

مکان‌یابی مناطق مستعد اجرای سیستم‌های آبیاری سطحی و تحت فشار با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی در دشت میاندوآب

نسرین آزاد^۱، الناز رضایی آباجلو^۲ و جواد بهمنش^{۳*}

۱- دانش آموخته دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

۲- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

۳- نویسنده مسئول، استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه. j.behmanesh@urmia.ac.ir

دریافت: ۹۴/۱۲/۲۲

بازنگری: ۹۶/۲/۵

پذیرش: ۹۶/۲/۹

چکیده

امکان‌سنجی و بررسی مناسب‌ترین مناطق اجرای سیستم‌های مختلف آبیاری، با توجه به کمیت و کیفیت آب، دارای اهمیت زیادی بوده و از اتلاف انرژی، سرمایه و هدر رفت منابع جلوگیری می‌کند. در این پژوهش با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، امکان اجرای سیستم‌های مختلف آبیاری (سطحی، بارانی و قطره‌ای) در دشت میاندوآب با توجه به کمیت و کیفیت آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور معیارهای کمی و کیفی تأثیرگذار در اجرای هر یک از روش‌های آبیاری تعیین و توسط روش‌های زمین‌آماري پهنه‌بندی شدند. سپس با فازی نمودن لایه‌های رستری معیارها و محاسبه وزن اهمیت نسبی آن‌ها با استفاده از روش AHP، در نهایت این لایه‌ها پس از تأثیر وزن‌ها با هم ترکیب شده و لایه نهایی مناطق مستعد استحصال آب تهیه گردید. نتایج بررسی نقشه‌ها نشان داد که در روش‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به ترتیب ۳۲/۳۲، ۱۹/۰۲ و ۵۱/۸۹ درصد از محدوده دشت دارای محدودیت جدی و خیلی زیاد جهت اجرای سیستم آبیاری مربوطه می‌باشند.

کلید واژه‌ها: تحلیل سلسله مراتبی فازی، آبیاری سطحی، آبیاری تحت فشار، مکان‌یابی، میاندوآب.

مقدمه

در هر گونه سیستم آبیاری در مقیاس ناحیه‌ای و منطقه‌ای، امکان‌سنجی دقیق و مناسب برای اجرای سیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در استفاده از انواع سیستم‌های آبیاری نیاز است که شرایط و ویژگی‌های منطقه متناسب با ویژگی‌های سیستم مورد نظر باشد. امروزه به دلیل کمبود آب در بسیاری از مناطق و تغییر کیفیت منابع آب به دلیل نبودن مدیریت صحیح، کمیت و کیفیت منابع آب در استفاده از سیستم‌های آبیاری، از جمله مهمترین عوامل محدودکننده هستند. منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی موجود در هر منطقه از کمیت و کیفیت واحدی برخوردار نیستند. از طرفی استفاده از آب فقط به منظور تأمین نیاز آبی گیاه نیست بلکه کیفیت آب آبیاری بر خصوصیات فیزیکی خاک و کمیت محصول نیز می‌تواند اثر داشته باشد. بیشتر گیاهان نسبت به شوری حساس بوده و در شرایط آبیاری بارانی با آب شور صدمه می‌بینند. سدیم و کلر از معمول‌ترین عناصر مسمومیت‌زا در آب آبیاری برای گیاهان می‌باشند. از طرفی در استفاده از آب شور نوع روش آبیاری بر میزان کاهش محصول اثرگذار است (Anonymous, 2005). همچنین کیفیت آب در سیستم‌های تحت فشار بر یکنواختی توزیع پخش آب از طریق مسدودسازی قطره‌چکان‌ها دارای اهمیت است. در آبیاری میکرو، بیشترین خطر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در اثر رسوب کلسیم پیش می‌آید. این خطر در آب‌های بی‌کربنات بیشتر است (Ghaemzadeh and Akhavan, 2014).

فرایند ارزیابی کیفی منابع آبی یک منطقه، مشتمل بر نمونه‌برداری صحیح و آزمایش فیزیکی و شیمیایی نمونه آب‌ها می‌باشد. این فرایند امری هزینه‌بر و نیازمند دقت زیاد است و تابع تعداد نمونه‌های آب برداشت شده از محل می‌باشد (Anonymous, 2005). با توجه به زمان‌بر بودن و هزینه‌های زیاد امکان‌سنجی هر مزرعه در اجرای سیستم‌های آبیاری، می‌توان با جمع‌آوری اطلاعات پارامترهای مؤثر در اجرای این سیستم‌ها و استفاده از روش‌های سنجش از دور، با هزینه‌ای کمتر و در مدت زمان کوتاهی امکان ارزیابی کمی و کیفی آب منطقه وسیعی را در اجرای این سامانه‌ها و در نتیجه مدیریت مطلوب‌تر منابع آب بررسی کرد. امروزه استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای انجام طرح‌های تحقیقاتی در علوم مختلف از جمله کشاورزی، مدیریت منابع و ذخایر و همچنین برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و تحقیقات امکان‌سنجی پتانسیل آب زیرزمینی در استحصال آب برای مصارف مختلف کاربرد فراوانی پیدا کرده است. Jose et al. (2012)، Bagyaraj et al. (2013)، Narendra et al. (2013) و Waikar و Nilawar (2014) در تحقیقات جداگانه، به منظور تعیین مکان‌های مناسب استحصال آب زیرزمینی در مناطق مختلف هند از تحلیل‌های GIS و سنجش از دور استفاده کردند. در برخی از این تحقیقات بر اساس پارامترهای مختلف از قبیل شیب منطقه، تراکم زهکشی و ... و استفاده از GIS در ترسیم لایه‌ها و وزن‌دهی مناسب به هر پارامتر

روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) روشی قوی در امر تصمیم‌گیری چند معیاری است. با ترکیب این روش با GIS امر تصمیم‌گیری چند معیاره در سطوح وسیع و با دقت بالا امکان‌پذیر شده است. بررسی منابع گوناگون نشان می‌دهد که مطالعات بسیار محدودی در زمینه مکان‌یابی استحصال آب با استفاده از این تکنیک صورت گرفته است. Khashei-siuki et al. (2011) در ارزیابی پتانسیل استحصال آب از آبخوان دشت نیشابور از طریق روش FAHP، با توجه به خصوصیات کمی و کیفی آبخوان، نواحی مناسب برداشت آب را مشخص کردند. نتایج نشان داد که ۵۵/۷۲ درصد از سطح دشت دارای قابلیت استحصال زیاد می‌باشد. در یک مطالعه دیگر مکان‌یابی مناسب استحصال آب شرب با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی در آبخوان بیرجند توسط Keshavarz et al. (2014) انجام شد. در مطالعه مذکور عناصر کیفی استاندارد شولر و پارامترهای افت سطح آب و ضریب قابلیت انتقال آب به‌عنوان معیارهای تصمیم‌گیری در نظر گرفته شد. Ramzi et al. (2014a) مناطق مستعد آبیاری قطره‌ای را با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در استان خراسان جنوبی تعیین کردند. در مطالعه آن‌ها، کلیه پارامترهای مؤثر در آبیاری قطره‌ای با استفاده از GIS پهنه‌بندی و توسط روش AHP تبدیل به یک نقشه شده و مناطق مستعد آبیاری قطره‌ای تعیین گردید. نتایج نشان داد که حدود ۵۰ درصد اراضی استان خراسان جنوبی قابلیت اجرای سیستم قطره‌ای را دارند. Ramzi et al. (2014b) در یک مطالعه دیگر پتانسیل‌یابی آبیاری بارانی را در خراسان جنوبی با استفاده از روش FAHP انجام دادند. طبق نتایج به‌دست آمده، تنها ۱۵ درصد اراضی استان برای اجرای آبیاری بارانی محدودیت خاصی ندارد. بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد تاکنون تحقیقی در رابطه با مکان‌یابی مناطق مستعد اجرای سیستم‌های آبیاری سطحی و تحت فشار در منطقه میاندوآب انجام نشده است. لذا هدف از این پژوهش استفاده از روش FAHP جهت بررسی امکان اجرای سیستم‌های مختلف آبیاری (سطحی، بارانی و قطره‌ای) در دشت میاندوآب با توجه به کمیت و کیفیت آب زیرزمینی می‌باشد.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

دشت میاندوآب با مساحت ۱۳۴۷ کیلومتر مربع در استان آذربایجان غربی و جنوب دریاچه ارومیه بین عرض شمالی ۳۶° ۱۵' تا ۳۷° ۱۵' و طول شرقی ۴۵° ۴۵' تا ۴۶° ۱۵' واقع شده است. این دشت در واقع در مصب چند رود واقع شده است که مهمترین این رودها زرینه‌رود و سیمینه‌رود می‌باشد. شیب این دشت از شرق به غرب و از جنوب به شمال به سمت دریاچه ارومیه می‌باشد. متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۰۰ متر در شرق میاندوآب و در حاشیه دریاچه حدود ۱۲۷۳ متر است (Anonymous, 2016).

