نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۹٤
صفحات ٤۲-۳۱

بررسی سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت اردبیل

هاشم رستم زاده، استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز.
اسماعیل اسدی، استادیار مهندسی آب، دانشگاه تبریز.
جعفر جعفرزاده[۱]، دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز.

دریافت مقاله: ۹۳/۶/۲۰ پذیرش نهایی:۹۳/۱۲/۱۳

چکیده

آب‌های زیرزمینی منبع بسیار مهمی برای تأمین آب مصرفی در بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب دشت اردبیل است. ازاین‌رو، بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار این منابع اهمیت فراوانی دارد. در این پژوهش، هدف سطح‌بندی وضعیت دهستان‌های موجود در دشت اردبیل به‌لحاظ بحران آب زیرزمینی و تغییرات آن طی سال‌های ۱۳۶۰ و ۱۳۹۱ است. بنابراین، از اطلاعات ۳۹ چاه پیزومتری موجود در سطح دشت اردبیل (اخذشده از سازمان آب منطقه‌ای) استفاده شد. با استفاده از تکنیک وزن‌دهی جمعی ساده‌ی فازی و روش‌های درون‌یابی، سطح ایستابی پیزومترها درون‌یابی و نحوه‌ی تغییرات سطح ایستابی آن‌ها طی این دو دوره نمایش داده شدند. سپس، نقشه‌ی نهایی فازی‌شده و وزن‌دار از دو نقشه‌ی سال ۶۰ و سال ۹۱ تهیه گردید. نتایج تحلیل، کاهش تقریباً ۴۷ درصدی سطح ایستابی را در سال ۱۳۹۱ نسبت‌به سال ۱۳۶۰ نشان می‌دهد. سرانجام، با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده می‌توان گفت که دهستان‌های شرقی، ویلکیج مرکزی و فولادلوی شمالی بیشترین تغییرات را به‌لحاظ افت سطح آب زیرزمینی داشته‌اند که قسمت شرق و جنوب شرق دشت را شامل می‌شوند. همچنین، دهستان‌های شمالی دشت نیز به سمت بحران پیش می‌روند که، با توجه به نقشه‌ی سطح کشت و تراکم چاه عمیق، برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی را در این ناحیه می‌توان عامل اصلی بحران قلمداد کرد.

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری چند معیاری فازی، آب زیرزمینی، سطح ایستابی، تحلیل فضایی، دشت اردبیل.

[۱]. نویسنده مسئول Email:jjafar۱۳٦٤@gmail.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

مقدمه

آب زیرزمینی یکی از منابع مهم تأمین آب شرب برای بسیاری از مردم در سراسر جهان مخصوصاً در مناطق روستایی است. با توجه به اهمیت و دسترسی ساده به منابع آب زیرزمینی (به‌خصوص در چند دهه‌ی گذشته)، استحصال بدون برنامه‌ریزی این منابع سبب افت شدید سطح ایستابی در بسیاری از دشت‌های کشور ازجمله دشت اردبیل شده است. به‌گونه‌ای‌که اکنون آثار منفی آن در شرق آبخوان کاملاً مشهود است (شمسی‌سوسهاب و ستاری، ۱۳۹۳). در شرایطی که برداشت بی‌رویه‌ی آب زیرزمینی دشت اردبیل در سال‌های اخیر به مسئله‌ی بزرگ منطقه‌ای تبدیل شده است، مدل‌سازی سطح آب زیرزمینی این دشت امری مهم و ضروری است. دانشور وثوقی و دین پژوه (۱۳۹۰) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که افت معنی‌دار تراز آب در همه‌ی ماه‌های سال برای دشت اردبیل ناشی از خشک‌سالی یا کاهش بارش نیست، بلکه به‌علت افزایش معنی‌دار درجه‌ی حرارت و نیاز آبی گیاهان همچنین برداشت بی‌رویه آب از چاه‌های عمیق، نیمه‌عمیق و دستی است که سبب کاهش تراز آب زیرزمینی در دشت شده است. شمسی‌سوسهاب و ستاری (۱۳۹۳) در پژوهشی تخمین سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت اردبیل را با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی بررسی کردند. استفاده از مدل‌های گوناگون درون‌یابی اساس کار بسیاری از محققین برای بررسی وضعیت تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی است. درباره‌ی انتخاب بهترین حالت درون‌یابی به روش وزن‌دهی عکس فاصله، می‌توان از شاخص‌های توان درون‌یابی و از قطاع‌بندی سیستم[۱] (Watsonand and Philip,۱۹۸۲) و، سرانجام، از گزینه‌ی ریشه‌ی دوم خطای میانگین RMSE،[۲] بهره جست که هرچه این مقدار کمتر باشد، نشان‌دهنده‌ی کارایی بهتر روش مورد نظر است (غریب‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱؛ Azpurua and Dos Ramos, ۲۰۱۰). یوسان و همکاران به مقایسه‌ی سه روش میان‌یابی وزن‌دهی عکس فاصله، توابع پایه‌ی شعاعی[۳] و کریجینگ[۴] برای پیش‌بینی تغییرات زمانی و مکانی عمق آب زیرزمینی در کویر مین کین در شمال چین پرداختند(۲۰۰۹ YueSun et all,). مک کنا در ایالت کلرادوی امریکا برای بالابردن دقت در تخمین و شبیه‌سازی داده‌های مؤثر بر جریان آب زیرزمینی از روش‌های زمین‌آماری استفاده کرد(McKenna, ۲۰۰۲). صادق نیکبخت و معصومه دلبری (۱۳۹۲) با استفاده از روش‌های زمین‌آماری به برآورد سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی دشت زاهدان پرداختند.

برتری و اشکال‌های هر روش شدیداً به خصوصیات و مشخصات مجموعه‌ی داده‌ها بستگی دارد. ممکن است روشی که به‌خوبی بر مجموعه‌ی داده‌های برازش داده می‌شود، برازش آن بر مجموعه‌ی دیگری نتایج ضعیفی داشته باشد. بنابراین، ضوابط و معیارهایی برای انتخاب مناسب‌ترین روش باید بیان شود (Apaydin et al, ۲۰۰۴). رابینسون و متمیچ برای انتخاب بهترین توان در مدل وزن‌دهی عکس فاصله، از چولگی پایین داده‌ها و کمترین مقدار خطای RMS استفاده کرده‌اند (Robinson and Metternicht, ۲۰۰۶).

