نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۳۹۱-۳۸۱

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 381-391

# تخصیص سیستم منابع آب با مدل MIKE BASIN در سری‌های زمانی رونددار و روندزدایی شده جریان رودخانه، حوضه صوفی‌چای

فرشاد فتحیان[1*]- محمدحسین باقری هارونی[2]

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۳۰
تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۲۵

## چکیده

امروزه تقریباً در اکثر حوضه‌های آبریز، مقوله تخصیص آب از دغدغه‌ی اساسی تصمیم‌گیرندگان و ذینفعان آن می‌باشد. از مهمترین اطلاعات مورد نیاز برای شبیه سازی و مدل‌سازی تخصیص سیستم‌های منابع آب، میزان آورد رودخانه می‌باشد که طی سال‌های اخیر با توسعه اراضی کشاورزی و برداشت‌های بیشتر، با روند کاهشی روبرو است. در این تحقیق تخصیص سیستم منابع آب حوضه صوفی‌چای، برای سری‌های زمانی دبی رونددار و روندزدایی شده ۱ (به منظور مدیریت بالادست) و۲ (به منظور مدیریت پایین‌دست) با مدل MIKE BASIN انجام شده است. همچنین به منظور بررسی روند جریان رودخانه، از روش‌های ناپارامتری من-کندال، تایل-سن و اسپیرمن استفاده گردید. نتایج نشان داد که جریان رودخانه صوفی‌چای روند کاهشی معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشته در حالیکه رودخانه چکان‌چای فاقد روند در این سطح اطمینان می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل، حاکی از آن است که در حالت وجود روند، میزان درصد کمبود گره‌های مصرف نسبت به حالت روندزدایی شده ۱ و ۲ بترتیب با کاهش و افزایش مواجه می‌باشد. این میزان کمبود، برای گره‌های کشاورزی ۱ و ۲ بترتیب ۱۸ و ۱/۹ درصد کاهش نسبت به حالت روندزدایی شده ۱ و به میزان ۴۲ و ۲۵ درصد افزایش نسبت به حالت روندزدایی شده ۲، یافته است.

**واژه‌های کلیدی:** تخصیص منابع آب، مدل MIKE BASIN، درصد کمبود، روند، حوضه صوفی‌چای

## مقدمه

افزایش جمعیت، توسعه فعالیت‌های وابسته به آب و رقابت شدید بین بخش‌های مصرف کننده از سویی و محدودیت روز افزون منابع آبِ دردسترس از سویی دیگر، تأمینِ مصارف یک حوضه را با مشکلات جدی روبرو نموده است. لذا برنامه‌ریزی تخصیص عادلانه آب و بر اساس توسعه پایدار بسیار مورد اهمیت واقع شده است. با توجه به پیچیدگی‌های موضوع، مدل‌های ریاضی این فرصت را فراهم می‌کنند که با پیاده‌سازی ساختار شماتیکی از یک حوضه واقعی، فرآیندهای طبیعی و هیدرولوژیکی مرتبط با سیستم منابع آب و روابط حاکم بین بخش‌های عرضه و تقاضا، شبیه‌سازی گردد و نحوه حصول به اهداف مدیریت منابع آب را با این رویکرد ارزیابی نمود. همچنین در سال‌های اخیر مدل‌ها و بسته‌های نرم‌افزاری متعددی در راستای شبیه‌سازی سیستم‌های منابع آب توسعه یافته‌اند. از مدل‌های مطرح در منابع آب می توان به مدل‌های AQUATOOL (۷)، MODSIM (۱۶)، MIKE BASIN (۱۰)، WEAP (۱۸) و RIBASIM (۹) اشاره کرد. هر یک از مدل‌های مذکور بنابر قابلیت‌ها و ویژگی‌هایشان عملکرد و کارایی خاصی در یک سیستم منابع آب اعمال می‌کنند و مطالعات بسیاری در زمینه بکارگیری این مدل‌ها برای تخصیص سیستم‌های منابع آب انجام گرفته است که در این میان به برخی مطالعات مدل MIKE BASIN که این تحقیق از آنها بهره گرفته، اشاره شده است. ژاها و اشیم (۱۲) کارایی این مدل را برای حوضه رودخانه Mun در شمال شرق کشور تایلند مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق مدل مذکور برای ۳۲ سال و با گام زمانی ماهانه شبیه‌سازی گردید. در زمینه مدل‌سازی منابع و مصارف آب نیز، جاویدی صباغیان و همکاران (۲) این مدل را برای سیستم منابع آب رودخانه اترک در استان گلستان اجرا نمودند. در این مطالعه ضمن کالیبراسیون مدل، وضع موجود سیستم در زمینه تولید رواناب، تأمین نیازهای آبی و برآورد کمبودهای احتمالی ارزیابی گردید. همچنین

۱و۲- دانشجویان کارشناسی ارشد گروه مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: Farshad.fathian@gmail.com)