و ترکیب لایه‌ها، منطقه از لحاظ پتانسیل استحصال آب زیرزمینی به چند دسته تقسیم شده و مناطقی که دارای پتانسیل بالا در استحصال آب زیرزمینی بودند مشخص گردید. در مطالعه دیگر، Neshat و Nikpour (2011) مکان‌های مستعد برای اجرای آبیاری تحت فشار را با استفاده از GIS در دشت کرمان مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با به‌کارگیری شبیه مکانی بولین (که ترکیب منطقی نقشه به صورت بلی و خیر می‌باشد؛ یعنی به صورت یک و صفر که به‌ترتیب بیانگر مناطق مناسب و نامناسب می‌باشند) مناطق مستعد جهت اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار را شناسایی کردند. Yazdani و Mansouriyani (2014) با استفاده از داده‌های کمی و کیفی آبخوان دشت نیشابور، پتانسیل بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی را پهنه‌بندی نمودند. آن‌ها با تهیه نقشه‌های مربوط به شوری، قابلیت انتقال و افت آب زیرزمینی و ترکیب این نقشه‌ها، شاخص پتانسیل بهره‌برداری از آب زیرزمینی را تهیه کرده و نقشه شاخص مذکور را با استفاده از GIS به‌دست آوردند. در یک مطالعه دیگر Ghaemizadeh و Akhavan (2014) با استفاده از GIS امکان اجرای سامانه‌های تحت فشار را در دشت‌های استان همدان با توجه به کیفیت آب زیرزمینی مورد بررسی قرار دادند. بررسی نقشه‌ها و نتایج به‌دست آمده از تحقیق آن‌ها نشان داد که بیشترین محدودیت از نظر کیفیت آب در دشت‌های شمالی و مرکزی استان وجود دارد.

وجود متغیرهای مختلف مؤثر باعث می‌شود مکان‌های مختلف استعداد‌های متفاوتی در امر استحصال آب دارا باشند. به دلیل این‌که پارامترهای مختلف تأثیر متفاوتی بر انتخاب محل مناسب برای استحصال آب دارند، نیاز است هر عنصر بر اساس درجه اهمیتش، وزن دهی شود. برای این منظور از فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده می‌شود. این روش در برگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی است، به‌طوری‌که می‌توان گفت این روش از یک طرف وابسته به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله است و از طرف دیگر با منطق، درک و تجزیه برای تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (Khashei-siuki et al., 2011). روش AHP اولین بار توسط Saaty (1980) مطرح شده است. این روش اساساً در کاربردهای تصمیم‌گیری غیرفازی استفاده شده است. قضاوت‌های ذهنی، انتخاب و عملکرد تصمیم‌گیران تأثیر بسیار زیادی در نتایج آن دارد. به‌علاوه ارزیابی‌های افراد از شاخص‌های کیفی اغلب ذهنی و غیر دقیق است. بنابراین AHP متعارف و کلاسیک، در دستیابی دقیق نیازمندی‌های تصمیم‌گیران ناکافی و ناکارآمد به نظر می‌رسد و قادر به انعکاس کامل تفکر بشری نیست. به منظور مدل‌سازی این نوع از عدم اطمینان‌ها در ترجیحات افراد، تئوری مجموعه‌های فازی با مقایسه‌های زوجی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی ترکیب می‌شود. به این ترتیب درک دقیق‌تری از فرایند تصمیم‌گیری حاصل می‌شود (Keshavarz et al., 2014).

معیارهای تصمیم‌گیری و پهنه‌بندی آن‌ها

برای انتخاب مکان‌های مناسب برای اجرای انواع سیستم‌های آبیاری ابتدا می‌بایست معیارهای تصمیم‌گیری کمی و کیفی آب زیرزمینی منطقه مشخص گردند. از جمله معیارهای کمی در رابطه با مکان مناسب برای استحصال آب، ضریب قابلیت انتقال سفره آب زیرزمینی و عمق آب در منطقه می‌باشد. به‌منظور بررسی وضعیت قابلیت انتقال آبخوان، از نتایج حاصل از ۶۰ چاه اکتشافی و آزمایش‌های پمپاژ دشت استفاده شد. بنابر نظرات کارشناسی در صورتیکه مقدار ضریب قابلیت انتقال بزرگتر از ۳۰۰۰ متر مربع در روز باشد محدودیتی از نظر استحصال آب وجود ندارد ولی در صورتیکه کمتر از ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر مربع در روز باشد، دارای محدودیت جدی در امر استحصال آب می‌باشد (Keshavarz et al., 2014). علاوه بر قابلیت انتقال، عمق آب زیرزمینی نیز یکی دیگر از متغیرهای کمی تأثیرگذار در استحصال آب می‌باشد؛ ولی از آنجا که در دشت میاندوآب عمق آب زیرزمینی کمتر از ۲۵ متر می‌باشد، بنابراین در این دشت محدودیتی از نظر عمق آب در استحصال وجود ندارد و جزء پارامترهای تصمیم‌گیری نمی‌باشد.

علاوه بر کمیت آب، کیفیت آب نیز از عوامل بسیار مهم در انتخاب مکان مناسب استفاده از آب زیرزمینی در روش‌های مختلف آبیاری می‌باشد. به‌منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی در این تحقیق از نتایج تجزیه شیمیایی آب ۴۵ چاه دشت میاندوآب در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ استفاده گردید. پارامترهای کیفی مؤثر در انتخاب هر یک از روش‌های آبیاری در ادامه به تفکیک بررسی شده است.

آبیاری سطحی: در طبقه‌بندی‌های کیفی آب اغلب دو معیار

اساسی شوری (غلظت کل نمک‌ها) و سدیم مورد نظر است. اثر عمده شوری آب این است که به‌دلیل بالا بودن پتانسیل اسمزی، جذب آب توسط ریشه‌ها را کاهش داده و لذا تبخیر-تعرق گیاه کاهش یافته و در نتیجه محصول تقلیل پیدا می‌کند. از طرف دیگر سدیم علاوه بر سمیت برای بعضی از گیاهان به‌دلیل اثر نامطلوب درصد سدیم قابل تبادل (ESP) بر ساختمان خاک نفوذپذیری حایز اهمیت است. در روش‌های معمول و متداولی که برای طبقه‌بندی آب‌های آبیاری ارائه شده است، برای شوری از معیار هدایت الکتریکی و برای سدیم از معیار جذب سدیم (SAR) طبق جدول (۱) استفاده می‌گردد (Fipps, Afuni et al., 1997, 1914).

آبیاری بارانی: از آن‌جایی که در روش آبیاری بارانی، آب

روی سطح برگ‌ها پاشیده می‌شود، پارامترهای شیمیایی آب آبیاری از اهمیت زیادی برخوردار است. طبق استاندارد ارائه شده توسط FAO (1994) و روش‌نامه مطالعات توجیه فنی، اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت فشار (Anonymous, 2005)، درجه محدودیت کیفی آب آبیاری، برای روش آبیاری بارانی در جدول (۲) ارائه شده است.

همچنین FAO (1994) از نظر صدمات ناشی از اصلاح آب آبیاری بر روی برگ‌ها در آبیاری بارانی با توجه به نوع محصول زراعی جدولی را ارائه داده است (جدول ۳). با توجه به اینکه غلظت سدیم و کلری که موجب آسیب دیدن گیاه می‌شود طبق جدول (۳) بسته به نوع گیاه متفاوت می‌باشد، بنابراین با در نظر گرفتن کشت غالب در منطقه و محدوده غلظتی از این دو نوع یون که باعث صدمه به گیاه می‌شود، غلظت سدیم و کلر نیز در سه گروه کلاس‌بندی گردید.

