تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال یازدهم، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۴
Volume 11, No. 1, Spring & Summer 2015 (IR-WRR)
۶۱-۷۲

اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز با استفاده از روش جدید فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی

سیده لیلا رضوی طوسی [۱*]، جمال محمد ولی سامانی [۲] و هدایت فهمی [۳]

چکیده

منابع آب و خاک هر کشور از مهمترین منابع و زیربنای توسعه پایدار می‌باشند. حوضه آبریز نه تنها یک بخش هیدرولوژیکی است بلکه یک بخش اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی نیز می‌باشد که نقش مهمی در توسعه پایدار یک کشور دارد. در این راستا و بر اساس اهداف سند چشم‌انداز کشور در صنعت آب، راهبردهای مختلف مدیریت جامع نظام آب کشور تدوین شده‌اند. یکی از مسائل مهم برنامه جامع آب به‌ویژه در بخش تخصیص آب، مدیریت حوضه‌های آبریز و اولویت‌بندی آنها بر اساس راهبردهای بخش آب می‌باشد که با توجه به تعدد و تنوع راهبردها و همچنین ارتباطات پیچیده بین آنها، انجام این امر بسیار دشوار است. از جمله راهکارهای مؤثر در این زمینه، استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه‌ای فازی می‌باشد. بنابراین، با توجه به اهمیت مسأله اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بحرانی کشور در بخش تخصیص آب در برنامه کلان ملی، در این تحقیق یک الگوریتم جدید بر اساس روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی و روش TOPSIS فازی ارائه شده است که شامل استفاده از اعداد فازی مثلثی در الگوریتم تصمیم‌گیری می‌باشد. بر این اساس، ۳۸ راهبرد بخش آب ($S_1, S_2, \ldots, S_{38}$) به‌عنوان زیر معیار در ۱۰ بخش ($C_1, C_2, \ldots, C_{10}$) که به آنها خوشه گفته می‌شود، تقسیم‌بندی شدند. خوشه‌ها نیز زیر مجموعه‌ای از معیارهای اصلی (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) می‌باشند. گزینه‌های مورد بررسی در این مقاله عبارتند از: حوضه‌های آبریز دریاچه ارومیه، اترک، سفیدرود، دریاچه نمک و زاینده‌رود. از آنجا که ورودی‌های مدل شامل عبارات بیانی تصمیم‌گیرنده می‌باشد، لذا استفاده از ریاضیات فازی امکان مدل کردن عدم قطعیت‌ها را فراهم می‌کند. یکی از مزایای مهم الگوریتم پیشنهادی جدید، استفاده از اعداد فازی مثلثی در تمام مراحل تصمیم‌گیری است. برای بررسی نحوه عملکرد مدل ارائه شده، نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی با نتایج بدست آمده از روش ANP مقایسه شدند. بر این اساس حوضه آبریز دریاچه ارومیه در رتبه اول و حوضه آبریز اترک در رتبه آخر قرار دارد. همچنین تحلیل حساسیت بر روی وزن خوشه‌ها انجام و چگونگی تأثیر آن در اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بررسی شد.

کلمات کلیدی: حوضه آبریز، راهبردهای بخش آب، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی
تاریخ دریافت مقاله: ۱۰ تیر ۱۳۹۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۳۱ شهریور ۱۳۹۳

۱- دانشجوی فرادکتری، گروه سازه‌های آبی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- استاد گروه سازه‌های آبی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳- وزارت نیرو، معاونت آب و آبفا
*- نویسنده مسئول

A New Fuzzy Analytical Network Process Method for Watershed Ranking

S. L. Razavi Toosi [1], J. M. V. Samani [2] and H. Fahmi [3]*

Abstract

Water and soil resources are most important for sustainability development. A watershed is not only simply the hydrological unit but also a social, economical, and environmental devision which plays crucial role in development of the country. Based on the national long term goals in water industry, different strategies are determined for the integrated water resources management in the national level. One of the most important problems in water management planning, especially in water allocation, is ranking the watersheds with respect to this various complexively related water strategies. A new method is proposed in this study based on ANP and fuzzy TOPSIS methods. This model is used to evaluate 5 critical watersheds in Iran named Urmia Lake, Atrak, Sefidrood, Namak, and Zayandehroud. In this decision making model, 38 water strategies ($S_1, S_2, \ldots, S_{38}$) are defined as sub criteria in 10 clusters ($C_1, C_2, \ldots, C_{10}$). These clusters are categorized according to economic, social, and environmental criteria. Also, the fuzzy arithmetic is applied to overcome the uncertainty in decision makers' judgments. The important advantage of the proposed method is using triangular fuzzy numbers in all steps of the algorithm. The results are compared with ANP method to validate the proposed model. It is indicates that among different watersheds, Urmia Lake and Atrak show the highest and the lowest scores, respectively.

Keywords: Watersheds, Water strategies, FANP

Received: July 1, 2014
Accepted: September 22, 2014

1- Postdoctoral Researcher, Department of Water Structures, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran.
2- Professor, Department of Water Structures, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran.
3- Senior Expert, Ministry of Energy, Water and Wastewater Deputy, Iran
*- Corresponding Author

