مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیستم، شماره اول، ۱۳۹۲
http://jwsc.gau.ac.ir

مقایسه مدل‌های WEAP و MIKE BASIN در تخصیص منابع آب (مطالعه موردی: رودخانه تالوار)

محمدحسین باقری‌هارونی[۱] و *سعید مرید[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران،
[۲]استاد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۹

چکیده

کمبود منابع آب در دسترس از یک‌سو و از سوی دیگر افزایش مداوم تقاضای آب، موجب بر هم خوردن تعادل در سیستم‌های عرضه- تقاضای منابع آب شده است. بنابراین برنامه‌ریزی برای تخصیص کارآمد منابع آب اهمیت بسیاری پیدا کرده است. در سال‌های اخیر مدل‌ها و ابزارهای متعددی به‌منظور شبیه‌سازی مسایل تخصیص آب توسعه‌یافته است. از مدل‌های مطرح در این خصوص، مدل‌های MIKE BASIN و WEAP می‌باشند که ارزیابی توانایی آن‌ها هدف این پژوهش را رقم می‌زند. در این پژوهش ابتدا قابلیت‌ها و امکانات مدل‌سازی دو مدل بررسی گردید و سپس با تعریف دو مثال، مدل‌ها در زمینه تخصص اولویت محور و همچنین براساس بهره‌برداری مخزن، بررسی و در نهایت براساس شاخص اطمینان‌پذیری، عملکرد و نتایج دو مدل مقایسه و تحلیل شدند. علاوه‌بر مثال‌های فرضی، مدل‌ها برای بخشی از رودخانه تالوار از سرشاخه‌های رودخانه قزل‌اوزن نیز اجرا شدند که این سیستم با ۱۰ گره مصرف (شرب و کشاورزی) و ۳ مخزن تعریف گردید. در زمینه تخصیص اولویت محور و تعریف اولویت‌ها، هر دو مدل رفتار و عملکرد متفاوتی اعمال می‌کنند اما در زمینه قوانین بهره‌برداری و همچنین شبیه‌سازی مخزن نتایج دو مدل کاملاً یکسان می‌باشد. نتایج شاخص اطمینان‌پذیری نشان می‌دهد که در شبیه‌سازی MIKE BASIN، با توجه به دردسترس گذاشتن آب بیش‌تر به گره‌های بالاتر تا حدی با آن‌چه در واقعیت اتفاق می‌افتد انطباق بیش‌تری دارد، اما در زمینه بهینه‌سازی و توزیع یکسان کمبودهای بین گره‌ها، مدل WEAP بهتر عمل کرده است.

واژه‌های کلیدی: تخصیص آب، MIKE BASIN، WEAP، شاخص اطمینان‌پذیری، رودخانه تالوار

* مسئول مکاتبه: morid_sa@modares.ac.ir

مقدمه

افزایش تعداد حقابه‌بران و تنوع آن‌ها در بیش‌تر حوضه‌های آب‌ریز، موجب شده است که تخصیص بهینه آب، بیش از پیش اهمیت پیدا کند. در این راستا، مدل‌های ریاضی تخصیص می‌توانند نقش مؤثری در این خصوص ایفا نمایند. مدل‌های با این قابلیت، به ۳ دسته بهینه‌سازی[۱]، شبیه‌سازی[۲] و بهینه‌سازی- شبیه‌سازی قابل تقسیم هستند. اساس مدل‌های بهینه‌سازی بر کمینه یا بیشینه نمودن یک تابع هدف می‌باشد که براساس تعدادی متغیرهای تصمیم و قیودات از پیش تعیین شده، استوار می‌باشند. مدل‌های شبیه‌سازی با استفاده از مجموعه‌ای از رابطه‌ها و پارامترها به پیش‌بینی رفتار سیستم می‌پردازند. مدل‌های آخر نیز به‌طور هم‌زمان بهینه‌سازی- شبیه‌سازی را در یک سیستم منابع آب به انجام می‌رساند (مومنی، ۲۰۰۵). به این منظور بسته‌های نرم‌افزاری متعددی توسعه‌یافته است. از مدل‌های مطرح در این خصوص می‌توان به MIKE BASIN، WEAP، AQUATOOL[۳]، RIBASIM[۴]، Water Ware، MODSIM[۵] و WARGI-SIM[۶] اشاره داشت (آساتا و همکاران، ۲۰۰۸).

در انتخاب مدل مناسب، توجه به قابلیت‌ها و داده‌های در دسترس و ساختار مدل اهمیت پیدا می‌کند. به‌علاوه مقایسه و ارزیابی آن‌ها، با توجه به اهداف مدیریتی بسیار ضروری می‌باشد. پژوهش‌هایی نیز با این هدف انجام شده که در مواردی به بررسی و توصیف ویژگی و قابلیت‌های کلی آن‌ها (آسف و همکاران، ۲۰۰۸) و در مواردی نیز به بررسی عملکرد و روش‌های محاسباتی آن‌ها پرداخته است (نیابز و همکاران، ۲۰۰۷؛ سچی و سولیس، ۲۰۱۰). در مواردی نیز از شاخص‌های ارزیابی استفاده شده است که از مطرح‌ترین آن‌ها، شاخص اطمینان‌پذیری می‌باشد (وربز، ۲۰۰۱؛ کوچ و گرونوالد، ۲۰۰۹). برای مقایسه مدل‌ها، توصیه می‌شود آن‌ها برای یک مثال فرضی و یا حوضه کوچک ارزیابی شوند و اجرای آن‌ها را در تمام حوضه، به این منظور مفید نمی‌دانند (کوچ و گرونوالد، ۲۰۰۹) زیرا کنترل نتایج دشوار می‌گردد. از نمونه کارهای انجام شده در این زمینه، ارزیابی مدل‌های منتخب در طرح WAM[۷] بود. در این طرح مدل WRAP با مدل‌های MODSIM، MIKE BASIN و HEC-PREPRO مقایسه و سپس مدل برتر انتخاب گردید (وربز، ۲۰۰۱). همچنین برای حوضه‌ای

1- Optimization Models
2- Simulation Models
3- Valencia Polytechnic University
4- DELTARES
5- Colorado State University
6- University of Cagliari
7- Water Availability Modeling

