای محاسبه تبخیر و تعرق منطقه‌ای براساس داده هواشناسی وابسته به زمین استفاده نمود (لی و همکاران، ۲۰۰۳). در این ابزار که آن را ArcET نام‌گذاری نمودند، امکان عملی برای درون‌یابی داده‌های هواشناسی در منطقه موردنظر و محاسبه ET مرجع با یکی از روش‌های استاندارد محاسبه آن به‌وجود آمد. که با ترکیب آن با ضرایب گیاهی مربوط به پوشش گیاهی می‌تواند برای محاسبه تبخیر و تعرق مورد استفاده در مدل‌سازی هیدرولوژیکی و یا برنامه‌ریزی بلندمدت مصرف آب، به‌کار گرفته شود. بنابراین در این پژوهش از بسته نرم‌افزاری ArcET به‌منظور محاسبه تبخیر تعرق منطقه‌ای در شبکه آبیاری زهکشی دشت درودزن استان فارس استفاده شده است و نتایج آن با روش سند ملی آبیاری کشور که به‌صورت نقطه‌ای تبخیر و تعرق را محاسبه می‌نماید، مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

سد مخزنی درودزن واقع در استان فارس بر روی رودخانه کر واقع شده و با تنظیم ۱۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال، توانایی آبیاری ۷۶ هزارهکتار از اراضی پایین‌دست را داراست. کانال اردیبهشت در فاصله ۲۲ کیلومتری از سد درودزن قرار گرفته که با دبی طراحی ۱۱ مترمکعب بر ثانیه ۷۰۰۰ هکتار از اراضی پایین‌دست خود را پوشش می‌دهد.

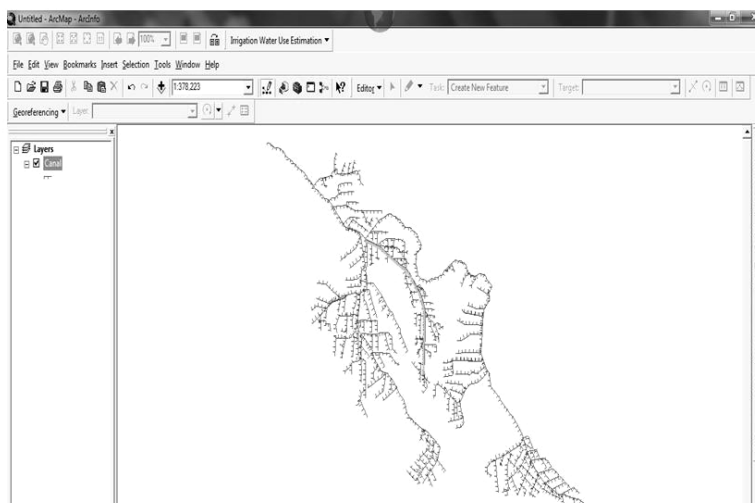
اولین گام برای کمک گرفتن از سامانه اطلاعات جغرافیایی برای تصمیم‌گیری درست و مصرف بهینه آب در مزارع تحت پوشش شبکه ورود داده‌های خام شبکه و ایجاد هر کدام از این داده‌ها در لایه اطلاعاتی جداگانه است. چارچوب پایگاه داده سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) شامل داده هواشناسی، کاربری اراضی و ضرایب گیاهی در منطقه مورد مطالعه فراهم شد (شکل ۱). به‌منظور تعیین تعیین تبخیر-تعرق در هر قسمت از شبکه مورد مطالعه در محیط GIS از ضمیمه ArcET موجود در آن استفاده شد (ابزاری است که برای تعیین تبخیر و تعرق و سایر خصوصیات گیاهان به‌کار

می‌رود (لی و همکاران، ۲۰۰۳). لایه‌های به‌کار رفته شامل لایه سامانه کانال‌های آبیاری شبکه (کانال‌های اصلی و فرعی)، لایه مربوط به نحوه تقسیم‌بندی مزارع، لایه سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی، لایه داده مربوط به کاربری اراضی و پوشش گیاهی و لایه داده‌های مربوط به ضریب گیاهی می‌باشد. داده‌های هواشناسی با روش کریجینگ درونیابی شده و سپس از آن‌ها برای محاسبه تبخیر تعرق گیاه مرجع استفاده گردید. سپس جدول‌های ضرایب گیاهی برای تعیین ضریب گیاهی پوشش‌های مختلف گیاهی در هر قسمت از شبکه مورد مطالعه تهیه شد. ترکیب ضرایب گیاهی و تبخیر تعرق گیاه مرجع از ارکان اصلی محاسبه ET گیاهان مورد کشت می‌باشد که در مرحله بعدی انجام شد.



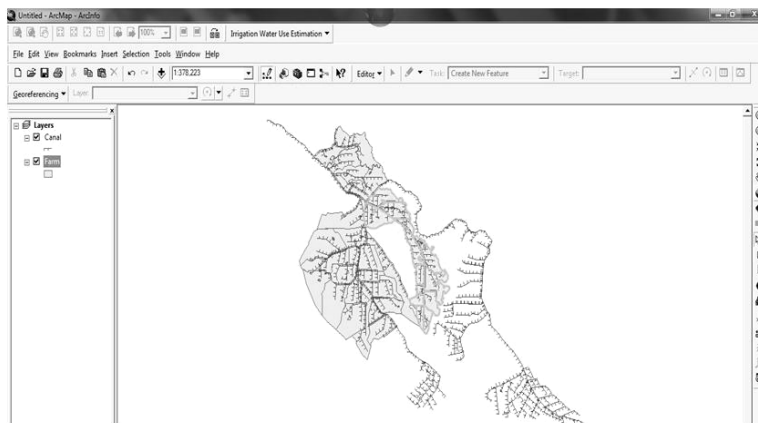
شکل ۱- ایجاد پایگاه داده GIS برای تعیین تبخیر تعرق گیاهان در یک منطقه.

