

## برنامه ریزی خطی چند منظوره برای تخصیص بهینه آب بر اساس معیارهای اقتصادی و رضایتمندی

### چکیده

یک مدل ساده ی جبری تخصیص اب برای تخصیص بهینه منابع اب در دسترس بین یک تابع دو منظوره مورد توجه هستند. تابع تک منظوره ی اول سطح رضایتمندی بین بخش های مختلف متقاضی آب را بهینه سازی میکند. درحالیکه دومین تابع تک منظوره بازده خالص اقتصادی را به حداکثر میرساند. تابع چند منظوره این دو تابع تک منظوره را ادغام میکند. این تابع دو تکنیک بهینه سازی را مد نظر میگیرد. تکنیک محدودیت مساوی همزمان و تکنیک وزن دهی برای بهینه سازی سطح رضایتمندی و بازدهی اقتصادی خالص. این مدل در حوزه رودخانه هینگل در استان بلوچستان کشور پاکستان بکار رفته است. برای ارزیابی قابلیت اجرای این مدل در شرایط مختلف طرحهای مختلفی بکار رفته تا تغییر ها را در کمترین سطح رضایتمندی بررسی کرده و اولویت بندی بخش های مختلف متقاضی آب را مشخص نماید.

نتایج حاکی از آن است که میزان بازدهی اقتصادی حاصل از  $B1W1$  میان  $B0W1$  و  $B1W0$  قرار می گیرد. درواقع این نوعی ترازى بین دو تابع مجزاست. این مدل به دلیل سادگی و قابلیت اجرایی بالادر شرایط مختلف به سادگی سازگار میشود.

**واژگان کلیدی:** مدل تخصیص اب، تخصیص بهینه، سطح رضایتمندی بازدهی اقتصادی، برنامه ریزی خطی

## 1. مقدمه

اب از نیازهای اولیه توسعه اقتصادی-اجتماعی یک کشور است که تقریباً تمامی شاخص های اقتصادی آن کشور را تحت تاثیر قرار میدهد. فشار فزاینده جمعیت و صنعتی سازی به همراه بهبود استانداردهای زندگی شهرنشینی و توسعه صنعتی منجر به ایجاد رقابت بین بخشهای مختلف متقاضی آب است. بهره برداری از منابع را میتوان به سه گروه عمده تقسیم بندی کرد (۱: بخش آبیاری) ۲ تولید نیرو (۳ مصرف خانگی بخش های دیگری نیز در دسترسی به آب سهیم اند مانند: بخش صنعتی، کشتیرانی، تفریحی، ماهیگیری و محیط زیست. که نتیجه آن فشار مداوم بر روی منابع محدود آب موجود است که منجر به نیاز مبرم برای بهینه سازی استراتژی های کلی تخصیص آب است.

زمانی پاکستان با استفاده از منابع آبی حوزه رودخانه ایندوس مازاد آب داشت. اما اکنون این کشور از تخلیه شدید منابع آبی رنج میبرد که دلیل آن تغییر در الگوهای بارندگی بخاطر تغییر شرایط آب و هوایی و روش های ضعیف مدیریت آب است. سرانه آب موجود در پاکستان به  $m1000$  تقلیل یافته است که یک آستانه جهانی بسیار پایین قلمداد میشود. این وضعیت منجر به شرایط آبی بغرنجی در کل کشور شده است. ضمناً فاصله بین تقاضای آب و تخصیص آن به منجر به درگیری بین متقاضیان آب شده است.

زمانیکه میزان آب در دسترس بیشتر از تقاضای مصرف کنندگان باشد، همزیستی مسالمت آمیزی صورت میگیرد و مشکلات مربوط به تخصیص آب کمتر دیده میشود. با این حال در بیشتر کشورها وضعیت اینگونه نیست و زمانیکه تقاضا افزایش میابد درگیری بین متقاضیان آب بیشتر میشود. برای رفع این نگرانی، روزبهانی و همکاران، نرم افزار مدل بهینه سازی چندمنظوره و تک منظوره را مطرح کرده اند، که برای گسترش روش های نوین تخصیص آب برای رفع مشکلات بین متقاضیان آن استفاده میشود.

در یک بررسی جداگانه نوعی مدل بهینه سازی بر اساس ضوابط اقتصادی توسعه یافت که به تخصیص آب بین بخش کشاورزی و بخش تولید نیرو در شمال شرقی اسپانیا میپرداخت. یک مدل آبی بهینه مفید، عادلانه از نظر زیست محیطی پایدار برای آنالیز استفاده از آب و تخصیص بهینه از روش تناوبی دیگر در حوضه رودخانه مکانگ در چین و حوزه دانگ نای در ویتنام اعمال شد. گسترش یک مدل جامع تخصیص آب برای تخصیص بهینه ی آب توسط مدیر

و اپراتور مخزن فرضی. مفهوم مدیریت اقتصادی و شاخص نمودار عملکرد سیستم هیدرولیکی به همراه مهندسی تصمیم گیری، ارتباط مدل ها بری تصمیم گیری ها و سیاستهای مدیریت آب را افزایش میدهد KHUMMMOKOL. -یک مدل جامع برای بهینه سازی تخصیص آب و مدیریت برای به حداکثر رساندن منافع بازده خالص اقتصادی، با استفاده از مدل بهینه سازی چند منظوره و پیش بینی بارندگی ها ارائه داد. یک مدل ترکیبی بهینه سازی برنامه ریزی خطی و غیر خطی برای عملکرد کوتاه مدت ۱۰ (روز) مخزن برای سیستم رودخانه MDUS در پاکستان برای تامین آب مورد نیاز آبیاری، تولید محکه HYDRO POWER، و جلوگیری از سیل ایجاد شده است.

TILMANT یک مدل جامع صرفه جوی آب تصادفی احتمالی برای بهینه سازی تخصیص آب به روشی که بازده اقتصادی را به حداکثر رساند برای حوزه رودخانه ZOMBEZI در جنوب شرقی افریقا ایجاد کرد. بهینه سازی تخصیص آب براساس برنامه ریزی خطی چند منظوره و خطی برای حداکثر رساندن بازده خالص اقتصادی برای کشاورزان استان خراسان در شمال ایران مطرح کرد. DIVAKAR یک مدل اقتصادی چند منظوره را مطرح کرد، که به طور مؤثری منابع محدود آب را به بخش های مختلف متقاضی آب اختصاص میدهد، ه این مدل را در حوضه رودخانه CHOO PHRAY در تایلند به کار برده است. SONG و ZHANG نوعی مدل بهینه سازی با ترکیب ورودی -خروجی و روش برنامه ریزی خطی راچی کرد تا تخصیص منابع آبی در استان HABAI در چین اجرا کرد. روزبهانی روش برنامه ریزی خطی را برای ارزیابی تخصیص منابع آب بین بخش های مختلف متقاضیان آب را براساس ضوابط اقتصادی در شمال ایران به کار برد. IDUTTA ETAL از ابزار مدل سازی منابع آب E برای ارزیابی منابع آب و اپراتور های رودخانه ها در بکارگیری پایدار و موثر مدیریت منابع آبی استفاده کرد.