در جنوب ایتالیا مدل‌های AQUATOOL، MODSIM، RIBASIM، WARGI-SIM و WEAP، از نظر میزان تأمین مصارف و درصد شکست سیستم مقایسه و ارزیابی شدند (سچی و سولیس، ۲۰۱۰). در پژوهشی نیز، کوچ و گرونوالد (۲۰۰۹) مدل‌های WRAP و WBalMo را در قالب مثال‌های طراحی شده، در دو مرحله مقایسه کردند. در مرحله اول، براساس نحوه تخصیص هر یک از دو مدل و از جهت اصول حقابه در گره‌های مصرف و با در نظر گرفتن میزان آب برگشتی مقایسه صورت گرفت. سپس در مرحله دوم، دو مدل براساس مثال قبلی ولی با تغییر در محل‌های تخلیه میزان آب برگشتی، تحلیل و ارزیابی شدند. در این کار از شاخص اطمینان‌پذیری نیز استفاده شد. کریمی و موسوی (۲۰۱۱) نیز مدل‌های WEAP و MODSIM را براساس مکانیسم تخصیص اولویت- پایه و چگونگی استفاده از آن در حل مسأله تخصیص مورد توجه قرار دادند. در این ارتباط فرمول‌بندی مدل تخصیص، الگوریتم حل و چگونگی احتساب اولویت‌های عرضه و تقاضا در آن‌ها بررسی گردید. نتایج پژوهش در صورت مطرح نبودن بحث ترجیح در عرضه، نشان از عملکرد یکسان دو مدل داشت.

در طرح جامع کشور که از سال ۱۳۸۸ شروع شد، مدل‌های WEAP، MIKE BASIN، MODSIM، RIBASIM و VENSIM، مدل‌های منتخب بودند و برای ارزیابی آن‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردید. در این پژوهش نیز تلاش بر این است که دو مدل MIKE BASIN و WEAP که هر دو از مدل‌های مدنظر طرح جامع آب کشور بودند، مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند. ولی تنها به مقایسه توانایی آن‌ها بسنده نشده و مدل‌ها با مثال‌های فرضی و نیز در یک حوضه واقعی، اجرا و سپس ارزیابی‌ها دنبال شده است. حوضه مورد استفاده، رودخانه تالوار می‌باشد که بخشی از حوضه بزرگ قزل‌اوزن است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی مدل‌ها، ابتدا بخشی از ویژگی‌ها و قابلیت‌های آن‌ها مقایسه می‌گردند. در ادامه همان‌گونه که اشاره شد، با تعریف دو مثال فرضی و یک مثال واقعی از حوضه تالوار، به‌طور جداگانه نحوه تخصیص در مسیر رودخانه و نحوه بهره‌برداری مخازن در آن‌ها بررسی و مقایسه می‌شوند.

ویژگی‌های دو مدل و مقایسه آن‌ها

مدل MIKE BASIN: MIKE BASIN، تحت بسته نرم‌افزاری Arc Map GIS توسعه داده شده است. این مدل، قادر می‌باشد فعالیت‌های چندهدفه همراه با سیستم‌های چندمخزنه، سطحی و

زیرزمینی را برای مسایل کمی، کیفی و برقابی مدل‌سازی کند. از ویژگی‌های بارز آن، زیرمدل‌های شبیه‌سازی بارش- رواناب[1]، تعیین نیاز آبی کشاورزی[2] و برآورد بار کیفی[3] می‌باشد. MIKE BASIN مسایل تخصیص را از طریق شبیه‌سازی پویا[4]، برای هر دوره زمانی و با هر مقیاس زمانی[5] مدل‌سازی می‌کند. این مدل به‌منظور بهینه‌سازی، از روش برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی (NLP) (رابطه ۱)، استفاده می‌کند. تابع هدف در مدل مطابق زیر است:

$$f(x) = \sum_{j=1}^{m} v_j (y_j - g_j)^{p_j} \qquad (1)$$

که در آن، y_j: خروجی موردنظر از فرآیند شبیه‌سازی، g_j: مقدار مورد انتظار برای خروجی، p_j: توان تابع هدف و v_j: وزن تابع می‌باشند (DHI، ۲۰۱۰).

مدل WEAP: مدل WEAP[6] توسط مؤسسه محیط زیست استکهلم[7] و با حمایت ویژه مرکز مهندسی هیدرولوژی گردان مهندسی ارتش آمریکا، توسعه‌یافته است. این نرم‌افزار قابلیت استفاده در تخصیص آب شهری و روستایی با ابعاد مختلف را دارد. WEAP بر معادله‌های بیلان آبی استوار می‌باشد و قابلیت شبیه‌سازی و بهینه‌سازی حقابه‌ها را با در نظر گرفتن اولویت‌های تخصیص را دارد. همچنین شبیه‌سازی آب‌های سطحی و زیرزمینی، بهره‌برداری از مخازن، برقابی، کیفیت (روندیابی آلودگی) و اکوسیستم (نیازهای زیست‌محیطی)، ارزیابی آسیب‌پذیری و تحلیل منفعت- هزینه از دیگر امکانات آن می‌باشد. برای تخصیص آب از منابع مختلف به نیازهای تعریف شده در حوضه براساس اولویت (p)، در هر گام زمانی از بهینه‌ساز خطی (رابطه ۲) با تابع هدف بیشینه‌سازی (Max Z) درصد پوشش نیاز (C) در هر گره استفاده می‌شود (SEI، ۲۰۰۵؛ یاتس و همکاران، ۲۰۰۵):

$$Max\ Z = C_p \qquad (2)$$

مقایسه ویژگی‌های هر یک از دو مدل: در این قسمت ویژگی‌های MIKE BASIN و WEAP به‌طورکلی مقایسه می‌شوند که از جدول ۱ قابل‌ملاحظه است:

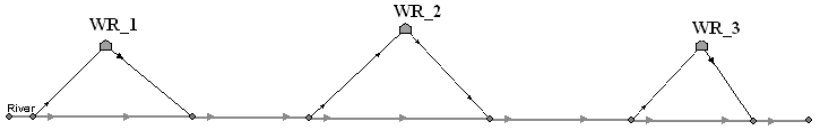
1- Sub-Model NAM Rainfall-Runoff
2- Irrigation Sub-Model
3- Load Calculator
4- Dynamic
5- Time Resolution
6- Water Evaluation and Planning
7- Stockholm Environment Institute's U.S. Center.