نخستین گام برای شناسایی مزارع و الگوی کشتی که توسط کانال اردیبهشت آبیاری می‌شدند، مشخص نمودن این مزارع در یک لایه اطلاعاتی جداگانه بود. به این منظور لایه اطلاعاتی مربوط به کانال‌ها و اطلاعات مربوط به تقسیم‌بندی مزارع به‌صورت لایه‌های جداگانه وارد ArcMAP شد. ابتدا کانال اردیبهشت بر روی نقشه در لایه مربوط به کانال‌ها مشخص شد (شکل ۲) و سپس مزارعی که توسط آن تغذیه می‌شوند شناسایی و در یک لایه جداگانه ذخیره شدند.



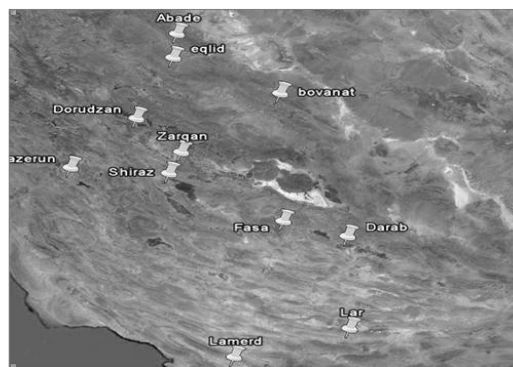
شکل ۲- مشخص نمودن کانال اردیبهشت در شبکه کانال‌های آبیاری دشت درودزن.

در مرحله بعد به کمک اطلاعات دریافتی از منطقه، محدوده‌ای که توسط کانال نام‌برده آبیاری می‌شد در محیط سامانه مشخص گردید (شکل ۳).



شکل ۳- مزارعی که از کانال اردیبهشت تغذیه می‌شوند.

برای آماده‌سازی ArcET برای محاسبه ET مراحل زیر انجام شد: الف) درون‌یابی توزیع مکانی داده‌های هواشناسی، ب) محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در هر سلول شبکه، ج) تولید ضرایب گیاهی با استفاده از اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی و د) ترکیب تبخیر و تعرق گیاه مرجع و ضرایب گیاهی برای هر سلول شبکه. برای اطمینان از این‌که کاربران از هر منطقه بتوانند از این ابزار برای کارهای خود استفاده نمایند، یک مجموعه از روش‌های محاسبه ET مرجع در نرم‌افزار قرار داده شده است. کاربران ممکن است یک روش خاص را براساس دسترسی به اطلاعات و شرایط عوارض و آب و هوای منطقه انتخاب کنند. روش‌های محاسبه ET مرجع شامل موارد زیر می‌باشد: معادله پنمن- مونتیت فائو ۵۶، معادله پنمن- مونتیت براساس ASCE، معادله هارگریوس ۱۹۸۵، معادله بلینی- کریدل اصلاح شده SCS، و روش پریتلی- تیلور. در این پژوهش از روش معادله پنمن- مونتیت فائو ۵۶ به‌عنوان روشی که اعتبار جهانی دارد، استفاده شد. به‌منظور به‌دست آوردن اطلاعات ضرایب گیاهی، ابتدا داده‌های زیر تامین گردید: ۱- جداول داده‌های آب و هوایی که شامل سری‌های زمانی داده‌های آب و هوایی می‌باشد، ۲- یک نقشه رقومی شده به‌صورت فایل شکلی^۱ که مکان ایستگاه‌های هواشناسی را مشخص می‌نماید، ۳- مدل ارتفاعی رقومی منطقه (DEM)، ۴- یک نقشه رقومی شده که توسط پلی‌گن‌ها کاربری اراضی را نشان می‌دهد، ۵- جدول ضرایب گیاهی مربوط به گیاهان کشت شده در منطقه موردنظر. نخستین داده ورودی به ArcET جدول داده‌های آب و هوایی است، این اطلاعات دمای ماکزیمم و مینیمم ماهانه و میزان بارندگی است که از ۱۱ ایستگاه هواشناسی شامل ایستگاه سد درودزن، شیراز، فسا، آباد، اقلید، کازرون، لامرد، لار، بوانات، داراب و زرقان در منطقه جمع‌آوری شده است (شکل ۴).



شکل ۴- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه موردنظر.