آبیاری قطره‌ای: در این روش از نظر پارامترهای شیمیایی

مقدار هدایت الکتریکی، pH آب و آن دسته از کاتیون‌ها و آنیون‌های آب که در گرفتگی قطره‌چکان‌ها اهمیت دارند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. از آن‌جایی که هدایت الکتریکی نمادی از مجموع املاح محلول در آب می‌باشد، پارامتر مناسبی در بررسی تناسب برای آبیاری قطره‌ای تلقی می‌گردد. هم‌چنین pH در کنش‌های شیمیایی که در آب صورت می‌گیرد، نقش اساسی دارد. بنابراین تعیین pH آب یکی از عوامل تعیین‌کننده در میزان رسوب‌گذاری در قطره‌چکان‌ها می‌باشد. بالا بودن غلظت کاتیون‌ها در گرفتگی قطره‌چکان‌ها نقش دارد. برای تعیین پتانسیل این رسوبات در گرفتگی قطره‌چکان‌ها از شاخص اشباع لانژیلر (Langelier Saturation Index (LSI)) استفاده می‌شود (Anonymous, 2005). این شاخص بر اساس اختلاف اسیدیته آب (pH) و اسیدیته اصلاح شده آن (pHc) به‌دست می‌آید که جهت کسب اطلاعات بیشتر در رابطه با نحوه محاسبه این شاخص می‌توان به Alizadeh (2001) مراجعه نمود. اگر LSI بزرگتر از صفر باشد خطر رسوب کربنات وجود داشته و از آن آب نباید در آبیاری قطره‌ای استفاده شود یا آنکه قطره‌چکان‌های مقاوم در برابر گرفتگی به کار برده شود و یا تمهیدات اسیدشویی لحاظ گردد. در غیر اینصورت آب از لحاظ رسوبات کلسیم مشکل‌ساز نخواهد بود (Alizadeh, 2001). از طرف دیگر طبق برخی منابع (Lalezari and Ansari Samani, 2014) شاخص مثبت موجب گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌شود اما در شاخص بزرگتر از ۱ نیز بایستی عملیات اصلاحی خاک انجام شود. بنابراین شاخص LSI نیز طبق این توضیحات در سه گروه کلاس‌بندی گردید. سختی آب نیز از جمله متغیرهای مؤثر در رسوب املاح موجود در آب می‌باشد. سختی آب را معمولاً به صورت مجموع غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم نشان می‌دهند. آب با سختی بالاتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر جزء آب‌های خیلی سخت طبقه‌بندی شده و با افزایش دما و قلیائیت، خطر رسوب املاح موجود در آب وجود دارد؛ ولی سختی کمتر از ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بدون مشکل بوده و بین این دو حد دارای محدودیت متوسط می‌باشد (Alizadeh, 2001). استاندارد پارامترهای مهم در آب برای آبیاری قطره‌ای در جدول (۴) آمده است (Anonymous, 2005).

آزاد و همکاران: مکان‌یابی مناطق مستعد اجرای سیستم‌های آبیاری...

جدول ۱- درجه محدودیت کیفی آب آبیاری برای روش آبیاری سطحی

پارامتر	محدودیت کم	محدودیت متوسط	محدودیت زیاد	محدودیت خیلی زیاد
EC($\mu\text{mhos/cm}$)	۱۰۰-۲۵۰	۲۵۰-۷۵۰	۷۵۰-۲۲۵۰	>۲۲۵۰
SAR	۱-۱۰	۱۰-۱۸	۱۸-۲۶	>۲۶

جدول ۲- درجه محدودیت کیفی آب آبیاری برای روش آبیاری بارانی

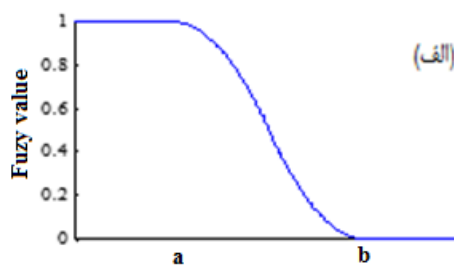
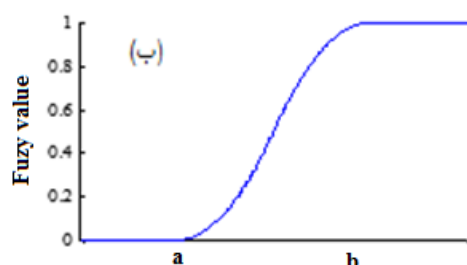
یون (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	بدون محدودیت	محدودیت کم تا متوسط	محدودیت جدی
سدیم (Na)	<۳	>۳	
کلر (Cl)	<۳	>۳	
بی‌کربنات (HCO_3)	<۱/۵	۱/۵-۸/۵	>۸/۵

جدول ۳- محدوده غلظت‌های سدیم و کلر متناظر با نوع محصول زراعی

غلظت سدیم و کلر که باعث آسیب دیدن برگ‌ها می‌شود (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)			
<۵	۵-۱۰	۱۰-۲۰	>۲۰
بادام (Almond)	انگور (Grape)	یونجه (Alfalfa)	گل کلم (Cauliflower)
زردآلو (Apricot)	فلفل (Pepper)	جو (Barley)	پنبه (Cotton)
مرکبات (Citrus)	سیب زمینی (Potato)	ذرت (Corn)	چغندر قند (Sugar beet)
آلو (Plum)	گوجه‌فرنگی (Tomato)	خیار سبز (Cucumber)	آفتابگردان (Sunflower)
		گل‌رنگ (Safflower)	

جدول ۴- درجه محدودیت استفاده از آب آبیاری برای روش آبیاری قطره‌ای

پارامتر	بدون محدودیت	محدودیت کم تا متوسط	محدودیت جدی
EC(ds/m)	<۰/۸	۰/۸-۳	>۳
TDS (mg/lit)	<۵۰۰	۵۰۰-۲۰۰۰	>۲۰۰۰
pH	<۷	۷-۸	>۸



شکل ۱- تابع فازی پارامترهای کیفی آب (Z-Shape) (الف) و ضریب انتقال آبخوان (S-Shape) (ب)

مجموعه، با استفاده از ابزار Feature to raster در محیط GIS، مقادیر وکتوری به صورت رستری تبدیل گشته و در مرحله بعد، به تمامی لایه‌های رستری وزن بین صفر تا یک فازی اعمال شده و نقشه‌های فازی حاصل شدند. تابع عضویت میزان درجه عضویت اعضای مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد. بر اساس نظریه فازی، عضویت اعضا در مجموعه به‌طور کامل نبوده و هر عضو دارای درجه عضویت از صفر تا یک می‌باشد (Maddahi et al., 2017). یعنی در این قسمت تمام نقشه‌ها تبدیل به رسترهای بین صفر تا یک شده و بدون بعد گردیدند. چندین تابع عضویت درجات فازی وجود دارد که S شکل (افزایشی) و Z شکل (کاهشی) از این گونه‌اند. مدل‌های مذکور بر اساس تأثیر پارامتر مورد بررسی بر

با در نظر گرفتن معیار قابلیت انتقال و همچنین معیارهای کیفی آب در فرایند تصمیم‌گیری در مورد انتخاب بهترین مکان استحصال آب و اجرای هر سیستم آبیاری، با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، داده‌های نقطه‌ای معیارهای تصمیم‌گیری در سطح دشت با روش کریجینگ میان‌یابی شده و توسط نرم‌افزار Arc-GIS نقشه‌های پهنه‌بندی به‌دست آمد.

ایجاد لایه‌های فازی

پس از پهنه‌بندی و تهیه لایه‌های رستری معیارها، این لایه‌ها با استفاده از توابع عضویت فازی، به لایه‌های فازی تبدیل شدند. بدین منظور پس از تولید لایه‌های وکتوری برای اطلاعات زیر

استفاده شد. به دلیل این که هر یک از متغیرها تأثیر متفاوتی روی استحصال آب دارا هستند و متغیرهای مؤثر بیش از یک فاکتور بوده و ارجحیت فاکتورها نسبت به هم سنجیده می‌شوند، از روش مقایسه زوجی استفاده شد. در روش مقایسه زوجی، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آن‌ها نسبت به یکدیگر بر اساس نظر کارشناسی تعیین می‌شود (Ghodsi Pour, 2016). برای مقایسه زوجی متغیرها به صورت طبقه‌بندی کمی بین ۱ تا ۹ از جدول قیاسی که توسط Saaty (1977) بیان شده است استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice که اصول آن بر اساس روش AHP استوار است، وزن هر کدام از معیارها به دست آمد. یکی از مزیت‌های روش AHP، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها است. سازوکار بررسی این سازگاری، محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری است (Saaty, 1977). این معیار بایستی کمتر از ۰/۱ باشد. در صورتی که مقدار ضریب بیشتر باشد، می‌بایست در اهمیت نسبی پارامترها تجدید نظر صورت گیرد.

ترکیب لایه‌های فازی معیارها و تهیه نقشه نهایی

پس از تهیه نقشه فازی برای هر یک از پارامترها (که در لایه‌های فازی شده معیارها، به هر کدام از پیکسل‌ها ارزشی بین صفر تا یک تعلق گرفت)، با استفاده از تکنیک AHP وزن‌های تهیه شده در این لایه‌ها ضرب و از حاصل جمع آن‌ها شاخص و نقشه نهایی استحصال آب به دست آمد (رابطه (۳)).

$$S = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \mu_i \quad (3)$$

که در این رابطه μ تابع عضویت و w وزن اختصاص داده شده به هر یک از پارامترها می‌باشد. به عبارت دیگر، با کاربرد ابزار Raster calculator در بخش Spatial Analyst و سپس کلاس‌بندی مجدد با ابزار Reclassify، تمامی لایه‌های هم-پوشانی مورد نیاز در استخراج مکان‌های مناسب نقشه‌های آبیاری سطحی، قطره‌ای و بارانی به دست آمد.