مطالعات باقری‌هارونی و مرید (۱) نشان داد که مدل MIKE BASIN همانند مدل‌های دیگر نظیر WEAP در زمینه تخصیص سیستم‌های منابع آب عملکرد قابل قبولی دارد. از مهمترین داده‌های لازم برای مدل‌های تخصیص، سری زمانی مربوط به جریان آب رودخانه می‌باشد. داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی، اطلاعات اصلی در برنامه‌ریزی و شبیه‌سازی سیستم‌های منابع آب هستند. در استفاده از این داده‌ها فرض است که این داده‌ها ایستا هستند، بدین-معنا که مشخصه‌های آماری سری زمانی تغییر نکرده است. اگر این فرض معتبر نباشد، طراحی مربوط به درستی انجام نشده است (۱۳). همچنین با توجه به این‌که روند توسعه برداشت‌ها از منابع آب سطحی و زیرزمینی طی سال‌های مختلف در حوضه‌های آبریز ایستگاه‌های هیدرومتری اثر خود را بر سری زمانی آبدهی ثبت شده در ایستگاه می‌گذارد و در شبیه‌سازی طرح‌های توسعه منابع آب نیز فرض بر این است که سری زمانی آبدهی رودخانه‌ها در موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری در سالهای آتی نیز مشابه سالهای گذشته بوقوع بپیوندد، لذا ضروری است ابتدا اثر برداشت‌های بالادست بر منابع آب ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری که موجب کاهش آبدهی رودخانه‌ها در ایستگاه هیدرومتری در سال‌های آتی می‌گردد، حذف و سپس با اعمال آخرین میزان بهره‌برداری از آن برای شبیه سازی طرح‌های توسعه آب از آنها استفاده نمود. روند، یکی از اصلی‌ترین عوامل غیرایستایی است که تاثیر آن، تغییر تدریجی در سری زمانی می‌باشد و عوامل مختلفی از درون و خارج سیستم می‌تواند آن را سبب گردد. به عنوان مثال توسعه اراضی کشاورزی و برداشت‌های بیشتر، کاهش جریان رودخانه در پائین دست را به همراه دارد (عامل داخلی). همچنین تغییرات دراز مدت اقلیمی (مانند گرم شدن هوا) به عنوان عاملی خارج از سیستم، می‌تواند تبعات مشابهی را بوجود آورد (۴). از تبعات تغییر در عوامل فوق، دگرگونی در جریان رودخانه‌ها می‌باشد. یو و همکاران (۲۲) با استفاده از آزمون من–کندال و اسپیرمن به بررسی روند داده‌های دبی حداکثر روزانه در ۲۰ حوضه ایالت اُنتاریو کانادا پرداختند. نتایج نشان داد که در تعداد زیادی از حوضه‌ها روند کاهشی دبی قابل ملاحظه است. کاهایا و کالایسی (۱۳) روند جریان ماهانه آبراهه‌های ۲۶ حوضه ترکیه را با استفاده از روش‌های ناپارامتری من–کندال، اسپیرمن و تایل–سن بررسی کردند. نتایج نشان داد که حوضه‌های غرب روند کاهشی دبی و شرقی فاقد روند بوده‌اند. کومار و همکاران (۱۵) در جریان‌های متوسط و کم، روند افزایشی را گزارش نمودند. ژاو و همکاران (۲۳) نیز نتایج مشابهی را در حوضه دریاچه پویانگ چین مشاهد کردند. هدف از این تحقیق، مقایسه و ارزیابی تخصیص سیستم منابع آب برای سری‌های زمانی رونددار و روند زدایی شده جریان رودخانه حوضه صوفی‌چای، با استفاده از مدل MIKE BASIN می‌باشد.

## مواد و روش ها

### منطقه مطالعاتی

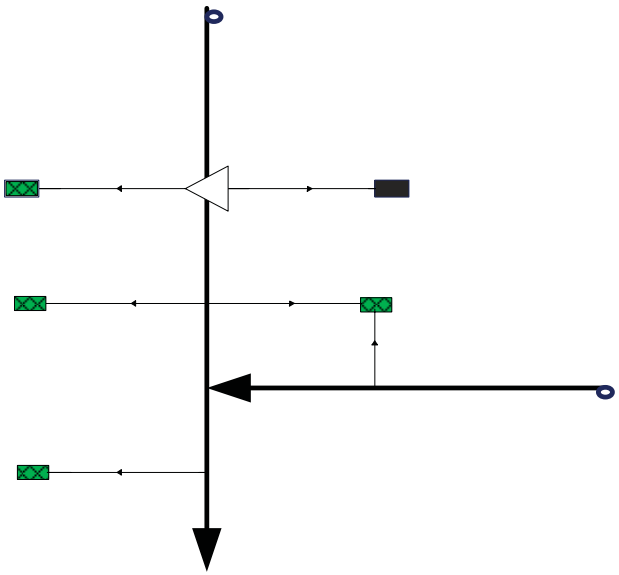
صوفی‌چای یا گپی‌چای یکی از رودخانه‌های نسبتاً پر آب حوضه آبریز ارومیه می‌باشد و از دامنه های جنوبی ارتفاعات معروف سهند (بلندترین نقطه ۳۷۰۷ متر ارتفاع دارد) واقع در ۳۰ کیلومتری جنوب تبریز و از مجاورت مردوق‌چای سرچشمه می‌گیرد. رودخانه دائمی صوفی‌چای بزرگترین منبع سطحی تامین کننده آب کشاورزی و شرب منطقه می‌باشد. طول رودخانه حدود ۷۰ کیلومتر بوده و حوضه آبریز آن حدود ۱۸۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. این رودخانه پس از عبور از غرب شهر مراغه و بعد از پیوستن به انشعاباتی نظیر رودخانه چکان، به دریاچه ارومیه می‌ریزد. سد علویان در پنج کیلومتری شرق شهر مراغه بر روی این رودخانه واقع شده و ظرفیت گنجایش آن ۶۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. همچنین ایستگاه هیدرومتری تازکند در بالا دست سد با طول دوره آماری ۳۴ ساله (۸۶-۱۳۵۳) و ایستگاه چکان بر روی رودخانه چکان قرار گرفته است. سیستم منابع آب مربوط، از یک گره مصرف شرب (شهر مراغه) و چهار گره مصرف کشاورزی (طرح‌های کشاورزی ۱ تا ۴) تشکیل شده است. چهار مناطق کشاورزی شامل باغات، اراضی زراعی و دشت می‌باشند و وسعت آنها برای ۴ طرح بترتیب برابر ۲۵۰۰، ۴۳۸۵، ۲۴۸۰ و ۷۰۰۰ هکتار می‌باشد. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌ها، سد و گره‌های مصرف را نشان داده است. بر طبق این شکل، تامین نیازهای آب شرب شهر مراغه و طرح کشاورزی ۱ بطور مستقیم از محل سد علویان، طرح کشاورزی ۲ از محل پائین دست سد علویان (رودخانه صوفی‌چای)، طرح کشاورزی ۳ بطور همزمان از رودخانه‌های صوفی‌چای و چکان‌چای و طرح کشاورزی ۴ نیز از پایین دست محل تقاطع دو رودخانه فوق تامین می‌شوند. بطوریکه میزان نیاز آبی سالانه این طرح‌ها بترتیب از ۱ تا ۴ برابر با ۳۳/۳۳، ۴۸/۶۲، ۳۱/۷۹ و ۲۵/۶ میلیون متر مکعب می‌باشد (۶).

### روش‌های ناپارامتری بررسی روند

در این بخش به توصیف مختصری از روش‌های تحلیل روند پرداخته شده است و برای اطلاع از جزئیات بیشتر می‌توان به مراجع ذکر شده رجوع کرد.