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

آب به‌عنوان یکی از عناصر توسعه پایدار بوده که موفقیت در حفظ این منبع ارزشمند مستلزم انتخاب رویکردی جامع و مناسب در مدیریت حوضه آبریز با در نظر داشتن راهبردهای تأثیرگذار و روابط متقابل بین آنهاست. مدیریت حوضه آبریز شامل انجام مجموعه‌ای از راهکارهای مدیریت منابع آب با هدف توسعه پایدار می‌باشد که مدیریت کارآمد آن مستلزم تدوین راهبردهای مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای ارزیابی حوضه‌های آبریز می‌باشد. ایران با میزان بارش سالانه ۲۵۰ میلیمتر که در حدود ۳۰ درصد از متوسط بارش سالانه جهان است، به‌عنوان یک کشور خشک و نیمه خشک در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه تأمین و تخصیص آب برای مصارف مختلف در حوضه‌های آبریز کشور همواره یکی از دغدغه‌های مهم مدیریتی می‌باشد. در این راستا، راهبردهای بخش آب کشور بر اساس نگرشی جامع تدوین شده است. از آنجا که تخصیص آب به حوضه‌های آبریز در مدیریت کلان ملی، بسیار حائز اهمیت می‌باشد، در نتیجه بررسی راهبردهای تدوین شده در بخش آب و چگونگی تأثیر آنها در حوضه‌های آبریز مختلف ضروری است. از طرفی با توجه به روابط پیچیده بین راهبردهای بخش آب در حوضه‌های آبریز، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای (MADM[1]) به‌عنوان ابزاری کارآمد در این زمینه مطرح می‌شود. تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از روش‌های مختلف MADM در مدیریت منابع آب انجام شده است که برخی از آنها عبارتند از: استفاده از روش ELECTREE II[2] در طرح‌های منابع آب (Raj, 1995)، به‌کارگیری روش مجموعه‌های ماکزیمم و مینیمم فازی در اولویت‌بندی طرح‌های حوضه آبریز Krishna در هند (Raj and Kumar, 1998)، اولویت‌بندی پروژه‌های منابع آب در کشور اسپانیا با استفاده از ۵ روش مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره (Raju et al., 2000)، استفاده از روش‌های MADM به‌عنوان یک روش برای توسعه پایدار منابع آب (Conell et al., 2000)، ارائه روش FCP[3] در ارزیابی گزینه‌های مختلف در تصمیم‌گیری پروژه‌های منابع آب (Simonovic and Prodanovic, 2002)، ارزیابی گزینه‌های مدیریت آب با روش TOPSIS[4] وCP (Srdjevic et al., 2004)، ارائه روشی بر اساس ارزیابی چندمعیاره و مجموعه‌های فازی در اولویت‌بندی پروژه‌های منابع آب (Karnib, 2004)، استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره در تأمین آب شهری (Abrishamchi et al., 2005)، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها در Melana با استفاده از روش‌های FCP و AHP (Yaccob, 2007)، استفاده از روش‌های MADM در اولویت‌بندی گزینه‌های مدیریت حوضه آبریز شهری (Chung et al., 2011). در این زمینه تحقیقاتی نیز در ایران انجام شده است که عبارتند از: معرفی درخت معیارها که در آن معیارهای اولویت‌بندی پروژه‌های انتقال آب تعیین شده‌اند (Zarghaami, 2005)، ارزیابی پروژه‌های حوضه زاینده‌رود با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری فازی (Zarghaami, 2007)، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت آب شهری (Zarghami et al., 2008)، استفاده از روش AHP در انتخاب سیستم آبیاری بهینه (Montazar and Behbahani, 2007)، ارزیابی طرح‌های مدیریت آب در برزیل با استفاده از روش AHP فازی (Srdjevic and Medeiros, 2008)، ارائه یک روش جدید براساس ترکیب عملگر OWA و فازی در زمینه پروژه‌های آب بین‌حوضه‌ای (Zarghami et al., 2009)، اولویت‌بندی گزینه‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای کارون بزرگ با روش‌های MADM فازی (Razavi Toosi et al., 2009)، ارزیابی سیستم‌های آبیاری با یک مدل سلسله مراتبی (Montazar and Zadbagher, 2010)، بررسی محل کارخانه فرآوری مواد معدنی با استفاده از روش AHP (Safari et al., 2010)، تحلیل تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای با روش TOPSIS فازی در سیستم مخازن کارون (Afshar et al., 2011)، استفاده از روش AHP در انتخاب بهترین محل سد خاکی (Minatour et al., 2013) و اولویت‌بندی طرح‌های انتقال آب با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی فازی مانند مجموعه‌های ماکزیمم و مینیمم فازی، TOPSIS فازی و روش بونیسون (رضوی و همکاران، ۱۳۸۶ و ۱۳۹۰). در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری به‌علت وجود تعاملات و ارتباطات بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها، ایجاد ساختار سلسله مراتبی (مانند روش AHP) و یا استفاده از روش‌های قدیمی MADM در ارزیابی گزینه‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. برای حل این مشکل، در سال ۱۹۹۶ روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) توسط Saaty (1996) ارائه شده است. این روش در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری که شامل اولویت‌بندی گزینه‌ها می‌باشد، کاربرد دارد که برخی از تحقیقات انجام شده در این زمینه عبارتند از: اولویت‌بندی پروژه‌های سیستم‌های اطلاعاتی (Lee and Kim, 2000)، پیش‌بینی بحران اقتصادی (Niemiraa and Saaty, 2004)، اولویت‌بندی استراتژی‌های مدیریت دانش (Wu and Lee, 2007)، ارزیابی پارک Disney (Saaty, 2006)، مدیریت محیط زیست (Wang et al., 2011; Ostrega et al., 2011) و اولویت‌بندی طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای کارون بزرگ با استفاده از روش ANP (Razavi Toosi and Samani, 2012). همچنین مطالعاتی در زمینه توسعه روش ANP فازی در زمینه‌های مختلف تحقیقاتی نیز انجام شده است که برخی از آنها عبارتند از: انتخاب محل گلخانه در ایران (Rezaeiniya et al., 2014)، ارزیابی آمادگی دولت

Archive of SID
www.SID.ir

الکترونیکی با روش ترکیبی ANP فازی (Tavana et al., 2013)، ارزیابی مدیریت کیفیت پروژه (Chang and Ishii, 2013)، ارزیابی توربین‌های آبی و بررسی عملکرد توربین‌ها با در نظر گرفتن فاکتورهای مختلف (Lee et al., 2012)، بررسی گزینه‌های ابزار ماشین با استفاده از روش برش آلفا و ANP فازی (Ayağ and Özdemir, 2012)، انتخاب منطقه کار برای دانشجویان مهندسی صنایع (Rouyendegh and Can, 2012) و ارزیابی عملکرد مزرعه بادی (Kang et al., 2011).

در برنامه‌ریزی کلان ملی در بخش تخصیص منابع حوضه‌های آبریز، اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بخش مهمی از برنامه جامع آب می‌باشد که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که بررسی راهبردهای مختلف بخش آب با هدف توسعه بلندمدت در سطح برنامه‌ریزی کلان برای اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بسیار حائز اهمیت بوده و نقش به‌سزایی در مدیریت مناسب حوضه‌های آبریز دارد، در این تحقیق، اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بحرانی کشور بر اساس راهبردهای بخش آب (که با توجه به سند ملی توسعه آب و ایجاد نظام جامع و مدیریت یکپارچه آب در سطح کلان توسط وزارت نیرو تدوین شده‌اند) با استفاده از الگوریتم جدیدی بر مبنای روش شبکه‌ای ANP[۵] انجام شده است. با توجه به اینکه تصمیم‌گیری در شرایط وجود چندین معیار که برخی از آنها در تضاد با یکدیگرند و همچنین وجود روابط پیچیده بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها، کار بسیار مشکلی است لذا استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه‌ای فازی به امر تصمیم‌گیری و مدیریت کمک شایانی می‌کند. در مقاله (Razavi Toosi and Samani, 2012)، پروژه‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای با استفاده از روش ANP بررسی شده‌اند و از ریاضیات فازی در الگوریتم آن استفاده نشده است. نوآوری الگوریتم ارائه شده نسبت به الگوریتم‌های دیگر ANP فازی شامل استفاده از اعداد فازی مثلثی در ابرماتریس‌ها و همچنین ترکیب با روش TOPSIS فازی می‌باشد که در ادامه جزییات آن توضیح داده می‌شود. همچنین تحلیل حساسیت بر روی وزن خوشه‌ها انجام شده است. برای بررسی نتایج به دست آمده از الگوریتم جدید FANP[۶]، نتایج به‌دست آمده با نتایج روشANP مقایسه شده است.

۲- روش جدید ANP فازی

روش ANP توسعه یافته روش AHP می‌باشد که اولین بار توسط Saaty ارائه شد و یک گام جدید و اساسی را در مسائل تصمیم‌گیری ایجاد کرد (Saaty, 1996). یکی از معایب روش‌های قدیمی تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله روش AHP، عدم درنظر گرفتن ارتباطات موجود بین معیارها می‌باشد. در روش AHP به‌دلیل ساختار سلسله مراتبی، امکان ارتباط بین معیارهای سطوح پایین‌تر با معیارهای سطوح بالاتر وجود ندارد. بنابراین یک ساختار سلسله مراتبی، برای تصمیم‌گیری سیستم‌های پیچیده مناسب نمی‌باشد (Saaty and Vargas, 2006). در روش ANP به‌جای استفاده از ساختار سلسله مراتبی، از یک ساختار شبکه‌ای استفاده می‌شود که در این ساختار، معیارهای سطوح پایین‌تر نیز می‌توانند در معیارهای سطوح بالاتر و معیارهای همان سطوح تأثیرگذار باشند (Boran et al., 2008). از طرف دیگر به‌دلیل استفاده از ریاضیات و اعداد کلاسیک، این روش قادر به مدل کردن عدم قطعیت‌های موجود در مسائل تصمیم‌گیری نمی‌باشد. در سال ۱۹۶۵ روشی بر پایه روش مجموعه‌های فازی برای غلبه بر عدم قطعیت ارائه شد (Zadeh, 1965). از آنجا که در اکثر مسائل تصمیم‌گیری با عدم قطعیت مواجه هستیم، لذا ارائه یک روش ANP بر مبنای تئوری فازی می‌تواند در مدل کردن عدم قطعیت مفید باشد. در این تحقیق، یک الگوریتم جدید ترکیبی بر اساس روش ANP فازی (شکل ۱) ارائه شده است که مراحل آن به‌صورت زیر می‌باشد:

