نشريه علمي- پژوهشي جغرافيا و برنامه‌ريزي، سال ۲۱، شماره ۶۱، پاييز ۱۳۹۶، صفحات ۱۶۴-۱۴۵

تاريخ دريافت: ۱۳۹٤/۰٦/۱٦ تاريخ پذيرش نهايي: ۱۳۹۵/۰۱/۱۵

ارزیابی پتانسیل منابع آب دشت اردبیل با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP) در محیط GIS

جعفرجعفرزاده*[۱]
هاشم رستم‌زاده[۲]
محمدرضا نیکجو[۳]
اسماعیل اسدی[٤]

چکیده

مطالعه و بررسی تغییرات منابع آب در هر منطقه برای مدریریت منابع آب و استفاده بهینه از آن‌ها ضروری می باشد. در این پژوهش، هدف ارزیابی وضعیت منابع آب موجود در دشت اردبیل از لحاظ وضعیت منابع اعم از سطحی و زیرسطحی بر اساس چهار معیار طبیعی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و انسانی با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای فازی می‌باشد. به منظور ارزیابی بهتر روش تحلیل شبکه‌ای فازی از زیرمعیارهای میزان جمعیت، وضعیت صنایع، وضعیت بارش، وضعیت آب‌های سطحی (حجم برداشت از رودخانه) و آب‌های زیرزمینی (شامل وضعیت قنات‌ها و چاه‌ها و چشمه‌ها)، سطح زیر کشت و نوع محصولات از

۱ـ کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی– دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول) Email:jjafar1364@gmail.com
۲ـ عضو هیات علمی گروه اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳ـ عضو هیات علمی گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۴ـ عضو هیات علمی گروه مهندسی آب ، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

نظر نیاز آبی، شیب و ارتفاع استفاده شده است. وابستگی میان زیرمعیارها با استفاده از تکنیک DEMATEL فازی و بر اساس نظر کارشناسان خبره تعیین شده است. سپس با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی تمامی معیارها و زیرمعیارها وزن‌دهی شده و برای تمامی زیرمعیارها نقشه‌های متناسب با وزن‌های به‌دست آمده تهیه گردید. در نهایت نقشه نهایی که بر اساس لایه‌های اولیه و وزن دار شده با تکنیک شبکه‌ای فازی ایجاد شده بود، در محیط GIS ترسیم شده است. نقشه‌های حاصله حساسیت منطقه مورد مطالعه را از لحاظ پتانسیل های منابع آب مشخص کرده است. مناطق با خطر پایین ۱۱/۱۳ درصد معادل ۹۲۰۰ هکتار در منتهی الیه شمالی دشت و کمی در غرب دشت می‌باشند. مناطق با خطر متوسط ۱۹/۳۶ درصد معادل۱۵۸۷۰ هکتار بوده و در شمال و غرب دشت قرار گرفته‌اند، مناطق با خطر بالا ۲۱/۳ درصد معادل ۱۷۵۱۰ هکتار بوده و بیشتر در قسمت‌های مرکزی و بالایی دشت واقع شده‌اند، مناطق با خطر در معرض آسیب ۳۱/۹ درصد معادل ۲۶۲۲۰ هکتار بوده و و در قسمت‌های جنوبی و مرکزی دشت قرار گرفته و در نهایت مناطق بحرانی ۱۶/۱ درصد معادل ۱۳۲۵۰ هکتار را شامل می‌شوند که بیش‌تر در قسمت جنوب و شرق پراکندگی دارند.

واژگان کلیدی: پتانسیل منابع آب، تکنیک DEMATEL ، تحلیل شبکه‌ای فازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، دشت اردبیل.

مقدمه

آب به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین نیازهای بشر همیشه به‌دلیل خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی، زندگی بشر و موجودات زنده را با بحران های جدی مواجه ساخته و خواهد ساخت (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۶: ۳۵). افزایش روزافزون جمعیت و نیاز به گسترش صنعت و کشاورزی از طرفی و ارتقای سطح استانداردهای زندگی در بسیاری از کشورها از طرف دیگر موجب

افزایش نیاز به منابع آب با کیفیت و همچنین کمیت مناسب برای مصارف مختلف کشاورزی، صنعت و شرب شده است (علیزاده، ۱۳۸۹: ۳۳). راهکارهای مناسب برای مدیریت بحران[5] ناشی از آب و هم‌چنین سازگاری با مسئله کمبود آب، مستلزم شناخت و آگاهی از چگونگی وقوع و تهدیدهای ناشی از آن بر منابع آب موجود خواهد بود. دانشور وثوقی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر خشکسالی بر تراز آب زیرزمینی دشت اردبیل را طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۷ بررسی کردند. ایشان نشان دادند که پایین رفتن تراز سطح آب چاه‌های دشت اردبیل معلول کاهش بارندگی نبوده بلکه به برداشت بی‌رویه آب از چاه های آب زیرزمینی ارتباط دارد. نامبردگان خشکسالی و تأثیر آن بر روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت اردبیل در دو دهه اخیر را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تقریباً در همه ایستگاه‌ها به‌جز برخی، تراز آب زیرزمینی دارای روند منفی است. مکلف سربند و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای به مقایسه فنی ـ اقتصادی انتقال آب از قزل‌اوزن به بخش مرکزی اردبیل با طرح‌های مشابه پرداختند. تحقیقات ایشان به بررسی مطالعات تأمین کمبود آب، لزوم انتقال آب مورد نیاز شرب و صنعت بخش مرکزی از حوضه مشترک قزل‌اوزن به محدوده شهرستان‌های مرزی و توریستی نمین، نیر، سرعین و اردبیل پرداخته و آن را با سایر طرح‌های مشابه مورد مقایسه قرار داده است. شمسی سوسهاب و ستاری (۱۳۹۳) در مقاله‌ای به تخمین سطح آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از شبکه‌های مصنوعی پرداختند. نتایج کار ایشان نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی اغلب ایستگاه‌های این دشت (به‌غیر از مناطق غرب و