در کشور های در حال توسعه مانند پاکستان اپراتور های مخازن، به خوبی آموزش ندیده اند تا تکنیک های روش های پیشرفته، پیچیده و به کار گرفته بکار گیرند Simonic. اظهار میکنند که محدودیت های عملکرد مخزن و اقدامات اصلاحی برای تسهیل ادراک و بکارگیری مخازن توسط اپراتورها لازم است. بسیاری از پژوهشگران تاکید میکنند که ماهیت انتزاعی عملکرد پیچیده مخزن در مدل بهینه سازی منجر به کاربرد و استفاده محدود از آن شده است. مدیران و اپراتورهای مخازن احتمالاً با روش های پیچیده بهینه سازی به راحتی ارتباط برقرار نمیکنند. ماهیت تصادفی

متغیرهای هیدرولوژیکی نیز به این پیچیدگی میافزاید. در گذشته بیشتر مطالعات در مطبوعات نیز بر به حداکثر رسانی بهینه سازی سطح رضایتمندی و بازده اقتصادی خالص متمرکز بود. تاکنون هیچ تحقیقی به صورت مشترک سطح رضایتمندی و معیارهای اقتصادی مرتبط به بهره برداری از مخازن را به صورت عملی مورد بررسی قرار نداده است. این پژوهش نوعی مدل چندمنظوره خطی جبری را برای بهینه سازی تخصیص آب تنظیم کرده است. پژوهش های مختلفی برای ارزیابی میزان کاربرد این مدل تحت شرایط مختلف نیز انجام شده است. این پژوهش مدل تخصیص بهینه آب را باهدف مشترک بهینه سازی سطح رضایتمندی و بازده خالص اقتصادی در مخزن هینگل در بلوچستان پاکستان بکار برده است.

## 2. پژوهش ناحیه ای

رودخانه هینگل یکی از رودخانه های اصلی بلوچستان پاکستان با مساحت زهکشی ۳۴۰۹۶۵۴ است که نال و ماشکای دو زیر شاخه مهم آن است. شیب کلی رودخانه اصلی و زیرشاخه هایش از شمال به جنوب در تصویر شماره یک نشان داده شده است. رودخانه نال از جنوب شهر کلان شروع شده و ۶۸ کیلومتر تا محل تلاقی اش با رودخانه ماسکای به طول تقریبی ۲۷۸ کیلومتر گسترش میابد. طول رودخانه هینگل در پایین دست این هم آب حدود ۱۵۲ کیلومتر است. ساخت سد انحرافی هینگل با ظرفیت ذخیره سازی موثر ۶۴۳ پیشنهاد شده است. سرانه آب رودخانه هینگل طی فصل بارندگی دارای مازاد است و طی فصول بی باران با کمبود آب مواجه است. متوسط جریان آب سالانه این رودخانه ۶۶۳ برآورد شده است. که بیش از ۷۰ درصد آن در فصول بارش بواسطه باران های موسمی تامین میشود. این موضوع حاکی از این است که رودخانه هینگل طی فصول خشک با کسری آب مواجه است. در نتیجه این منابع محدود آب میبایست بصورت کارآمدی در جهت شد اقتصادی پایدار مدیریت شود. مخزن یک ناحیه مستعد خشکی که به طور مکرر با کمبود آب مواجه است، مکان مناسبی برای اجرای روش های علمی بهره برداری از مخازن است.

### 3. پس زمینه مدل

#### 3.1 مدل مفهومی

تصویر شماره دو قواعد کاری اولیه و اجزای این مدل پژوهشی را نشان میدهد. این مدل متشکل از دو جز است: مدل بهره برداری از مخزن و مدل تخصیص آب مدل بارش - رواناب hec-hms برای تخمین ورودی آب در نقاط مختلف رودخانه ابداع شده است. که با تایید آن یک الگوریتم استاندارد بهره برداری مخازن با استفاده از مدل بصری بوجود آمد. این الگوریتم شامل مشخصه های فیزیکی مخزن است که و جریان مخزن بعنوان ورودی و نهایت مقدار آب موجود خروجی که به نوبه خود بعنوان ورودی مدل تخصیص آب عمل میکند.



Fig. 1 Location map of Hingol River basin

مدل تخصیص آب طبق هدف مورد مطالعه آب را بین واحدهای مختلف متقاضی آب تقسیم میکند. این پژوهش دو تابع یک منظوره و یک تابع چند منظوره را مورد بررسی قرار میدهد. تابع تک منظوره اول سطح رضایتمندی بین واحدهای مختلف متقاضی را بهینه سازی میکند. تابع تک منظوره دوم آب را در جهت بهینه سازی بازده خالص اقتصادی تخصیص میدهد. تقاضای نرمال به میزان آب واقعی مورد نیاز واحد متقاضی است که با توجه به میزان آب

در دسترس میت.اند پذیرفته شود یا انجام نپذیرد.در طرف مقابل تقاضای کمینه میزان آبی است که حتما میبایست به متقاضی تخصیص داده شود.

مدل تخصیص آب بر اساس میزان آب در دسترس و در جهت بهینه سازی است. اگر آب موجود بیشتر از تقاضای نرمال باشد در این صورت تمامی آب مورد نیاز متقاضی اختصاص داده میشود و نیازی به بهینه سازی نیست.ولی اگر میزان کل آب موجود بین تقاضای نرمال و کمینه باشد، در ایت صورت تخصیص آب میتواند براساس تقدم،مضایقه یا حتی فشار باشد.زمانیکه از توابع تک منظوره استفاده میشود تخصیص آب بر اساس برنامه ریزی خطی صورت میپذیرد و در هنگام اجرای تابع چندمنظوره تکنیک های محدودیت مساوی و وزن دهی برای بهینه سازی استفاده میشوند.

### 3.2 روش های بهینه سازی

الگوریتم اساسی برای تخصیص بهینه منابع آب به متقاضیان مختلف بر اساس برنامه نویسی خطی جبری صورت میگیرد.دو روش بهینه سازی مانند روش وزن دهی و روش محدودیت مساوی برای تبدیل دو تابع تک منظوره به تابع چند منظوره بکار میروند.

#### 3.2.1 تکنیک وزن دهی (WT)

روش وزن دهی : در این وزنه های مختلف بر اساس اهمیت، به تابع هدف تخصیص داده میشوند.و تابع های مجزا در یک تابع تک منظوره دسته بندی میشوند. از این رو مشکلات تصمیم گیری تابع چند منظوره به مشکلات تصمیم گیری تابع تکی تبدیل میشوند

طبق معادله شماره یک Z بیانگر مقدار تخصیص بهینه ، g بیانگر تابع بیشینه یا کمینه و n تعداد توابع و Z تابع هدف منفرد است.

