بررسی اثرات خشکسالی‌ها بر منابع آب زیرزمینی دشت‌های همدان با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیره و GIS

دکتر حسین محمدی
دانشیار دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

علی‌اکبر شمسی‌پور
دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران

چکیده

مدیریت منابع آب در دوره‌های خشک و خشکسالی‌ها نیازمند شناخت و کاربرد روش‌ها و راهکارهای مناسب است. از آن‌جا که خشکسالی به‌صورت یک مجموعه عوامل و متغیرهای مرتبط به هم اقلیمی (سیستم اقلیم) در محیط طبیعی و انسانی تأثیر می‌گذارد، مطالعه جزئی و مجزای متغیرهای اقلیمی نتیجه متقن و قابل اعتمادی از شرایط حاکم ارائه نمی‌دهد.

جهت بررسی میزان نقش خشکسالی‌ها در منابع آب زیرزمینی دشت‌های شمال همدان متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژی آب‌های سطحی به‌عنوان متغیر مستقل جهت تعیین میزان همبستگی با سطح ایستایی دشت‌ها (متغیر وابسته) در مقیاس ماهانه در طی ۱۷ سال ۱۳٦۳-۷۹ مورد بررسی قرار گرفت. روش مطالعه بر رگرسیون چند متغیره متمرکز گردید که نتایج مناسب‌تری ارائه می‌دهد.

در نتیجه، آثار ناهنجاری‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی در افت سطح ایستابی دشت‌ها ٤۲ درصد همبستگی را بین متغیرهای اقلیمی مستقل با شدت افت نشان داد.

در ارزیابی مکانی بحران افت سطح ایستابی تحت تأثیر خشکسالی از توانایی تحلیل‌های مکانی و فضایی GIS بهره گرفته شد و نتایج داده‌های نقطه‌ای به اطلاعات منطقه‌ای تبدیل گردید و شدت افت در سطح دشت‌های مورد مطالعه منطقه‌بندی گردید که دشت بهار دارای شدیدترین افت و مناطق حاشیه دشت‌ها در محل اتصال به ارتفاعات از کم‌ترین مقادیر افت برخوردار بودند.

واژگان کلیدی: خشکسالی، رگرسیون چند متغیره، GIS، تحلیل آماری چند متغیره، سطح ایستابی.

مقدمه

کشور ایران به علت قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک از نظر منابع آب وضعیتی نامطلوب‌تر از متوسط در دنیا دارد.

وقوع خشکسالی‌های متناوب، طولانی و نوسانات زیاد آب و هوایی، کمبود آب به‌ویژه منابع آب سطحی را تشدید می‌کند. بدین ترتیب منابع آب‌های زیرزمینی منبع مهمی جهت تأمین آب مصرفی در بخش‌های مختلف اقتصادی، کشاورزی، اجتماعی و شرب مردم این مناطق می‌باشد.

وقوع خشکسالی‌های توام با تشدید افت سطح ایستایی سفره‌های آب زیرزمینی دشت شمال همدان در سال‌های ۱۳۷۵-۷۹ احتمال ارتباط قوی بین نوسانات عناصر آب و هوایی با منابع آب‌های زیرزمینی منطقه را باعث گردیده است.

سفره‌های آب زیرزمینی دشت‌های شمال همدان از نوع آبخوان‌های کم عمق تا متوسط می‌باشند. (۱۲۰ـ۲ متر). از خصوصیات این سفره‌ها تأثیر شدید سطح آبخوان از نوسانات و الگوهای رفتاری اقلیم و رژیم بارشی است. هم‌چنین ارتفاعات منطقه با سازندهای آتشفشانی و نفوذپذیری پایین به نسبت دشت‌ها از نفوذپذیری پایینی برخوردار است که پوشش چند ماهه برف در ارتفاعات و ذوب و نفوذ تدریجی آن‌ها ضعف نفوذپذیری پایین را کاهش می‌دهد و نقش ارتفاعات درتغذیه آبخوان دشت را با اهمیت‌تر می‌کند.

سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) با قدرت تحلیل مکانی و فضایی بالا و آنالیزهای آماری آن تکنیکی قوی و مورد اعتماد است که در این تحقیق از آن به‌همراه آنالیزهای چند متغیره آماری برای منطقه‌بندی شدت افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی و ایجاد روابط همبستگی بین وقوع خشکسالی هواشناختی و خشکسالی هیدرولوژیکی در آب‌های زیرزمینی بهره گرفته شد.