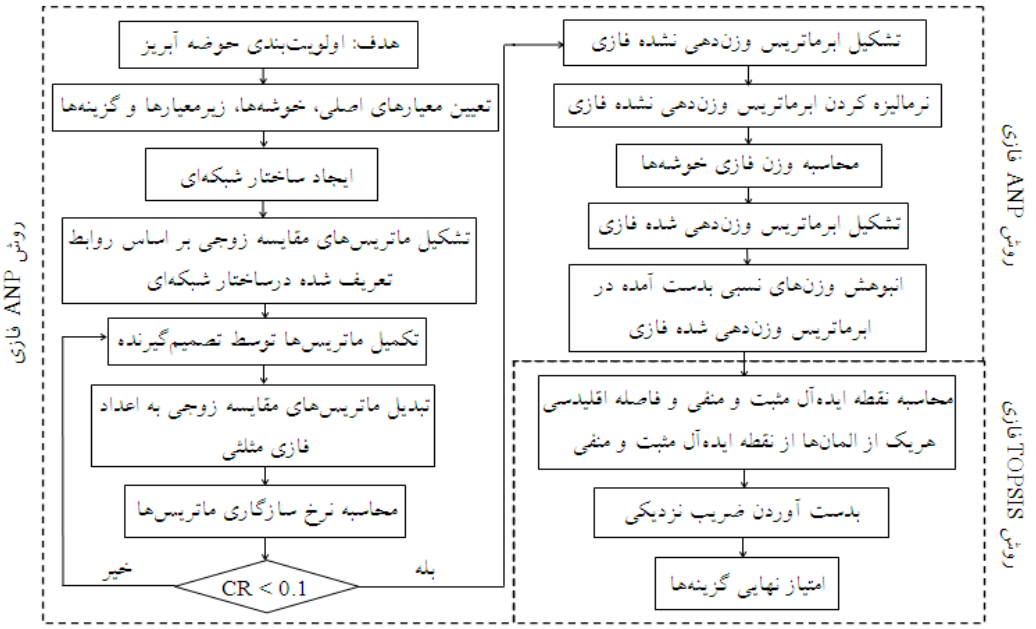
مرحله ۱: در این مرحله، ابتدا ساختار شبکه‌ای و روابط بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری که شامل هدف، معیارها، خوشه‌ها، زیرمعیارها و گزینه‌ها می‌باشند، ایجاد شده و سپس ماتریس‌های مقایسه زوجی تشکیل و توسط تصمیم‌گیرنده تکمیل می‌شوند. عبارت‌های بیانی بر اساس جدول ۱ با توجه به روش مورد استفاده، به اعداد فازی مثلثی یا اعداد کلاسیک تبدیل می‌شوند. شکل ۲ تابع عضویت اعداد فازی مثلثی را نشان می‌دهد. اگر مسأله شامل n گزینه $\{Al_1, Al_2, \ldots, Al_n\}$ باشد، ماتریس مقایسه زوجی فازی $(\tilde{P}_{n\times n})$ به‌صورت زیر تشکیل می‌شود:

(۱)

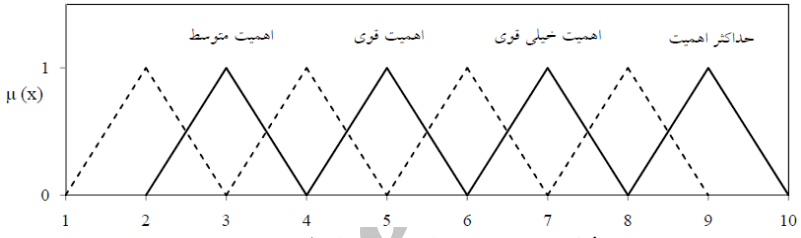
$$\tilde{P} = \begin{array}{c} \\ Al_1 \\ Al_2 \\ \vdots \\ Al_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} Al_1 & Al_2 & \cdots & Al_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} (1,1,1) & (a_{12},b_{12},c_{12}) & \cdots & (a_{1n},b_{1n},c_{1n}) \\ (\frac{1}{c_{12}},\frac{1}{b_{12}},\frac{1}{a_{12}}) & (1,1,1) & \cdots & (a_{2n},b_{2n},c_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (\frac{1}{c_{1n}},\frac{1}{b_{1n}},\frac{1}{a_{1n}}) & (\frac{1}{c_{2n}},\frac{1}{b_{2n}},\frac{1}{a_{2n}}) & \cdots & (1,1,1) \end{bmatrix} \end{array}$$

این ماتریس شامل اعداد فازی مثلثی $\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ است که نشان‌دهنده نسبت ارجحیت گزینه‌ها با توجه به یک معیار مشخص می‌باشد. این ماتریس‌ها برای معیارها، خوشه‌ها و زیرمعیارهایی که در ساختار شبکه‌ای با یکدیگر در ارتباطند، تشکیل می‌شود. در این روش نیز مانند روش AHP، باید مقدار نرخ سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی برای بررسی سازگار بودن سیستم کمتر از ۰/۱ باشد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- الگوریتم روش ANP فازی ترکیبی جدید



شکل ۲- تابع عضویت اعداد فازی مثلثی

جدول ۱- مقیاس‌های ارجحیت برای مقایسه‌های زوجی

اعداد فازی مثلثی	عبارات بیانی	مقادیر عددی
(۱،۱،۱)	اهمیت برابر	۱
(۲،۳،۴)	اهمیت متوسط	۳
(۴،۵،۶)	اهمیت قوی	۵
(۶،۷،۸)	اهمیت خیلی قوی	۷
(۸،۹،۱۰)	حداکثر اهمیت	۹
(x−۱ ،x ،x+۱)	اهمیت‌های بین حالت‌های فوق	x= ۲، ۴، ۶، ۸

مرحله ۲: در این مرحله، وزن‌های نسبی از ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی بدست می‌آیند. اگر $\tilde{a}_{ij}=(a_{ij}^{l},b_{ij}^{m},c_{ij}^{u})$ نشان‌دهنده ارجحیت بین معیارها یا زیرمعیارهای مشخص باشد، وزن نسبی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود (Tuzkaya et al., 2009):

$$\tilde{w}_k=\left(w_k^{l},w_k^{m},w_k^{u}\right)\qquad k=1,2,...,n \tag{۲}$$

که:

$$w_k^{s}=\frac{\left(\prod_{i=1}^{n}a_{kj}^{s}\right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{i=1}^{n}a_{ij}^{m}\right)^{1/n}}\quad , \tag{۳}$$
$$s\in\{l,m,u\}\qquad i=1,2,...,n\quad ,\quad j=1,2,...,n$$

مرحله ۳: با استفاده از وزن‌های بدست آمده از مرحله قبل، ابرماتریس وزن‌دهی نشده فازی تشکیل می‌شود. ساختار یک ابرماتریس در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل، C_n نشان‌دهنده n اُمین خوشه[۷]، e_{mn} بیانگر m اُمین المان در n اُمین خوشه و $\tilde{r}_{ij}$ وزن نسبی تأثیر المان‌های مقایسه شده در j اُمین و i اُمین خوشه می‌باشند. همچنین اگر بین j اُمین و i اُمین خوشه در ساختار شبکه‌ای، ارتباطی وجود نداشته باشد، $\tilde{r}_{ij}$ صفر می‌باشد (Yang and Tzeng, 2011).

$$\tilde{R}=\begin{bmatrix}\tilde{r}_{11} & \tilde{r}_{12} & \cdots & \tilde{r}_{1n}\\ \tilde{r}_{21} & \tilde{r}_{22} & \cdots & \tilde{r}_{2n}\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \tilde{r}_{n1} & \tilde{r}_{n2} & \cdots & \tilde{r}_{nn}\end{bmatrix}_{n\times n}$$

شکل ۳- ساختار کلی ابرماتریس

Archive
www.SID.ir

مرحله ۴: در این مرحله با ضرب وزن هریک از خوشه‌ها در ابرماتریس وزن‌دهی نشده، ابرماتریس وزن‌دهی شده فازی که شامل اعداد فازی مثلثی است، به‌دست می‌آید.