### آزمون روند من–کندال (Mann-Kendall)

این آزمون ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارایه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) توسعه یافت. بر طبق این روش یک پارامتر Z محاسبه می-شود و فرض صفر (هیچ روندی در سری زمانی داده‌ها وجود ندارد) در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه ۱ برقرار باشد:




طرح شماتیک سیستم منابع آب حوضه رودخانه صوفی چای

$$|Z| \le Z_{\alpha/2} \quad (۱)$$

که $\alpha$ سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری $\alpha$ می‌باشد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود (۱۴، ۱۷ و ۲۱).

### آزمون روند تایل-سن (Theil-Sen)

سن (۱۹) با توسعه و بسط یک سری مطالعات آماری که تایل (۲۰) به انجام رسانده بود یک روشی جهت تحلیل سری‌های زمانی بر اساس محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت نمودن در مورد معنی‌داری آن در سطوح اعتماد مختلف ارائه نمود. بر طبق روش مذکور چنانچه عدد صفر در دامنه بین دو شیب حداقل و حداکثر قرار بگیرد، فرض صفر پذیرفته شده و بر سری زمانی مورد آزمون نمی‌توان هیچ‌گونه روندی در سطح اعتماد بکارگرفته شده نسبت داد و بالعکس (۸، ۱۹ و ۲۰).

### آزمون روند اسپیرمن (Spearman Rho)

یک آزمون سریع و ساده برای تعیین وجود همبستگی بین دو کلاس از سری‌های یکسان از مشاهدات، آزمون همبستگی مرتبه‌ای اسپیرمن می‌باشد. تحت فرض صفر در این آزمون روندی نسبت به زمان در داده‌ها وجود ندارد و اگر مقادیر P-value محاسبه شده کوچکتر از سطح اطمینان مورد نظر باشد سری زمانی داده‌های مشاهده‌ای دارای روند است (۱۳).

### روند زدایی (Detrending)

در روند زدایی سری زمانی جریان رودخانه‌ها، تلاش بر این است تا اثر روند (با عامل طبیعی) و برداشتهای رو به رشد گذشته را در بالا دست ایستگاه آبسنجی حذف و سپس از این اطلاعات، برای مدلسازی تخصیص برنامه ریزی منابع آب استفاده نمود. حذف روند با دو هدف می‌تواند به انجام رسد، یکی روند زدایی سری زمانی جریان با حذف مصارف بالادست است که معمولاً برای برنامه‌ریزی جدید در بالادست ایستگاه انجام می‌گیرد. هدف دیگر اعمال آخرین وضعیت مصرف در حوضه و اصلاح سری زمانی گذشته است، بطوریکه بتوان در بلند مدت بیان کرد که پائین دست ایستگاه چه مقادیری از جریان را در اختیار دارد. بدین ترتیب میانگین جدید بلند مدت جریان در حالت اول افزایش و در حالت دوم، کاهش می‌یابد. برای حالت اول (سری زمانی روندزدایی شده۱) رابطه ۲ قابل استفاده است که در آن که شیب خط روند جریان (مقدار شیب بدست آمده از روش تایل-سن) با علامت مخالف در شماره رتبه سال آبی (i) ضرب و با آبدهی اتفاق افتاده در همان سال (Di) جمع می‌گردد (۱۵):

$$Detrended \cdot Data = -(i * \beta) + D_i \quad (۲)$$

برای حالت دوم (سری زمانی روندزدایی شده۲) از رابطه ۳ استفاده می‌گردد که در آن n، تعداد سال آماری می‌باشد (۵):

$$Detrended \cdot Data = (n-i)*(-\beta)+D_i \quad (۳)$$

**مدل MIKE BASIN**

MIKE BASIN، مدلی است تحت بسته نرم افزاری ArcMap GIS که توسط شرکت دانمارکی DHI[1]، تهیه داده شده است. این مدل قادر است فعالیت‌های چند منظوره همراه با سیستم‌های چند مخزنه، سطحی و زیرزمینی را برای مسائل کمی، کیفی و برقابی مدل‌سازی کند. از ویژگی‌های بارز آن، زیر مدل‌های شبیه‌سازی بارش–رواناب[2] ، تعیین نیاز آبی کشاورزی[3] و برآوردگر بار کیفی[4] می‌باشد که در نسخه‌های ۲۰۰۹ به مدل افزوده شده است. MIKE BASIN، مسائل تخصیص را از طریق شبیه‌سازی پویا[5]، برای هر دوره زمانی و با هر مرحله زمانی[6] مدل‌سازی می‌کند. شکل ۲ ساختار مدل را نشان می‌دهد.

روش کار با مدل به این شرح است که در ابتدا به منظور ترسیم پیکر بندی شبکه، نمایی از سیستم منابع آب شامل گره‌های مصرف اعم از شهری و کشاورزی، منابع تامین کننده آب نظیر رودخانه‌ها و نیز موقعیت مخازن ذخیره آب، به مدل معرفی می‌شوند. سپس مقادیر گره‌های مصرف، اطلاعات مربوط به مخزن، قوانین بهره‌برداری در محل گره‌های مربوط و نیز سری زمانی جریان رودخانه به زیر حوضه آن معرفی می‌گردد. MIKE BASIN بر اساس اعمال قوانین بهره-برداری مخازن، ۳ نوع مخزن تخصیص شامل منحنی فرمان[7]، استخر تخصیص[8] و دریاچه‌ای[9] را دارد که با توجه به اطلاعات قابل دسترس از مخازن کشور، مخزن نوع اول در مدل بکار گرفته می‌شود. در نهایت این مدل ضمن شبیه سازی سیستم رودخانه–مخزن، خروجی-های تخصیص شامل میزان کمبود آب در گره‌های مصرف، درصد کمبود[10] و میزان آب موجود در گره‌های تامین را محاسبه می‌کند. همچنین منظور از درصد کمبود، نسبت تفاضل میزان نیاز آبی معرفی شده و میزان آب تامین شده توسط مدل می‌باشد (۱۱).

نحوه تخصیص نیازهای هر گره در این مدل، با در نظر گرفتن میزان پساب آب مصرفی و حفظ نیاز زیست محیطی رودخانه می‌باشد.

