

ارزیابی طرح‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان:

کاربرد تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش تاپسیسی

سیامک نیک مهر و منصور زیبایی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۴

چکیده

در این پژوهش برای ارزیابی عملکرد هشت طرح آبیاری و زهکشی در استان خوزستان، روش تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیسی استفاده شد. برای این منظور معیارهای اصلی اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی، فنی و مدیریتی و هجده زیر معیار برای ارزیابی در نظر گرفته شدند و اطلاعات موردنیاز از سازمان آب و برق استان خوزستان گردآوری شد. نتایج نشان داد که معیار اقتصادی با وزن نسبی ۰/۲۹۲ بیشترین تأثیر را در فرایند ارزیابی دارد و معیارهای مدیریتی، فنی، زیست‌محیطی و اجتماعی به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۷۶، ۰/۱۶۳، ۰/۱۵۲ و ۰/۱۳۰ از نقطه‌نظر زیست‌محیطی، شبکه‌گتوند با امتیاز ۰/۹۳۱ کارآمدترین و شبکه شهید رجایی با امتیاز ۰/۳۹۰ ناکارآمدترین شبکه می‌باشد. از بعد اقتصادی شبکه‌های آبیاری گتوند و دیمچه به ترتیب با امتیاز ۰/۸۹۹ و ۰/۰۶۴ به‌عنوان کاراترین و ناکاراترین شبکه‌ها شناخته شدند. نتایج همچنین نشان داد که رتبه‌بندی شبکه‌های آبیاری بر پایه امتیاز کلی به شرح زیر است: گتوند، دز، مارون، دیمچه، شاور، کرخه، رامشیر و رجایی. با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود که طرح‌های رامشیر و شهید رجایی که عملکرد به نسبت پایینی دارند، شبکه آبیاری گتوند را به دلیل در اختیار داشتن بالاترین عملکرد به عنوان الگوی خود قرار دهند.

طبقه‌بندی JEL: Q25, Q15, D81

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چند معیاری، تحلیل سلسله مراتبی فازی، ارزیابی عملکرد، پروژه‌های آبیاری، استان خوزستان

مقدمه

امروزه با توجه به محدودیت منابع آب شیرین و تقاضای روز افزون تأمین غذا از یک سو و شدت یافتن رقابت بین بخش صنایع، محیط زیست و بوم نظام (اکوسیستم) در مصرف آب با بخش کشاورزی از سوی دیگر، شبکه های آبیاری بایستی به روشی مدیریت و بهره برداری شوند تا از هرواحد حجم آب، بیشترین تولید مواد غذایی صورت پذیرفته و حفظ منابع آب و خاک در جهت توسعه پایدار نیز تامین شود (زحمتکش و منتظر، ۱۳۹۰). اما عملکرد بسیاری از شبکه های موجود بنا به دلایلی مانند نقص در طراحی و اجرا و نبود مدیریت مناسب، کمتر از حد مورد انتظار است (منعم و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین عملکرد ضعیف پروژه های آبیاری به چالشی جدی برای متخصصان تبدیل شده است. افزون بر این که طرح های آبیاری در مقیاس بزرگ به طور معمول دارای بازده پایین هستند، پیامدهای زیست محیطی و اجتماعی نامناسب نیز به همراه داشته اند (منتظر و همکاران، ۲۰۱۳). با عنایت به این موضوع که بهره برداری از شبکه آبیاری یک فعالیت مداوم است که به مراقبت مستمر نیاز دارد و این که شبکه های آبیاری در ایران عملکرد ضعیفی دارند، لزوم مدیریت بهینه شبکه ها به منظور بهبود بهره برداری از شبکه های آبیاری مطرح می شود. ارزیابی عملکرد، از جمله ابزار مناسب به منظور شناخت وضعیت موجود و انجام برنامه ریزی و بهبود مدیریت سامانه های آبیاری می باشد. ارزیابی شبکه های آبیاری و زهکشی به مجموعه عملیات دفتری و میدانی گفته می شود که در آن اعداد و ارقام کمی و کیفی به دست می آید. (شبه، ۱۳۹۲). از این رو به منظور ارزیابی شبکه های آبیاری، شاخص هایی که قابلیت اندازه گیری داشته و ابعاد عملکرد را منعکس می کند، با کمک بررسی های مختلف تعریف شد. از جمله می توان به شاخص های ارائه شده توسط مولدن و گیتس (۱۹۹۰) اشاره کرد. در سال ۱۹۹۵، ICID^۱ و در سال ۱۹۹۸، IWMI^۲ شاخص هایی را برای ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری ارائه کردند. موسسه IPTRID^۳ نیز بیش از ۶۰۰ شاخص را معرفی کرده است. بوس و ولترز (۱۹۹۷) نیز ۴۰ شاخص در زمینه های مختلف توزیع و بازده (راندمان) های آب، بهره برداری و نگهداری، اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی معرفی کرده است. با این وجود هنوز زمینه بسیاری برای تعریف شاخص های ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری فراهم است (حیدریان، ۱۳۸۲). با توجه به پرشماری و تنوع عامل های موثر بر عملکرد شبکه های آبیاری