جدول ۱- مقایسه ویژگی‌های کلی دو مدل.

ویژگی	MIKE BASIN	WEAP
شبیه‌سازی بارش- رواناب	دارد (به‌صورت قوی‌تر)	دارد
شبیه‌سازی کیفی	دارد	دارد
شبیه‌سازی آب زیرزمینی به‌صورت نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای (چاه‌های پمپاژ)	دارد	دارد
شبیه‌سازی بار آلودگی	دارد (زیر مدل Load Calculator)	ندارد
در نظر گرفتن نیاز زیست‌محیطی	دارد	دارد
بهینه‌سازی نوع بهینه‌سازی	روش برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی (NLP)	روش برنامه‌ریزی خطی (LP)
بهینه‌سازی تابع هدف	قابل تعمیم	بیشینه‌سازی درصد پوشش نیاز هر گره
محاسبه نیاز آبی کشاورزی	دارد	دارد
آنالیز سری زمانی	دارد	ندارد
الگوریتم تخصیص	اولویت محور (اولویت مکانی)	اولویت محور (اولویت کلی)
قوانین بهره‌برداری	دو روش مخازن منحنی فرمان و استخر تخصیص[1]	براساس منحنی فرمان
شبیه‌سازی برقابی	دارد	دارد
قیمت آکادمیک	غیررایگان	رایگان
قابلیت سناریوسازی	دارد (ضعیف‌تر)	دارد

ارزیابی نتایج اجرای دو مدل: همان‌گونه که آمد، در این قسمت مدل‌ها برای سه شرایط مختلف اجرا و سپس نتایج مقایسه می‌گردند.

مقایسه عملکرد دو مدل در یک سیستم بدون مخزن (مثال ۱): این مثال دارای ۱ رودخانه و ۳ گره مصرف می‌باشد. شکل ۱ به‌طور شماتیک این سیستم را نشان می‌دهد.

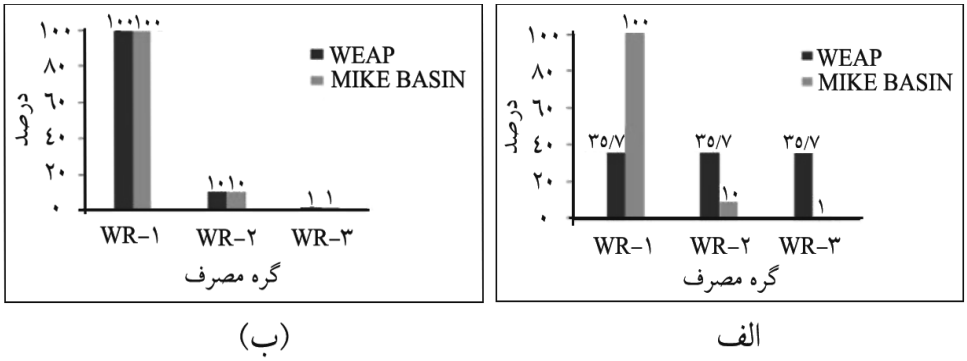


شکل ۲- شماتیک مثال فرضی برای مقایسه اولویت در دو مدل.

1- Allocation Pool Reservoir

برای سیستم بالا در هر گره، میزان ۵ مترمکعب بر ثانیه، آب و میزان آب برگشتی[1] معادل ۱۰ درصد آن در نظر گرفته می‌شود. از آن‌جایی‌که اگر در سیستم موردنظر کمبودی رخ ندهد، نمی‌توان مقایسه شفافی را ارایه داد، بنابراین میزان جریان رودخانه معادل ۵ مترمکعب در ثانیه در نظر گرفته می‌شود که از مجموع مصارف سیستم (۱۵ مترمکعب در ثانیه) کم‌تر باشد.

هر دو مدل WEAP و MIKE BASIN قادر هستند اولویت عرضه و اولویت تقاضا را در تخصیص سیستم منابع آب منظور کنند. مثال ۱ برای دو مدل، یک‌بار با در نظر گرفتن اولویت تقاضای یکسان برای هر ۳ گره مصرف (حالت الف) و یک‌بار با اولویت تقاضای متفاوت (حالت ب) اجرا گردید که نتایج اجرای آن در شکل ۲ قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲- نتایج به‌دست آمده از اجرا دو مدل در شرایط الف) اولویت یکسان گره‌های مصرف و ب) اولویت متفاوت.

همان‌گونه که شکل ۲- الف نشان می‌دهد، مدل WEAP برای هر ۳ گره با اولویت تقاضای یکسان، صرف‌نظر از مکان گره، به یک نسبت آب تخصیص داده است، در حالی‌که MIKE BASIN به‌ترتیب موقعیت آن‌ها از گره بالادست، سپس میانی و در نهایت انتهایی آب تخصیص می‌دهد (به طرف پایین‌تر از نسبت تأمین کاسته می‌شود). نتایج به‌دست آمده از مدل WEAP، عملکرد به‌دست آمده از فرآیند هم‌زمان شبیه‌سازی- بهینه‌سازی است، یعنی این‌که ضمن شبیه‌سازی، در هر گام زمانی و در هر گره، بهینه‌سازی صورت می‌گیرد. بنابراین مشاهده می‌شود چنان‌چه اولویت‌ها در گره‌ها یکسان باشد، میزان کمبود در گره‌ها (صرف‌نظر از موقعیت مکانی آن‌ها) به‌طور یکسان توزیع می‌گردد. چنان‌چه به گره‌های

1- Return Flow

پایین‌دست اولویت بالاتری نسبت به گره‌های بالادست داده شود، مدل WEAP ابتدا آب گره‌های پایین‌دست را و سپس بالادست را تخصیص می‌دهد، ولی شبیه‌سازی با این شرایط در MIKE BASIN ممکن نیست. به این منظور علاوه‌بر حالت ب، که در آن از بالادست به‌سمت پایین‌دست به‌ترتیب اولویت بیش‌تری اعمال گردید، حالتی دیگر نیز در نظر گرفته می‌شود که در آن به ۲ گره پایین‌دست (WR-2 و WR-3) اولویت مساوی و برابر با ۱ و به گره بالادست (WR-1) اولویت ۲ داده می‌شود (حالت ج). جدول ۲ نتایج به‌دست آمده از اجرای دو مدل برای حالات بالا را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقایسه میزان "درصد پوشش نیاز" به‌دست آمده از اجرای مدل‌ها در حالت‌های مختلف بین گره‌های بالادست و پایین‌دست (مثال ۱).