### 3.2.2 روش محدودیت مساوی همزمان

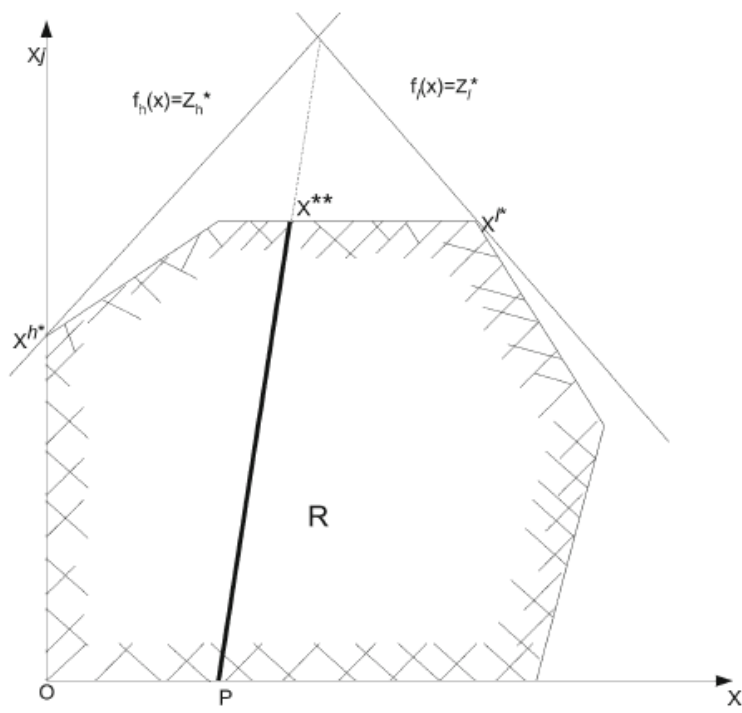
این روش بر اساس رویکرد محدودیت مساوی است. برای پیدا کردن راه حل مطلوب بین دو تابع محدودیت مساوی را به مسئله می افزاییم. محدودیت مساوی بالاجبار تابع ها را از طریق راه حل مطلوب هم وزن میکند. محدودیت مساوی برای هر ترکیبی از توابع با دو متغیر انحرافی اضافی ادغام میشود. این متغیرها بیانگر انحراف مثبت یا منفی از مقدار صفر فرضی هستند که هر یک از محدودیت مساوی را به شکل استاندارد در می آورند. مساله ی هدفمند که شامل عملکردهای هدفمند اصلی می باشد ، از مجموع اهداف عینی برای محدودیت توافقی و عملکرد اصلی ، قابل حل است. محدودیت های توافقی برای ادغام یک هدف با دو متغیر متفاوت اضافی هماهنگی می یابند. این متغیرها اختلافات مثبت و منفی را از مقادیر ایده ال یا مقادیری که به صفر رسیده اند ، نشان می دهند. که هر کدام محدودیت توافقی را به طور استاندارد شکل می دهد:

بیشینه سازی :

$$Z = \sum_{l=1}^k w_l \times f_l(x) - \sum_{h \neq l} (\sigma_{hl}^- + \sigma_{hl}^+) \quad (2)$$

با این توضیح که:

$$w_l \times \{f_l(x) - z_l^*\} - w_h \times \{f_h(x) - z_h^*\} + (\sigma_{hl}^- - \sigma_{hl}^+) = 0 \quad (3)$$



شکل 3. توضیح گرافیکی روش محدودیت توافقی

متغیرهای  $\sigma_{hl}^-, \sigma_{hl}^+$  به ترتیب انحرافات مثبت و منفی را از مقدار به صفر رسانده شده (راه حل ایده ال) در محدودیت های توافقی بین اهداف منحصر به فرد  $z_l$  و  $z_h$  را نشان می دهند. وقتی مقدار مثبت است متغیر  $\sigma_{hl}^-$  صفر نمی باشد. زمانی که دو  $\sigma_{hl}^+$  و  $\sigma_{hl}^-$  صفر باشند استفاده از راه حل ایده ال صدق خواهد کرد. بنابراین متغیرهای انحرافی  $(\sigma_{hl}^- + \sigma_{hl}^+)$  باید کمینه سازی شوند، که منجر به محدودیت متقابل  $\sigma_{hl}^-$  and  $\sigma_{hl}^+$  می شود. شکل 3 اصل اساسی روش محدودیت توافقی را برای دو عملکرد هدفمند را نشان می دهد.

همانطور که در شکل 3 آمده است، بخش مشترک دو عملکرد هدفمند  $f_l(x)$  و  $f_h(x)$  شامل منطقه ی موجه (R) نمی شود؛ همچنین دو هدف باید تا زمان رسیدن به نقطه ای با منطقه ی مشترک، در کنار R حرکت کنند. به عبارتی دیگر، برای انجام محدودیت توافقی روی سطح یا خط  $X^{**}$  در شکل 3 قرار می گیرند.



### 3.3 عملکردهای هدفمند

مدل تقسیم آب، دو هدف یک منظوره ( $B_0W_1$  and  $B_1W_0$ ) و یک عملکرد چند منظوره را ادغام می کند. این اهداف بطور مختصر در اینجا توصیف شده اند.

#### 3.3.1 سطح رضایتمندی بهینه سازی

سطح رضایتمندی یک بخش ضریب مقدار آب تامین شده، برای تقاضای معمولی آن بخش می باشد. بنابراین،  $B_0W_1$  رضایتمندی کلی را به روش زیر بهینه سازی می کند:

$$B_0W_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_{nori}} \quad (4)$$

در این معادله،  $B_0W_1$  اولین هدف است (بهینه سازی سطح رضایتمندی)؛  $n$  تعداد بخش های متقاضی است؛  $S_i$  آب تامین شده برای بخش  $i$  ( $m^3$ ) است؛ و  $D_{nori}$  تقاضای بخش  $i$  ( $m^3$ ) را نشان می دهد.

#### 3.3.2 بهینه سازی مزایای خالص صرفه جویی

بهینه سازی مزایای صرفه جویی در شبکه (NEB) به عنوان ضریب مزایای کلی صرفه جویی (که با مجموع تولید آب تامین شده و NEB تقاضای هر بخش است) برای بدست آوردن مقدار کلی اقتصاد به کار می رود. این مقدار اینگونه تعریف می شود:

$$B_1W_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times NEB_i}{AW \times NEB_{max}} \quad (5)$$

در این معادله،  $B_1W_0$  دومین هدف است (بهینه سازی مزایای صرفه جویی در شبکه)؛  $NEB_i$  مزایای صرفه جویی شبکه را از هر درجه ی واحد تامین آب از بخش  $i$  را نشان میدهد ( $U.S. \$/m^3$ )؛  $AW$  به آب کلی موجود اطلاق می شود ( $m^3$ )؛  $NEB_{max}$  میزان بیشینه ی NEB بین بخش های متقاضی است ( $U.S. \$/m^3$ ).

### 3.3.3. بهینه سازی سطح رضایتمندی و مزایای صرفه جویی ( $B_1 W_1$ )

این عملکرد هدفمند، بهینه سازی ترکیب شده از اهدافیک منظوره را نشان می دهد که برای روش SICCON، مجموع دو هدف چند منظوره وبا رعایت ترتیب قرار گرفتن ان ها، منهای مجموع متغیرهای انحرافی تعریف می شود. عملکرد چند منظوره در زیر نشان داده شده است:

$$B_1 W_1 = w_1 \times \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_{ni}} \right] + w_2 \times \left[ \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times \text{NER}_i}{\text{AW} \times \text{NER}_{\max}} \right] - [\sigma_{12}^- + \sigma_{12}^+] \quad (6)$$

در این معادله، عملکرد هدفمندی است که بیشینه سازی رضایتمندی و NEB را نشان می دهد؛  $W_1$  و  $W_2$  اوزانی هستند که به ترتیب (0-1) به اولین و دومین هدف اختصاص می یابند؛ و  $\sigma_{12}^+$  و  $\sigma_{12}^-$  انحرافات مثبت و منفی از مقداری که در بین اهداف یک منظوره  $B_0 W_1$  و  $B_1 W_0$  به صفر رسانده شده بود می باشند. معادله ی (6) بدون متغیرات انحرافی  $B_1 W_1$  را با روش سبک سازی نشان می دهند.

معادله ی (7) تا (9) موجودیت آب، تقاضا و محدودیت های تامین ان را نشان می دهند. این محدودیت ها برای انجام هر سه هدفمندی مشابه هستند. محدودیت توافقی بین  $B_1 W_0$  و  $B_0 W_1$  برای اعمال هدفمندی چند منظوره ( $B_1 W_1$ ) با استفاده از روش SICCON که در معادله ی (10) آمده است، معرفی شده است.

$$\sum_{i=1}^n S_i \leq \text{AW} \quad (7)$$

$$D_{\text{nor}_i} \geq S_i \geq D_{mi} \quad (8)$$

$$\sum_{i=0}^n S_i \leq \sum_{i=1}^n D_{\text{nor}_i} \quad (9)$$

که در نتیجه:  $S_i \geq 0, D_{\text{nor}_i} \geq 0, D_{mi} \geq 0$

$$w_1 \times \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_{\text{nor}_i}} - B_0 W_1 \right] - w_2 \times \left[ \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times \text{NEB}_i}{\text{AW} \times \text{NEB}_{\max}} - B_1 W_0 \right] + (\sigma_{12}^- - \sigma_{12}^+) = 0 \quad (10)$$

با این وجود: هنگام اعمال یک عملکرد هدفمند چند منظوره  $(B_1 W_1)$ ، با روش سبک سازی، محدودیت توافقی نیاز نیست.