بنابراین، میزان پساب آب مصرفی برای گره شرب معادل ۴۰ درصد و برای طرح‌های کشاورزی، ۱۰ درصد میزان مصرف در نظر گرفته شده است (۵). با توجه به اینکه اولویت گره‌های تقاضا اهمیت ویژه‌ای در تخصیص آب دارند لذا در سیستم منابع آب مورد مطالعه، به گره‌های شرب (شهر مراغه) و طرح کشاورزی ۱ که از یک منبع تامین یکسان (سد علویان) تغذیه می‌شوند، بترتیب اولویت ۱ و ۲ در مدل منظور گردید. همچنین با توجه به تغذیه یکسان دو گره طرح‌های کشاورزی ۲ و ۳ از منبع یکسان ( رودخانه صوفی‌چای، پایین‌دست سد علویان) اولویت‌های مربوط نیز بترتیب ۱ و ۲ منظور گردید. برای طرح کشاورزی ۳ (شاخه تامین از رودخانه چکان‌چای) و طرح کشاورزی ۴، اولویت برابر با مقدار ۱ در مدل تعریف شد. این نوع اولویت‌بندی در مدل MIKE BASIN بر خلاف سایر مدل‌های تخصیص نظیر WEAP، بر این اساس است که اولویت تقاضا تنها برای گره‌هایی که از یک گره تامین تغذیه می‌کنند، معنا دارد. بنابراین، مدل به طور خودکار از بالادست به سمت پایین‌دست تخصیص می‌دهد (۱). نیاز زیست‌محیطی در مدل MIKE BASIN با بالاترین اولویت نسبت به سایر مصارف از مخزن سد رها می‌گردد. زیرا در این مدل، در صورت اعمال قانون بهره‌برداری حداقل جریان مورد نیاز پایین دست[11]، به صورت خودکار ابتدا جریان آب زیست محیطی تامین می‌گردد. لذا به منظور حفظ حداقل نیاز زیست محیطی از روش مونتانا (کیفیت حیات ماهی در رودخانه در حد قابل قبول) مطابق جدول ۱ استفاده شده است (۳).

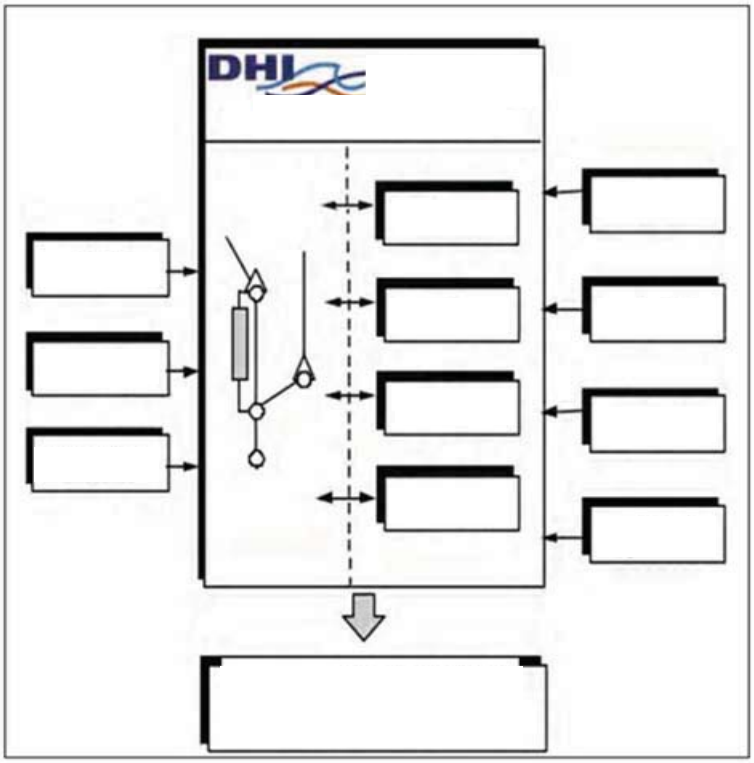
**جدول ۱- حداقل نیاز زیست محیطی به روش مونتانا**

| کیفیت زیست-محیطی | سهم از میانگین سالانه رودخانه (درصد) | |
|---|---|---|
| | از نیمه فروردین تا شهریور | از مهر تا نیمه فروردین |
| وضعیت بهینه | ۶۰-۱۰۰ | ۶۰-۱۰۰ |
| بسیار عالی (برجسته) | ۶۰ | ۴۰ |
| عالی | ۵۰ | ۳۰ |
| خوب | ۴۰ | ۲۰ |
| قابل قبول | ۳۰ | ۱۰ |
| ضعیف | ۱۰ | ۱۰ |
| کمبود شدید | ۱۰< | ۱۰< |

## نتایج و بحث

همانطور که قبلاً اشاره شد، با استفاده از مدل MIKE BASIN تخصیص حوضه صوفی‌چای تحت شرایط وجود و عدم‌وجود روند جریان رودخانه، شبیه‌سازی شد.

1- Danish Hydraulic Institute
2- Sub-model NAM Rainfall-Runoff
3- Irrigation sub-model
4 -Load Calculator
5- Dynamic
6- Time resolution
7 - Rule curve reservoir
8 - The allocation pool reservoir
9- Lake reservoir
10 -Relative deficit
11 - minimum release requirement rule




شکل ۲- نمای کلی MIKE BASIN در شبیه سازی تخصیص آب

## داده‌های نیاز آبی

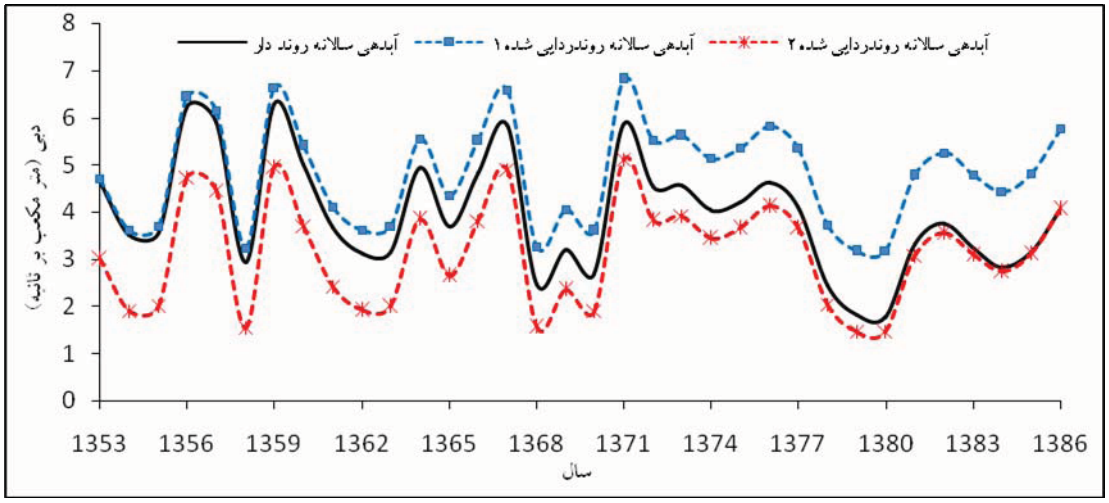
جدول ۲- مقادیر آماره سه آزمون مورد مطالعه برای ایستگاه تازکند و چکان

