

Study the Effect of Natural and Anthropogenic Factors on The Ground Water Falling in The Minab Plain

J. Bahari Meimandi¹, O. Bazrafshan^{2*}, Y. Esmaelpour², M. Shekari³, H. Zamani³

1. Ph. D Student of Watershed Engineering and Science, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2. Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Statistics, Faculty of Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

* Corresponding Author: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

Received date: 24/04/2023

Accepted date: 20/05/2023

doi [10.22034/JDMAL.2023.2000814.1412](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2000814.1412)

Extended Abstract

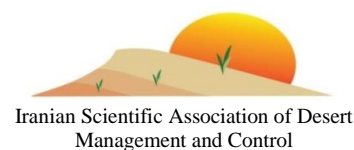
Introduction

Groundwater is the main source of fresh water in arid and semi-arid regions, making it resilient to the lack of precipitation. Previously, groundwater was considered an unlimited or, at a minimum, entirely renewable natural resource. However, in recent decades, primarily because of population growth and industrial development, it has been under irreparable pressure, which has resulted in groundwater depletion in most parts of the world, in particular in Iran. In addition to the mentioned factors, climatic events, climatic changes caused by global warming and drought sequences, geological and topographical characteristics are also effective at raising and lowering ground water levels. Several studies have been conducted to investigate factors affecting the depletion of aquifers. Studies such as the investigation of climatic factors and aquifer extraction on changes in the level of the Maharluo lake, changes in groundwater quantity and quality in Sistan and Balochistan and factors affecting the depletion of aquifer storage in Darab have shown that the human and climatic factors have been effective in depleting groundwater. Studies in China have stated that socio-economic and agricultural development, land use changes, and dam construction are the most important factors in depleting groundwater resources. The Minab Plain is one of the fertile areas of Hormozgan province, where excessive groundwater extraction has reduced groundwater levels in the area. This plain also plays an important part in the transfer of water between basins from Minab to Bandar Abbas, so that a large quantity of water is pumped and transferred daily. Therefore, it is important to study the variables that affect the depletion of groundwater reserves in this plain. Considerable research has been carried out in the Minab plain to investigate changes in hydroclimatic variables, land use and groundwater. However, no research was conducted on the effect of these factors on groundwater loss. The aim of this research is to analyze the trend of hydro-climatic variables and groundwater level, to investigate land use changes, to detect the trend of groundwater extraction, water transfer operations from Minab plain to Bandar Abbas and, to investigate its effects on depletion in the Minab plain.



Desert Management

www.isadmc.ir



Material and Methods

The study area in the present study is the Minab Plain which the Esteghlal Dam was built on this river in 1983, with a water intake volume of 250 MCM. The data used in the research including the groundwater level, precipitation, discharge, and temperature. The number of 47 piezometric or observation wells have measured water level variations in the Minab plain since 1986, and 20 rain gauge stations have been distributed around case studies, of which 10 active rain gauge stations, six evapotranspiration stations and four hydrometer stations are used with a long statistical period. In the current study, the Mann-Kendall non-parametric method was used to analyze the trend. The point change was determined by the Pettitt's test. Landsat satellite time series images were used to extract land use classes. Considering the existing land uses in the region, five land uses were considered: agricultural, rock, rangeland, urban and waterbodies. The images were analyzed in three time periods of 1991, 2005 and 2021 using Landsat satellite images.

Results and Discussion

The results indicate that during the 1986-2020 statistical period, the average level of groundwater in the plain fell by 10.19 m. The calculated Mann-Kendall statistic is -6.69, indicating a significant negative trend and, according to the Pettitt test statistics, 2013 was reported as a time of change. With respect to the trend of hydroclimatic variables, temperature and evapotranspiration are increasing at all stations, while precipitation and flow are trending downward which is not statistically significant. In addition, at most stations, change points were from 2001. The results of the land use change survey showed that rangeland decreased by 22%, and irrigated agricultural land and urban land increased by 2.2 and 2.8 times, respectively. In investigating the effect of human factors on groundwater depletion levels, it showed that the number of wells increased from about 100 to 796 wells, 16 wells were drilled in this plain to provide drinking water to Bandar Abbas, and the inter-basin water transfer with a discharge flow of 1200 lit/s, started since 2002 has put double pressure on the storage. The other reason for groundwater depletion is the decrease in aquifer feeding because of the decrease in precipitation, increase in temperature and evaporation, and decrease in infiltration of water from the Minab River, especially after the operation of Esteghlal dam in 1984. The amount of aquifer feed due to runoff infiltration is 12/77 MCM, or 22% of the total aquifer feed. Finally, it can be concluded that natural factors, including a reduction in precipitation and runoff and an increase in temperature, and non-natural factors such as building dams, increasing the allocation of aquifers for agriculture, domestic and industrial purposes, inter-basin transfer water, the increase in agricultural land and residential areas led to a double pressure on groundwater storage in the Minab Plain, resulting in a marked depletion of groundwater levels in the Minab Plain.