نتایج و بحث

متغیرهای کمی و کیفی محدودکننده هر یک از روش‌های آبیاری براساس بازه‌های آرایه شده در جداول (۱) تا (۴) و توضیحات ذکر شده، کلاس‌بندی شده و نقشه پهنه‌بندی مربوطه ترسیم گردید.

استحصال آب انتخاب می‌شوند (شکل ۱). بدین مفهوم که در پارامترهای کیفی (از جمله EC, SAR, Na, Cl, HCO₃, LSI و pH) که افزایش آن‌ها موجب تأثیر منفی بر استحصال آب و استفاده از آن در سیستم‌های مختلف آبیاری می‌گردد، از تابع فازی کاهشی و در پارامتر ضریب قابلیت انتقال آبخوان که افزایش آن موجب تأثیر مثبت بر استحصال آب می‌گردد از تابع فازی افزایشی استفاده گردید. روابط (۱) و (۲) مربوط به توابع افزایشی و کاهشی، که در مورد پارامترهای این تحقیق صدق می‌کنند، می‌باشند.

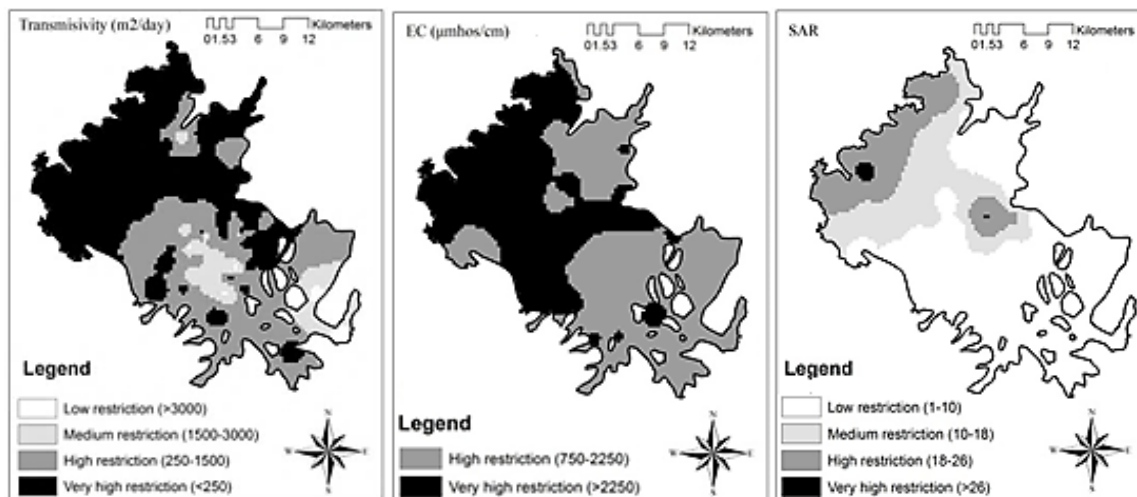
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ 1 - 2 \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2 & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2 \left(b - \frac{x}{b-a} \right)^2 \frac{a+b}{2} & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ 1 - 2 \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2 & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2 \left(b - \frac{x}{b-a} \right)^2 \frac{a+b}{2} & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 0 & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

در این روابط x مقدار متغیر، $\mu(x)$ مقدار فازی شده متغیر و حدود a و b ارزش‌های به کار رفته برای هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه است. برای تعیین این حدود می‌توان حد بحرانی فاکتورهای مؤثر را به عنوان معیار انتخاب کرد. حد بحرانی پارامترها مقادیری هستند که به ازای مقادیر کمتر یا بیشتر از آن، میزان تأثیر پارامتر در استحصال آب و استفاده از سیستم آبیاری قابل توجه نباشد. این مقدار بر اساس نظر کارشناسی اعمال می‌گردد. تابع فازی به کار رفته، تابع غیرخطی نامتقارن است. بر اساس معادله‌های فوق ارزش عددی هر پیکسل یک نقشه در محدوده عددی بین صفر تا یک قرار می‌گیرد. به عنوان مثال پارامتر EC یک تابع فازی کاهشی می‌باشد و برای پیکسل‌های کمتر از a ارزش یک، برای پیکسل‌های بین a و b ارزشی برابر قسمت ۲ و ۳ معادله (۲) و برای پیکسل‌های بزرگتر از b ارزش صفر را دارد. به عبارت دیگر بعد از انجام عملیات فازی، بخش‌های نزدیک به عدد یک، مقدار شوری کمتر و شرایط مناسب‌تر برای اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای را دارند. به منظور فازی‌سازی پارامترها از بخش فازی نرم‌افزار MATLAB استفاده شد.

محاسبه وزن معیارهای تصمیم

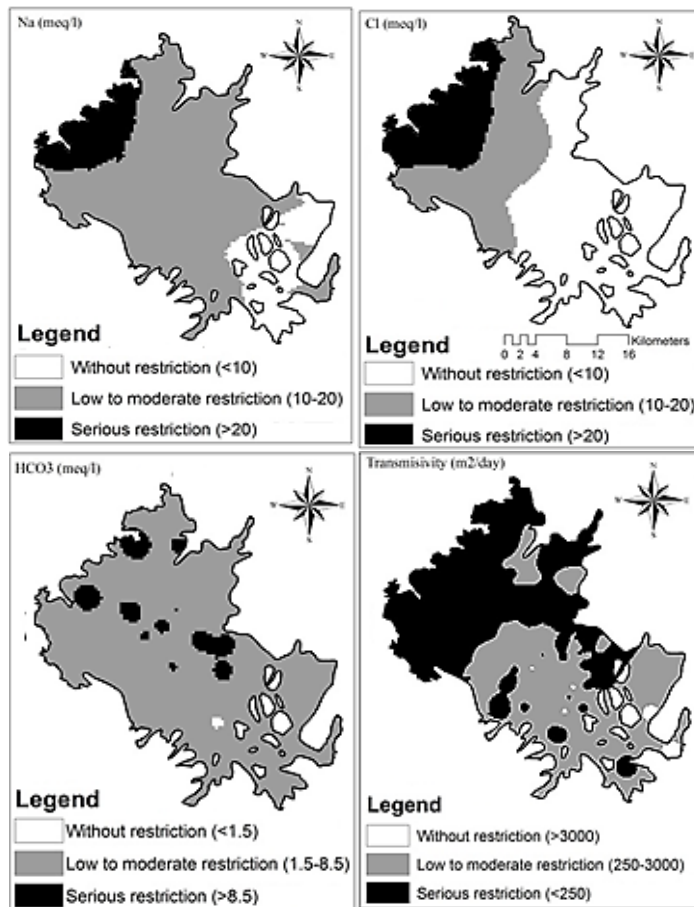
در تحقیق حاضر برای آنکه وزن‌دهی معیارها و قضاوت‌ها با ذهن و طبیعت بشری مطابق و همراه باشد، از روش AHP



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی متغیرهای محدودکننده اجرای سیستم آبیاری سطحی در دشت میانرودان

در منطقه و استانداردهای ارائه شده برای آبیاری بارانی در جدول (۳)، آب زیرزمینی در دشت میانرودان در اغلب مناطق از نظر مقدار مجاز سدیم به‌منظور استفاده در سیستم آبیاری بارانی برای محصولات غالب، دارای محدودیت کم تا متوسط بوده و تنها در مناطقی در مجاورت دریاچه ارومیه دارای محدودیت جدی بوده و در دورترین مناطق در نواحی جنوب شرقی دشت بدون محدودیت می‌باشد. ولی از نظر مقدار مجاز کلر در بیش از نیمی از مناطق دشت بدون محدودیت می‌باشد و با حرکت به سمت شمال غربی دشت بر محدودیت آن اضافه می‌گردد. از طرف دیگر آب این آبخوان از لحاظ مقدار بی‌کربنات در اغلب مناطق دارای محدودیت کم تا متوسط برای اجرای آبیاری بارانی می‌باشد. از آن‌جاکه در این روش آبیاری، آب روی سطح برگ‌ها پاشیده می‌شود، مقدار بی‌کربنات، سدیم و کلر آب آبیاری از اهمیت زیادی برخوردار است. افزایش بی‌کربنات آب آبیاری در روش آبیاری بارانی سبب پیدایش لکه‌های سفید بر روی برگ یا میوه می‌گردد. از طرف دیگر یون‌های سدیم و کلر از طریق برگ‌ها جذب شده و در نتیجه مقدار زیاد آن در آب، زمینه مسمومیت گیاه را فراهم می‌سازد که یا باعث ریزش برگ‌ها شده و یا اینکه باعث سوختگی آن می‌شود. رسوب نمک‌ها روی سطح برگ‌ها به‌خصوص وقتی که درجه حرارت بالا باشد، به صورت عدسی عمل نموده و سوختگی آن‌ها را موجب می‌گردد. بسیاری از گیاهان حتی به غلظت‌های کم سدیم و کلر نیز حساس می‌باشند (Anonymous, 2005).

