

مقاله پژوهشی

## مکان‌یابی استقرار سیستم‌های استحصال آب از رطوبت هوا با استفاده از AHP/FUZZY در استان سیستان و بلوچستان

مسیح اله محمدی<sup>۱</sup>، بهروز سبحانی<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۰۵

۱- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Sobhani@uma.ac.ir

### چکیده

توجه به منابع جدید آب جوامع بشری را به‌سوی استحصال آب و توسعه و تطبیق آن با شرایط بومی، اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی سوق می‌دهد. گام اول استحصال آب از رطوبت هوا مکان‌یابی مناطقی است که در آن شرایط استحصال در حد مطلوب است و شرایط مناسب استقرار سیستم‌های استحصال آب از رطوبت هوا را دارد. بدین منظور، ابتدا دو معیار رطوبت هوا و دمای هوا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ۳ معیار نوع خاک، دمای ۵۰ سانتیمتری زیرزمین و سرعت باد با استفاده از داده‌های زمینی جمع‌آوری شد و سپس بر اساس نقش و اهمیت هر یک از معیارها که با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی به دست آمده بود نقشه هر معیار در محیط GIS10.2 تهیه گردید. در ادامه با استفاده از توابع فازی خطی لایه اطلاعاتی فازی گردیده و در همپوشانی فازی معیارها به روش‌های مختلف مورد آزمون قرار گرفت و درنهایت از عملگر فازی گامای ۰/۹ استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که حدود ۱۳/۱ درصد استان سیستان و بلوچستان در جنوب (سواحل مکران و چابهار) و غرب آن (منطقه دلیگان) در طبقه بسیار مناسب و مناسب، حدود ۸۳/۹ درصد در شمال و شرق استان در طبقه نامناسب تا کاملاً نامناسب جهت استحصال آب از رطوبت هوا با استفاده از سیستم چگالشی است.

واژه‌های کلیدی: استحصال آب، سیستان و بلوچستان، سیستم چگالشی، مکان‌یابی، AHP/FUZZY

## Location of Water Extraction Systems from Humidity Using AHP / Fuzzy in Sistan and Baluchestan Province

Masihullah Mohammadi <sup>1</sup>, Behrouz Sobhani <sup>2\*</sup>

Received: September 23, 2020

Accepted: March 25, 2021

1-PhD student in Meteorology, Faculty of Literature and Humanities, Mohaghegh Ardabili University

2-Prof., Dept. of Meteorology, Faculty of Literature and Humanities, Mohaghegh Ardabili University

\*Corresponding Author, E-mail: Sobhani@uma.ac.ir

### Abstract

Societal needs elicit focus to new water sources including water extraction and developing adaptation to indigenous, climatic, economic and social conditions. The initial step in developing water extraction from humidity was determining optimal extraction areas with appropriate conditions. For this purpose, humidity and temperature criteria were collected utilizing satellite imagery which included soil type, surface wind speed, and 50 cm deep soil temperature data. Subsequently, criterion was mapped out based upon the role and importance of each factor obtained using hierarchical analysis in a GIS v10.2 environment. Employing linear phase functions, the information layer was phased and layers were subsequently combined using the 0.9 gamma phase's function. Resultant findings of water extraction from humidity utilizing a condensing system revealed ~13.1 percent of Sistan and Baluchestan southern provinces (along Makran and Chabahar coasts), and its western Deligan region laid in very appropriate and appropriate areas. Conversely, about 83.9 percent of northern and eastern province areas were determined to lay in inappropriate extraction areas.

**Keywords:** AHP / FUZZY, Co ndensation system, Location, Sistan and Baluchestan, Water extraction

### مقدمه

اثرگذار بر امنیت ملی کشورهای خاورمیانه و حوزه خلیج فارس، مسائل زیست محیطی و در کانون آن، مسئله تأمین منابع آبی مورد استفاده در بخش‌های شهری، کشاورزی و صنعتی است (زاییدین ۲۰۱۳). کمبود آب در کشور ما مربوط به عصر حاضر نیست بلکه پیشینیان قبل از ما در گذشته با این مشکل رو به رو بوده‌اند و حتی برای مقابله با آن و تأمین نیازهای خود به روش‌های گوناگونی از جمله ساخت بندها و حفر قنات از چندین هزار سال پیش برای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف کشور اقدام می‌کردند (کردوانی ۲۰۱۱). بنابراین امروزه جهت مبارزه با پدیده کم آبی و کاهش اثرات منفی آن، نیاز به استفاده از

یکی از تهدیدات اساسی و چالش‌های پایدار قرن بیست و یکم که آینده زندگی بشر در این کره خاکی را به شدت مورد تهدید قرار داده است، کمبود منابع و ذخایر آب شیرین تجدید شونده در جهان است (صادقی ۲۰۱۶). در جهان امروز عواملی همچون افزایش چشمگیر جمعیت کره زمین و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع محیط زیست برای تأمین نیازهای اقتصادی، تأثیر خاص خود را در رابطه با منابع آب برجای گذارده است. به طوری که مسائل مربوط به بحران و مدیریت آب از دیدگاه سازمان ملل متحد پس از مشکل جمعیت به عنوان دومین مسئله اصلی جهان شناخته شده است (بیران و هنربخش ۲۰۰۸). باید اذعان کرد که یکی از مؤلفه‌های اصلی

می‌کند (بی‌نام ۲۰۰۳) در استان خراسان برای برآورد میزان آب قابل استحصال از مه و ابرهای قله‌ای طرح جمع‌آوری آب را در بلندی‌های خراسان رضوی به اجرا درآوردند. موسوی بایگی و شعبان‌زاده برای این کار از چهار دستگاه با ابعاد اشکال مختلف استفاده کردند. (موسوی بایگی و شعبان‌زاده ۲۰۰۸). در ایران تاکنون پژوهشی در رابطه با مکان‌یابی سیستم‌های استحصال آب از رطوبت موجود در هوا با استفاده از سرمایه‌های زیر زمین انجام نشده است؛ بنابراین در این پژوهش با در نظر گرفتن پارامترهای رطوبت هوا، سرعت باد، فشار، دمای زیر زمین و نوع خاک استان سیستان و بلوچستان مناسب جهت انجام پروژه‌های استحصال آب از رطوبت هوا تعیین می‌شود.

اثرگذار بر امنیت ملی کشورهای خاورمیانه و حوزه خلیج‌فارس، مسائل زیست محیطی و در کانون آن، مسئله تأمین منابع آبی مورد استفاده در بخش‌های شهری، کشاورزی و صنعتی است (زاییدین ۲۰۱۳). کمبود آب در کشور ما مربوط به عصر حاضر نیست بلکه پیشینیان قبل از ما درگذشته با این مشکل رو به رو بوده‌اند و حتی برای مقابله با آن و تأمین نیازهای خود به روش‌های گوناگونی از جمله ساخت بندها و حفر قنات از چندین هزار سال پیش برای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف کشور اقدام می‌کردند (کردوانی ۲۰۱۱). بنابراین امروزه جهت مبارزه با پدیده کم آبی و کاهش اثرات منفی آن، نیاز به استفاده از فناوری‌های ساده، جدید و کم هزینه بسیار احساس می‌شود. یکی از این روش‌ها که می‌تواند در تأمین بخش اندکی از آب مورد نیاز ساکنین این نواحی به‌خصوص نواحی خشک کم‌کمرسان باشد فناوری استحصال آب از رطوبت هوا است. استحصال آب از رطوبت هوا، به هرگونه فعالیتی گفته می‌شود که بخار آب موجود در جو