^۱ International Commission on Irrigation and Drainage

^۲ International Water Management Institute

^۳ International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage

ارزیابی طرح های آبیاری و زهکشی... ۱۷۵

و زهکشی، استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره قابلیت مناسبی در ارزیابی عملکرد این سامانه ها دارد. این روش ها در زمینه های مختلفی پیرامون ارزیابی سامانه های آبیاری استفاده شده است. قیداری و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهش خود با استفاده از ترکیب فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل تاپسیس، به بررسی اهمیت معیارهای موثر بر عملکرد شبکه های آبیاری در نواحی سه گانه سفیدرود پرداختند. نتایج نتایج این بررسی بیانگر آن است ناحیه آبیاری فومنت با ارزش وزن نهایی ۰/۵۵۵ کارآمدترین و ناحیه آبیاری مرکزی با ارزش وزنی ۰/۴۴۶ ناموفق ترین عملکرد را بین نواحی شبکه های آبیاری سفیدرود به خود اختصاص دادند. منتظر و زادباقر (۲۰۱۰) نیز با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، وضعیت بهره‌وری کلی آب را در شبکه آبیاری بزرگ ایران ارزیابی کردند. به این منظور ۱۴ معیار موثر بر بهره‌وری آب در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که مدیریت آب در شبکه های آبیاری سدهای سفیدرود و دز کارا می باشد. در حالی که شبکه های مغان، قزوین و ورامین نیمه کارا و دیگر شبکه ها ناکارا می باشند. سردویچ و مدیروس (۲۰۰۸) از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به منظور ارزیابی طرح های مدیریت آب در برزیل استفاده کردند. هدف این پژوهش انتخاب بهترین پیش فرض (سناریو) بلندمدت مدیریت منابع آب برای جلگه رود ژاکوپه در برزیل می باشد. به این منظور سه پیش فرض مدیریتی به عنوان گزینه های تصمیم گیری در نظر گرفته شده است. آنانگوستوپولوس و پتالاس (۲۰۱۱) از تحلیل هزینه- فایده چندمعیاره فازی به منظور ارزیابی سه پروژه آبیاری جایگزین در منطقه تراکیه یونان و در شرق مقدونیه استفاده کردند. منتظر و همکاران (۲۰۱۳) نیز از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای ارزیابی شبکه های آبیاری قزوین، فومنت، شرق و مرکزی سفید رود استفاده کردند. به این منظور ۲۱ شاخص ارزیابی عملکرد در قالب پنج گروه فنی مدیریتی زیست محیطی اقتصادی و اجتماعی بررسی شد. نتایج نشان داد که شبکه های آبیاری قزوین و شرق سفید رود با ۷۴/۱ و ۶۰/۲ به ترتیب بالا ترین و پایین ترین عملکرد را دارا ند. در این بررسی شبکه های آبیاری خوزستان با استفاده از تلفیق روش های تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس ارزیابی شدند.

روش تحقیق

به دلیل وجود معیار ها و شاخص های پرشماری که در ارزیابی ها اهمیت دارند، استفاده از روش هایی با ساختار قوی برای ارزیابی ضروری است. در این زمینه، روش های تصمیم گیری چند معیاری (MCDM) می توانند به انجام بهتر فرایند ارزیابی کمک کنند؛ زیرا این روش ها

مشخصه (پارامترهای) مؤثر بر عملکرد سامانه های آبیاری را در نظر می گیرند. یکی از کارآمدترین روش های تصمیم گیری چندمعیاری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی است که نخستین بار توسط توماس ال ساعتی (۱۹۸۰) مطرح شد. تحلیل سلسله مراتبی، روشی است که امکان تصمیم گیری درست با حضور معیارهای کیفی و کمی و ترکیبی را فراهم می کند. با وجود سادگی و آسانی فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی در مسائلی که برپایه داوری افراد تصمیم گیرنده می باشد، ابهام موجود در بسیاری از مسائل تصمیم گیری می تواند باعث داوری نادقیق تصمیم گیرندگان در روش تحلیل سلسله مراتبی رایج شود. به این دلیل مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهاد شده است. این روش ها با ادغام فرضیه (تئوری) مجموعه های فازی و تحلیل سلسله مراتبی به صورت نظام مند درآمده اند. نخستین بررسی روی تحلیل سلسله مراتبی فازی توسط لارهوون و پدريکز (۱۹۸۳) صورت گرفته است، که در آن نسبت های فازی با توابع عضویت مثلثی توضیح داده شده است. باکلی (۱۹۸۵) اولویت های فازی را با توابع عضویت ذوزنقه ای تعیین کرد. استام و همکاران (۱۹۹۶) از روش های هوش مصنوعی که تازه توسعه یافته بودند برای تعیین و تقریب اولویت ها در تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. چانگ (۱۹۹۶) روش جدید برای تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه کرد که در آن از اعداد مثلثی فازی برای مقایسه های زوجی و از تجزیه و تحلیل مقداری برای ترکیب کردن مقایسه های زوجی استفاده کرده است.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

در این بررسی به منظور وزن دهی به معیارها و زیر معیاری ارزیابی شبکه های آبیاری از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. فرایند کلی تحلیل سلسله مراتبی فازی به صورت زیر می باشد:

۱- ایجاد ساختار سلسله مراتبی: نخستین مرحله در یک مسئله تصمیم گیری، تعیین ساختار سلسله مراتبی می باشد. در این روش هدف، معیارها، زیر معیارها و گزینه ها در یک ساختار سلسله مراتبی همانند یک درخت تنظیم می شوند.

۲- مقایسه زوجی: در این مرحله مقایسه زوجی معیارها و زیر معیارها با استفاده از اعداد مثلثی فازی صورت می پذیرد.

۳- محاسبه وزن معیارها و زیر معیارها

ارزیابی طرح های آبیاری و زهکشی... ۱۷۷

روش های بسیاری به منظور محاسبه وزن در تحلیل سلسله مراتبی فازی در پژوهش های مختلف ارائه شده است. در این تحقیق از روش تجزیه و تحلیل مقداری چانگ (۱۹۹۶) برای ارزیابی تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. تجزیه و تحلیل مقداری شامل مراحل زیر می باشد:

مرحله اول: محاسبه ارزش مقدار ترکیبی فازی برای i امین عنصر به صورت رابطه (۱) تعریف می شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (1)$$

که در آن M_{gi}^j ها ($j=1,2,\dots,m$) اعداد فازی مثلثی هستند

مرحله دوم: محاسبه درجه احتمال که به صورت رابطه (۲) تعریف می شود:

$$V(M_1 \leq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } u_2 \leq l_1 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

که در آن d نشان دهنده نقطه اشتراک μ_{M_1} و μ_{M_2} می باشد. به منظور محاسبه درجه احتمال برای k عدد فازی محدب از رابطه (۳) استفاده می شود:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

مرحله سوم: محاسبه بردار وزن ها

اگر فرض شود $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad k = 1, 2, \dots, n; \quad k \neq i$ باشد، آنگاه بردار وزن ها به صورت رابطه (۴) مشخص می شود:

$$W' = \left(d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_i) \right)^T \quad (4)$$

در آن A_i ها ($i = 1, 2, \dots, n$) n عنصر هستند. با عادی سازی می توان بردار عادی وزن ها که همان رابطه (۵) می باشد را به دست آورد:

$$W = \left(d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n) \right)^T \quad (5)$$

W یک عدد غیرفازی است (چانگ، ۱۹۹۶).