5- Crisis Management

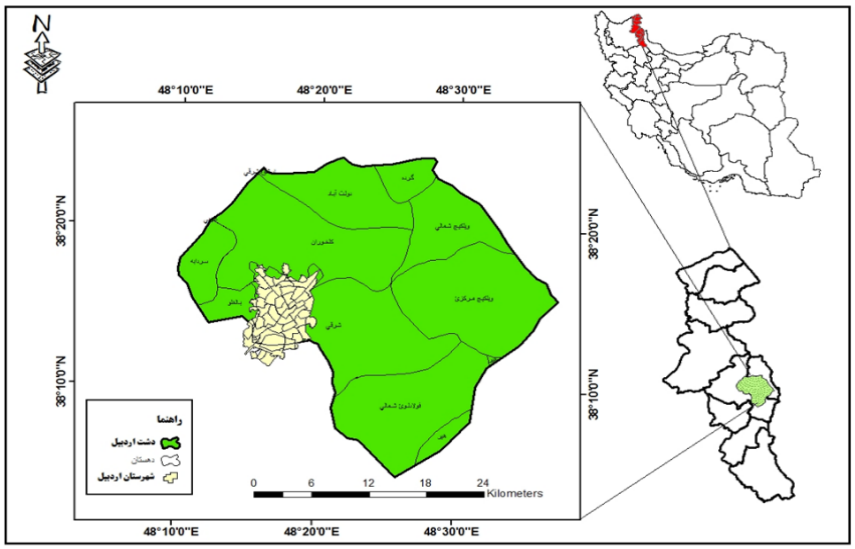
شمال غربی دشت اردبیل) دارای روند منفی معنی‌داری هست. (Yang و Chena؛۲۰۱۱) از مدل تحلیل شبکه‌ای فازی برای ارزیابی خطر خشکسالی کشاورزی استفاده کردند. آنها در این پژوهش که برای استان هونان چین انجام دادند، روش تحلیل شبکه‌ای فازی را روشی مناسب برای ارزیابی خطر خشکسالی کشاورزی عنوان کردند.

(Smith؛ ۲۰۱۲) طی پژوهشی به توافق‌نامه حفاظت از زمین برای حفظ منابع آب اشاره‌کردند. ایشان در این پژوهش با ارائه یک پرسشنامه به مالکان و زمین‌داران، نظرات آنان را در این مورد جویا شدند که در نهایت نظر بیش‌تر آنان بر این بوده است که این توافقنامه می‌تواند راه‌حل مناسبی برای حفظ منابع آب باشد. (Almeida؛ ۲۰۱۳) در پژوهشی برای برآورد استفاده مجدد از پتانسیل آب بر اساس استدلال فازی، عنوان کردند که ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری، می‌تواند راهکارهای برنامه‌ریزی برای شناسایی کاهش مشکلات تأمین منابع آب را ارائه دهد. آنها استفاده از تصفیه فاضلاب شهری به‌عنوان یک منبع جایگزین آب برای مصارف غیر شرب در آینده را راهکاری مناسب دانستند. (Hongchao؛ ۲۰۱۴) در تحقیقی با عنوان اثرات صرفه‌جویی مصرف آب در یکپارچه‌سازی مدیریت منابع آب، به مصارف بخش‌های مختلف و نیز تأثیر میزان صرفه‌جویی در مدیریت منابع آب پرداختند. حال با توجه به بررسی‌های پیشین و هدف پژوهش، می توان سوالات زیر را مطرح کرد: ۱) مهم‌ترین معیار و زیر معیار تأثیرگذار در بحران منابع آبی دشت اردبیل کدام است و ۲) ازنظر فضایی، کدام بخش از دشت اردبیل با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار، در آینده در معرض بیش-ترین خطر کاهش پتانسیل منابع آبی مواجه است؟ محدوده مورد مطالعه دشت اردبیل در ناحیه شمال غربی ایران و در محدوده‌ای بین عرض شمالی

۳۸ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه و طول شرقی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه واقع شده است. ارتفاع متوسط دشت حدود ۱۳۶۰ متر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد. وسعت آن حدود ۸۲۰ کیلومترمربع بوده و جزئی از حوضه آبخیز رود قره‌سو به شمار می‌رود (شکل ۱). دشت اردبیل متشکل از ۲ واحد شهری (اردبیل و آبی بیگلو) ، ۳ بخش،۱۰ واحد دهستان و ۵۹ واحد روستایی می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۹۰).

مواد و روش‌ها

تعیین معیارها و شاخص‌های مدل پس از مرور ادبیات و مطالعه تحقیقات انجام‌شده داخلی و خارجی در خصوص عوامل مؤثر در پتانسیل منابع آب، و پس از انجام جلسات بحث و تبادل نظر با اساتید و متخصصان در زمینه آب، جامعه آماری مهم‌ترین این عوامل به‌عنوان متغیرهای مدل تعیین گردید و به‌صورت پرسشنامه در اختیار خبرگان جامعه مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس، ارزیابی پتانسیل منابع آب دشت اردبیل از چهار معیار تشکیل می‌گردد که عبارت‌اند از: عوامل طبیعی، عوامل هیدرولوژیکی، عوامل کشاورزی و عوامل انسانی.



شکل (۱) نقشه راهنمای منطقه مورد مطالعه

از میان زیر معیارهای شناسایی‌شده، شیب (S1) و ارتفاع (S2) مربوط به معیار اول، وضعیت بارش (S3)، وضعیت آب‌های زیرزمینی (S4) و وضعیت آب‌های سطحی (S5) مربوط به معیار دوم، سطح زیر کشت (S6) و نیاز آبی سالانه محصولات (S7) مربوط به معیار سوم و وضعیت (پراکنش) صنایع - (S8) و میزان جمعیت (S9) مربوط به معیار چهارم می‌باشد. در این پژوهش از داده‌های آماری جمعیت مربوط به‌کل دشت اردبیل و به تفکیک دهستان و روستا و وضعیت مصرف آب صنایع موجود در دشت اردبیل بهره گرفته شده است. هم‌چنین از داده‌های طبیعی شامل شیب و ارتفاع، داده‌های هیدرولوژیکی شامل وضعیت بارش، وضعیت آب‌های سطحی و وضعیت آب-های زیرزمینی. داده‌های کشاورزی شامل سطح زیر کشت محصولات و نیاز آبی سالانه محصولات کشت شده به تفکیک دهستان استفاده شده است.