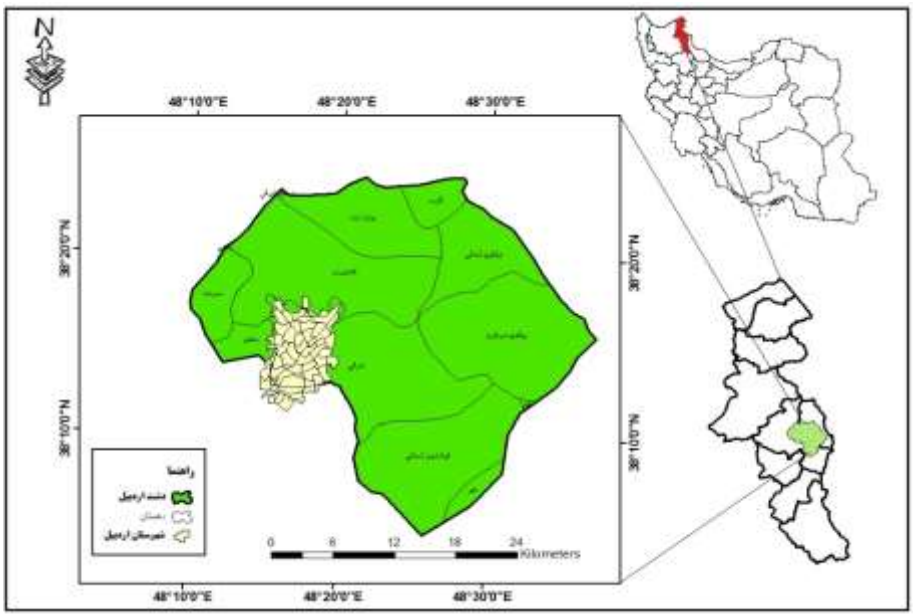
هدف از پژوهش حاضر تعیین تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره و بررسی ارتباط بین میزان برداشت آب زیرزمینی و وضعیت سطح ایستابی آن برای دهستان‌های سطح دشت اردبیل است. آنچه در این پژوهش صورت گرفته ترکیب مدل‌های مختلف درون‌یابی و وزن‌دارکردن آن‌ها با توجه به میزان دقت مدل‌ها و تهیه‌ی نقشه درون‌یابی جدید با استفاده از هر چهار مدل درون‌یابی است.

۱ . Sector type
۲. Root-Mean-Square Error
۳. Radial Basis Function
٤. Kriging

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

داده‌ها و روش کار

دشت اردبیل در ناحیه‌ی شمال غرب ایران بین عرض شمالی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه و طول شرقی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه واقع شده است. محدوده از نظر تقسیم کشوری به استان اردبیل تعلق دارد (شکل ۱). ارتفاع متوسط اراضی کشاورزی حدود ۱۳۶۰ متر از سطح دریاهای آزاد است. وسعت آن حدود ۸۲۰ کیلومترمربع است و جزئی از حوضه‌ی آبخیز رود قره‌سو به‌شمار می‌رود. دشت اردبیل متشکل از ۸۸ واحد روستایی، ده واحد دهستان و ۲ واحد شهری (اردبیل و آبی بیگلو) است. شهر اردبیل مرکز استان اردبیل در غرب این دشت واقع شده است. در محدوده‌ی دشت اردبیل تعداد ۲۲۴۳ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق، ۲۰ دهنه‌ی چشمه و ۱۸ رشته قنات وجود دارد که به مصارف کشاورزی اختصاص دارند. از سال ۱۳۵۰، برداشت آمار سطح ایستابی دشت اردبیل با ۱۱ ایستگاه پیزومتری در محدوده‌ی دشت شروع شد و در سال‌های اخیر به ۵۴ حلقه چاه رسید. این امر خوشبختانه پراکندگی مناسبی دارد، اما به‌جهت این‌که دقت کافی در برداشت یا ارائه‌ی آمار ماهیانه و سالیانه از تراز سطح ایستابی چاه‌های موجود صورت نمی‌گیرد، عملاً فقط داده‌ها و اطلاعات ۳۱ چاه از ۵۴ چاه موجود در این پژوهش استفاده شده است.



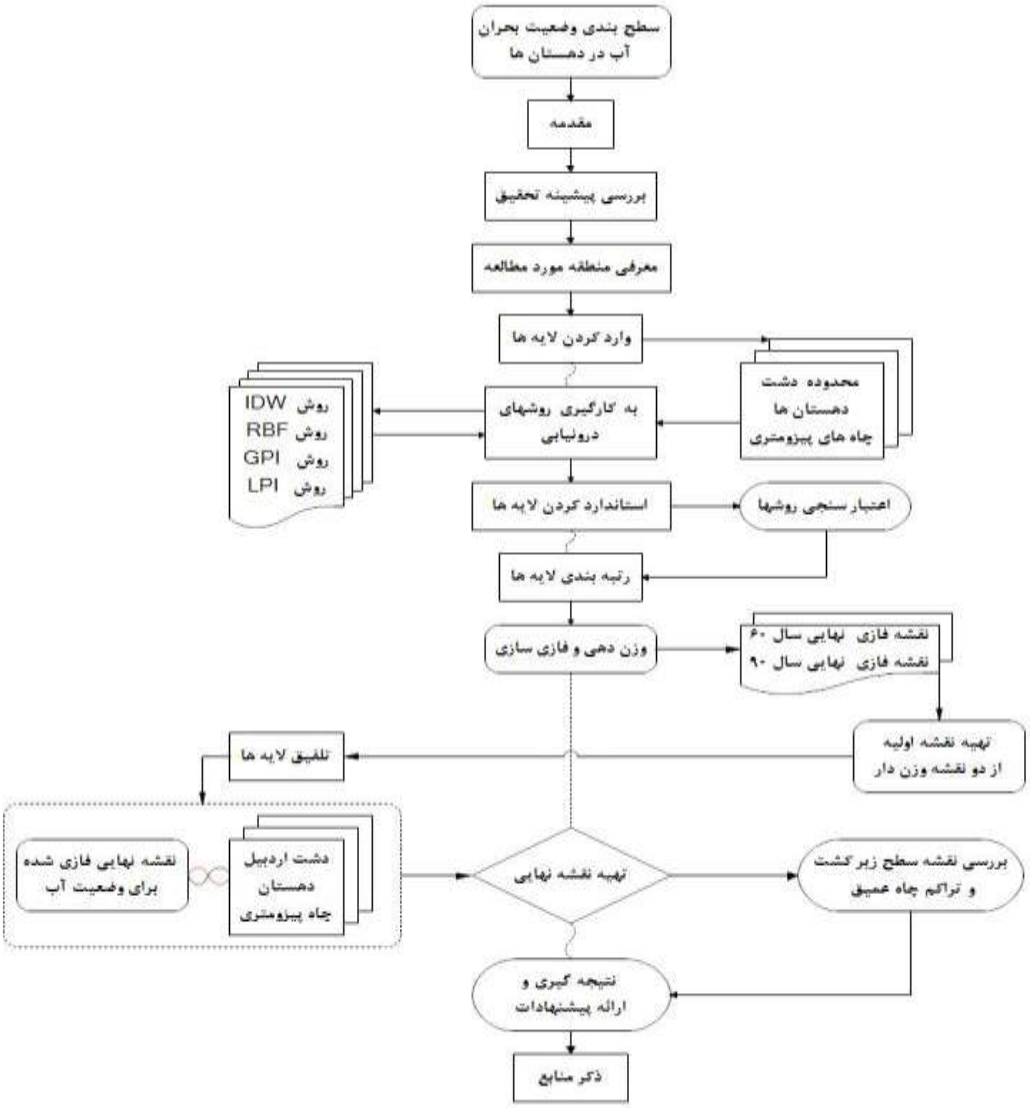
شکل ۱: موقعیت دشت اردبیل در سطح استان اردبیل.

