

# تصمیم‌گیری گروهی فازی ناهمگن در مدیریت یک‌پارچه منابع آب

حجت میان‌آبادی (کارشناس ارشد)

عباس افشار (استاد)

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

مهندسی عمران شریف  
دوری ۲-۲۷، شماره ۳، ص ۱۲۳-۱۳۱، (پادداشت‌نویس)

پیچیدگی مسائل مدیریت منابع آب و ارتباط مستقیم آن با سایر علوم از یک طرف، و لزوم در نظر گرفتن ذی‌مدخلان مختلف در مسائل مدیریت یک‌پارچه منابع آب از طرف دیگر سبب شده تا یک تصمیم‌گیر به‌تنهایی نتواند تمام جوانب مسئله‌ی مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب را در نظر بگیرد. لذا ضروری است در فرایند تصمیم‌گیری در حوزه مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب از «تصمیم‌گیری گروهی» استفاده شود. هدف این نوشتار بررسی لزوم کاربرد تصمیم‌گیری گروهی در مدیریت و برنامه‌ریزی یک‌پارچه منابع آب است. افزون بر این، فرایند جدیدی برای تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن بر مبنای توافق گروهی در مدیریت منابع آب ارائه می‌شود. برای بررسی کارایی فرایند پیشنهادی در مدیریت یک‌پارچه منابع آب، یک مطالعه موردی در شمال چین در دو حالت تصمیم‌گیری گروهی همگن و ناهمگن مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از این مطالعات بیان‌گر اهمیت تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن و لزوم کاربرد آن در مدیریت یک‌پارچه منابع آب است.

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری گروهی، مدیریت یک‌پارچه منابع آب، عملگرهای تجمیع، توافق گروهی.

hmianabadi@civileng.iust.ac.ir  
a\_afshar@iust.ac.ir

## مقدمه

مدیریت منابع آب، مجموعه‌ی اقدامات متعدد مدیریتی است که با هدف بهره‌برداری بهینه از منابع آب و کاهش خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی صورت می‌گیرد. تصمیم‌گیری در مورد مدیریت پایدار و یک‌پارچه منابع آب نیازمند نگرش جامع به اثرات اقتصادی، زیست‌شناختی و اجتماعی منابع آب است. اقدامات مدیریت منابع آب ممکن است بدون مشارکت ذی‌مدخلان طراحی و اجرا شوند، اما بدون مشارکت آنان به نتیجه نخواهد رسید. مسائل تصمیم‌گیری مدیریت منابع آب به دلیل وجود معیارها و شاخص‌های متعدد تصمیم‌گیری، مسائل پیچیده‌ی هستند. برای دستیابی به یک هدف مشخص در مسئله‌ی مدیریت منابع آب، راه‌حل‌های متعددی وجود دارد که هر یک از منظرهای متفاوت برای مسائل مختلف زیست‌محیطی، اجتماعی، سیاسی، سازمانی و... برتری می‌یابند. این الزامات طبعاً موجب استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) می‌شود که هدف آن انتخاب بهترین جواب از بین راه‌حل‌های ممکن است. «تصمیم‌گیری چندمعیاره» یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در محیط تصمیم‌گیری است که به بررسی مسائل تصمیم‌گیری با رعایت تعدادی از معیارهای تصمیم می‌پردازد و به دو دسته کلی «تصمیم‌گیری چندمنظوره (MODM)»<sup>[۱]</sup> و «تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)»<sup>[۲]</sup> تقسیم

می‌شود. هدف از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)، انتخاب بهترین گزینه/گزینه‌ها از بین مجموعه‌ی محدود از گزینه‌های موجود با توجه به معیارها و شاخص‌های تصمیم است. به‌طور کلی این مدل‌ها به منظور انتخاب گزینه‌ی برتر و اولویت‌بندی آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در جنبه‌های مختلف مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب، در تعدادی از مطالعات نشان داده شده است. در سال ۲۰۱۰ محققین از روش ELECTER برای رتبه‌بندی تخصیص آب به ۹ حوزه‌ی مختلف کشاورزی استفاده کردند.<sup>[۱]</sup> پیش‌تر، در سال ۲۰۰۹، از روش پیشنهادی «تصمیم‌گیری میانگین‌گیری وزنی مرتب‌شده‌ی فازی تصادفی (SFOWA)»<sup>[۲]</sup>، در مدیریت منابع آب رودخانه‌ی Tisza در مجارستان بهره‌گیری شده بود.<sup>[۳]</sup> در ایران نیز از سه روش «میانگین‌گیری وزنی مرتب‌شده‌ی برحسب استقرا (IOWA)»<sup>[۴]</sup>، «تخصیص خطی» و روش TOPSIS برای بررسی و رتبه‌بندی طرح‌های تأمین آب شهری زاهدان استفاده کرده و نتایج حاصل از روش‌های مختلف را با نتایج روش برنامه‌ریزی سازشی مقایسه کردند.<sup>[۵]</sup> همچنین برای ارزیابی سیاست‌های مدیریت منابع آب در ایالت آریزونا، پژوهش‌گران از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی گروهی بهره جستند.<sup>[۶]</sup> در سال ۲۰۰۶ نیز از یک مدل جدید ریاضی برای دستیابی سریع‌تر به

تاریخ: دریافت ۱۳۸۸/۴/۲۴، اصلاحیه ۱۳۸۹/۲/۲۱، پذیرش ۱۳۸۹/۳/۲۹.

توافق گروهی در مسائل مدیریت محیط‌زیست استفاده کردند.<sup>[۵]</sup> کاربرد متعدد تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره در مسائل مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب، نشان از قابلیت و توانایی آن‌ها در فرایند تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی و مدیریت مسائل منابع آب دارد.<sup>[۶]</sup>

در محیط واقعی تصمیم‌گیری منابع آب، تصمیم‌گیران و ذی‌مدخلان مختلفی حضور دارند که هر یک از آنان از دانش، مهارت و تجربیات متفاوتی برخوردارند و بسیار نادر است که در فرایند تصمیم‌گیری، دو تصمیم‌گیر از مهارت، تجربه و دانش یکسان (وزن یکسان) برخوردار باشند. در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری گروهی، این اختلاف دانش و تجربه‌ی تصمیم‌گیران (وزن و اهمیت نسبی تصمیم‌گیران) در فرایند تصمیم‌گیری ملحوظ نمی‌شود، و برای کلیه‌ی تصمیم‌گیران وزن و اهمیت یکسانی قائل می‌شوند. کاملاً واضح است که این شیوه‌ی برخورد، در محیط واقعی امری انتزاعی و غیرمنطقی است و باعث ایجاد خطا و عدم قطعیت در جواب نهایی می‌شود. برای اجتناب از این مشکل، استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن در مدیریت منابع آب ضروری است.