پیشینه تحقیق

از زمانی‌که در سده هفدهم میلادی پیر پرالت (۱۶۰۸-۱۶۸۰م) دانشمند فرانسوی منشأ آب‌های زیرزمینی را به بارندگی‌ها ثابت نمود. این ارتباط بین بارش‌ها و سطح سفره‌های آب زیرزمینی مورد مطالعه دقیق‌تر قرار گرفت (کردوانی، ۱۳۷۴).

ویلهیت و گلانتس (۱۹۸۵)، مارشال و همکاران (۱۹۹۴) و تات و گوستارد(۲۰۰۰) در مطالعات خود در بحث خشکسالی، به خشکسالی‌هایآب‌های زیرزمینی توجه کمی داشته‌اند.

وان لنین و پیترز (۲۰۰۰م) از خشکسالی آب‌های زیرزمینی تعریف زیر را ارائه نمودند:

"وقتی سطح آب زیرزمینی آبخوانی در یک دوره زمانی معین به زیر سطح بحرانی افت کند خشکسالی آب زیرزمینی رخ داده است" (هیسدال، تالکسن، ۲۰۰۰).

از جمله مطالعات آب‌های زیرزمینی که به‌وسیله (GIS) مورد مطالعه قرار گرفته‌است، ویلیام والکر و همکاران (۱۹۹۱) مدیریت منابع آب در شرایط خشکسالی را مطالعه کردند. اف. اچ. کلسترمن و همکاران (۱۹۹۵) سیستم‌های‌جریان آب زیرزمینی در مقیاس ناحیه‌ای و وسیع در هلند را بر اساس تحلیل‌سیستم‌های جریان در نواحی مرطوب انجام دادند و در آن بر کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی در جهت جریان تأکید کردند.

پائل، البرت و همکاران (۱۹۹۵) تحلیل منابع آب زیرزمینی را با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند.

زانتوپولوس (۱۹۹۷) پراکنش آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی را در نواحی شهری مطالعه کردند و نقشه‌های آلودگی وسیع منابع آب‌های زیرزمینی از منشأ فاضلاب‌های شهری را تهیه نمودند.

عبدی (۱۳۷۸) پهنه‌بندی پتانسیل آب‌های سطحی و زیرزمینی حوضه آبخیز زنجانرود را با استفاده از (GIS) انجام داد، نتایج کلی آن تحقیق به صورت نقشه‌های پهنه‌بندی پتانسیل آب‌های سطحی و زیرزمینی ارائه گردید.

این تحقیق از جنبه کاربردی و در ارتباط با مسائل اجتماعی با هدف بررسی میزان و جنبه‌های مختلف تأثیر خشکسالی‌های هواشناختی بر منابع آب زیرزمینی بااستفاده از تکنیک‌های تحلیل مکانی و فضایی (GIS) در محیط نرم افزارهای ARC/view و ARC/info و در تکمیل یافته‌ها و نتایج از تحلیل‌های آماری چند متغیره در محیط نرم‌افزاریSpss وEviews بهره گرفته شده است.

روش تحقیق

ابتدا منطقه دشت‌های شمال همدان به‌عنوان منطقه شاخص با ضریب بالای وابستگی به منابع آب‌های زیرزمینی که با افت شدید سطح ایستابی مواجه بود انتخاب گردید.

از داده های اقلیمی ۳۰ ساله (۲۰۰۰ـ۱۹۷۱) و داده های هیدرولیکی با دوره آماری ۱۷ ساله (۲۰۰۰ـ۱۹۸۴) برای تحقیق بهره گرفته شد که در مرحله اول با استفاده از متد SPI (StandardPrecipitation Index) دوره‌های خشک و تر منطقه در دوره مورد مطالعه تعیین گردید و دو سال (۲۰۰۰ـ۱۹۹۸) به دلیل فراگیر بودن و شدت بالا مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله دوم با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری رگرسیون‌های چند متغیره همبستگی بین داده‌های اقلیمی و آب‌های سطحی به‌عنوان متغیرهای مستقل با داده‌های سری آب‌های زیرزمینی (ماهانه) به‌عنوان متغیر وابسته مورد تحلیل قرار گرفته و با استناد به اصل عدم یا وجود همبستگی در سطح ۵ درصد متغیرهایی که کم‌تر از آن دارای همبستگی بودند حذف گردیدند، در نهایت متغیرهایی در تحلیل مورد استفاده قرار گرفتند که دارای همبستگی بالاتر از از ۵ درصد بودند. در این مرحله از نرم افزارهای آماری Eviewsدر تحلیل سری‌های زمانی و رگرسیون‌های چند متغیره بهره گرفته شد و آزمون نتایج نیز با آن صورت گرفته شد.