پس از محاسبه وزن ها، باید سازگاری ماتریس های مقایسه زوجی بررسی شود. گاگوس و بوچر^۱ (۱۹۹۸) پیشنهاد دادند برای بررسی سازگاری در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، هر ماتریس فازی به دو ماتریس (عدد میانی و حدود عدد فازی) تقسیم شده و آن گاه سازگاری هر ماتریس بر پایه روش ساعتی محاسبه شود. مراحل محاسبه نرخ سازگاری ماتریس های فازی مقایسه های زوجی به قرار زیر است:

مرحله ۱: در مرحله اول ماتریس مثلثی فازی را به دو ماتریس تقسیم کنید. ماتریس اول از اعداد میانی داوری های مثلثی تشکیل می شود $A^m = [a_{ijm}]$ و ماتریس دوم شامل میانگین هندسی حدود بالا و پایین اعداد مثلثی می شود $A^s = \sqrt{a_{iju} \cdot a_{ijl}}$.

مرحله ۲: بردار وزن هر ماتریس را با استفاده از روش ساعتی و رابطه های (۶) و (۷) محاسبه می شود:

$$w_i^m = \frac{1}{n} \frac{\sum_{j=1}^n a_{ijm}}{\sum_{i=1}^n a_{ijm}} \quad (6)$$

که در آن $w^m = [w_i^m]$ می باشد.

$$w_i^s = \frac{1}{n} \frac{\sum_{j=1}^n \sqrt{a_{iju} \cdot a_{ijl}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{a_{iju} \cdot a_{ijl}}} \quad (7)$$

که در آن $w^s = [w_i^s]$ می باشد.

مرحله ۳: بزرگترین مقدار ویژه برای هر ماتریس با استفاده از رابطه های (۸) و (۹) محاسبه می گردد:

$$\lambda_{\max}^m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ijm} \left(\frac{w_j^m}{w_i^m} \right) \quad (8)$$

$$\lambda_{\max}^s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sqrt{a_{iju} \cdot a_{ijl}} \left(\frac{w_j^s}{w_i^s} \right) \quad (9)$$

مرحله ۴: شاخص سازگاری با استفاده از رابطه های (۱۰) و (۱۱) محاسبه می شود:

ارزیابی طرح های آبیاری و زهکشی... ۱۷۹

$$CI^m = \frac{(\lambda_{\max}^m - n)}{(n-1)} \quad (10)$$

$$CI^g = \frac{(\lambda_{\max}^g - n)}{(n-1)} \quad (11)$$

مرحله ۵: برای محاسبه نرخ ناسازگاری (CR)، شاخص CI را بر مقدار شاخص تصادفی (RI) موجود در جدول ۱ تقسیم می‌شود:

جدول ۱: شاخص های تصادفی

اندازه ماتریس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI^m	۰	۰	۰/۴۸۹	۰/۷۹۳	۱/۰۷۲	۱/۱۹۹	۱/۲۸۷	۱/۳۴۱	۱/۳۷۹	۱/۴۰۹
RI^g	۰	۰	۰/۱۷۹	۰/۲۶۲	۰/۳۵۹	۰/۳۸۱	۰/۴۰۹	۰/۴۱۶	۰/۴۳۴	۰/۴۴۵

منبع: گاگوس و بوچر (۱۹۹۸)

پس از محاسبه نرخ ناسازگاری برای دو ماتریس با استفاده از رابطه های (۱۲) و (۱۳) مقادیر نرخ سازگاری با آستانه ۰/۱ مقایسه می‌شود:

$$CR^g = \frac{CI^g}{RI^g} \quad (12)$$

$$CR^m = \frac{CI^m}{RI^m} \quad (13)$$

در صورتی که هر دو شاخص کمتر از ۰/۱ بودند، ماتریس فازی سازگار است. در صورتی که هر دو بیشتر از ۰/۱ بودند، از تصمیم گیرنده تقاضا می‌شود تا در اولویت های ارائه شده تجدیدنظر کند و در صورتی که تنها شاخص CR^m (CR^g) بیشتر از ۰/۱ بود، تصمیم گیرنده در مقادیر میانی (حدود) دآوری های فازی تجدیدنظر می‌کند. پس از وزن دهی به معیار ها و زیر معیار ها از روش تاپسیس که به وسیله هوانگ و یون (۱۹۸۱) ارائه شده است، به منظور رتبه بندی شبکه های آبیاری و زهکشی استفاده شد.

مدل ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس

در این پژوهش با نظر به تنوع معیارهای موجود از تلفیق دو روش چند معیاری تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس در ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری و زهکشی استفاده شد. مدل ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس شامل دو مرحله زیر بود:

۱- طراحی ساختار سلسله مراتبی و تعیین ارزش وزنی معیار ها و زیر معیار ها با استفاده از روش FAHP

۲- تعیین مقادیر کمی زیر معیارها و استفاده از روش تاپسیس به منظور رتبه بندی شبکه های آبیاری

در مرحله اول، به منظور تعیین معیارها و زیر معیارهای ارزیابی شبکه های آبیاری، پژوهش های مختلفی مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به مشخصه های موثر بر عملکرد، ساختار فیزیکی و مدیریت شبکه ها، ۱۸ زیرمعیار در قالب ۵ معیار اقتصادی، فنی، زیست محیطی، اجتماعی و مدیریتی (جدول ۲) به منظور ارزیابی شبکه های آبیاری انتخاب شد. ساختار تحلیل سلسله مراتبی همانند نمودار ۱ در نظر گرفته شد؛ که در آن بالاترین سطح ساختار، هدف کلی ارزیابی نسبی عملکرد شبکه های آبیاری و پایین ترین سطح، گزینه ها که همان شبکه های آبیاری می باشند، بررسی شده اند و در سطوح میانی، معیارها (زیرمعیارهای ارزیابی عملکرد) در گروه های پنج گانه قرار گرفته اند. هشت شبکه دز، گتوند، دیمچه، شاوور، رامشیر، کرخه، شهید رجایی و مارون نیز برای ارزیابی انتخاب شدند. به منظور تعیین وزن معیارها و زیر معیارها در ارزیابی شبکه های آبیاری، پرسشنامه ای بر پایه اعدادافازی موجود پژوهش سوکلی و همکاران (۲۰۱۲) طراحی شد و در اختیار گروه کارآموده و متخصص قرار داده شد. در این بررسی از آنجا که به یک چشم انداز گسترده چند بخشی نیاز است، کارشناسان بر پایه پیشینه علمی و اجرایی از بخش های مختلف انتخاب شدند. بنا بر این کارشناسان سازمان آب و برق خوزستان در بخش های معاونت حفاظت و بهره برداری منابع آب، معاونت مطالعات پایه منابع آب، معاونت طرح و توسعه شبکه های آبیاری و زهکشی و همچنین استادان دانشگاه به منظور ارزیابی شبکه های آبیاری و زهکشی استان خوزستان انتخاب شدند. پس از تکمیل و جمع بندی دیدگاه های کارشناسان وزن نهایی معیارها و زیر معیارها تعیین شد.