هدف این نوشتار، معرفی فرایند تصمیم‌گیری گروهی و بررسی لزوم کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی گروهی در مدیریت و برنامه‌ریزی یک‌پارچه‌ی منابع آب است. افزون بر این، فرایند جدیدی برای تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن (HGDM)<sup>۶</sup> بر مبنای توافق گروهی در مدیریت منابع آب ارائه می‌شود. به‌منظور بررسی کارایی فرایند پیشنهادی در مدیریت یک‌پارچه‌ی منابع آب (IWRM)<sup>۷</sup>، یک مطالعه موردی در شمال چین مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از این بررسی، رتبه‌بندی ۶ گزینه با توجه به ۵ شاخص مختلف کمی و کیفی است که در آن ۶ تصمیم‌گیر و ذی‌مدخل مختلف، نظرات و ارزیابی‌های خود را در مورد این گزینه‌ها با توجه به شاخص‌های مختلف ارائه می‌کنند. از این رو در ادامه، در بخش دوم، لزوم کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب، با توجه به اسناد بالادستی به‌ویژه در ایران، مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرایند تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن و مراحل مختلف آن در بخش سوم ارائه می‌شود. در بخش چهارم، با ارائه‌ی یک مثال کاربردی در رتبه‌بندی طرح‌های توسعه‌ی منابع آب در شمال چین، اهمیت و مزایای این فرایند در مسائل تصمیم‌گیری منابع آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. در پایان نیز به تحلیل و بررسی نتایج به دست آمده خواهیم پرداخت.

## لزوم تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت منابع آب

در دهه‌های گذشته، تصمیم‌گیری در مسائل مدیریت منابع آب و انتخاب گزینه‌ی برتر از بین گزینه‌های پیشنهادی برای حل مشکلات یک حوضه‌ی آبریز، فقط براساس معیارهای اقتصادی -- نسبت سود به هزینه -- و تبدیل معیارهای اجتماعی و زیست‌محیطی به معیارهای اقتصادی صورت می‌گرفت. امروزه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، ملزم به استفاده‌ی صرف از معادل مالی معیارهای اجتماعی و زیست‌محیطی در انتخاب گزینه‌ی برتر نیستیم، بلکه می‌توان از معیارهای مختلف کمی و کیفی در اولویت‌بندی و انتخاب گزینه‌های برتر در مدیریت منابع آب بهره جست.

با توجه به این که اهداف کلی توسعه‌ی منابع آب کشور در چشم‌انداز مدیریت این منابع ترسیم شده، به تبع آن اجرای طرح‌های کلان برنامه‌ریزی منابع آب با نگرشی جامع، باید در قالب چشم‌انداز و در راستای دست‌یابی به اهداف آن صورت گیرد. اسناد بالادستی موجود به‌منظور برنامه‌ریزی براساس چشم‌انداز عبارت‌اند از:

- سند چشم‌انداز بیست‌ساله‌ی کشور به‌عنوان سیاست کلان توسعه در بخش منابع آب؛
- سیاست‌های کلی نظام در مورد مدیریت منابع آب؛
- راهبردهای توسعه‌ی بلندمدت آب کشور به‌عنوان سیاست کلان توسعه در بخش آب؛
- برنامه‌های ۵ ساله‌ی چهارم توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور؛
- اسناد بخشی و فرابخشی برنامه‌ی چهارم؛
- قانون توزیع عادلانه‌ی آب / قانون ملی شدن آب / پیش‌نویس قانون جامع آب (ویرایش ۹) و سایر قوانین موضوعه.

با توجه به تبیین اهداف کلی توسعه‌ی منابع آب در اسناد و چشم‌اندازهای مصوب مدیریت منابع آب در ایران، طبیعتاً اجرای طرح‌های کلان برنامه‌ریزی منابع آب با نگرش جامع، باید در قالب این چشم‌اندازها و در جهت دست‌یابی به اهداف آن صورت گیرد. چشم‌اندازهای ذکرشده را می‌توان در این محورها خلاصه کرد:

- یک‌پارچه‌نگری در مدیریت منابع آب کشور؛
- توجه به ارزش و هزینه‌ی اقتصادی آب؛
- مدیریت تقاضا و مصرف؛
- مدیریت کیفیت آب؛
- مدیریت پیشگیری و بحران؛
- توجه به موارد سیاسی، نهادی و اجتماعی آب.

بدیهی است دست‌یابی به تمامی محورها و معیارهای یادشده، بدون ارزیابی چندمعیاره‌ی گزینه‌ها و برنامه‌های مختلف امکان‌پذیر نیست. از سوی دیگر، مسائل تصمیم‌گیری منابع آب در اغلب موارد به‌وسیله‌ی تعداد زیادی از گزینه‌ها و نتایج غیرقطعی، شرکت‌کنندگان مختلف با اهداف متضاد، و روابط و تعاملات پیچیده تعریف می‌شوند. ویژگی شاخص‌های مختلف مسائل تصمیم‌گیری منابع آب را می‌توان چنین خلاصه کرد:<sup>[۸]</sup>

- شاخص‌ها و معیارها در اغلب مواقع کاملاً با یکدیگر متضادند؛
  - بیشتر شاخص‌ها غیرقابل اندازه‌گیری‌اند؛
  - سازمان‌ها و افراد ذی‌نفع متعددی در مدیریت منابع آب وجود دارند؛
  - هر شاخص به‌طور تقریبی شامل اطلاعات فراوانی است که بیان‌گر سیستمی بسیار پیچیده است؛
  - ارزیابی بعضی از شاخص‌های کیفی بسیار مشکل است، و تنها می‌توان با استفاده از مقیاس‌های زبانی آن‌ها را به‌خوبی ارزیابی کرد.
- در نظر گرفتن هم‌زمان تمامی شاخص‌های فوق در مدیریت یک‌پارچه‌ی منابع آب بدون استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) امکان‌پذیر نیست. به‌طور کلی علل لزوم استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت و برنامه‌ریزی یک‌پارچه‌ی منابع آب را می‌توان چنین عنوان کرد:
- دست‌یابی به اهداف و محورهای مختلف اسناد بالادستی موجود در مدیریت منابع آب؛
  - ارتباط مؤثر و مستقیم مسائل مدیریت منابع آب با سایر حوضه‌ها، از قبیل: اقتصادی، اجتماعی، اشتغال و غیره؛

- وجود شاخص‌ها و معیارهای متضاد در مسائل مدیریت منابع آب؛
- وجود سازمان‌ها، نهادها و ذی‌مدخلان مختلف در مدیریت منابع آب؛
- لزوم در نظر گرفتن پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح‌ها و برنامه‌های پیشنهادی به منظور انتخاب گزینه /گزینه‌های برتر؛
- وجود شاخص‌ها و معیارهای کیفی و غیرقابل اندازه‌گیری در مسائل مدیریت منابع آب.

خواسته می‌شود نظرات‌شان را برای دست‌یابی به یک توافق گروهی مناسب اصلاح کنند. مدیرگروه با ارائه‌ی جواب گروهی به اعضای گروه در هر مرحله و درخواست اصلاح نظر تصمیم‌گیران با توجه به جواب گروهی، دست‌یابی به توافق گروهی را تسریع می‌بخشد. فرایند مدل تصمیم‌گیری گروهی فوق، فرایندی تکراری و پویاست که طی آن شرکت‌کنندگان با تغییر اطلاعات و متغیرهای نسبی مسئله، نظرات‌شان را تا رسیدن به یک توافق گروهی مناسب و معقول به‌هنگام می‌کنند.