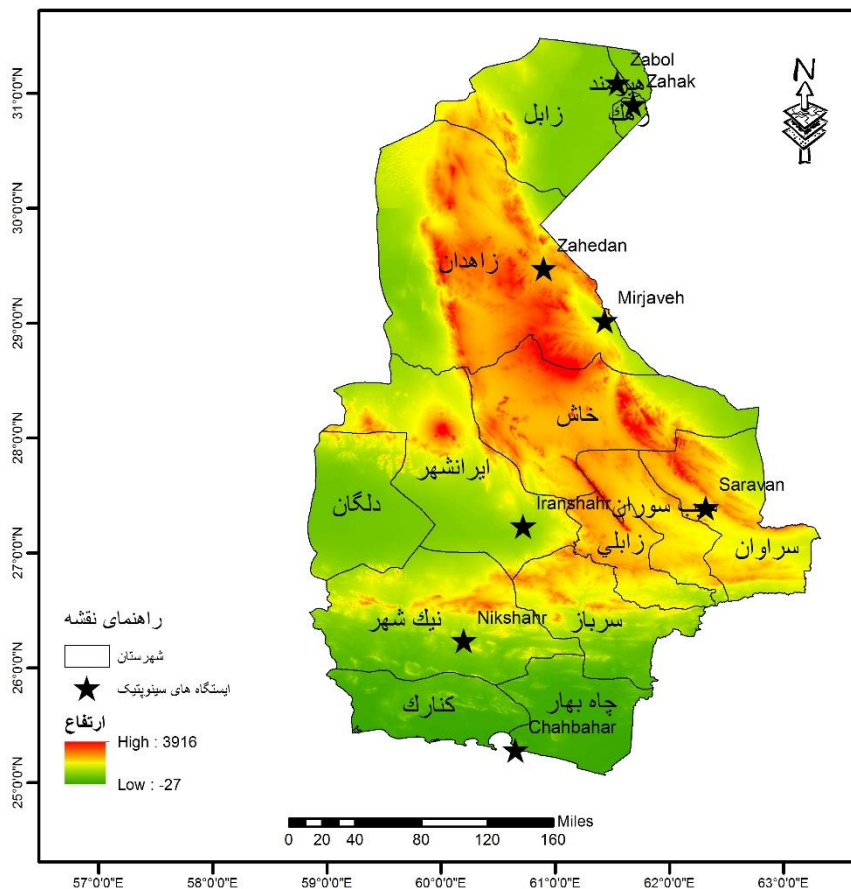
فناوری‌های ساده، جدید و کم هزینه بسیار احساس می‌شود. یکی از این روش‌ها که می‌تواند در تأمین بخش اندکی از آب مورد نیاز ساکنین این نواحی به‌خصوص نواحی خشک کم‌کمرسان باشد فناوری استحصال آب از رطوبت هوا است. استحصال آب از رطوبت هوا، به هرگونه فعالیتی گفته می‌شود که بخار آب موجود در جو را متراکم و آن را جمع‌آوری کند (پرادا و همکاران ۲۰۰۱). این فناوری یک فناوری نسبتاً جدید با ریشه‌های باستانی است که در بسیاری از مناطق جهان همچون آمریکای شمالی، خاورمیانه، شمال آفریقا، چین و هند سابقه‌ای طولانی دارد (محمودی و همکاران ۲۰۱۶). در زمینه استحصال آب از رطوبت هوا، مطالعاتی در سطح جهان انجام شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. در فلسطین باستان برای استحصال آب از رطوبت هوا دیواره‌های لانه زنبوری مدور کم ارتفاعی را در اطراف تاکستان‌ها می‌ساختند تا از این طریق بتوانند مه و شبنم را به‌صورت قطرات آب تبدیل و از آن‌ها برای آبیاری گیاهان استفاده کنند (الیویر ۲۰۰۳) در بیابان آتاکاما، استحصال آب از رطوبت هوا از طریق لوله‌های سنگی انجام می‌شد؛ این لوله‌ها به گونه‌ای طراحی شده بودند که هر زمان مه از روی آن‌ها عبور می‌کرد آب حاصل از قطرات مه در آن جمع و به سمت پایین به داخل یک مخزن مرکزی هدایت می‌شد (الیویر ۲۰۰۴) بزرگ‌ترین پروژه‌های که تاکنون در سطح جهان در زمینه استحصال آب از رطوبت هوا اجرا شده است پروژه‌های است که در یک دامنه کوهستانی در بالای دهکده چانگونگ در سواحل مرکزی شمال کشور شیلی بوده است. در این مکان ۵۰ جمع‌کننده بزرگ رطوبت هوا که هر یک شامل یک لایه مضاعف از شبکه الیاف پلی پروفیلن به سطح ۴۸ مترمربع بوده است نصب شده‌اند. این طرح روزانه به‌طور متوسط ۱۱ هزار لیتر آب تولید

پژوهشی در رابطه با مکان‌یابی سیستم‌های استحصال آب از رطوبت موجود در هوا با استفاده از سرمایه‌های زیر زمین انجام نشده است؛ بنابراین در این پژوهش با در نظر گرفتن پارامترهای رطوبت هوا، سرعت باد، فشار، دمای زیر زمین و نوع خاک استان سیستان و بلوچستان مناسب جهت انجام پروژه‌های استحصال آب از رطوبت هوا تعیین می‌شود.

### مواد و روش‌ها

استان سیستان و بلوچستان با وسعت ۱۸۷۵۰۲ کیلومترمربع معادل ۱۱/۵ درصد مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. این استان در مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است و از شمال به استان خراسان جنوبی، از جنوب به دریای عمان، از شرق به کشورهای افغانستان و پاکستان و از غرب به استان‌های کرمان و هرمزگان محدود شده است. کوه‌های سیستان و بلوچستان جزء رشته‌ی کوه‌های مرکزی ایران است، بلندترین نقطه‌ی آن در کوه تفتان دارای ۴۰۴۲ متر ارتفاع و پست‌ترین منطقه آن در کناره‌های دریای عمان قرار گرفته و شامل ناهمواری‌های مشرق چاله لوت و ارتفاعات دیواره شرقی چاله جازموریان است. آب و هوای استان از نوع بیابانی است. حداکثر دمای سالانه آن بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. زاهدان سردترین و ایرانشهر گرم‌ترین شهرهای استان است. نوسانات رطوبت، وجود بادهای موسمی همچون بادهای معروف به صد و بیست روزه و باد هفتم یا (گاو کش) و ریزش جوی و اختلاف دما در ۲۴ ساعت به‌استثنای نواحی معتدل سواحل دریای عمان، شرایط خاص اقلیمی، پوشش گیاهی، جانوری، مناظر بدیعی را به وجود آورده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان را نشان داده است.