جدول (۲) معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی

گروه	زیرمعیار	تعریف
اقتصادی	نسبت محصول	میزان محصول واقعی/ میزان محصول در طراحی
	نسبت هزینه بهره برداری و نگهداری	هزینه های بهره برداری و نگهداری/ هزینه کل
	فعال بودن شبکه	اراضی کشت شده تحت پوشش شبکه/کل اراضی تحت پوشش
	هزینه نسبی آب	۱- (هزینه آب آبیاری/هزینه محصول اصلی)
مدیریتی	نسبت کارکنان متخصص	شمار کارکنان تخصصی رسمی/شمار کارکنان تخصصی پیش بینی شده
	نسبت موافقتنامه	موافقتنامه های مبادله شده/موافقتنامه های مورد نیاز
	نسبت شدت جریان	شدت جریان واقعی/ شدت جریان طراحی شده
	نسبت سازه های فعال	سازه های فعال/کل سازه های موجود

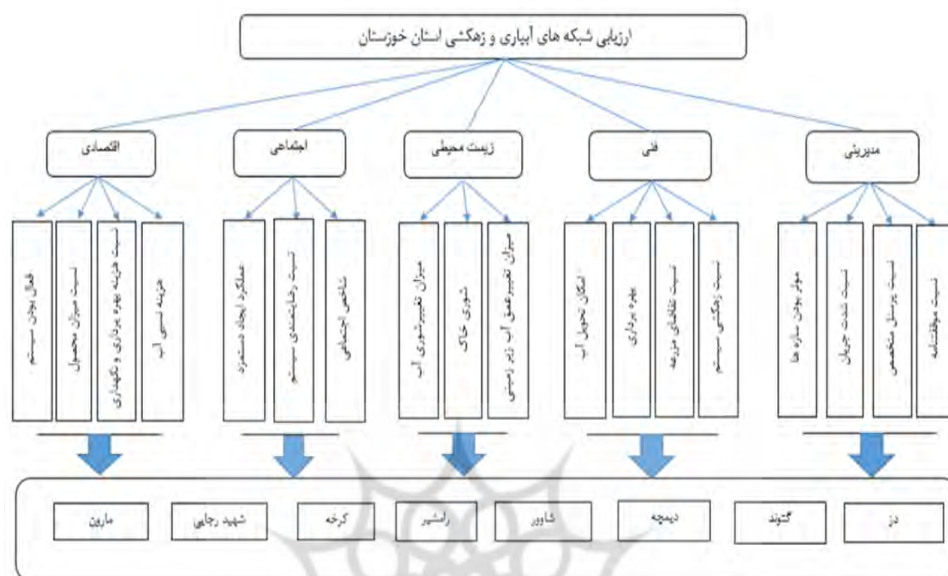
ارزیابی طرح های آبیاری و زهکشی... ۱۸۱

ادامه جدول (۲) معیار ها و زیرمعیارهای ارزیابی

گروه	زیرمعیار	تعریف
	امکان تحویل آب	کل حجم آب قابل تحویل/ حجم آب پیش بینی شده
فنی	بهره برداری	حجم آب خروجی از کانال درجه یک/حجم آب ورودی به کانال درجه
	نسبت زهکشی	حجم آب زهکشی شده از شبکه/حجم کل آب وارد شده به شبکه
	نسبت تقاضا مزرعه	حجم آب تحویل شده به مزرعه/آب مورد نیاز برای آبیاری مزارع
اجتماعی	نسبت رضایتمندی شبکه	شمار آب برانی به صورت گروهی آب دریافت می کنند/ شمار کل آب
	شاخص اجتماعی	شمار کشاورزان با سواد تحت پوشش شبکه آبیاری/ شمار کشاورزان با
	عملکرد ایجاد دستمزد	درآمد کارگر کشاورزی در سال/ درآمد کارگر عادی در سال
زیست محیطی	میزان تغییر شوری آب	افزایش شوری آب در طول دوره/ شوری آب در آغاز دوره
	شوری خاک	افزایش شوری خاک در طول دوره/ شوری مناسب خاک
	میزان تغییر عمق آب	عمق آب زیرزمینی در پایان دوره/ عمق بحرانی آب زیر زمینی

منبع: یافته های تحقیق

در مرحله دوم به منظور بررسی عملکرد شبکه های آبیاری استان خوزستان برپایه معیار های اقتصادی، مدیریتی، فنی، اجتماعی و زیست محیطی، زیرمعیارهای معرفی شده در جدول ۲ محاسبه شدند. اطلاعات مورد نیاز محاسبه زیرمعیارهای مختلف برای سال های ۱۳۸۸-۱۳۹۲ از سازمان آب و برق خوزستان به دست آمد. به دلیل نبود قطعیت موجود در زیر معیار های ارزیابی شبکه های آبیاری مقادیر کمی این زیر معیار ها نیز به صورت فازی در نظر گرفته شد. بدین منظور در آغاز مقدار میانگین هر زیر معیار (m) و نیز حد پایین (l) و حد بالای آن (u) تعیین شد. برای دیفازی کردن مقدار فازی زیر معیارها نیز از روش لیو و وانگ (۱۹۹۲) استفاده شد. سپس وزن محاسباتی معیار ها و زیر معیار ها و همچنین مقادیر غیر فازی شده عملکرد شبکه ها برای زیر معیار های مختلف وارد برنامه تاپسیس شد. در نهایت نیز عملکرد کلی شبکه های آبیاری محاسبه شد.