«تجمیع»، سومین و مهم‌ترین مرحله در فرایند تصمیم‌گیری گروهی است.<sup>[۱۲]</sup> در این مرحله نظر تمامی اعضای گروه برای دست‌یابی به رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها، و با استفاده از عملگرهای مناسب، تجمیع می‌شود. عملگر تجمیعی  $F$ ، یک نگاشت از  $X^n = (x_1, \dots, x_n)$  با  $n$  بعد به یک بعد از  $X$  است:  $X^n \rightarrow X$ . بردار ورودی  $X^n$  و نتیجه‌ی خروجی  $X$ ، می‌توانند متغیرهای زیادی یا اعداد گسسته باشند. عملگرهای تجمیع متعددی برای تجمیع نظرات شرکت‌کنندگان وجود دارد که از آن جمله می‌توان به عملگرهای تجمیعی میانگین‌گیری،<sup>[۱۳]</sup> میان‌بندی وزنی<sup>[۱۴]</sup> شده،<sup>[۱۵]</sup> انتگرال Sugeno<sup>[۱۶]</sup>، رتبه‌بندی Leximin<sup>[۱۷]</sup>، عملگر تجمیعی میانگین وزنی مرتب‌شده (OWA)<sup>[۱۸]</sup> اشاره کرد. عملگرهای میانگین‌گیری حسابی (WAA)<sup>[۱]</sup> و میانگین‌گیری وزنی مرتب‌شده (OWA) رایج‌ترین عملگرهای تجمیعی برای تجمیع داده‌ها هستند.<sup>[۲۱]</sup> ساده‌ترین عملگر تجمیع، همان روش میانگین‌گیری وزنی ساده یا عملگر WAA است:

$$F_w(x) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i, \quad x \in I^n \quad (1)$$

که در آن  $X_i (i = 1, \dots, n)$  داده‌های ورودی و  $w_i$  وزن داده‌هاست. عملگر OWA، عملگر تجمیعی با بردار وزن متناظر  $w \in [0, 1]^n$  است  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  به‌طوری‌که:

$$F_w(x) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot b_i, \quad x \in I^n \quad (2)$$

که در آن  $b_i$ ،  $i$ امین مقدار بزرگ مجموعه‌ی مرتب‌شده‌ی صعودی به‌زولای  $X$  است که به‌صورت رابطه‌ی ۳ محاسبه می‌شوند:

$$w_i = Q\left(\frac{i}{n}\right) - Q\left(\frac{i-1}{n}\right), \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

در این رابطه،  $Q$  یک کمیت‌سنج زبانی است. کمیت‌سنج‌های فازی برای ترجمه‌ی خصوصیات زبان محاوره‌یی به عبارات ریاضی رسمی به کار می‌روند که باعث فرمول‌بندی تصمیم‌گیری چندمعیاره و توابع ارزیابی آن‌ها می‌شوند. کمیت‌سنج‌های زبانی که مفهوم اکثریت فازی را منعکس می‌کنند به‌صورت رابطه‌ی ۴ محاسبه می‌شوند:

$$Q(r) = \begin{cases} 0 & \text{if } : r < a \\ \frac{r-a}{r-b} & \text{if } : a < r < b \\ 1 & \text{if } : r > b \end{cases} \quad (4)$$

رایج‌ترین کمیت‌سنج‌های زبانی فازی که در محاسبه‌ی بردار وزن به کار برده می‌شوند، کمیت‌سنج‌های «بیشترین»، «حداقل نمی»، «تا حد ممکن» هستند که بازه آن‌ها به ترتیب  $(0/8, 0/3)$  و  $(0/5, 0)$  و  $(0/5, 0)$  و  $(0/5, 0)$  است.<sup>[۹]</sup> با توجه به روابط ۱ و ۲ کاملاً واضح است که عملگر WAA وزن‌دهی خود را تنها براساس اهمیت متغیرها انجام می‌دهد و از اهمیت مقادیر متغیرها صرف نظر

## الگوریتم تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن

تصمیم‌گیری گروهی امری ضروری در حل بسیاری از مسائل، به‌ویژه مسائلی با پیچیدگی‌های زیاد است. دانش و اطلاعات بیشتر، درک و فهم بهتر از مسئله، امکان ایجاد خطای کم‌تر، همکاری اعضای گروه، ایجاد خلاقیت بیشتر و ایجاد تعادل در ریسک‌پذیری در مسائل تصمیم‌گیری ازجمله مزایای تصمیم‌گیری گروهی در مقابل تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فردی است.<sup>[۹]</sup> فرایند تصمیم‌گیری گروهی چهار مرحله را شامل می‌شود: ۱. تعیین و ارزیابی گزینه‌ها، شاخص‌ها و تصمیم‌گیران؛ ۲. همگن‌سازی نظرات؛ ۳. تجمیع و انتخاب گزینه‌ی برتر؛ ۴. ارزیابی میزان توافق گروهی.<sup>[۱۱]</sup> مرحله‌ی اول شامل تعیین گزینه‌ها، شاخص‌ها و شناسایی تصمیم‌گیران و ارزیابی وزن نسبی تصمیم‌گیران، وزن شاخص‌ها و ارزش گزینه‌ها در مقابل شاخص‌هاست. تصمیم‌گیران می‌توانند نظرات و ارزیابی‌های خود از گزینه‌ها را به چهار شیوه‌ی کلی: ۱. مقادیر عددی قطعی؛ ۲. مقادیر عددی غیرقطعی؛ ۳. مقادیر زبانی؛ ۴. ترکیب سه شیوه‌های یادشده ارائه کنند. در بیان ارزیابی‌ها در قالب مقادیر عددی قطعی، تصمیم‌گیران می‌توانند ارزیابی‌های خود را به‌صورت: ۱. تابع مطلوبیت؛ ۲. رتبه‌بندی گزینه‌ها؛ ۳. رابطه‌ی اولویت فازی؛ ۴. رابطه‌ی اولویت چندگانه ارائه کنند.<sup>[۱۲]</sup> پس از اخذ نظرات مختلف تصمیم‌گیران درمورد ارزش گزینه‌ها -- در مقابل شاخص‌ها به روش‌های مختلف -- این نظرات جهت تجمیع داده‌ها باید همگن و یکنواخت شوند. سپس این نظرات همگن، به‌وسیله‌ی یک عملگر تجمیعی<sup>۸</sup> با یکدیگر تجمیع، و براساس ارزش تجمیعی و نهایی هر گزینه، گزینه‌ی برتر انتخاب می‌شود. در مرحله‌ی بعد، میزان توافق گروهی بر روی هر گزینه و نیز جواب گروهی محاسبه می‌شود. اگر میزان توافق گروهی بر روی تمام گزینه‌ها از حداقل توافق گروهی لازم -- که توسط مدیر گروه، یا با نظر گروه تعیین می‌شود -- بیشتر باشد، گزینه‌ی انتخابی به‌عنوان جواب نهایی انتخاب و به اطلاع اعضای گروه می‌رسد. در غیر این صورت، از تصمیم‌گیران