را متراکم و آن را جمع‌آوری کند (پرادا و همکاران ۲۰۰۱). این فناوری یک فناوری نسبتاً جدید با ریشه‌های باستانی است که در بسیاری از مناطق جهان همچون آمریکای شمالی، خاورمیانه، شمال آفریقا، چین و هند سابقه‌ای طولانی دارد (محمودی و همکاران ۲۰۱۶). در زمینه استحصال آب از رطوبت هوا، مطالعاتی در سطح جهان انجام شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. در فلسطین باستان برای استحصال آب از رطوبت هوا دیواره‌های لانه زنبوری مدور کم ارتفاعی را در اطراف تاکستان‌ها می‌ساختند تا از این طریق بتوانند مه و شبنم را به‌صورت قطرات آب تبدیل و از آن‌ها برای آبیاری گیاهان استفاده کنند (الیویر ۲۰۰۳) در بیابان آتاکاما، استحصال آب از رطوبت هوا از طریق لوله‌های سنگی انجام می‌شد؛ این لوله‌ها به گونه‌ای طراحی شده بودند که هر زمان مه از روی آن‌ها عبور می‌کرد آب حاصل از قطرات مه در آن جمع و به سمت پایین به داخل یک مخزن مرکزی هدایت می‌شد (الیویر ۲۰۰۴) بزرگ‌ترین پروژه‌ای که تاکنون در سطح جهان در زمینه استحصال آب از رطوبت هوا اجرا شده است پروژه‌ای است که در یک دامنه کوهستانی در بالای دهکده چانگونگ در سواحل مرکزی شمال کشور شیلی بوده است. در این مکان ۵۰ جمع‌کننده بزرگ رطوبت هوا که هر یک شامل یک لایه مضاعف از شبکه الیاف پلی پروفیلن به سطح ۴۸ مترمربع بوده است نصب شده‌اند. این طرح روزانه به‌طور متوسط ۱۱ هزار لیتر آب تولید می‌کند (بی‌نام ۲۰۰۳) در استان خراسان برای برآورد میزان آب قابل استحصال از مه و ابرهای قله‌ای طرح جمع‌آوری آب را در بلندی‌های خراسان رضوی به اجرا درآوردند. موسوی بایگی و شعبان‌زاده برای این کار از چهار دستگاه با ابعاد اشکال مختلف استفاده کردند. (موسوی بایگی و شعبان‌زاده ۲۰۰۸). در ایران تاکنون



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

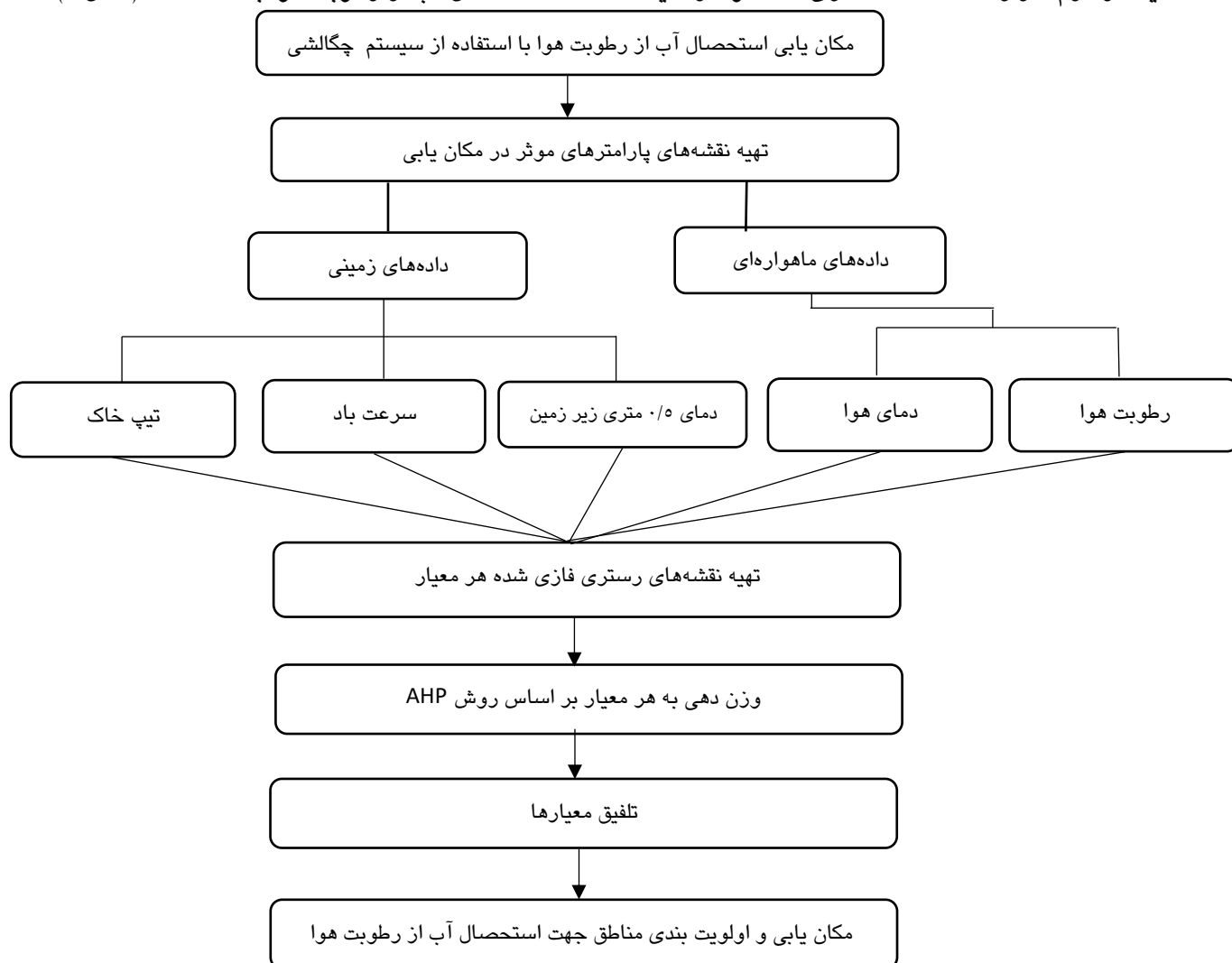
می‌کند. برای کسب اطمینان عدم حضور ابر در تصویر مورد استفاده، از تست ابر استفاده شده است. در این تست از محصولات سطح دو MODIS با عنوان MOD35 با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر به منظور شناسایی پیکسل‌های فاقد ابر با احتمال بالاتر از ۹۵ درصد، استفاده شده است. از محصول MOD05 سنجنده MODIS در محدوده امواج مادون قرمز نزدیک با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر جهت استخراج آب قابل بارش (TPW) و از محصول MOD07 سنجنده MODIS در محدوده امواج مادون قرمز با قدرت تفکیک مکانی ۵ کیلومتری جهت استخراج دمای هوای استفاده گردید. بازه زمانی انتخابی در این پژوهش روزانه با بازه ۱۰ ساله از ۱ ژانویه ۲۰۰۹ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۸ بود. در نهایت از هر تصویر مورد نیاز حدود ۳۶۵۰ تصویر از سایت ناسا دانلود شد که با انجام تست ابر حدود ۲۱۹۰

در این پژوهش از مطالعات اسنادی و کتابخانه-ای و گزارش‌های موجود مرتبط با مکان‌یابی استحصال آب با استفاده از سیستم چگالشی استفاده شده است. به منظور بررسی و ارزیابی تناسب زمین جهت استحصال آب پنج عامل مرتبط با این امر، دو عامل آن با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS (رطوبت هوا و دما) و سه عامل دیگر با استفاده از منابع زمینی (دمای ۵۰ سانتی‌متری زیر زمین، سرعت باد) از داده‌های اقلیمی سازمان هواشناسی و (نوع خاک) از داده‌های سازمان نقشه‌برداری که به صورت لایه Shp است، شناسایی شدند.

برای برآورد مقدار رطوبت نسبی و دما از طریق سنجنش از دور، نیاز به تصاویر است که پیکسل‌های آن خالی از ابر باشند، زیرا ابر بازتابش و جذب زیادی دارد و حضور آن‌ها عدم قطعیت فراوانی وارد محاسبات

عددی صفر تا یک قرار گرفتند. در مرحله بعد برای تعیین اهمیت شاخص‌های مورد نظر جهت ارزیابی تناسب زمین ابتدا اهمیت نسبی هر کدام از معیارها با استفاده اعمال نظر کارشناسان و توسط مدل تحلیل سلسله مراتبی مشخص شدند. در ادامه با تلفیق مدل AHP و فازی تمامی لایه‌های فازی شده در وزن‌های حاصل از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی ضرب و بدین ترتیب لایه‌های وزن‌دار فازی آماده شدند. سپس با استفاده از عملگر گامای  $0/9$  نقشه نهایی مکان‌یابی استحصال آب از رطوبت هوا به دست آمد (شکل ۲).

