مهندسی عمران شریف
دوره‌ی ۲-۲۷، شماره‌ی ۴، ص. ۱۲۳-۱۳۱، (یادداشت فنی)

تصمیم‌گیری گروهی فازی ناهمگن در مدیریت یک‌پارچه منابع آب

حجت میان‌آبادی (کارشناس ارشد)
عباس افشار (استاد)
دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه علم‌وصنعت ایران

پیچیدگی مسائل مدیریت منابع آب و ارتباط مستقیم آن با سایر علوم از یک طرف، و لزوم درنظرگرفتن ذی‌مدخلان مختلف در مسائل مدیریت یک‌پارچه‌ی 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 حوزه‌ی مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب از «تصمیم‌گیری گروهی» استفاده شود. هدف این نوشتار بررسی لزوم کاربرد تصمیم‌گیری گروهی در مدیریت و برنامه‌ریزی یک‌پارچه‌ی منابع آب است. افزون بر این، فرایند جدیدی برای تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن برمبنای توافق گروهی در مدیریت منابع آب ارائه می‌شود. برای بررسی کارایی فرایند پیشنهادی در مدیریت یک‌پارچه‌ی منابع آب، یک مطالعه‌ی 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 یک‌پارچه‌ی منابع آب است.

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

hmianabadi@civileng.iust.ac.ir
a_afshar@iust.ac.ir

مقدمه

مدیریت منابع آب، مجموعه‌یی از 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 یک‌پارچه‌ی 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 به‌دلیل وجود معیارها و شاخص‌های متعدد تصمیم‌گیری، مسائل پیچیده‌یی هستند. برای دست‌یابی به یک هدف مشخص در مسئله‌ی مدیریت منابع آب، راه‌حل‌های متعددی وجود دارد که هریک از منظرهای متفاوت برای مسائل مختلفِ زیست‌محیطی، اجتماعی، سیاسی، سازمانی و... برتری می‌یابند. این الزامات طبعاً موجب استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)[1] می‌شود که هدف آن انتخاب بهترین جواب از بین راه حل‌های ممکن است. «تصمیم‌گیری چندمعیاره» یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در محیط تصمیم‌گیری است که به‌بررسی مسائل تصمیم‌گیری با رعایت تعدادی از معیارهای تصمیم می‌پردازد و به دو دسته‌ی کلیِ «تصمیم‌گیری چندمنظوره (MODM)[2]» و «تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)[3]» تقسیم می‌شود. هدف از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)، انتخاب بهترین گزینه/گزینه‌ها از بین مجموعه‌یی محدود از گزینه‌های موجود با توجه به معیارها و شاخص‌های تصمیم است. به‌طور کلی این مدل‌ها به‌منظور 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.[1] پیش‌تر، در سال ۲۰۰۹، از روش پیشنهادی «تصمیم‌گیری میانگین‌گیری وزنی مرتب‌شده‌ی فازی تصادفی (SFOWA)[4]» ، در مدیریت منابع آب رودخانه‌ی Tisza در مجارستان بهره‌گیری شده بود.[2] در ایران نیز از سه روش «میانگین‌گیری وزنی مرتب‌شده‌ی برحسب استقرا (IOWA)[5]»، «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.[3] همچنین برای ارزیابی سیاست‌های مدیریت منابع آب در ایالت آریزونا، پژوهش‌گران از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی گروهی بهره جستند.[4] 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.

Archive of SID
www.SID.ir

توافق گروهی در مسائل مدیریت محیط‌زیست استفاده کردند.[۵] 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.[۶،۳]

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.