Keywords: Hydroclimatic factors; Trend analysis test; Inter-basin water transfer; Land use changes





بررسی تأثیر عامل‌های طبیعی و انسانی بر افت سفرهٔ آب زیرزمینی در دشت میناب

جعفر بهاری میمندی^۱، ام‌البنین بذرافشان^{۲*}، یحیی اسماعیل پور^۲، مرضیه شکاری^۲، حسین زمانی^۳

۱. دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲. دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۳. استادیار گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

* نویسندهٔ مسئول: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰

doi: [10.22034/JDMAL.2023.2000814.1412](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2000814.1412)

چکیده

یکی از منابع آب شیرین در مناطق خشک و نیمه‌خشک آب‌های زیرزمینی است که موجب تاب‌آوری در برابر کمبود بارش می‌شود. اما در چنددههٔ گذشته، به دلیل رشد جمعیت و توسعه کشاورزی و صنعتی، فشار جبران‌ناپذیری بر آن وارد نموده و موجب افت سطح آب زیرزمینی در بیشتر نقاط دنیا بخصوص در ایران شده است. از طرفی علاوه بر تغییرات کاربری اراضی، نوسانات متغیرهای هیدرواقليمی نیز بر تغییرات تراز سفره مؤثر است. دشت میناب در استان هرمزگان طی چند دههٔ اخیر، به دلایل متعدد دچار افت تراز آب زیرزمینی شده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل هیدرواقليمی و انسانی بر این تغییرات صورت گرفته است. برای این اساس، با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست، نقشهٔ تغییرات کاربری اراضی در سه بازهٔ زمانی استخراج شد. همچنین متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیک و سطح آب زیرزمینی منطقه نیز در بازهٔ زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹ با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال و پتیت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تغییرات سطح آب زیرزمینی حاکی از افت $10/19m$ در دشت است که این کاهش تراز از سال ۱۳۸۱ آغاز و تاکنون با رشد $0/449m$ در سال ادامه دارد. نتایج بررسی روند متغیرهای هیدرواقليمی نشان داد، باران و دبی جریان رودخانه در این منطقه رو به کاهش و تبخیر-تعرق پتانسیل و دما رو به افزایش هستند و عموماً نقاط شکست و نقطهٔ تغییرات در نمودار از دههٔ ۱۳۸۰ آغاز شده است. تغییرات کاربری اراضی نشان داد، مقدار اراضی مرتعی ۲۲٪ کاهش و اراضی مسکونی و اراضی کشاورزی فاریاب تقریباً دوبرابر شده است. همچنین احداث و بهره‌برداری سد میناب از سال ۱۳۶۳، کاهش جریان آب ورودی از حوزهٔ آبخیز بالادست به دشت و کاهش ۲۲٪ تغذیهٔ آبخوان، افزایش تعداد چاه‌ها طی سه دههٔ گذشته برای هدف کشاورزی و تهیهٔ آب شرب بندرعباس و میناب از دیگر عوامل مؤثر بر افت آبخوان بوده است.

واژگان کلیدی: آزمون روند؛ انتقال آب بین حوضه‌ای؛ تغییر کاربری اراضی؛ هیدرواقليم



■ مقدمه

آب‌های زیرزمینی منبع اصلی آب شیرین در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که موجب تاب آوری در برابر کمبود بارش می‌شود. آب‌های زیرزمینی پیش از این به عنوان یک منبع طبیعی بی‌حد و حصر یا حداقل به طور کامل تجدیدپذیر در نظر گرفته می‌شد، اما در طول چنددهه گذشته، عمدتاً به دلیل رشد جمعیت و توسعه صنعتی، فشار جبران‌ناپذیری بر آن وارد نموده و سبب افت سطح آب‌زیرزمینی در اکثر نقاط دنیا بخصوص در ایران شده است (۱۰). اگرچه پیشرفت در فناوری کشاورزی در دنیا چشمگیر بوده است، اما در بسیاری از مناطق به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، مدیریت ضعیف منابع آب، منجر به تخلیه قابل توجه آب زیرزمینی شده که خود سبب کاهش کمیت و کیفیت آب، فرونشست و منازعات آبی شده است که این مسئله اهمیت مدیریت منابع آب زیرزمینی را در این مناطق بیش از پیش ضروری می‌نماید. علاوه بر عوامل انسانی، رویدادهای اقلیمی، تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی و توالی‌های خشکسالی، مشخصات زمین‌شناسی و پستی و بلندی نیز بر افت و خیزهای تراز آب زیرزمینی مؤثرند (۴۰).