منطق فازی

نظریه فازی در سال ۱۳۵۸ توسط پروفسور لطفی‌زاده دانشمند ایرانی عرضه شـد. این نظریه

از زمان ارائه تاکنون گسترش و تعمیق زیادی یافته و کاربردهای گوناگون در زمینه‌های مختلف پیدا کرده است. تئوری فازی نظریه‌ای است که برای اقدام در شرایط عدم اطمینان اراده شده است این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم هایی که نادقیق و مبهم هستند، چنانچه در عالم واقع در اکثر موارد این‌چنین است، به شکل شناختی درآورد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم-اطمینان فراهم آورد (مومنی، ۱۳۹۲: ۱۸۷). برای اولین بار لارهوورن و پدریکز در سال ۱۹۸۳توابع عضویت مثلثی و مقایسات نسبی فازی را مطرح نمودند (داداش پور و خدابخش، ۱۳۹۲: ۷۳). شکل (۲) نمودار مدل کلی مساله را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار، مساله از دو بخش تشکیل شده است بخش اول GIS و بخش بعدی MCDM می‌باشد که در نهایت با تلفیق این دو بخش مساله حل شده است.

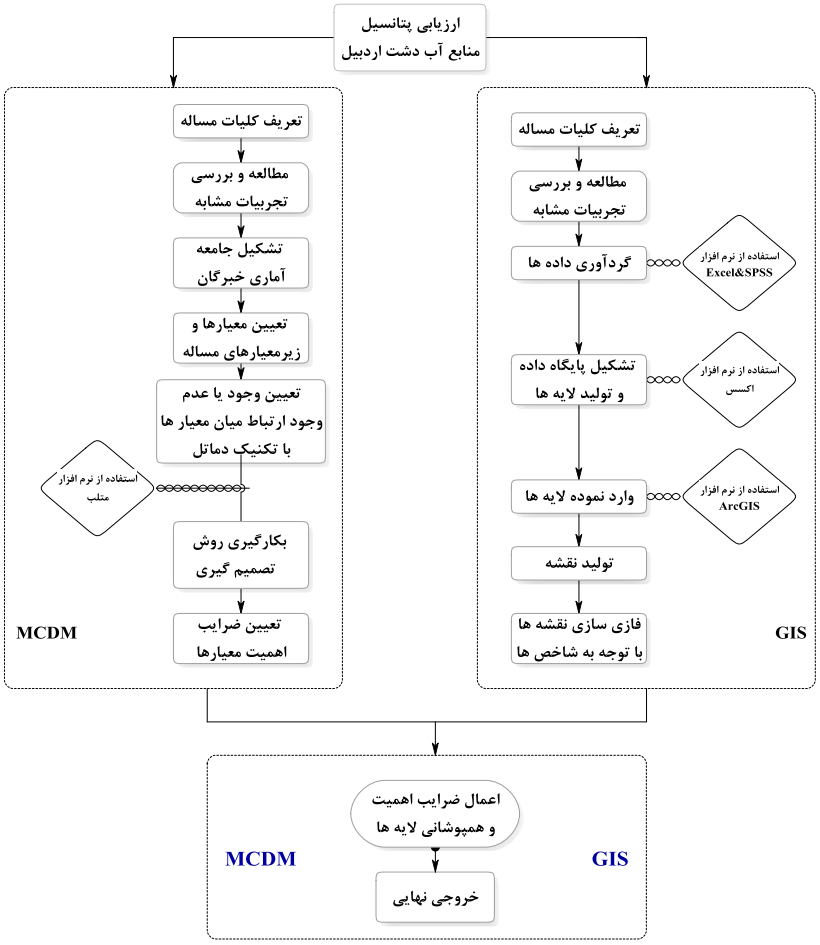
تکنیک دماتل فازی

زمانی که با مسائل پیچیده سر وکار داریم کشف روابط متقابل بین شاخص-ها از اهمیت زیادی برخوردار می شود. در مدل‌های مختلف از جمله ANP با شبکه‌ای از روابط متقابل مواجه می‌باشیم. یکی از روش‌های مناسب برای ساختارسازی روش دماتل است (Shieh et al؛۲۰۱۰). روش دماتل بر مبنای تئوری گراف می‌باشد و می‌توانیم معیارها را به گروه علت و معلول تقسیم

کنیم تا شناخت بهتری از روابط متقابل علت و معلولی حاصل شود و شبکه‌ای از روابط متقابل را ترسیم نماییم (آقاابراهیمی سامانی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۲۶؛ Lee et al،۲۰۱۱). در این پژوهش به دو منظور از تکنیک دماتل فازی استفاده شده است. نخست برای محاسبه ماتریس وابستگی‌ها بین عوامل و سپس برای شناسایی عوامل علّی. مراحل اجرای این روش به‌شرح زیر است (et al Zhou، ۲۰۱۱):

تهیه ماتریس روابط مستقیم بین عوامل سیستم

خبرگان با استفاده از متغیرهای زبانی و عددی جدول (۱) (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳) نظر خود را در مورد تأثیر مستقیم هر یک از عوامل اصلی بر یکدیگر، بیان می‌کنند. با تبدیل تخمین های زبانی به اعداد فازی بر طبق همین جدول، ماتریس رابطه مستقیم اولیه $A=[a_{ij}]$ به‌دست می‌آید که در آن، A یک ماتریس n*n نامنفی می‌باشد و درایه a_{ij} یک عدد فازی مثلثی است که نشان‌دهنده تأثیر مستقیم عامل i بر روی عامل j می‌باشد. وقتی i=j باشد، مولفه‌های قطری ماتریس، صفر می‌شود (et al Zhou ، ۲۰۱۱).



