



بررسی بیلان آب زیرزمینی در دشت ورامین با استفاده از الگوریتم SUTSEBAL مبنی بر تکینیک‌های سنجش از دور

فائزه خاکبازان فرد^۱، مریم عمامزاده^۲، مسعود تجریشی^۳

۱- کارشناس ارشد منابع آب دفتر مطالعات آب و محیط‌زیست دانشگاه صنعتی شریف

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران و مسئول دفتر مطالعات آب و محیط‌زیست دانشگاه صنعتی شریف

آدرس پست الکترونیکی مولف رابط (Faezehkhakbazan@yahoo.com)

چکیده

یکی از نیازهای رشد و توسعه هر کشور آب است. آب نه فقط برای گسترش شهرها و صنایع لازم است، بلکه یکی از عوامل توسعه کشاورزی نیز به شمار می‌آید. تبخیر تعرق یکی از فرآیندهای اساسی هیدرولوژیکی از منظر کشاورزی بوده و میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی برابر تبخیر و تعرق از سطح زمین‌های کشاورزی می‌باشد. از آنجا که آب مصرفی در بخش کشاورزی یکی از اجزای اساسی بیلان آب است، توجه به این پارامتر در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب و توسعه آبیاری از اهمیت بالایی برخوردار است. شهرستان ورامین که در ۳۰ کیلومتری جنوب شرق تهران قرار گرفته دارای قدمت کشاورزی بوده و یک بازوی تامین کننده محصولات کشاورزی نه فقط برای تهران بلکه سایر نقاط کشور نیز به شمار می‌رود. دشت ورامین از پتانسیل‌های آبی و خاکی بسیار خوبی برخوردار و مستعد کشاورزی بوده و می‌باشد. لیکن در دو دهه‌ی اخیر به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از آبهای زیرزمینی افت سطح آبهای تحت‌الارضی به طور قابل ملاحظه دیده می‌شود. در این مقاله ابتدا ضمن توسعه یک مدل بیلان انرژی همانند الگوریتم SEBAL تحت عنوان الگوریتم SUTSEBAL، آب مصرفی در بخش کشاورزی در دشت ورامین تخمین زده شده است. در مرحله بعد با مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی دشت ورامین با استفاده از مدل MODFLOW، بیلان آب زیرزمینی در دشت ورامین در سال‌های آبی ۸۱-۸۲ تا ۸۳-۸۴ مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت، دقت نتایج حاصله، با داده‌های مشاهداتی موجود از چاههای پیزومتریک، با استفاده از شاخص‌های آماری مختلف سنجیده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مجموع کاهش حجم منابع آب زیرزمینی در دشت ورامین در سال‌های مذکور معادل ۳۵۵ میلیون مترمکعب می‌باشد که معادل ۱۰ متر افت در تراز آب زیرزمینی است.

واژگان کلیدی: بیلان آب زیرزمینی، الگوریتم SUTSEBAL، تکینیک‌های سنجش از دور، دشت ورامین

۱. مقدمه

یکی از نیازهای رشد و توسعه هر کشور آب است. آب نه فقط برای گسترش شهرها و صنایع لازم است، بلکه یکی از عوامل توسعه کشاورزی نیز به شمار می‌آید. محدودیت منابع آب و استفاده نامطلوب از آن، عامل اصلی محدودکننده توسعه کشاورزی و افزایش تولیدات غذایی در ایران است. این مسئله لزوم اتخاذ تصمیمات مناسب در راستای هدایت مصرف آب به صورت بهینه را نشان می‌دهد. تجربیات به دست آمده از مدیریت مصرف آب در نقاط مختلف دنیا نشان داده است که در اغلب مواردی که بدون ارزیابی شرایط موجود اقدام به برنامه‌ریزی توسعه منابع گردیده است، به علت عدم درک صحیح از وضعیت موجود، برنامه‌های در نظر گرفته شده نتوانسته‌اند به مرحله اجرا درآیند و یا دارای اثرات معکوس بوده‌اند.