در نهایت از تحلیل های مکانی و فضایی با به کارگیری نرم افزارهای (GIS) (Arc/view,Arc/info) جهت پهنه‌بندی شدت افت آب‌های زیرزمینی دشت‌ها ناشی از اثرات مستقیم خشکسالی‌ها بهره گرفته شد، محاسبه براساس شاخص عکس فاصله صورت گرفت که داده‌های نقطه‌ای به صورت تحلیل منطقه‌ای به‌دست آمد.

برای منطقه‌بندی سه دشت از آمار ۹۶ حلقه چاه پیزومتری استفاده گردید که نتایج را با پراکندگی مناسب فضایی چاه‌ها قابل اعتماد می‌سازند.

بحث و یافته‌های تحقیق

داده‌های زمین‌شناسی، جریانات آب‌های سطحی، نوسانات متغیرهای اقلیمی (میانگین، میانگین حداقل و حداکثر ماهانه دما، بارش کل ماهانه، روزهای بارش‌بیش از ۱۰ میلی‌متر و ۵ میلی‌متر و روزهای همراه با بارندگی، رطوبت نسبی و...) در ارتباط با افت سطح آب‌های زیرزمینی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

با دقت در سازندهای زمین‌شناسی منطقه شمال همدان، دشت‌ها نسبت به کوه‌ها و دامنه‌ها از قابلیت نفوذ بالاتری برخوردارند که دلیل آن نهشته‌های رسوبی و آبرفتی سطح دشت‌ها در مقابل سازندهای آتشفشانی و آذرین (گرانیت) دوره‌های الیگومیوسن ارتفاعات منطقه و شیب زیاد و عریان بودن رخنمون سنگ‌ها که از نفوذپذیری کمی برخوردارند، می‌باشد.

ضریب ذخیره دشت به طور متوسط ۳ تا ۵ درصد محاسبه شده است (تماب،۱۳۷۸)، عمق سفره‌های آب زیرزمینی کم و تا ۱۲۰ متر است که در تقسیم بندی نوع سفره‌ها از آبخوان‌های با عمق متوسط و باز می‌باشند که تحت تأثیر نوسانات آب‌و هوا و بارش هستند.

آب‌های سطحی منطقه فقیر است و به ویژه در قسمت‌های شمال و شرق منطقه به‌جز چند آبراهه و رود فصلی کم آب رودخانه‌ای دیده نمی‌شود. رودهای منطقه از رژیم مدیترانه‌ای با حداکثر دبی زمستانه و بهاره و حداقل دبی تابستانه و پاییزه تبعیت می‌کنند(زاهدی، ۱۳۷۴).

با مطالعات صورت گرفته روی تبادلات رطوبتی و هیدرولیکی بین جریانات سطحی و آب‌های زیرزمینی در مناطق کوهپایه و سرچشمه رودخانه‌ها و مسیل‌ها به‌عنوان منبع تغذیه سفره‌ها عمل می‌نمایند. ولی این روند در سطح دشت‌ها به‌ویژه در مواقع کم آبی و خشکی رودخانه‌ها برعکس شده و رودخانه‌ها و مسیل‌ها به‌عنوان زهکش، عاملی در جهت تخلیه منابع آب آبخوان عمل می‌نماید که در خروجی دشت‌ها از شدیدترین حالت برخوردارند.