تصویر بدون ابر برای پردازش، شناسایی شد. برای ترسیم لایه‌های دمای عمق ۵۰ سانتی‌متری و سرعت باد از داده‌های ۹ ایستگاه سینوپتیک استان (زاهدان، زابل، ایرانشهر، میرجاوه، خاش، نیک شهر، چابهار، زهک و سراوان) در بازه زمانی ۲۰ ساله ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۸ استفاده شده است. برای شناسایی تیپ خاک از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری که به صورت لایه Shp است، استفاده گردیده است. سپس برای هر کدام از عامل های بالا لایه اطلاعاتی تهیه شد و در نهایت هر لایه در نرم افزار ArcGIS10.2 فازی شده و در طیف



شکل ۲ - فرایند پژوهش جهت مکان‌یابی استحصال آب از رطوبت هوا.

### سیستم تولید آب چگالشی

یکی از روش‌های نوین جهت تولید آب شیرین، تقطیر رطوبت موجود در هوا است که می‌توان در مناطق گرم و مرطوب مورد مصرف داشته باشد. طرح کلی این سیستم (شکل ۳) به‌گونه‌ای است که هوای گرم و مرطوب از یک سمت به داخل لوله‌هایی که در زیر خاک مدفون شدند هدایت می‌شوند (بازرگان و احمدی علی بیگلویی ۲۰۱۴). دمای هوای داخل لوله به دلیل تبادل حرارت با محیط اطراف (خاک) تا نقطه شبنم کاهش یافته و تقطیر آغاز می‌گردد. آب شیرین در محفظه‌ای جمع شده و جهت مصارف مختلف (شرب یا کشاورزی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تولید آب آشامیدنی از لوله‌های معمولی بدون سوراخ استفاده می‌شود که در انتهای این لوله‌ها مکانی برای جمع‌آوری آب متراکم شده وجود دارد (لیندبلوم و نوردل ۲۰۰۶) اما برای آبیاری زمین‌های کشاورزی از لوله‌های سوراخ‌داری استفاده می‌شود که به‌طور مستقیم به‌وسیله سوراخ‌های مدفون در زیر زمین، آب تولید شده به اطراف زمین تغذیه می‌شود و این عمل همانند آبیاری قطره‌ای است و مصرف آب را به حداقل ممکن

می‌رساند و اتلاف حاصل از تبخیر را حذف می‌کند (لیندبلوم و نوردل ۲۰۰۷).

#### معادله حاکم بر مسئله

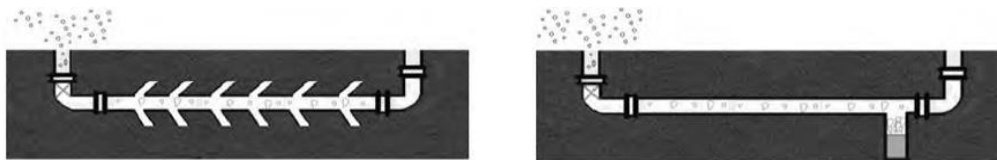
در این مدل فرض می‌شود: ۱ - شرایط هوای ورودی به لوله همانند سرعت، فشار، دما و رطوبت هوا معلوم در نظر گرفته می‌شود. ۲ - بخار آب و هوا گاز ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود، در نتیجه موازنه حرارتی برای یک بازده را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود:

$$q' = q'_{cond} + q'_{conv} \quad [1]$$

که در رابطه  $q'$ ، شار حرارتی کل واحد لوله،  $q'_{cond}$  شار حرارتی ناشی از تقطیر در واحد طول لوله و  $q'_{conv}$  شار حرارتی ناشی از جابجایی درون لوله در واحد طول لوله می‌باشد (مافی ۲۰۱۴).

#### شبیه‌سازی سیستم تولید آب آشامیدنی

بر اساس مطالعات انجام شده برای سیستم‌های تولید آب چگالشی با توجه به شرایط آب هوایی که در جدول ۱ آمده است به ازای هر متر لوله، تقریباً ۲ لیتر آب در شبانه روز تولید می‌گردد (لیندبلوم و نوردل ۲۰۰۷).



شکل ۳- سیستم آب چگالشی برای مصارف خوراکی و کشاورزی.

#### جدول ۱- شرایط هوای مرطوب ورودی.

مقادیر	خصوصیات
۴۰ درجه سانتی‌گراد	دمای ورودی به لوله
۷۰ درصد	رطوبت نسبی
۳/۵ متر در ثانیه	سرعت ورودی به لوله
۱ اتمسفر	فشار اولیه
۲۰ سانتیمتر	قطر لوله
۵۰ متر	طول لوله
۵۰ سانتیمتر	عمق خاک

محدوده‌ای از امکان‌ها به‌جای اعداد، علاوه بر مزایای روش آماری به دلیل قابلیت فرموله نمودن دانش بشری در قالب ریاضی، ابزاری سودمند در ارزیابی محیطی به شمار می‌آید (موسوی و صادقیان ۲۰۱۶). برای اجرای تکنیک فازی نیاز به عملگرهای اجتماع، اشتراک، ضرب جبری و گاما است. در این پژوهش از عملگرهای جمع جبری، ضرب جبری و گاما برای تلفیق نقشه‌ها استفاده شده است.

### عملگر ضرب فازی

تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند و در نقشه خروجی اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل می‌کنند، در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. به همین دلیل این اپراتور حساسیت بالایی در مکان‌یابی اعمال می‌کند.

$$\mu_{\text{combination}} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad [2]$$

که در آن  $\mu_{\text{combination}}$  لایه حاصل از حداقل سازی  $\mu_i$  لایه وزن دار فازی  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  تعداد نقشه‌های ترکیب شونده را نشان می‌دهد (قنواتی و دلفانی گوردزی ۲۰۱۳).

### عملگر جمع فازی

در این اپراتور متمم ضرب مجموعه‌ها محاسبه می‌شود. به همین دلیل در نقشه خروجی برخلاف عملگر ضرب جبری فازی ارزش پیکسل به سمت یک میل می‌کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیش‌تری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد و حساسیت کمی در مکان‌یابی دارد و در نتیجه عرصه‌های بیش‌تری نسبت به ضرب فازی عنوان مناسب به خود می‌گیرد.

$$\mu_{\text{combination}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad [3]$$

که در آن  $\mu_{\text{combination}}$  لایه حاصل از حداکثر سازی  $\mu_i$  لایه وزن دار فازی  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  تعداد نقشه‌های ترکیب شونده را نشان می‌دهد (قنواتی و دلفانی گوردزی ۲۰۱۳).

### سیستم تولید آب چگالشی

با توجه به یافته‌های بازرگان و احمدی علی بیگلویی (۲۰۱۴) در سیستم آب چگالشی میانگین آب تولید شده در روزهای اول زیاد است ولی باگذشت زمان دمای خاک افزایش می‌یابد و بعد از ۹۰ روز به یک حالت پایدار در مقدار دبی آب تولید شده می‌رسد و بر اساس تحقیقی که مافی (۲۰۱۴) در استان هرمزگان انجام داد در اولین ساعت راه‌اندازی سیستم ۱۲/۱ کیلوگرم آب و در آخرین ساعت ۷/۴ کیلوگرم آب از کل لوله حاصل شده است و در یک دوره ۱۲ ساعته تقریباً ۸۵ کیلوگرم آب از هر لوله ۵۰ متری تولید می‌گردد که به‌طور میانگین از هر متر لوله ۱/۷ کیلوگرم آب به دست آمده است.

### فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy-AHP)

در پژوهش حاضر برای مکان‌یابی سیستم چگالشی برای تولید آب از رطوبت هوا از تلفیق دو مدل فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. تحلیل فرایند سلسله مراتبی (AHP) یکی از معروف‌ترین ابزار تصمیم‌گیری چند منظوره برای وضعیت‌های پیچیده‌ای که سنجه‌های چندگانه و متضاد دارند (صفاری و همکاران ۲۰۱۵). این مدل امکان فرموله کردن مسئله را با در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این مدل بر مبنای مقایسه دو به دویی بنا نهاده شده است که قضاوت را آسان می‌کند و مقدار سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد (قنواتی و دلفانی گوردزی ۲۰۱۳). تئوری فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده ارائه گردید. تئوری فازی شامل تمام تئوری‌هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه‌های فازی یا توابع عضویت استفاده می‌کند و هدف از آن ایجاد روشی نوین در بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره است. منطبق فازی به دلیل در نظر گرفتن



**عملگر فازی گاما**

$$u(x_i) F(x) = W_t \quad [5]$$

که در این رابطه  $F(x)$  لایه وزن دار فازی،  $W_t$  وزن هر یک از معیارهای AHP و  $u(x_i)$  تابع فازی هر کدام از لایه‌ها می‌باشد (قنواتی و دلفانی گوردزی ۲۰۱۳). در نهایت بعد از فازی سازی و ضرب وزن‌ها در لایه‌های فازی شده با استفاده از عملگرهای Sum، Product، Gamma نقشه نهایی تهیه گردید.

**محاسبه نرخ ناسازگاری**

یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده در تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها است. برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها از ضریب سازگاری که از تقسیم شاخص سازگاری به شاخص تصادفی بدست می‌آید، استفاده می‌شود. در حالت کلی می‌توان گفت که میزان قابل قبول ناسازگاری یا ماتریس یا سیستم، بستگی به تصمیم‌گیرنده دارد، ساعتی عدد ۰/۱ را به عنوان حد قابل قبول ارایه می‌نماید و معتقد است چنانچه میزان ناسازگاری بیشتر از ۰/۱ باشد بهتر است که در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. در تحقیق حاضر برای بدست آوردن ضریب سازگاری از نرم افزار Expert Choice که قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات در پارامترهای مساله را دار است استفاده شده است. به طوری که مشاهده می‌کنیم نرخ ناسازگاری در ماتریس مقایسه زوجی کمتر از ۰/۱ است و بنابراین شاخص سازگاری در همه موارد رعایت شده است. بعد از وزن دهی معیارها در نرم‌افزار Expert Choice وزن هر کدام از معیارها در لایه مربوطه ضرب شدند.

حالت کلی عملگرهای ضرب و جمع است و می‌توان با انتخاب صحیح مقدار گاما، پارامتر کاهش و افزایشی را هم‌زمان تلفیق نموده، به مقادیر در خروجی دست یافت که حاصل سازگاری قابل انعطاف میان گرایش‌های افزایشی و کاهش‌ی دو عملگر جمع و ضرب فازی می‌باشند.

$$\mu_{\text{combination}} = (\text{fuzzy algebraic sum}) \lambda \times [4] \\ (\text{fuzzy algebraic product})^{1-\lambda}$$

مقدار  $\lambda$  بین صفر و یک است که مقدار آن از طریق قضاوت‌های کارشناسانه تعیین می‌گردد. گاما صفر معادل ضرب فازی و گامای یک معادل جمع فازی است. (لی ۲۰۰۷). در این پژوهش مقادیر از تابع فازی گاما نظیر ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ استفاده شده است.

به‌طور کلی، اجرای مدل فازی شامل سه مرحله می‌باشد: ۱ - فازی سازی لایه‌ها یا تعیین و اعمال توابع عضویت بر لایه‌ها، ۲ - اعمال عملگرهای ضرب جبری و جمع جبری بر لایه‌ها، ۳ - اعمال عملگرهای فازی جهت تعدیل حساسیت بالای عملگر ضرب جبری و دقت کم عملگر جمع جبری.

**تعیین ضرایب اهمیت شاخص با استفاده از AHP**

برای ارزیابی و اولویت‌بندی معیارها در AHP، پس از فازی سازی لایه‌های معیارها با جمع‌آوری نظر کارشناسان، ارزش و اهمیت معیارها دو به دو نسبت به هم مشخص و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شد. معیار وزن دهی هر یک از عناصر موجود در هر لایه بر اساس میزان نقشی است که آن لایه در مکان‌یابی استحصال آب از رطوبت هوا با استفاده از سیستم چگالشی داشته است. بعد از وزن دهی و انجام محاسبات در نرم‌افزار Expert Choice و با توجه به نرخ سازگاری به دست آمده (۰/۰۲) بیشترین وزن به شاخص رطوبت هوا (۰/۴۲۵) و کمترین وزن به شاخص خاک (۰/۰۶۴) تعلق گرفته است (جدول ۲).

جدول ۲- ماتریس وزن پارامترها با استفاده از روش AHP

معیارها	رطوبت هوا	دمای هوا	دمای ۵۰ سانتیمتر زیرزمین	سرعت باد	خاک
رطوبت هوا	۱	۲	۳	۴	۵
دمای هوا	۱/۲	۱	۲	۳	۴
دمای ۵۰ سانتیمتر زیرزمین	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳
سرعت باد	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۲
خاک	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱
ضریب اهمیت	۰/۴۲۵	۰/۲۵۰	۰/۱۶۰	۰/۱۰۱	۰/۰۶۴
شاخص سازگاری	۰/۰۲				

## نتایج و بحث

## رطوبت هوا

برای تهیه نقشه نهایی مکان‌یابی استحصال آب از رطوبت هوا با استفاده از سیستم چگالشی، تعداد مشخصی از معیارها مورد استفاده قرار گرفت. این معیارها عبارت‌اند از رطوبت هوا، دمای هوا، سرعت باد، دمای ۵۰ سانتیمتری زیر زمین و نوع خاک منطقه است که به شرح جدول ۲ اولویت‌بندی و وزن دهی شدند. شکل ۴ محدوده مطالعاتی را از جنبه پهنه‌بندی رطوبت هوا نشان می‌دهد. طبق نقشه پهنه‌بندی رطوبت هوا مقدار بخار آب در طول سال از نواحی ساحلی به سمت شمال و در درون فلات کاهش می‌یابد که این امر بیانگر تأثیر ورود بخار آب از سمت جنوب یعنی دریای عمان و اقیانوس هند به این استان است. رطوبت هوا در جنوب استان (شهرستان کنارک و چابهار) در طول سال رطوبت ویژه آن بالای ۱۲ گرم در کیلوگرم است. مقدار بخار آب در عرض جغرافیایی ۲۶/۵ تا ۲۸ درجه از غرب به شرق کاهش پیدا می‌کند که علت آن را می‌توان کاهش اثر جریان‌های ورودی به‌طرف شرق استان دانست به‌طوری‌که مقدار رطوبت ویژه ۷ گرم در کیلوگرم می‌رسد. از عرض ۲۸ درجه به بالا در این استان به علت کوهستانی بودن و همجواری با بیابان-های خشک داخلی ایران رطوبت ویژه هوا در تمام طول سال کمتر از ۴ گرم در کیلوگرم است. در نهایت می‌توان این‌گونه بیان کرد توزیع فضایی رطوبت هوا در استان