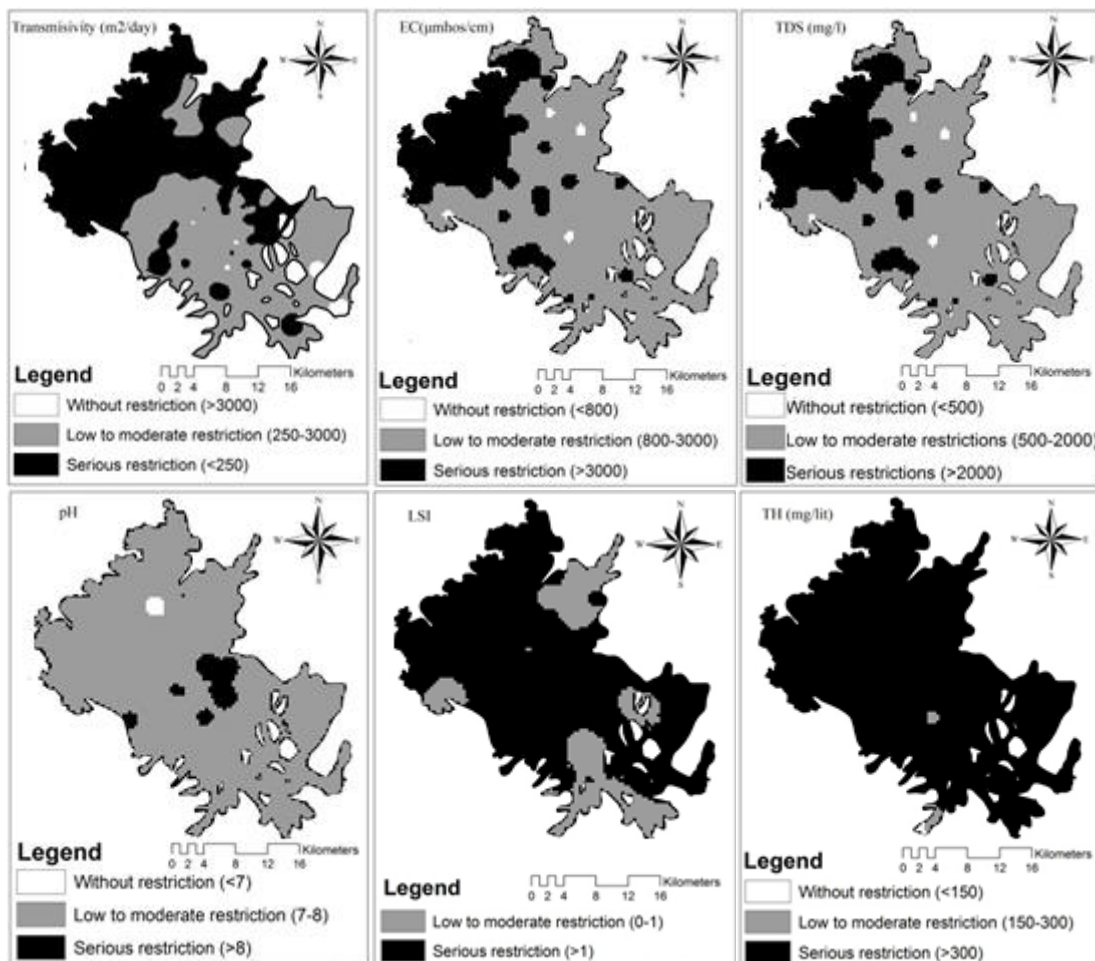
نقشه پهنه‌بندی معیارهای تصمیم‌گیری برای آبیاری سطحی در شکل (۲) نشان می‌دهد که در دشت میانرودان از سمت جنوب شرقی دشت (ارتفاعات دشت) به سمت شمال غربی که شیب دشت کاهش یافته و به دریاچه ارومیه می‌رسد، ضریب قابلیت انتقال سفره آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. نیمی از دشت دارای محدودیت زیاد و نیم دیگر در مناطق نزدیکتر به دریاچه ارومیه دارای محدودیت خیلی زیاد از نظر شوری آب زیرزمینی می‌باشد و در هیچ نقطه‌ای از دشت محدودیت کم و متوسط در رابطه با شوری آب زیرزمینی وجود ندارد. برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در چاه‌های حاشیه غرب حوضه دریاچه ارومیه موجب کاهش کیفیت آب شده است. به‌طوریکه شهرستان میانرودان از نظر مقدار هدایت الکتریکی آب زیرزمینی، بحرانی‌ترین منطقه بوده و مقدار هدایت الکتریکی در قسمت‌های شمالی منطقه (مناطق نزدیک به دریاچه ارومیه) شروع به افزایش کرده و خطر توسعه شوری آب زیرزمینی در آنجا زیاد می‌باشد. این موضوع توسط تحقیقات دیگر نیز تأیید شده است که می‌توان به مطالعه Majnooni Heris و Vaez Madani (2015) اشاره نمود. اما نقشه پهنه‌بندی پارامتر SAR در این دشت نشان می‌دهد که در اغلب مناطق دشت، آب زیرزمینی از نظر سدیمی بودن محدودیت کم و متوسط داشته و تنها در بخش کوچکی از دشت در مجاورت دریاچه ارومیه دارای محدودیت خیلی زیاد می‌باشد. بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی متغیرهای محدودکننده آبیاری بارانی در شکل (۳) نشان می‌دهد که براساس الگوی کشت غالب



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی متغیرهای محدودکننده اجرای سیستم آبیاری بارانی در دشت میان‌دوآب

بالا بودن غلظت کاتیون‌های آب در گرفتگی قطره‌چکان‌ها نقش دارد. برای تعیین پتانسیل این رسوبات در گرفتگی قطره‌چکان‌ها از شاخص LSI استفاده می‌شود (Anonymous, 2005). همان‌گونه که شکل (۴) نشان می‌دهد، مقدار شاخص اشباع لانتزیر در دشت میان‌دوآب در اغلب مناطق بیشتر از ۱ بوده و در هیچ نقطه‌ای از دشت کمتر از صفر نمی‌باشد. اگر شاخص لانتزیر کمتر از صفر باشد آب از لحاظ رسوب کربنات کلسیم مشکل‌ساز نخواهد بود اما اگر بزرگتر از صفر باشد خطر رسوب کربنات وجود داشته و از آن آب نباید در آبیاری قطره‌ای استفاده شود یا آنکه قطره‌چکان‌های مقاوم در برابر گرفتگی به کار برده شود و یا تمهیدات اسیدشویی لحاظ گردد. (Alizadeh, 2001). طبق برخی منابع (Lalezari and Ansari Samani, 2014) در شاخص بزرگتر از ۱ نیز بایستی عملیات اصلاحی خاک انجام شود. سختی آب نیز از جمله پارامترهای مؤثر در رسوب املاح موجود در آب می‌باشد. آب با سختی بالاتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر جزء آب‌های خیلی سخت طبقه‌بندی شده و با افزایش دما و قلیائیت، خطر رسوب املاح موجود در آب وجود دارد (Alizadeh, 2001). با توجه به شکل (۴)، سختی آب در دشت میان‌دوآب تقریباً در همه مناطق بیشتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و جزء آب‌های خیلی سخت بوده و خطر رسوب املاح وجود دارد.

نقشه‌های پهنه‌بندی متغیرهای محدودکننده آبیاری قطره‌ای در شکل (۴) نشان داده شده است. برای بررسی امکان اجرای این روش آبیاری، پارامترهای کیفی آب شامل میزان شوری و مجموع املاح محلول آب، واکنش آب (pH)، شاخص اشباع لانتزیر و همچنین سختی آب مورد بررسی قرار گرفت. همان‌گونه که شکل (۴) نشان می‌دهد، آب زیرزمینی در مناطق مجاور دریاچه ارومیه از نظر میزان شوری و مجموع املاح محلول آب دارای محدودیت جدی بوده و در سایر مناطق محدودیت کم تا متوسط دارد. طبق طبقه‌بندی‌های ارائه شده (Anonymous, 2005)، آب‌هایی که شوری آن‌ها بیش از ۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر است، در ردیف آب‌های بد قرار گرفته و در استفاده برای آبیاری قطره‌ای همواره مشکل‌ساز هستند (مناطق دارای محدودیت جدی). pH آب راهنمای مناسبی در اظهار نظر برای پتانسیل رسوب‌گذاری در قطره‌چکان‌ها محسوب می‌گردد که با تعیین آن، می‌توان وضعیت رسوب‌گذاری املاحی از قبیل آهن و کربنات کلسیم در قطره‌چکان‌ها را پیش‌بینی نمود. اگر واکنش آب بین ۷ تا ۸ باشد، به عنوان آب متوسط برای آبیاری قطره‌ای تلقی می‌گردد (Anonymous, 2005). pH آب زیرزمینی در این دشت در اغلب مناطق بین ۷ تا ۸ بوده و دارای محدودیت کم تا متوسط می‌باشد (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی متغیرهای محدودکننده اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای در دشت میاندوآب

با ضرب لایه‌های فازی معیارها در وزن‌های محاسبه شده مربوطه و ترکیب و همپوشانی آن‌ها در محیط GIS، نقشه نهایی طبقه‌بندی استعداد آب زیرزمینی دشت میاندوآب به‌منظور استفاده در انواع مختلف روش‌های آبیاری رسم شده و درصد محدودیت اراضی از نظر کمیت و کیفیت آب آبیاری محاسبه شد. نتایج به‌دست آمده به تفکیک نوع سیستم آبیاری در شکل (۵) و جدول (۶) ارائه شده است.