برای انجام این تحقیق، از داده‌های آماری مربوط به چاه‌های پیزومتری استفاده گردید که در سطح دشت اردبیل پراکنده شده‌اند. داده‌ها از طریق سازمان آب منطقه‌ای شهرستان اردبیل جمع‌آوری شد. همچنین از لایه‌های سطحی و نقطه‌ای مربوط به دشت اردبیل و تقسیمات سیاسی دهستان‌ها و میانگین سطح زیرکشت هر دهستان و نیز موقعیت چاه‌های پیزومتری برای تهیه‌ی نقشه‌های نهایی استفاده گردید.

مراحل انجام تحقیق در شکل شماره ۲ آورده شده است. اولین گام برای بررسی هر فرآیند هیدرولوژیکی جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز است، از قبیل موقعیت مکانی چاه‌های مشاهده‌ای و مختصات آن‌ها. برای این منظور اطلاعات منابع آب زیرزمینی مربوط به سال‌های ۶۰ و ۹۱ تهیه گردید و در پژوهش حاضر استفاد شد که ملاک عمل و برنامه‌ریزی داده‌های

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

اخذشده از مدیریت منابع آب شهرستان اردبیل است. پس از بررسی آمار و انتخاب داده‌هایی که برای تمام چاه‌های انتخابی کامل و موجود بودند، برداشت‌های ماهیانه‌ی چاه‌های پیزومتری موجود در محدوده‌ی دشت اردبیل برای سال‌های آماری ۶۰ و ۹۱ و تغییرات سطح ایستابی تعداد ۳۹ چاه پیزومتری از ۵۴ چاه پیزومتری موجود انتخاب شد. سپس، متوسط سالیانه برای هر چاه پیزومتری داخل در محدوده و پیرامون آن وارد محیط نرم‌افزاری ArcGIS گردید.



شکل ۲: نمودار مراحل انجام کار

از روش‌های زمین‌آمار IDW [۱] (قهرودی‌تالی و بابایی، ۱۳۸۴: ۹۸؛ فرجی و عزیزی، ۱۳۸۵؛ Magnus and Clyde, ۲۰۱۰)، GPI [۲](Yan, ۲۰۰۹)، LPI [۳] (Johnston et all , ۲۰۰۱) و RBF [۱] (عیوضی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Johnston et all ,

[۱] .Inverse Distance Weight
[۲] .Global Polynomial Interpolation
[۳] .Local Polynomial Interpolation

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

۲۰۰۱) در محیط نرم‌افزار ArcGIS درون‌یابی همه‌ی داده‌های موجود انجام گردید و افت سطح ایستابی در محدوده‌های استاندارد به‌صورت کلاس‌های ده‌گانه (رستری) در محدوده‌ی ممنوع دشت اردبیل مشخص گردید. پس از به‌دست‌آوردن لایه‌های اطلاعاتی اولیه، به استانداردسازی و فازی‌کردن لایه‌ها با استفاده از تقسیم بر مقدار حداکثرشده اقدام گردید.

برای اعتبارسنجی و رتبه‌بندی روش‌های درون‌یابی از ریشه‌ی میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد (Srivastava and Isaaks, ۲۰۰۸) به‌این‌صورت، مدلی که دارای کمترین میزان RMSE باشد، دارای بیشترین رتبه است. معادله‌ی کلی ریشه‌ی میانگین مربع‌های خطا به صورت زیر است:

معادله‌ی ۱

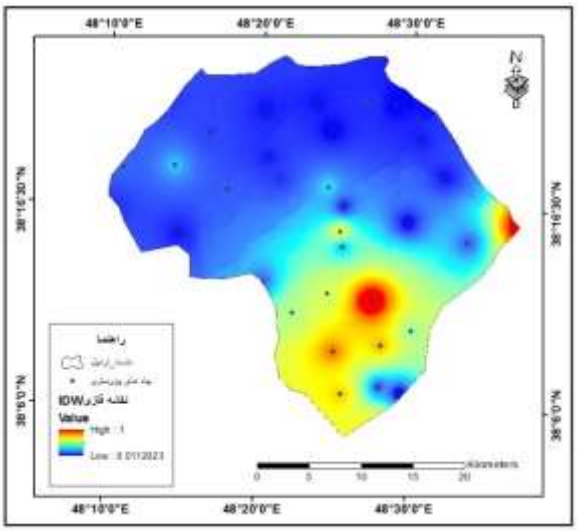
$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Z^{*}(X_i)-Z(X_i)\right)^{2}}{n}}$$

در این معادله، $Z^{*}(X_i)$ و $Z(X_i)$ مقدار تخمین‌زده‌شده و واقعی متغیر Z در نقطه X_i هستند.

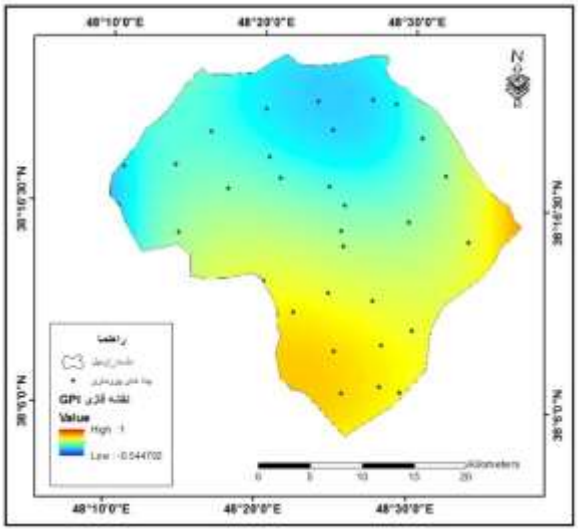
سپس، براساس میزان جذر میانگین مربعات خطا، که معیاری برای سنجش دقت روش‌های درون‌یابی است، رتبه‌بندی مستقیم و وزن‌دهی با روش‌های گفته‌شده صورت گرفت. سرانجام، با استفاده از روش وزن‌دهی جمعی ساده (پرهیزگار و غفاری،۱۳۹۰: ۲۱۲؛ اصغرپور،۱۳۹۲: ۲۳۲)، لایه‌ها وزن‌دارشده و لایه‌های اطلاعاتی افت سطح ایستابی برای سال‌های ۶۰ و ۹۰ به‌دست آمده است. برای به‌دست‌آوردن نقشه‌ی نهایی افت سطح ایستابی، دو لایه‌ی مذکور از هم کسر شد و نقشه‌ی نهایی افت سطح ایستابی دشت اردبیل (به‌صورت فازی) به‌دست آمد.