| آزمون آماری | مقدار آماره آزمون | | مقادیر بحرانی در سطح اطمینان ۹۵٪ | |
|---|---|---|---|---|
| | ایستگاه تازکند (۱) | ایستگاه چکان (۲) | حد پایین | حد بالا |
| من-کندال | z=-۲/۱۶ | z=۰/۴۶ | -۱/۹۶ | ۱/۹۶ |
| تایل-سن | slope= -۰/۰۵ | slope=۰/۰۰۲ | (۱) -۰/۰۹۳<br>(۲) -۰/۰۰۸ | (۱) -۰/۰۰۶<br>(۲) ۰/۰۱۲ |
| اسپیرمن | p-value= ۰/۰۳۲ | p-value= ۰/۶۷ | P-value <۰/۰۵ | |

## سری زمانی رودخانه

بدین منظور ابتدا آزمون‌های آماری تحلیل روند بر سری زمانی دبی ایستگاه‌های تازکند و چکان بر روی رودخانه‌های صوفی‌چای و چکان‌چای در سطح اطمینان ۹۵٪ بکار گرفته شد. مقادیر آماره آزمون روش‌های تحلیل روند در جدول۲ ارائه گردیده است.

بر طبق این جدول، اندازه آماره آزمون من-کندال (z) برای ایستگاه تازکند از مقادیر بحرانی در سطح اطمینان ۹۵٪ بیشتر بوده و روند کاهشی دبی به طورمعنی‌دار در رودخانه صوفی‌چای مشاهده شده است. بطوریکه با استفاده از آزمون تایل-سن میزان روند کاهشی برابر ۰/۰۵- متر مکعب بر ثانیه در سال می‌باشد. همچنین مقدار p-value آزمون اسپیرمن از مقدار ۰/۰۵ کمتر بوده که این نیز حاکی از معنی‌دار بودن روند کاهشی دبی رودخانه صوفی‌چای می‌باشد. در ضمن سری زمانی رودخانه چکان‌چای با استفاده از هر ۳ آزمون تحلیل روند، روند معنی‌داری از خود نشان نداده است. بنابراین سری زمانی دبی رودخانه صوفی‌چای که دارای روند کاهشی معنی‌داری است، مطابق روابط ۲ و ۳ روند زدایی شده است. شکل ۳، سری‌های زمانی دبی سالانه روند-دار و روندزدایی شده روش‌های ۱ و ۲ را نشان می‌دهد. بر طبق این شکل، سری زمانی آبدهی سالانه روندزدایی شده ۱ (به منظور مدیریت بالا دست) و آبدهی سالانه روندزدایی شده ۲ (به منظور مدیریت پائین دست) را نشان می‌دهد که مقادیر متوسط دبی سالانه آنها بترتیب بیشتر و کمتر از سری زمانی رونددار شده می‌باشد.




**شکل ۳- سری‌های زمانی آبدهی سالانه رونددار و روندزدایی شده به منظور مدیریت بالا دست و پایین دست، ایستگاه تاز کند**

**جدول۳- آماره‌های دبی سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری در طول دوره آماری، متر مکعب بر ثانیه**

| ایستگاه | دوره آماری | طول دوره آماری (سال) | میانگین سری زمانی فعلی | میانگین سری روندزدایی شده ۱ | میانگین سری روندزدایی شده ۲ | انحراف معیار |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تازکند | ۸۶-۱۳۵۳ | ۳۴ | ۳/۹۴ | ۴/۸ | ۲/۳۱ | ۱/۲ |
| چکان | ۸۶-۱۳۵۴ | ۳۳ | ۰/۷۴ | -- | -- | ۰/۲۵ |

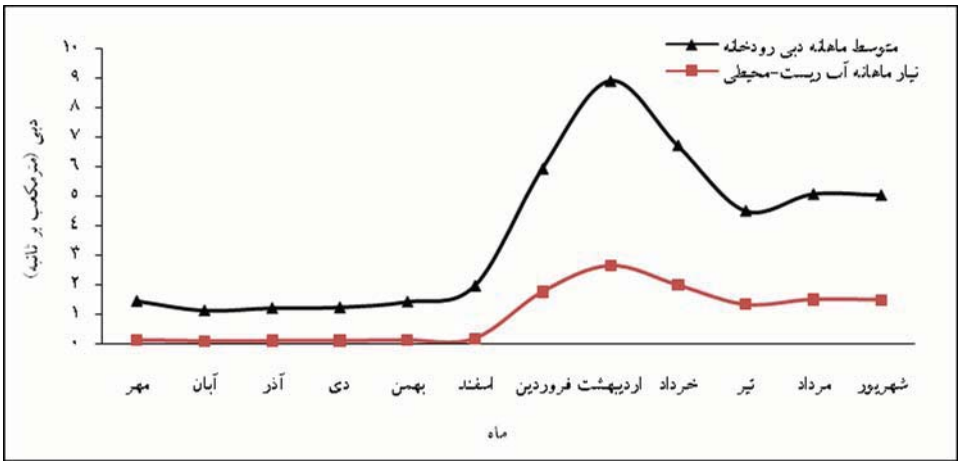
جدول ۳ مشخصات آماره‌های دبی سالانه ایستگاه‌های تازکند و چکان را نشان می‌دهد. مطابق این جدول مقادیر متوسط دبی سالانه ایستگاه تازکند برای سری‌های زمانی رونددار، روندزدایی شده ۱ و ۲ برای دوره آماری ۳۴ ساله بترتیب برابر ۳/۹۴، ۴/۸ و ۲/۳۱ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. همچنین برای ایستگاه چکان میانگین دبی برابر با طول دوره آماری ۳۳ ساله، ۰/۷۴ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد.