مرحله ۵: در این مرحله با انبوهش وزن‌های فازی بدست آمده در هر سطر از ابرماتریس وزن‌دهی شده فازی، وزن نهایی به‌دست می‌آید. سپس، بر اساس روش TOPSIS فازی، فاصله اقلیدسی از نقاط ایده‌آل مثبت ($\tilde{v}_j^+$) و منفی ($\tilde{v}_j^-$) با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آیند:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{r}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad , \quad d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{r}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \qquad (۴)$$

در نهایت فاصله نزدیکی (CC_i)، برای تعیین امتیاز نهایی گزینه‌ها محاسبه می‌شود (Chen, 2000):

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \qquad (۵)$$

۳- نمونه مطالعاتی

ایران یک کشور خشک و نیمه‌خشک با منابع آب محدود می‌باشد. بررسی تخصیص منابع آب به حوضه‌های آبریز در برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب در سطح ملی بسیار حائز اهمیت بوده و کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که اجرای راهبردهای بخش آب در یک حوضه آبریز تأثیر بسزایی در توسعه مدیریت حوضه آبریز دارد و از طرفی به‌دلیل پیچیدگی تأثیرات و ارتباطات بین راهبردهای مختلف بخش آب که گاه در تعارض با یکدیگرند، هدف از این تحقیق ارائه روش تصمیم‌گیری جدید بر مبنای روش ANP فازی در جهت ارتقای مدیریت منابع آب و اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بحرانی کشور می‌باشد. حوضه‌های آبریز مورد بررسی عبارتند از حوضه آبریز ارومیه، دریاچه نمک، اترک، سفیدرود و زاینده‌رود که موقعیت آنها در شکل ۴ نشان داده شده است.

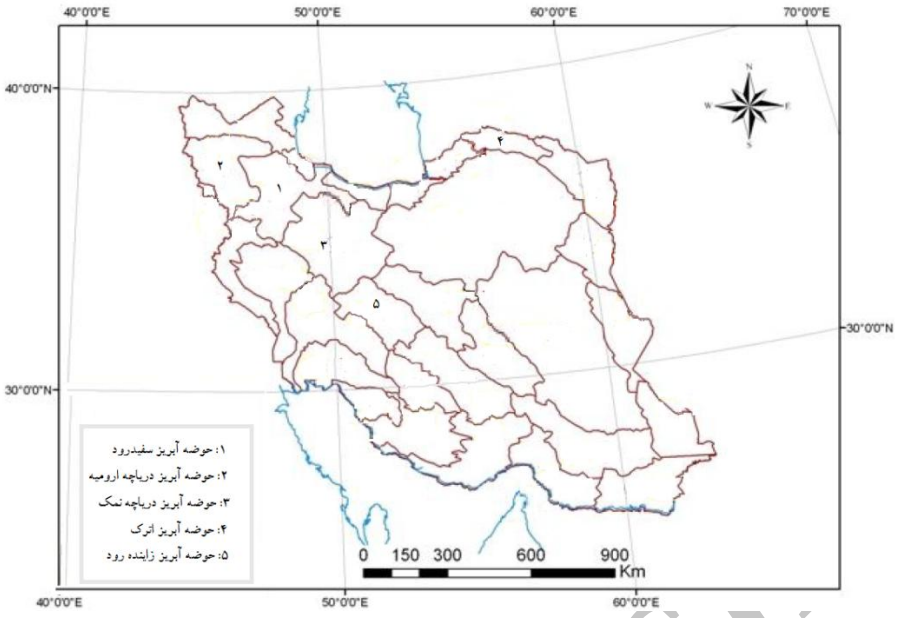
۳-۱- ایجاد شبکه

این مرحله شامل تشکیل ساختار شبکه‌ای می‌باشد. بنابراین ابتدا باید سطوح مختلف تصمیم‌گیری شامل هدف، معیارهای اصلی، خوشه‌ها، زیرمعیارها و گزینه‌ها تعیین شوند. هدف، اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بحرانی کشور و معیارهای اصلی شامل معیار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌باشند. تعداد ۳۸ راهبرد بخش آب ($S_1, S_2, \ldots, S_{38}$) به‌عنوان زیرمعیار در ۱۰ خوشه ($C_1, C_2, \ldots, C_{10}$) تقسیم‌بندی شده‌اند. گزینه‌ها شامل ۵ حوضه آبریز کشور می‌باشند که عبارتند از حوضه آبریز ارومیه، دریاچه نمک، اترک، سفیدرود و زاینده‌رود. خوشه‌ها و راهبردهای بخش آب به‌عنوان زیرمعیارهای روش ANP به‌ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. همچنین شکل ۵ چگونگی روابط بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، نه‌تنها امکان ارتباط بین گزینه‌ها، معیارها و زیرمعیارها از سطوح بالاتر به سطوح پایین‌تر وجود دارد، بلکه در روش ANP امکان ارتباط از سطوح پایین‌تر به سطوح بالاتر و همچنین ارتباط بین معیارهایی که در یک سطح هستند نیز وجود دارد. اما در روش AHP با یک شبکه سلسله مراتبی روبرو هستیم که در آن فقط سطوح بالاتر در سطوح پایین‌تر تأثیرگذار می‌باشند.

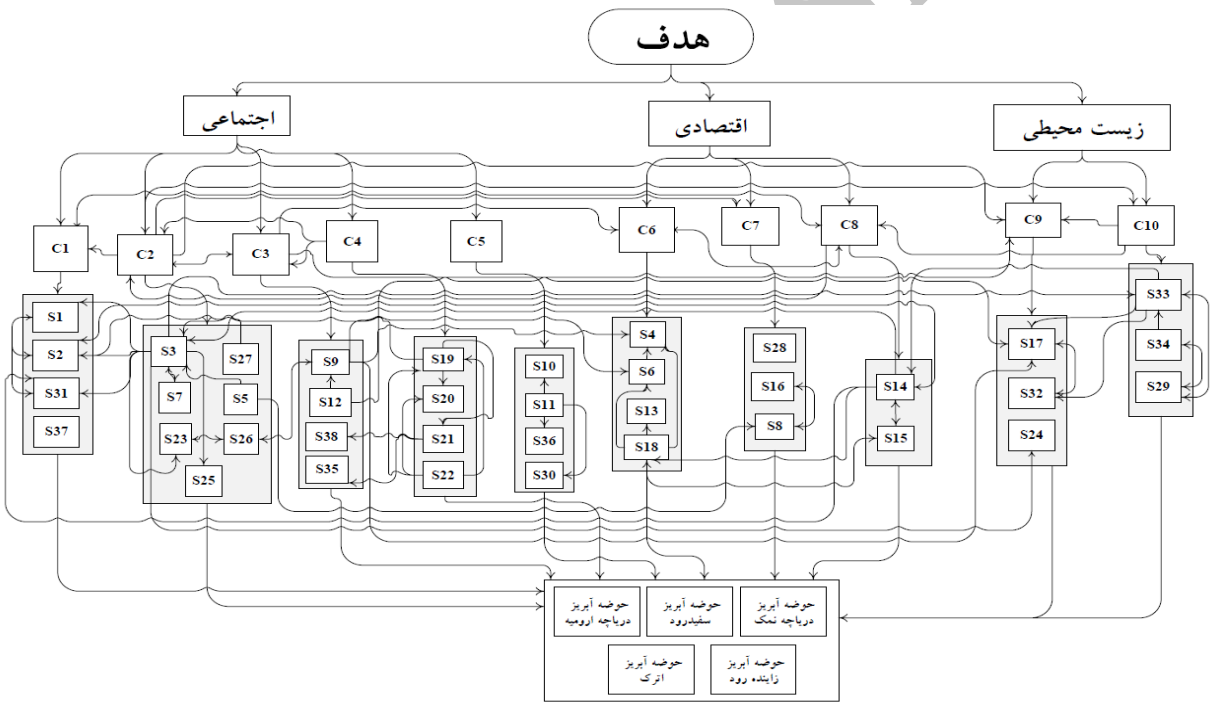
جدول ۲- خوشه‌های (زیرمعیارهای) راهبردهای بخش آب در روش ANP