نقشه نهایی طبقه‌بندی آب زیرزمینی در استفاده در آبیاری سطحی در شکل (۵) نشان می‌دهد که آب زیرزمینی در مناطق مجاور دریاچه ارومیه دارای محدودیت خیلی زیاد به‌منظور استفاده در آبیاری سطحی می‌باشد که این مناطق همان‌گونه که جدول (۶) نشان می‌دهد ۳۲/۳۲ درصد از مساحت دشت را به خود اختصاص داده‌اند. با مراجعه به بحث‌های ارائه شده در خصوص شکل (۲)، این امر را می‌توان ناشی از وضعیت نامناسب آب زیرزمینی از لحاظ قابلیت انتقال سفره و بالابودن شوری و سدیمی بودن آب زیرزمینی در این نواحی دانست. هم‌چنین بخش اعظمی از مناطق میانی دشت نیز دارای محدودیت زیاد می‌باشند (در حدود ۵۷/۳۸ درصد از مساحت کل دشت) و با حرکت به سمت مناطق جنوب شرقی دشت و دور شدن از دریاچه ارومیه و افزایش ارتفاع

برای تعیین وزن‌های نسبی متغیرهای مؤثر در هر روش آبیاری، اهمیت نسبی متغیرها نسبت به هم تعیین و ضریب ناسازگاری آن‌ها تعیین شد. جدول (۵) وزن معیارها را به‌صورت گرافیکی نشان داده است. در هر سه روش آبیاری معیار ضریب انتقال آبخوان که در واقع معرف امکان استحصال آب می‌باشد، بیشترین وزن را به خود اختصاص داده و پس از آن متغیرهای کیفی هر روش در درجه‌های بعدی اهمیت قرار دارند. همان‌طور که مشاهده می‌شود و بر اساس توصیه Saaty (1980)، ضریب ناسازگاری در قضاوت‌ها در هر سه روش کوچک‌تر از ۰/۱ است و نشان‌دهنده رعایت سازگاری در نظرات تصمیم‌گیرندگان می‌باشد. تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بر اساس قضاوت اولیه تصمیم‌گیرنده که در قالب ماتریس مقایسه‌های زوجی ظاهر می‌شود، صورت می‌پذیرد و هر گونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجه نهایی به‌دست آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نرخ ناسازگاری وسیله‌ای است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد (Mehregan, 2004; Ghodsi Pour, 2016).

بخش کوچکی از منطقه مورد مطالعه آن‌ها برای اجرای آبیاری بارانی محدودیت خاصی ندارد.

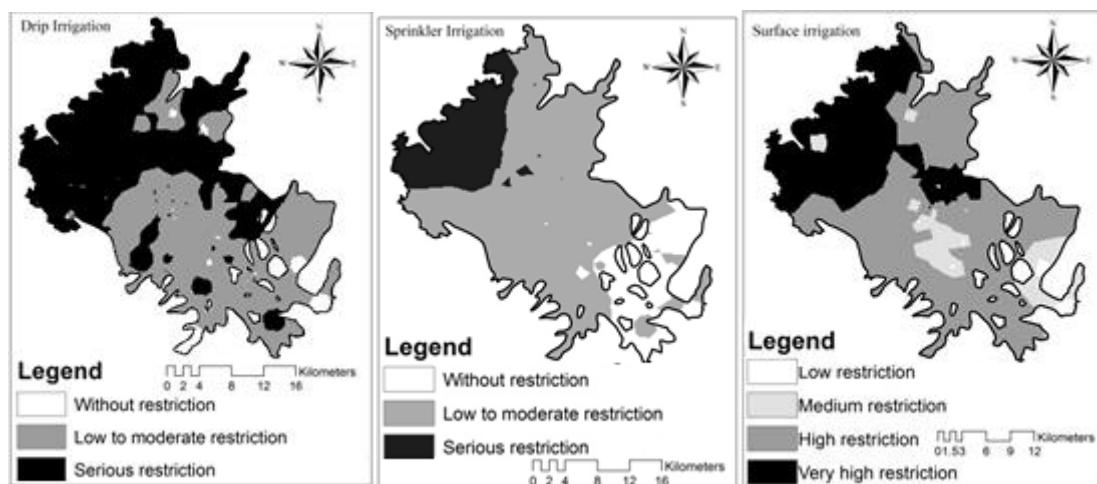
نقشه نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد اجرای آبیاری قطره‌ای در شکل (۵) نشان می‌دهد که آب زیرزمینی در مناطق مجاور دریاچه ارومیه به‌منظور استفاده در آبیاری قطره‌ای نیز هم‌چون آبیاری بارانی و آبیاری سطحی دارای محدودیت جدی می‌باشد (در حدود ۵۱/۸۹ درصد از مساحت کل دشت) که این محدودیت بالا به دلیل قابلیت انتقال پایین سفره در این مناطق، بحرانی بودن میزان شوری و مجموع املاح محلول آب و خطر رسوب‌گذاری بالا در این مناطق به دلیل زیاد بودن سختی آب و شاخص LSI می‌باشد. همان‌گونه که شکل (۵) نشان می‌دهد در سایر مناطق دشت که از میانه دشت شروع شده و تا مناطق جنوب شرقی دشت ادامه می‌یابد، در حدود ۴۶/۱۱ درصد از مساحت کل دشت از لحاظ مجموعه عوامل کمی و کیفی آب با وزن مشخص برای هر عامل، دارای محدودیت کم تا متوسط می‌باشد. مطالعه Neshat و Nikpour (2011) نیز نشان داد که حدود ۲۵ درصد از کل زمین‌های متناسب و قابل آبیاری دشت کرمان برای آبیاری قطره‌ای مناسب شناخته شده‌اند.

دشت که از شوری و سدیمی بودن آب زیرزمینی کم شده و قابلیت انتقال سفره افزایش می‌یابد، از محدودیت آب زیرزمینی دشت در استفاده در آبیاری سطحی نیز کاسته می‌شود.

بررسی نقشه نهایی آبیاری بارانی در شکل (۵) نشان می‌دهد که آب زیرزمینی در مناطق مجاور دریاچه ارومیه به‌منظور استفاده در آبیاری بارانی نیز دارای محدودیت جدی می‌باشد و با حرکت به سمت جنوب شرقی دشت از میزان محدودیت آب زیرزمینی کاسته می‌شود به طوری که در اغلب مناطق میانی این دشت (در حدود ۶۶/۴۰ درصد از مساحت کل دشت)، محدودیت کم تا متوسط وجود داشته و در بخش‌های جنوب شرقی، آب این آبخوان محدودیتی در زمینه اجرای آبیاری بارانی ندارد. دلیل وضعیت بد سفره در مناطق شمال غربی دشت، محدودیت جدی این سفره در انتقال آب و همچنین غلظت بالای یون‌های سدیم و کلر در این ناحیه می‌باشد که هر چه به سمت مناطق جنوب شرقی دشت پیش می‌رویم ضریب قابلیت انتقال آبخوان افزایش یافته و غلظت یون‌های سدیم و کلر نیز کاهش می‌یابد. مشابه این نتایج Ramzi et al. (2014b) نیز در پتانسیل‌یابی آبیاری بارانی در خراسان جنوبی با استفاده از روش FAHP نشان دادند که تنها

جدول ۵- وزن معیارهای تصمیم‌گیری و ضریب ناسازگاری در سه روش آبیاری

آبیاری سطحی		آبیاری بارانی		آبیاری قطره‌ای	
وزن معیار	پارامتر	وزن معیار	پارامتر	وزن معیار	پارامتر
۰/۵۱۹	Transmissivity (قابلیت انتقال)	۰/۴۱۳	Transmissivity (قابلیت انتقال)	۰/۳۲۷	Transmissivity (قابلیت انتقال)
۰/۳۰۴	EC (هدایت الکتریکی)	۰/۳۰۶	Na (سدیم)	۰/۱۸۸	EC (هدایت الکتریکی)
۰/۱۷۷	SAR (نسبت جذبی سدیم)	۰/۱۸۴	Cl (کلر)	۰/۱۸۸	TDS (کل مواد جامد محلول)
		۰/۰۹۷	HCO ₃ (بی‌کربنات)	۰/۰۹۹	LSI (شاخص اشباع لانه‌ریز)
				۰/۰۹۹	TH (سختی کل)
				۰/۰۹۹	pH (میزان اسیدیته)
۰/۰۲	ضریب ناسازگاری	۰/۰۲	ضریب ناسازگاری	۰/۰۰	ضریب ناسازگاری