آب و هوای دشت‌های مورد مطالعه به تبعیت از اقلیم کل منطقه دارای زمستان‌های‌سرد و پر برف و دوره طولانی خشک و گرم هستند که براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبروژه جزء مناطق نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. به دلیل واقع شدن در مرز منطقه گذر سیستم‌های عمومی جوی و دوری از مناطق رطوبت، نوسانات و ناهنجاری‌های جوی شدیدی در منطقه حاکم است و ضریب تغییرپذیری بارش بالای ۲۱ درصد (ایستگاه نوژه) است.

به‌علت واقع شدن در منطقه کوهستانی با ناهمواری‌ها و ارتفاع زیاد (شرایط محلی آب و هوا)، عرض جغرافیایی بالا و واقع شدن در مجاورت مناطق خشک مرکزی ایران شرایط جوی شدیدی در منطقه حاکم است. براساس رابطه کنراد میزان بری بودن منطقه ۵۵/۵ درصد می‌باشد که رقم قابل توجهی است. رقم مذکور گویای شرایط جوی غیرقابل پیش‌بینی با نوسانات شدید سالانه است.

منابع آب‌های زیرزمینی در سه دشت (بهار ـ همدان، رزن ـ فامنین و کبودرآهنگ)به‌طور مجزا مورد مطالعه قرار گرفتند که افت شدید سال‌های اخیر گویای شرایط بحرانی افت سطح ایستابی در طی سال‌های (۷۹ـ۱۳۷۵) است که با وجود ممنوعیت توسعه منابع آب‌های زیرزمینی رخ داده است. افت سطح ایستابی به‌ترتیب در دشت رزن، فامنین به‌طور متوسط۲/۴ متر، دشت بهار ـ همدان۸/۲ متر و دشت کبودرآهنگ۸/۶ متر در طی ۳ سال (۷۹-۱۳۷۶) افت سطح ایستابی در آبخوان که شرایط بحرانی را آشکار می‌سازد، می‌باشد.

با تحلیل اطلاعات موجود به صورت رقومی از روش Spi (Standard Precipitation index) شدت خشکسالی سال‌های (۷۹-۱۳۷۷) تعیین شد که از حالت شدید تا فاجعه‌آمیز طبقه‌بندی گردید. و با استفاده از مدل‌های رگرسیون‌چند متغیره روابط همبستگی بین متغیرهای اقلیمی و دبی رودخانه‌ها به‌عنوان متغیرهای مستقل و سطح آب زیرزمینی به‌عنوان تابع مورد آزمون قرار گرفتند که بااستفاده از اصل پارسیمونی (هر چه می‌توانیم حجم داده‌ها را کوچک‌تر کنیم) باتوجه به مقدار P-value(سطح معناداری متغیر مستقل را با تابع نشان می‌دهد) و Tـ استیودنت که با سری سطح آب در سطح ۵ درصد ارتباط معناداری نداشت حذف‌گردید که از نکات قابل ذکر عدم ارتباط معنادار بین بارندگی ماهانه (همزان و با تأخیر ۱ تا ۱۲ ماه) با سطح ایستابی بود که حذف گردید. جدول ۱ نمایی از نتایج رگرسیون و مدل بهینه را نشان می‌دهد.

در این مدل R^2 (ضریب همبستگی برابر ۴۲ درصد می‌باشد و تمام متغیرهای مستقل در سطح ۵ درصد ارتباط معنادار دارند). عرض از مبدا معادله که با Cنشان‌داده شده است بیان می‌کند اگر همه متغیرها صفر

باشند سطح ایستابی مساوی۱۰۲۱/۲۸۳ متر خواهد بود که a(آلفا) در سطح۰/۰۰۰۰ معنی دار است. قدر مطلق t استیودنت مربوطه بزرگ‌تر از ۱/۹۶ است (۲/۶۲) و میزان R^2 و R^{-2}($R2^2$تعدیل شده) مدل بالا هستند و نزدیکی آن‌ها به همدیگر را نشان می‌دهد که تصریح و برازش خوبی در مدل است. آماره Fمدل معناداری کلی رگرسیون را نشان می‌دهد که دراین‌جا در سطوح بالایی معنادار است.

P-value آن بسیار کوچک است و بدین معناست که در سطح ۰/۰۰۰۰ معناداری مدل قابل رد نیست در نتیجه نمی‌توان معناداری کل مدل را رد کرد.