بهمود شرایط و مدیریت بهینه منابع آب مستلزم استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی موجود برای تعیین وضعیت و شناخت منابع آب می‌باشد. از طرفی مدل‌سازی هیدرولوژیکی نیاز به داده‌های میدانی زیادی دارد که بعضاً در بسیاری از حوزه‌ها در دسترس نبوده و یا این‌که با گسترش و توسعه‌های ایجاد شده در حوزه سازگاری ندارند. تصاویر ماهواره‌ای ازباری مناسب برای دستیابی به این‌گونه داده‌ها بوده و داده‌های مورد نیاز را به صورت قابل اطمینان و سازگار با توسعه حوزه با هزینه کم در اختیار ما قرار می‌دهد. این تصاویر با پایش تغییرات زمانی و مکانی مصرف آب و پوشش گیاهی نتایج قابل قبولی در اتخاذ تصمیمات مناسب جهت راهبری شرایط توسعه آبیاری فراهم می‌کند. بنابراین تلفیق مدل‌های هیدرولوژیکی و تکنیک‌های سنجش از دور می‌تواند نتایج بهتری، که بیشترین تطابق را با شرایط واقعی دارند، برای اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی در بازه‌های زمانی و مکانی مختلف مورد نظر در اختیار مدیران و کارشناسان منابع آب قرار دهد.

از جمله تکنیک‌های موجود برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای الگوریتم بیلان انرژی در سطح زمین (SEBAL)^{*} است که یک مدل با پایه ترمودینامیک بوده و با کاربرد آن در مناطقی که با کمبود داده مواجه هستند می‌توان تبخیر و تعرق^۲ (ET)، که یکی از اجزای مهم بیلان آب است را تخمین زد. در این مقاله با استفاده از مدلی شبیه به مدل SEBAL تحت عنوان SUTSEBAL، آب مصرفی کشاورزی از طریق محاسبه تبخیر و تعرق واقعی^۳ (ET_a) در دشت ورامین تخمین زده شده است. این الگوریتم با بومی کردن روابط تعریف شده در الگوریتم SEBAL در دانشگاه صنعتی شریف، داشکده مهندسی عمران توسعه داده شده است در هامونهای سیستان و زیرحوزه قره سو بکار گرفته شده و نتایج مناسبی را در بر داشته است [۱ و ۲]. بدین ترتیب با معلوم بودن میزان برداشت آب از سفره‌های آب زیرزمینی (ET) و استفاده از آن بعنوان ورودی مدل‌های شبیه سازی جریان آب زیرزمینی مانند MODFLOW، در دشت‌هایی مثل دشت ورامین که از آب زیرزمینی برای آبیاری استفاده می‌شود، می‌توان مدل آب زیر زمینی منطقه را تهیه، کالیبره و تدقیق نمود. مطالعات مختلفی در این زمینه در مناطق مختلف دنیا صورت گرفته که در این قسمت به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

Immerzeel(2007) و همکارانش با به کار بردن الگوریتم SEBAL و مدل هیدرولوژیکی SWAT کارایی مصرف آب را در در بالادست حوزه Bhima در بخش جنوبی هندوستان، با استفاده از ET محاسبه شده از روش RS و مدل هیدرولوژیکی SWAT ، تخمین زده‌اند. در این مطالعه ET محاسبه شده از الگوریتم SEBAL برای کالیبره کردن مدل SWAT به کار برده شده و در نهایت از مدل کالیبره شده برای ارزیابی کارایی و میزان آب مصرف شده استفاده شده است [۳].

Khan(2007) و همکارانش با استفاده از الگوریتم SEBAL و RS و با به کار بردن مدل MODFLOW بهره‌وری آب در سطح سیستم آبیاری در حوزه رودخانه زرد در چین را بررسی کرده‌اند. نتایج به دست آمده از SEBAL نشان می‌دهد که مقدار قابل توجهی آب به دلیل تبخیر و تعرق از منطقه خارج می‌شود که از طریق کاهش آن می‌توان کارایی آب را بهبود بخشیده و آب را در سفره‌های آب زیرزمینی ذخیره کرد [۴].

* . Surface Energy Balance and Land

2 . Evapotranspiration

3 . actual Evapotranspiration

Bastiaanssen (2006) و همکارانش برای بررسی عملکرد سیستم آبیاری حوزه رودخانه زاینده‌رود در اصفهان از الگوریتم SEBAL استفاده نمودند. ET محاسبه شده از این روش به منظور تخمین برداشت از آب‌های زیرزمینی و برداشت منظور نشده از رودخانه مورد استفاده قرار گرفته است [۵].