به منظور تخصیص آب در حوضه صوفی‌چای، به طور مجزا سه سری زمانیِ شکل ۳، به عنوان ورودی جریان رودخانه صوفی‌چای به مدل MIKE BASIN معرفی شدند. همچنین به دلیل عدم وجود روند معنی‌دار دبی رودخانه چکان‌چای، سری زمانی بدون تغییر به مدل معرفی شد. نتایج حاصل از مدل، مربوط به مقادیر درصد کمبود سالانه گره‌های مصرف برای هر سه مرتبه شبیه‌سازی (دبی سالانه رونددار، دبی روندزدایی شده ۱ و دبی روندزدایی شده ۲) در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، به دلیل اینکه آب شرب در اولویت بالاتری نسبت به کشاورزی است مقدار درصد کمبود آن کمتر بوده و اگر سری زمانی روندزدایی شده ۲، جایگزین سری رونددار گردد با توجه به نوع تخصیص مدل، طرح کشاورزی ۱ با کمبود شدیدی روبرو شده است. طرح کشاورزی ۲، بیشترین نیاز آبی سالانه (۴۸/۶۲ میلیون متر مکعب) را نسبت به سایر گره‌های مصرف دارد. اما با توجه به وجود آب برگشتی گره‌های مصرف بالادست و حقابه زیست-محیطی، نسبت به طرح کشاورزی ۱ برای هر ۳ سری زمانی دبی، با درصد کمبود کمتری روبرو می‌باشد. به طوریکه این میزان حقابه زیست-محیطی به همراه متوسط ماهانه دبی اندازه‌گیری شده ایستگاه تازکند در شکل ۴ نشان داده شده است.

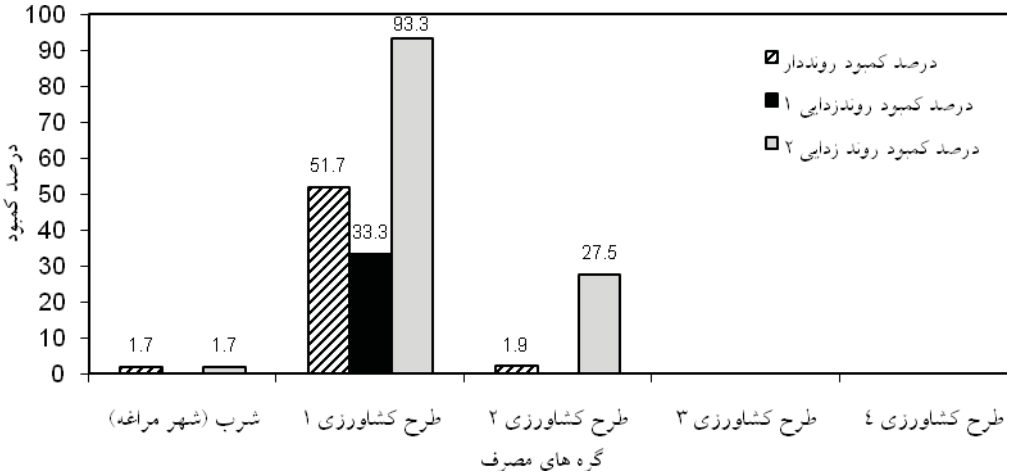
همچنین در طرح کشاورزی ۳ به دلیل اینکه نیاز آبی آن علاوه بر رودخانه صوفی چای از رودخانه چکان چای نیز تامین می‌گردد، با کمبودی مواجه نشده است. طرح کشاورزی ۴ با توجه به نیاز آبی سالانه کمتر نسبت به سایر گره‌ها (۲۵/۶ میلیون متر مکعب) و از طرفی قرار گرفتن در پایین‌دست دو رودخانه مذکور و استفاده از آب برگشتی سایر گره‌ها، نیز با هیچگونه کمبودی مواجه نشده است.

علاوه بر تعیین میزان درصد کمبود سالانه گره‌های مصرف توسط مدل، شکل‌های ۶، ۷ و ۸، درصد کمبود ماهانه گره‌های مصرف شرب و کشاورزی ۱ و ۲ را برای سری‌های رونددار و روندزدایی شده ۱ و ۲ نشان می‌دهند. همچنین با توجه به اینکه درصد کمبود ماهانه گره-های مصرف کشاورزی ۳ و ۴ صفر می‌باشد، بنابراین از نمایش شکل-های آن خودداری می‌شود. به طور کلی در هر سه شکل، روش سری روندزدایی شده ۲، درصد کمبود بیشتری را نسبت به دو روش دیگر نشان می‌دهد. زیرا روش دوم با اصلاح سری زمانی گذشته، مقادیر دبی کمتری در اختیار مدل قرار می‌دهد.

مطابق شکل ۶ در طرح کشاورزی ۱ برای سری رونددار در حدود ۶۰ درصد ایام سال، کمبود تامین و برای سری روندزدایی شده ۲، ۱۰۰ درصد کمبود در تمامی ایام سال وجود دارد.




**شکل ٤- متوسط ماهانه دبی رودخانه صوفی‌چای و میزان نیاز ماهانه زیست محیطی**




**شکل ٥- مقادیر درصد کمبود سالانه در گره‌های مصرف به تفکیک سری‌های زمانی رونددار و روندزدایی شده ۱ و ۲**

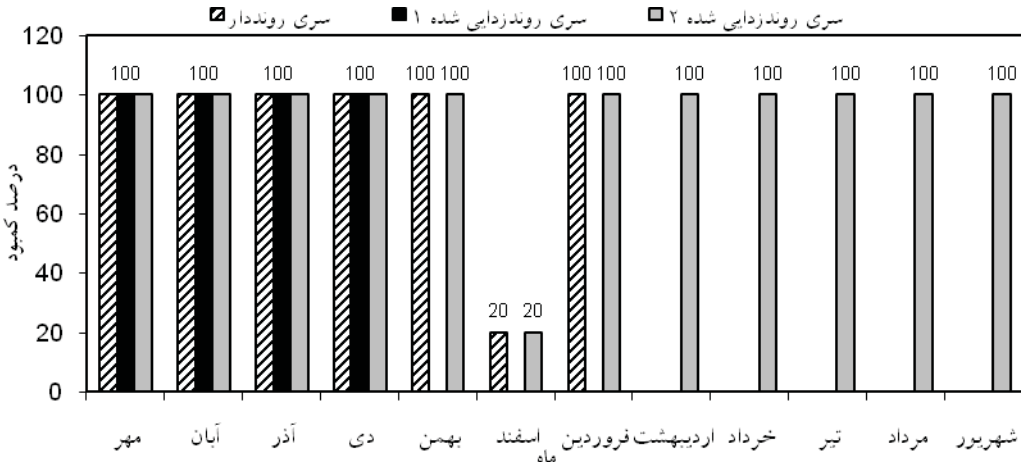
اما سری روندزدایی شده ۱ فقط در ۳۰ درصد مواقع کمبود را نشان داده است. همچنین در طرح کشاورزی ۲، مطابق با شکل ۷، سری روندزدایی شده ۲ از فروردین تا شهریور ماه کمبود تامین آب و برای سری رونددار تنها فروردین ماه حدود ۲۰ درصد کمبود تامین آب را نشان داده است. برای گره مصرف شرب (شهر مراغه) جریان روندزدایی شده ۲ و رونددار، تنها در اسفند ماه حدود ۲۰ درصد کمبود آب شرب را در شکل ۸ نشان داده است.