1- Shapefile

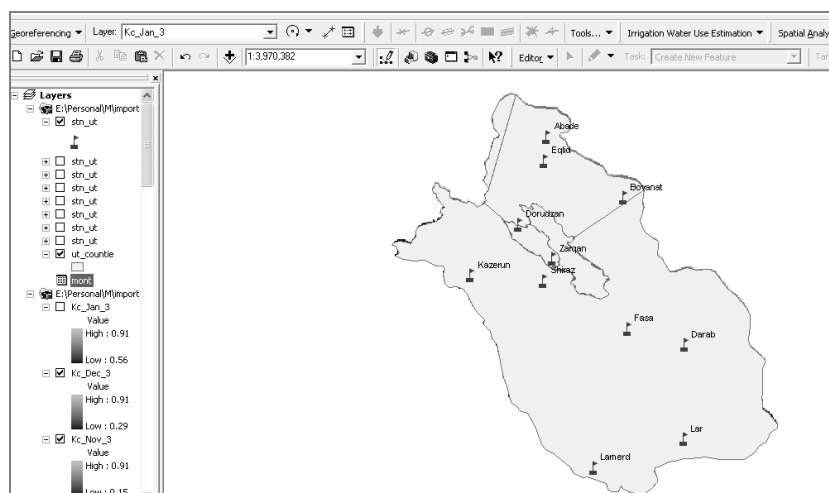
نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۲) ۱۳۹۳

همچنین شکل ۵ نمونه‌ای از داده‌های هواشناسی را که برای ArcET مورد استفاده قرار گرفته است، را نشان می‌دهد.

Attributes of mont																				
OID	STN	TM_JAN	TM_FEB	TM_MAR	TM_APR	TM_MAY	TM_JUN	TM_JUL	TM_AUG	TM_SEP	TM_OCT	TM_NOV	TM_DEC	TM_JAN	TM_FEB	TM_MAR	TM_APR	TM_MAY	TM_JUN	TM
0	Abade	9.57	11.29	15.13	21.32	26.64	32.55	34.11	33.26	29.45	23.13	17	11.44	-3.16	-2.14	1.93	6.82	10.75	14.74	
1	Doruztan	8.74	11.31	15.99	21.8	27.9	33.82	36.17	35.42	32.19	26.14	18.39	12.1	-2.27	-0.99	3	7.72	12.42	16.6	
2	Zarqan	9.93	13.01	16.22	22.43	28.51	34.72	37.48	36.6	32.86	26.84	19.73	13.54	-1.38	0.071	2.82	6.77	10.41	14.13	
3	Shiraz	12.34	14.45	18.03	24.38	30.69	36.42	38.2	37.46	33.78	27.63	20.62	14.52	0.39	1.707	5.25	9.38	14.12	17.93	
4	Fasa	14.72	16.83	20.4	26.99	33.49	38.73	40	39.11	35.5	29.77	23.18	16.59	1.14	2.15	5.55	9.77	15.23	18.94	
5	Darab	16.7	17.402727	22.654545	28.709091	33.936364	38.5	41.936364	41.072727	36.472727	33.727273	26.8	20.018182	3.745455	4.981818	8.172727	11.472727	16.872727	21.663636	25.3
6	Eqlid	7.381818	8.2	13	16.745455	22.809091	28.118182	31.6	30.481818	28.263636	23.454545	16.309091	10.163636	-3.072727	-2.472727	1.318182	4.572727	9.254545	12.163636	16.0
7	Bovanat	8.444444	9.611111	14.311111	17.8	23.911111	29.244444	32.666667	31.433333	29.488889	24.144444	17.266667	11.477778	-2.911111	-1.233333	1.933333	5.244444	8.9	11.633333	15.9
8	Kazerun	16.6	16.916667	22.266667	26.45	31.75	37.233333	38.816667	39.083333	36.816667	34.683333	27.2	19.433333	4.683333	6	8.766667	12.716667	18.866667	22.783333	25.5
9	Lar	18.961212	20.109091	25.413636	30.009091	36.945455	41.472727	43.327273	42.409091	39.436364	35.036364	29.227273	22.081818	4.527273	5.045455	9.672727	13.627273	19.390909	23.136364	26.4
10	Lamerd	20.7	21.754545	27.518182	32.345455	38.363636	43.763636	45	43.581818	41.963636	38.090909	31.536364	23.909091	7.127273	8.1	11.181818	15.372727	20.463636	23.727273	26.1

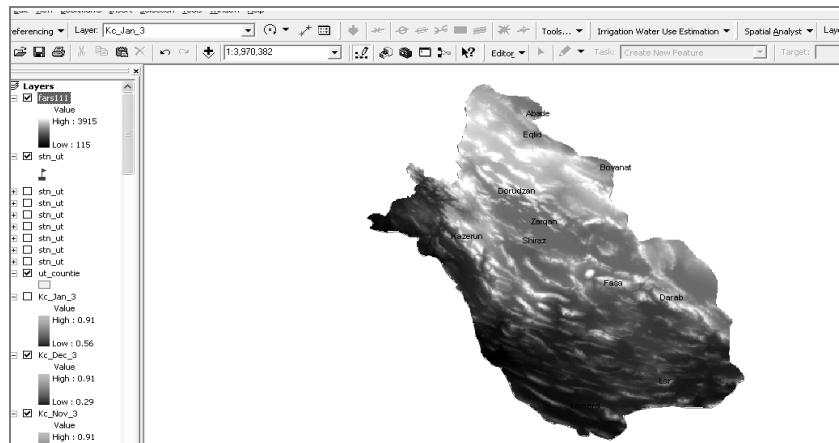
شکل ۵- داده‌های هواشناسی وارد شده به ArcET.