شکل (۲) نمودار مدل کلی مساله

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \end{bmatrix} \qquad (۱)$$

جدول (۱) متغیرهای زبانی و اعداد فازی متناظر

متغیر زبانی	اعداد قطعی	اعداد فازی مثلثی متناظر
بی‌تاثیر	۰	(۰ ، ۰ ،۰/۲۵)
تاثیر خیلی کم	۱	(۰ ، ۰/۲۵ ، ۰/۵)
تاثیر کم	۲	(۰/۲۵ ، ۰/۵ ، ۰/۷۵)
تاثیر زیاد	۳	(۰/۵ ، ۰/۷۵ ، ۱)
تاثیر خیلی زیاد	۴	(۰/۷۵ ، ۱ ، ۱)

نرمال کردن ماتریس روابط مستقیم

در این مرحله، ماتریس نرمال شده رابطه مستقیم از معادله (۲) به‌دست می‌آید:

$$X=S \times A \qquad (۲)$$

تشکیل ماتریس رابطه کلی

مجموع دنباله نامحدود از آثار مستقیم و غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر به صورت یک تصاعد هندسی و بر اساس قوانین موجود از گراف ها، محاسبه میشود. مجموع این تصاعد، ماتریس رابطه کلی T است که در آن I، یک ماتریس واحد یا یکه n×n است (Wu، ۲۰۰۸).

$$I + X + X^2 + \cdots + X^n \qquad (۳)$$
$$= X(I + X + X^2 + \cdots + X^{n-1})(I - X)(I - X)^{-1}$$
$$= X(I - X^n)(I - X)^{-1}$$

با شرط این که $\lim_{n\to\infty} X^n = [0]_{n\times n}$ ، ماتریس رابطه کلی از طریق معادله ۴ به‌دست می‌آید، داریم:

$$T = X(I - X)^{-1} \qquad (۴)$$

فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی

با توجه به اینکه در دنیای واقعی معیارها معمولاً وابسته به یکدیگرند، رهیافت‌های سنتی در این زمینه به شکل مناسبی قابل به‌کارگیری نیستند. به‌همین علت، ساتی فرایند تحلیل شبکه‌ای را که توسعه‌یافته فرایند تحلیل سلسله مراتبی است، برای به‌دست آوردن مجموعه‌ای از وزن‌های مناسب برای معیارها معرفی کرد (عالم تبریز و باقرزاده آذر، ۱۳۸۸: ۵۹). از فرایند تحلیل شبکه‌ای تنها برای به دست آوردن وزن‌های نسبی معیارها و نه برای تمامی مراحل ارزیابی استفاده می‌شود. در فرایند تحلیل شبکه‌ای این پژوهش برای دقت بیشتر در فرایند از اعداد فازی استفاده می‌شود از این رو آن را فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی می‌نامیم (عشورنژاد و همکاران، ۱۳۹۱: ۶).

مراحل به دست آوردن وزن مؤلفه‌ها با تحلیل شبکه‌ای فازی

مرحله اول: از مقایسات زوجی پاسخ‌دهندگان میانگین هندسی گرفته می‌شود.

مرحله دوم: محاسبه بردار ویژه: برای محاسبه بردار ویژه هر یک از جداول مقایسات زوجی تجمیع شده، طبق رابطه ۵ از روش لگاریتمی حداقل مجذورات، استفاده می‌شود.

$$w_k^s = \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^s\right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}^m\right)^{1/n}}, \quad s \in \{l, m, u\} \qquad (۵)$$

به‌طوری‌که:

$$\tilde{w}_k = (w_k^l, w_k^m, w_k^u) \quad k = 1,2,3,\ldots,n$$

در این رابطه w_k^s بردار ویژه و (l,m,u) اعداد فازی مثلثی می‌باشند.

مرحله سوم: تشکیل ماتریس‌های بردار ویژه (w_{ij}) به‌طور کلی می‌توان این ماتریس‌ها را به دو دسته تقسیم کرد:

۱- ماتریس‌هایی که شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که روابط بین سطحی(عمودی) را نشان می‌دهند. اگر بین دو مؤلفه رابطه بین سطحی وجود نداشته باشد در محل تلاقی آن دو مؤلفه در ماتریس، مقدار (۰,۰) قرار می‌گیرد.

۲- ماتریس‌هایی که شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که روابط افقی را نشان می‌دهد.

مرحله چهارم: محاسبه اوزان نهایی سطوح: برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه‌های هر سطح (w_i) می‌بایست حاصل‌ضرب ماتریس بردار ویژه روابط درونی در بردار ویژه همان سطح را در وزن نهایی سطح بالاتر ضرب کنیم.

$$W_i^* = W_{ii} \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^* \qquad (۶)$$

در صورتی که برای یک سطح ماتریس (w_{ii}) وجود نداشت، لازم است یک ماتریس یکه هم درجه جایگزین آن گردد.

بحث و بررسی

در بدو انجام کار برای استخراج روابط میان زیرمعیارهای پژوهش و پس از انجام جلسه بحث گروهی با خبرگان جامعه آماری و با استفاده از جدول طراحی‌شده به منظور شناسایی تعاملات، وابستگی نه شاخص عملکرد در قالب یک جدول تعاملات وابستگی‌ها به‌دست آمد. برای ساختارسازی و

تهیه مدل مفهومی برای شناسایی روابط میان معیارها از روش دماتل استفاده شد. از زیرمعیارهای استخراج شده در مرحله قبل، ابتدا پرسشنامه-ای طراحی گردید و در اختیار خبرگان قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد با مقایسه زوجی هر یک از عوامل واقع بر هر سطر ماتریس، با تک‌تک عوامل واقع بر ستون‌های ماتریس، شدت اثر عامل سطری بر عامل‌های ستونی را به صورت عددی بین صفر تا چهار طبق جدول (۱) در خانه‌های مربوط به آن‌ها درج نمایند. پس از تجمیع نظر کارشناسان، تکنیک دماتل فازی بر روی ماتریس‌های زوجی تکمیل شده از سوی متخصصان در این زمینه محاسبه شد. جدول (۲) ماتریس روابط کلی را که پس از اعمال تکنیک دماتل فازی به‌دست آمده است را نشان می‌دهد.