مطالعات آب زیرزمینی در منطقه ورامین، محدود به دو طرح مطالعاتی می‌باشد. N.A.de Ridder و همکاران در مؤسسه ILRI^۶ در سال ۱۹۷۷ یک طرح مطالعاتی تحت عنوان کاربرد بهینه منابع آب را در دشت ورامین انجام داده‌اند. برای این منظور آن‌ها ابتدا منابع آب زیرزمینی دشت ورامین را با استفاده از یک مدل ریاضی شبیه‌سازی کرده‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مقادیر هد پتانسیل محاسبه شده توسط مدل تطابق خوبی با مقادیر واقعی دارد [۶]. در سال ۱۳۷۷ بیشتر شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس مدل کمی آب‌های زیرزمینی دشت ورامین را بر اساس نتایج مطالعات آب‌های زیرزمینی موجود و با به کار بردن روش تفاضلهای محدود تهیه کرده‌است. این مدل با کلیه خصوصیات هیدرولیکی منطقه تدقیق گردیده و قادر است در شرایط طرح تحولات آب زیرزمینی در اثر تغییرات در هر یک از پارامترهای مدل را پیش‌بینی کند [۷]. تقریب‌های زیادی که در این مطالعات در تخمین آب مصرفی کشاورزی درنظر گرفته شده از دقت نتایج مدلسازی آب زیرزمینی کاسته است. بنابراین در این مقاله جهت بهبود نتایج مدلسازی، از تصاویر ماهواره‌ای جهت تخمین مصرف واقعی آب کشاورزی استفاده شده است. همچنین در مطالعه انجام شده توسط مهندسین مشاور مهاب قدس، ضرایب هدایت هیدرولیکی خاک و ضریب ذخیره آب زیرزمینی بعنوان دو پارامتر مهم ورودی مدل، در سطح دشت یکنواخت فرض شده اند که با واقعیت سازگار نمی‌باشد. در این تحقیق لایه اطلاعاتی ضرایب مذکور با استفاده از نقاط اندازه‌گیری شده مختلف در مطالعه Ridder و همکاران - که در سطح حوزه پراکنده اند- تولید شده اند.

۲. منطقه مورد مطالعه

شهرستان ورامین در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی تهران و در دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی بین طولهای جغرافیایی ۳۸,۴۰ و ۳۹,۴۰ و عرضهای جغرافیایی ۵۴ و ۵۹ واقع شده است. دشت ورامین از طرف شرق به دشت ایوانکی و از غرب به منطقه غار فشاپویه و از سمت جنوب به تپه ماهورها محدود می‌باشد. مساحت این دشت تقریباً ۱۲۰۰ کیلومتر مربع بوده که به علت بیرون زدگی و فرورفتگی موجود، دشت مورد مطالعه دارای ارتفاعات متغیر با متوسط ۹۵۰ متر نسبت به سطح دریا می‌باشد. این ناحیه در زمستان سرد و تابستان گرم و خشک با خصوصیات آب و هوای کویری است. میزان بارندگی متوسط چهل ساله (۱۳۸۶-۱۳۴۶) دشت در ایستگاه جواد آباد ورامین ۱۳۱/۴ میلیمتر ثبت شده است. این شهرستان دارای قدامت کشاورزی است که به علت نزدیکی تهران می‌توان گفت یک بازوی تامین کننده محصولات کشاورزی در طول سالها نه فقط برای تهران بلکه سایر نواحی کشور نیز بوده است. منطقه مورد بحث جلگه‌ای است که از پتانسیل‌های آبی و خاکی بسیار خوبی برخوردار و مستعد کشاورزی بوده و می‌باشد. لیکن در دو دهه اخیر به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از آبهای زیرزمینی و به کار نگرفتن اصول فنی و صحیح در آبیاری افت سطح آبهای تحت‌الارضی به خصوص در نقاطی که دشت استعداد تغذیه و جایگزینی آبهای استخراجی را نداشته است به طور قابل ملاحظه دیده می‌شود [۲]. مساحت اراضی قابل کشت و سطح زیر کشت خالص دشت ورامین به ترتیب برابر ۷۵۶۸۰ و ۴۸۷۹۰ هکتار گزارش شده‌است. گندم و جو به تنهایی تقریباً نیمی از سطح زیر کشت را تشکیل می‌دهند و تقریباً در تمام طول سال در دشت ورامین محصول کشت می‌شود و این به معنای مصرف آب در طول این مدت می‌باشد [۸]. منابع آب زیرزمینی دشت ورامین از یک سفره آزاد آب زیرزمینی که در زیر دشت گستردگی شده تشکیل شده است. منابع آب سطحی نیز شامل رودخانه‌های جاجروم و سور می‌باشد که ۴۰ درصد سهم آب مصرفی در بخش کشاورزی را تامین می‌کند.