## نتیجه‌گیری

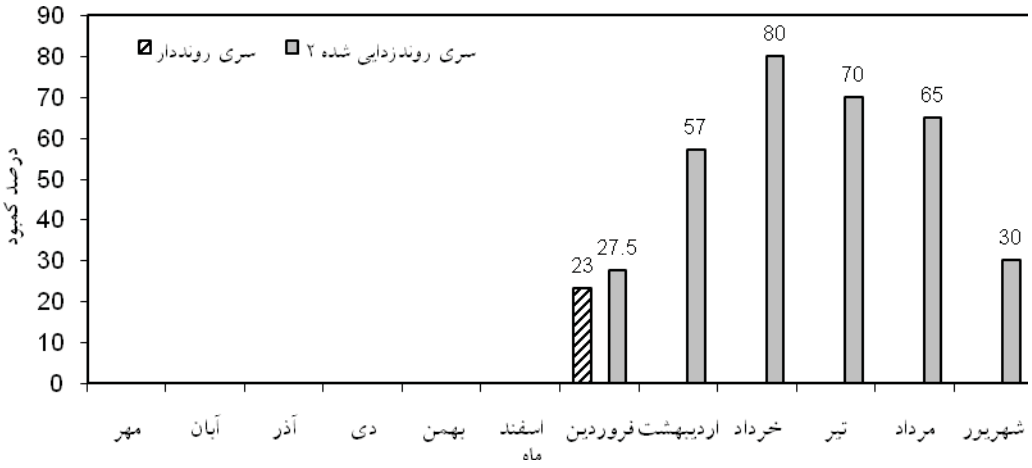
در این تحقیق تلاش شد، تخصیص سیستم منابع آب صوفی‌چای با استفاده از مدل MIKE BASIN برای سری زمانی دبی رونددار و سری‌های روندزدایی شده ۱ و ۲ بررسی شود. که نتایج زیر حاصل و قابل ارائه هستند:

۱- نتایج تحلیل روند دبی رودخانه‌های صوفی‌چای و چکان‌چای با استفاده از ۳ روش ناپارامتری من-کندال، تایل-سن و اسپیرمن نشان داد که رودخانه صوفی‌چای روند کاهشی معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشته، اما در رودخانه چکان‌چای روند معنی‌داری در این سطح اطمینان مشاهده نشده است.

۲- با اعمال دو روش روندزدایی ۱ و ۲، روند کاهشی دبی رودخانه صوفی‌چای حذف شده و ارقام جدیدی از آورد بلند مدت در محل ایستگاه تازکند برآورد گردید. به طوریکه تغییرات میانگین جریان در حالتی که برنامه‌ریزی تخصص آب به منظور مدیریت پائین-دست حوضه باشد، حدود ۲۰ درصد کاهش اما در حالت مدیریت بالادست، حدود ۲۰ درصد افزایش یافته است که این میزان می-بایست در برنامه‌ریزی تخصیص آب طرح‌ها مد نظر قرار گیرد.




**شکل ٦- درصد کمبود ماهانه در گره مصرف طرح کشاورزی ۱ براساس سری‌های زمانی رونددار و روندزدایی شده ۱ و ۲**




**شکل ۷- درصد کمبود ماهانه در گره مصرف طرح کشاورزی ۲ براساس سری‌های زمانی رونددار و روندزدایی شده ۲**

**شکل ۸- درصد کمبود ماهانه در گره مصرف آب شرب براساس سری‌های زمانی رونددار و روندزدایی شده ۲**

۳- با اعمال سری‌های زمانی رونـددار و رونـدزدایی شـده ۱ و ۲ در مدل MIKE BASIN، روش روند زدایی شده ۲ به دلیل اینکـه مقادیر دبی آن کمتر از سایر روش‌هـا مـی‌باشـد، مقـادیر درصـد کمبود گره‌های مصرف نسبت به سری زمانی دیگر بیـشتر مـی-باشد.

۴- با توجه به اینکه در تخصیص مورد نظر آب شرب دارای اولویـت بالاتری (اولویت ۱) است، مقدار درصد کمبود آن نسبت به سـایر گره‌های مصرف کمتـر و نزدیـک بـه صـفر مـی‌باشـد. در طـرح کشاورزی ۱ و ۲، بترتیب به دلیل اولویت تخصیص پایین‌تر و نیاز آبی بیشتر، درصد کمبود بیـشتری مـشاهده گردیـد. ایـن میـزان کمبود، برای گـره‌هـای کـشاورزی ۱ و ۲ بترتیـب ۹۳/۳ و ۲۷/۵ درصد می‌باشد. همچنین در طرح کشاورزی ۳ و ۴، بـا توجـه بـه دسترسی به منبع آب بیشتر با کمبودی مواجه نشده اند.

۵- نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل نـشان داد کـه در حالـت وجـود روند، میزان درصد کمبود گـره‌هـای مـصرف نـسبت بـه حالـت روندزدایی شده ۱ و ۲ بترتیب با کاهش و افزایش مواجه می‌باشد. این میزان کمبود، برای طرح‌هـای کـشاورزی ۱ و ۲ بترتیـب بـه میزان ۱۸ و ۱/۹ درصد کاهش نسبت به حالت روندزدایی شده ۱ و به میزان ۴۲ و ۲۵ درصد افزایش نسبت بـه حالـت رونـدزدایی شده ۲، یافته است.