جدول (۲) ماتریس روابط کلی زیرمعیارها

عناصر	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
S1	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱
S2	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱
S3	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰
S4	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱
S5	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱
S6	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱
S7	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
S8	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱
S9	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰

جدول (۳) ماتریس بردار ویژه سطح دو نسبت به سطح یک

	بررسی وضعیت بحران آب
عوامل انسانی	(0.128,0.199,0.313)
عوامل کشاورزی	(0.12,0.166,0.257)
عوامل هیدرولوژیکی	(0.306,0.458,0.642)
عوامل طبیعی	(0.112,0.178,0.266)

جدول (۴) ماتریس بردار ویژه سطح دو نسبت به سطح دو

	عوامل انسانی	عوامل کشاورزی	عوامل هیدرولوژیکی	عوامل طبیعی
عوامل انسانی	(0.5,0.5,0.5)	(0.071,0.086,0.11)	(0.068,0.103,0.155)	(0.056,0.075,0.126)
عوامل کشاورزی	(0.065,0.098,0.144)	(0.5,0.5,0.5)	(0.178,0.25,0.37)	(0.057,0.086,0.129)
عوامل هیدرولوژیکی	(0.2,0.26,0.351)	(0.192,0.244,0.309)	(0.5,0.5,0.5)	(0.212,0.339,0.441)
عوامل طبیعی	(0.101,0.142,0.198)	(0.135,0.17,0.204)	(0.096,0.147,0.217)	(0.5,0.5,0.5)

جدول (۵) ماتریس بردار ویژه سطح سه نسبت به سطح دو

	عوامل انسانی	عوامل کشاورزی	عوامل هیدرولوژیکی	عوامل طبیعی
جمعیت	(0.611,0.734,0.919)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
وضعیت صنایع	(0.212,0.266,0.319)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
سطح زیرکشت	(0,0,0)	(0.676,0.848,0.99)	(0,0,0)	(0,0,0)
نیاز آبی سالانه محصول	(0,0,0)	(0.13,0.152,0.19)	(0,0,0)	(0,0,0)
آب‌های زیرزمینی	(0,0,0)	(0,0,0)	(0.523,0.721,0.894)	(0,0,0)
آب‌های سطحی	(0,0,0)	(0,0,0)	(0.129,0.169,0.24)	(0,0,0)
بارندگی	(0,0,0)	(0,0,0)	(0.081,0.11,0.154)	(0,0,0)
شیب	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0.539,0.657,0.789)
ارتفاع	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0.286,0.343,0.418)

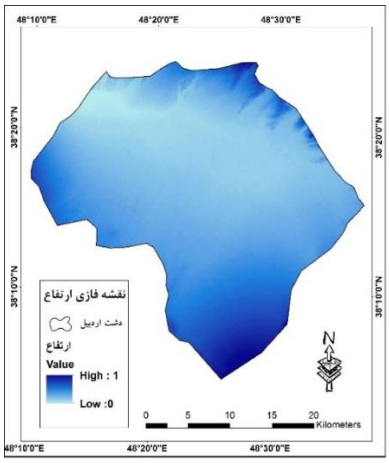
عمل فازی‌سازی در محیط GIS با اسـتفاده از هفت تابع عضویت تعریف شـده انـجام می‌گیرد که Gaussian، Near و Linear از جمله آنها هستند. جهت فازی‌سازی میزان بارندگی از تابع Linear استفاده شده است به این صورت که هرچه میانگین بارش بیش‌تر باشد مطلوبیت مکان بیش‌تر بوده و درجه عضویت بالاتری می‌گیرد. برای ارتفاع با توجه به کوهستانی بودن منطقه، برای ارتفاعات پائین‌تر که بارش به‌صورت باران صورت می‌گیرد درجه عضویت بیش‌تری در نظر گرفته شد. برای لایه‌های برداشت از آب-های سطحی و زیرسطحی، فازی‌سازی به این صورت است که هر چه برداشت پایین‌تر باشد مطلوبیت بیش‌تر و در نتیجه درجه عضویت بالاتر

می‌رود. برای فازی‌سازی لایه‌های صنایع و وضعیت جمعیت و سطح زیر کشت از تابع Gaussian استفاده شده است.

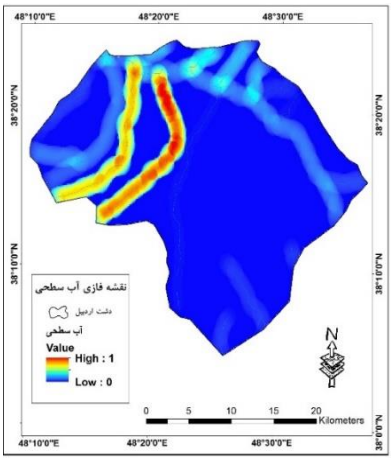
جدول (۶) ماتریس اوزان نهایی زیر معیارها نسبت به بررسی وضعیت بحران آب

مولفه	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی مولفه	رتبه
بارندگی	(۰/۳۲۹، ۰/۱۱۲، ۰/۰۴۳)	۰/۱۳۶	۵
وضعیت صنایع	(۰/۱۶۸، ۰/۰۵۳، ۰/۰۱۹)	۰/۰۶۶	۸
سطح زیرکشت	(۰/۴۶۹، ۰/۱۶۷، ۰/۰۶۱)	۰/۲	۲
شیب	(۰/۰۸۸، ۰/۰۲۸، ۰/۰۱۱)	۰/۰۳۶	۹
وضعیت آب‌های زیرزمینی	(۰/۵۲۵، ۰/۲۰۹، ۰/۰۸)	۰/۲۴	۱
جمعیت	(۰/۳۴۳، ۰/۱۱۱، ۰/۰۳۶)	۰/۱۳۷	۴
نیاز آبی سالانه محصولات	(۰/۳۱۴، ۰/۰۹۶، ۰/۰۲۸)	۰/۱۲۱	۶
وضعیت آب‌های سطحی	(۰/۳۸۸، ۰/۱۴۳، ۰/۰۴۷)	۰/۱۶۸	۳
ارتفاع	(۰/۲۳۸، ۰/۰۸۱، ۰/۰۲۸)	۰/۰۹۹	۷