نمودار(۱) ساختار سلسله مراتبی ارزیابی شبکه های آبیاری استان خوزستان

نتایج و بحث

در این قسمت با جمع بندی دیدگاه های کارشناسان مختلف ، وزن معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی شبکه های آبیاری و زهکشی استان خوزستان محاسبه شد. به این منظور از ماتریس مقایسه زوجی کارشناسان مختلف میانگین هندسی گرفته شد. نتایج این عمل در جدول ۳ آورده شده است. ستون دوم جدول ۳ وزن های هر یک از معیارهای ارزیابی را نشان می دهد. نتایج بیانگر آن است که تأثیرگذارترین معیار در ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری، معیار اقتصادی با وزن نسبی ۰/۲۹۲ می باشد. در میان نتایج پژوهش های مختلف کمترین وزن برای معیار اقتصادی ۰/۱۴۱ می باشد که توسط منتظر و همکاران (۲۰۱۳) اتخاذ شده است. از سویی در پژوهش سردویچ و مدیروس (۲۰۰۸) وزن این معیار برابر ۰/۳۵۹ می باشد. بنابراین با توجه به نتایج مشاهده می شود که وزن به دست آمده برای معیار اقتصادی درون این بازه قرار می گیرد. بنا براین این وزن قابل توجیه است.

همچنین معیار مدیریتی با وزن ۰/۲۷۶، در رتبه دوم اهمیت قرار دارد. در پژوهش های مختلف وزن معیار مدیریتی در بازه ۰/۳۵۰ تا ۰/۴۵۲ قرار می گیرد. منتظر و قیداری (۱۳۸۹) و جلیلی

ارزیابی طرح های آبیاری و زهکشی... ۱۸۳

وهمکاران (۱۳۸۵) وزن معیار مدیریتی را به ترتیب برابر با ۰/۳۵۰ و ۰/۴۵۲ به دست آوردند. بنا براین با توجه به نتایج می توان گفت که وزن به دست آمده برای معیار مدیریتی درون این بازه قرار نمی گیرد.

معیار های فنی با ۰/۱۶۳، زیست محیطی با وزن ۰/۱۵۲ و اجتماعی با وزن ۰/۱۱۷ به ترتیب در رتبه های بعدی اثرگذاری قرار می گیرند. نتایج پژوهش های مختلفی که شبکه های آبیاری را ارزیابی کرده اند، نشان می دهند که وزن معیار فنی نیز در بازه ۰/۱۵۰ تا ۰/۲۳۲ قرار دارد. جلیلی وهمکاران (۱۳۸۵) وزن معیار فنی را برابر با ۰/۱۵ به دست آوردند و در پژوهش منتظر و همکاران (۲۰۱۳) وزن این معیار ۰/۲۳۲ می باشد. بنا براین نتایج وزن به دست آمده برای معیار فنی (۰/۱۶۳) درون این بازه قرار می گیرد. وزن معیار اجتماعی در پژوهش سردویچ و مدیروس (۲۰۰۸) برابر ۰/۰۷۱ می باشد و قیداری و همکاران (۱۳۸۹) وزن این معیار را برابر ۰/۲۰۶ بدست آوردند؛ بنابراین برپایه نتایج وزن به دست آمده برای معیار اجتماعی (۰/۱۱۷) درون این بازه قرار می گیرد. در نهایت وزن معیار زیست محیطی در پژوهش های صورت گرفته در زمینه شبکه های آبیاری در بازه ۰/۰۶۴ تا ۰/۱۷۱ قرار می گیرد. وزن معیار زیست محیطی در پژوهش های سردویچ و مدیروس (۲۰۰۸) و جلیلی وهمکاران (۱۳۸۵) وزن معیار زیست محیطی به ترتیب برابر ۰/۱۷۱ و ۰/۰۶۴ می باشد؛ بنابراین برپایه نتایج وزن به دست آمده برای معیار زیست محیطی (۰/۱۵۲) درون این بازه قرار می گیرد.

در ستون سوم و چهارم جدول ۳ نسبت سازگاری برپایه روش پیشنهادی گوگوس بوچر (۱۹۹۸) برای معیارهای مختلف محاسبه شد. با توجه به جدول مشاهده می شود که همه نسبت های سازگاری محاسبه شده کمتر از ۰/۱ می باشند؛ بنابراین مقایسه های زوجی زیرمعیارهای مختلف همه معیارها سازگار می باشند. با بررسی ستون پنجم جدول ۳ مشخص می شود که زیر معیار نسبت محصول با ۰/۲۷۶ بالاترین وزن را در میان زیر معیار های اقتصادی دارد. در میان زیر معیار های مدیریتی نیز نسبت سازه های فعال با ۰/۳۱۹ بالاترین وزن را دارا می باشد. از سوی دیگر امکان تحویل آب با وزن ۰/۳۶۰ بالا ترین وزن را در میان زیر معیار های فنی دارد.

جدول (۳) ارزش وزنی معیارها و زیرمعیارها

وزن کلی	وزن زیر معیارها	زیرمعیار	CR ^g	CR ^m	وزن	معیار
۰/۰۸۰	۰/۲۷۶	نسبت محصول				
۰/۰۶۹	۰/۲۳۶	نسبت هزینه بهره‌برداری و نگهداری	۰/۰۳۳	۰/۰۰۹	۰/۲۹۲	اقتصادی
۰/۰۷۳	۰/۲۵۱	فعال بودن شبکه				
۰/۰۶۹	۰/۲۳۷	هزینه نسبی آب				
۰/۰۵۸	۰/۲۰۹	نسبت کارکنان متخصص				
۰/۰۶۳	۰/۲۲۸	نسبت موافقتنامه	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۲۷۶	مدیریتی
۰/۰۶۷	۰/۲۴۴	نسبت شدت جریان				
۰/۰۸۸	۰/۳۱۹	نسبت سازه‌های فعال				
۰/۰۵۹	۰/۳۶۰	امکان تحویل آب				
۰/۰۴۳	۰/۲۶۳	بهره‌برداری	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۱۶۳	فنی
۰/۰۲۳	۰/۱۴۰	نسبت زهکشی				
۰/۰۳۹	۰/۲۳۷	نسبت تقاضا مزرعه				
۰/۰۳۳	۰/۲۸۳	نسبت رضایتمندی شبکه				
۰/۰۴۱	۰/۳۵۰	شاخص اجتماعی	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۱۷	اجتماعی
۰/۰۴۳	۰/۳۶۷	عملکرد ایجاد دستمزد				
۰/۰۵۹	۰/۳۸۸	میزان تغییر شوری آب				
۰/۰۳۵	۰/۲۳۳	شوری خاک	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۵۲	زیست محیطی
۰/۰۵۸	۰/۳۷۹	میزان تغییر عمق آب زیرزمینی				