شرح و تفسیر نتایج

اشکال شماره ی ۳ تا ۱۰ نقشه های درونیابی شده با استفاده از نرم افزار را برای دشت اردبیل با استفاده از مدل های ارائه شده و برای دو سال های ۶۰ و ۹۰ نشان می دهد. هر یک از این اشکال با استفاده از چهار روش درونیابی که در روش کار توضیح داده شد، انجام شده و هم چنین برای هر دو سال آبی ۶۰ و ۹۰ این چهار روش به کار برده شده است.



شکل ۳: نقشه‌ی فازی به روش IDW برای سال آبی ۱۳۶۰.

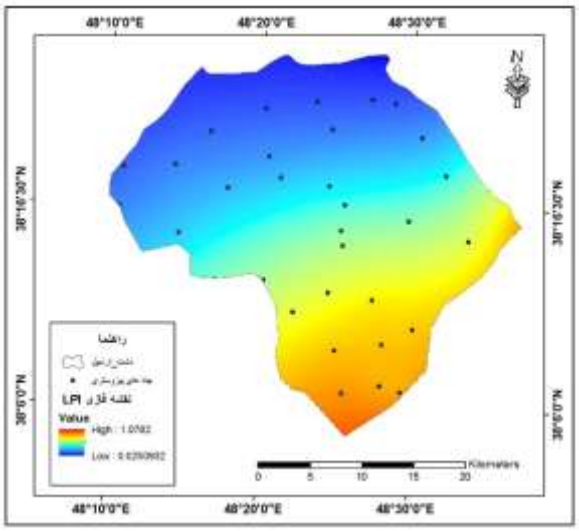


شکل ۴: نقشه‌ی فازی به روش GPI برای سال آبی ۱۳۶۰.

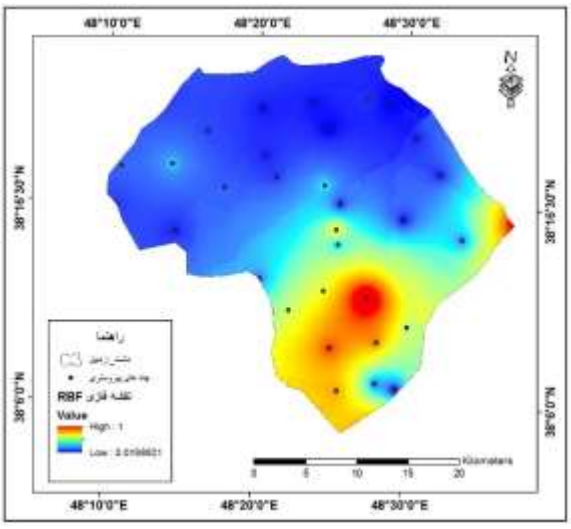
۱ .Radial Basis Functions

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

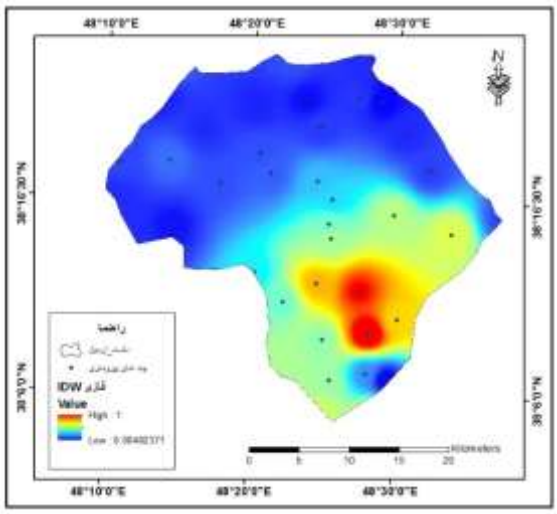
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]



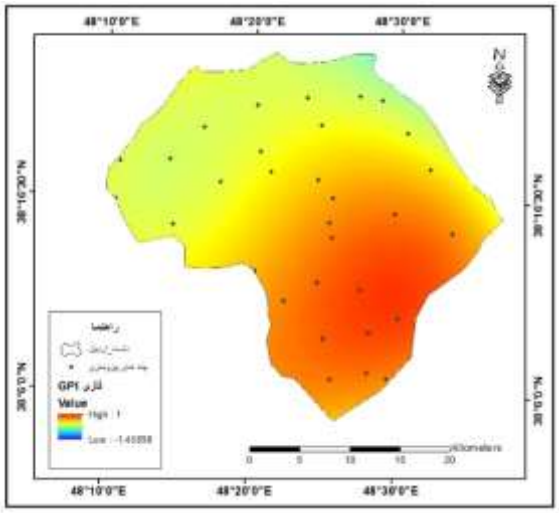
شکل ۵: نقشه‌ی فازی به روش LPI برای سال آبی ۱۳۶۰.



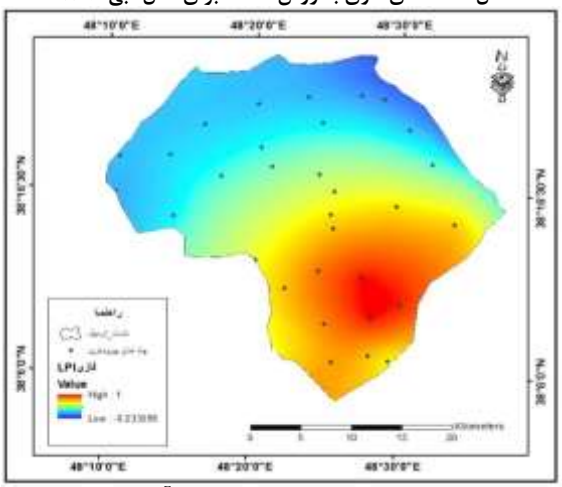
شکل ۶: نقشه‌ی فازی به روش RBF برای سال آبی ۱۳۶۰.



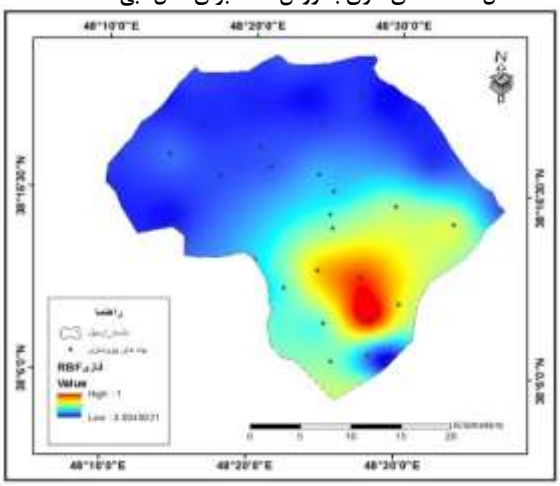
شکل ۷: نقشه‌ی فازی به روش IDW برای سال آبی ۱۳۹۰.