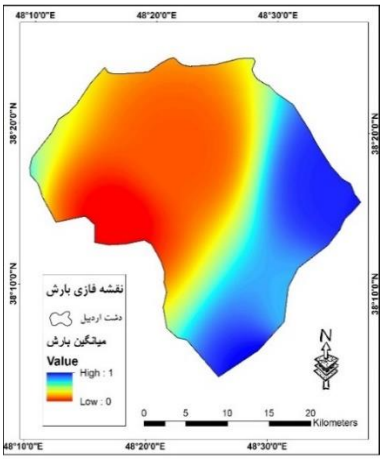
پس از به‌دست آوردن نقشه‌های وزن‌دار فازی برای زیرمعیارها، نقشه نهایی تحلیل وضعیت منابع آب دشت اردبیل تهیه شد. از آنجایی که تمامی نقشه‌های لایه‌های مبنا در پنج طبقه، طبقه‌بندی شده و وزن متناسب با هر طبقه مطابق با وضعیت لایه‌ها داده شده بود، نقشه نهایی نیز در پنج طبقه، به‌صورت مناطق با خطر پایین (پتانسیل بسیار بالا)، مناطق با خطر متوسط (پتانسیل بالا)، خطر بالا (پتانسیل متوسط)، مناطق در معرض آسیب (پتانسیل پایین)، مناطق بحرانی (پتانسیل بسیار پایین) طبقه‌بندی شد.