گره / مدل		WEAP			MIKE BASIN		
		WR-۱	WR-۲	WR-۳	WR-۱	WR-۲	WR-۳
حالت الف	اولویت	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	درصد پوشش	۳۵/۷	۳۵/۷	۳۵/۷	۱۰۰	۱۰	۱
حالت ب	اولویت	۱	۲	۳	۱	۲	۳
	درصد پوشش	۱۰۰	۱۰	۱	۱۰۰	۱۰	۱
حالت ج	اولویت	۲	۱	۱	۲	۱	۱
	درصد پوشش	۰	۵۲/۶	۵۲/۶	۱۰۰	۱۰	۱

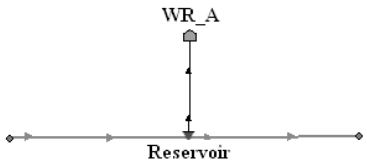
از منظر میزان کل آب تخصیص داده شده (تفاضل میزان کل آب ورودی به سیستم و میزان آب موجود در انتهای سیستم) نیز در شرایط اولویت‌های غیریکسان (حالت‌های ب و ج)، WEAP بر خلاف MIKE BASIN نتایج متفاوتی ارایه می‌دهد (جدول ۳).

جدول ۳- میزان آب باقی‌مانده در انتهای سیستم در حالت‌های مختلف برای دو مدل (مثال ۱).

دبی / مدل	میزان کل آب ورودی برای هر دو مدل (مترمکعب بر ثانیه)	میزان آب موجود در آخرین گره (مترمکعب بر ثانیه)		میزان کل آب تخصیص داده شده (مترمکعب بر ثانیه)	
		WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN
حالت الف	۵	۰/۱۸	۰/۰۰۵	٤/۸۲	٤/۹۹۵
حالت ب	۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	٤/۹۹۵	٤/۹۹۵
حالت ج	۵	۰/۷	۰/۰۰۵	٤/۳	٤/۹۹۵

MIKE BASIN عملیات بهینه‌سازی و شبیه‌سازی را بر خلاف WEAP به‌طور مجزا انجام می‌دهد. نتایج ارایه شده در این پژوهش به‌علت نداشتن دقت بهینه‌سازی[1]، تنها مربوط به شبیه‌سازی MIKE BASIN می‌باشد. همان‌گونه که نتایج شکل ۲- الف نشان می‌دهد، مدل MIKE BASIN بر خلاف مدل WEAP مقادیر متفاوتی را به هر گره تخصیص داده است. در نسخه اخیر MIKE BASIN (۲۰۰۹) اولویت‌های عرضه و تقاضا، تنها در هر گره مفهوم دارد. به‌عبارتی در مورد ۱ گره تأمین مثل رودخانه، تنها در صورتی می‌توان اولویت‌های متفاوتی برای گره‌های مصرف اعمال کرد که تمامی آن‌ها از یک نقطه سرچشمه گیرند، در غیر این صورت به‌ترتیب از بالادست به‌سمت پایین‌دست آب در اختیار گره‌ها قرار می‌گیرد. همچنین بر خلاف WEAP، نمی‌توان بین ۱ گره بالادست و گره‌های پایین‌دست از نظر اولویت مصرف آب، تفاوتی اعمال کرد.

مقایسه عملکرد دو مدل در یک سیستم با مخزن (مثال ۲): در این مثال سیستم منابع آب موردنظر از یک سیستم رودخانه- مخزن به‌همراه یک گره مصرف که به‌طور مستقیم از مخزن تغذیه می‌گردد، تشکیل شده است (شکل ۳). برای سری زمانی رودخانه، مقادیر متفاوتی از دبی برای یک‌سال فرضی و به‌صورت ماهانه در نظر گرفته می‌شود. همچنین نیاز آبی گره مصرف، معادل ۵ مترمکعب در ثانیه و برای همه ماه‌ها ثابت می‌باشد.

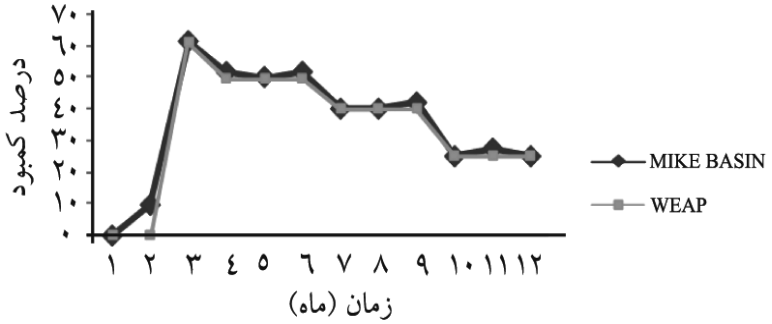


شکل ۳- شماتیک مثال برای مقایسه عملکرد مخزن و بهره‌برداری آن در مدل‌های WEAP و MIKE BASIN.

اصول کلی بهره‌برداری از مخزن در دو مدل WEAP و MIKE BASIN تقریباً از منطق یکسانی پیروی می‌کند و هر دو، قابلیت شبیه‌سازی کنترل سیلاب، آب زیست‌محیطی و برقابی را دارند. اما در جزئیات شبیه‌سازی و اعمال قوانین بهره‌برداری، مدل MIKE BASIN تا حدی از امکانات بیش‌تری برخوردار است (در این پژوهش به‌منظور مقایسه دو مدل، قوانین بهره‌برداری، تبخیر از مخزن، بارندگی

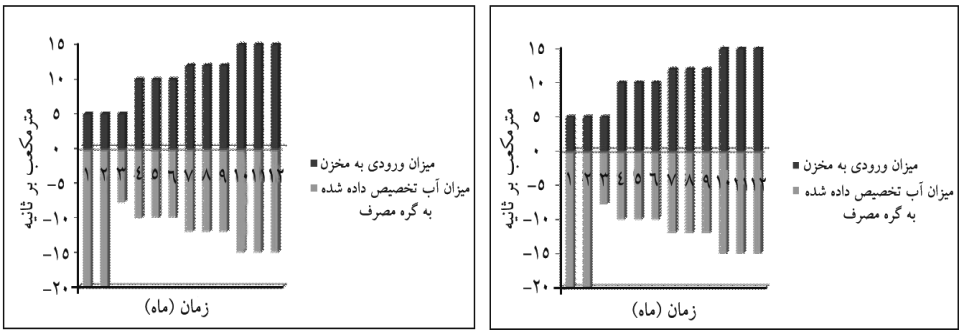
۱- در ویرایش ۲۰۰۹ مدل MIKE BASIN، بهینه‌سازی آن با مشکل همراه است که به تأیید کارشناسان آن‌ها نیز رسیده است (اله، ۲۰۱۰).