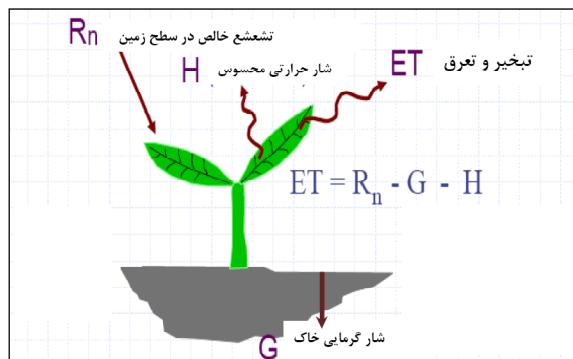
۳. داده‌ها و روشها

۱-۱-الگوریتم SUTSEBAL

مقدار انرژی که در یک مکان، فصل و زمان معینی از طرف خورشید به سطح معینی از زمین (مزرعه) می‌رسد مشخص و قابل محاسبه است. از طرفی مقدار آبی که با این مقدار انرژی می‌تواند تغییر حالت دهد نیز مشخص است. بنابراین می‌توان مقدار آبی که از سطح تحت کشت نباتی با استفاده از انرژی نهان بخار و وارد اتمسفر شده (میزان مصرف آب) را محاسبه نمود. انرژی خالص رسیده به سطح زمین علاوه بر گرم نمودن زمین و هوای اطراف آن، صرف تعرق گیاه و تبخیر از سطح خاک و برگ گیاهان می‌گردد. این فرآیند فیزیکی که پایه الگوریتم SUTSEBAL را تشکیل می‌دهد در شکل ۱ نشان داده شده است. براین اساس تابش خالص خورشیدی (R_n)، منبع انرژی و H ، G و ET مصرف کنندگان انرژی هستند.

$$\lambda ET = R_n - G - H \quad (1)$$

که در آن λET گرمای نهان تبخیر و تعرق (انرژی مورد استفاده جهت تبخیر و تعرق)، R_n تشعشع خالص در سطح زمین، G جریان گرمایی زمین و H جریان گرمای محسوس می‌باشدند. الگوریتم بیلان انرژی یک مدل پردازش تصویر است که طی گامهای محاسباتی متعدد، تبخیر و تعرق واقعی (ET_{act}) و سایر تبادلات انرژی را در سطح زمین با استفاده از داده‌های رقومی جمع آوری شده توسط سنجنده ماهواره تعیین می‌کند. در این روش ET به عنوان یکی از مولفه‌های بیلان انرژی در هر پیکسل محاسبه می‌گردد. اطلاعات ورودی کلیدی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای شامل تابش طیفی در گستره مرئی، نزدیک فروسرخ و مادون قرمز حرارتی می‌باشد.



شکل ۱- مولفه‌های بیلان انرژی در سطح زمین

توضیحات بیشتر در مورد الگوریتم SEBAL و SUTSEBAL در دیگر مراجع [۵۰ و ۵۱] ارائه شده است. برای این منظور تصاویر ماهواره‌ای دشت ورامین در سال‌های آبی ۱۳۸۱-۸۲ تا ۱۳۸۳-۸۴ از ماهواره NOAA AVHRR با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر تهیه و از بین تصاویر سفارش داده شده و تصاویر بدون ابر برای محاسبه تبخیر و تعرق پردازش شده‌اند. تعداد تصاویر پردازش شده در هر ماه برای این سال‌ها در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

سال	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۸۱-۸۲	۳	۳	۲	۱	۱	۱	۱	۳	۳	۳	۳	۳
۸۲-۸۳	۳	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۳	۱	۳	۱
۸۳-۸۴	۳	۲	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۲	۳	۳	۱

جدول ۱- تعداد تصاویر پردازش شده در هر ماه در این مطالعه

در مرحله بعد با استفاده از نقشه توزیع تبخیر و تعرق ماهانه و در نظر گرفتن سطح پوشش گیاهی در هر پیکسل تصویر، تبخیر و تعرق آن پیکسل و حجم خالص آب مصرفی در بخش کشاورزی در دشت (بدون در نظر گرفتن تلفات در مزرعه و راندمان آبیاری) تخمین زده شده است.

۲-۲- مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی دشت ورامین با استفاده از مدل MODFLOW

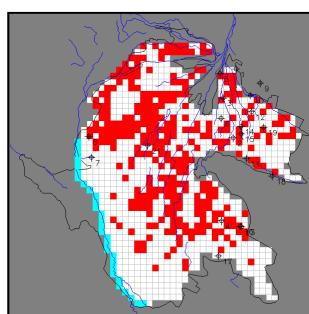
مدل MODFLOW یک مدل شبیه سازی است که با حل معادله دیفرانسیل جریان سه بعدی آب زیرزمینی با چگالی ثابت از محیط متخلخل با استفاده از روش تفاضلهای محدود، هد پتانسیل را در هر نقطه محاسبه می‌کند.