اطلاعات مربوط به موقعیت مکانی ایستگاه‌های هواشناسی با استفاده از اطلاعات مندرج در پایگاه هواشناسی استان فارس (علاوه بر داده‌های هواشناسی در هر ایستگاه، موقعیت جغرافیایی و ارتفاع هر ایستگاه از سطح دریا) استخراج گردید. شکل ۶، فایل شکلی مربوط به ایستگاه‌های موردنظر را نشان می‌دهد.



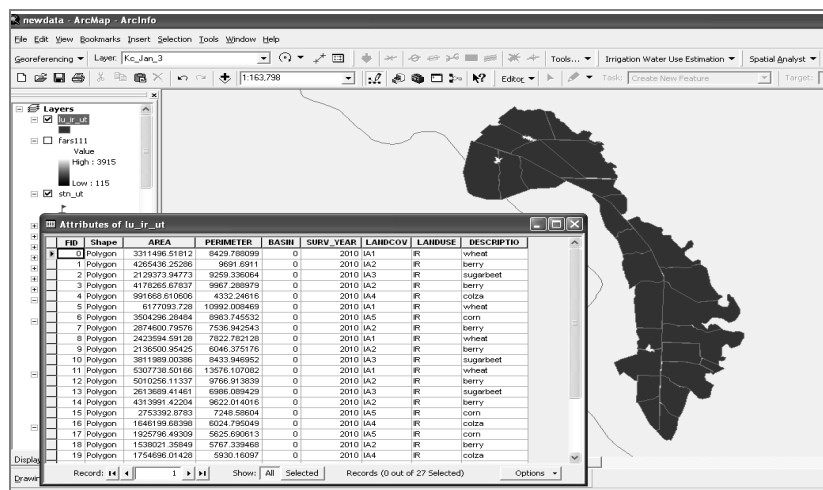
شکل ۶- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی منطقه در محیط GIS.

پس از آن مدل رقومی ارتفاع منطقه با استفاده از سایت سازمان نقشه‌برداری کشور به دست آمد (شکل ۷) و وارد نرم‌افزار ArcGIS برای استفاده در ArcET گردید.



شکل ۷- مدل رقومی ارتفاعی منطقه موردنظر.

اطلاعات مربوط به نحوه کاربری اراضی شامل الگوی کشت گیاهان در منطقه لایه اطلاعاتی بعدی است که در شکل ۸ نشان داده شده‌است. در مزارع انتخاب شده گیاهان گندم، کلزا، جو، چغندر قند و ذرت کشت شده‌بود که این اطلاعات نیز به صورت فایل شکلی به ArcET داده شد.



شکل ۸- کاربری اراضی در منطقه موردنظر.

سپس جدول ضرایب گیاهی گیاهان کشت شده در منطقه که شامل ضرایب گیاهی ماهانه گیاهان الگوی کشت شبکه شامل گندم، جو، چغندر قند، کلزا در طول دوره رشد از کاشت تا برداشت است وارد مدل شد. به منظور به دست آوردن اطلاعات ضرایب گیاهی توزیع شده، مراحل زیر انجام شد، الف) مراجعه به انواع گیاهان موجود در زمین فایل شکلی کاربری زمین، ب) تامین اطلاعات ضرایب گیاهی مرتبط با انواع گیاهان موجود، ج) اتصال ضرایب گیاهی سری زمانی به پلی‌گون‌های کاربری زمین و د) تبدیل خواص ضرایب گیاهی در لایه عوارض به بردار. شکل ۹ نمونه‌ای از ضرایب گیاهی را برای گیاهان مورد کشت در منطقه نشان می‌دهد.

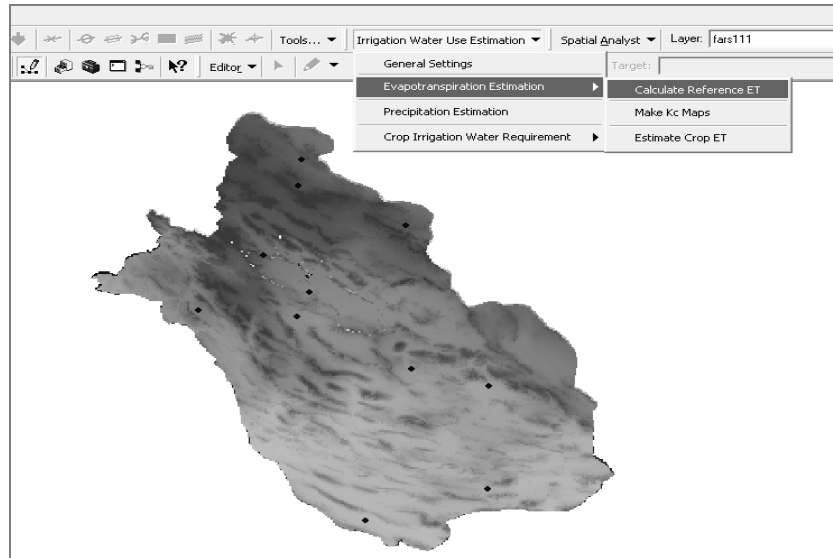
OID	DESCRPTIO	KC_JAN	KC_FEB	KC_MAR	KC_APR	KC_MAY	KC_JUN	KC_JUL	KC_AUG	KC_SEP	KC_OCT	KC_NOV	KC_DEC
0	Corn	0	0	0	0	0.11	0.48	1.11	1.15	0.85	0	0	0
1	sugarbeet	0	0	0	0.05	0.24	0.83	1.15	1.15	0.89	0.23	0	0
2	clover	0.91	0.97	1.121	1.082	0.858	0	0	0	0	0.91	0.91	0.91
3	wheat	0.6	0.83	1.05	1.1	1.03	0.23	0	0	0	0.05	0.16	0.35
4	berry	0.56	0.81	1.05	1.1	0.85	0.08	0	0	0	0	0.15	0.29
5	corn	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0
6	R	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0