هدفِ 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)[۶] برمبنای توافق گروهی در مدیریت منابع آب ارائه می‌شود. به‌منظور بررسی کارایی فرایند پیشنهادی در مدیریت یک‌پارچه‌ی منابع آب (IWRM)[۷]، یک مطالعه موردی در شمال چین مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از این بررسی، رتبه‌بندی ۶ گزینه با توجه به ۵ شاخص مختلف کمّی 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 این‌رو 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 ــ نسبت سود به هزینه ــ 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 درمورد 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 ملی‌شدن 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:[۷]

- 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؛

Archive of SID

www.SID.ir

- 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 به‌منظور انتخاب گزینه /گزینه‌های برتر؛
- وجود شاخص‌ها و معیارهای کیفی و غیرقابل اندازه‌گیری در مسائل مدیریت منابع آب.

از طرفی، پیچیدگی مسائل مدیریت منابع آب از یک سو و ارتباط مستقیم آن با سایر علوم از طرف دیگر باعث شده که یک تصمیم‌گیر به‌تنهایی نتواند تمام جوانب لازم برای مدیریت و برنامه‌ریزی جامع منابع آب را در نظر بگیرد. لذا استفاده از تصمیم‌گیران متعدد با تخصص و مهارت‌های مختلف ــ همچون کشاورزی، اقتصاد، محیط‌زیست، جامعه‌شناسی و... ــ در فرایند تصمیم‌گیری منابع آب ضرورت می‌یابد.[۸] علاوه‌بر این، با توجه به ضرورت مشارکت ذی‌مدخلان مختلف (ازجمله وزارت جهاد کشاورزی، سازمان محیط زیست، شرکت‌های آب و فاضلاب، ستادهای مدیریت بحران، و...) در مسائل مدیریت منابع آب و نیاز به اخذ نظرات آنان در تصمیم‌گیری درمورد گزینه‌های پیشنهادی برتر، استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری گروهی (GDM) در مدیریت و برنامه‌ریزی یک‌پارچه‌ی منابع آب به امری ضروری تبدیل شده است.

توجه به تمامی موارد فوق، بیانگر اهمیت و لزوم به‌کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌ویژه تصمیم‌گیری گروهی در مدیریت یک‌پارچه‌ی منابع آب (IWRM) است.

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 اعضاء گروه، ایجاد خلاقیت بیشتر و ایجاد تعادل در ریسک‌پذیری در مسائل تصمیم‌گیری ازجمله مزایای تصمیم‌گیری گروهی در مقابل تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فردی است.[۹و۱۰] 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.[۱۱] مرحله‌ی اول شامل تعیین گزینه‌ها، شاخص‌ها و شناسایی تصمیم‌گیران و ارزیابیِ 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.[۱۲] پس از اخذ نظرات مختلف تصمیم‌گیران درمورد ارزش گزینه‌ها ــ در مقابل شاخص‌ها به روش‌های مختلف ــ این نظرات جهت تجمیع داده‌ها باید همگن و یکنواخت شوند. سپس این نظرات همگن، به‌وسیله‌ی یک عملگر تجمیعی[۸] با یکدیگر تجمیع، و براساس ارزش تجمیعی و نهایی هر گزینه، گزینه‌ی برتر انتخاب می‌شود. در مرحله‌ی بعد، میزان توافق گروهی برروی هر گزینه و نیز جواب گروهی محاسبه می‌شود. اگر میزان توافق گروهی بر روی تمام گزینه‌ها از حداقل توافق گروهی لازم ــ که توسط مدیر گروه، یا با نظر گروه تعیین می‌شود ــ بیشتر باشد، گزینه‌ی انتخابی به‌عنوان جواب نهایی انتخاب و به اطلاع اعضاء گروه می‌رسد. در غیر این‌صورت، از تصمیم‌گیران خواسته می‌شود نظرات‌شان را برای دست‌یابی به یک توافق گروهی مناسب اصلاح کنند. مدیر گروه با ارائه‌ی جواب گروهی به اعضاء 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.[۱۲] در این مرحله نظر تمامی اعضاء گروه برای دست‌یابی به رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها، و با استفاده از عملگرهای مناسب، تجمیع می‌شود. عملگر تجمیعی F، یک نگاشت از $X^n \rightarrow X$ است: $X^n = (x_1, ..., x_n)$ با n بعد به یک بعد از X. بردار ورودی X^n و نتیجه‌ی خروجی X، می‌توانند متغیرهای زیابی یا اعداد گسسته باشند. عملگرهای تجمیع متعددی برای تجمیع نظرات شرکت‌کنندگان وجود دارد که از آن‌جمله می‌توان به عملگرهای تجمیعی میانگین‌گیری،[۱۳و۱۴] میانه‌ی وزن‌دهی شده،[۱۵] انتگرال Sugeno [۱۶]، رتبه‌بندی Leximin [۱۷]،عملگر تجمیعی میانگین وزنی مرتب‌شده (OWA)[۹][۱۸-۲۰] اشاره کرد. عملگرهای میانگین‌گیری حسابی (WAA)[۱۰] و میانگین‌گیری وزنی مرتب‌شده (OWA) رایج‌ترین عملگرهای تجمیعی برای تجمیع داده‌ها هستند.[۲۱و۲۲] ساده‌ترین عملگر تجمیع، همان روش میانگین‌گیری وزنی ساده یا عملگر WAA است:

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

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

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

که در آن b_i، iامین مقدار بزرگ مجموعه‌ی مرتب‌شده‌ی صعودی به نزولیِ X است که به‌صورت رابطه‌ی ۳ محاسبه می‌شوند:

$$w_i = Q(\frac{i}{n}) - Q(\frac{i-1}{n}), \qquad i = 1, ..., n \qquad (3)$$

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:

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

رایج‌ترین کمیت‌سنج‌های زبانی فازی که در محاسبه‌ی بردار وزن به کار برده می‌شوند، کمیت‌سنج‌های «بیشترین»، «حداقل نیمی»، «تا حد ممکن» هستند که بازه آن‌ها به ترتیب (۰٫۸ و ۰٫۳) و (۰٫۵ و ۰) و (۱ و ۰٫۵) است.[۹]

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

Archive of SID

www.SID.ir

می‌کند؛ این در حالی است که عملگر OWA تنها مقدار متغیرها را وزن‌دهی کرده و به اهمیت متغیرها توجهی ندارد. برای حل این مسئله، عملگر میانگین‌گیری وزن‌دهی مرکب (HWA)[11] معرفی شده است[21] که هم اهمیت متغیرها و هم مقدارشان را در وزن‌دهی آن‌ها در نظر می‌گیرد. عمگر HWA چنین تعریف می‌شود:

$$\mathrm{HWA}_{v,w}(a_1, a_2, ..., a_n) = \sum_{j=1}^{n} v_j.b_j \qquad (5)$$

v_j بردار وزن عملگر و $\sum_{j=1}^{n} v_j$ برابر ۱ است. بردار وزن v_j همانند بردار وزن عملگر OWA محاسبه می‌شود. b_j، jامین مقدار بزرگ مجموعه‌ی مرتب‌شده صعودی به نزولیِ $nw_i a_i$ است. $W = (w_1, w_2, ..., w_n)^T$ بردار وزن متغیرهای $a_i (i = 1, 2, ..., n)$ است؛ $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1, (j = 1, 2, ..., n)$ و n ضریب تعادل است که نقش یک متعادل‌کننده را ایفا می‌کند. اگر بردار وزن $(w_1, w_2, ..., w_n)^T$ به سمت $(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, ..., \frac{1}{n})^T$ میل کند، آنگاه بردار $(nw_1 a_1, nw_2 a_2, ..., nw_n a_n)^T$ به سمت $(a_1, a_2, ..., a_n)$ میل کند و عملگر HWA به عملگر OWA تبدیل می‌شود.