جریان سه بعدی آب زیرزمینی با چگالی ثابت از محیط متخلخل با معادله دیفرانسیل جزئی زیر تعریف می‌شود:

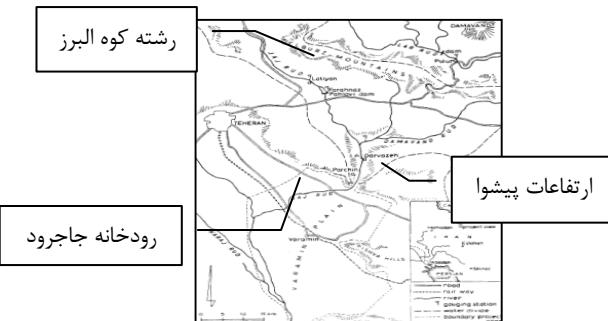
$$\frac{\partial}{\partial x} (K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}) + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (۳)$$

که در آن K_{xx} و K_{yy} ضرایب هدايت هیدرولیکی در راستای محورهای مختصات x و y و z می‌باشند و فرض می‌شود که محورهای مختصات موازی محورهای اصلی هدايت هیدرولیکی هستند (L/T)، h هد پتانسیل (L)، W دبی حجمی در واحد حجم بوده و بیانگر ورودی و یا خروجی آب از سیستم آب زیرزمینی می‌باشد. S_s معرف خروج آب از سیستم و t زمان (T) می‌باشند.

در این مقاله از مدل MODFLOW جهت بررسی بیلان آب زیرزمینی در دشت ورامین استفاده شده است. در بیلان آب زیرزمینی، عوامل متفاوت آب ورودی و خروجی و تغییرات ذخیره در منابع آب زیرزمینی یا یک لایه آبدار مورد بررسی قرار می‌گیرند. پارامترهای بیلان آب زیرزمینی در دشت ورامین را می‌توان با توجه به محدوده و شرایط طبیعی دشت ورامین مشخص نمود. پارامترهای تغذیه عبارتند از: بارندگی در سطح دشت، کانال‌های منشعب از بند ورامین و کanal تهران (رودخانه جاجروم)، بستر رودخانه شور، ورودی آب زیرزمینی و آب برگشتی از چاههای شرب و صنعت. پارامترهای تخلیه آب زیرزمینی نیز شامل چاههای کشاورزی (آب مصرفی در بخش کشاورزی)، چاههای شرب و صنعت، تبخیر و خروجی آب زیرزمینی می‌باشند. همان‌طور که بیان گردید برای محاسبه آب مصرفی در بخش کشاورزی که یکی از پارامترهای تخلیه آب زیرزمینی است از الگوریتم SUTSEBAL استفاده شده است. محدوده طبیعی دشت ورامین در شکل ۲ مشاهده می‌شود. شکل ۳ نیز شماتیک مدل و شرایط مرزی تعریف شده در MODFLOW را نشان می‌دهد. مدل آب‌های زیرزمینی دشت ورامین با تعریف شرایط مرزی و شرایط اولیه لازم برای مدل‌سازی و پارامترهای جریان آب زیرزمینی که در معادله ۳ به آن اشاره شد در طی سال‌های آبی ۸۱-۸۲ تا ۸۳-۸۴ تهیه شده است.