و مشخصات فیزیکی مخزن کاملاً یکسان برای مدل‌سازی هر دو مدل به‌کار رفته است که از ذکر جزئیات آن‌ها خودداری شده است). شکل ٤، میزان درصد کمبود مربوط به گره مصرف (WR-A) به‌دست آمده از مدل‌سازی این مثال را نشان می‌دهد.



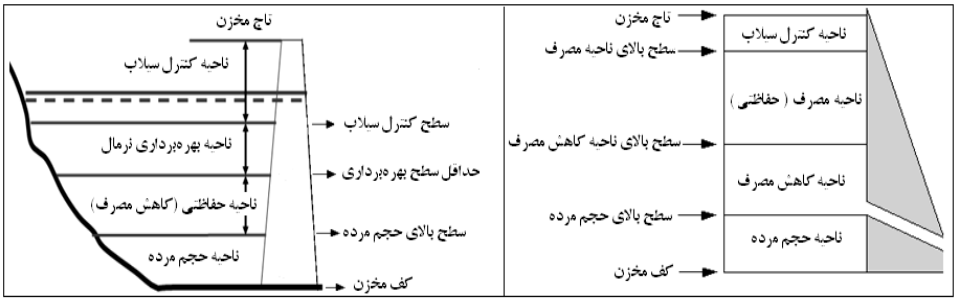
شکل ٤- نتایج دو مدل برای مقادیر درصد کمبود مربوط به گره مصرف در مثال ۲.

همان‌طورکه نتایج شکل ٤ نشان می‌دهد، برای مثال ۲، مقادیر درصد کمبود در دو مدل تقریباً یکسان می‌باشد. نتایج مربوط به مقایسه مقادیر آب ورودی و تخصیص‌یافته به مخزن (شکل ٥) نیز نشان‌دهنده شباهت آن‌ها در شبیه‌سازی مخزن است. نتایج نزدیک به آن علت می‌باشد که هر دو مدل از نظر فراخوانی داده‌های مورد نیاز و از طرفی اعمال قوانین بهره‌برداری مبنای یکسانی دارند.



شکل ٥- مقادیر ورودی به مخزن و میزان آب تخصیص‌یافته از آن برای مثال ۲ در مدل‌های (الف) MIKE BASIN و (ب) WEAP.

قابل ذکر است مدل‌های WEAP و MIKE BASIN، نگرش متفاوتی درباره مفهوم ناحیه حفاظتی[1] دارند (دی اچ آی، ۲۰۱۰). در مدل MIKE BASIN ناحیه حفاظتی مربوط به ناحیه‌ای از مخزن می‌باشد که چنان‌چه سطح آب از آن تقلیل یابد و وارد این ناحیه شود، به گره‌های مصرف به‌طور کامل آبی داده نمی‌شود و تنها میزان آب مربوط به قانون حداقل جریان زیست‌محیطی رها می‌گردد. حال آن‌که ناحیه حفاظتی در WEAP ناحیه‌ای است که سطوح بهره‌برداری و ضرایب کاهشی تعریف می‌شوند و براساس آن‌ها به گره‌ها، آب کم‌تری تخصیص می‌یابد. شکل ٦ نواحی بهره‌برداری را در هر دو مدل نشان داده است.

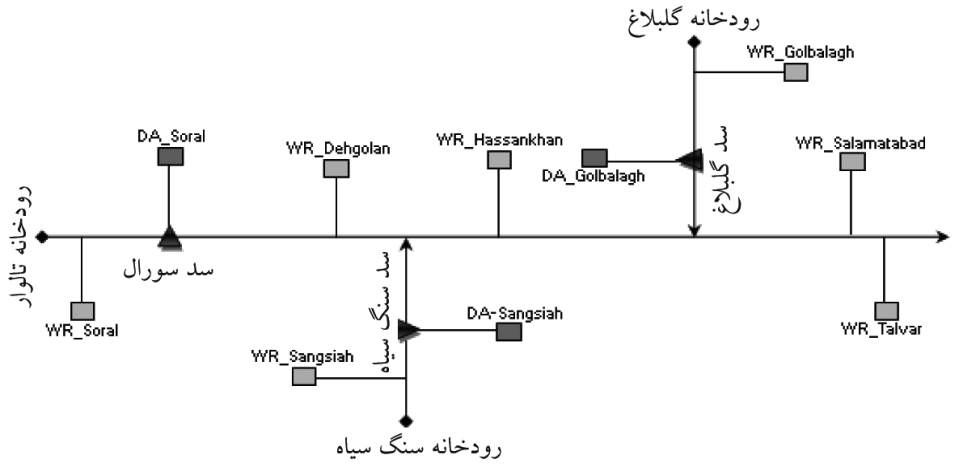


(الف) (ب)

شکل ٦- نواحی بهره‌برداری در مخازن (الف) WEAP و (ب) MIKE BASIN.

مقایسه عملکرد دو مدل در سیستم رودخانه تالوار (مثال ۳): مثال ۳ مربوط به رودخانه تالوار است. این رودخانه از بالاترین سرشاخه‌های رودخانه قزل‌اوزن در استان کردستان می‌باشد که رودخانه‌های گلبلاغ و سنگ‌سیاه به آن می‌پیوندند. در این سیستم با ۱۰ گره مصرفی شرب و کشاورزی و به‌همراه ۳ مخزن تعریف شده است که در شکل ۷ قابل مشاهده می‌باشد. گره‌های DA-Soral، DA-Sangsiah و DA-Golbalagh گره‌های کشاورزی و سایر گره‌ها مربوط به شرب شهری می‌باشند. همچنین سدهای سورال، گلبلاغ و سنگ سیاه، مخازن این سیستم هستند.