شکل ۹- ضرایب گیاهی ورودی به ArcET

همچنین در ادامه مقادیر تبخیر و تعرق گیاهان نام‌برده به صورت نقطه‌ای و با توجه به سند ملی آبیاری و استفاده از نرم‌افزار NETWAT محاسبه گردید. این نرم‌افزار با توجه به آمار هواشناسی یک ایستگاه خاص به محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع پرداخته و سپس با در نظر گرفتن ضرایب گیاهی تبخیر و تعرق گیاه برای همان ایستگاه محاسبه می‌نماید.

نتایج و بحث

پس از آماده‌سازی داده‌های مورد نیاز به صورت لایه‌های اطلاعاتی، تبخیر و تعرق مرجع در بازه زمانی ماهانه استخراج گردید. به طور مثال تبخیر و تعرق ماه آگوست در سطح کل حوزه در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰- تبخیر- تعرق در سطح کل حوزه.

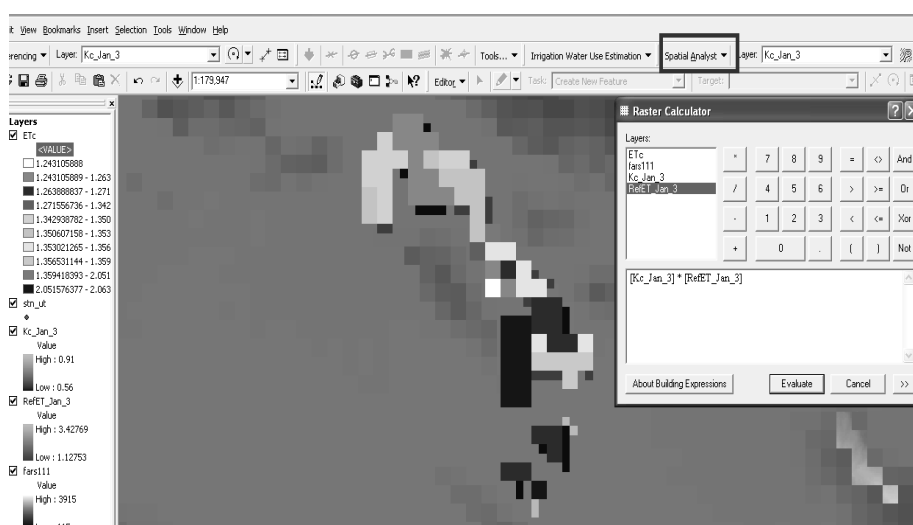
به‌عنوان نمونه مقادیر حداقل و حداکثر تبخیر و تعرق مرجع در ماه‌های مختلف در اراضی مورد نظر در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- مقادیر تبخیر- تعرق گیاه مرجع در اراضی تحت پوشش کانال اردیبهشت.

مقادیر تبخیر- تعرق مرجع (میلی‌متر بر ماه)	ماه	مقادیر تبخیر- تعرق مرجع (میلی‌متر بر ماه)	ماه
۲۲۲/۸۰-۲۰۸/۰۲	جولای	۶۳/۵-۵۷/۶۵	ژانویه
۲۱۱/۳۲-۲۰۲/۶۹	آگوست	۶۵/۷۸-۵۹/۶۹	فوریه
۲۷۲/۷۲-۱۶۳/۸۳	سپتامبر	۹۸/۸۰-۸۹/۴۰	مارس
۱۴۰/۹۷-۱۳۰	اکتبر	۱۳۷/۶۶-۱۲۷	آوریل
۸۸/۱۳-۵۳/۵۹	نوامبر	۱۸۱/۶۱-۱۶۷/۶۵	می
۶۵/۰۲-۵۸/۴۲	دسامبر	۲۰۹/۵۵-۱۹۷/۳۵	ژوئن

تبخیر و تعرق هر گیاه (ET_c) با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار ArcMap از حاصل ضرب داده‌های لایه‌های ET_0 و K_c محاسبه شد (مطابق با معادله رابطه ۱). به‌طور مثال شکل ۱۱ مقادیر ET_c برای ماه ژانویه را در قطعات کشاورزی موردنظر نشان می‌دهد.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (1)$$



شکل ۱۱- نمونه‌ای از مقادیر ET_c تعیین شده.

نتایج به‌دست آمده از محاسبه تبخیر تعرق گیاه مرجع و آب مورد نیاز برای آبیاری گیاهان منطقه با استفاده از ArcET، که می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی و زمان‌بندی آبیاری قرار گیرد. مقادیر نیاز آبی به‌صورت میانگین روزانه در ماه‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. مقادیر نیاز آبی با سند ملی توسط نرم‌افزار NETWAT استخراج شد.

مهدی ذاکری نیا و همکاران

جدول ۲- مقادیر نیاز آبی گیاهان (ET_c) بر حسب میلی‌متر بر روز برای الگوی کشت شبکه آبیاری تحت پوشش کانال اردیبهشت به دو روش سند ملی آب ایران و روش ArcET.