شکل ۳- محدوده و شرایط مرزی دشت ورامین در مدل



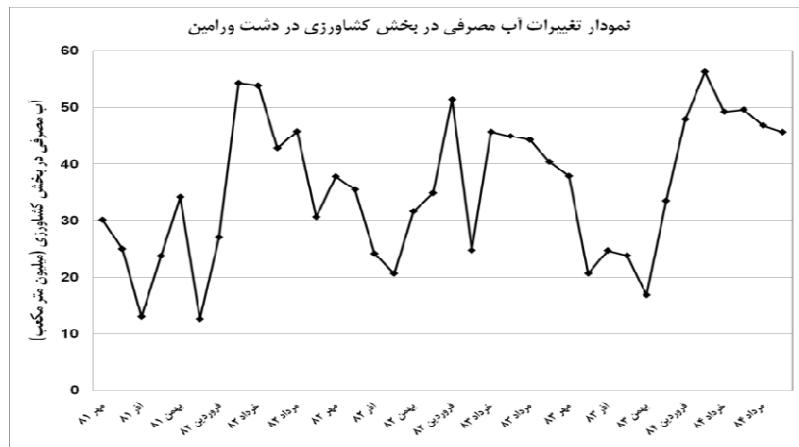
شکل ۲- محدوده طبیعی دشت ورامین

۴. نتایج و تحلیلها

۴-۱. نتایج کاربرد الگوریتم SUTSEBAL در محاسبه آب مصرفی کشاورزی در دشت ورامین

همان‌طور که اشاره شد، آب مصرفی در بخش کشاورزی معادل با میزان تبخیر و تعرق واقعی در سطح زمین می‌باشد و با استفاده از الگوریتم بیلان انرژی و به کمک تصاویر ماهواره‌ای می‌توان میزان تبخیر و تعرق واقعی را در بازه‌های زمانی و مکانی مورد نظر و با دقت مناسب محاسبه نمود.

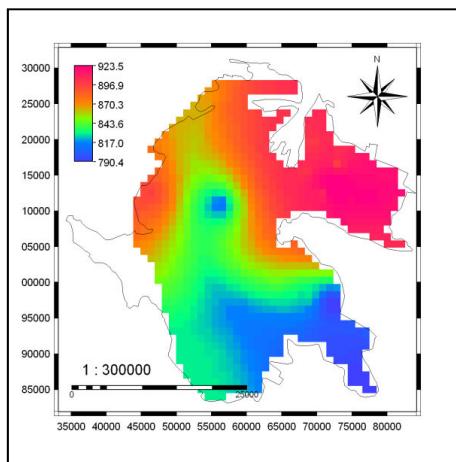
بر این اساس آب مصرفی در بخش کشاورزی برای سال‌های ۸۱-۸۲، ۸۲-۸۳ و ۸۳-۸۴ به ترتیب برابر ۴۳۶، ۳۹۴ و ۴۵۳ میلیون متر مکعب به دست آمده است. لازم به ذکر است که مقادیر فوق شامل مجموع آب مصرفی توسط پوشش گیاهی منطقه و محصولات کشاورزی زیر کشت آبی می‌باشد. شکل ۴ تغییرات ماهانه مصرف آب کشاورزی در سطح دشت را در این سال‌ها نشان می‌دهد. گروه مهندسین مشاور یکم در مطالعات ساماندهی آبهای سطحی جنوب تهران میزان برداشت از آبهای سطحی و زیرزمینی دشت ورامین را ۶۹۴ میلیون مترمکعب گزارش کرده‌اند. با اعمال مقدار راندمان آبیاری، حجم خالص آب مصرفی در این مطالعه ۳۲۰ میلیون متر مکعب بدست می‌آید که با نتایج بدست آمده از SUTSEBAL همخوانی مناسبی را نشان می‌دهد [۸].



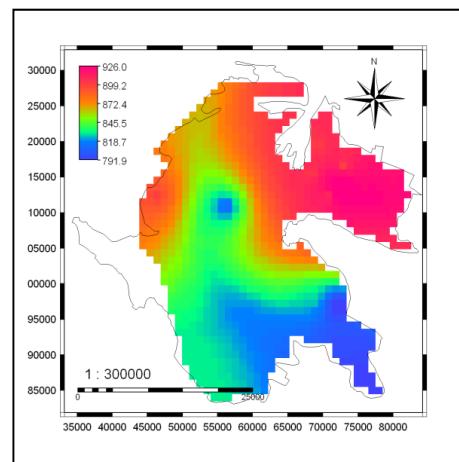
شکل ۴ - نمودار تغییرات ماهانه آب مصرفی در بخش کشاورزی در دشت ورامین طی سال‌های ۸۱-۸۴ (۱۳۸۱-۱۳۸۴ میلیون متر مکعب)