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

$$r_{ij} = \mathrm{HWA}_{v,\lambda}(r_{ij}^{(1)}, r_{ij}^{(2)}, ..., r_{ij}^{(q)} r_{ij}^{(t)}), \quad q = 1, 2, ..., t$$
$$i = 1, 2, ..., s \qquad j = 1, 2, ..., n \qquad (6)$$

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

$$r_{ij}^{(q)} = P_{ij}^{(q)}.w_j \qquad j = 1, 2, ..., n \qquad (7)$$

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

برای محاسبه‌ی وزن نسبی تصمیم‌گیران روش‌های متعددی ارائه شده است.[11و23-27]

ویژگی بارزِ 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 مدیرگروه درمورد اهمیت نسبی تصمیم‌گیران محاسبه می‌شود. به‌عبارت دیگر، در این روش برای محاسبه‌ی وزن و اهمیت نسبی تصمیم‌گیران از ارزیابی تصمیم‌گیران نسبت به یکدیگر و ارزیابی مدیر گروه درمورد اعضاء تصمیم‌گیری به‌طور هم‌زمان استفاده می‌شود. در این روش، اهمیت تصمیم‌گیر j از نظر تصمیم‌گیر i براساس رابطه‌ی ۸ به دست می‌آید:[11]

$$w_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{n} \left\{1 - |P_{ik} - P_{jk}|^b\right\}}{\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{q} \sum_{k=1}^{n} \left\{1 - |P_{ik} - P_{jk}|^b\right\}}, \qquad b \in (0, 1) \qquad (8)$$

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 نظرگرفته شده اختصاص می‌یابد. در رابطه‌ی ۸، p_{ik} ارزیابی تصمیم‌گیر i از گزینه‌ی 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 رابطه‌ی ۹ به دست می‌آید:

$$w_j = \mathrm{OWA}(w_{1j}, ..., w_{j-1,j}, w_{j+1,j}, ..., w_{qj}) \qquad (9)$$

در یک مسئله‌ی واقعی تصمیم‌گیری، مدیرگروه 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 هریک از تصمیم‌گیران از رابطه‌ی ۱۰ به دست می‌آید:

$$\lambda_j = \alpha.D_j + \beta.w_j \qquad (10)$$

که درآن α و β به‌ترتیب 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 نظرگروهی و گزینه/گزینه‌های انتخاب شده، روش‌های متعددی وجود دارد.[28-34] در این مطالعه برای محاسبه‌ی میزان توافق گروهی از روش پیشنهادی در سال ۲۰۰۴ استفاده می‌شود.[33] 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 انتخاب‌شده و تصمیم نهایی اخذشده در نظر گرفته می‌شود. از طرفی با توجه به لزوم در نظرگرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران در تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن، 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:

$$C_i = \sum_{k=1}^{q} \left[\left(1 - \frac{\left|O_{A_i}^{G} - O_{A_i}^{E_k}\right|}{n-1}\right)\right] \times u_k \qquad (11)$$

$$C_G = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^{n} C_i \qquad (12)$$

$O_{A_i}^{E_k}$ رتبه‌ی گزینه‌ی A_i از نظر شرکت‌کننده‌ی E_k، و $O_{A_i}^{G}$ 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 اعضاء گروه با رتبه‌بندی گزینه‌ها و تصمیم نهایی گروه است. به‌عبارت دیگر، C_G بیان‌گر میزان موافقت گروهی با تصمیم اخذشده در رتبه‌بندی نهایی گزینه‌هاست. برای بررسی کاربرد و کارایی فرایند تصمیم‌گیری گروهی معرفی‌شده در مدیریت و برنامه‌ریزی یک‌پارچه‌ی منابع آب، یک مطالعه‌ی موردی در مدیریت و توسعه‌ی منابع آب در شمال چین مورد بررسی قرار می‌گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. ماتریس تصمیم.[۳۷]

Plan	امکان مالی	توسعه‌ی اقتصادی	رفاه اجتماعی	حفاظت محیط‌زیست	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