علاوه بر عامل هیدرواقلیم، تغییرات کاربری اراضی نیز موجب تغییر در چرخه هیدرولوژیک حوزه آبخیز می‌شود و در نتیجه موجب برهم خوردن توازن بین مولفه‌های این چرخه می‌شود (۵). هر دو پدیده خشکسالی و تغییرات کاربری اراضی علاوه بر کمیت منابع آب، کیفیت این منابع را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین برای درک درست از نوسانات کمی و کیفی منابع آب در شرایط خشکسالی، در نظر گرفتن تغییر کاربری زمین در بازه‌های مختلف نیز ضروری است.

کشور ایران با میانگین سالانه ۲۵۰ mm بارش یکی از کشورهای خشک دنیا محسوب می‌شود، شدت استخراج آب‌های زیرزمینی در کشور ما، سه برابر استاندارد دنیا گزارش شده است و از ۶۰۰ دشت موجود در ایران، ۲۹۷ دشت در شرایط فوق بحرانی هستند (۱۷، ۲۲، ۲۶) که بسیاری در اثر برداشت بی‌رویه تا ۲۰ m افت داشته‌اند (۳۰). برای نمونه دشت شاهرود در دشت کویر طی دوره زمانی

۱۳۷۲ تا ۱۳۸۴ به مقدار ۱۴ m؛ دشت داراب در استان فارس طی دوره ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۵ به میزان ۱۲/۶ m؛ دشت مشهد طی دوره زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۷ به مقدار ۱۲/۱ m؛ دشت کاشان در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۶ به میزان ۱۰ m؛ دشت اراک در کویر میقان طی دوره زمانی ۱۳۴۹ تا ۱۳۸۴ به میزان ۱۰ m؛ دشت میناب در بیابان‌های ساحلی جنوب طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۴ به میزان ۱۰ m؛ و دشت نیشابور به میزان ۶ m طی دوره زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۵ (۱)، ۳، ۳۷، ۲۱، ۶)، لذا لزوم توجه به منابع آب زیرزمینی در ایران امری حیاتی است.

در سطح دنیا نیز گزارش‌های متعددی از افت تراز آب زیرزمینی گزارش شده است که می‌توان به در هند با افتی معادل ۲۰ تا ۳۴ m طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ (۳۷)؛ در دنیا طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۹ با افتی معادل ۱ تا ۲/۷ تا ۳۱ mm/year (۳۹)؛ در ایالات متحده طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ (۱۶، ۳۵) و ۰/۳۱ mm/year در سطح دنیا طی سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ (۱۲) اشاره کرد.

در زمینه بررسی عوامل مؤثر بر افت سطح آبخوان‌ها مطالعات متعددی صورت گرفته است. مطالعه محققان در بررسی عوامل اقلیمی و برداشت از آبخوان بر تغییرات تراز دریاچه مهارلو نشان داد، تراز مهارلو با کاهش ۸۲٪، در مواجهه مستقیم اثرات کاهش بارش نبوده، اما افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل به‌همراه افزایش پمپاژ و تقلیل تخصیص آب رودخانه به مهارلو یکی از مهمترین دلایل کاهش سطح آب دریاچه بوده است (۲۴). محققان در بررسی تغییرات کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در سیستان و بلوچستان اعلام نمودند، طی ۳۰ سال گذشته، کیفیت آب زیرزمینی ۲۵٪ کاهش و تراز آب زیرزمینی کاهش یافته است که مهم‌ترین عوامل علاوه بر خشکسالی‌های مکرر، عدم دریافت حقبه رودخانه هیرمند، افزایش جمعیت و افزایش پمپاژ و تغییرات کاربری اراضی است (۲). محققان در بررسی عوامل مؤثر بر افت تراز آب در داراب طی دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲، افت بیش از ۳۰ m در برخی نقاط دشت داراب را گزارش دادند. ایشان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر افت قابل ملاحظه را برداشت بی‌رویه طی سه دهه گذشته اعلام نمودند (۱۸). در تحقیقی دیگر، پژوهشگران در بررسی تأثیر توالی‌های خشکسالی و عوامل انسانی بر تراز آب در دشت