که در آن  $b$  میزان سخت‌گیری در اختصاص وزن به هر تصمیم‌گیر را کنترل می‌کند. در یک اختلاف نظر ثابت هرچه میزان  $b$  بیشتر باشد، وزن کم‌تری به تصمیم‌گیر در نظر گرفته شده اختصاص می‌یابد. در رابطه ی  $۸$ ، ارزیابی تصمیم‌گیر  $i$  از گزینه ی موجود براساس شاخص  $k$  است؛  $q$  تعداد تصمیم‌گیران و  $n$  تعداد شاخص‌هاست. با دقت در این رابطه، کاملاً واضح است که هر تصمیم‌گیری که نظرات نزدیک‌تری نسبت به تصمیم‌گیر  $i$  داشته باشد، از طرف تصمیم‌گیر  $i$  وزن بیشتری به وی اختصاص می‌یابد. وزن نهایی تصمیم‌گیر  $j$  از نظر سایر اعضا گروه  $(w_j)$ ، از تجمیع وزن‌های اعمال شده به این تصمیم‌گیر توسط سایر اعضا گروه و با استفاده از رابطه ی  $۹$  به دست می‌آید:

$$w_j = \text{OWA}(w_{1j}, \dots, w_{j-1j}, w_{j+1j}, \dots, w_{qj}) \quad (۹)$$

در یک مسئله‌ی واقعی تصمیم‌گیری، مدیر گروه ممکن است نظرات متفاوتی درباره‌ی اهمیت نسبی شرکت‌کنندگان داشته باشد و مایل باشد آن‌ها را در فرایند تصمیم‌گیری و انتخاب گزینه‌ی مطلوب‌تر اثر دهد. اگر  $D_j$  بیان‌گر اهمیت تصمیم‌گیر  $j$  از نظر مدیر گروه باشد، وزن نهایی هر یک از تصمیم‌گیران از رابطه ی  $۱۰$  به دست می‌آید:

$$\lambda_j = \alpha \cdot D_j + \beta \cdot w_j \quad (۱۰)$$

که در آن  $\alpha$  و  $\beta$  به ترتیب بیان‌گر میزان اهمیت نظر مدیر گروه و نظر تصمیم‌گیران در برآورد وزن نسبی شرکت‌کنندگان است و می‌توان مقادیر آن‌ها را با کمک روش ارزیابی مقایسات زوجی گزینه‌ها در روش سلسله‌مراتبی به دست آورد.

برای محاسبه‌ی میزان توافق گروهی بر روی نظر گروهی و گزینه/گزینه‌های انتخاب شده، روش‌های متعددی وجود دارد. [۲۲-۲۸] در این مطالعه برای محاسبه‌ی میزان توافق گروهی از روش پیشنهادی در سال ۲۰۰۴ استفاده می‌شود. [۲۳] مزیت این روش نسبت به سایر روش‌ها این است که در این روش، وزن و اهمیت نسبی هر تصمیم‌گیر در محاسبه‌ی میزان توافق گروهی بر روی گزینه‌ی انتخاب شده و تصمیم نهایی اخذ شده در نظر گرفته می‌شود. از طرفی با توجه به لزوم در نظر گرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران در تصمیم‌گیری گروهی نااهمگن، استفاده از این روش نسبت به سایر روش‌های محاسبه‌ی میزان توافق گروهی اولویت دارد. میزان توافق گروهی با استفاده از این روش از رابطه‌های  $۱۱$  و  $۱۲$  محاسبه می‌شود:

$$C_i = \sum_{k=1}^q \left[ \left( 1 - \frac{|O_{A_i}^G - E_k^O|}{n-1} \right) \right] \times u_k \quad (۱۱)$$

$$C_G = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^n C_i \quad (۱۲)$$

$O_{A_i}^G$  رتبه‌ی گزینه‌ی  $A_i$  از نظر شرکت‌کننده‌ی  $E_k$ ، و  $E_k^O$  رتبه‌ی گزینه‌ی  $A_i$  از نظر گروه، و  $u_k$  نیز وزن شرکت‌کننده‌ی  $E_k$  است.  $q$  تعداد شرکت‌کنندگان و  $n$  تعداد گزینه‌هاست.  $C_i$  میزان توافق گروهی بر روی گزینه‌ی  $A_i$ ، و  $C_G$  میزان توافق اعضا گروه با رتبه‌بندی گزینه‌ها و تصمیم نهایی گروه است. به عبارت دیگر،  $C_G$  بیان‌گر میزان موافقت گروهی با تصمیم اخذ شده در رتبه‌بندی نهایی گزینه‌هاست. برای بررسی کاربرد و کارایی فرایند تصمیم‌گیری گروهی معرفی شده در مدیریت و برنامه‌ریزی یک پارچه‌ی منابع آب، یک مطالعه‌ی موردی در مدیریت و توسعه‌ی منابع آب در شمال چین مورد بررسی قرار می‌گیرد.

می‌کند؛ این در حالی است که عملگر OWA تنها مقدار متغیرها را وزن دهی کرده و به اهمیت متغیرها توجهی ندارد. برای حل این مسئله، عملگر میانگین‌گیری وزن دهی مرکب (HWA) معرفی شده است [۲۱] که هم اهمیت متغیرها و هم مقدارشان را در وزن دهی آن‌ها در نظر می‌گیرد. عملگر HWA چنین تعریف می‌شود:

$$\text{HWA}_{v,w}(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n v_j \cdot b_j \quad (۵)$$

$v_j$  بردار وزن عملگر و  $\sum_{j=1}^n v_j = 1$  برابر ۱ است. بردار وزن  $v_j$  همانند بردار وزن عملگر OWA محاسبه می‌شود.  $b_j$ ،  $j$ امین مقدار بزرگ مجموعه‌ی مرتب شده صعودی به نزولی  $n w_j a_i$  است.  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  بردار وزن متغیرهای  $a_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) است؛  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ ،  $(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n})^T$  میل کند، آنگاه بردار  $n$  و ضریب تعادل است که نقش یک متعادل‌کننده را ایفا می‌کند. اگر بردار وزن  $(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  به سمت  $(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n})^T$  میل کند و عملگر  $(n w_1 a_1, n w_2 a_2, \dots, n w_n a_n)^T$  به سمت  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  میل کند و عملگر HWA به عملگر OWA تبدیل می‌شود.

در تصمیم‌گیری گروهی، اگر تعداد  $t$  تصمیم‌گیر نظراتشان را درباره‌ی  $s$  گزینه با توجه به  $n$  شاخص، به صورت  $p_{ij}^{(q)}$  ارائه دهند، مقدار تجمیعی این مقادیر به وسیله‌ی عملگر HWA محاسبه می‌شود:

$$r_{ij} = \text{HWA}_{v,\lambda}(r_{ij}^{(1)}, r_{ij}^{(2)}, \dots, r_{ij}^{(q)}, r_{ij}^{(t)}), \quad q = 1, 2, \dots, t$$

$$i = 1, 2, \dots, s \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (۶)$$

$r_{ij}^{(q)}$  مقادیر وزن دهی شده‌ی نظرات براساس وزن نسبی شاخص‌هاست که از رابطه‌ی  $۷$  به دست می‌آید:

$$r_{ij}^{(q)} = P_{ij}^{(q)} \cdot w_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (۷)$$

در روابط فوق  $p_{ij}^{(q)}$  ارزیابی تصمیم‌گیر  $q$  از گزینه‌ی  $i$  براساس شاخص  $j$  است. همچنین  $w_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) بردار وزن نسبی شاخص‌هاست و  $w_j \geq 0$  و  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$  سپس مقادیر وزن نظرات در مقابل شاخص‌ها  $(r_{ij}^{(q)})$  در بردار وزن تصمیم‌گیران  $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_t)^T$  ضرب شده و مقادیر وزن گزینه‌ها در مقابل شاخص‌ها از نظر هر تصمیم‌گیر به دست می‌آید. این مقادیر به ترتیب صعودی به نزولی مرتب، و در بردار وزن بردار عملگر HWA  $v = (v_1, \dots, v_t)^T$  ضرب شده و با یکدیگر تجمیع می‌شوند.