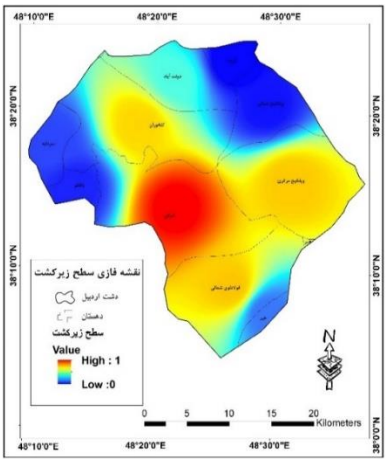
شکل (۵) نقشه فازی لایه ارتفاع



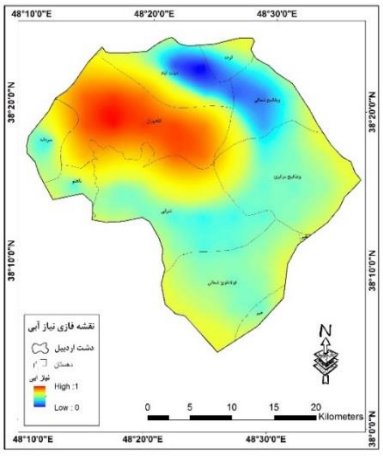
شکل (٦) نقشه فازی لایه بارش



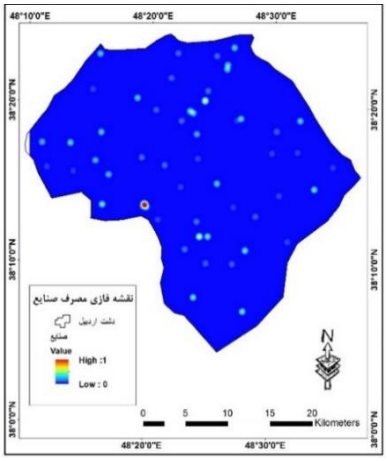
شکل (۷) نقشه فازی آب سطحی



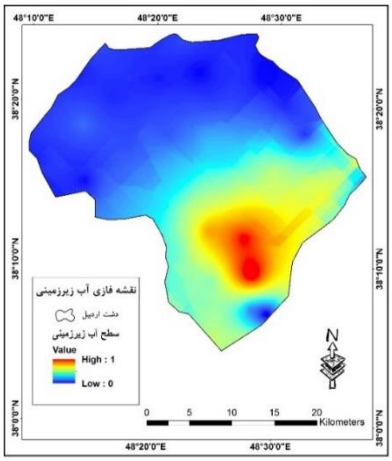
شکل (۸) نقشه فازی لایه سطح زیر کشت



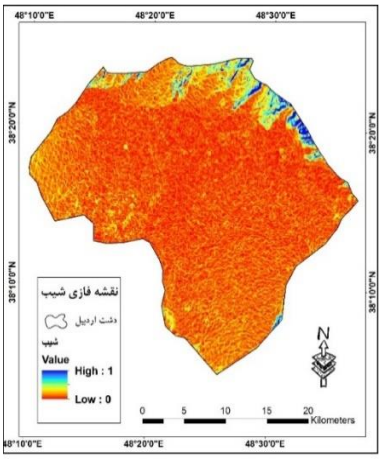
شکل (۹) نقشه فازی نیاز آبی شکل



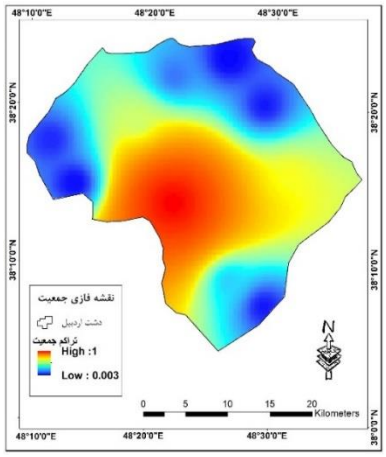
شکل (۱۰) نقشه فازی مصرف صنایع



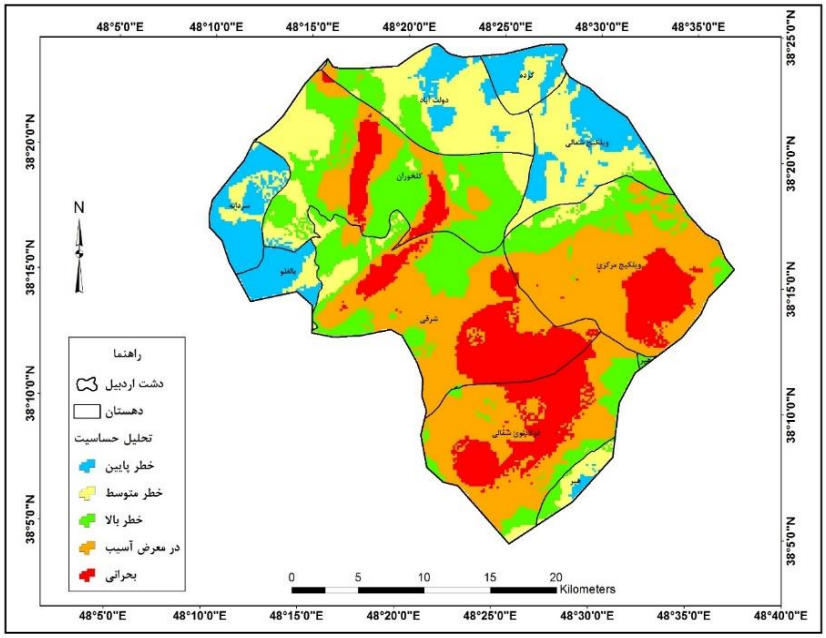
شکل (۱۱) نقشه فازی شیب



شکل (۱۲) نقشه فازی آب زیرزمینی



شکل (۱۳) نقشه فازی جمعیت



شکل (۱۴) نقشه تحلیل سطوح حساسیت منابع آب دشت اردبیل

دانشور وثوقی و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیق خود به این نتیجه رسیده‌اند که روند تغییرات در دشت اردبیل غیرمعنی‌دار می‌باشد و پایین رفتن تراز سطح آب چاه‌های دشت اردبیل معلول کاهش بارندگی نبوده بلکه به برداشت بی‌رویه آب از چاههای آب زیرزمینی ارتباط دارد. امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین میزان افت آب در قسمت جنوب و جنوب شرقی منطقه اتفاق افتاده است که این عامل باعث افزایش خطر فرونشست در این منطقه خواهد شد. شمسی و ستاری (۱۳۹۳) در تحقیقات خود نشان دادند که تراز آب زیرزمینی اغلب ایستگاه‌های دشت (به غیر از مناطق غرب و شمال غربی) دارای روند منفی معنی‌داری هست. هم‌چنین بررسی‌های انجام‌یافته در تحقیق ایشان نشان داده است که تراز آب زیرزمینی اغلب چاه‌های پیزومتری دشت اردبیل روند نزولی داشته به طوری‌که شدیدترین افت در شرق دشت مشاهده شده است که به نظر می‌رسد کاهش تراز آب زیرزمینی در اغلب ایستگاه‌ها به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی مربوط هست.

نتیجه‌گیری

با توجه به پیشینه تحقیقات انجام شده در مورد دشت اردبیل و نتایج و نقشه‌های به‌دست آمده از تحلیل معیارها و زیرمعیارهای تأثیرگذار در وضعیت منابع آب دشت اردبیل می‌توان اظهار داشت که قسمت‌های شرق و جنوب شرق دشت اردبیل در معرض بحران منابع آب واقع شده است که این نتیجه با بررسی نقشه وضعیت بارندگی منطقه و وضعیت سطح آب‌های زیرزمینی، نشان می‌دهد که بارندگی در وضعیت منابع آب دشت تأثیر کم‌تری از برداشت آب‌های زیرزمینی دارد. آن طور که نقشه وضعیت

بارندگی منطقه نشان می‌دهد، بیشترین بارش در قسمت‌های شرق و جنوب شرق رخ داده است که با توجه به موقعیت رشته کـوه‌های تالش در این منطقه یـک امر بدیهی است ولی درست در ایـن مناطق بیش‌ترین میزان افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی رخ داده است که با مقایسه این دو می‌توان چنین اظهار داشت که بین بارندگی در این منطقه و وضعیت آب-های زیرزمینی ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. مناطق در وضعیت بحرانی پتانسیل بسیار پایین، مناطق در معرض خطر، پتانسیل پایین، مناطق با خطر بالا، پتانسیل متوسط، مناطق با خطر متوسط، پتانسیل بالا و در نهایت مناطق با خطر پایین دارای پتانسیل بسیار بالا می‌باشند. حال با توجه به نقشه نهایی به‌دست آمده در این پژوهش می‌توان گفت که با توجه به تحلیل‌های انجام شده و جدول (۶) مشاهده مـی‌شود که معیار عوامل هیدرولوژیکی با وزن ۰/۳۹۶ مهم‌ترین معیار تأثیرگذار در وضعیت منابع آب دشت اردبیل می‌باشد که خود شامل زیرمعیارهای وضعیت آب‌های زیرزمینی با وزن ۰/۲۴، وضعیت آب‌های سطحی با وزن ۰/۱۶۸ و وضعیت بارش با وزن ۰/۱۳۶ می‌باشد و زیرمعیار وضعیت آب‌های زیرزمینی با وزن ۰/۲۴ مهم‌ترین زیرمعیار تأثیرگذار در وضعیت منابع آب دشت اردبیل می‌باشد. هم چنین مشاهده می‌شود که قسمت‌های شرق و جنوب شرق دشت اردبیل در وضعیت بحرانی واقع شده‌اند. با توجه به نقشه‌های به‌دست آمده و نتایج تحلیل، به‌نظر می‌رسد ارتباطی میان نواحی با سطح کشت محصولات با نیاز آبی بالا و مناطق بحرانی وجود ندارد. و در نهایت می‌توان چنین اظهار داشت که مناطق با خطر پایین ۱۱/۱۳ درصد معادل ۹۲۰۰ هکتار، مناطق با خطر متوسط ۱۹/۳۶ درصد معادل۱۵۸۷۰ هکتار، مناطق با خطر بالا ۲۱/۳ درصد معادل ۱۷۵۱۰ هکتار، مناطق با خطر در معرض آسیب ۳۱/۹

درصد معادل ۲۶۲۲۰ هکتار و در نهایت مناطق بحرانی ۱۶/۱ درصد معادل ۱۳۲۵۰ هکتار را شامل می‌شوند. با این حساب بدیهی است که با مشاهده میزان سطح در معرض آسیب که بیش‌ترین مقدار را داراست بایستی به فکر راهکارهای جامع و برنامه‌ریزی‌های مهمی در خصوص مدیریت مصرف آب در این دشت بود.