1- Conservation Zone



شکل ۷- شماتیک سیستم منابع آب رودخانه تالوار.

شاخص اطمینان‌پذیری: برای ارزیابی عملکرد دو مدل برای این قسمت از شاخص اطمینان‌پذیری استفاده شده است. این شاخص نسبت تعداد کل ماه‌هایی که سیستم در تأمین آب با موفقیت روبرو بوده به تعداد کل ماه‌های اجرای آن می‌باشد (رابطه ۳). به‌عبارت دیگر این شاخص، شکست سیستم[1] را تحلیل می‌کند:

$$\mathrm{Re}l = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{M} d_j}{T} \qquad (۳)$$

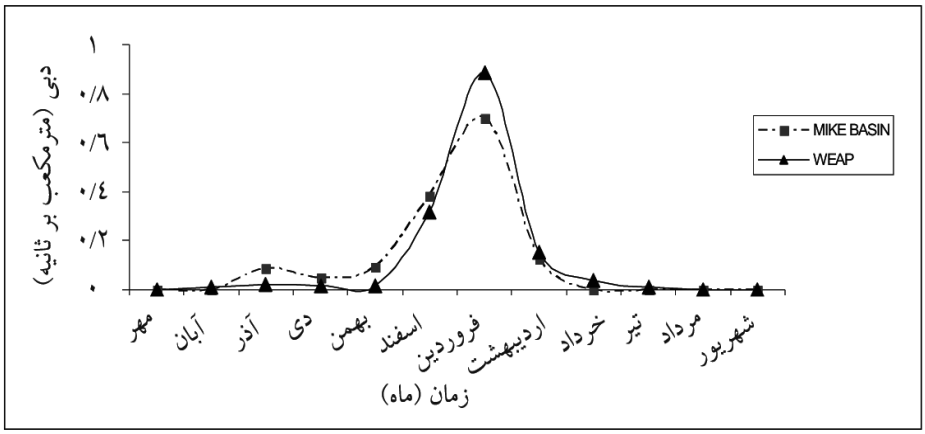
که در آن، Rel: شاخص اطمینان‌پذیری، M: تعداد کل زمان‌هایی است که سیستم در تأمین نیازها با شکست روبرو شده، d_j: j اُمین واقعه شکست سیستم و T: تعداد کل زمان‌های اجرای سیستم می‌باشند (مرابتنا و همکاران، ۲۰۰۲؛ هاشیموتو و همکاران، ۱۹۸۲).

اجرای مدل‌ها و تحلیل نتایج: به‌منظور اجرای هر یک از مدل‌ها، حوضه رودخانه تالوار با شماتیکی که در شکل ۷ ارایه شد، به مدل‌ها معرفی شدند. همچنین داده‌ها، اطلاعات و فرضیات در شرایط برابر به آن‌ها معرفی و برای ۵۰ سال (۱۳۳٦ تا ۱۳۸٦) با گام زمانی ماهانه اجرا شدند. همان‌طورکه قبلاً نیز

1- Failure

بیان گردید، مفهوم اولویت تقاضا در هر یک از دو مدل کاملاً متفاوت می‌باشد. بنابراین با توجه به حق تقدم بالادست به پایین‌دست در مدل MIKE BAISN و تلاش برای برقراری شرایط یکسان برای دو مدل، اولویت‌های گره‌های مصرف در مدل WEAP را از بالادست به پایین‌دست در نظر گرفته شد (یعنی گره‌های بالادست اولویت بیش‌تری را یافتند). در جدول ٤ نتایج اجرای دو مدل بر حسب درصد تأمین نیاز آبی هر گره آمده است.

همان‌طورکه نتایج ارایه شده نیز تایید می‌کند، MIKE BASIN برای گره‌های بالادست آب بیش‌تری را در اختیار گره موردنظر قرار داده در حالی‌که WEAP با توجه به اعمال بهینه‌سازی در تخصیص میزان کمبودهای آب در گره‌های پایین‌دستی تقریباً به‌طور یکسان آب را تأمین نموده است. هر یک از دو مدل بعد از اجرا، تقریباً از تمامی آب موجود برای رفع نیاز گره‌های مصرف استفاده کردند. شکل ۸ مقادیر متوسط ماهانه میزان آب باقی‌مانده در آخرین گره مربوط به رودخانه (میزان کل آب بهره‌برداری نشده) را نشان می‌دهد. این میزان آب باقی‌مانده تا حدی مربوط به مقادیر جریان برگشتی است که به‌طور یکسان برای هر دو مدل و در تمامی گره‌ها، معادل ۱۰ درصد نیاز آبی هر گره در نظر گرفته شده است.

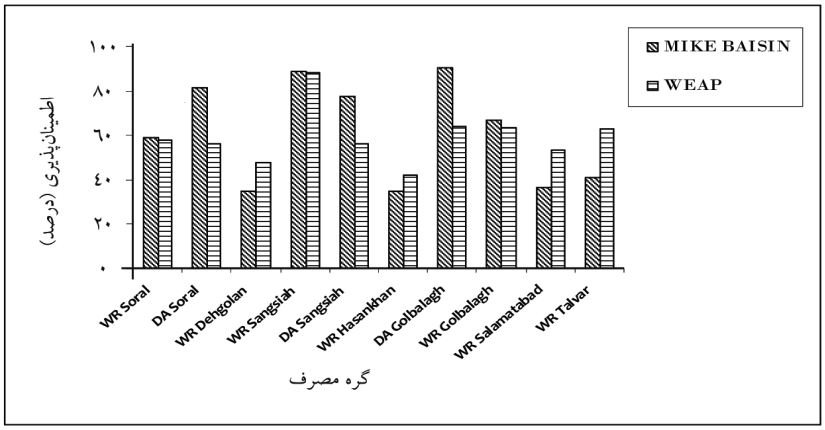


شکل ۸- مقادیر متوسط آب بهره‌برداری نشده در هر دو مدل برای سیستم تالوار.

جدول ٤- نتایج درصد تأمین نیاز هر گره در هریک از دومدل.