C_1	ارتقای بهره‌وری و اعمال مدیریت تقاضا
C_2	اصلاح ساختار برنامه‌ریزی منابع آب بر اساس اصول مدیریت بهم پیوسته منابع آب
C_3	استقرار نظام بهره‌برداری بهینه منابع آب
C_4	ظرفیت‌سازی نیروی انسانی و آموزش آنها
C_5	استفاده از فناوری‌های نوین در تولید و استحصال آب
C_6	اجرای سیاست‌های اصل ۴۴ و تنوع بخشی منابع مالی در سرمایه‌گذاری طرح‌های منابع آب با روش‌های مختلف
C_7	استقرار دیپلماسی آب و اجرای الزامات آن
C_8	لحاظ نمودن ارزش اقتصادی، سیاسی، امنیتی و ذاتی آب
C_9	استقرار سامانه‌های پایش منابع و مصارف و عملکرد
C_{10}	تعادل بخشی منابع آب

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴- موقعیت حوضه‌های آبریز مورد بررسی (گزینه‌ها) در نقشه



شکل ۵- ساختار شبکه‌ای مدل تصمیم‌گیری ANP فازی

۳-۲- ابرماتریس‌ها[۸]

در این مرحله بر اساس روابط بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری که در شکل ۴ نشان داده شده است، ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی تشکیل می‌شوند. سپس با استفاده از رابطه (۳)، وزن‌های نسبی فازی محاسبه شده و ابرماتریس وزن‌دهی نشده فازی تشکیل می‌گردد. با توجه به اینکه ابرماتریس فازی دارای ستون‌ها و سطرهای زیادی می‌باشد، بخشی از ابرماتریس وزن‌دهی نشده فازی در جدول ۴ نشان داده شده است. در این مرحله ابرماتریس وزن‌دهی نشده فازی، نرمال شده و با ضرب وزن‌های بدست آمده برای خوشه‌ها در این ابرماتریس، ابرماتریس وزن‌دهی شده فازی به‌دست می‌آید. پس از تشکیل ابرماتریس وزن‌دهی شده فازی، وزن‌های فازی هر یک از سطرها محاسبه می‌شود. همچنین فاصله اقلیدسی از نقاط ایده‌آل مثبت و منفی بر اساس رابطه (۴) به‌دست آمده و در نهایت فاصله نزدیکی هر یک از گزینه‌ها تعیین می‌شود.

www.SID.ir

جدول ۳- راهبردهای بخش آب به‌عنوان زیرمعیارهای روش ANP

S_1	ارتقاء، استقرار و باز نگری نظام سنجش بهره‌وری آب در تعامل با بخش‌های مرتبط و ذینفع
S_2	اعمال مدیریت تقاضا و عملیاتی سازی الگوی بهینه مصرف در بخش‌های مختلف مصارف و اعمال سیاست‌های تشویقی و حمایتی
S_3	اعمال مدیریت بهم‌پیوسته آب در سطح ملی و حوضه آبریز با رعایت اصول توسعه پایدار و هماهنگی متقابل بین بخش‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی، زیربنایی و خدماتی
S_4	انتقال مدیریت و مالکیت تأسیسات آبی و برقابی به بخش‌های خصوصی و تعاونی در چارچوب قانون سیاست‌های اصل ۴۴
S_5	تدوین، تصویب و اجرای قانون جامع آب کشور
S_6	ارتقاء مشارکت ذینفعان در فرآیند برنامه‌ریزی، اجرا، بهره برداری و حفاظت از منابع و تأسیسات آبی با تأکید بر ایجاد و توسعه نهادها و تشکل‌های مردمی
S_7	ارتقاء و استقرار ساختار سازمانی بخش آب بارویکرد مدیریت به‌هم پیوسته در حوضه‌های آبریز
S_8	ایجاد و توسعه نظام‌های فنی، حقوقی و مبادله آب در چارچوب کنوانسیون‌های ذیربط بین المللی با لحاظ نمودن ظرفیت‌های منابع آبی و آب مجازی در راستای توسعه امنیت آبی کشور
S_9	ارتقاء، استقرار و نهادینه کردن نظام بهره برداری، حفاظت و نگهداری از منابع و تأسیسات آب کشور
S_{10}	بازچرخانی و استفاده مجدد از آب با تاکید بر جایگزینی پساب برای مصارف کشاورزی و فضای سبز و تخصیص منابع با کیفیت برای شرب و بهره برداری از منابع آب نا متعارف به ویژه منابع آب شور دریا و دریاچه‌ها
S_{11}	به کارگیری روش‌های نوین استحصال آب
S_{12}	ارتقا آگاهی عمومی جهت حفاظت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب
S_{13}	ساماندهی و توسعه بازارهای محلی آب
S_{14}	منظور نمودن ظرفیت‌های آبی و ارزش کامل اقتصادی، ذاتی، سیاسی، امنیتی، اجتماعی و زیست محیطی آب در طرح‌های کالبدی و آمایش سرزمین
S_{15}	استقرار نظام قیمت گذاری آب بر اساس هزینه تمام شده با رویکرد ارتقاء بهره‌وری و کاهش هزینه‌های سرمایه گذاری و بهره برداری
S_{16}	اولویت در توسعه و بهره برداری بهینه از منابع آبی حوضه‌های آبریز مرزی و مشترک و استقرار ساختارهای حقوقی متناسب با آن
S_{17}	توسعه سامانه فراگیر پایش و ارزیابی منابع و مصارف و کنترل فرآیند بهره برداری و حفاظت از منابع آب از جنبه‌های کمی و کیفی
S_{18}	تنوع بخشی به منابع مالی و تقویت توان مالی با تاکید بر جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی و مشارکت بهره برداران در مطالعه، اجرا و بهره برداری طرح‌های آبی
S_{19}	ظرفیت‌سازی، آموزش، توسعه و توانمندسازی مدیریت و منابع انسانی در بخش آب
S_{20}	استقرار مدیریت دانش محور و به کارگیری علوم و فن آوری و تحقیقات روز در صنعت آب
S_{21}	استقرار و ارتقاء مدیریت دانش در فرآیند مدیریت سازه ای و غیر سازه ای منابع آب
S_{22}	ارتقاء نظام آموزش عمومی و تخصصی آب در کشور و گسترش پژوهش‌های کاربردی
S_{23}	استقرار نظام برنامه ریزی، توسعه و بهره برداری از حوضه‌های آبریز کشور سازگار با اقلیم و شرایط حاصل از تغییر اقلیم
S_{24}	ارتقاء و استقرار نظام پایش و ارزیابی عملکرد بر اساس برنامه استراتژیک بخش آب
S_{25}	استقرار نظام اولویت بندی طرح‌های آبی بر اساس الزامات مدیریت به هم پیوسته منابع آب و تأکید بر اتمام همزمان و تکمیل چرخه طرح‌های چند منظوره
S_{26}	توسعه مدیریت خطرپذیری (ریسک) و بحران جهت جلوگیری از نقصان در کمیت و کیفیت منابع آب با تأکید بر مدیریت خشکسالی، سیل و تغییرات اقلیمی
S_{27}	توسعه و بهره‌برداری بهینه از ظرفیت‌های آب کشور در راستای استفاده از انرژی برق‌آبی هماهنگ با تأمین نیاز سایر بخش‌های مصرف
S_{28}	توسعه صادرات کالاها وخدمات فنی و مهندسی بخش آب به کشورهای منطقه و جهان
S_{29}	توسعه و تدوین برنامه‌های بهره برداری تلفیقی از منابع آب سطحی، زیرزمینی و نامتعارف
S_{30}	تأمین بخشی از آب شیرین مورد نیاز از طریق بازیافت حرارت در نیروگاه‌های حرارتی مردمی
S_{31}	ارتقاء بهره‌وری آب در بخش کشاورزی از طریق روش‌هایی نظیر کم آبیاری، اصلاح الگو و ترکیب کشت، کاهش تبخیر آب، کشت گلخانه‌ای و به ویژه الزامی نمودن استفاده از روش‌های نوین آبیاری
S_{32}	پایش و مدیریت اثرات تغییرات اقلیمی بر منابع آب کشور
S_{33}	پایداری و تعادل بخشی در عرضه و تقاضای آب با هدف کاهش بیلان منفی سفره‌های آب زیرزمینی و افزایش شاخص کیفی آب
S_{34}	اصلاح و بهبود ساختار تخصیص منابع آب کشور و ایجاد حسابداری ملی آب با هدف مدیریت تقاضا و ارتقاء شاخص کارایی آب
S_{35}	حفظ، احیاء و بهره‌برداری پایدار از آثار و سازه‌های تاریخی آبی
S_{36}	تلاش ویژه در جهت دستیابی به دانش و مدیریت تحولات آب و هوایی نظیر یونیزاسیون جو، روش نوین باروری ابرها و... از طریق اجرای طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی خاص
S_{37}	هماهنگی در امر مدیریت مؤثر حفاظت خاک، گیاه و تغذیه منابع آب با انجام اقدامات برنامه ریزی شده آبخیز داری با همکاری سازمان‌های ذی‌ربط
S_{38}	ارتقاء نظام مشتری مداری و حمایت مناسب از حقوق مشترکین با بهره گیری از فن آوری‌های جدید و اصلاح فرآیندهای موجود