آماره (DW) دوربین واتسون بسیار پایین است که وجود همبستگی سریالی بین اجزای اخلال را نشان می‌دهد. مقدار بهینه دوربین واتسون ۲/۱–۱/۹ است که در مدل با وارد کردن آماره (AR) اتورگرسیو با وقفه‌های مختلف می‌توان همبستگی‌سریالی اجزای اخلال در مدل را رفع نموده و دوربین واتسون را به مقدار بهینه نزدیک نمود.

جدول ۱ـ ضریب همبستگی و رگرسیون چند متغیره افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی دشت‌های شمال همدان

متغیرها	ضرایب	انحراف از میانگین	T استیودنت	P-value
عرض از مبدا	۱۷۱۹/۲۹	۱/۶۸۳۴	۱۰۲۱/۲۸	۰/۰۰۰۰
رطوبت نسبی	۰/۰۶۴۹	۰/۰۲۰۸	۲/۶۱۶۲	۰/۰۰۹۶
روزهای بارش با تاخیر یک ماهه	۰/۱۵۱۳۱۸	۰/۰۴۳۱۲	۳/۵۱	۰/۰۰۰۶
متوسط حداقل دمای ماهانه	۰/۶۱۴۸	۰/۰۷۴۸	–۸/۲۲	۰/۰۰۰۰۰
متوسط حداکثر دمای ماهانه	۰/۶۰۴	۰/۰۵۳۴	۱۱/۳۱	۰/۰۰۰۰
R^2	۰/۴۲۶۵	DW	۱/۲۶	
R^{-2}	۰/۴۱۲۸	F-Static	۲۹/۴۵	

بنابراین طبق مدل رگرسیونی متغیرهای مستقل موجود در معادله تنها ۴۲ درصد نوسانات سطح ایستابی را توضیح می‌دهند و بقیه ۵۸ درصد به عوامل دیگر مرتبط است از جمله مهم‌ترین آن مصارف کشاورزی و انسانی است که در مطالعه منظور نشده است (جدول ۱).

(رابطه ۱)

$$y=1719/3+0/065*0/19+Rh*\ Dp+\ 0/15*\ (Dp\ -1)-\ 0/615*\ Tmin+0/6*\ Tmax$$

سطح ایستابی = y، Rh= رطوبت نسبی Dp= روزهای همراه با بارندگی (۱– = (Dpروزهای بارندگی با تأخیر یک روزه Tmin =میانگین دمای حداقل ماهانه Tmaxمیانگین حداکثر دمای ماهانه

جدول ۲ـ مساحت محدوده‌های سطح ایستابی دشت‌های شمال همدان در قبل و بعد از خشکسالی‌های ۷۹ـ۱۳۷۷