برای محاسبه‌ی وزن نسبی تصمیم‌گیران روش‌های متعددی ارائه شده است. [۲۷-۲۳، ۱۱] ویژگی بارز روش مورد استفاده در مطالعه‌ی حاضر برای محاسبه‌ی وزن نسبی تصمیم‌گیران، در مقایسه با سایر روش‌ها، آن است که در این روش وزن نسبی تصمیم‌گیران با استفاده‌ی همزمان از ارزیابی تصمیم‌گیران نسبت به یکدیگر و ارزیابی ذهنی مدیر گروه در مورد اهمیت نسبی تصمیم‌گیران محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر، در این روش برای محاسبه‌ی وزن و اهمیت نسبی تصمیم‌گیران از ارزیابی تصمیم‌گیران نسبت به یکدیگر و ارزیابی مدیر گروه در مورد اعضا تصمیم‌گیری به طور همزمان استفاده می‌شود. در این روش، اهمیت تصمیم‌گیر  $j$  از نظر تصمیم‌گیر  $i$  براساس رابطه‌ی  $۸$  به دست می‌آید: [۱۱]

$$w_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n \{1 - |P_{ik} - P_{jk}|^b\}}{\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sum_{k=1}^n \{1 - |P_{ik} - P_{jk}|^b\}}, \quad b \in (0, 1) \quad (۸)$$

جدول ۱. ماتریس تصمیم [۳۷]

Plan	امکان مالی	توسعه اقتصادی	رفاه اجتماعی	حفاظت محیط زیست	خودکفایی کشاورزی
I	۷	۶٫۵	۶٫۵	۳	۶
II	۳	۵	۴	۵٫۵	۸٫۵
III	۸	۶٫۵	۹	۰٫۵	۳
IV	۵	۳٫۵	۴	۳٫۵	۶٫۵
V	۱	۳	۲	۶	۹
VI	۴٫۵	۴٫۵	۴	۳	۶٫۵

$E(i, j)$  ارزش گزینه‌ی  $i$  با توجه به شاخص  $j$  (جدول ۱)، و  $C(j, k)$  ارزیابی تصمیم‌گیر  $k$  از میزان اهمیت شاخص  $j$  (جدول ۲) است.  $S(i, k)$  ارزش نهایی گزینه‌ی  $i$  از نظر تصمیم‌گیر  $k$  است که در جدول ۳ ارائه شده است. ارزش نهایی هر گزینه از نظر گروه  $(SG_i)$  نیز با استفاده از روش ساده‌ی مجموع نظرات و رابطه‌ی ۱۴ محاسبه شد: [۳۷]

$$SG_i = \sum_{k=1}^q S(i, k) \quad (14)$$

ارزش نهایی هر گزینه از نظر گروه با استفاده از روش ساده‌ی فوق و رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از این روش در جدول ۳ ارائه شده است.

برای محاسبه‌ی ارزش نهایی هر گزینه از نظر گروهی با استفاده از الگوریتم تصمیم‌گیری ناهمگن گروهی، در مرحله‌ی اول، وزن هر تصمیم‌گیر از نظر سایر تصمیم‌گیران  $(w_i)$  با استفاده از رابطه‌ی ۸ و جدول ۲ محاسبه می‌شود. وزن نهایی هر تصمیم‌گیر از نظر سایر تصمیم‌گیران  $(w_i)$ ، از تجمیع مقادیر  $w_i$  به دست می‌آید. برای تجمیع این مقادیر از عملگر OWA با کمیت‌سنج «حداقل نمی» و با بازه  $(0, 0.5)$  و بردار وزن  $(0.5, 0.2, 0.1, 0.2, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4)$  -- با استفاده از روابط ۳ و ۴ -- استفاده شده است. مدیر گروه نیز ارزیابی خود در مورد اهمیت نسبی تصمیم‌گیران را با استفاده از بازه عددی  $(1, 2, 3, 4, 5)$  ارائه کرده است. با توافق صورت گرفته بین مدیر گروه و تصمیم‌گیران، میزان تأثیر نظر هر یک از آنان در برآورد وزن نسبی تصمیم‌گیران برابر  $50\%$  تعیین شده است. وزن هر تصمیم‌گیر از نظر سایر تصمیم‌گیران  $(w_i)$  و از نظر مدیر گروه  $(D_i)$ ، و نیز وزن نهایی هر یک از آنان  $(\lambda_i)$  در جدول ۴ ارائه شده است. مقادیر  $(\bar{w}_i)$  و  $(\bar{D}_i)$  نرمال‌شده‌ی مقادیر  $(w_i)$  و  $(D_i)$  هستند.

در گام دوم، ارزش نهایی هر یک از گزینه‌ها با استفاده از عملگر HWA محاسبه و گزینه‌ی برتر انتخاب می‌شود. برای بررسی اهمیت محاسبه‌ی وزن نسبی تصمیم‌گیران در فرایند تصمیم‌گیری گروهی، ارزش نهایی گزینه‌ها در دو حالت بدون در نظر گرفتن

## مطالعه‌ی موردی

برای مدیریت و توسعه‌ی منابع آب در شمال چین، شش طرح توسعه‌ی منابع آب توسط مؤسسه‌ی تحقیقات منابع آب و انرژی‌های برق‌آبی چین (CIWRHR) پیشنهاد شد. [۳۶، ۳۵] شاخص‌های در نظر گرفته شده برای ارزیابی این طرح‌ها عبارت‌اند از: ۱. امکان مالی؛ ۲. توسعه‌ی اقتصادی؛ ۳. رفاه اجتماعی؛ ۴. حفاظت محیط زیست؛ ۵. خودکفایی کشاورزی. مشخصات طرح‌های پیشنهادی با توجه به شاخص‌های در نظر گرفته شده در جدول ۱ ارائه شده‌اند. برای ارزیابی گزینه‌ها و انتخاب گزینه‌ی برتر، شش تصمیم‌گیر در نظر گرفته شده‌اند که ارزیابی‌های خود از اهمیت شاخص‌ها را به صورت عددی ارائه کرده‌اند (جدول ۲). برخی از محققین با استفاده از روش SAW و رابطه‌ی ۱۳، ارزش نهایی هر گزینه از نظر هر تصمیم‌گیر را محاسبه کردند: [۳۷]

$$S(i, k) = E(i, j) \cdot C(j, k) \quad (13)$$

جدول ۲. ماتریس اولویت، وزن نرمال شده هر شاخص از نظر هر تصمیم‌گیر. [۳۷]

Plan	$DM^1$	$DM^2$	$DM^3$	$DM^4$	$DM^5$	$DM^6$
امکان مالی	۰٫۲۶	۰٫۱۳	۰٫۱۸	۰٫۱۹	۰٫۲۰	۰٫۲۴
توسعه‌ی اقتصادی	۰٫۲۱	۰٫۱۸	۰٫۲۴	۰٫۱۱	۰٫۱۷	۰٫۲۶
رفاه اجتماعی	۰٫۲۲	۰٫۱۶	۰٫۲۴	۰٫۱۳	۰٫۰۹	۰٫۱۸
حفاظت محیط زیست	۰٫۱۴	۰٫۲۸	۰٫۱۴	۰٫۳۳	۰٫۲۹	۰٫۱۹
خودکفایی کشاورزی	۰٫۱۷	۰٫۲۴	۰٫۱۹	۰٫۲۴	۰٫۲۶	۰٫۱۳