شکل ۸: نقشه‌ی فازی به روش GPI برای سال آبی ۱۳۹۰.



شکل ۹: نقشه‌ی فازی به روش LPI برای سال آبی ۱۳۹۰.



شکل ۱۰: نقشه‌ی فازی به روش RBF برای سال آبی ۱۳۹۰.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

در جدول شماره‌ی ۱ انواع مدل‌های به‌کار رفته برای درون‌یابی به همراه مدل سمی واریوگرام و توان‌های بهینه‌شده و نیز مقادیر خطای RMS و میزان بیشینه و کمینه هر مدل آورده شده است. از مقادیر بیشینه برای به‌دست‌آوردن لایه‌ی استاندارد فازی استفاده شده است. در جدول شماره‌ی ۲، مشخصات چاه‌های پیزومتری به همراه میزان سطح ایستابی آن‌ها برای سال‌های ۱۳۶۰ و ۱۳۹۰ آورده شده است.

جدول ۱: نوع مدل به‌کار رفته برای درون‌یابی به همراه ویژگی‌های آن

مدل به کار رفته برای درون‌یابی	سال آبی	مدل سمی واریوگرام	توان بهینه‌شده	خطای RMS	Max	Min	رتبه‌ی مستقیم	وزن اولیه	وزن استاندارد
IDW	۱۳۹۰	--	۲/۹۵	۱۰/۷۸۵	۷۱/۰۱۰	۰/۳۴۳	۲	۳	۳۶۵۸۶
	۱۳۶۰	--	۱/۶۸	۹/۹۳۵	۴۵/۷۱۵	۰/۵۱۳	۱	۴	۳۶۶۱۷
GPI	۱۳۹۰	سه جمله‌ای	۳	۱۳/۹۰۹	۶۱/۶۹۷	۰/۳۰۱	۴	۱	۳۶۵۲۶
	۱۳۶۰	دوجمله‌ای	۲	۱۱/۷۵۰	۵۰/۳۵۹	۰/۵۴۲	۴	۱	۳۶۵۲۶
RBF	۱۳۹۰	کرنل	۰/۰۰۱۲	۱۰/۲۹۳	۷۳/۲۱۹	۰/۳۰۶	۱	۴	۳۶۶۱۷
	۱۳۶۰	کرنل	۰/۰۰۶۲	۹/۹۸۸	۴۵/۴۵۸	۰/۹۰۴	۲	۳	۳۶۵۸۶
LPI	۱۳۹۰	یک جمله‌ای	۱	۱۳/۲۸۸	۲۵۵۶۹	۰/۳۴۴	۳	۲	۳۶۵۵۷
	۱۳۶۰	دوجمله ی	۲	۱۰/۵۵۷	۲۷/۵۷۵	۰/۶۴۲	۳	۲	۳۶۵۵۷
مجموع								۱۰	۱

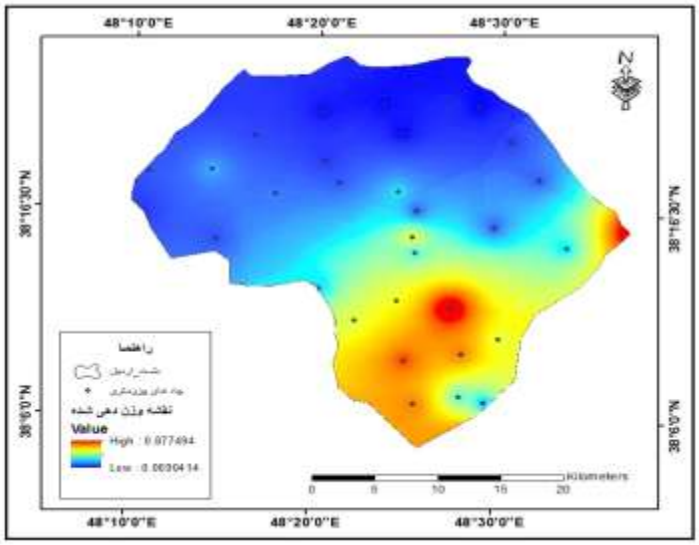
جدول ۲: مشخصات چاه‌های پیزومتری به‌همراه میزان سطح ایستابی (متر) برای سال‌های ۱۳۶۰ و ۱۳۹۰

نام چاه پیزومتری	آرالوی بزرگ	جبه دار	حسن باری	خلیل آباد	رضی آباد	آقاباقر	کرکرق	مرنی	میرزا رحیملو	نوشهر
سال آبی ۱۳۶۰	۲۹/۵۹	۳/۳۶	۲/۸۹	۶۶/۱۶	۱۷/۹۰	۲۳/۷۳	۴۲۰۰۷	۶/۲۴	۲/۹۷	۴۲۰۸۸
سال آبی ۱۳۹۰	۴۲۳۶۷	۳/۲۳	۳/۲۰	۱۶۶۸۱	۴۲۱۸۱	۲۶/۸۳	۷/۹۲	۳۸	۱۹/۷۲	۳۰/۱۴
نام چاه پیزومتری	کرکان	اغبلاغ رستم خان	انزاب پایین	ایمیتچه	آقازمان کندی	باروق	پیراقوم	تازه کند	تپراقلو	خلیفه لو
سال آبی ۱۳۶۰	۵/۲۱	۹/۷۷	۲/۷۴	۴۲۱۲۸	۴۲۱۵۹	۶/۳۱	۴۲۱۴۴	۴/۷۳	۴۵/۷۹	۱/۶۷
سال آبی ۱۳۹۰	۱۳/۴۲	۳۱/۴۲	۴۲۱۵۹	۴۲۱۵۹	۴۲۱۳۲	۶/۸۲	۱۷۹۵۸	۴/۹۲	۶۲/۹۹	۳۳/۲۳
نام چاه پیزومتری	خلیل آباد	روبروی فرودگاه	سربند	سعید آباد	سلطان آباد	مهماندوست	طالب قشلاقی	قره لر	کلخوران شیخ	کلخوران فولادلو
سال آبی ۱۳۶۰	۲۶/۶۹	۱/۷۹	۲/۷۶	۲/۷۵	۴/۱۵	۶/۳۱	۵/۸۲	۱۲/۱۴	۴۲۱۰۰	۰/۳۲
سال آبی ۱۳۹۰	۲۵۹۳۴	۵/۹۵	۲/۷۳	۶/۳۸	۹/۱۹	۲۱/۴۸	۱۰/۸۸	۱۷/۵۹	۷/۹۷	۰/۳۴
نام چاه پیزومتری	کنازق	گلی جدید	نوران	نوشهر	هیر	یاجلو	ینگجه	صومعه	بریس	
سال آبی ۱۳۶۰	۴۲۳۱۲	۲/۹۷	۴۲۱۶۰	۲۲/۱۶	۳۴/۸۸	۴۲۲۵۴	۱/۹۳	۱۰/۶۰	۱۲	
سال آبی ۱۳۹۰	۵/۴۵	۴/۵۲	۴/۷۱	۳۵/۴۵	۳۹/۷۴	۴۲۲۲۱	۲/۲۱	۱۰/۹۷	۷	
میانگین سطح ایستابی کل چاه‌ها (متر) برای سال آبی ۱۳۶۰				**۱۰/۴۰**						
میانگین سطح ایستابی کل چاه‌ها(متر) برای سال آبی ۱۳۹۰				**۱۸/۷۴**						