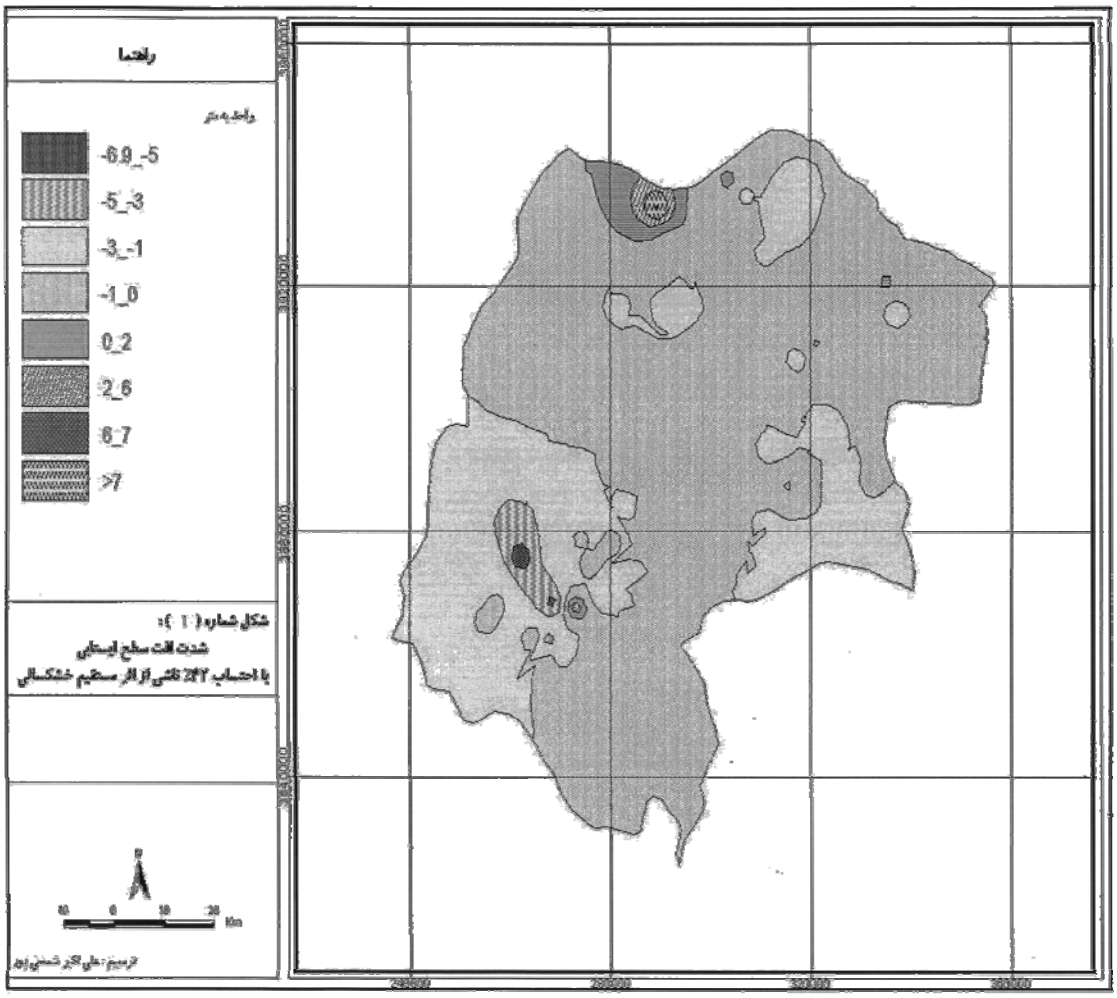
مهر ۱۳۷۷

مساحت محدوده (کیلومتر مربع)	عمق سطح ایستابی (متر)
۱۷۰۳/۷	کم‌تر از ۱۰ متر
۴۱۱۴/۸	۲۰–۱۰
۱۶۹۲/۸	۳۰–۲۰
۳۶۷/۳	۴۰–۳۰
۱۲۷/۴	۵۰–۴۰
۳۵	۶۰–۵۰
۱۰/۷	۷۰–۶۰
۵/۳	۸۰–۷۰
۰/۵	بالاتر از ۸۰ متر
مساحت کل ۸۰۵۷	