اولویت / گره مصرف	WR Soral		DA Soral		WR Dehgolan		WR Sangsiah		DA Sangsiah		WR Hasankhan		DA Golbalagh		WR Golbalagh		WR Salamatabad		WR Talvar	
	١		٢		٣		١		٢		٤		٢		١		٥		٦	
	WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN	WEAP	MIKE BASIN
مهر	٥٠	٩٥	٢	٨٨	٠	٣	٩٨	١٠٠	٦	٩٦	٠	٢	٢٣	٢٣	٨٤	٨٦	١	١	٧	٩
آبان	١٠٠	١٠٠	٩٥	١٠٠	٢٧	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٢٣	١٠٠	٨٧	١٠٠	٨٧	١٠٠	٥٨	١٠٠	٩٠	١٠٠
آذر	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دی	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
بهمن	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
اسفند	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٦	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٩	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٤	١٠٠	٣٨	١٠٠	٥٠	١٠٠
فروردین	١٠٠	٩٣	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٣	١٠٠	٩٩	١٠٠	٩٩	١٠	٩٧	١٠٠	١٠٠	٩٢	١٠٠	٣٠	١٠٠	٦٤	١٠٠
اردیبهشت	٨٩	٣٩	٨٦	٩٦	٦٢	٩	٩٨	٩١	٨٣	٨١	٥	٣٦	١٠٠	١٠٠	٩٠	٤٩	٩٥	٩	٥١	١٠٠
خرداد	٣٧	٣٢	١٥	٧٤	١٣	١٠	٩٤	٨٩	١٦	٦١	٣	١٣	٦٧	٩٢	٤١	٢٨	٤٢	٧	٥٨	٥٧
تیر	٣٢	٢٩	٧	٥٦	٧	٨	١٠٠	٧٢	٩	٤٨	٢	٥	١٨	٧٥	١٩	٢١	١٣	٦	٥٠	١٦
مرداد	٣٢	٣٥	١	٤٧	٠	٦	٧٧	٩١	٤	٤٢	٠	٢	٧	٦٨	٢٣	٢٣	٢	٤	٣٦	٧
شهریور	٣٥	٥٨	١	٤١	٠	٤	١٠٠	٩٥	٣	٣٨	٠	٢	٠	٧٣	٢٠	٨٣	٠	٣	٢٦	١

در ادامه، به‌منظور تحلیل و بررسی تخصیص آب در هر دو مدل و در دوره‌های زمانی شبیه‌سازی (با مقیاس ماهانه)، شاخص اطمینان‌پذیری نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. برای محاسبه شاخص اطمینان‌پذیری، آستانه تعیین شکست سیستم در زمینه تأمین آب برای گره‌های کشاورزی ۸۰ درصد و برای گره‌های شرب ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. شکل ۹ نتایج به‌دست آمده از برآورد شاخص اطمینان‌پذیری را به تفکیک گره‌های مصرف نشان می‌دهد.



شکل ۹- نتایج به‌دست آمده از برآورد شاخص اطمینان‌پذیری.

همان‌طور که نتایج شاخص اطمینان‌پذیری نشان می‌دهد، مدل‌های WEAP و MIKE BASIN رفتار متفاوتی در زمینه تخصیص آب به گره‌های مصرف نشان دادند، نتایج این شاخص برای WEAP تقریباً مشابه و در یک محدوده یکسان برای هر یک از گره‌ها قرار دارد. این به‌علت انجام هم‌زمان شبیه‌سازی و بهینه‌سازی می‌باشد. این نکته نیز مورد توجه قرار گیرد که تخصیص آب در MIKE BASIN با توجه به این‌که به گره‌های بالادستی آب بیش‌تری را اختصاص می‌دهد، شاید با واقعیت تشابه بیش‌تری داشته باشد. اما در مدیریت منابع آب در شرایط کم‌آبی، تنها شبیه‌سازی سیستم پاسخ‌گوی نیازهای مدیریتی نمی‌باشد و باید به نوعی عدالت در تخصیص‌ها مدنظر باشد که در این مرحله مدل WEAP، بهتر عمل می‌کند.

نتایج

در این پژوهش، تلاش گردید تا با ایجاد شرایط یکسان، دو مدل WEAP و MIKE BASIN در سه مثال که یکی از آن‌ها مربوط به رودخانه تالوار از زیرحوضه‌های رودخانه قزل‌اوزن می‌باشد، برای ۵۰ سال آماری اجرا و با یکدیگر مقایسه شوند که نتایج زیر از آن قابل ارایه هستند:

۱- مفهوم اولویت تقاضا در هر یک از دو مدل کاملاً متفاوت می‌باشد. اولویت در مدل WEAP نه‌تنها بین گره‌های مشتق شده از یک گره تأمین معنی دارد، بلکه بین گره‌های بالادست و پایین‌دست نیز اولویت، قابل اعمال است، اما در MIKE BASIN مفهوم اولویت تنها در بین گره‌های مشتق شده از یک گره تأمین مفهوم دارد و بین گره‌های بالادست و پایین‌دست که از منابع تأمین متفاوت، آب دریافت می‌کنند، اولویت مفهومی ندارد.

۲- اصول کلی بهره‌برداری ار مخزن در دو مدل WEAP و MIKE BASIN تقریباً از منطق یکسانی پیروی می‌کند و هر دو قابلیت کنترل حجم سیلاب، منابع زیست‌محیطی و برقابی را دارند. اما در جزئیات آن‌ها و اعمال قوانین بهره‌برداری، مدل MIKE BASIN تا حدی از امکانات بیش‌تری برخوردار است. هر چند نتایج این پژوهش، عملکرد به‌نسبت مشابه آن‌ها را در بهره‌برداری از مخزن نشان داد.

۳- نتایج شاخص اطمینان‌پذیری نشان داد MIKE BASIN، با توجه به در دسترس گذاشتن آب بیش‌تر به گره‌های بالاتر تا حدی با آن‌چه در واقعیت اتفاق می‌افتد انطباق بیش‌تری دارد، اما در زمینه بهینه‌سازی و توزیع کمبودهای گره‌های پایین‌دست به دیگر گره‌ها، نتایج مدل WEAP برتر می‌باشد. بنابراین پیاده‌سازی WEAP در اجرا به توان مدیریتی کارآتری در سطح حوضه آب‌ریز نیاز دارد.

٤- مدل MIKE BASIN از این نظر که زیربرنامه‌های کیفی و آب‌زیرزمینی آن متعلق خودش می‌باشد، مدلی جامع‌تر می‌باشد. در حالی‌که WEAP از مدل‌های دیگر استفاده می‌کند.