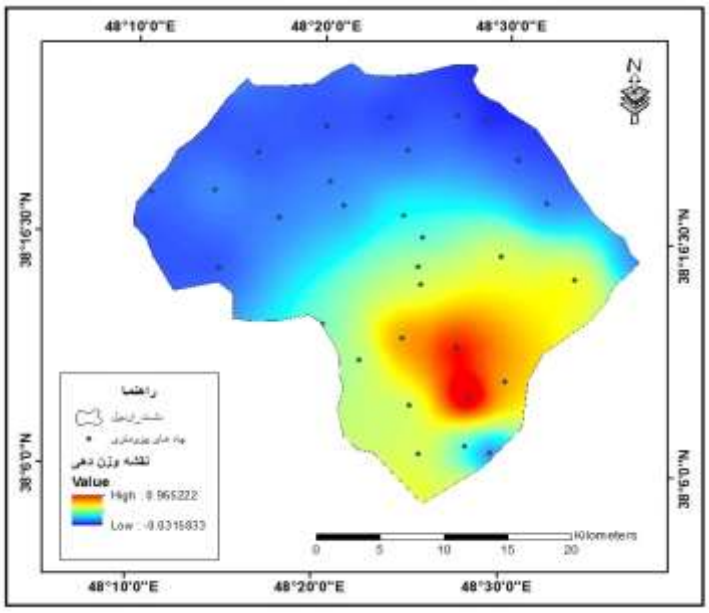
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

هم چنین در شکل شماره ی ۱۱ و شکل شماره ی ۱۲ هم چنان که در روش کار توضیح داده شد، تمامی لایه های درونیابی شده و وزن دار شده با استفاده از مدل وزن دهی جمعی ساده تلفیق شده و نقشه نهایی برای سال آبی ۱۳۶۰(شکل ۱۱) و سال آبی ۱۳۹۰(شکل۱۲) تهیه شد. همان‌طورکه از شکل‌های درون‌یابی‌شده مشخص است، افزایش مساحت سطوح مختلف کلاس‌های ارتفاعی ارائه‌شده از سال ۶۰ به سال ۹۰ گواه افزایش افت در دشت خصوصاً در قسمت شرق و جنوب شرق دشت اردبیل است. همچنین، با توجه به دو شکل ۱۱ و ۱۲، گسترش ناحیه‌ی مشخص‌شده به رنگ قرمز در شکل ۱۲ از شکل ۱۱ گواه گسترش منطقه‌ی افت سطح ایستابی در این دو دوره‌ی آماری است.



شکل ۱۱: نقشه‌ی نهایی افت سطح ایستابی برای سال آبی ۱۳۶۰.

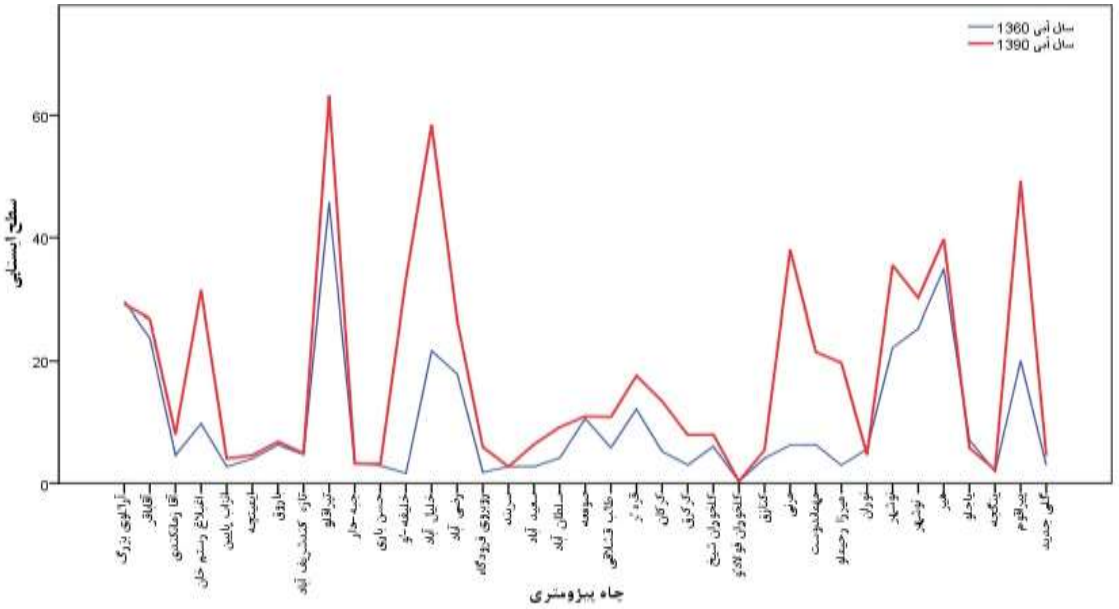


شکل ۱۲: نقشه‌ی نهایی افت سطح ایستابی برای سال آبی ۱۳۹۰.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

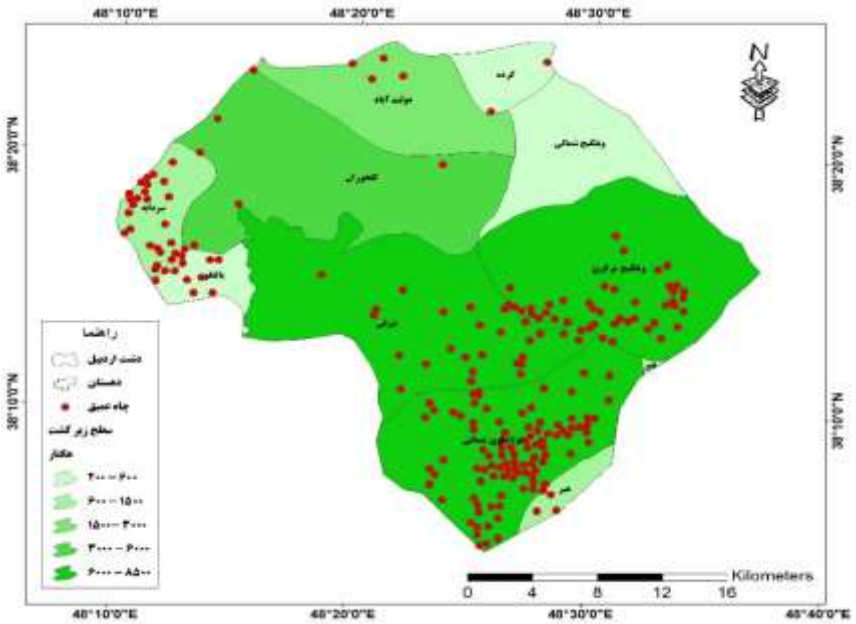
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

شکل شماره‌ی ۱۳ با توجه به جدول شماره‌ی ۲، تغییرات میانگین سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری دشت را در سال‌های ۶۰ و ۹۱ به وضوح نشان می‌دهد. میانگین افت سطح ایستابی برای دو دوره‌ی آماری ۸/۳۴ متر است که در شکل شماره‌ی ۱۳ می‌توان افت سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت اردبیل را بین دو دوره آماری مشاهده کرد.