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی محدودیت دشت میاندوآب در اجرای روش‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای

جدول ۶- درصد مساحت محدودیت دشت میان‌دوآب از نظر کمیت و کیفیت آب آبیاری در سه روش آبیاری

آبیاری قطره‌ای		آبیاری بارانی		آبیاری سطحی	
درصد مساحت	طبقات	درصد مساحت	طبقات	درصد مساحت	طبقات
۲/۰۰	بدون محدودیت	۱۴/۵۸	بدون محدودیت	۱/۰۳	محدودیت کم
۴۶/۱۱	محدودیت کم تا متوسط	۶۶/۴۰	محدودیت کم تا متوسط	۹/۲۷	محدودیت متوسط
۵۱/۸۹	محدودیت جدی	۱۹/۰۲	محدودیت جدی	۵۷/۳۸	محدودیت زیاد
				۳۲/۳۲	محدودیت خیلی زیاد

از آبپاش‌هایی با فشار کم که اندازه قطرات خروجی از آبپاش درشت بوده و قطر پراکنش آب کم است برای آبیاری زیر شاخ و برگی استفاده نمود. همچنین برای رفع مشکل کلر می‌توان از سیستم‌های تصفیه‌کننده آب استفاده نمود. اگرچه این کار ممکن است هزینه را افزایش دهد ولی با توجه به مشکل کم‌آبی، این کار هزینه‌های تأمین آب که در آینده‌ای نه چندان دور وجود خواهد آمد را کاهش می‌دهد. علاوه بر این در مناطقی که کیفیت آب به منظور استفاده در آبیاری بارانی مناسب نیست، با استفاده از سیستم‌های بارانی لپا (LEPA) می‌توان این مشکلات را از بین برد.

در سیستم آبیاری قطره‌ای در دشت میان‌دوآب مشکل عمده مربوط به گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌باشد. با افزایش غلظت یون کلسیم و بی‌کربنات شاخص اشباع لائزپلر اعداد مثبت‌تری را نشان می‌دهد که بیانگر افزایش پتانسیل رسوبگذاری و در نتیجه گرفتگی می‌باشد (Mostafazadeh, and Moayyedi Nia, 2000). بنابراین استفاده از راهکارهای مدیریتی از قبیل استفاده از قطره‌چکان‌هایی که حساسیت کمتری نسبت به گرفتگی دارند توصیه می‌گردد. همچنین کاهش اسیدیته آب آبیاری بوسیله تزریق اسید سولفوریک به درون مخزن آب آبیاری گرفتگی قطره‌چکان‌ها را کاهش می‌دهد (Mostafazadeh, and Moayyedi Nia, 2000).

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) جهت بررسی امکان اجرای سیستم‌های مختلف آبیاری (سطحی، بارانی و قطره‌ای) در دشت میان‌دوآب با توجه به کمیت و کیفیت آب زیرزمینی انجام شد. نتایج نشان داد که در روش‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به ترتیب ۳۲/۳۲، ۱۹/۰۲ و ۵۱/۸۹ درصد از محدوده دشت دارای محدودیت جدی و خیلی زیاد برای اجرای سیستم آبیاری مربوطه می‌باشند. اراضی مذکور در حاشیه دریاچه ارومیه بوده و با حرکت در جهت مناطق جنوب شرقی دشت، از محدودیت اراضی کاسته می‌شود. به‌طوری‌که در اغلب مناطق میانی این دشت (در حدود ۶۶/۴۰ درصد از مساحت کل دشت)، از لحاظ اجرای سیستم آبیاری بارانی محدودیت کم تا متوسط وجود داشته و در بخش‌های جنوب

نتایج این تحقیق نشان داد که برخی از مناطق دشت میان‌دوآب برای اجرای سامانه‌های تحت فشار دارای محدودیت متوسط تا زیاد می‌باشند و در صورت استمرار استفاده از منابع آب زیرزمینی در اجرای سیستم‌های تحت فشار در این مناطق، نیاز است که راه‌کارهای مدیریتی بیشتری در زمینه انتخاب و استفاده از نوع سیستم مربوطه انجام گیرد. به علت این‌که کلر و سدیم برای بیشتر درختان میوه و بعضی از گیاهان زراعی حالت سمی دارد و با جذب در برگ برای گیاه ایجاد مسمومیت می‌نماید، در استفاده از آب‌هایی که کلر و سدیم آن‌ها زیاد است، در اجرای سیستم آبیاری بارانی بایستی به این نکته توجه شود. از جمله اقداماتی که می‌تواند این خطرات را کاهش دهد، آبیاری شبانه برای حذف و یا کاهش اثرات جذب یون‌های سدیم و کلر می‌باشد. معمولاً در شب رطوبت نسبی بیشتر شده و سرعت باد نیز کاهش پیدا می‌کند، در نتیجه از شدت تبخیر کاسته شده و مقدار نمک ترسیب‌یافته روی سطح برگ‌ها کاهش پیدا می‌کند. گرما و باد خشک دو عامل مهم در افزایش ترسیب نمک روی سطح برگ‌ها و مقدار یون جذب شده می‌باشند. با اجتناب از آبیاری در چنین شرایطی، خطر مسمومیت و سوختگی برگ‌ها کاهش می‌یابد. با افزایش سرعت چرخش آبپاش‌ها، احتمال خشک شدن برگ‌ها کاهش یافته و در نتیجه مسمومیت یونی و یا سوختگی برگ‌ها کم می‌گردد. در صورتی که قدرت نگهداری و نفوذپذیری خاک امکان استفاده از دی‌های پاشش بالا را فراهم می‌سازد، بهتر است که برای اجرای آن در مزرعه برنامه‌ریزی شود؛ زیرا در چنین شرایطی، تعداد دفعات خشک و تر شدن برگ‌ها کاهش پیدا می‌کند. پیشنهاد می‌شود آبپاشی انتخاب شود که قطرات درشت‌تری را تولید می‌کند. بدیهی است که باید بررسی‌های لازم صورت گیرد تا قطرات درشت آب به خاک صدمه‌ای وارد نکند (Anonymous, 2005). غلظت نمک بر روی برگ‌ها در نتیجه تبخیر آب از آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. در صورتی که آبیاری به صورت ممتد انجام گیرد، غلظت نمک زیاد نشده و کمتر اثر تخریبی خواهد داشت. در سیستم‌های ثابت عمل آبیاری تقریباً به صورت دائمی بوده و مقدار نیاز آبی گیاه در یک دور آبیاری، با مقدار آب کمتر و با فواصل آبیاری کمتر تأمین می‌گردد. درحالی‌که در سیستم‌های متحرک و نیمه‌متحرک بارانی، همان مقدار نیاز آبی به صورت متناوب و با دور آبیاری بیشتر روی برگ پاشیده می‌شود و اثر تخریبی بیشتر است (Rahimzadegan, 1993). در مورد درختان میوه می‌توان

شرقی، آب این آبخوان محدودیتی در زمینه اجرای آبیاری بارانی ندارد. همچنین از میانه دشت تا مناطق جنوب شرقی دشت، در حدود ۴۶/۱۱ درصد از مساحت کل دشت، در رابطه با اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای دارای محدودیت کم تا متوسط می‌باشد.