جدول ۳. ارزش هر گزینه از نظر هر تصمیم‌گیر و ارزش نهایی و رتبه‌بندی گزینه‌ها از نظر گروه. [۳۷]

Plan	$DM^1$	$DM^2$	$DM^3$	$DM^4$	$DM^5$	$DM^6$	$\sum DM$	رتبه‌بندی
I	۶٫۱۹	۵٫۷۴	۶٫۱۶	۵٫۵۳	۵٫۶۲	۶٫۰۷	۳۵٫۲۹	۱
II	۵٫۳۱	۵٫۹۲	۵٫۵۵	۵٫۷۳	۵٫۷۵	۵٫۳۱	۳۳٫۵۶	۲
III	۵٫۹۹	۴٫۸۲	۵٫۸۶	۴٫۵۰	۴٫۵۶	۵٫۷۵	۳۱٫۴۷	۳
IV	۴٫۹۵	۵٫۰۷	۵٫۰۰	۴٫۹۳	۴٫۹۱	۴٫۸۶	۲۹٫۷۲	۴
V	۳٫۸۴	۴٫۸۱	۴٫۰۸	۴٫۸۶	۴٫۸۷	۳٫۸۳	۲۶٫۲۹	۶
VI	۴٫۸۱	۴٫۸۵	۴٫۸۸	۴٫۶۷	۴٫۷۳	۴٫۷۳	۲۸٫۶۶	۵

جدول ۴. وزن نهایی تصمیم‌گیران در حالت  $\alpha = \beta = 0.5$ .

$\lambda_i$	$\bar{D}_i$	$D_i$	$\bar{w}_i$	$w_i$	$w_{ij}$						
					$DM^6$	$DM^5$	$DM^4$	$DM^3$	$DM^2$	$DM^1$	
0.12	0.06	1	0.169	0.208	0.21	0.20	0.19	0.21	0.20	-	$DM^1$
0.21	0.25	4	0.165	0.204	0.20	0.21	0.20	0.20	-	0.20	$DM^2$
0.15	0.13	2	0.165	0.204	0.20	0.20	0.19	-	0.20	0.21	$DM^3$
0.21	0.25	4	0.167	0.206	0.19	0.21	-	0.21	0.19	0.19	$DM^4$
0.18	0.19	3	0.169	0.208	0.20	-	0.21	0.20	0.21	0.19	$DM^5$
0.15	0.13	2	0.165	0.204	-	0.20	0.19	0.20	0.20	0.21	$DM^6$

جدول ۶. ارزش و رتبه‌بندی نهایی هر گزینه از نظر گروه تصمیم‌گیر همگن/ناهمگن.

گزینه‌ها							رتبه‌بندی گزینه‌ها
VI	V	IV	III	II	I		
0.80	0.81	0.83	0.98	0.97	1.02	همگن	ارزش گزینه
0.94	0.96	0.98	0.93	1.15	1.12	ناهمگن	(HWA)
6	5	4	2	3	1	همگن	رتبه‌بندی گزینه‌ها
5	4	3	6	1	2	ناهمگن	
5	6	4	3	2	1	[37] SAW	

جدول ۵. رتبه‌بندی گزینه‌ها از نظر تصمیم‌گیران و گروه.

گزینه‌ی تصمیم‌گیر	گزینه‌ی ۱	گزینه‌ی ۲	گزینه‌ی ۳	گزینه‌ی ۴	گزینه‌ی ۵	گزینه‌ی ۶
$DM^1$	۱	۳	۲	۴	۶	۵
$DM^2$	۲	۱	۵	۳	۶	۴
$DM^3$	۱	۳	۲	۴	۶	۵
$DM^4$	۲	۱	۶	۳	۴	۵
$DM^5$	۲	۱	۶	۳	۴	۵
$DM^6$	۱	۳	۲	۴	۶	۵
گروه	۲	۱	۶	۳	۴	۵

میزان اهمیت محاسبه و در نظر گرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران در فرایند تصمیم‌گیری گروهی و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌هاست.

میزان توافق گروهی بر جواب تجمیعی گزینه‌ها، با در نظر گرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران (گروه ناهمگن) محاسبه می‌شود. میزان توافق گروهی لازم برابر  $0.85$  در نظر گرفته شده است. برای محاسبه‌ی میزان توافق گروهی از روش پیشنهادی در سال  $2004$  استفاده می‌شود. [37]

با استفاده از روابط ۱۱ و ۱۲ میزان توافق گروهی بر روی هر گزینه و نیز جواب گروهی محاسبه شده در جدول ۷ ارائه شده است. چنان که در جدول ۷ مشاهده می‌شود توافق گروهی نهایی از حداقل توافق گروهی لازم بیشتر است و گزینه‌ی ۲ به‌عنوان جواب نهایی انتخاب می‌شود.

جدول ۷. توافق گروهی هر گزینه و توافق گروهی نهایی.

گزینه‌ی ۱	گزینه‌ی ۲	گزینه‌ی ۳	گزینه‌ی ۴	گزینه‌ی ۵	گزینه‌ی ۶
0.936	0.852	0.642	0.936	0.768	0.978
توافق گروهی هر گزینه					
0.852					
توافق گروهی تجمیعی					

وزن نسبی تصمیم‌گیران (گروه همگن) و با در نظر گرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران (گروه ناهمگن) محاسبه و نتایج آن با یکدیگر مقایسه می‌شود. ارزش نهایی هر گزینه با استفاده از عملگر HWA چنین محاسبه می‌شود:

۱. ارزش هر گزینه از نظر هر تصمیم‌گیر (جدول ۳)، در وزن نسبی هر تصمیم‌گیر  $(1, 2, \dots, 6) = \lambda_i$  ضرب می‌شود. در حالتی که شرکت‌کنندگان از وزن یکسانی برخوردارند مقدار  $(1 = i, 2, \dots, 6) = \lambda_i$  در نظر گرفته شده است و در حالت دوم، مقادیر وزن تصمیم‌گیران براساس مقادیر جدول ۴ برابر  $(0.12, 0.21, 0.15, 0.21, 0.18, 0.15) = \lambda_i$  در نظر گرفته شده است.

۲. مقادیر به دست آمده از مرحله‌ی قبل، با ترتیب صعودی به نزولی مرتب می‌شوند.