#### 4. مزایای صرفه جویی در شبکه برای بخش های مختلف

محاسبات مشروح مزایای صرفه جویی (NEB) برای مصرف آب بخش های مختلف در اختیارات سازمان توسعه ی نیرو و آب (WPAD) می باشد که در رابطه با آن توضیح مختصری در ادامه آمده است.

مزایای صرفه جویی در شبکه برای تامین آب کشاورزی، با کم کردن هزینه ی تولید کلی از کل سود محصول برداشتی و سپس با تقسیم بندی نیاز آب برای کل محصولات محاسبه می گردد. برای به دست آوردن مقدار برگشتی در صرفه جویی، این مقدار توسط ضریب مصرف ماهیانه ی آب برای تامین آب کلی فصلی چند برابر می شود؛ هزینه هایی مانند کود های مصرفی، کارگرها، ماشین الات، و هزینه های دیگری که در ماه ثابت هستند.

بخش مصرف آب خانگی به تامین آب برای اقامتگاه ها، مکان های عمومی، و مکان های کاری اعم از انبارها و دفاتر و تا کارگاه ها اطلاق می شود. سهم این بخش ها مانند اختلاف بین آب بها، نصب تاسیسات و هزینه ی ماندن آن در سیستم انتقال محاسبه شده است. پس، با تقسیم و تامین آب از آب انبارها مقیاس واحد مصرف آب در NEB مشخص می شود.

سهم خالص از بخش های صنعتی مانند بخش های خانگی محاسبه شده است. ضریب اختلاف بین آب بها و هزینه ی انتقال آب برای میزان آب تامین شده از آب انبارها، آب مصرفی را در واحد NEB مشخص می کند. مطالعات تجربی دیگر [30,31] نیز می توانند برای محاسبه ی NEB برای مصرف آب بخش های صنعتی و خانگی مورد استفاده قرار گیرند.

NEB بخش های قوه ی محرکه ی مولد برق توسط ضریب تولید نیروی مولد برق محاسبه می شود که با اختلاف در آب بها و هزینه ی تولید برای عبور نیروی آب در دستگاه مولد چند برابر می گردد.

روش ساده‌ی قابل دسترسی برای محاسبه‌ی مقادیر دقیق سهم صرفه‌جویی خالص برای بخش‌های بومی وجود ندارد. عمده‌ی آب این بخش برای کنترل آب شور مورد استفاده قرار می‌گیرد. همینطور، سهم این بخش‌ها به علت نداشتن هزینه‌های جایگزینی که از ابتدا دچار مشکل بوده‌اند و منجر به ورود آب شور می‌شود، محاسبه می‌شود.

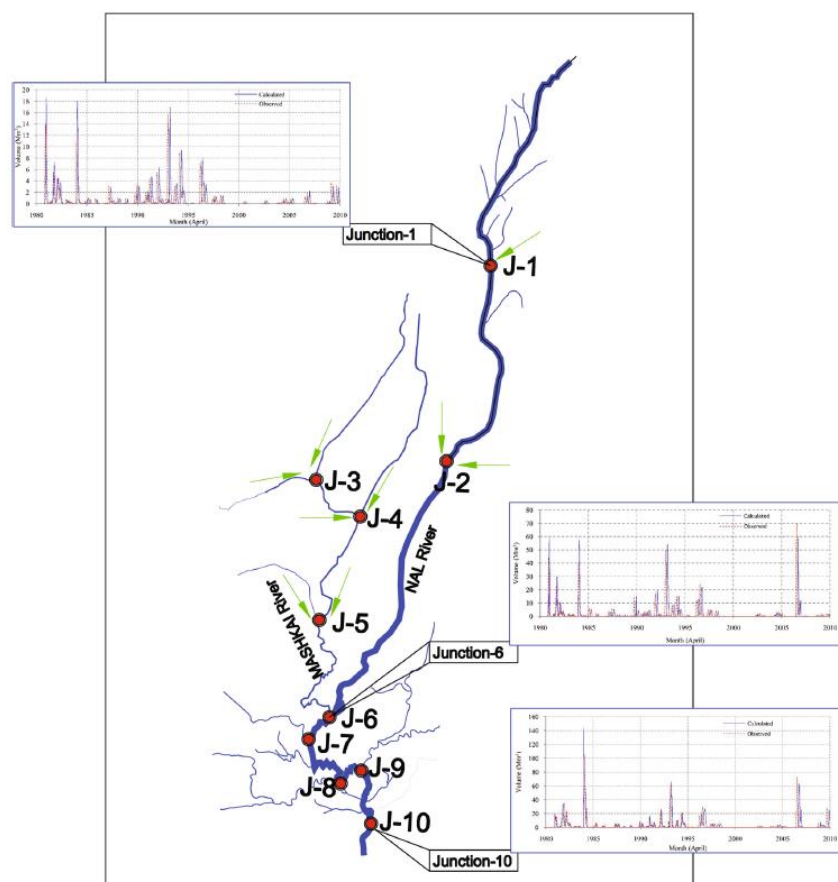
## 5. کاربرد مدل

گام بعدی در این تحقیق اعمال مدل بر رودخانه‌ی هینگل پاکستان و 5 بخش از آن که از آب استفاده می‌کنند، است. اطلاعات ورودی به تاریخچه‌ی این تحقیق شامل برگشت درونی ماهیانه به آب انبار می‌باشد، ویژگی‌های فیزیکی و عملکردی آب انبار (مساحت، ارتفاع، نسبت ذخیره)، بارش باران و تبخیر، تسویه، ویژگی‌های کانال آبی، و تقاضای آب ماهیانه‌ی بخش‌های مختلف، می‌باشد. مدل HEC-HMS در محدوده‌ی زمانی یکم ژانویه‌ی 1980 تا سی و یکم دسامبر 2010 برای تخمین برگشت آب در دهانه‌های رودخانه و آب انبار‌ها به کار گرفته شد. شکل 4 شبکه‌ی آب انبار و رودخانه‌ی هینگل، و درجه بندی مشاهدات و برگشت‌های آب شبیه‌سازی شده در مکان‌های مختلف آبی را نشان می‌دهد. شبیه‌سازی‌ها و اطلاعاتی که به نقطه‌ی اتصال J-10 (سد آب انبار رودخانه‌ی هینگل) اعمال می‌شوند، قابل مقایسه هستند؛ کارایی این مدل همچنین در نقطه‌ی اتصال J-1 و J-6 صدق می‌کند.