مطالعه‌ی موردی

برای مدیریت و توسعه‌ی منابع آب در شمال چین، شش طرح توسعه‌ی منابع آب توسط مؤسسه‌ی تحقیقات منابع آب و انرژی‌های برق‌ـآبی چین (CIWRHR) پیشنهاد شد.[۳۵،۳۶] شاخص‌های درنظرگرفته 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 باتوجه به شاخص‌های در نظرگرفته شده در جدول ۱ ارائه شده‌اند. برای ارزیابی گزینه‌ها و انتخاب گزینه‌ی برتر، شش تصمیم‌گیر در نظرگرفته شده‌اند که ارزیابی‌های خود از اهمیت شاخص‌ها را به‌صورت عددی ارائه کرده‌اند (جدول ۲). برخی از محققین با استفاده از روش SAW و رابطه‌ی ۱۳، ارزش نهایی هرگزینه از نظر هر تصمیم‌گیر را محاسبه کردند:[۳۷]

$$S(i,k) = E(i,j).C(j,k) \qquad (۱۳)$$

$E(i,j)$ 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 نظرگروه (SG_i) نیز با استفاده از روش ساده‌ی مجموع نظرات و رابطه‌ی ۱۴ محاسبه شد:[۳۷]

$$SG_i = \sum_{k=1}^{q} S(i,k) \qquad (۱۴)$$

ارزش نهایی هرگزینه از نظرگروه 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_{ij}) با استفاده از رابطه‌ی ۸ و جدول ۲ محاسبه می‌شود. وزن نهایی هر تصمیم‌گیر از نظر سایر تصمیم‌گیران (w_i)، از تجمیع مقادیر w_{ij} به دست می‌آید. برای تجمیع این مقادیر ازعملگر OWA با کمیت‌سنج «حداقل نیمی» و با بازه (۰/۵، ۰) و بردار وزن (۰، ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۴) ــ با استفاده از روابط ۳ و۴ ــ استفاده شده است. مدیرگروه نیز ارزیابی خود درمورد اهمیت نسبی تصمیم‌گیران را با استفاده از بازه عددی (۱، ۲، ۳، ۴، ۵) ارائه کرده است. با توافق صورت گرفته بین مدیرگروه و تصمیم‌گیران، میزان تأثیر نظر هر یک از آنان در برآورد وزن نسبی تصمیم‌گیران برابر ۵۰٪ تعیین شده است. وزن هر تصمیم‌گیر از نظر سایر تصمیم‌گیران (w_i) و از نظر مدیرگروه (D_i)، و نیز وزن نهایی هر یک از آنان (λ_i) در جدول ۴ ارائه شده است. مقادیر $(\overline{w}_i)$ و $(\overline{D}_i)$ نرمال‌شده‌ی مقادیر (w_i) و (D_i) هستند.

درگام دوم، ارزش نهایی هریک ازگزینه‌ها با استفاده از عملگر HWA محاسبه وگزینه‌ی برترانتخاب می‌شود. برای بررسی اهمیت محاسبه‌ی وزن نسبی تصمیم‌گیران در فرایند تصمیم‌گیری گروهی، ارزش نهایی گزینه‌ها در دو حالتِ بدون در نظرگرفتن

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 محیط‌زیست	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 هرگزینه از نظر هر تصمیم‌گیر و ارزش نهایی و رتبه‌بندی گزینه‌ها از نظرگروه.[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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. وزن نهایی تصمیم‌گیران در حالت $\alpha = \beta = ۰/۵$.