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- بخشی از ابرماتریس وزن‌دهی نشده

ابرماتریس وزن دهی نشده	گونه ها		C_1						C_2						
			S_1	S_2	S_{11}	S_{17}	S_3	S_5	S_7	S_{23}	S_{25}	S_{26}	S_{17}
گونه ها	اثرک	اثرک	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۷۰، ۰.۰۹۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۰۰، ۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰)	(۰.۰۸۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۸۰)	(۰.۰۸۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۸۰)	(۰.۰۸۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۸۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰)
	دریاچه نمک	دریاچه نمک	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۳۰، ۰.۲۳۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۱۵۰، ۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۱۲۰، ۰.۱۷۰، ۰.۲۳۰)	(۰.۱۲۰، ۰.۱۷۰، ۰.۲۳۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)
	دریاچه ارومیه	دریاچه ارومیه	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۲۰، ۰.۲۷۰، ۰.۳۲۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۱۵۰، ۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۶۰، ۰.۳۳۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۶۰، ۰.۳۳۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)
	سفیدرود	سفیدرود	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۲۰، ۰.۲۷۰، ۰.۳۲۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۱۵۰، ۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۱۲۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۳۰)	(۰.۱۲۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۳۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)
	زاینده رود	زاینده رود	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۲۰، ۰.۲۷۰، ۰.۳۲۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۱۵۰، ۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۱۲۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۳۰)	(۰.۱۲۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۳۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)
C_1	S_1	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_2	(۰.۳۱۰، ۰.۴۵۰، ۰.۵۶۰)	(۰.۲۸۰، ۰.۳۴۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۲۷۰، ۰.۳۵۰، ۰.۴۳۰)	(۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰، ۰.۱۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{11}	(۰.۱۵۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۲۷۰، ۰.۳۵۰، ۰.۴۳۰)	(۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰، ۰.۱۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{17}	(۰.۰۵۰، ۰.۰۷۰، ۰.۰۹۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
C_2	S_3	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۲۷۰، ۰.۳۵۰، ۰.۴۳۰)	(۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰، ۰.۱۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_5	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۲۷۰، ۰.۳۵۰، ۰.۴۳۰)	(۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰، ۰.۱۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_7	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۲۷۰، ۰.۳۵۰، ۰.۴۳۰)	(۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰، ۰.۱۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{23}	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۲۷۰، ۰.۳۵۰، ۰.۴۳۰)	(۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰، ۰.۱۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{25}	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۲۷۰، ۰.۳۵۰، ۰.۴۳۰)	(۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰، ۰.۱۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{26}	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۲۷۰، ۰.۳۵۰، ۰.۴۳۰)	(۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰، ۰.۱۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{27}	(۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۰۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۵۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۲۷۰، ۰.۳۵۰، ۰.۴۳۰)	(۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰، ۰.۱۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰، ۰.۲۱۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
C_3	S_9	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{12}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{15}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{18}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
C_4	S_{19}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{20}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{21}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{22}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
C_5	S_{10}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{11}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{50}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{16}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
C_6	S_4	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_6	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{13}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)
	S_{18}	(۰.۲۱۰، ۰.۲۹۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۹۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۱۴۰، ۰.۲۰۰، ۰.۲۶۰)	(۰.۲۳۰، ۰.۳۳۰، ۰.۴۱۰)	(۰.۰۵۰، ۰.۰۶۰، ۰.۰۸۰)	(۰.۱۷۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۶۰)	(۰.۱۰، ۰.۱۴۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۰۹۰، ۰.۱۱۰، ۰.۱۶۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۳۰، ۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰)	(۰.۱۹۰، ۰.۲۴۰، ۰.۳۱۰)

www.SID.ir

جدول ۵- وزن‌های فازی، فاصله اقلیدسی di^+ ، di^- و فاصله نزدیکی (CCi)

گزینه‌ها	وزن‌های فازی	d_i^+	d_i^-	CC_i
دریاچه ارومیه	(۵/۹۱۶، ۱۲/۱۳۳، ۸/۹۳۷)	۰/۳۳۲	۰/۷۶۹	۱
دریاچه نمک	(۵/۳۷۴، ۱۱/۰۷، ۸/۱۰۱)	۰/۳۷۷	۰/۷	۰/۹۲۷
زاینده‌رود	(۵/۲۹۶، ۱۰/۴۸۲، ۷/۷۲۷)	۰/۳۹۴	۰/۶۶۸	۰/۹۰۷
سفیدرود	(۵/۱۲۸، ۱۰/۰۳۲، ۷/۹۳۴)	۰/۴۱۴	۰/۶۴۱	۰/۸۶۳
اترک	(۴/۶۰۱، ۶/۳۶۸، ۸/۸۲۱)	۰/۴۷۷	۰/۵۶۹	۰/۷۷

۴- نتایج

همانطور که در بخش‌های قبل توضیح داده شد، ارزیابی و اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بحرانی کشور با استفاده از الگوریتم جدید فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی انجام شد. براساس ابرماتریس‌های فازی، نتایج ارائه شده در جدول ۵ شامل وزن‌های فازی، فاصله اقلیدسی از نقاط ایده‌آل مثبت و منفی و همچنین فاصله نزدیکی هر یک از گزینه‌ها می‌باشند.