این مدل برگشت‌های آب به مخازن را پس از اعمال مدل (ROM) بر عملکرد ورود و خروج آب به آب‌انبارها محاسبه می‌کند، که این مقدار به عنوان آب قابل دسترسی (AW) بررسی می‌شود. سپس این مقدار (AW) به عنوان ورودی به مدل تخصیص آب (WAM) به کار می‌رود. طبق بیانات اخیر، AW در فصول خشک (اکتبر تا مارس) از کل آب مورد نیاز برای پاسخگویی به تقاضای بخش‌های مختلف مصرف‌کننده‌ی آب، کمتر است. بخش‌های مختلف متقاضی آب معمولاً دارای استخر آب هستند و سپس برای تخصیص آب مورد بررسی قرار می‌گیرند. برای ارزیابی کاربرد مدل، آب ماهیانه‌ی قابل دسترسی 20 و 24 و 13 و 12 و 16 و 18  $Mm^3$  در فصول خشک سال (اکتبر تا مارس) به ترتیب به تقاضاهای معمول ماهیانه‌ی 25 و 34 و 18 و 15 و 21 و 25  $Mm^3$  اختصاص یافته است. این راهی برای بهینه‌سازی و

رضایتمندی هر بخش وهمچنین بهینه سازی از سهم صرفه جویی برای هر بخش است. بخش نیروی آب در این تحقیق به عنوان یک بخش بدون در دسر تنظیم شده است ، که آب از کانال های آب انبار در دستگاه مولد نیرو برای تولید نیروی آبی انتشار می یابد.

مدل تخصیص آب برای اختصاص منابع آب محدود در ماه ودر فصول خشک سال به کار گرفته شده است ، زمانی که ورود آب به انبارها بسیار کم است و رضایتمندی نرمال ( $D_{nor}$ ) بخش های متقاضی آب را برآورده نمی کند.



شکل 4. اعمال مدل HEC-HMS که ورود آب را به نقاط مختلف رودخانه شبیه سازی کرده است.

همانطور که در بخش 5.1 آمده است ، آب ابتدا بدون کمینه سازی خاصی برای هر بخش اختصاص یافته است ،  $D_{min}$  برای  $D_{nor}$  صفر منظور شده است. در همین حال ، نمودارهای دیگر (که در بخش 5.2. توصیف شده است) تغییرات  $D_{min}$  را لحاظ کرده است و برای واگذاری آب به بخش های مختلف مصرف کننده الویت قائل شده است. این موضوع انالیز

کارایی مدل را حمایت می کند و اهمیت تصمیم گیری برای مدیریت بهتر ذخایر آبی را بارز می نماید. این آنالیزها با هدفمند کردن بهینه سازی سطح رضایتمندی ( $B_0W_1$ )، بهینه سازی مزایای صرفه جویی ( $B_1W_0$ )، و مجموع بهینه سازی رضایتمندی و مزایای صرفه جویی ( $B_1W_1$ ) میسر شده است. وزن های برابر ( $w_1=0.5=w_2$ ) برای هدفمندی چند منظوره در ( $B_1W_1$ )، و روش SICCON برای بهینه سازی مورد استفاده قرار گرفته اند. وزن ها می توانند بسته به شرایط آب و هوایی و چرخه ی صرفه جویی متغیر باشند. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، رسیدن به بیشینه ی سطح رضایتمندی مهم تر از چرخه ی صرفه جویی است؛ این مسئله ممکن است در کشورهای توسعه یافته نیز وجود داشته باشد. در این تحقیق، از وزن های برابر برای آنالیزها استفاده شده است.

Sector	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Total
<i>Agriculture</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	353	353	353	353	353	353	353
Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	29	20	13	10	16	19	107
WAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	19	15	8	7	11	13	73
Satisfaction (%)	65	74	65	66	68	66	68
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	7	5	3	2	4	5	26
<i>Industry</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	128	128	128	128	128	128	128
Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	2	1.9	2	2	1.8	2	12
WAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	2	1.9	2	2	1.8	2	12
Satisfaction (%)	100	100	100	100	100	100	100
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	0	0	0	0	0	0	1.5
<i>Hydropower</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	5	5	5	5	5	5	5
Demand (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	22	18	11	10	14	16	90
WAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	22	18	11	10	14	16	90
Satisfaction (%)	100	100	100	100	100	100	72
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	0	0	0	0	0	0	0.4
<i>Domestic</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	12,454	12,454	12,454	12,454	12,454	12,454	12,454
Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	1	1.1	0.8	0.7	0.8	1.1	5
WAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	1	1.1	0.8	0.7	0.8	1.1	5
Satisfaction (%)	100	100	100	100	100	100	100
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	12	14	10	9	10	14	68
<i>Environment</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	7	7	7	7	7	7	7
Demand (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	14
WAM (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	14
Satisfaction (%)	100	100	100	100	100	100	100
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	0	0	0	0	0	0	0.1
Total benefits (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	19	19	13	12	14	18	95

جدول 1. مدل اختصاص آب با اعمال ( $B_0W_1$ )

## 5.1 بدون تغییرات در میزان کمینه ی تقاضا ( $D_m$ )

### 5.1.1 بهینه سازی سطح رضایتمندی ( $B_0W_1$ )

جدول 1 تخصیص آب ماهیانه به بخش های مختلف ، سطح رضایتمندی ، و مزایای بهینه سازی که از طریق کمینه سازی سطح رضایتمندی ( $B_0W_1$ ) صورت گرفته را نشان می دهد . در این هدفمندی ، فشار آب در همه ی بخش های توزیعی یکسان است .

وقتی طرح هدفمند ( $B_0W_1$ ) در حال اعمال است ، مدل ابتدا بخش هایی با تقاضاهای حداقل را آب رسانی می کند . سپس ، بخش هایی با تقاضاهای بیشتر آب رسانی می شوند. به این صورت که ، بخش های خانگی نسبت به صنایع ، محیط ، و بخش های کشاورزی در الویت بالاتری قرار دارند. بعلاوه ، این مدل سطح کمینه ی رضایتمندی همه ی بخش های بررسی شده را می طلبد . همانطور که در جدول 1 نشان داده شده است ، تقاضای خانگی ، صنعتی ، و بخش های محیطی برآورده می شود ، زیرا تقاضای مجموع این بخش ها از آب قابل دسترس کمتر است . بقیه ی آب به بخش کشاورزی اختصاص می یابد . بخش خانگی بالاترین مزایای صرفه جویی را نسبت به بخش های کشاورزی ، صنایع ، محیطی ، و نیروی مولد برق دارا است . مقدار کلی مزایای صرفه جویی با طرح ( $B_0W_1$ ) حدود \$95 میلیون امریکا از تمامی بخش های مصرف کننده ی آب می باشد .

توضیحات جدول : کشاورزی=Agriculture= ، بهینه سازی مزایای خالص صرفه جویی =NEB ،  
تقاضا=DEMAND مدل تخصیص آب =WAM ،

Sector	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Total
<i>Agriculture</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	353	353	353	353	353	353	353
Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	29	20	13	10	16	19	107
WAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	23	19	13	10	15	17	97
Satisfaction (%)	80	96	98	100	92	88	90
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	8	7	4	4	5	6	34
<i>Industry</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	128	128	128	128	128	128	128
Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	2	1.9	2	2	1.8	2	12
WAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	0	0	0	0.7	0	0	0.7
Satisfaction (%)	0	0	0	34	0	0	6
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	0	0	0	0	0	0	0.1
<i>Hydropower</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	5	5	5	5	5	5	5
Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	24	20	13	11	16	18	102
WAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	24	20	13	11	16	18	102
Satisfaction (%)	100	100	100	100	100	100	100
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	0	0	0	0	0	0	0.5
<i>Domestic</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	12,454	12,454	12,454	12,454	12,454	12,454	12,454
Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	1	1.1	0.8	0.7	0.8	1.1	5
WAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	1	1.1	0.8	0.7	0.8	1.1	5
Satisfaction (%)	100	100	100	100	100	100	100
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	12	14	10	9	10	14	68
<i>Environment</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	7	7	7	7	7	7	7
Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	14
WAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
Satisfaction (%)	0	0	0	0	0	0	0
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	0	0	0	0	0	0	0
Total benefits (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	20	20	15	13	15	20	103