ماه	ذرت		چغندر		کلزا		جو		گندم	
	روش سند ملی	ArcET	روش سند ملی	ArcET	روش سند ملی	ArcET	روش سند ملی	ArcET	روش سند ملی	ArcET
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۱/۷۲	۱/۰۶	۱/۰۹	۰/۷	۱/۱۶	۰/۷۷
فوریه	۰	۰	۰	۰	۱/۹۶	۲/۰۳	۱/۷۴	۱/۵	۱/۷۷	۱/۵۳
مارس	۰	۰	۰	۰	۳/۴۴	۴/۰۸	۳/۲۲	۲/۵	۳/۲۲	۲/۵
آوریل	۰	۰	۱/۶	۰/۲۶	۴/۶۹	۴/۳۷	۴/۷۸	۴/۹۶	۴/۷	۴/۹۶
می	۰	۰	۲/۵	۱/۳۶۵	۴/۸۸	۶/۱۷	۴/۸	۵/۲	۵/۸۳	۶/۷۵
ژوئن	۲/۸۳	۲/۱	۶/۷۶	۵/۳۴	۰	۰	۰/۵۳	۲/۵	۱/۰۴	۱/۵۶
جولای	۳/۳۰	۳/۹۳	۸/۴	۸/۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آگوست	۵/۵۶	۴/۴۳	۷/۶۶	۷/۷۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سپتامبر	۵/۲۲	۶/۳۷	۵/۱۳	۴/۹۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اکتبر	۴/۲	۲/۶	۲/۷	۱/۱۶	۳/۸۱	۳/۲۲	۰	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۸
نوامبر	۰	۰	۲/۴۸	۰	۲/۲۲	۲/۲۲	۰/۴	۰/۶	۰/۴۲	۰/۶۳
دسامبر	۰	۰	۱/۸۲	۰	۱/۶۵	۱/۶۵	۰/۵۷۲	۰/۴۶	۰/۶۴	۰/۵

به دلیل تفاوت در ارقام داده‌های هواشناسی مورد استفاده در نرم‌افزار ArcET و روش سند ملی تفاوت در محاسبه نیاز آبی این دو روش نیز قابل انتظار است. لازم به توضیح است که در روش نرم‌افزار ArcET از داده‌های هواشناسی به‌هنگام ایستگاه‌ها استفاده می‌شود و در روش سند ملی از میانگین داده‌های بلندمدت ۳۰ ساله هواشناسی برای تعیین تبخیر و تعرق استفاده شده است که خود مبنای تفاوت در نتایج این دو روش خواهد بود. آنچه مهم است آن‌که استفاده از داده‌های به‌هنگام هواشناسی برای تعیین نیاز آبی گیاهان به دلیل در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی فعلی منطقه بر داده‌های بلندمدت برتری دارد. در ادامه با توجه به مقادیر نیاز آبی محاسبه شده با دو روش نام‌برده، تفاوت این دو روش براساس معیارهای ارزیابی خطای شامل ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین خطای اریبی (MBE) و نیز ضریب همبستگی آماری برای دو روش مقایسه گردید (جدول ۳).

جدول ۳- مقادیر پارامترهای معیار ارزیابی خطا بین دو روش ArcET و سند ملی آب ایران.

محصول	MBE	R ^۲	RMSE
گندم	۰/۱۱۱	۰/۹۴۶	۰/۵۰۷
جو	۰/۱۶۱	۰/۸۲۱	۰/۷۷۹
کلزا	۰/۵۸	۰/۵۲۵	۱/۳۴
چغندر	۱/۷	۰/۵۷۵	۲/۵
ذرت	-۰/۳۳۶	۰/۵۱۲	۱/۱۰۴

نتایج نشان داد که ریشه میانگین مربعات خطای دو روش برای گندم در طول سال حداقل اختلاف را دارد (حدود ۰/۵ میلی‌متر در روز)، این خطا برای جو نیز حدود ۰/۷۷ میلی‌متر محاسبه گردید. اما برای کلزا، چغندر و ذرت مقداری بزرگ‌تر از ۱/۱ میلی‌متر را داراست. این در حالی است که مقدار خطای اریبی در محصولات گندم، جو، کلزا و چغندر مثبت ولی در ذرت منفی محاسبه گردید. مقادیر مثبت به آن معنی است که نیاز آبی در روش سند ملی آبیاری از مقادیر محاسبه شده توسط نرم‌افزار ArcET بیش‌تر به دست آمده است. بنابراین با توجه به این نتایج می‌توان گفت استفاده از نرم‌افزار ArcET برای محاسبه تبخیر و تعرق منطقه‌ای، منجر به برآورد نیاز آبی کم‌تری برای همه گیاهان به جز ذرت شده است. مقادیر ضریب همبستگی نیز بیانگر نزدیک بودن برآورد نیاز آبی دو روش برای گندم و جو و اختلاف این برآورد برای بقیه گیاهان می‌باشد. به طوری که ضریب همبستگی برای کلزا، چغندر و ذرت کم‌تر از ۰/۵۶ می‌باشد.

همچنین جدول ۴ مقادیر مصرف سالانه آب در مزارع با الگوی کشت ذکر شده را در صورت استفاده از هر دو روش سند ملی و ArcET نشان می‌دهد.