## منابع


۱- باقری‌هارونی م.ح. و مرید س. ۱۳۹۰. مقایسه و ارزیابی عملکرد مدل‌های WEAP و MIKE BASIN در تخصیص سیـستم‌هـای منـابع آب، مطالعه موردی: رودخانه تالوار، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه امیرکبیر. ۱۳-۱۴ اردیبهشت ماه.

۲- جاویدی صباغیان ر.، شریفی م.ب. و میان آبادی ح. ۱۳۸۸. مدلسازی منابع و مصارف آب در حوضه‌های آبریز به کمک نرم‌افزار Mike-Basin: منطقه مطالعاتی حوضه آبریز اترک – استان گلستان. اولین کنفرانس بین المللی مدیریت منابع آب. شاهرود – دانشگاه صنعتی شاهرود.

۳- شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان. ۱۳۸۸. طرح مطالعات یکپارچه برنامه‌ریـزی منـابع آب قـزل اوزن–سـفیدرود، بـازنگری نیـازهـای زیـست محیطی. کد طرح: ۲۵۸۱۰۳۰. شماره گزارش: ۱۳۵۳۳.

۴- مرید س.، مقدسی م.، پایمزد ش. و قائمی ه. ۱۳۸۴. طرح سیستم پایش خشکسالی استان تهران. طـرح تحقیقـات کـاربردی معاونـت پـژوش و مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران. تعداد صفحات، ۲۵۳.

۵- معاونت امور آب و آبفا وزارت نیرو. ۱۳۸۹. دستورالعمل روش شناسی نحوه بررسی تخصیص آب طرحهای توسعه منابع آب. مطالعات بـه هنگـام سازی طرح جامع آب کشور.

۶- نیکبخت ج. ۱۳۸۵. مدل بهره‌برداری تلفیقی از آب سـطحی و زیرزمینـی در شـرایط محـدودیت کمـی و کیفـی آب. رسـاله دکتـری دانـشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

7- Andreu J., Capilla J., and Sanchis E. 1999. AQUATOOL, a generalised decision-support system for water-resources planning and operational management, Journal of Hydrology, 177(3-4), 269-291.

8- Birsan M.V., Molnar P., Burlando P., and Pfaundler M. 2005. Streamflow trends in Switzerland. Journal of Hydrology 314, 312-329.

9- Delft Hydraulics. 2006. River Basin Planning and Management Simulation Program, Proceedings of the iEMSs Third Biennial Meeting: "Summit on Environmental Modelling andSoftware", Voinov, A., A.J. Jakeman and A.E. Rizzoli (eds), International Environmental Modelling and Software Society, Burlington, Vermont, USA.

10- DHI. 2003. MIKE BASIN A Versatile Decision Support Tool for Water Resources Management Planning, Guide to Getting Started Tutorial. Danish Hydraulic Institute, Denmark.

11- DHI. 2010. MIKEBASIN_User Manual, Guide to Getting Started Tutorial. Danish Hydraulic Institute, Denmark.

12- Jha M.K., and Ashim D.S.G. 2003. Application of Mike Basin for water management strategies in a watershed. Water international, 28:27-35.

13- Kahya E., and Kalayci S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. Journal of Hydrology 289, 128-144.

14- Kendall M.G. 1975. Rank Correlation Methods, Charles Griffin, London.

15- Kumar S., Merwade V., Kam J., and Thurner K. 2009. Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. Journal of Hydrology 374, 171-183.

16- Labadie J.W., Baldo M.L., and Larson R. 2000. MODSIM: Decision Support System for River Basin Management: Documentation and User Manual, Colorado State University and U.S. Bureau of Reclamation, Ft Collins, CO.

17- Mann H.B. 1945. Nonparametric Tests Against Trend, Econometrica 13, 245-259.

18- SEI: Stockholm Environment Institute. 2005. WEAP: Water Evaluation And Planning System, User Guide, Somerville, MA.

19- Sen P.K. 1968. Asymptotically efficient tests by the method of n rankings. J. Roy. Statist. Soc. Ser. B. 30.
20- Theil H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, Part 3. Proc Koninalijke Nederlandse Akad Weinenschatpen A 53:1397-1412.
21- Turgay P., and Ercan K. 2005. Trend Analysis in Turkish Precipitation data. Hydrological processes published online in wiley Interscience (www.Interscience.wiley.com).
22- Yue S., Pilon P., Phinney B., and Cavadias G. 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. 16, 1807-–1829. DOI: 10.1002/hyp.1095.
23- Zhao G., Hormann G., Fohrer N., Zhang Z., and Zhai J. 2010. Streamflow Trends and Climate Variability Impacts in Poyang Lake Basin, China. Water Resour Manage, 24:689-706. DOI:10.1007/s11269-009-9465-7.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 381-391

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۳۹۱-۳۸۱

# Allocation of Water Resources System by using MIKE BASIN Model in Trend and Detrended Time Series of Stream flow, Soofi Chai Basin

**F. Fathian[1*]- M.H. Baghery Harooni[2]**
Received:20-6-2011
Accepted:15-1-2012

## Abstract

Now days, water allocation issue is the main problem of decision makers and stakeholders in the majority of catchment basins. The stream flow is the most important information for simulation and modeling of water resources systems allocation. In the other hand, in recent years, trend of stream flows decreased in downstream because of development of agriculture lands and enhancement of stream flows withdrawals. In this study, allocation of water resources systems has investigated under conditions of existing trend and detrending of stream flow by using MIKE BASIN model. In this study, allocation of water resources system has been done for trend, first detrended (in order to management of upstream) and second detrended (in order to management of downstream) time series in Soofi Chai basin. In order to detect the trend of annual stream flow, has been also used non-parametric methods such as Mann-Kendall, Theil-Sen and Spearman Rho. The results showed a decreasing significant trend of Soofi Chai stream flow at 95% confidence level but, there was no significant trend in the Chekan Chai stream flow. Moreover, the results of model simulation, showed that the relative deficit percent of consumption nodes has increased in first detrended status and has decreased in second detrended status relative deficit percent in comparison with existing trend status, respectively. As, for agricultural nodes 1 and 2 has decreased 18 and 1.9 percent, respectively in comparison with first detrended status. In addition, this relative deficit for these nodes has increased 42 and 25 percent in comparison with second detrended status.

**Keywords:** Water Resources Allocation, MIKE BASIN Model, Relative Deficit, Trend, Soofi Chai Basin

1,2- MSc Students, Department of Water Resources Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran
(*- Corresponding Author Email: Farshad.fathian@gmail.com)