شهریور ۱۳۷۹

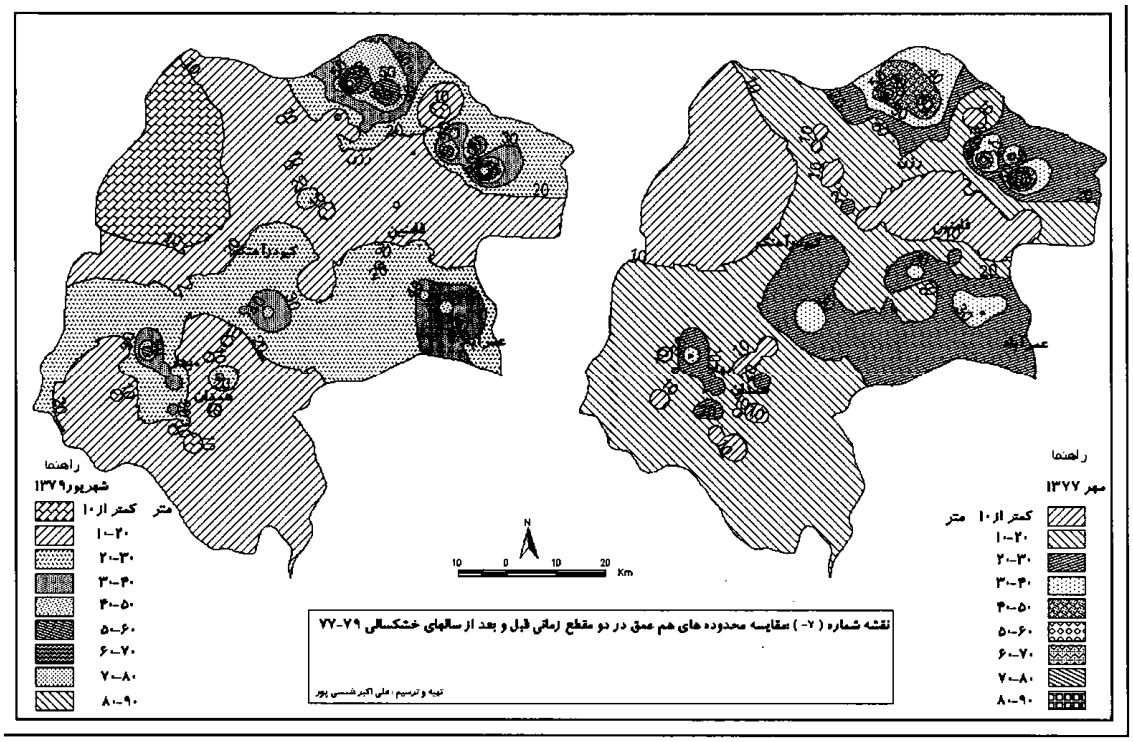
مساحت محدوده (کیلومتر مربع)	عمق سطح ایستابی (متر)
۱۲۰۸/۱	کم‌تر از ۱۰ متر
۳۶۵۷/۸	۲۰–۱۰
۲۳۲۱/۷	۳۰–۲۰
۶۰۵	۴۰–۳۰
۱۸۰	۵۰–۶۰
۶۰/۲	۶۰–۵۰
۱۵	۷۰–۶۰
۷/۴	۸۰–۷۰
۱/۵	بالاتر از ۸۰ متر
مساحت کل ۸۰۵۷	

با استفاده از مدل به‌دست آمده از رگرسیون کلاسیک چند متغیر، در محیط GISبا تشکیل پایگاه داده‌ای و رقومی سازی نقشه منطقه و چاه‌ها با سیستم مختصات UTMو با در نظر گرفتن ضریب همبستگی ۴۲ درصد نقشه شدت افت سطح ایستابی در دشت‌های شمال همدان تهیه گردید که می‌تواند ناشی از اثرات مستقیم نوسانات متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژی باشد (نقشه ۱–۱). هم‌چنین در محیط Arc/view با تشکیل پایگاه داده‌ای چاه‌ها پیزومتری دشت‌های مورد مطالعه بااینترپولاسیون (واسطه یابی) داده‌های نقطه‌ای به تحلیل منطقه‌ای تبدیل گردید که روش به کار رفته شاخص عکس فاصله (IDW) است.



نقشه ۱

تلفیق و روی هم قرار دادن (Overlying) لایه‌های مختلف زمین‌شناسی، آب‌های سطحی، شدت خشکسالی‌های هواشناختی منطقه‌بندی شدت افت سطح ایستابی تهیه گردید. که در نقشه نهایی پهنه‌های هم‌عمق در دو دوره قبل و بعد ازخشکسالی‌ها از جنبه مساحت مورد سنجش قرار گرفته که گویای کاهش مساحت مناطق با سطح ایستابی ۱۵ تا ۲۰ متر و افزایش مساحت مناطق با سطح ایستابی ۲۰ الی ۴۰ متر است (نقشه ۲) و (جدول ۲).



نقشه ۲

نتیجه

با دقت در نقشه پهنه‌بندی شدت افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های شمال همدان که از ترکیب داده‌های مختلف زمین‌شناسی، هیدرولوژی آب‌های سطحی، متغیرهای اقلیمی و با احتساب ضریب همبستگی ۴۲ درصد نوسانات متغیرهای آب و هوایی شدیدترین افت در محدوده دشت بهار ـ همدان در جنوب غربی منطقه و شرق منطقه (خروجی حوضه دشت رزن ـ فامنین) مشاهده می‌شود که ۵ تا ۷ متر است. کم‌ترین میزان افت در محدوده دشت‌های رزن و کبودرآهنگ با کم‌تر از۱ متر می‌باشد.