مهدی ذاکری نیا و همکاران

جدول ۴- مقایسه مقادیر مصرف آب سالانه در مزارع گندم، جو، کلزا، چغندر و ذرت با دو روش سند ملی و ArcET.

تفاوت حجم آب مورد نیاز دو روش	حجم مصرف سالانه برای کل اراضی	کل مصرف سالانه	سطح زیرکشت	طول دوره رشد	میانگین روزانه
مترمکعب بر سال	مترمکعب بر سال	میلی‌متر	هکتار	روز	میلی‌متر
گندم					
۸۷۲۶۸/۳	۱۷۴۵۳۶۵	۵۳۳/۳۳	۳۲۷۲/۵۶	۲۴۰	۲/۲۲
	۱۶۵۸۰۹۷	۵۰۶/۶۷			۲/۱۱
جو					
۸۶۱۲۵/۹	۱۲۳۱۷۰۷	۵۰۵/۵	۲۴۳۱/۵۶	۲۲۰	۲/۳
	۱۱۴۵۵۸۱	۴۷۱/۱۳			۲/۱۴
کلزا					
۵۳۹۳۱/۷	۷۶۳۶۹۲/۸	۸۰۰/۵۳	۹۵۳/۹۸	۲۴۰	۳/۳۴
	۷۰۹۷۶۱/۱	۷۴۴			۳/۱
چغندر					
۲۵۳۱۴۸	۷۳۸۹۲۵/۵	۸۶۳/۷۹	۸۵۵/۴۵	۱۷۴	۴/۹۶
	۴۸۵۷۷۷/۱	۵۶۷/۸۶			۳/۲۶
ذرت					
-۳۶۵۶۸/۱۹	۴۲۲۹۲۸/۵	۵۱۶/۸۴	۸۱۸/۳	۱۳۳	۳/۸۹
	۴۵۹۴۹۶/۷	۵۶۱/۵۳			۴/۲۲

ستون سمت راست این جدول نیز تفاوت حجم آب استفاده شده بین دو روش را نشان می‌دهد. این مقادیر برای همه گیاهان به‌جز ذرت مثبت است. این به آن معنی است که در صورتی که برای برآورد تبخیر و تعرق منطقه‌ای از نتایج نرم‌افزار ArcET استفاده شود، در مصرف آب صرفه‌جویی خواهد شد. البته برای گیاه ذرت، مصرف آب در روش نام‌برده، بیش‌تر از روش سند ملی برآورد شده است. بیش‌ترین تفاوت حجم آب محاسبه شده با دو روش برای گیاه چغندر به‌دست آمده است. با توجه به این نتایج مشخص می‌گردد که با استفاده از روش ArcET برای محاسبه مقدار نیاز آبی گیاهان، در مجموع در اراضی که با این کانال آبیاری می‌گردد، حدود ۴۴۳۹۰۶ مترمکعب در سال صرفه‌جویی خواهد گردید. با این حجم آب ذخیره شده علاوه‌بر آن‌که کاهش محصول در شبکه روی نخواهد داد، شرکت بهره‌بردار آب شبکه قادر خواهد بود که حدود ۹۰ هکتار دیگر از اراضی منطقه را به‌طور مثال به زیر کشت گندم ببرد. البته تمامی این محاسبات براساس نیاز خالص آبیاری انجام شده و در صورتی که بتوان منابع دیگر هدررفت آب مانند تلفات انتقال آب، نفوذ عمقی و رواناب انتهایی در

مزارع را نیز مهار نمود (بالا تر بردن راندمان انتقال و کاربرد آب آبیاری)، اراضی وسیع‌تری را نیز می‌توان تحت کشت برد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از ابزارهای کمکی مانند ArcET، باعث ایجاد یک بانک اطلاعاتی مفید از پارامترهای موجود در شبکه‌های آبیاری و زهکشی شده و طراحان آبیاری را از سردرگمی در انجام محاسباتها می‌رهاند. در عین حال این روش باعث سرعت و دقت بیش‌تری در امور مدیریت آبیاری می‌شود. از تحلیل داده‌ها و به‌دست آوردن میزان تبخیر تعرق گیاه می‌توان نیاز آبی هر مزرعه را با توجه به نوع گیاه کاشته شده در آن مشخص نمود. این کار می‌تواند به‌عنوان یک ایده در برنامه‌ریزی آبیاری مدیران آبیاری مدنظر قرار گیرد و میزان آب مورد نیاز را در هر بازه زمانی و در هر محل مشخص با توجه به این مقادیر تعیین نمایند. این امر می‌تواند جانشین آبیاری با دوره‌های ثابت و یا عمق‌های ثابت شده و به صرفه‌جویی در مصارف آب کشاورزی و هزینه‌های ناشی از آن منجر شود. در این پژوهش از سند ملی آب نیز استفاده شد. مقایسه این دو روش نشان داد که در اراضی تحت آبیاری کانال اردیبهشت شبکه آبیاری و زهکشی سد درودزن، سند ملی آبیاری در بیش‌تر شرایط نیاز آبی را بیش‌تر از حد نیاز واقعی برآورد نموده است. با توجه به نتایج این پژوهش مشخص گردید در اراضی تحت آبیاری کانال اردیبهشت در صورت استفاده از روش ArcET، از محل صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توان حداقل ۸۰ هکتار به وسعت اراضی تحت کشت افزود. بنابراین تا زمانی تجهیزات مدرن هواشناسی در دسترس نباشد استفاده از روش سند ملی آب به نتایج مطلوبی در صرفه‌جویی آب ختم نمی‌شود.