۴-۲. نتایج مدل‌سازی آب زیرزمینی دشت ورامین با استفاده از مدل MODFLOW

نقشه‌های توزیع تراز آب زیرزمینی در دشت ورامین در ماههای مدل‌سازی شده با استفاده از نتایج شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی بدست آمد. در شکل‌های ۵ و ۶ نمونه‌ای از نقشه توزیع تراز آب زیرزمینی در دشت ورامین مشاهده می‌شود. با استفاده از نتایج به دست آمده از مدل‌سازی آب زیرزمینی، پارامترهای مختلف بیلان آب زیرزمینی در دشت ورامین در طی سال‌های مدل‌سازی محاسبه شده‌اند که نتایج آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود. مقدار کاهش ذخیره آب زیرزمینی در طول دوره مدل‌سازی برابر ۳۵۵ میلیون مترمکعب می‌باشد که این میزان تغییر در حجم مخزن، معادل با افتی حدود ۱۰ متر در تراز آب زیرزمینی دشت در طول این سه سال می‌باشد. البته این میزان افت در سطح دشت یکنواخت نبوده و بیشترین افت در شمال شرقی دشت مشاهده می‌شود. نتایج به دست آمده در این مقاله با نتایج گزارش شده توسط گروه مهندسین مشاور یکم در آبان‌ماه ۱۳۸۸ که میزان افت سالانه را ۳/۷۳ متر گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد [۸]. همچنین آمار چاهه‌ای پیزومتری در سطح دشت نیز، افتی بیش از ۱۰ متر را در شمال شرقی دشت نشان می‌دهد که با نتایج مدل‌سازی انطباق کامل دارد.



شکل ۶- توزیع تراز آب زیرزمینی دشت ورامین
(شهریورماه ۱۳۸۵)



شکل ۵- توزیع تراز آب زیرزمینی دشت ورامین
(اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۴)

۸۳-۸۴	۸۲-۸۳	۸۱-۸۲	پارامترهای تغذیه و تخلیه
-453.54	-436.5	-393.77	آب مصرفی کشاورزی
142.83	99.97	177.6	تغذیه رودخانه جاجرود
88.55	63.4	116.54	تغذیه رودخانه شور
-15	-15	-15	چاه‌های صنعت
-53	-53	-53	چاه‌های شرب
10	10	10	تغذیه باران
7.5	7.5	7.5	برگشتی چاههای صنعت
26.5	26.5	26.5	برگشتی چاههای شرب
122.2	121.94	121.68	ورودی آب زیرزمینی
-18	-18	-18	خروجی آب زیرزمینی
-141.96	-193.19	-19.89	تغییر در حجم مخزن

جدول ۳- پارامترهای بیلان آب زیرزمینی دشت ورامین (میلیون متر مکعب)

با توجه به این‌که پارامترهای مورد نیاز برای مدل‌سازی همیشه با عدم قطعیت موافق هستند، بنابراین نتایج بدست آمده از مدل‌سازی با مقادیر اندازه‌گیری شده اختلاف دارند. این اختلاف در واقع خطای مدل‌سازی بوده و آماره‌های مختلفی برای اندازه‌گیری میزان خطا در مدل‌سازی تعریف شده‌اند. آماره‌های استفاده شده در این مقاله عبارتند از میانگین مربع خطای E_{NS} ، ضریب همبستگی (R)، R^2 و خطای استاندارد.

نتایج حاصل از محاسبه این مقادیر برای برخی از چاه‌های پیزومتری موجود در سطح دشت در طول دوره مدل‌سازی در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ۴- محاسبه خطای مدل‌سازی

خطای استاندارد	ENS	ضریب همبستگی	R^2	MSE	محل
0/32	0/56	0/13	0/018	3/58	جلیل آباد
0/19	0/21	0/60	0/358	1/26	مزرعه شریف آباد
0/19	0/53	0/70	0/480	1/24	علی آباد محیط
0/25	0/18	0/63	0/392	2/22	قوینک
0/26	0/86	0/48	0/233	2/31	همت آباد
0/27	0/06	0/81	0/650	2/50	کریم آباد

0/31	0/71	0/01	0/001	3/31	شمال جلیل آباد
0/24	-0/01	0/55	0/299	1/99	کهریزک مندکان
0/19	-1/26	0/79	0/621	1/22	قرمز تپه

۸. نتیجه‌گیری

در این مطالعه امکان به کارگیری الگوریتم بیلان انرژی (SUTSEBAL) در محاسبه آب مصرفی بخش کشاورزی عنوان یکی از اجزای اصلی بیلان آب‌زیرزمینی بررسی و از نتایج آن عنوان ورودی مدل شبیه ساز آب زیرزمینی استفاده شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که می‌توان با به کار بردن الگوریتم بیلان انرژی و تکنیک‌های سنجش از دور میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی را با دقت خوبی در مقیاس زمانی و مکانی مورد نظر تخمین زد. بنابراین میزان برداشت از لایه آبدار زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی و نیز میزان تخلیه از لایه آبدار در هر پیکسل از مدل مشخص خواهد بود. از این‌رو عدم قطعیت مربوط به پارامتر آب مصرفی در بخش کشاورزی کاهش یافته و درصد اطمینان به نتایج به دست آمده از مدل افزایش می‌یابد. از طرفی با به کارگیری تکنیک‌های GIS می‌توان این مقادیر را با دقت زیاد به نقاط متناظر در شبکه مدل آب‌های زیرزمینی اختصاص داد.