جدول 2. مدل اختصاص آب با اعمال B<sub>1</sub>W<sub>0</sub>

### 5.1.2 جدول 2 سطح رضایتمندی و NEB

مدل اختصاص آب با اعمال هدفمندی بهینه سازی B<sub>1</sub>W<sub>0</sub> را برای فرستادن به بخش های مختلف نشان می دهد. در این حیث ، وقتی هدفمندی بهینه سازی NEB می باشد ، ابتدا بخش های دارای NEB بالا مورد آب رسانی قرار می گیرند ، و در ادامه بخش های با صرفه جویی کمتر در در راستای کار واقع می شوند . بنابراین ، بخش خانگی الویت اول را دارد زیرا از NEB بالاتری برخوردار است . سپس ، مقدار آبی که باقی می ماند بین صنایع و بخش های محیطی توزیع می گردد. بخش خانگی به بالاترین سطح رضایتمندی رسیده است ، در حالیکه بخش کشاورزی تنها 90٪ از



نیاز خود را دریافت کرده است . مقدار کمی از آب در ژانویه برآب بخش صنعتی فرستاده شده است ، اما آبی برای بخش محیطی که به علت NEB پایین ان است اختصاص نیافته است . مقدار کلی مزایای صرفه جویی در این طرح \$1.3 میلیون امریکا است ، که بیشتر از طرح قبلی می باشد.

**Table 3** Water allocation model results for  $B_1W_1$

Sector	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Total
<i>Agriculture</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	353	353	353	353	353	353	353
Demand (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	29	20	13	10	16	19	107
WAM (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	20	15	9	8	12	14	76
Satisfaction (%)	68	77	71	72	71	70	71
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	7	5	3	3	4	5	27
<i>Industry</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	128	128	128	128	128	128	128
Demand (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	2.0	1.9	2.0	2.0	1.8	2.0	12
WAM (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	2.0	1.9	2.0	2.0	1.8	2.0	12
Satisfaction (%)	100	100	100	100	100	100	100
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	0	0	0	0	0	0	1.5
<i>Hydropower</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	5	5	5	5	5	5	5
Demand (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	22	18	12	10	14	17	93
WAM (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	22	18	12	10	14	17	93
Satisfaction (%)	100	100	100	100	100	100	100
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	0	0	0	0	0	0	0.4
<i>Domestic</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	12,454	12,454	12,454	12,454	12,454	12,454	12,454
Demand (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	1.0	1.1	0.8	0.7	0.8	1.1	5
WAM (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	1.0	1.1	0.8	0.7	0.8	1.1	5
Satisfaction (%)	100	100	100	100	100	100	100
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	12	14	10	9	10	14	68
<i>Environment</i>							
NEB (US\$/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	7	7	7	7	7	7	7
Demand (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	14
WAM (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	1.5	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	10
Satisfaction (%)	68	77	71	72	71	70	71
Benefit (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	0	0	0	0	0	0	0.1
Total benefits (US\$ × 10 <sup>6</sup> )	19	19	14	12	14	19	97

### 5.1.3 بهینه سازی سطح رضایتمندی و مزایای خالص صرفه جویی ( $B_1W_1$ )

وقتی که طرح ( $B_1W_1$ ) اعمال می شود ، بهینه سازی سطح رضایتمندی و NEB ، از روش SICCON با جای گذاری وزن های برابر ( $w_1=0.5=w_2$ ) استفاده می شود. جدول 3 نتایج اختصاص آب ، سطح رضایتمندی حاصل شده و مزایای صرفه جویی را نشان می دهد .

در این زمینه ، بطور تجربی ، عملکرد ادغام این دو طرح منجر به طرح ( $B_1W_1$ ) شده است ، و سبب می شود که در این طرح وزن ها با هم مشابه باشند . به علت استفاده از روش SICCON یک سازگاری ثابت بین  $B_1W_0$  و  $B_0W_1$

ایجاد شده است. ابتدا، در مدل آب به بخش های با  $D_{nor}$  کمتر و NEB بالاتر اختصاص می یابد. بنابراین، بخش خانگی به علت  $D_{nor}$  کمتر و NEB بالاتر، از بالاترین الویت برخوردار هستند. آب باقی مانده بین بخش کشاورزی و محیطی توزیع میشود، زیرا روش SICCON بین این دو بخش سازگاری ایجاد کرده است. با این روش، هر بخش نسبتی از آب را دریافت می کند، و فشار آب برای تمامی بخش های توزیع شونده برابر است. سود کلی حاصل از صرفه جویی \$97 میلیون امریکا است که بین مقادیر به دست آمده از طرح های هدفمند یک منظوره می باشد. این یافته ها با نتایج Babel، khummongkol و Divakar سازگار است. این محققان به این نتیجه رسیده بودند که کل سود حاصل از صرفه جویی در ادغام طرح های هدفمند چند منظوره بین مقادیری است که در هر طرح به صورت انفرادی حاصل می شود.

## 5.2 تغییر در کمینه ی تقاضا ( $D_m$ )

برای ارزیابی کارایی مدل در رودخانه ی هینگل، طرح های مختلف قابل تغییری با تغییر کمینه ( $D_{min}$ ) و ارزیابی های قابل تغییری که برای شرایط مکانی مختلف مناسب هستند را به کار گیرند و مورد انالیز قرار دهند و 18  $Mm^3$  به فصول خشک سال اختصاص داده شده است؛ در حالیکه تقاضای نرمال ماهیانه  $D_{nor}$  به ترتیب، 21، 15، 18، 25، 34، و  $25 Mm^3$  بود. این یک روش بهینه برای برآورده کردن تقاضا و رسیدن به مزایای صرفه جویی بود. بعلاوه، روش SICCON برای بهینه سازی منابع آب محدود، مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل ارائه شده احتمالاً تصمیم گیری مدیریت آب در رودخانه ی هینگل را پشتیبانی کرده است. جدول 4 نتایج طرح های مختلف را نشان می دهد؛ طرح ها در بخش زیر توصیف شده اند.

### 5.2.1 طرح I

در این روش، ( $D_{min}$ ) 0٪ از  $D_{nor}$  برای همه ی بخش ها در نظر گرفته شده است. با هدفمندی ( $B_1W_1$ )، مدل ابتدا آب را به بخش هایی با کمترین  $D_{nor}$  و بالاترین NEB اختصاص می دهد. بخش خانگی در الویت اول قرار می گیرد،

زیرا از کمترین تقاضا و بیشترین سود صرفه جویی برخوردار است. و سپس بخش های صنعتی و کشاورزی آب رسانی می شوند. با این وجود، در این طرح، وقتی کمینه ی تقاضا برای بخش محیطی به صفر می رسد، آبی برای این بخش نمی ماند. سطح رضایتمندی نسبی در بخش های خانگی و صنعتی مناسب است، در حالیکه بخش کشاورزی، 80٪ آب درخواستی را دریافت می کند. همانطور که در جدول 4 نشان داده شده است، طرح I سود صرفه جویی را به \$100 میلیون امریکا رسانده است.