منبع: یافته‌های تحقیق

زیر معیار عملکرد ایجاد دستمزد با وزن ۰/۳۶۷ مهم‌ترین زیر معیار اجتماعی و زیرمعیار میزان تغییر شوری آب با وزن ۰/۳۸۸ مهم‌ترین زیر معیار زیست محیطی می‌باشد. با توجه به ستون ششم جدول ۳ می‌توان اشاره کرد که زیرمعیار نسبت سازه‌های فعال که جزو گروه زیرمعیارهای مدیریتی است با وزن کلی ۰/۰۸۸ در بین دیگر زیرمعیارها بیشترین میزان اهمیت در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری را دارد.

در مرحله بعد با استفاده از وزن‌های معیارها و زیرمعیارها که با کمک روش تحلیل مقداری به دست آمده است و همچنین عملکرد شبکه‌های آبیاری برای زیرمعیارهای مختلف، شبکه‌های

ارزیابی طرح های آبیاری و زهکشی... ۱۸۵

آبیاری استان خوزستان رتبه بندی شدند. به این منظور وزن های محاسباتی و عملکردها وارد برنامه تاپسیس شدند. نتایج نهایی به دست آمده از وزن ها و محاسبات مربوط به وزن نهایی هر شبکه آبیاری در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به جدول ۴ مشاهده می شود که شبکه آبیاری گتوند با امتیاز $C_i = 0/751$ مطلوب ترین عملکرد و شبکه های آبیاری شهید رجایی با امتیاز $C_i = 0/492$ ضعیف ترین عملکرد را در بین هشت شبکه های آبیاری مورد بررسی دارد.

جدول (۴) رتبه بندی عملکرد شبکه های آبیاری خوزستان با استفاده از روش ترکیبی

رتبه	امتیاز نهایی	شبکه آبیاری
۱	۰/۷۵۱	شبکه گتوند
۲	۰/۷۱۸	شبکه دز
۳	۰/۵۶۱	شبکه مارون
۴	۰/۵۵۶	شبکه دیمچه
۵	۰/۵۴۴	شبکه شاوور
۶	۰/۵۲۷	شبکه کرخه
۷	۰/۵۱۵	شبکه رامشیر
۸	۰/۴۹۲	شبکه شهید رجایی

منبع: یافته های تحقیق

با توجه به جدول ۵ مشاهده می شود با توجه به معیارهای مختلف رتبه بندی شبکه ها متفاوت می باشد. از نقطه نظر زیست محیطی، شبکه گتوند با امتیاز $0/931$ کارآمدترین و شبکه شهید رجایی با امتیاز $0/390$ ناکارآمدترین شبکه می باشد. از بعد اقتصادی شبکه های آبیاری گتوند و دیمچه به ترتیب با امتیاز $0/899$ و $0/064$ به عنوان کاراترین و ناکارآمدترین شبکه ها شناخته شدند به طور کلی نیز بر اساس معیار اقتصادی، مدیریتی و زیست محیطی شبکه گتوند دارای بالاترین امتیاز می باشد. اما با توجه به معیار فنی شبکه مارون و معیار اجتماعی شبکه شاوور بالاترین امتیاز را دارند.

جدول (۵) رتبه بندی شبکه ها آبیاری بر پایه معیار های مختلف

شبکه ها	معیار اقتصادی	معیار مدیریتی	معیار فنی	معیار اجتماعی	معیار زیست محیطی
گتوند	۰/۸۹۹	۰/۸۸۵	۰/۳۸۰	۰/۷۱۳	۰/۹۳۱
کرخه	۰/۸۷۷	۰/۶۹۰	۰/۵۵۳	۰/۹۷۸	۰/۴۸۴
مارون	۰/۸۶۴	۰/۵۸۷	۰/۸۶۰	۰/۹۱۹	۰/۵۰۰
شهید رجایی	۰/۸۶۳	۰/۷۱۹	۰/۷۴۶	۰/۹۷۵	۰/۳۹۰
رامشیر	۰/۸۳۸	۰/۷۰۰	۰/۳۵۷	۰/۰۴۹	۰/۴۱۷
شاوور	۰/۸۰۶	۰/۷۶۹	۰/۵۳۱	۰/۹۸۶	۰/۵۱۷
دز	۰/۷۳۲	۰/۱۴۰	۰/۸۱۲	۰/۰۸۷	۰/۸۷۴
دیمچه	۰/۰۶۴	۰/۷۳۱	۰/۵۶۳	۰/۶۸۴	۰/۶۹۱

منبع: یافته های تحقیق

به منظور بررسی تغییرات عملکرد شبکه آبیاری نسبت به روند تغییرات ارزش وزنی هر یک از معیارهای ارزیابی، تحلیل حساسیت عملکرد شبکه ها انجام شد. برای این کار برابر جدول (۶) ۱۱ پیش فرض (سناریو) در نظر گرفته شد. نتایج این جدول نشان می دهد شبکه آبیاری گتوند در ۶۰ درصد پیش فرض ها بهترین عملکرد را دارا می باشد. برای این شبکه آبیاری بالاترین C_i (۰/۸۲۶) در پیش فرض پنج به وقوع پیوسته و این مربوط به حالتی است که وزن معیار اقتصادی کاهش و وزن معیار زیست محیطی افزایش یافته است. از سوی دیگر کمترین C_i (۰/۶۲۸) برای شبکه گتوند در پیش فرض چهار رخ داده است. در این حالت وزن معیار اقتصادی کاهش و وزن معیار اجتماعی افزایش یافته است. همچنین با توجه به نمودار (۶) می توان دریافت که شبکه دز در ۴۰ درصد پیش فرض ها در رتبه اول قرار دارد. شبکه آبیاری شهید رجایی به جز پیش فرض های سه و شش، در همه موارد پایین ترین عملکرد را در میان شبکه های آبیاری دارد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