منابع

- آقاابراهیمی سامانی، بابک؛ ماکویی، احمد و محمدهمایون صدرلاهیجانی (۱۳۸۷)، «ارزیابی چالش‌های شرکت‌های ایرانی در پروژه‌های نفت و گاز به روش تکنیک دماتل»، *مجله عملی پژوهشی شریف*، شماره ٤٥، صص ۱۲۱-۱۲۹.
- داداش پور، هاشم و حمیدرضا خدابخش (۱۳۹۲)، «مکان‌یابی سایت‌های اسکان موقت با استفاده از فرایند تحیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)؛ مطالعه موردی منطقه ١٦ تهران، *نشریه علمی پژوهشی جغرافیا برنامه‌ریزی*، سال ۱۷، شماره ٤٦، صص ۹۰-٦۷.
- دانشور وثوقی، فرناز؛ دین‌پژوه، یعقوب و محمدتقی اعلمی (۱۳۹۰)، «تأثیر خشک‌سالی بر تراز آب زیرزمینی در دو دهه اخیر (مطالعه موردی: دشت اردبیل)»، *نشریه دانش آب و خاک*، جلد ۲۱، شماره ٤، صص ۱۷۹-١٦٥.
- امیراحمدی، ابوالقاسم؛ معالی اهری، نسیم و طیبه احمدی (۱۳۹۲)، «تعیین مناطق فرونشست احتمالی دشت اردبیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی»، *نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۱۷ ، شماره ٤٦، صص ۱-۲۳.
- حبیبی، آرش؛ ایزدیار، صدیقه و اعظم سرافرازی (۱۳۹۳)، «*تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی*»، انتشارات کتیبه گیل، چاپ اول، تهران.
- شمسی سوسهاب، رضا و محمدتقی ستاری (۱۳۹۳)، «تخمین سطح آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران»، انجمن علمی دانشجویی عمران دانشگاه ارومیه.

ـ عالم تبریز، اکبر و محمد باقرزاده آذر (۱۳۸۹)، مدل تصمیم‌گیری فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی برای گزینش تأمین‌کننده راهبردی، *فصلنامه پژوهش‌نامه بازرگانی*، شماره ٥٤، صص ٥٧-٨٦.

ـ عشورنژاد، غدیر؛ فرجی سبکبار، حسنعلی؛ علوی‌پناه، کاظم و محمدحسن نامی (۱۳۹۰)، مکان یابی شعب جدید بانک‌ها و موسسات مالی و اعتباری با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی، *نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی*، دوره ۲، شماره ۷، صص ۱-۲۰.

ـ علیزاده، امین (۱۳۸۹)، «*اصول هیدرولوژی کاربردی*»، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ بیست و هشتم.

ـ مسعودیان، ابوالفضل و محمدرضا کاویانی (١٣٨٦)، *اقلیم‌شناسی ایران*، انتشارات دانشگاه اصفهان.

ـ مکلف سربند، ابراهیم و حسین گلمحمدی (۱۳۹۱)، «مقایسه فنی ـ اقتصادی انتقال آب از قزل اوزن به بخش مرکزی اردبیل با طرح‌های انتقال آب»، همایش راهکارهای انتقال آب قزل اوزن به دشت اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی.

ـ مؤمنی، منصور (۱۳۹۲)، «*مباحث نوین تحقیق در عملیات*»، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

ـ نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن (۱۳۹۰)، «استانداری اردبیل (معاونت برنامه‌ریزی و دفتر آمار و اطلاعات و سیستم اطلاعات جغرافیایی)».

-Giovana Almeida, José Vieira, Alfeu Sá Marques, Asher Kiperstok, Alberto Cardoso. (2013), "Estimating the potential water reuse based on fuzzy reasoning", ***Journal of Environmental Management***, 128. PP. 883- 892.

-Hongchao Gao, Tong Wei, Inchio Lou, Zhifeng Yang, Zhenyao Shen, Yingxia Li. (2014). "Water saving effect on integrated water resource management", ***Resources, Conservation and Recycling***, 93, PP. 50–58.

-Junfei Chena, Yang Yang. (2001), "A fuzzy ANP-based approach to evaluate region agricultural drought risk", ***Procedia Engineering***, 23, PP. 822-827.

-Laurence Smith, Alex Inman, Ross Cherrington (2012), The potential of land conservation agreements for protection of water resources, **Environmental science & policy**, 24, PP. 92-100.

-Lee, WS; Huang, A.Y.; Chang, Y.Y. & Cheng, C.M. (2011), Analysis of Decision Making Factors for Equity Investment by DEMATEL and Analytic Network Process, ***Expert Systems with Applications***, No. 38.

-Shieh, J.I. Wu H.H., K.K, Huang. (2010), "A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality", ***Knowledge-based Systems***, Vol. 23, No.3, PP. 277–282.

-Wu, W. (2008), "Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL", ***Approach, Expert Systems with Applications: An International Journa***l, Vol. 35, No.3, PP. 828–835.

-Zadeh. L.A. (1999), "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes".

-Zhou, Q; Huang, W and Ying, Z. (2011), "Identifying Critical Success Factors in Emergency Management Using a Fuzzy DEMATEL Method", ***Safety Science***, No. 49.