	w_{ij}						w_i	$\overline{w}_i$	D_i	$\overline{D}_i$	λ_i
	$DM^۱$	$DM^۲$	$DM^۳$	$DM^۴$	$DM^۵$	$DM^۶$					
$DM^۱$	-	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۰۸	۰/۱۶۹	۱	۰/۰۶	۰/۱۲
$DM^۲$	۰/۲۰	-	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۰۴	۰/۱۶۵	۴	۰/۲۵	۰/۲۱
$DM^۳$	۰/۲۱	۰/۲۰	-	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰۴	۰/۱۶۵	۲	۰/۱۳	۰/۱۵
$DM^۴$	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۱	-	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۰۶	۰/۱۶۷	۴	۰/۲۵	۰/۲۱
$DM^۵$	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۱	-	۰/۲۰	۰/۲۰۸	۰/۱۶۹	۳	۰/۱۹	۰/۱۸
$DM^۶$	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۰	-	۰/۲۰۴	۰/۱۶۵	۲	۰/۱۳	۰/۱۵

جدول ۵. رتبه‌بندی گزینه‌ها از نظر تصمیم‌گیران و گروه.

تصمیم‌گیر	گزینه‌ی ۱	گزینه‌ی ۲	گزینه‌ی ۳	گزینه‌ی ۴	گزینه‌ی ۵	گزینه‌ی ۶
$DM^۱$	۱	۳	۲	۴	۶	۵
$DM^۲$	۲	۱	۵	۳	۶	۴
$DM^۳$	۱	۳	۲	۴	۶	۵
$DM^۴$	۲	۱	۶	۳	۴	۵
$DM^۵$	۲	۱	۶	۳	۴	۵
$DM^۶$	۱	۳	۲	۴	۶	۵
گروه	۲	۱	۶	۳	۴	۵

جدول ۶. ارزش و رتبه‌بندی نهایی هرگزینه از نظرگروه تصمیم‌گیر همگن/ ناهمگن.

		گزینه‌ها					
		I	II	III	IV	V	VI
ارزش گزینه (HWA)	همگن	۱/۰۲	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸۰
	ناهمگن	۱/۱۲	۱/۱۵	۰/۹۳	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۴
رتبه‌بندی گزینه‌ها	همگن	۱	۳	۲	۴	۵	۶
	ناهمگن	۲	۱	۶	۳	۴	۵
	SAW [۳۷]	۱	۲	۳	۴	۶	۵

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

۱. ارزش هرگزینه از نظر هر تصمیم‌گیر (جدول ۳)، در وزن نسبی هر تصمیم‌گیر $(\lambda_i = (۱, ۲, ..., ۶$ ضرب می‌شود. در حالتی که شرکت‌کنندگان از وزن یکسانی برخوردارند مقدار $\lambda_i = ۱/۶ (۱ = i, ۲, ..., ۶$ در نظرگرفته شده است و در حالت دوم، مقادیر وزن تصمیم‌گیران براساس مقادیر جدول ۴ برابر $(\lambda_i = ۰/۱۲, ۰/۲۱, ۰/۱۵, ۰/۲۱, ۰/۱۸, ۰/۱۵)$ در نظرگرفته شده است.

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

۳. مقادیر وزین مرتب شده، در اوزان عملگر HWA ضرب شده و ارزش نهایی هر گزینه به‌دست می‌آید. در جدول ۵ رتبه‌بندی گزینه‌ها از نظر هر تصمیم‌گیر ارائه شده است. برای تجمیع نظرات تصمیم‌گیران با یکدیگر از کمیت‌سنج «حداقل نیمی» با بازه (۰/۵، ۰) و بردار وزن $w = (۱/۳, ۱/۳, ۱/۳, ۰, ۰, ۰)$ استفاده شده است. ارزش تجمیعی نهایی گزینه‌ها با در نظرگرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران، و بدون در نظرگرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران در جدول ۶ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۶، مشاهده می‌شود که با در نظرگرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران، گزینه‌ی ۲ بهترین گزینه است؛ در حالی که بدون در نظرگرفتن وزن نسبی آنان، گزینه‌ی ۱ گزینه‌ی ارجح است. اختلاف رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها به‌خوبی بیان‌گر میزان اهمیت محاسبه و در نظرگرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران در فرایند تصمیم‌گیری گروهی و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌هاست.

میزان توافق گروهی بر جواب تجمیعی گزینه‌ها، با در نظرگرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران (گروه ناهمگن) محاسبه می‌شود. میزان توافق گروهی لازم برابر ۰/۸۵ در نظرگرفته شده است. برای محاسبه‌ی میزان توافق گروهی از روش پیشنهادی در سال ۲۰۰۴ استفاده می‌شود.[۳۳]

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

جدول ۷. توافق گروهی هرگزینه و توافق گروهی نهایی.

	گزینه‌ی ۱	گزینه‌ی ۲	گزینه‌ی ۳	گزینه‌ی ۴	گزینه‌ی ۵	گزینه‌ی ۶
توافق‌گروهی هرگزینه	۰/۹۳۶	۰/۸۵۲	۰/۶۴۲	۰/۹۳۶	۰/۷۶۸	۰/۹۷۸
توافق‌گروهی تجمیعی	۰/۸۵۲					

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل حساسیت

برای بررسی میزان تأثیر مقادیر α و β (میزان اهمیت نظر مدیرگروه و تصمیم‌گیران) بر روی ارزش نهایی هرگزینه، تحلیل حساسیت صورت گرفته است. برای α مقادیر از ۰ تا ۱ در نظرگرفته شده است. ارزش هرگزینه و رتبه‌بندی آن با توجه به مقادیر α و β در جداول ۸ و ۹ ارائه شده است. باتوجه به تحلیل حساسیت صورت گرفته، چنان که در جدول ۹ مشاهده می‌شود، اگر $\alpha = 0$ (مدیرگروه در ارزیابی وزن تصمیم‌گیران نقشی ایفا نکند و تنها تصمیم‌گیران به ارزیابی وزن خود بپردازند) گزینه‌ی ۱ بهترین گزینه است، اما در حالات دیگر (هم مدیرگروه و هم شرکت‌کنندگان در ارزیابی وزن تصمیم‌گیران مشارکت کنند) گزینه‌ی ۲ گزینه‌ی ارجح است که به‌خوبی بیان‌گر کارایی روش ارائه‌شده برای محاسبه‌ی وزن نسبی تصمیم‌گیران در فرایند تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن و کاربرد آن در مسائل مدیریت منابع آب است.

جدول ۸. ارزش هرگزینه با توجه به مقادیر α.

α	گزینه‌ی ۱	گزینه‌ی ۲	گزینه‌ی ۳	گزینه‌ی ۴	گزینه‌ی ۵	گزینه‌ی ۶
۰	۱٫۰۲	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. رتبه‌بندی هرگزینه با توجه به مقادیر α.

α	گزینه‌ی ۱	گزینه‌ی ۲	گزینه‌ی ۳	گزینه‌ی ۴	گزینه‌ی ۵	گزینه‌ی ۶
۰	۱	۳	۲	۴	۵	۶
۰٫۱	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰٫۲	۲	۱	۳	۴	۵	۶
۰٫۳	۲	۱	۵	۳	۴	۶
۰٫۴	۲	۱	۵	۳	۴	۶
۰٫۵	۲	۱	۶	۳	۴	۵
۰٫۶	۲	۱	۶	۳	۴	۵
۰٫۷	۲	۱	۶	۳	۴	۵
۰٫۸	۲	۱	۶	۳	۴	۵
۰٫۹	۲	۱	۶	۳	۴	۵
۱	۲	۱	۶	۳	۴	۵