۵- از منظر روش‌شناسی تخصیص، مدل MIKE BASIN با توجه به امکاناتی که برای طراحی یک مخزن دارد و استفاده از قابلیت‌هایی مثل دو نوع الگوریتم تخصیص (منحنی فرمان و روش استخر تخصیص)، نسبت به مدل WEAP کامل‌تر می‌باشد.

٦- الحاق مدل MIKE BASIN به نرم‌افزار ArcView، از طرفی در رسم شماتیک حوضه، ارایه نتایج بهتر و استفاده هم‌زمان از ویژگی‌های نرم‌افزاری Arc GIS در تحلیل و پیاده‌سازی حوضه کمک می‌کند، اما از طرفی نیز به‌علت مشکلات نصب نسخه‌های غیراصلی Arc VIEW برای مدل‌سازی در برخی موارد، کاربر را با مشکلاتی روبرو می‌سازد. از این منظر WEAP با توجه به حجم به‌نسبت کم و نصب راحت‌تر آن، بهتر عمل می‌کند.

۷- مدل WEAP از نظر ورود داده و راحتی، تا حدی نسبت به مدل MIKE BASIN، کاربردوست‌تر می‌باشد.

۸- از نظر سرعت اجرای مدل و پردازش داده‌ها، تحت یک سیستم کامپیوتری مشابه، مدل MIKE BASIN سرعت عمل بیش‌تری داشت.

۹- در مجموع با توجه به مقایسه انجام شده، نحوه پشتیبانی و مدنظر قرار دادن هزینه‌های دو مدل، نتایج این پژوهش، مدل WEAP را در مقایسه با MIKE BASIN، برای شرایط کشور مناسب‌تر می‌داند.

منابع

1.Allé, A. 2010. Personal communication, Danish Hydraulic Institute, Denmark.

2.Assata, H., Beek, E.V., Borden, C., Gijsbers, P., Jolma, A., Kaden, S., Kaltofen, M., Labadie, J.W., Loucks, D.P., Quinn, N.W., Sieber, J., Sulis, A., Werick, W.J., and Wood, D.M.. 2008. Generic Simulation Models for Facilitating Stakeholder Involvement in Water Resources Planning and Management: A Comparison, Evaluation, and Identification of Future Needs in Environmental Modelling, Software and Decision Support, IDEA Book Series, Elsevier. 20: 229-246.

3.DHI: Danish Hydraulic Institute. 2010. MIKE BASIN user manual, Guide to Getting Started Tutorial. Danish Hydraulic Institute, Denmark, 306p.

4.Hashimoto, T., Stendinger, J.R., and Loucks, D.P. 1982. Reliability, Resiliency, and Vulnerability Criteria for Water Resources System Performance Evaluation. Water Resources Research, 18: 1. 14-20.

5.Karimi, S.M., and Mousavi, S.J. 2011. Priority-base allocation on water resources in basin scale: comparison of WEAP and MODSIM models. 6th national congress on civil engineering, Semnan University, Semnan, 10p. (In Persian)

6.Koch, H., and Grünewald, U. 2009. A Comparison of Modeling Systems for the Development and Revision of Water Resources Management Plans, Water Resources Management (© Springer Science), 23: 1403-1422.

7.Labadie, J.W., Baldo, M.L., and Larson, R. 2000. MODSIM: Decision Support System for River Basin Management: Documentation and User Manual. Dept. of Civil Eng., Colo. State University Ft. Collins, CO.

8.Merabtene, T., Kawamura, A., Jinno, K., and Olsson, J. 2002. Risk assessment for optimal drought Management of an integrated water resources system using a genetic algorithm. Hydrological Processes, 16: 2189-2208.

9.Momeni, A. 2005. Determining optimal operation rule from multi-objective reservoir, using dynamic system. M.Sc. Thesis. Sharif University of Technology, 103p. (In Persian)

10.Nyabeze, W.R., Mallory, S., Hallowes, J., Mwaka, B., and Sinha, P. 2007. Determining operating rules for the Letaba river systemin South Africa using three models. Physics and Chemistry of the Earth, 32: 1040-1049.

11.Sechi, G.M., and Sulis, A. 2010. Intercomparison of Generic Simulation Models for Water Resource Systems. International Congress on Environmental Modelling and Software Modeling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada.

12.SEI: Stockholm Environment Institute. 2005. WEAP: Water Evaluation And Planning System, User Guide, Somerville, MA: Stockholm Environment Institute, US Centre, 176p.

13.Wurbs, R.A. 2001. Assessing water availability under a water right priority system. J. Water Resour. Plan. and Manage. 4: 235-243.

14.Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., and Huber-Lee, A. 2005. WEAP21 a demand, priority and preference driven water planning model. Part 1. Model characteristics. Water Inter. 30: 487-500.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(1), 2013
http://jwsc.gau.ac.ir

Comparison of WEAP and MIKE BASIN models in water resources allocation (Case Study: Tlavar river)

M.H. Bagheri Harooni[1] and *S. Morid[2]

[1]M.Sc. Student, Dept. of Water Resources Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran,
[2]Professor, Dept. of Water Resources Engineering, University of Tarbiat Modares, Tehran
Received: 01/07/2012; Accepted: 05/29/2012

Abstract

Water resources scarcity and increasing demand have led to unbalanced supply-demand in the watersheds and water systems. Therefore, planning for efficient allocation has been a matter of importance. To resolve water allocation problems, various models and tools have been developed. Selection of these models is also another issue that needs to be done by an holistic approach. WEAP and MIKE BASIN are two of the well known models in this regard and comparison of their abilities construct objective of the present paper. To do this, capabilities and features of the two models were firstly outlined. Then in two assumptive examples, models were compared based on priority-base allocation and reservoir operation. Furthermore, models ran for a part of Talvar River as one of the main tributaries of the Ghezelozan River. This system consists of ten water demand nodes (domestic and agriculture) and three reservoirs. The results showed that in the priority-base allocation the performances were different, but they were identical in the operation rules and reservoir simulation. The results of reliability index showed that MIKE BASIN simulation matched better with reality due to their ability to extract more water. While, WEAP showed better results for optimization and even distribution of deficits among nodes.

Keywords: Water allocation, MIKE BASIN, WEAP, Reliability index, Talvar river

* Corresponding Author; Email: morid_sa@modares.ac.ir