در این تحقیق، شیوه ارزیابی عملکرد مبتنی بر استفاده تلفیقی از تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش تاپسیس به منظور ارزیابی عملکرد هشت شبکه آبیاری دز، گتوند، کرخه، شاوور، دیمچه، مارون، رامشیر و شهید رجایی استفاده شد. تحلیل سلسله مراتبی با برخورداری از مقایسه های زوجی و امکان در نظر گرفتن زیر معیار های مختلف، سبب می شود تا روش مناسبی به منظور وزن دهی معیارها و زیرمعیارها و رتبه بندی و ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری شکل گیرد. به دلیل نبود قطعیت موجود در زیر معیار های ارزیابی شبکه های آبیاری مقادیر کمی این زیر معیار ها نیز به صورت فازی در نظر گرفته شد. نتایج پژوهش بیانگر آن است که معیارهای اقتصادی و

ارزیابی طرح های آبیاری و زهکشی... ۱۸۷

اجتماعی به ترتیب تأثیرگذارترین و کم تأثیرترین معیار در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری استان خوزستان می باشد. بیشتر شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان با چالش های اقتصادی روبرو هستند، به طوری که درآمد کسب شده پاسخگوی هزینه‌های روزافزون بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات نمی‌باشد. از سوی دیگر کشاورزان و آبران حقایبه‌های خود را به هنگام پرداخت نمی‌کنند که این امر مشکلات عدیده‌ای را برای وضعیت درآمدی شبکه به وجود می آورد. از این رو مدیریت شبکه‌ها نیازمند کمک‌های مالی از طرف سازمان آب و برق خوزستان می‌باشند. به همین دلیل با جمع‌بندی دیدگاه های کارشناسان این موضوع مشخص می‌شود که مسائل اقتصادی مهم ترین معضل شبکه‌های آبیاری می‌باشد و معیار اقتصادی مهم ترین معیار ارزیابی شبکه‌های آبیاری می‌باشد. از نظر کارشناسان، معیار مدیریتی بعد از اقتصاد مهم ترین معیار ارزیابی شبکه‌های آبیاری می‌باشد. دلیل رتبه بندی صورت گرفته این است که مدیریت شبکه‌ها باید با پیگیری منظم و ارتباط مستمر با مسئولان بخش تعمیر و نگهداری در زمینه استفاده بهینه از سازه‌های فعال، تهیه و نصب سازه‌های جدید، امکان استفاده و تخصیص بودجه لازم برای سرویس و نگهداری از تأسیسات شبکه را فراهم کند. زیرمعیار نسبت سازه های فعال که جزو گروه زیرمعیارهای مدیریتی است با ۰/۰۸۸ در بین سایر زیرمعیارها بیشترین میزان اهمیت را در ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری دارد و در نهایت شبکه آبیاری گتوند مطلوب ترین عملکرد و شبکه های آبیاری شهید رجایی با امتیاز ضعیف ترین عملکرد را در بین هشت شبکه‌های آبیاری مورد بررسی دارد. با توجه نتایج تحلیل حساسیت، با اعمال پیش فرض های مختلف رتبه بندی شبکه ها دچار تغییرات زیادی نشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که نتایج به دست آمده برای وزن زیر معیار ها و معیار ها اعتبار بالایی داشته است.

یافته‌های این پژوهش وضعیت طرح‌های آبیاری استان خوزستان را از ابعاد مختلف نشان می‌دهد بنابراین می‌توان راهکارهایی را جهت بهبود شرایط بعضی از طرح‌ها ارائه داد:

۱- شرکت بهره برداری از شبکه آبیاری گتوند به دلیل در اختیار داشتن بالاترین رتبه می‌تواند به عنوان الگویی برای مدیریت دیگر شبکه ها از جمله شبکه های آبیاری رامشیر و شهید رجایی که در مجموع عملکرد به نسبت پایینی دارند، باشد.

۲- نتایج نشان می‌دهد که شبکه آبیاری دیمچه از نظر معیار اقتصادی (مهم ترین معیار) پایین ترین امتیاز را دارد و اختلاف امتیاز آن با شبکه گتوند بسیار بالا می‌باشد. بنابراین لازم است مدیریت این شبکه به مسائل اقتصادی توجه بیشتری کرده و ضمن ایجاد توازن بین درآمدها و

هزینه‌ها، که از مهم ترین مسائل مدیریت شبکه‌های آبیاری می‌باشد، با بهبود اقدام های تعمیر و نگهداری شبکه، سطح بیشتری از اراضی را به زیر کشت ببرد.

۳- بنابراین نتایج شبکه آبیاری دز از نظر معیار مدیریتی (دومین معیار مهم) پایین ترین امتیاز را دارد و اختلاف امتیاز آن با شبکه گتوند (بالاترین) امتیاز بسیار بالا می باشد. بنابراین می بایست مدیریت شبکه دز با استفاده مناسب از همه تاسیسات آبیاری و سازه‌های موجود در شبکه‌ها، برنامه‌ریزی آموزشی مناسب به منظور ارتقا سطح دانش کارکنان و افزایش موافقتنامه‌های مبادله شده با سازمان آب و برق خوزستان و شرکت مدیریت منابع آب ایران موجبات ارتقا این شبکه را فراهم آورد.