از طرفی، برای بررسی عملکرد الگوریتم ارائه شده، نتایج به‌دست آمده از روش پیشنهادی با نتایج بدست آمده از روش ANP مقایسه شد. در روش ANP نیز رابطه شبکه‌ای بین خوشه‌ها، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها مانند شکل ۵ می‌باشد. در روش ANP، برای تعیین امتیاز نهایی گزینه‌ها، ماتریس وزن‌دهی شده به توان می‌رسد. عملیات به توان رساندن زمانی پایان می‌یابد که ماتریسی با سطرهای برابر که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر با یک باشد، بدست آید. ماتریس نهایی، ماتریس حدی نامیده می‌شود. روش ترکیبی جدید ترکیبی نه تنها با در نظر گرفتن اعداد فازی مثلثی عدم قطعیت‌های تصمیم‌گیری را بهتر مدل می‌کند، بلکه عملیات ریاضی آن نیز ساده‌تر از روش‌های متداول می‌باشد. مقایسه نتایج بدست آمده از روش ANP و روش ANP فازی جدید در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- امتیازهای بدست آمده از روش ANP و ANP فازی جدید

گزینه‌ها	الگوریتم جدید FANP	ANP
دریاچه ارومیه	۱	۱
دریاچه نمک	۰/۹۲۷	۰/۹۴۲
زاینده‌رود	۰/۹۰۷	۰/۸۹
سفیدرود	۰/۸۶۳	۰/۸۷۲
اترک	۰/۷۷	۰/۷۰۴

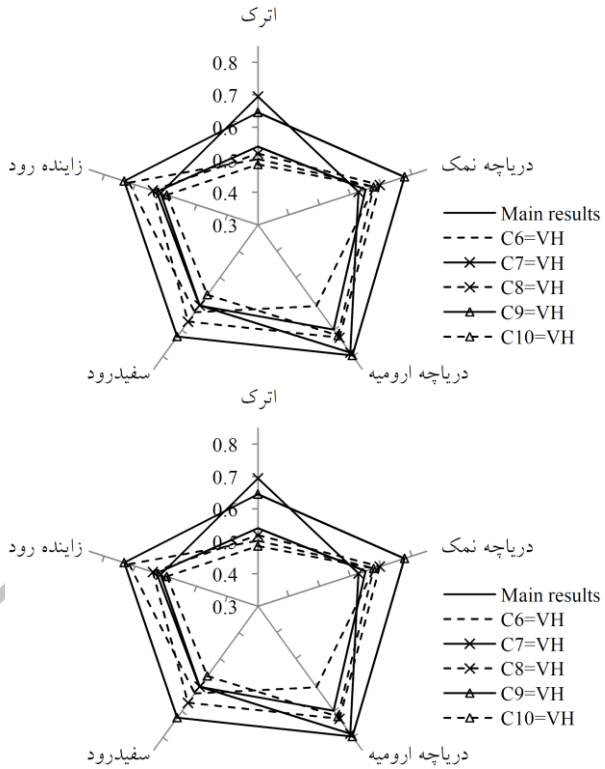
همانطور که ملاحظه می‌شود، در هر دو روش به‌کار برده شده، حوضه آبریز دریاچه ارومیه در اولویت اول قرار دارد. این بدان معناست که اعمال راهبردهای بخش آب تأثیر به‌سزایی در توسعه مدیریت این حوضه آبریز خواهد داشت. نتایج به‌دست آمده از الگوریتم جدید ANP فازی نشان می‌دهد که این الگوریتم می‌تواند به‌خوبی مسائل تصمیم‌گیری با روابط پیچیده بین معیارها را مدل کند. همچنین استفاده از ریاضیات فازی به مدل کردن بهتر عدم قطعیت‌های موجود در نظرات تصمیم‌گیرنده‌ها کمک می‌کند. مزایای مهم الگوریتم جدید ANP فازی نسبت به روش‌های متداول ANP عبارتند از:

- در روش پیشنهادی، وزن‌های نسبی به‌دست آمده از ماتریس‌های مقایسه زوجی به‌صورت اعداد فازی مثلثی می‌باشند. در نتیجه بهتر می‌توانند بیانگر نظرات بیانی تصمیم‌گیرنده‌ها باشند. درصورتی‌که در روش‌های متداول ANP فازی، وزن‌های نسبی بدست آمده از ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی، اعداد کلاسیک می‌باشند.
- در الگوریتم ارائه شده، پس از تشکیل ابرماتریس وزن‌دهی شده، فاصله اقلیدسی از نقاط ایده‌آل مثبت و منفی بدست می‌آید. در نتیجه در این روش ترکیبی از مزایای هر دو روش ANP و TOPSIS استفاده شده است.
- روش پیشنهادی جدید بسیاری از پیچیدگی‌های روش‌های متداول ANP از جمله به توان رساندن ابرماتریس وزن‌دهی شده را ندارد.

از طرفی، برای بررسی تأثیر وزن خوشه‌ها در اولویت‌بندی نهایی حوضه‌های آبریز، تحلیل حساسیت بر روی وزن خوشه‌ها انجام شده است. شکل ۶ نتایج اولویت‌بندی به ازای وزن‌های مختلف زیر معیارهای (خوشه‌های) مربوط به معیارهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، وقتی وزن C_2 بسیار زیاد باشد، اختلاف بین امتیاز گزینه‌ها بسیار کمتر از زمانی است که وزن C_1 بسیار زیاد در نظر گرفته می‌شود. همچنین به‌ازای وزن بسیار زیاد برای C_6، زاینده‌رود در رتبه اول، دریاچه نمک در رتبه

Archive of SID
www.SID.ir

دوم، سفیدرود در رتبه سوم و دریاچه ارومیه در رتبه چهارم قرار می‌گیرد. اما، به‌ازای وزن بسیارکم برای C_6، دریاچه ارومیه دارای بالاترین امتیاز می‌باشد. حوضه آبریز اترک همچنان دارای کمترین امتیاز است. از طرفی، وقتی وزن C_7 بسیار زیاد باشد، حوضه آبریز ارومیه در مرتبه اول و حوضه اترک در مرتبه دوم قرار می‌گیرد. این امر نشان می‌دهد که تغییر وزن‌های C_6 و C_7 که زیر معیار بخش اقتصادی می‌باشند، تأثیر بیشتری در تغییر اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز دارد.



شکل ۶- تحلیل حساسیت امتیاز هر حوضه نسبت به اعمال وزن حداکثری برای زیرمعیارهای دهگانه مربوط به راهبردهای بخش آب

۵- نتیجه‌گیری

آب به عنوان یکی از منابع اصلی برای توسعه پایدار کشور می‌باشد. راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور به عنوان راهنمای مناسبی برای تدوین برنامه‌های مدیریت حوضه‌های آبریز کشور بوده و در عین حال با ایجاد هم‌پیوندی در عرصه‌های مدیریت فرابخشی آب موجب بهره‌برداری بهینه از منابع آب کشور خواهد گردید. یکی از مسائل مهم در برنامه کلان بخش آب، به‌خصوص در تخصیص آب، ارزیابی حوضه‌های آبریز از دیدگاه مدیریتی و بر اساس راهبردهای مختلف بخش آب می‌باشد که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اهمیت ارزیابی تأثیر راهبردها و شاخص‌های مختلف بخش آب در مدیریت حوضه‌های آبریز و همچنین ارتباط و وابستگی پیچیده بین معیارها و زیرمعیارهای مختلف در بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، در این تحقیق، با ارائه یک روش ترکیبی جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره براساس روش ANP فازی، اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بحرانی کشور انجام شده است. همچنین نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی ANP فازی با نتایج روش ANP مقایسه شده است. با توجه به اینکه در روش ترکیبی ANP فازی، از ترکیب دو روش ANP و TOPSIS فازی استفاده شده، لذا این روش مزایای هر دو روش را در بر می‌گیرد. در این روش، به‌دلیل استفاده از ریاضیات فازی، عدم قطعیت‌های موجود در نظرات تصمیم‌گیرنده‌ها بهتر مدل می‌شود. برخلاف اکثر روش‌های ANP فازی که در آنها ابرماتریس‌ها شامل اعدادکلاسیک هستند، در روش ترکیبی ارائه شده در این تحقیق، ابر ماتریس‌های وزن‌دهی نشده و وزن‌دهی شده شامل اعداد فازی مثلثی می‌باشند. از طرف دیگر، یکی از مزایای مهم روش پیشنهادی جدید این است که علیرغم استفاده از ریاضیات فازی که دارای پیچیدگی‌های خاص می‌باشد، دارای الگوریتم ساده‌تری نسبت به روش‌های قبلی است. به‌طوری‌که روش جدید بسیاری از پیچیدگی‌های روش‌های متداول ANP از جمله به توان رساندن ابرماتریس وزن‌دهی شده را ندارد. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که حوضه آبریز ارومیه دارای بیشترین و حوضه آبریز اترک دارای کمترین امتیاز می‌باشند. روش ANP فازی ارائه شده در این تحقیق می‌تواند در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری و مدیریتی که در آنها روابط پیچیده‌ای بین عناصر تأثیرگذار برقرار است، مورد استفاده قرار گیرد. همچنین برای بررسی تأثیر وزن خوشه‌ها در اولویت‌بندی نهایی حوضه‌های آبریز، تحلیل حساسیت بر روی وزن خوشه‌ها انجام شده است.