۳. مقادیر وزن مرتب شده، در اوزان عملگر HWA ضرب شده و ارزش نهایی هر گزینه به دست می‌آید. در جدول ۵ رتبه‌بندی گزینه‌ها از نظر هر تصمیم‌گیر ارائه شده است. برای تجمیع نظرات تصمیم‌گیران با یکدیگر از کمیت سنج «حداقل نیمی» با بازه  $(0, 0.5)$  و بردار وزن  $w = (1/3, 1/3, 1/3, 0, 0, 0)$  استفاده شده است. ارزش تجمیعی نهایی گزینه‌ها با در نظر گرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران، و بدون در نظر گرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران در جدول ۶ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۶، مشاهده می‌شود که با در نظر گرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران، گزینه‌ی ۲ بهترین گزینه است؛ در حالی که بدون در نظر گرفتن وزن نسبی آنان، گزینه‌ی ۱ گزینه‌ی ارجح است. اختلاف رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها به خوبی بیان‌گر

## تحلیل حساسیت

برای بررسی میزان تأثیر مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  (میزان اهمیت نظر مدیر گروه و تصمیم گیران) بر روی ارزش نهایی هر گزینه، تحلیل حساسیت صورت گرفته است. برای  $\alpha$  مقادیر از ۰ تا ۱ در نظر گرفته شده است. ارزش هر گزینه و رتبه بندی آن با توجه به مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  در جداول ۸ و ۹ ارائه شده است. با توجه به تحلیل حساسیت صورت گرفته، چنان که در جدول ۹ مشاهده می شود، اگر  $\alpha = 0$  (مدیر گروه در ارزیابی وزن تصمیم گیران نقشی ایفا نکند و تنها تصمیم گیران به ارزیابی وزن خود بپردازند) گزینه ۱ بهترین

جدول ۸. ارزش هر گزینه با توجه به مقادیر  $\alpha$ .

$\alpha$	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳	گزینه ۴	گزینه ۵	گزینه ۶
۰	۱,۰۰۲	۰,۹۷	۰,۹۸	۰,۸۳	۰,۸۱	۰,۸۱
۰,۱	۰,۹۹	۱,۰۰	۰,۹۴	۰,۸۶	۰,۸۴	۰,۸۲
۰,۲	۱,۰۱	۱,۰۴	۰,۹۰	۰,۸۹	۰,۸۷	۰,۸۵
۰,۳	۱,۰۴	۱,۰۸	۰,۹۰	۰,۹۲	۰,۹۰	۰,۸۸
۰,۴	۱,۰۸	۱,۱۱	۰,۹۱	۰,۹۵	۰,۹۳	۰,۹۱
۰,۵	۱,۱۲	۱,۱۵	۰,۹۳	۰,۹۸	۰,۹۶	۰,۹۴
۰,۶	۱,۱۵	۱,۱۹	۰,۹۵	۱,۰۲	۰,۹۹	۰,۹۷
۰,۷	۱,۱۹	۱,۲۲	۰,۹۷	۱,۰۵	۱,۰۲	۱,۰۰
۰,۸	۱,۲۲	۱,۲۶	۱,۰۰	۱,۰۸	۱,۰۵	۱,۰۳
۰,۹	۱,۲۶	۱,۲۹	۱,۰۳	۱,۱۱	۱,۰۸	۱,۰۶
۱	۱,۲۹	۱,۳۳	۱,۰۶	۱,۱۴	۱,۱۱	۱,۰۹

جدول ۹. رتبه بندی هر گزینه با توجه به مقادیر  $\alpha$ .

$\alpha$	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳	گزینه ۴	گزینه ۵	گزینه ۶
۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۰,۱	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰,۲	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰,۳	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰,۴	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰,۵	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰,۶	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰,۷	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰,۸	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰,۹	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۱	۲	۱	۳	۴	۵	۶

گزینه است، اما در حالات دیگر (هم مدیر گروه و هم شرکت کنندگان در ارزیابی وزن تصمیم گیران مشارکت کنند) گزینه ۲ گزینه ارجح است که به خوبی بیانگر کارایی روش ارائه شده برای محاسبه وزن نسبی تصمیم گیران در فرایند تصمیم گیری گروهی ناهمگن و کاربرد آن در مسائل مدیریت منابع آب است.

## نتیجه گیری

مسائل مدیریت منابع آب در اغلب موارد به وسیله تعداد زیادی از گزینه ها، شاخص ها و معیارهای مختلف و نتایج غیرقطعی تعریف می شوند. از این رو، مسائل تصمیم گیری مدیریت منابع آب را می توان به صورت مسائل تصمیم گیری چندمعیاره ای تعریف کرد که در آن ها گزینه های مختلف در مقابل تعدادی از شاخص ها با توجه به نظرات ذی مدخلان ارزیابی می شوند. یکی از ویژگی های مسائل مدیریت منابع آب وجود تصمیم گیران و ذی مدخلان متعدد با تخصص و مهارت های مختلف، و وزن و اهمیت نسبی متفاوت در فرایند تصمیم گیری است. اقدامات مدیریت منابع آب اگرچه ممکن است بدون مشارکت ذی مدخلان طراحی و اجرا شود، بدون مشارکت آنان به نتیجه نخواهد رسید. ضروری است این مشارکت در فرایند تصمیم گیری گروهی در نظر گرفته شود.

با توجه به وجود اختلافات شدید بین ذی مدخلان مختلف، از جمله وزارت جهاد کشاورزی، شرکت های آب منطقه ای، سازمان محیط زیست و سندیکاها و انجمن های آب بران و کشاورزان در بهره برداری از منابع آب در ایران، استفاده از روش های تصمیم گیری گروهی به طور موفقیت آمیزی برای مشارکت و در نظر گرفتن ذی مدخلان مختلف در فرایند تصمیم گیری، و نیز کسب توافق و حل تضاد بین آنان مفید و کاربردی است. همچنین با توجه به لزوم در نظر گرفتن ذی مدخلان مختلف در فرایند تصمیم گیری -- به عنوان یکی از الزامات مدیریت یک پارچه ای منابع آب -- استفاده از الگوریتم پیشنهادی می تواند نقش به سزایی در دستیابی به این هدف داشته باشد.

در این مطالعه فرایند جدیدی برای تصمیم گیری گروهی ناهمگن بر مبنای توافق گروهی ارائه شد. برای تجمیع داده ها از عملگر HWA استفاده شد، و وزن نسبی تصمیم گیران با استفاده از هم زمان از ارزیابی تصمیم گیران نسبت به یکدیگر و ارزیابی ذهنی مدیر گروه در مورد اهمیت نسبی تصمیم گیران محاسبه شد. در تمامی مراحل این فرایند، به ویژه مراحل تجمیع و محاسبه میزانی توافق گروهی، وزن نسبی تصمیم گیران برای تحلیل گزینه ها و رتبه بندی راه حل های ممکن مدیریت منابع آب محاسبه و در نظر گرفته شده است.

تحلیل گزینه های مختلف مدیریت منابع آب شمال چین به عنوان یک مطالعه موردی، بیانگر کاربرد روش ارائه شده برای سایر مسائل واقعی تصمیم گیری مدیریت منابع آب، به ویژه در کشور ایران است. در این مدل، ذی مدخلان مختلف نظرات خود را در مورد گزینه های مختلف بیان کرده و در مدل تصمیم گیری چندمعیاره ای گروهی مدیریت منابع آب مشارکت کردند. رتبه بندی نهایی گزینه ها در دو حالت تصمیم گیری گروهی همگن (بدون محاسبه وزن نسبی تصمیم گیران) و تصمیم گیری گروهی ناهمگن (با در نظر گرفتن و محاسبه وزن نسبی تصمیم گیران) محاسبه شد که بیانگر تأثیر در نظر گرفتن وزن نسبی تصمیم گیران در انتخاب جواب نهایی است. کاربرد روش پیشنهادی به حل مسائلی که در آن ها ذی مدخلان مختلفی در فرایند تصمیم گیری مدیریت منابع آب مشارکت داشته و وزن و اهمیت نسبی آن ها با یکدیگر متفاوت است کمک خواهد کرد.