شکل ۱۳: تغییرات میانگین سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری دشت اردبیل.

در ادامه اشکال شماره ۱۴ و ۱۵ آورده شده است. در شکل شماره ۱۴ وضعیت سطح زیر کشت محصولات در محدوده دشت و هم چنین موقعیت چاه های عمیق در این محدوده نشان داده شده است.

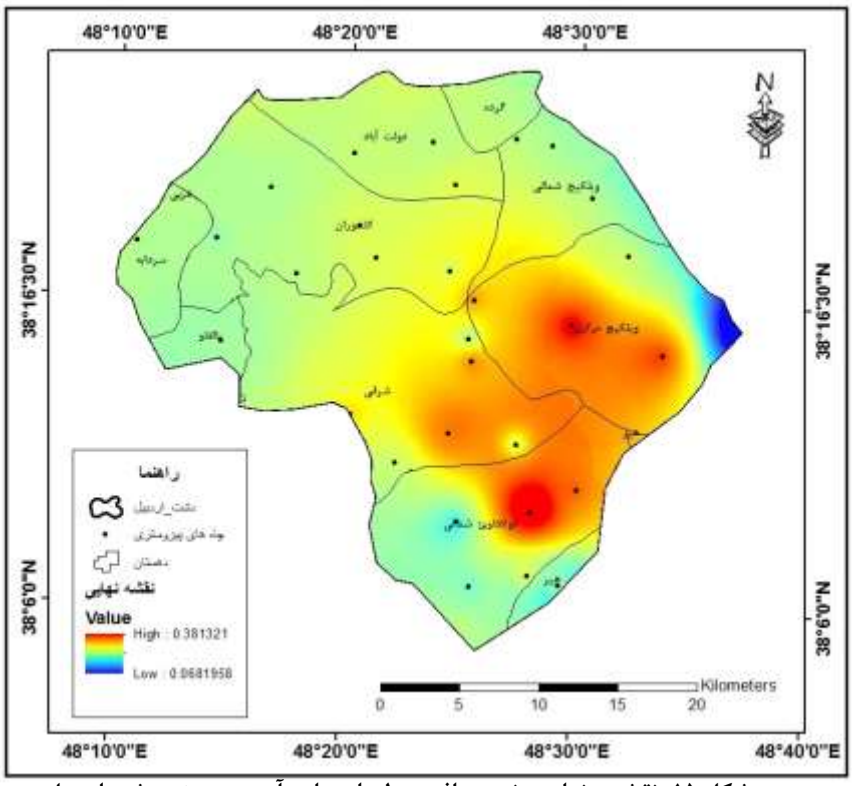


شکل ۱۴: موقعیت چاه‌های عمیق و سطح زیر کشت محصولات آبی.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

شکل شماره ی ۱۵ نقشه نهایی وضعیت سطح ایستابی دشت اردبیل را نشان می دهد.



شکل ۱۵: نقشه‌ی نهایی وضعیت افت سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت اردبیل.

همانطور که در توضیحات شکل شماره‌ی ۱۴ گفتیم، این شکل مجموع سطح زیر کشت محصولات گندم، جو، سیب‌زمینی و علوفه را برای دهستان‌های اردبیل نشان می‌دهد. همچنین، در این شکل، چاه‌های عمیق موجود در سطح دشت اردبیل به نمایش در آمده است. مطابق این شکل، ملاحظه می‌گردد که بیشترین تراکم چاه عمیق به‌ترتیب در فولادلوی شمالی، ویلکیج مرکزی و شرقی است. علاوه‌براین، بیشترین میزان سطح زیر کشت مربوط به این سه دهستان است. به تبع وجود این عوامل، میزان برداشت از آب زیرزمینی نیز به‌شدت بالا می‌رود که خود یکی از عوامل بسیار مهم دخیل در وخامت اوضاع این قسمت از آبخوان دشت است. نقشه‌ی نهایی میزان افت سطح ایستابی دشت اردبیل با استفاده از اعمال روش‌های مختلف درون‌یابی و نیز رتبه‌بندی و وزن‌دهی، پس از کسرکردن و استاندارد و فازی‌کردن دو نقشه‌ی سطح ایستابی سال ۶۰ و ۹۰ به‌دست آمد (شکل ۱۵). با توجه به شکل شماره‌ی ۱۵ به‌خوبی می‌توان میزان افت و محل افت شدید را در سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت اردبیل مشاهده کرد. مطابق با شکل شماره‌ی ۱۱و ۱۲ می‌توان گفت که وضعیت دهستان فولادلوی شمالی و ویلکیج مرکزی در حالت بحران قرار دارد و دهستان شرقی نیز در آینده‌ای نزدیک به سمت بحران پیش می‌رود. مطابق با شکل شماره‌ی ۱۵ بیشترین افت سطح ایستابی مربوط به دهستان فولادلوی شمالی است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل، کاهش تقریباً ۴۵ درصدی سطح ایستابی را در سال ۱۳۹۱ نسبت‌به سال ۱۳۶۰ نشان می‌دهد. همان‌طورکه شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان می‌دهند، بیشینه‌ی سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری از ۴۵ متر در سال ۱۳۶۰ به بیش از ۷۰ متر در سال ۱۳۹۰ رسید که حاکی از وخامت اوضاع آبخوان دشت اردبیل است. سرانجام، با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده می‌توان گفت که دهستان‌های شرقی، ویلکیج مرکزی و فولادلوی شمالی بیشترین تغییرات را به‌لحاظ افت سطح آب زیرزمینی داشته‌اند. این نواحی قسمت‌های شرق و جنوب شرق دشت را شامل می‌شود. به‌علت مساعدبودن شرایط کشاورزی و بالابودن سطح زیر کشت محصولاتِ با نیاز آبیِ بالا و تراکم چاه‌های عمیق حفرشده، برداشت از آب زیرزمینی فراوان است و میزان افت سطح آب زیرزمینی افزایش در حال کاهش است. دهستان شرقی نیز به سمت بحران پیش می‌رود و، دراین‌بین، دهستان ویلکیج مرکزی (قسمت شرقی دشت) در معرض بیشترین خطر به‌لحاظ افت سطح ایستابی آبخوان نسبت‌به دو دهستان شرقی و ویلکیج مرکزی است. دهستان فولادلوی شمالی نیز (که دارای بیشترین تراکم چاه عمیق است) در آینده نزدیک با ادامه برداشت‌ها از چاه‌های عمیق موجود، به سمت کاهش شدید منابع آب زیرزمینی خواهد رفت.