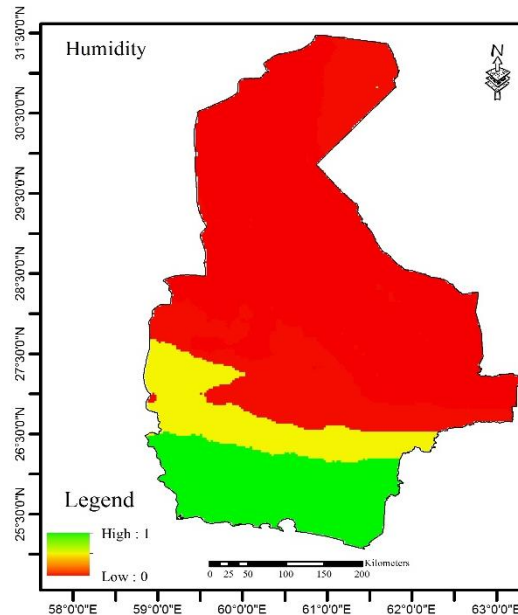
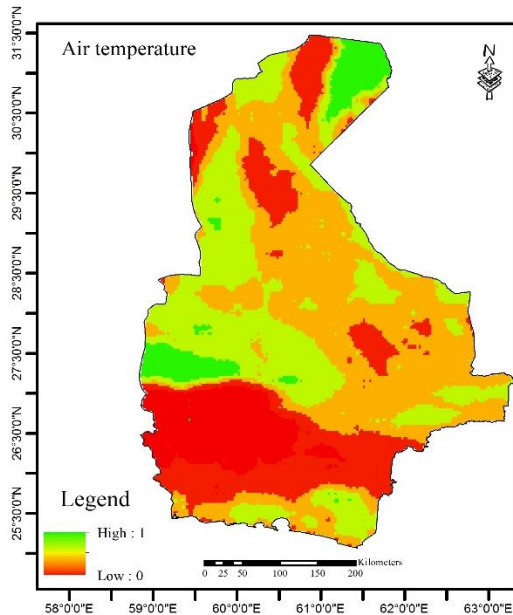
حساسیت بالاتری به دوری و نزدیکی به پهنه‌های آبی و توده‌های کوهستانی دارد.

## دما هوا

با توجه به نقشه‌های تهیه شده (شکل ۵) تفاوت مکانی دما در استان سیستان و بلوچستان بسیار چشمگیر است. دمای حداقل ثبت شده توسط سنجنده MODIS نشان می‌دهد که از شمال به جنوب از حداقل دما کاسته می‌شود و در فصل سرد سال (ژانویه، فوریه و مارس) ریزش هوای سرد سیبری به‌سوی شمال شرق کشور تا نواحی شرقی استان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یخبندان در محدوده استان به‌ندرت رخ می‌دهد. در فصل سرد استان سیستان و بلوچستان کمتر تحت تأثیر بادهای غربی و سیستم ناشی از آن قرار دارد. به همین دلیل در فصل بهار، جزء اولین مناطقی هستند که کم‌کم تحت تأثیر پرفشار حرارتی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که در ماه آخر فصل بهار (ژوئن) این استان به‌طور کامل تحت تسلط پرفشار جنب‌حاره‌ای قرار دارد. در فصل گرما مناطق ساحلی و نواحی پیرامونی آن تا فاصله ۱۰۰ کیلومتری از خط ساحل تحت تأثیر رطوبت دریا قرار دارد و با تأثیر مانسون در جنوب شرق استان باعث کاهش دمای سواحل و جنوب شرقی استان نسبت به عرض‌های بالاتر (مرکز استان) می‌شود. با پیشروی به سمت شمال استان تغییرات دما هم در فصل گرم و هم در فصل سرد مشاهده می‌شود. از

دیگر عواملی که پارامتر دما را تحت تأثیر قرار می‌دهد

عامل ارتفاعات است.



شکل ۳- نقشه فازی شده معیار دمای هوا.

شکل ۴- نقشه فازی شده معیار رطوبت هوا.

وجود ندارد. ولی در مناطقی که باعث جابجایی رطوبت از منابع آب به منطقه شود، عامل مثبت در نظر گرفته می‌شود. در شکل ۶ نقشه وزن دهی فازی سرعت باد استان سیستان بلوچستان نشان داده شده است. همان‌طور که در این نقشه مشاهده می‌شود، سواحل جنوبی استان به دلیل تأثیر باد در انتقال رطوبت از دریا به سواحل بیشترین امتیاز را دریافت کردند و مناطق شمالی و شرقی استان به دلیل وجود بادهای شدید و خشک کمترین امتیاز را دریافت کردند.

#### دمای ۵۰ سانتی‌متری زیرزمین

اندازه‌گیری واقعی شار گرمای زمین، کار بسیار مشکلی است. اغلب روش‌های موجود، شار گرمایی خاک را با اندازه‌گیری‌های دمای خاک در اعماق مختلف به انجام می‌رسانند. در این پژوهش برای پهنه‌بندی دمای عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک از آمار ۵ ایستگاه سینوپتیک استان (زاهدان، زابل، ایرانشهر، چابهار و سراوان) استفاده شد. مختصات ایستگاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس نظر کارشناسان توزیع دمای عمق ۵۰ سانتی‌متری زمین به عوامل زیر بستگی دارد: ۱- ساختار فیزیکی زمین و ویژگی‌های حرارتی

#### سرعت باد

باد یکی دیگر از عوامل مکان‌یابی استحصال آب از رطوبت هوا است. در پژوهش حاضر برای به دست آوردن متوسط سرعت باد از آمار سه ساعته سازمان هواشناسی کشور و طبق رابطه شماره ۶ استفاده شد. پس از به دست آوردن متوسط سرعت باد از طریق درون‌یابی، داده‌های ۹ ایستگاه سینوپتیک استان (زاهدان، زابل، ایرانشهر، میرجاوه، خاش، نیک شهر، چابهار، زهک و سراوان) لایه پتانسیل باد تهیه شد.

$$\bar{V} = \left( \frac{1}{N} v_1 + v_2 + \dots v_n \right) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad [6]$$

که در این رابطه  $\bar{V}$  متوسط سرعت باد،  $v_i$  سرعت باد در مشاهده (i) و n تعداد مشاهداتی است که در دوره مورد مطالعه برای بادهای غیر آرام گزارش شده است.

تأثیر سرعت باد عملاً با ایجاد دو پدیده ۱- افزایش تبخیر تعرق و ۲- جابجایی بخار آب از روی منبع تولید، شناخته می‌شود؛ بنابراین در مکان‌یابی استحصال آب از رطوبت هوا باد نقش اساسی دارد به طوری که در مناطقی با وزش بادهای شدید و خشک امکان اجرای طرح‌های استحصال آب از رطوبت هوا

خاک‌ها مخلوطی از مواد معدنی و آلی هستند که از تخریب سنگ‌ها در نتیجه هوازدگی به وجود می‌آیند که البته نوع و ترکیب خاک‌ها در مناطق مختلف برحسب شرایط ناحیه فرق می‌کند. مناسب‌ترین محل جهت نصب لوله‌های مدفون برای استحصال آب از رطوبت هوا، زمین‌هایی است که دارای خاک‌های بانفوذ پذیری بالا و عمق بین ۰/۷۵ تا ۱ متر باشد. اگر خاک منطقه از عمق لازم و نفوذپذیری مناسب برخوردار نباشد، انتقال گرما در خاک به خوبی انجام نشده، در نتیجه کارایی سیستم چگالشی به شدت کاهش می‌یابد. با توجه به نقشه تهیه شده از سازمان زمین‌شناسی تپ خاک استان به‌قرار جدول ۳ است.