پیش فرض	اقتصادی	مدیریتی	فنی	اجتماعی	زیست محیطی	مقدار							
						گتوند	دز	مارون	دیمچه	شاوور	کرخه	رامشیر	شهید رجایی
۱	۰/۲۹۲	۰/۲۷۶	۰/۱۶۳	۰/۱۱۷	۰/۱۵۲	۰/۷۵۱	۰/۷۱۸	۰/۵۶۱	۰/۵۵۶	۰/۵۴۴	۰/۵۲۷	۰/۵۱۵	۰/۴۹۲
۲	۰/۲۷۶	۰/۲۹۲	۰/۱۶۳	۰/۱۱۷	۰/۱۵۲	۰/۷۵۰	۰/۷۱۰	۰/۵۵۷	۰/۵۶۵	۰/۵۴۳	۰/۵۲۴	۰/۵۱۲	۰/۴۸۹
۳	۰/۱۶۳	۰/۲۷۶	۰/۳۹۲	۰/۱۱۷	۰/۱۵۲	۰/۶۵۸	۰/۷۳۲	۰/۵۷۵	۰/۶۰۶	۰/۵۳۴	۰/۵۰۹	۰/۴۵۷	۰/۵۰۱
۴	۰/۱۱۷	۰/۲۷۶	۰/۱۶۳	۰/۲۹۲	۰/۱۵۲	۰/۶۲۸	۰/۷۴۵	۰/۴۴۷	۰/۵۶۱	۰/۴۳۵	۰/۴۱۵	۰/۳۸۶	۰/۳۸۶
۵	۰/۱۵۲	۰/۲۷۶	۰/۱۶۳	۰/۱۱۷	۰/۲۹۲	۰/۸۲۶	۰/۷۹۶	۰/۵۱۱	۰/۶۶۳	۰/۵۱۸	۰/۴۸۸	۰/۴۴۱	۰/۴۱۴
۶	۰/۲۹۲	۰/۱۶۳	۰/۳۷۶	۰/۱۱۷	۰/۱۵۲	۰/۶۷۴	۰/۷۸۵	۰/۵۹۱	۰/۵۵۱	۰/۵۳۶	۰/۵۲۶	۰/۴۸۳	۰/۵۱۶
۷	۰/۲۹۲	۰/۱۱۷	۰/۱۶۳	۰/۲۷۶	۰/۱۵۲	۰/۶۴۷	۰/۸۱۴	۰/۴۸۸	۰/۵۱۰	۰/۴۶۰	۰/۴۴۹	۰/۴۵۴	۰/۴۲۶
۸	۰/۲۹۲	۰/۱۵۲	۰/۱۶۳	۰/۱۱۷	۰/۲۷۶	۰/۸۲۱	۰/۸۳۰	۰/۵۲۶	۰/۶۲۴	۰/۵۲۴	۰/۴۹۹	۰/۴۵۸	۰/۴۳۱
۹	۰/۲۹۲	۰/۲۷۶	۰/۱۱۷	۰/۱۶۳	۰/۱۵۲	۰/۷۴۶	۰/۷۲۱	۰/۵۳۴	۰/۵۴۶	۰/۵۲۵	۰/۵۰۷	۰/۴۶۹	۰/۴۶۹
۱۰	۰/۲۹۲	۰/۲۷۶	۰/۱۵۲	۰/۱۱۷	۰/۱۶۳	۰/۷۶۴	۰/۷۳۵	۰/۵۵۵	۰/۵۶۴	۰/۵۴۲	۰/۵۲۳	۰/۵۱۰	۰/۴۸۳
۱۱	۰/۲۹۲	۰/۲۷۶	۰/۱۶۳	۰/۱۵۲	۰/۱۱۷	۰/۶۹۶	۰/۶۹۴	۰/۵۶۲	۰/۵۱۱	۰/۵۳۳	۰/۵۲۲	۰/۵۰۹	۰/۵۰۹

منبع: یافته‌های محقق

ارزیابی طرح های آبیاری و زهکشی... ۱۸۹

منابع

حیدریان، س.ا. (۱۳۸۲). مدل ارزیابی مرحله ای شبکه های آبیاری و زهکشی با تاکید بر سیستم های مختلف مدیریت وبا استفاده از روش فازی. رساله دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران.

زحمتکش، م. و منتظر، ع. (۱۳۹۰). ارزیابی عملکرد تعدادی از شبکه های آبیاری جهان با استفاده از شیوه مقایسه ای و تحلیل داده کاوی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره (۵)، ۱۰۵۷-۱۰۴۲.

ساکبی، ع. جعفرپور، م. میربهرسی، ح. و آهنگری، ع. (۱۳۸۴). بررسی اقتصادی طرح احداث کانال های فرعی اراضی تحت پوشش شبکه آبیاری در منطقه شوش از سه دیدگاه فهرست بها، قیمت رسمی مرکز آمار و قیمت بازار در استان خوزستان. اولین کنفرانس ملی تجربه های ساخت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران.

شبه، م. (۱۳۹۲). ارزیابی عملکرد شرکت بهره برداری از شبکه های آبیاری و زهکشی ناحیه شمال خوزستان طی برنامه پنج ساله سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز.

قیداری، ا.، منتظر، ع. و مومنی، م. (۱۳۸۹). کاربرد ترکیبی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تکنیک تاپسیس در تعیین ارزش وزنی معیارها و ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری و زهکشی (مطالعه موردی: نواحی سه گانه شبکه آبیاری سفیدرود). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، (۲)، ۲۸۴-۲۹۶.

منعم، م.، خرمی، ج. و حیدریان، ا. (۱۳۸۴). ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری با استفاده از منطق فازی: مطالعه موردی شبکه مارون. نشریه فنی مهندسی مدرس، (۲۷)، ۴۲-۳۱.

Anagnostopoulos, K.P. and Petalas, C. (2011). A fuzzy multicriteria benefit° cost approach for irrigation projects evaluation. *Agricultural Water Management*, 98(9), 1409-1416.

Bos, M.G., Wolters, W. (1997). Development in irrigation performance assessment. *International institute for land reclamation and improvement* (13).

Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233-247.

Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655.

Gogus, O. and Boucher, T.O. (1998). Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, 94(1), 133-144.

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Multiple criteria decision making. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*.

- Liou, T. S., & Wang, M. J. J. (1992). Ranking fuzzy numbers with integral value. *Fuzzy sets and systems*, 50(3), 247-255.
- Molden, D. J., & Gates, T. K. (1990). Performance measures for evaluation of irrigation-water-delivery systems. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 116(6), 804-823.
- Montazar, A. and Zadbagher, E. (2010). An analytical hierarchy model for assessing global water productivity of irrigation networks in Iran. *Water Resources Management*, 24(11), 2817-2832.
- Montazar, A., Gheidari, O. N. and Snyder, R.L. (2013). A fuzzy analytical hierarchy methodology for the performance assessment of irrigation projects. *Agricultural Water Management*, 121, 113-123
- Satty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.
- Sevкли, M., Oztekin, A., Uysal, O., Torlak, G., Turkyilmaz, A. and Delen, D. (2012). Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 14-24.
- Srdjevic, B. and Medeiros, Y.D.P. (2008). Fuzzy AHP assessment of water management plans. *Water Resources Management*, 22(7), 877-894.
- Stam, A., Sun, M. and Haines, M. (1996). Artificial neural network representations for hierarchical preference structures. *Computers & Operations Research*, 23(12), 1191-1201.
- Van Laarhoven, P. J. M. and Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1), 199-227.