## پانویس

1. multi criteria decision making
2. multi objective decision making
3. multi attribute decision making
4. stochastic fuzzy ordered weighted averaging
5. induced ordered weighted averaging
6. heterogeneous group decision making
7. integrated water resources management
8. aggregation operator
9. ordered weighted averaging
10. weighted arithmetic averaging
11. hybrid weighted averaging

## منابع

1. Zardari, N.U.H. and Ian Cordery, A.S. "An objective multi attribute analysis approach for allocation of scarce irrigation water resources", *Journal of the American Water Resources Association*, **46**(2), pp. 412-428 (2010).
2. Zarghami, M. and Szidarovszky, F. "Stochastic-fuzzy multi criteria decision making for robust water resources management", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, **23**(3), pp. 329-339 (2009).
3. Mianabadi, H. and Afshar, A. "Multi attribute decision making to rank urban water supply schemes", *Water & Wastewater Journal*, **19**(66), pp. 34-45 (2008).
4. Keller, L.R.; Kirkwood, C.W. and Jones, N.S. "Assessing stakeholder evaluation concerns: An application to the central Arizona water resources system", *Systems Engineering*, **13**(1), pp. 58-71 (2009).
5. Regan, H.; Olyvan, M. and Markovchick, L. "A formal model for consensus and negotiation in environmental management", *Journal of Environmental Management*, **80**(2), pp. 167-176 (2006).
6. Abrishamchi, A.; Ebrahimian, A. and Tajrishi, M. "Case Study: Application of multicriteria decision making to urban water supply", *Journal of Water Resources Planning and Management*, **131**(4), pp. 326-335 (2005).
7. Despic, O. and Simonovic, S.P. "Aggregation operators for soft decision making in water resources", *Fuzzy Sets and Systems*, **115**, pp. 11-33 (2000).
8. Mianabadi, H. and Afshar, A. "Fuzzy group decision making and its application to select the best alternative for ground water resource management", Oral Presentation, *2nd Iran Water resources Management Conference*, Isfahan, Iran (January 12-13 2007).
9. Choudhurya, A.K.; Shankarb, R. and Tiwari, M.K. "Consensus-based intelligent group decision-making model for the selection of advanced technology", *Decision Support Systems*, **42**, pp. 1776-1799 (2006).
10. Chen, Z., *Consensus in Group Decision Making under Linguistic Assessments*, PhD Thesis, Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, College of Engineering Kansas State University, Manhattan (2005).
11. Mianabadi, H. and Afshar, A. "Group decision making, calculation of relative weights of decision makers to select Ph.D students", *Iranian Journal of Engineering Education*, **9**(35), pp. 31-53 (2007).
12. Phua, M.H. and Minowa, M. "A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: A case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia", *Landscape and Urban Planning*, **71**, pp. 207-222 (2005).
13. Bullen, P.S.; Mitrinovic, D.S. and Vasic, P.M., *Means and Their Inequalities, Mathematics and its Applications*, 31, D. Reidel Publishing Co., Dordrecht (1988).
14. Marichal, J.L., *Aggregation Operators for Multicriteria Decision*, PhD Dissertation, University de Liege (1999).
15. Yager, R.R. "On weighted median aggregation, International Journal of Uncertainty", *Fuzziness and Knowledge-based Systems*, **2**, pp. 101-113 (1994).
16. Sugeno, M., *Theory of Fuzzy Integrals and its Applications*, PhD thesis, Tokyo Institute of Technology, Tokyo (1974).
17. Dubois, D.; Fargier, H. and Prade, H. "Refinements of the maximin approach to decision-making in a fuzzy environment", *Fuzzy Sets and Systems*, **81**(1), pp. 103-122 (1996).
18. Yager, R.R. "On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making", *IEEE Trans. Systems, Man Cybernet*, **18**, pp. 183-190 (1988).
19. Yager, R.R. "Families of OWA operators", *Fuzzy Sets and Systems*, **59**, pp. 125-148 (1993).
20. Yager, R.R., "Aggregation operators and fuzzy systems modeling", *Fuzzy Sets and Systems*, **67**, pp. 129-145 (1994).
21. Xu, Z.S. and Da, Q.L. "An overview of operators for aggregating information", *International Journal of Intelligent Systems*, **18**, pp. 953-969 (2003).
22. Yager, R.R. and Kacprzyk, J., *Ordered Weighted Averaging Operators: Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston (1997).
23. Theil, H. "On the symmetry approach to the committee decision problem", *Management Science*, **9**, pp. 380-393 (1963).
24. Bodily, S.E. "A delegation process for combining individual utility functions", *Management Science*, **25**, pp. 1035-1041 (1979).
25. Brock, H.W. "The problem of 'utility weights' in group preference aggregation", *Operations Research*, **28**, pp. 176-187 (1980).
26. Ramanathan, R. and Ganesh, L.S. "Group preference aggregation methods employed in AHP: An evaluation and an intrinsic process for deriving members' weight ages", *European Journal of Operational Research*, **79**, pp. 249-265 (1994).
27. Olcer, A.I. and Odabasi, A.Y. "A new fuzzy multiple attributive group decision making methodology and its application to propulsion/maneuvering system selection problem", *European Journal of Operational Research*, **166**, pp. 93-114 (2005).
28. Fairhurst, M.C. and Rahman, A.F.R. "Enhancing consensus in multiple expert decision fusion", *IEE Proceedings: Vision, Image and Signal Processing*, **147**(1), pp. 39-46 (2000).



29. Bryson, N. and Mobolurin, A. "Supporting team decision-making with consensus relevant information", *National Aerospace and Electronics Conference, Proceedings of the IEEE*, **1**, pp. 57-63 (1997).
30. Tan, B.C.Y.; Teo, H.H. and Wei, K.K. "Promoting consensus in small decision making groups", *Information & Management*, **28**(4), p. 251 (1995).
31. Kuncheva, L. "Pattern recognition with a model of fuzzy neuron using degree of consensus", *Fuzzy Sets and Systems*, **66**(2), pp. 241-250 (1994).
32. Fedrizzi, M., *On a Consensus Measure in a Group MCDM Problem, Multiperson Decision Making Models Using Fuzzy Sets and Possibility Theory*, Dordrecht, Boston, Kluwer Academic Publishers, pp. 231-241 (1990).
33. Ben-Arieh, D. and Chen, Z. "A new linguistic labels aggregation and Consensus in group decision making", *Conference of IERC 2004*, Houston, Texas, USA (2004).
34. Kacprzyk, J. and Zadrozny, S. "On the use of fuzzy majority for supporting consensus reaching under fuzziness", *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, **3**, pp. 1683-1688 (1997).
35. Cai, X., *Intelligent Group Decision Support System for Regional Water Resources Planning and Management*, MS thesis, Tsinghua Univeresity, P.R. China (1994).
36. China Institute of Water Resources and Hydropower Research (CIWRHR), "Water resources management in North China", **1** (*Main Rep.*), **2** (*Model and Data*) and **3** (*Sub reports*), United Nations Development Program and State Science and Technology Commission, CPR/88/068, Beijing, China (1994).
37. Cai, X.; Lasdon, L. and Michelsen, A.M. "Group decision making in water resources planning using multiple objective analysis", *Journal of Water Resources Planning and Management*, **130**(1), pp. 4-14 (2004).