آن. ۲ - پوشش سطح زمین. ۳ - تأثیر عناصر اقلیمی مانند دما، تابش خورشید، باد و رطوبت هوا (مجرد و صادقی ۲۰۱۳). بر اساس نقشه تهیه شده (شکل ۷) برای دمای ۵۰ سانتیمتری زیر زمین، مناطق چابهار و کنارک به علت عمق زیاد خاک و نوع خاک شنی - رسی از یکنواختی مناسبی جهت استحصال آب برخوردار است. بنابراین بیشترین امتیاز را دریافت می‌کند و مناطق شمالی و شرق استان به علت کوهستانی و کم-عمق بودن دارای نوسانات شدید دمایی است و امتیاز کمی را به خود اختصاص می‌دهد.

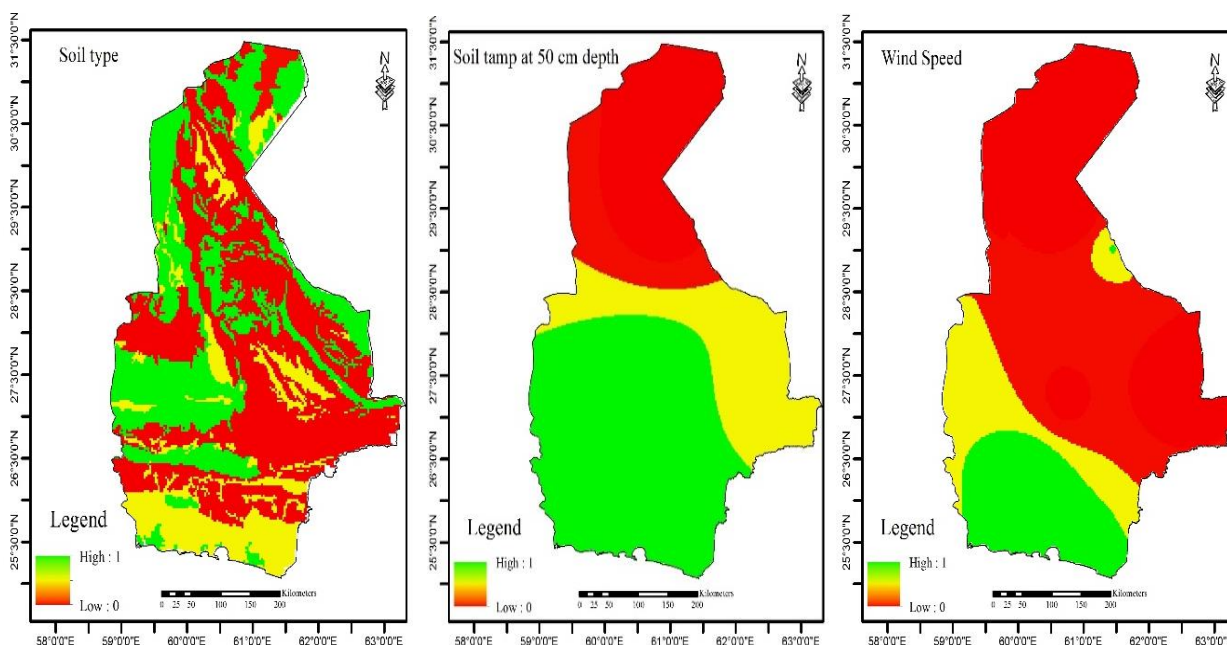
### تپ خاک

جدول ۳ - نوع خاک استان سیستان و بلوچستان.

ردیف	نام خاک	مساحت (هکتار)	ردیف	نام خاک	مساحت (هکتار)
۱	Entisols/Aridisols	۴۶۵۰	۶	Bad Lands	۲۲۱۲/۵
۲	Marsh	۱۲۰۶/۲	۷	Dune Lands	۱۷۲۹۷
۳	Playa	۱۲۸۱/۷	۸	Rocky Lands	۱۰۴۵۰۰/۶
۴	Salt Flats	۸۳۸۹/۲	۹	Arid sols	۱۳۷۲۹۰/۹
۵	Water Body	۱۰۷۷/۲	۱۰	/Entisols Rock Outcrops	۳۷۷۰/۵

داده‌های موجود و نوع خاک نقشه وزن دهی فازی استان تهیه شد که بیشترین امتیاز را قسمت‌های شرقی استان به خود اختصاص داده و قسمت‌های غربی به علت کوهستانی بودن کمترین امتیاز را دریافت کردند. (شکل ۸).

با توجه به جدول ۳ بیشترین مساحت نوع خاک در استان سیستان و بلوچستان نوع خاک کم‌عمق آتشفشانی (Arid sols) با مقدار ۱۳۷۲۹۰/۹ هکتار می‌باشد؛ و کمترین نوع خاک مربوط به زمین‌های باتلاقی (Marsh) با وسعت ۱۲۰۶/۲ هکتار می‌باشد. با توجه به



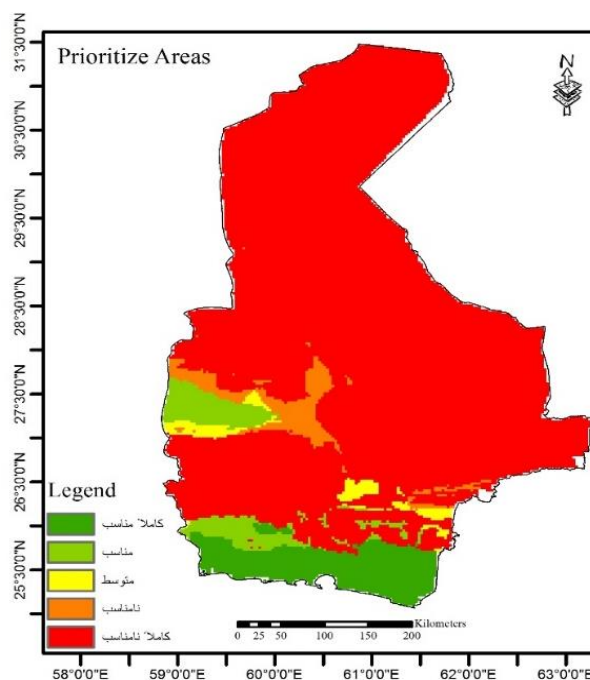
شکل ۶- نقشه فازی شده سرعت باد. شکل ۷- نقشه فازی شده دمای ۵۰ cm زیرزمین. شکل ۸- نقشه فازی شده نوع خاک.

آب از رطوبت هوا از طریق سیستم چگالشی منطقه چابهار و کنارک در جنوب استان و پهنه دلیگان در کنار دریاچه هامون در غرب استان قرار دارد. شمال استان به علت دارا بودن شرایط بیابانی و بادهای خشک و گرم شدید و شرق استان به دلیل کوهستانی بودن دارای تناسب کاملاً نامناسب و نامناسب هستند. در نهایت نتایج حاصل نشان می‌دهد با تلفیق مدل AHP/FUZZY می‌توان نواقص وزن دهی مدل AHP که ناتوانی آن در لحاظ کردن عدم قطعیت قضاوت‌ها در ماتریس زوجی معیارها می‌باشد، برطرف کرد؛ بنابراین با توجه به نتایج قابل قبول روش تلفیقی AHP/FUZZY و مدنظر قرار دادن ارتباط متقابل گزینه‌ها و معیارها، این روش تلفیق روشی مناسب و قابل اعتماد برای تصمیم‌گیری می‌باشد.