منابع

اصغرپور، محمدجواد. ۱۳۹۲. *تصمیم گیری‌های چندمعیاره*. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، چ ۱۱.

حبشی، هاشم؛ سید محمد حسینی و جلال محمدی. ۱۳۸۵. ارزیابی دقت و صحت روش‌های درون یابی در تخمین ازت خاک با استفاده از GIS. *سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی*، قشم.

دانشور وثوقی، فرناز و یعقوب دین پژوه. ۱۳۹۰. خشکسالی و تأثیر آن بر روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت اردبیل در دو دهه‌ی اخیر. *ششمین کنگره‌ی ملی مهندسی عمران*. سمنان. دانشگاه سمنان.

شمسی‌سوسهاب، رضا و محمدتقی ستاری. ۱۳۹۳. تخمین سطح آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. *پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران*، انجمن علمی دانشجویی عمران دانشگاه ارومیه.

غفاری، حسین؛ علی رسول‌زاده؛ مجید رئوف و اباذر اسمعلی‌عوری. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کمی آب زیرزمینی آبخوان دشت اردبیل طی ده سال آبی دوره‌ی آماری (۸۱-۸۰ تا ۹۰-۸۹)، *دومین کنگره‌ی ملی کشاورزی ارگانیک*، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

غفاری، حسین؛ علی رسول‌زاده؛ مجید رئوف و اباذر اسمعلی عوری. ۱۳۹۲. بررسی روش‌های مختلف درون‌یابی در تهیه‌ی نقشه‌های هم‌تراز آب زیرزمینی با استفاده از ArcGIS در آبخوان دشت اردبیل، *دومین همایش ملی توسعه‌ی پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم*. شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان.

عیوضی، معصومه؛ ابوالفضل مساعدی؛ مهدی مفتاح هلقی و موسی حسام. ۱۳۸۸ . مقایسه‌ی روش‌های مختلف درون‌یابی در پهنه‌بندی خشکسالی‌های استان گلستان. *دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راه کارهای مدیریت آن*، اصفهان.

عیوضی، معصومه و ابوالفضل مساعدی. ۱۳۹۰. بررسی الگوی گسترش مکانی بارش در سطح استان گلستان با استفاده از مدل‌های قطعی و زمین‌آماری. نشریه‌ی *آب و خاک* **۱**: ۶۴-۵۳.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]

غریب‌نیا، فاضل؛ سید یاسر حکیم دوست و یدالله بلیانی. ۱۳۹۱. *راهنمای جامع مدل‌های کاربردی* GIS *در برنامه‌ریزی شهری، روستایی و محیطی*، چاپ اول، انتشارات آزاد پیما، تهران.

فرجی سبکبار، حسنعلی و قاسم عزیزی. ۱۳۸۵. ارزیابی میزان دقت روش‌های درون‌یابی فضایی مطالعه‌ی موردی: الگوسازی بارندگی حوزه‌ی کارده‌ی مشهد. *پژوهش‌های جغرافیایی*، **۵۸**: ۱-۱۵

قهرودی‌تالی، منیژه و ام‌سلمه بابایی. ۱۳۸۴. *در آمدی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی*، انتشارات پیام نور، تهران.

مالچوفسکی، یاچک. ۱۳۹۰. *سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری*. ترجمه‌ی اکبر پرهیزگار وعطا غفاری‌گیلانده، چاپ دوم، انتشارات سمت، تهران.

نیکبخت، صادق و معصومه دلبری. ۱۳۹۲. برآورد سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین‌آماری. نشریه‌ی *آب و توسعه پایدار*، **۱**: ۴۹-۵۶.

Apaydin H.; Sonmez K. and Yildirim E. ۲۰۰٤. Spatial interpolation techniques for climate data in the GAP region in Turkey. *Journal of Climate Research*، ۲۸:۳۱-٤۰.

Ben-Jemaa F. and Marino M.A. ۱۹۹۰. Optimization of a groundwater well monitoring network. Iternational Conference on Optimizing the Resources for Water Management. Fort worth، Texas، April ۱۷-۲۱، pp. ۱۰-۱۵.

Cockings S.; P. F. Fisher، and M. Langford. ۱۹۹۷. Parameterization and Visualization of the Errors in Areal Interpolatio. *Geographical Analysis*، **۲۹**: ۳۱٤-۳۲۸.

Goovaert, P. ۱۹۹۹. Performance Comparison of Geostatistical Algorithms for Incorporating Elevation into the Mapping of Precipitation. *GeoComputation Proceedings.*

Johnston K.; Ver Hoef J.M.; Krivoruchko K. and Lucas N. ۲۰۰۱. Using arcGIS geostatistical analyst. ESRI، Redlands، CA.

Magnus E.; and M. Clyde .۲۰۱۰. *Optimal Control، Statistics and Path Planning*. Princeton University Press.

Azpurua, M. and Dos Ramos, K. ۲۰۱۰. Progress in Electromagnetics. *Research Magazine*, ۱٤: ۳۵-۱٤۵.

McKenna S.A. ۲۰۰۲. Simulating geological uncertainty with imprecise data for groundwater flow and adjective transport modelling. pp. ۱-۱۵.

Philip، G. M.، and Watson D. F. ۱۹۸۲. A Precise Method for Determining Contoured Surfaces. *Australian Petroleum Exploration Association Journal* **۲۲**: ۲۰۵–۲۱۲.

Siska, .P. and I-Kuai Hung .۲۰۰۱. Assessment of kriging Accuracy in the GISEnvironment. Http://gis.esri.com/userconf/proc۰۱/professional/papers/pap۲۸۰/ p۲۸۰.htm.

Robinson, T.P. and Metternicht, G. ۲۰۰٦. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, **۵(۲)**: ۹۷–۱۰۸.

Watson، D. F. and Philip, G. M. ۱۹۸۵. A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation. *Geoprocessings*, **۲**:۳۱۵–۳۲۷.

Yan، Xin. .۲۰۰۹. *Linear regression analysis: theory and computing*. Published by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd

YueSun، A. ; Shaozhong, A. ; Kang، F. Li and Zhang L. ۲۰۰۹. Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China. *Environmental Modelling and Software*, **۲٤**: ۱۱٦۳–۱۱۷۰.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.31]