جدول 4. مقایسه ی اختصاص آب با طرح های متفاوت برای (B<sub>1</sub>W<sub>1</sub>)

	Scheme-I				Scheme-II			Scheme-III			Scheme-IV			Scheme-V			Total
	D <sub>nor</sub>	WAM	Benefits	S <sup>1</sup>	WAM	Benefits	S	WAM	Benefits	S	WAM	Benefits	S	WAM	Benefits	S	S
Agriculture	107	86	30	80	83	29	78	79	28	74	77	27	71	97	34	91	149
Industry	12	12	1	100	12	1	100	12	1	100	10	1	90	1	0	6	6
Hydropower	124	103	0	83	100	0	81	96	0	77	92	0	74	103	0	83	2
Domestic	5	54	68	100	54	68	100	54	68	100	54	67	99	50	63	92	333
Environment	14	0	0	0	27	0	20	68	0	50	11	0	80	0	0	0	0
Total	262	206	100	79	203	99	78	199	98	76	195	96	75	206	97	79	490

S<sup>1</sup> سطح رضایتمندی است

S<sup>1</sup>

### 5.2.2 طرح II

در این طرح، 20٪ D<sub>nor</sub> برای این که کمینه شود مورد بررسی قرار می گیرد. در این مدل ابتدا مقادیر خاصی از آب به میزان کمینه ی تقاضا به همه ی بخش ها فرستاده می شود و سپس آب باقی مانده طبق اعمال هدفمندی (B<sub>1</sub>W<sub>1</sub>) توزیع می گردد. همانطور که در جدول 4 آمده است، بخش های خانگی و صنعتی به رضایتمندی بالایی رسیده اند در حالیکه بخش کشاورزی به 78٪ از نیاز خود دست پیدا کرده است. بخش محیطی سهم 20 درصدی کمینه ی خود را دریافت کرده است. سود صرفه جویی در این طرح \$99 میلیون امریکا، که کمی کمتر از طرح I می باشد.

### 5.2.3 طرح III

این طرح مشابه طرح II است؛ اما در این طرح 50٪ از D<sub>nor</sub> برای کمینه شدن مورد بررسی قرار می گیرد. در این مدل، آب رسانی ابتدا به کمینه ی میزان تقاضا به هر بخش انجام می گیرد، آب باقی مانده طبق اعمال طرح (B<sub>1</sub>W<sub>1</sub>)

به بخش های دیگر توزیع می شود . بخش محیطی 50٪ تقاضای نرمال خود را دریافت می کند ، در حالیکه بخش کشاورزی 74٪ سطح رضایتندی ، و بخش خانگی و صنعت کل آب مورد نیاز را دریافت می کنند . سود کلی صرفه جویی در این طرح 98\$ میلیون امریکا کمتر از طرح یک و دو است .

#### 5.2.4 طرح IV

این طرح طبق بررسی در قالب هدفمندی ( $B_1W_1$ ) ، بخش های خاص را که از الویت کمتری برخوردار بودند ، را مدنظر قرار می دهد . درواقع ، بخش هایی که ازجوانب اجتماعی و محیطی مهم هستند . بنابراین ، طرح IV درصدهای مختلف  $D_{nor}$  را مانند  $D_{min}$  برای یخش های خاص بررسی می کند . جدول 4 نتایج زمانی را نشان می دهد که  $D_{min}$  60،80 و 70٪  $D_{nor}$  به ترتیب برای بخش های صنعت ، محیط، و بخش های دیگر لحاظ شده است . این مدل ابتدا آب را به کمینه های تقاضا به همه ی بخش ها می رساند ؛ آب باقی مانده نیز طبق اعمال هدفمندی  $B_1W_1$  تقسیم می گردد . سود صرفه جویی کلی در این طرح 96\$ میلیون امریکا است، که از همه ی 3 طرح قبلی کمتر می باشد . و این منجر به این واقعیت می شود که بخش های محیطی آب بیشتری دریافت می کنند ، درحالیکه سود صرفه جویی کمتری دارند .

#### 5.2.5 طرح V

در این طرح ، الویت های برابر به عنوان بخش های خاص مدنظر قرار می گیرند . وقتی تصمیم گیرنده ها و برنامه ریزها می خواهند انالیز خود را آغاز کنند ، بخش های کشاورزی و خانگی بخش های هم الویت به حساب می آیند ، و به یک اندازه اهمیت دارند . مانند طرح های قبلی ، مدل ابتدا به بخش های با الویت بالاتر آب رسانی می کند ؛ سپس آب باقی مانده را به بخش های دیگر اختصاص می دهد . همانطور که در جدول 4 آمده است ، بخش های کشاورزی و خانگی به 92٪ از سطح رضایتندی رسیده اند ، و هیچ آبی برای بخش های دیگر باقی نمانده است . در این طرح ،

الویت هایی یکسان برای بخش خانگی و کشاورزی در نظر گرفته شده است ، و مدل با استفاده از اعمال هدفمندی  $B_1W_1$  با ایجاد سازگاری بین این دو بخش ، آب را توزیع می کند .

## 6. نتیجه گیری

این تحقیق یک مدل اختصاص آب به بخش ها را تحت بررسی قرار داد و کاربرد آن را مشخص کرد ، که مشتق از هدفمند کردن بود که دو هدفمندی یک منظوره و یک هدفمندی چند منظوره در آن به کار برده شده است . اولین هدفمندی یک منظوره ( $B_0W_1$ ) سطح رضایتمندی بخش های مختلف متقاضی آب را بهینه سازی می کند . در حالیکه دومین هدفمندی یک منظوره ( $B_1W_0$ ) سود صرفه جویی NEB را مورد بهینه سازی قرار می دهد . هدفمندی  $B_1W_1$  که شامل ادغام دو هدفمندی یک و دو است ، برای استفاده از طرح های قابل تغییر مختلف به کار برده می شود ، که شامل تغییراتی در کمینه ی تقاضا ( $D_{min}$ ) و تعیین الویت بخش ها برای اثبات کاربرد مدل در شرایط مختلف می باشد وقتی هدفمندی اول ( $B_0W_1$ ) مورد بررسی قرار می گیرد ، بالاترین الویت به بخشی داده می شود که از پایین ترین سطح تقاضا ی نرمال  $D_{nor}$  برخوردار است ، سپس به بخش هایی که  $D_{nor}$  آن ها بیشتر است ، آب رسانی می شود . برای هدفمندی دوم ( $B_1W_0$ ) ، اختصاص آب بر اساس سود صرفه جویی NEB صورت می گیرد . هدفمندی چند منظوره  $B_1W_1$  از روش SICCON برای ایجاد سازگاری بین دو هدفمندی به منظور بهینه سازی سطح رضایتمندی و NEB ، استفاده می کند . مقدار سود حاصل از صرفه جویی که در روش SICCON به کار برده می شود ، بین دو روش هدفمندی ( $B_0W_1$  and  $B_1W_0$ ) قرار می گیرد ، زیرا این یک راه حل برای ایجاد سازگاری است .

مدل اختصاص آب بهینه ، با استفاده از هدفمندی چند منظوره  $B_1W_1$  ، مزایای بسیاری دارد ؛ سطح رضایتمندی را بیشینه می کند در حالیکه در الویت قراردادن به بخش ها می تواند سطح رضایتمندی برای هر بخش خاص را افزایش دهد . 5 طرح دارای قابلیت تغییر ، کاربرد مدل را اثبات می کنند و محدوده ی وسیعی از شرایط احتمالی که تصمیم گیرندگان ممکن است در بهینه سازی سطوح رضایتمندی و یا تعادل سطوح رضایتمندی و NEB با آن ها روبرو شوند را فراهم می آورد .

نتایج این تحقیق روش هایی را برای اختصاص بهینه ی منابع محدود آب اثبات می کند ؛ مدلی که به علت سادگی و قابلیت تغییرپذیری بسیار موثر و مورد پذیرش است . در پاکستان و دیگر کشورها برنامه ریزی خطی چند منظوره در این تحقیق میتواند با انجام برنامه ی اختصاص بهینه ی آب ویرایش شود .مرحله ی بعدی ، آزمایشات آینده و به کارگیری این مدل در عرصه ی واقعی می باشد .