پی نوشت‌ها

1-Multiple Attribute Decision Making
2- ELimination Et Choice Translating REality
3- Fuzzy Compromise Programming
4- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
5- Analytical Network Process
6- Fuzzy Analytical Network Process
7- Cluster
8-Supermatrix

۶- مراجع

رضوی طوسی س ل، محمدولی سامانی ج و کوره‌پزان دزفولی ا (۱۳۸۶) اولویت‌بندی پروژه‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای با

Archive
www.SID.ir

استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه‌ای فازی. مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۲، ۹-۱.

رضوی طوسی س ل، محمدولی سامانی ج و کوره‌پزان دزفولی ا (۱۳۹۰) مقایسه روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه‌ای گروهی فازی در اولویت بندی پروژه‌های انتقال آب. مجله تحقیقات منابع آب ایران، جلد ۷، شماره ۳، ۱۲-۱.

Abrishamchi A, Ebrahimian A and Tajrishi M (2005) Case study: application of multicriteria decision making to urban water supply. J Water Res PI-ASCE 131: 326- 335.

Afshar A, Marino MA, Saadatpour M and Afshar A (2011) Fuzzy TOPSIS multi-criteria decision analysis applied to Karun reservoirs system. Water Resour Manage 25: 545- 563.

Ayağ Z and Özdemir RG (2012) Evaluating machine tool alternatives through modified TOPSIS and alpha-cut based fuzzy ANP. Int. J. Production Economics 140: 630- 636.

Boran S, Goztepe K and Yavuz E (2007) A study on election of personnel based on performance measurement by using Analytic Network Process (ANP). IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security 8:333- 338.

Chang YF and Ishii H (2013) Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Approach to assess the Project Quality Management in Project. Procedia Computer Science 22: 928- 936.

Chen TC (2000) Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy sets and systems 114:1- 9.

Connell EO, Bathurst J, Kilsby C, Parkin G, Quinn P, Younger P, Anderson S and Riley M (2000) Integrating mesoscale catchments experiments with modeling: The potential for sustainable water resources management, Fifth IHP/IAHS George Kovacs Colloquium, HELP, International Hydrological Programme, UNESCO, Paris.

Huang JJ, Tzeng GH and Ong CS (2005) Multidimensional data in multidimensional scaling using the analytic network process. Pattern Recogn Lett 26:755- 767.

Kang HY, Hung MC, Pearn WL, Lee AH I and Kang MS (2011) An integrated multi-criteria decision making model for evaluating wind farm performance Energies 4: 2002-2026.

Karnib A (2004) An approach to elaborate priority preorders of water resources projects based on multi-criteria evaluation and fuzzy sets analysis. Water Resources Management 18:13- 33.

Lee JW and Kim SH (2000) Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection, Computers and Operations Research 27:367- 382.

Lee HI, Hung MC, Kang HY, Pearn WL (2012) A wind turbine evaluation model under a multi-criteria decision making environment. Energy Conversion and Management 64:289- 300.

Liu H and Kong F (2005) A new MADM algorithm based on fuzzy subjective and objective integrated weights. International journal of information and system sciences 1:420- 427.

Minatour Y, Khazaei J and Ataei M (2013) Earth dam site selection using the analytical hierarchy process (AHP): a case study in the west of Iran. Arabian journal of geosciences 6 (9):3417- 3426.

Montazar A and Behbahani SM (2007) Development of an optimized irrigation system selection model using analytical hierarchy process. Biosyst Eng 98:155- 165.

Montazar A and Zadbagher E (2010) An analytical hierarchy model for assessing global water productivity of irrigation network in Iran. Water Resour Manag 24:2817- 2832.

Niemiraa MP and Saaty TL (2004) An analytic network process model for financial-crisis forecasting. International Journal of Forecasting 20: 573- 587.

Raj PA (1995) Multicriteria methods in river basin planning- A case study. Water science and technology 31:61- 272.

Raj AP and Kumar ND (1998) Ranking multi-criterion river basin planning alternatives using fuzzy numbers. Fuzzy sets and systems 100:89- 99.

Raju SK, Duckstien L and Arondel C (2000) Multicreterion Analysis for Sustainable Water Resources planning: A Case Study in Spain. Water Resources Managemen 14:435- 456.

Razavi Toosi SL and Samani JMV (2012) Evaluating water transfer projects using Analytic Network Process (ANP). Water Resources Management 26:1999- 2014.

Razavi Toosi SL, Samani JMV and Koorehpazan Dezfuli A (2009) Ranking water transfer projects using fuzzy methods. Proceedings of Institution Civil Engineers. Water management. WM4 (163):189- 197.

Rezaeiniya N, Ghadikolaei AS, Mehri-Tekmeh J, Rezaeiniya H (2014) Fuzzy ANP Approach for New Application: Greenhouse Location Selection; a Case in Iran. Journal of mathematics and computer science 8:1- 20.

Archive of SID
www.SID.ir

Management Scenarios. Water Resources Management 18:35- 54.

Srdjevic B and Medeiros YDP (2008) Fuzzy AHP Assessment of Water Management Plans. Water Resour Manage 22: 877- 894.

Tavana M, Zandi F, Katehakis MNA hybrid fuzzy group ANP–TOPSIS framework for assessment of e-government readiness from a CiRM perspective. Information & Management 50:383- 397.

Wu WW and Lee YT (2007) Selecting knowledge management strategies by using the analytic network process. Expert Syst. Appl. 32:841- 847.

Yaccob AMB (2007) Management of Melana watershed using multicriteria decision making approaches. Master of engineering thesis. Faculty of Civil Engineering. University Teknologi Malaysia.

Zarghaami M (2005) Uncertain criteria in ranking inter- basin water transfer projects in Iran. 73rd Annual Meeting of ICOLD. Tehran, IRAN. Paper No.: 180-S1.

Zarghaami M, Ardakanian R and Memariani A (2007) Fuzzy Multiple Attribute Decision Making on Water Resources Projects Case Study: Ranking Water Transfers to Zayanderud Basin in Iran. J. Water International 32(2):280- 293.

Zarghami M, Abrishamchi A and Ardakanian R (2008) Multi-criteria Decision Making for Integrated Urban Water Management. J. Water Resour Manage 22:1017- 1029.

Zarghami M, Szidarovszky F and R Ardakanian (2009) Multi-attribute decision making on inter-basin water transfer projects. J: Transaction E: Industrial Engineering 16(1):73- 80.

Rouyendegh BD and Can GF (2012) Selection of working area for industrial engineering students. Procedia - Social and Behavioral Sciences 31:15- 19.

Saaty TL (1996) Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process, RWS Publications, Pittsburgh.

Saaty TL (2005) Theory and applications of the Analytic Network Process. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh, PA 15213.

Saaty TL (2006) Applications of Analytic Network Process in entertainment. Iranian Journal of Operations Research 1:41- 55.

Saaty TL (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Services Sciences 1(1):83- 98.

Saaty TL and Vargas LG (2006) Decision making with the Analytic Network Process. Economic, Political, Social and Technological. Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks. Springer Science and Business medi, LLC.

Safari M, Ataei M, Khalokakaie R, Karamozian M (2010) Mineral processing plant location using the analyeical hierarchy process- a case study: the Sangan iron ore mine (phase1). Min Sci Technol 20:0691- 0695.

Simonovic SP and Prodanovic P (2002) Comparison of Fuzzy Ranking Methods for Implementation in Water resources decision-making. Canada Journal of Civil Engineering 29:692- 701.

Srdjevic B, Medeiros YDP and Faria AS (2004) An Objective Multi-Criteria Evaluation of Water

Archive of SID

www.SID.ir