در نهایت با اعمال وزن‌های به دست آمده معیارها توسط روش Fuzzy-AHP نقشه‌های نهایی مکان‌های مستعد برای استحصال آب از رطوبت هوا با استفاده از سیستم چگالشی در محیط نرم‌افزار GIS به دست آمد. برای اولویت‌بندی مناطق مناسب استحصال آب از رطوبت هوا، نقشه به دست آمده به ۵ کلاس کاملاً مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و کاملاً نامناسب (شکل ۹) و همچنین مساحت طبقه‌های تناسب زمین به کیلومتر و به درصد محاسبه شد (جدول ۳). در طبقه بندی مربوطه مشخص شد که ۲۴۵۶۱/۷ کیلومترمربع در کلاس مناسب و کاملاً مناسب قرار دارد، ۵۶۴۰/۹ کیلومترمربع در کلاس با تناسب متوسط قرار دارد و در نهایت ۱۵۷۳۲۲/۶ کیلومترمربع در کلاس نامناسب و کاملاً نامناسب قرار می‌گیرد. با توجه به نقشه نهایی به دست آمده (شکل ۹) مناسب‌ترین منطقه برای استحصال

## جدول ۴- مقادیر طبقات تناسب زمین مدل فازی AHP جهت استحصال آب از رطوبت هوا با استفاده از سیستم چگالشی.

طبقه‌بندی تناسب زمین	مساحت به کیلومتر مربع	مساحت به درصد
کاملاً مناسب	۱۴۶۲۲/۲	۷/۸
مناسب	۹۹۳۹/۵	۵/۳
متوسط	۵۶۴۰/۹	۳
نامناسب	۸۱۰۵	۴/۳
کاملاً نامناسب	۱۴۹۲۱۷/۶	۷۹/۶
مجموع مساحت	۱۸۷۵۰۲	۱۰۰



شکل ۹- نقشه نهایی مدل فازی AHP تناسب زمین برای استحصال آب از رطوبت هوا با استفاده از سیستم چگالشی.

## نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش به منظور شناسایی مناطق مناسب جهت استحصال آب از رطوبت هوا با استفاده از سیستم چگالشی در استان سیستان و بلوچستان، ابتدا معیارهای تأثیرگذار در استحصال آب با استفاده از منابع و نظر کارشناسان شناسایی شد. سپس در نرم-افزار Arc GIS 10.2 به صورت لایه‌های رستری تبدیل شد و بر اساس قضاوت‌های انسانی (روش AHP) و عدم قطعیت وزن‌ها (منطق FUZZY) تابع عضویت لایه‌ها مشخص شد. برای تعیین تابع عضویت لایه‌ها از تابع عضویت Linear استفاده گردید. همپوشانی فازی معیارها به روش‌های مختلف مورد آزمون قرار گرفت و

در نهایت از عملگر فازی گامی ۰/۹ استفاده شد. نتایج مکان‌یابی استحصال آب از رطوبت هوا با استفاده از سیستم چگالشی (شکل ۹) بیانگر آن است که مناسب-ترین پهنه برای استحصال آب مناطق جنوبی استان (سواحل کنارک و چابهار) به علت نزدیکی به دریای عمان و اقیانوس هند و غرب استان (منطقه دلیگان) به علت نزدیکی به دریاچه هامون (رطوبت نسبی بالا)، عمق خاک مناسب و دمای مناسب با ۱۳/۱ درصد کاملاً مناسب و مناطق شمالی و شرقی استان به علت رطوبت کم و کوهستانی بودن (نبود عمق خاک) با ۸۳/۹ درصد در کلاس نامناسب تا کاملاً نامناسب قرار دارد. ۳ درصد از اراضی استان نیز برای استحصال آب

از مزیت این روش باشد که در این پژوهش ۰/۰۲ به دست آمد. در نتیجه مکان‌یابی صورت گرفته توسط روش AHP/FUZZY تحت تأثیر قضاوت‌های انسانی و کنترل عدم قطعیت وزن‌های به دست آمده از طریق شرایط فازی می‌تواند در مکان‌یابی نسبت به روش‌های گذشته دقیق‌تر باشد. همچنین روش همپوشانی گاما مناسب‌ترین روش همپوشانی تشخیص داده شد.

از رطوبت هوا در شرایط متوسط قرار دارد. این پژوهش نشان داد روش AHP/FUZZY با توجه به شرایط فازی و وجود عدم قطعیت برای وزن دهی برای هر یک از معیارها برآورد دقیق‌تری دارد. همچنین شاخص ناسازگاری به دست آمده از روش AHP/FUZZY می‌تواند در تعمیم دقیق‌تر وزن‌های اعمال شده بر هر معیار تحت تأثیر ارزیابی تصمیم گیرندگان

#### منابع مورد استفاده

- Babran S and Honarbakhsh N, 2008. Crisis of water situation in the world and Iran. *Strategy Quarterly* 16 (48) 212-193 (In Persian with English abstract)
- Bazaargan M and Ahmadi Ali Bigloui M, 2014. Produce fresh water using groundwater humidification and solar energy. *Two Quarterly and Renewable Energy Quarterly* 1 (1): 4-15 (In Persian with English abstract).
- Dolatabay M and Gray T, 2000. *Water Politics in the Middle East*, London, Macmillan Press.
- Anonymous, 2003. A Lesson about the Value of Multidisciplinary Research. 39. IDRC Annual Report.
- Kordvani P, 2011. *Water Resources and Issues in Iran, Volume One*, Tehran, Tehran University Press (In Persian with English abstract).
- Lee S, 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology* 50: 847-855.
- Lindblom J and Nordell B, 2006. Water production by underground condensation of humid air. *Desalination* 189: 248-260.
- Lindblom J and Nordell B, 2007. Underground condensation of humid air for drinking water production and subsurface irrigation. *Desalination* 203:417-434.
- Mafi M, 2014. Evaluation of fresh water extraction from air humidity using cooling system of buried pipes. Pp. 1-6. The 22nd Annual International Conference of Iranian Mechanics. 23-25 April, Ahwaz, Iran.
- Mahmoudi P, Khajeh Amr Khaledi C and Salari Fanoud MR, 2016. Study of feasibility study of water extraction from humidity in Southern Sistan and Baluchestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation Research* 23(2): 265-253 (In Persian with English abstract)
- Mojarrad F and Sadeghi H, 2013. Investigation of soil temperature relations with soil depths (Case study: Kermanshah province). *Natural Geographical Research* 45(1):118-101 (In Persian with English abstract).
- Mousavi Baigi M and Shabanzadeh S, 2008. Design and construction of a device for extracting water from fog and peak clouds. *Journal of Water and Soil* 22 (1):3-11 (In Persian with English abstract).
- Mousavi SG and Sadeghian R, 2016. A study of fuzzy logic and Its application in complex issues. *Monthly Research Journal* 2(15):89-77 (In Persian with English abstract)
- Olivier J, 2003. Fog-water harvesting along the west coast of South Africa: A feasibility study. *African Journals online Ajol* 28: 349-360.
- Olivier J, 2004. Fog harvesting: An alternative source of water supply on the West Coas of South Africa. *Journal Spatially Integrated Social Sciences and Humanities* 61: 203-214.
- Prada S and Oliveira da Silva M, 2001. Fog precipitation on the Island of Madeira (Portugal). *Environmental Geology* 41: 384-389.
- Qanavati E and Delfani Gordazi F, 2013. Optimal location of urban development with emphasis on natural parameters using the integrated AHP / FUZZY model (case study: Boroujerd County). *Journal of Applied Geomorphology* 1: 60 - 45 (In Persian with English abstract)
- Sadeghi SS, 2016. Hydropolitics and national security (case study, gulf countries). *Strategy Quarterly* 25(81): 144-117 (In Persian with English abstract)

- Saffari A, John Ahmadi M and Raeti Shavazi M, 2015. Application of AHP / FUZZY integrated model in locating suitable areas of Salab distribution for artificial feeding (case study: Bushkn plain - Bushehr province). Hydrometeorology 3: 97-81. (In Persian with English abstract)
- zyadin A, 2013. Water shortage in MENA region: An interdisciplinary overview and a suite of practical solutions. Journal of Water Resource and Protection 5: 49-58.