## References

- Ahmad, Z.: Fast depletion of Pakistan's water resources feared. <http://www.thenews.com.pk/Todays-News-6-129562-Fast-depletion-of-Pakistans-water-resources-feared> (2012) Accessed 24 August (2014)
- Khan, I.A.: Resource situation: per capita water availability falling. <http://tribune.com.pk/story/686126/resource-situation-per-capita-water-availability-falling/> (2014) Accessed 24 August 2014
- Roobahani, R.; Schreider, S.; Abbasi, B.: Multi-objective decision making for basin water allocation, In: Piantadosi, J.; Andersen, R.S.; Boland, J. (eds.), 20th International Congress on Modelling and Simulation: MODSIM2013, Australia, pp. 2973–2979, 1–6 Dec. 2013. <http://www.mssanz.org.au/modsim2013/L16/roobahani.pdf>
- Mascarenhas, M.: Sustainable, efficient, and equitable allocation of water, land and energy resources and their benefits in river basins. <http://wle.cgiar.org/blog/2012/09/22/sustainable-efficient-and-equitable-allocation-of-water-land-and-energy-resources-and-their-benefits-in-river-basins/> (2012). Accessed 24 August 2014
- García, M.C.R.: Equity, efficiency and sustainability in water allocation in the andes: trade-offs in a full world. *Water Altern.* 7(2), 298–319 (2014) <http://hdl.handle.net/10625/53001>
- Wang, X.J.; Zhang, J.Y.; Shahid, S.; ElMahdi, A.; He, R.M.; Wang, X.G.; Ali, M.: Gini coefficient to assess equity in domestic water supply in the Yellow River. *Mitig. Adapt. Strateg. Global Change* 17(1), 65–75 (2012). doi:10.1007/s11027-011-9309-7
- Bielsa, J.; Duarte, R.: An economic model for water allocation in north eastern Spain. *Int. J. Water Resour. Dev.* 17(3), 397–410 (2001). doi:10.1080/07900620120065165
- Ringler, C.: Optimal Water Allocation in the Mekong River Basin. ZEF discussion paper no. 38, Bonn (2001)
- Ringler, C.; Nguyen, V.H.: Water allocation policies for the dong nai river basin in vietnam: an integrated perspective. EPTD discussion paper, IFPRI (2004)
- Babel, M.S.; Gupta, A.D.; Nayak, D.K.: A model for optimal allocation of water to competing demands. *Water Resour. Manag.* 19(6), 693–712 (2005). doi:10.1007/s11269-005-3282-4
- Heinz, I.; Pulido-Velazquez, M.; Lund, J.R.; Andreu, J.: Hydro-economic modeling in river basin management: implications and applications for the European water framework directive. *Water Resour. Manag.* 21(7), 1103–1125 (2007). doi:10.1007/s11269-006-9101-8
- Khummongkol, R.; Sutivong, D.; Kuntanakulwong, S.: Water resource management using multi-objective optimization and rainfall forecast. In: International Conference on Convergence Information Technology: ICCIT 2007, Gyeongju, Korea: 21–23 Nov. 2007, 2449–2454. doi:10.1109/ICCIT.2007.314
- Ahmad, I.: Optimal control of multiple reservoirs system under water scarcity, Ph.D. dissertation, Institute of Geology, University of the Punjab, Lahore, Pakistan (2009)
- Tilmant, A.; Kinzelbach, W.; Beevers, L.; Juizo, D.: Optimal water allocation in the Zambezi Basin. In: International Congress on Environmental Modeling and Software Modeling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada (2010)
- Keramatzadeh, A.; Chizari, A.H.; Moore, R.: Economic optimal allocation of agriculture water: mathematical programming approach. *J. Agric. Sci. Technol.* 13, 477–490 (2011)
- Divakar, L.; Babel, M.S.; Perret, S.R.; Gupta, A.D.: Optimal allocation of bulk water supplies to competing use sectors based on economic criterion—an application to the Chao Phraya river basin, Thailand. *J. Hydrol.* 401, 22–35 (2011). doi:10.1016/j.jhydrol.2011.02.003
- Zhang, R.; Song, H.: Optimal allocation of water resources research based on input–output method of Hebei Province. In: Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization: CSO 2011, China, pp. 570–573, 15–19 April 2011. doi:10.1109/CSO.2011.187
- Wang, X.; Quan, C.; Li, S.: An optimal water allocation model based on water resources security assessment and its application in Zhangjiakou Region, northern China. *Resour. Conserv. Recycl.* 69, 57–65 (2012). doi:10.1016/j.resconrec.2012.09.005
- Roobahani, R.; Schreider, S.; Abbasi, B.: Economic sharing of basin water resources between competing stakeholders. *Water*

- Resour. Manag. **27**(8), 2965–2988 (2013). doi:10.1007/s11269-013-0326-z
20. Dutta, D.; Wilson, K.; Welsh, W.D.; Nicholls, D.; Kim, S.; Cetin, L.: A new river system modelling tool for sustainable operational management of water resources. *J. Environ. Manag.* **121**, 13–28 (2013). doi:10.1016/j.jenvman.2013.02.028
  21. Simonovic, S.P.: Reservoir system analysis: closing the gap between theory and practice. *J. Water Resour. Plan. Manag.* **118**(3), 262–280 (1992). doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(1992)118:3(262)
  22. Bai, V.R.; Tamjis, M.R.: Fuzzy logic model on operation and control of hydro-power dams in Malaysia. In: International Conference on Computational and Experimental Engineering and Sciences-Seattle: ICCES 2007, January 2007, vol. 4(1), pp. 31–39, USA. doi:10.3970/icces.2007.004.031.pdf. <http://www.techscience.com/>
  23. Sivapragasam, C.; Sugendran, P.; Marimuthu, M.; Seenivasakan, S.; Vasudevan, G.: Fuzzy logic for reservoir operation with reduced rules. Special issue: interdisciplinary approach in environmental protection. *Environ. Progr.* **27**(1), 98–103 (2008). doi:10.1002/ep.10255
  24. Xu, W.; Peng, Y.; Wang, B.: Evaluation of optimization operation models for cascaded hydropower reservoirs to utilize medium range forecasting inflow. *Sci. China Technol. Sci.* **56**(10), 2540–2552 (2013). doi:10.1007/s11431-013-5346-7
  25. Moeni, R.; Afshar, A.; Afshar, M.H.: Fuzzy rule-based model for hydropower reservoirs operation. *Electr. Power Energy Syst.* **33**, 171–178 (2010). doi:10.1016/j.ijepes.2010.08.012
  26. Panigrahi, D.P.; Mujumdar, P.P.: Reservoir operation modelling with fuzzy logic. *Water Resour. Manag.* **14**, 89–109 (2000). doi:10.1023/A:1008170632582
  27. Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System: HEC-HMS, User's Manual, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA (2010)
  28. Tabucanon, M.T.: Multiobjective Linear Programming for Decision Making in Industrial Systems, Ph.D. dissertation, Industrial Systems and Engineering, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand (1976)
  29. WAPDA (Water and Power Development Authority): Draft Project Planning Report, Hingol Dam: Multi-Purpose Project (2010)
  30. Diaz, G.E.; Brown, T.C.; Sveinsson, O.G.: AQUARIS: A Modeling System for River Basin Water Allocation, General Technical Report RM-GTR-299, US Department of Agriculture, Fort Collins, Colorado (2000)
  31. Griffin, R.C.: Water Resources Economics: The Analysis of Scarcity, Policies, and Projects. The MIT Press, Cambridge (2006)
  32. Divakar, L.; Babel, M.S.; Perret, S.R.; Gupta, A.D.: Optimal water allocation model based on satisfaction and economic benefits. *Int. J. Water* **7**(4), 363–381 (2013)