نتایج حاصل از مدلسازی نشان می‌دهد که بیلان آب زیرزمینی داشت ورامین منفی بوده و تراز آب زیرزمینی در این داشت، در اکثر مناطق در حال کاهش است و با افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش نیاز به محصولات کشاورزی و منابع آبی برای مصارف شرب و صنعت، روند کاهشی تراز آب شدت بیشتری پیدا خواهد کرد. بنابراین می‌توان گفت در صورتی که اقداماتی برای بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی در داشت ورامین انجام نشود، این داشت در آینده‌ای نه چندان دور با مشکلات جدی مواجه خواهد شد.

۹. مراجع

- دانشکار آراسته، پیمان. ۱۳۸۳. توسعه یک مدل توزیعی برآورد تبخیر منطقه‌ای با بهره گیری از فنون سنجش از دور(مطالعه موردی دریاچه هامون) رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس.
- عمادزاده، مریم، ۱۳۸۶ ، کاربرد سنجش از دور در تخمین کارایی آب در مقیاس حوضه ای : مطالعه موردی در زیرحوضه فره سو، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده عمران ، دانشگاه صنعتی شریف ۲
- Immerzel, W.W., A. Gaur , S.J. Zwart, 2007, "Integrating Remote Sensing and a Process-Based Hydrological Model to Evaluate Water Use and Productivity in a South Indian Catchment", Agricultural Water Management 95 (2008) 11-24 19
- Khan, S., M. M. Hafeez , T. Rana , S. Mushtaq, 2007, " Structured Hydrological Analysis for Targeting Fallow Evaporation to Improve Water Productivity at The Irrigation System Level", Hydrology and Earth System Sciences Discussions 4 (2007) 327-362 20
- Bastiaanssen, Wim, Ambro Gieske, Mehdi Akbari , Norair Toomanian, 2007, " Monitoring Irrigation Performance in Esfahan , Iran , Using NOAA Satellite Imagery" ,Agricultural Water Management 88 (2007) 99-109 21
- Ahmad, Mobin-ud-Din, Thulani F. Magagula, David Love, Victor Kongo, Marloes L. Mul and Jeniffer Kinoti, 2004, "Estimating Actual Evapotranspiration Through Remote Sensing Techniques to Improve Agricultural Water Management : A Case Study in The Transboundary Olifants Cachment in The Limpopo Basin , South Africa", Physics and Chemistry of the Earth 29 (2004) 1109-1118 8
- De Ridder, N. A., Erez, A., 1977, "Optimum Use of Water Resources", International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, Wageningen, Netherland 22
- سازمان آب منطقه‌ای تهران، طرح مطالعات آب‌های زیرزمینی و مدل ریاضی کمی و کیفی دشت‌های تهران ورامین شهریار، گزارش مدل کمی، مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت ورامین (جلد دوم)، تیر ماه ۱۳۷۷ ۶
- مطالعات ساماندهی آب‌های سطحی جنوب تهران (مطالعات کمی و کیفی)، مهندسین مشاور یکم، آبان ۷۳



دراست‌بیو
مرکز میراث‌منابع آب ایران

۱۳۹۰ اردیبهشت ۲۸-۲۹
زنجان - شرکت آب منطقه‌ای زنجان
دومین کنفرانس ملی
پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران





Authors' Guide for the INCWR (2011) Abstract Submission

Title, 1 or 2 Lines, Single Space, Times New Roman 16pt, Bold

First Author¹, Second Author², ... (Times 12 pt, Bold)

1- First Author's Affiliation and Short Address (Times 10 pt, Bold)

2- Second Author's Affiliation and Short Address

⋮

Corresponding Author's E-mail (Times 10 pt)

Abstract

Each paper must be accompanied by a 200– to 400–word abstract, written as a single paragraph, having 35^{mm} distance from left and 25^{mm} from right sides. It should be a summary (not an introduction) and complete in itself, indicating the subjects, objectives, method of investigation, and distinct achievements. Abstract should be prepared by Times New Roman font size 10 pt.

Keywords: Maximum 5 words separated by comma, Times 10 pt.