با روی‌هم‌اندازی (Overly) کردن نقشه‌های شدت خشکسالی و شدت سطح ایستابی تقریبی نتایج قانع کننده‌ای در ارتباط با خشکسالی هواشناختی با افت آب‌های‌زیرزمینی مشاهده می‌گردد. با استفاده از تحلیل مکانی GIS مساحت محدوده‌های‌هم عمق در دوره‌های قبل و بعد از خشکسالی مورد مقایسه قرار گرفت. در نتیجه مطالعات روی آب‌های زیرزمینی نشان می‌دهد که متغیرهای مختلفی بر نوسانات فصلی یا روند سالانه آن‌ها تأثیر می‌گذارند که در ارتباط با هم عمل می‌کنند و متغیرها به تنهایی و مجزا نتایج قابل قبول ارائه نمی‌دهند.

سیستم اقلیم با زیر مجموعه‌ای از متغیرهای آب و هوایی، هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی نیز در مجموع نتیجه دقیقی ارائه نداده و وابستگی افت سطح ایستابی را به عناصر جوی به‌طور کامل تایید نمی‌کند.

با وجود این عدم توجه به عوامل انسانی موثر بر تخلیه آبخوان که ناشی از فقدان داده‌های آماری

آن‌هاست نتایج بسیار ضعیفی از همبستگی متغیرهای مستقل و تابع ارائه می‌دهد که می‌توان با بهره‌گیری از کلیه عوامل مؤثر بر تخلیه آبخوان نتایج دقیق‌تری ارائه نمود تا راهکاری برای مصارف و برنامه‌ریزی دقیق برای مدیریت ریسک و بحران‌آب تهیه نمود.

تشکر و قدردانی

از سازمان محترم مدیریت منابع آب کشور به سبب تأمین اعتبار مالی این طرح قدردانی می‌شود.

منابع:

۱- باوئر، هرمان، هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی، ترجمه احمد لطفی صدیق، نشر دانشگاه صنعتی‌سهند، چاپ اول، ۱۳۷۴ تبریز.
۲- باکس، ای بی و جی ام، جنکینز (۱۳۷۱)، تحلیل سری‌های زمانی پیش‌بینی و کنترل، مشکاتی، محمدرضا (مترجم)، جلد اول، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
۳- بزرگنیا، ابوالقاسم و حسینعلی، نیرومند (۱۳۷۴) سری‌های زمانی، انتشارات پیام نور، تهران.
۴- چاه کوتاهی، سیروس، پژوهش درباره آب‌های جوی، سطحی و زیرزمینی منطقه کاشان، بیابان‌شماره ۴، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، ۱۳۵۶، تهران.
۵- خیام، مقصود، تشکیلات کواترنر جایگاه حفره‌های آبدار، پژوهش‌های جغرافیایی شماره۲۴، موسسه جغرافیا ۱۳۶۷، تهران.
۶- ذوالفقاری، حسن و بهروز ساری صراف، مطالعه بارش‌های شمال غرب ایران با تکیه بر تحلیل خوشه‌ای، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد، شماره اول و دوم، بهار و تابستان ۱۳۷۷.
۷- ژان،لو، هیدرولوژی‌آب‌های‌سطحی، ترجمه مجید زاهدی، بخش اول، نشر آناس، ۱۳۷۸ تبریز.
۸- علیجانی، بهلول. نبی ا... رمضانی، (۱۳۸۱) پیش بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان‌مازندران با استفاده از مدل باکس ـ جنکینز، پژوهش‌های جغرافیایی، ضمیمه اسفند ۱۳۸۱.
۹- عبدی، پرویز (۱۳۷۸)، پهنه‌بندی پتانسیل آب‌های سطحی و زیرزمینی حوزه آبخیز زنجانرود با استفاده از(GIS) ، دومین کنفرانس تغییر اقلیم، تهران.
۱۰- کردوانی، پرویز، ژئوهیدرولوژی، انتشارات دانشگاه تهران، آبان ماه، ۱۳۷۰ تهران.
۱۱- نجمایی، محمد، هیدرولوژی مهندسی، جلد دوم، دانشگاه علم و صنعت، چاپ دوم،۱۳۶۹.
۱۲- آمارنامه‌های سازمان هواشناسی کشور، ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ تهران، و همدان.
۱۳- آمارنامه‌های ایستگاه‌های بارانسنجی، وزارت نیرو، سازمان تماب، ۱۳۷۸ـ۱۳۶۳، تهران.