منابع

1. Alvankar, R., Mousavizadeh, M.H., and Nazari, M. 2000. Application of GIS in water resources studies. Fourth Conference of Iranian Commission on Large Dams. Tehran, Iran.
2. Amor, V.M., Das Gupta, A., and Loof, R. 2002. Application of GIS and Crop Growth Model in Estimating Water Productivity. J. Agric. Water Manage. 54: 205-225.
3. Asgharzadeh, H.A., and Sanayinejad, S.H. 2006. Crop evapotranspiration Estimating using remote sensing data (RS) and Geographic information systems (GIS) in watershed Tang Konesht Kermanshah. National Conference on Irrigation and Drainage Networks. Shahid Chamran University of Ahvaz.
4. Bastiaanssen, W.G.M. 2000. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. J. Hydrol. 229: 87-100.

5. Dayani, S.H., Mohammadi, K., and Mousavizadeh, M. 2003. Application of GIS for optimal management of water consumption in irrigation and drainage networks. 11th National conferences of Iranian Committee on Irrigation and Drainage.
6. ESRI. 1995. On Line Documentation, Environmental Systems Research Institute, Glossary, 36p.
7. Holdstock, D.A. 1998. Basics of geographic information systems. J. Com. Civil Engin. 1: 1-4.
8. Jensen, M.E., Burman, R.D., and Allen, R.G. (ed). 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices No. 70., Am. Soc. Civil Engrs., New York, NY, 360p.
9. Kustas, W.P., and Norman, J.M. 1996. Use of remote sensing for evapotranspiration monitoring over land surfaces. J. Sci. Hydrol. 41: 495-516.
10. Li, F., and Lyons, T.J. 1998. Estimation of regional evapotranspiration through remote sensing. J. Appl. Meteorol. 38: 1644-1654.
11. Li, F., and Lyons, T.J. 2002. Remote estimation of regional evapotranspiration. Environmental Modeling and Software. 17: 61-75.
12. Li, S., Tarboton, D., and McKee, M. 2003. ArcET a GIS Package for Statewide Irrigation Water Use Estimation. Utah Water Research Laboratory, Utah State University and Utah Department of Natural Resources, Division of Water Resources.
13. Price, J.C. 1990. Using Spatial Context in Satellite Data to Infer Region Scale Evapotranspiration. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 25: 940-948.
14. Roa, N.H., Sheena, M.B., and Sarma, P.B.S. 2004. GIS-based decision support system for real time water demand estimation in canal irrigation systems. Current Science. 87: 5. 628-636.
15. Sarangi, A., Rao, N.H., Brownee, Sh.M., and Singh, A.K. 2001. Use of Geographic Information System (GIS) Tool in Watershed Hydrology and Irrigation Water Management. GIS Development. 5:8. 35-36.
16. Santhi, C., Muttiah, R.S., Arnold, J.G., and Srinivasan, R. 2005. A GIS-Based regional planning tool for irrigation demand assessment and savings using SWAT. Trans. ASAE. 48: 1. 137-147.
17. Sucksdorff, Y., and Otle, C. 1990. Application of satellite remote sensing to estimate areal evapotranspiration over a watershed. J. Hydrol. 121: 321-333.
18. Takamoli, A., Dayani, SH., Hejazi, H., and Mohammadi, K. 2004. Optimal management for operation of irrigation network Moghan pillesavar from GIS-based soil moisture balance. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage Workshop.
19. Zeiler, M. editor. 2001. Exploring ArcObjects. Vol 1. Application and Cartography. Redlands, CA: ESRI Press.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(2), 2014
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Crop water demand assessment for cropping pattern in irrigation network with ArcET (Case study: Droodzan basin, Fars Province)

***M. Zakerinia¹, Kh. Ghorbani¹ and A. Hezarjeribi¹**

¹Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of
Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 07/13/2013; Accepted: 05/25/2014

Abstract

Since much of water consumption is in the agricultural sector, so water management improvement in this sector can be substantial conservation in water consumption. The regional crop evapotranspiration (ET) is one of the main parameters in irrigation management. Accuracy and speed in calculation has major role in decision-making and allocation of water to the agricultural lands. In this study (ET) is determined with ArcET as a management option in ArcGIS in around 7000 hectare of land that irrigated with 4000 meters of Ordibehesht channel of Droodzan irrigation and drainage network. For this reason, crop reference Evapotranspiration map is constructed by inputting the regional climatology parameters, situation of stations, elevation of stations in ArcET and ET is determined with respect to Crop coefficient (K_c) for crops pattern for all over the region. Also irrigation national document is used for network ET calculation. Results showed that use of ArcET manner caused to determine the crop water requirement less than the irrigation national document ET manner. In addition, use of ArcET result for land under irrigation of Ordibehesht channel cause to save 443906 m³ water per year in network, and around 80 hectare of new land could be irrigated with this saved water. Furthermore use of ArcET caused to determine the amount of water flow for irrigation canals with high speed and accuracy and also created a perfect information bank for irrigation and drainage networks parameters.

Keywords: ArcET, Evapotranspiration, GIS, Irrigation and drainage network

* Corresponding Author; Email: a_zakerinia@yahoo.com