منابع

- 1- Afuni, M., Mojtaba Pour, R. and Nourbakhsh, F., 1997. *Saline and Sodic soils*. Arkan Publications. (In Persian).
- 2- Alizadeh, A., 2001. *Principles and practices of trickle irrigation*. Imam Reza University Press. (In Persian).
- 3- Anonymous., 2005. Instruction for feasibility study of pressurized irrigation system for technical, socio-economic and environmental points of view. Organization of Management and Planning of the Country, *Technical Rep.* 334: 128p. (In Persian).
- 4- Anonymous., 2016. Studies on updating the water resources balance in the Urmia Lake basin leading to 2010-2011 years, Report of water resources balance of Miandoab study area. Ministry of Energy, Iran Water Resources Management Co., West Azarbaijan Regional Water Company, *Technical Rep.* 85p. (In Persian).
- 5- Bagyaraj, M., Ramkumar, T., Venkatramanan, S. and Gurugnanam, B., 2013. Application of remote sensing and GIS analysis for identifying groundwater potential zone in parts of Kodaikanal Taluk, South India. *Frontiers of Earth Science*, 7(1), pp.65-75.
- 6- FAO. 1994. Water quality for agriculture. *Irrigation and drainage paper*, NO:29.
- 7- Fipps, G., 1914. Irrigation water quality standards and salinity management. *Texas Cooperative Extension*, The Texas A&M University System.
- 8- Ghaemizadeh, F. and Akhavan, S., 2014. The feasibility study of pressurized irrigation systems performance based on water quality (Case Study: Hamedan Province plains). *Journal of Water and Soil Conservation*, 21(1): pp.65-83. (In Persian).
- 9- Ghodsi Pour, h., 2016. *Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Amir Kabir University of Technology (Tehran Polytechnic). (In Persian).
- 10- Jose, S.K., Jayasree, R., Santhosh Kumar, R. and Rajendran, S., 2012. Identification of ground water potential zones in Palakkad district, Kerala through multicriteria analysis techniques using geoinformation technology. *International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 2(1): pp.62-68.
- 11- Keshavarz, A., Khashei-siuki, A. and Najafi, M.H., 2014. Locating of suitable area of pumping drinking water using FAHP method (Case study: Birjand aquifer). *Journal of Water and Wastewater*, 25(3):135-142. (In Persian).
- 12- Khashei-siuki, A., Ghahraman, B. and Kouchakzadeh, M., 2011. Evaluation of the potential of water harvesting from aquifer via fuzzy hierarchy process analysis (Case study: Neyshabour Plain). *Iranian Water Research Journal*, 5(9):171-180. (In Persian).
- 13- Lalehzari, R. and Ansari Samani, F., 2014. Determination of vulnerable areas for implementing drip irrigation systems based on groundwater quality using ArcGIS. *Journal of Water Research in Agriculture*, 28(2):285-294. (In Persian).
- 14- Maddahi, Z., Jalalian, A., Kheirkhah Zarkesh, M.M. and Honarjo, N., 2017. Land suitability analysis for rice cultivation using a GIS-based fuzzy multi-criteria decision making approach: central part of Amol district, Iran. *Soil and Water Research*, 12(1):29-38.
- 15- Mehregan, M.R. 2004. *Advanced Operational Research*. Academic Books Publications, Tehran. (In Persian).

- 16-Mostafazadeh, B. and Moayyedi Nia, A.H., 2000. The effect of different chemical components of irrigation water on emitter clogging in trickle irrigation. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 31(3):497-511. (In Persian).
- 17-Narendra, K., Nageswara Rao, K. and Swarna Latha, P., 2013. Integrating remote sensing and GIS for identification of groundwater prospective zones in the Narava Basin, Visakhapatnam region, Andhra Pradesh. *Journal Geological Society of India*, 81:248-260.
- 18-Neshat, A. and Nikpour, N., 2011. Locating of susceptible areas for implementation of pressurized irrigation using Geographic information system (GIS) (Case Study: Kerman Plain). *Journal of Water Resources Engineering*, 4(8):77-83. (In Persian).
- 19-Rahimzadegan, R., 1993. *Design of Sprinkler Irrigation Systems*. Jihad Publishing of Isfahan University of Technology. (In Persian).
- 20-Ramzi, R., Khashei-siuki, A. and Shahidi, A., 2014a. Determination of susceptible areas of drip irrigation using the hierarchical analysis process in South Khorasan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 18(69):227-235. (In Persian).
- 21-Ramzi, R., Shahidi, A. and Khashei, A., 2014b. Finding the potentials of sprinkler irrigation using Fuzzy Analytical Hierarchy Process method in South Khorasan Province. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 4(16):1-11. (In Persian).
- 22-Saaty, T., 1977. A scaling method for priorities in hierarchic strictures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15:234-281.
- 23-Saaty, T. 1980. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill
- 24-Vaez Madani, M. and Majnooni Heris, A., 2015. Investigation of spatial variation of salinity of groundwater in the west of Lake Urmia Basin. First International Congress on Land, Space and Clean Energy. Ardebil University Researcher. (In Persian).
- 25-Waikar, M.L. and Nilawar, A.P., 2014. Identification of groundwater potential zone using remote sensing and GIS technique. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(5):12163-12174.
- 26-Yazdani, V. and Mansouriyan, H., 2014. The exploit potential zoning of groundwater resources by using of quantity and quality data in Neishaboor plain. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 4(15):118-132. (In Persian).

EXTENDED ABSTRACT

Locating the Potential Areas for Executing Surface and Pressurized Irrigation Systems Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process Method in Miandoab Plain

N. Azad¹, E. Rezaei Abajelu² and J. Behmanesh^{3*}

- 1- Ph.D. of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Urmia University.
- 2- Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Urmia University.
- 3* - Corresponding Author, Professor of Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Urmia University. (*j.behmanesh@urmia.ac.ir*).

Received: 12 March 2016

Revised: 25 April 2017

Accepted: 29 April 2017

Keywords: Fuzzy Analytical Hierarchy Process method (FAHP), Surface irrigation, Pressurized irrigation, Locating, Miandoab.

Introduction

It is necessary to coincide the conditions and specifications of field with the characteristics of the irrigation systems. Feasibility and investigation of the most susceptible regions for implementation of different irrigation systems according to water quantity and quality have great importance and prevent energy and capital resources losses. Different effective variables in selecting irrigation systems types cause that various regions have different potential in water harvesting. Due to different parameters have a different effect on the selection of the suitable location for water harvesting, each element needs to be weighed based on its importance degree. For this purpose, the analytical hierarchy process (AHP) (Saaty, 1980) is used. By combining this method with GIS, multi-criteria decision making is possible at large and high precision levels. In this research, the possibility of implantation of different irrigation systems (surface, sprinkler and drip systems) was evaluated using the fuzzy analytical hierarchy process method (FAHP) based on the quantity and quality of groundwater in Miandoab plain.

Methodology

In the present study, the effective required qualitative and quantitative indices in implementation of each three irrigation systems were determined. Point data of each effective parameter in the decision was interpolated using Kriging method and the zoning maps were obtained using the Arc-GIS software. For all raster layers, a weight between 0 to 1 was applied using increasing S-shaped and decreasing Z-shaped fuzzy membership functions. Therefore these layers were transformed to fuzzy layers and fuzzy maps were obtained.

Because each of the variables has a different effect on water harvesting, the paired comparison method was used. Then, the weight of each criterion was obtained using Expert Choice software. Using the AHP technique, the weights were multiplied by the fuzzy layers of each of the parameters and the final map of the water harvesting was obtained by the summation of the obtained data as follows:

$$s = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \mu_i \quad (1)$$

Where, μ and w are membership function and assigned weight to each of the parameters, respectively.

Results and Discussion

The final groundwater classification map for the utilize in surface irrigation showed that groundwater in adjacent regions of Urmia lake has a very high restriction so that the area of mentioned regions is about 32.32% of the studied area. This issue can be attributed to unsuitable condition of groundwater transmissivity and its high salinity and sodicity in these areas. Also, a large part of the central areas of the plain has high restriction (about 57.38% of the plain). In the southeastern regions and far from Urmia lake where has high altitude, ground water restrictions decrease for utilizing in surface irrigation because of reducing the salinity and sodicity of ground water.

The investigation of final map of sprinkler irrigation showed that the adjacent areas of Urmia lake has seriously restrictions for using the ground water. However, in the southwest area of the studied region ground water restrictions reduce. The results demonstrated that in most areas of the plain (about 66/40 % of the studied area), moderate or minor restrictions exist. In the southeastern parts, the aquifer has no restrictions for the implementation of sprinkler irrigation. The reason of the bad condition of the groundwater in the northwest of the plain can be related to the water transferring limitations of the aquifer, as well as high concentrations of sodium and chloride ions in this area. In the southeast areas, the aquifer transmissivity coefficient tends to increase and sodium and chloride ions concentration decreases. Also, in most areas and with attention to the bicarbonate concentration, the aquifer has low to moderate restrictions for the implementation of the sprinkler irrigation systems.

Similarly, ground water in adjacent Urmia lake has serious restrictions for utilizing in drip irrigation, (about 51.89% of the investigated regions). The reason of the considerable restriction can be related to the low transmissivity of the groundwater, the high salinity, total soluble salts concentration, and high sedimentation risk in these areas due to high water hardness and LSI index. In other areas, which start from the middle parts of the plain and extend to the southeastern part, about 46.11 % of the plain have low to moderate restriction with attention to the quantitative and qualitative factors of water.

Conclusion

The zoning maps of Miandoab plain restrictions in implementation of surface and pressurized irrigation systems showed that 32.32%, 19.02% and 51.89% of the studied plain have serious restriction in surface, sprinkler and drip irrigation systems implementation, respectively. The results showed that in the case of using the ground water resources for the implementation of pressurized systems it is necessary to apply suitable solutions for selecting and using irrigation systems. These lands are located on the vicinity of Urmia lake and getting away from the lake cause to reduce the restrictions.

References

- 1- Saaty, T., 1980. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.