نتیجه‌گیری

مسائل مدیریت منابع آب در اغلب موارد به‌وسیله‌ی تعداد زیادی ازگزینه‌ها، شاخص‌ها و معیارهای مختلف و نتایج غیرقطعی تعریف می‌شوند. از این‌رو، مسائل تصمیم‌گیری مدیریت منابع آب را می‌توان به‌صورت مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره‌یی تعریف کرد که در آن‌ها گزینه‌های مختلف در مقابل تعدادی از شاخص‌ها با توجه به نظرات ذی‌مدخلان ارزیابی می‌شوند. یکی از ویژگی‌های مسائل مدیریت منابع آب وجود تصمیم‌گیران و ذی‌مدخلان متعدد با تخصص و مهارت‌های مختلف، و وزن و اهمیت نسبی متفاوت در فرایند تصمیم‌گیری است. اقدامات مدیریت منابع آب اگرچه ممکن است بدون مشارکت ذی‌مدخلان طراحی و اجرا شود، بدون مشارکت آنان به نتیجه نخواهد رسید. ضروری است این مشارکت در فرایند تصمیم‌گیری گروهی در نظر گرفته شود.

با توجه به وجود اختلافات شدید بین ذی‌مدخلان مختلف، از جمله وزارت جهاد کشاورزی، شرکت‌های آب منطقه‌یی، سازمان محیط زیست و سندیکاها و انجمن‌های آب‌بران و کشاورزان در بهره‌برداری از منابع آب در ایران، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی به‌طور موفقیت‌آمیزی برای مشارکت و در نظرگرفتن ذی‌مدخلان مختلف در فرایند تصمیم‌گیری، و نیز کسب توافق و حل تضاد بین آنان مفید و کاربردی است. همچنین با توجه به لزوم در نظرگرفتن ذی‌مدخلان مختلف در فرایند تصمیم‌گیری ــ به‌عنوان یکی از الزامات مدیریت یک‌پارچه‌ی منابع آب ــ استفاده از الگوریتم پیشنهادی می‌تواند نقش به‌سزایی در دست‌یابی به این هدف داشته باشد.

در این مطالعه فرایند جدیدی برای تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن برمبنای توافق گروهی ارائه شد. برای تجمیع داده‌ها از عملگر HWA استفاده شد، و وزن نسبی تصمیم‌گیران با استفاده‌ی هم‌زمان از ارزیابی تصمیم‌گیران نسبت به یکدیگر و ارزیابی ذهنی مدیرگروه درمورد اهمیت نسبی تصمیم‌گیران محاسبه شد. در تمامی مراحل این فرایند، به‌ویژه مراحل تجمیع و محاسبه‌ی میزان توافق گروهی، وزن نسبی تصمیم‌گیران برای تحلیل گزینه‌ها و رتبه‌بندی راه‌حل‌های ممکن مدیریت منابع آب محاسبه و در نظرگرفته شده است.

تحلیل گزینه‌های مختلف مدیریت منابع آب شمال چین به‌عنوان یک مطالعه موردی، بیان‌گر کاربرد روش ارائه‌شده برای سایر مسائل واقعی تصمیم‌گیری مدیریت منابع آب، به‌ویژه درکشور ایران است. در این مدل، ذی‌مدخلان مختلف نظرات خود را درمورد گزینه‌های مختلف بیان کرده و در مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی گروهیِ مدیریت منابع آب مشارکت کردند. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها در دو حالت تصمیم‌گیری گروهی همگن (بدون محاسبه وزن نسبی تصمیم‌گیران) و تصمیم‌گیری گروهی ناهمگن (با در نظرگرفتن و محاسبه وزن نسبی تصمیم‌گیران) محاسبه شد که بیان‌گر تأثیر در نظرگرفتن وزن نسبی تصمیم‌گیران در انتخاب جواب نهایی است. کاربرد روش پیشنهادی به حل مسائلی که در آن‌ها ذی‌مدخلان مختلفی در فرایند تصمیم‌گیری مدیریت منابع آب مشارکت داشته و وزن و اهمیت نسبی آن‌ها با یکدیگر متفاوت است کمک خواهد کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

پانوشت

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).

Archive of SID

www.SID.ir

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).

Archive of SID

www.SID.ir