دشت میناب یکی از مناطق حاصل خیز استان هرمزگان است، که متأسفانه خشکسالی‌های اقلیمی در سال‌های اخیر و استخراج بیش از حد از ذخایر آب زیرزمینی باعث کاهش تراز آب‌های زیرزمینی در این منطقه شده است. به دلیل تنش شدید آبی و حفر چاه‌های عمیق با هدف تامین آب شرب و کشاورزی، با کاهش شدید ذخایر آب زیرزمینی مواجه است. از طرفی این دشت در انتقال آب بین حوضه‌های از میناب به بندرعباس نیز نقش پررنگی دارد و روزانه حجم زیادی آب پمپاژ و منتقل می‌شود (۲۸). لذا بررسی متغیرهای مؤثر بر افت سفره آب زیرزمینی در این دشت ضروری به نظر می‌رسد. تاکنون تحقیقات زیادی در دشت میناب با هدف بررسی روند تغییرات متغیرهای هیدرواقلمی، کاربری اراضی و آب زیرزمینی صورت گرفته، اما تحقیقی که به تأثیر این عوامل بر افت آب زیرزمینی بپردازد، دیده نشده است. از مهم‌ترین اهداف پژوهش حاضر، تحلیل روند متغیرهای هیدرواقلمی و سطح آب زیرزمینی طی دوره مورد بررسی، بررسی تغییرات پوشش گیاهی و نوع استفاده از زمین، روند نوسانات برداشت از آب‌های زیرزمینی، عملیات انتقال آب از دشت میناب به بندرعباس و بررسی اثرات آن بر نزول سطح ذخایر آب زیرزمینی در دشت میناب است. کمتر پژوهشی در سال‌های اخیر به شناسایی جامع و تفصیلی عوامل مؤثر بر افت تراز آب در دشت میناب پرداخته است.

■ مواد و روش

معرفی منطقه مورد بررسی و داده‌ها

دشت میناب با وسعت 653 Km^2 با اقلیم گرم و خشک، در جنوب ایران واقع شده است. بالادست دشت میناب، حوزه آبخیز رودخانه میناب قرار دارد که بر روی این رودخانه در بالادست دشت میناب، در سال ۱۳۶۲ سد استقلال با حجم آبیگیری ۲۵۰ میلیون مترمکعب احداث شده است. حداقل ارتفاع منطقه صفر در نزدیکی ساحل خلیج فارس و حداکثر ۹۰m از سطح دریای آزاد است. منطقه مورد بررسی بین طول‌های جغرافیایی $47^{\circ} 56'$ و $8^{\circ} 57'$ شرقی و عرض‌های $26^{\circ} 24'$ و 27° شمالی قرار گرفته است. از نظر زمین شناسی در ابتدای دشت آبرفت دانه درشت حاوی ریگ و شن و ماسه و به تدریج در

درازاب، نشان دادند، این دشت در سه دوره مورد بررسی شامل ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۰، ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ بیش از ۳۶m افت داشته است، که افزایش سطح اراضی کشاورزی و مسکونی و کاهش بارش، تأثیر مستقیمی بر این افت داشته است (۵). محققین در بررسی تغییرات کاربری اراضی بروی افت تراز آب زیرزمینی در ماهیدشت کرمانشاه، گزارش دادند، میزان افت طی دوره ۲۰ سال گذشته، ۲۳m بوده و تغییرات اراضی کشاورزی دیم از به آبی بیش از ۲۰٪ بوده است، بطوری که سطح اراضی دیم از ۹۹۶۱ ha به ۹۸۹۶ha کاهش و اراضی آبی از ۵۰۴ ha به ۵۶۹ha افزایش داشته است. در این مدت تعداد چاه‌های بهره‌برداری از ۱۰۰ به ۲۵۰۰ حلقه افزایش یافته است (۱۳).

در بررسی افت تراز آب زیرزمینی در دشت‌های ساحلی استان هرمزگان، پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که زمان انتشار خشکسالی هواشناسی بر آب زیرزمینی حداقل ۶ و حداکثر ۴۸ ماه به طول می‌انجامد. همچنین روند تغییرات تراز آب طی دو دهه گذشته نشان از کاهش معنی‌دار آن در دشت‌های مرکزی و شرقی است. بطوری که آماره Z کندال در دشت میناب ۳/۰۱- گزارش شده است (۹).

در بررسی عوامل انسانی و طبیعی شامل تغییرات آب و هوایی بر افت تراز آب زیرزمینی در حوزه آبخیز ماناس در شمال چین، محققان گزارش دادند، طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۹ بطور متوسط ۱۱ تا ۱۷m افت داشته است که توسعه اقتصادی - اجتماعی و کشاورزی، تغییرات کاربری اراضی و سدسازی مهم‌ترین عامل در آن بوده است (۳۹). محققان در بررسی تغییرات تراز آب دشت کاشان گزارش دادند، این دشت طی ۲۹ سال گذشته ۲۹m، بطور متوسط سالانه ۰/۵۴m افت داشته است. بیشترین افت و برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی به طور متوسط در بخش‌هایی از دشت صورت گرفته است که تمرکز زمین‌های کشاورزی در این منطقه بالا بوده است (۳۲).

همچنین محققان در بررسی اثرات شهرسازی و تغییرات پوشش گیاهی بر تراز آب زیرزمینی در استان یزد، گزارش دادند، در مناطقی که تراکم جمعیت و شهرسازی و اراضی کشاورزی بیشتر بوده است، تراز آب زیرزمینی به طور قابل توجهی کاهش داشته است (۲۳).

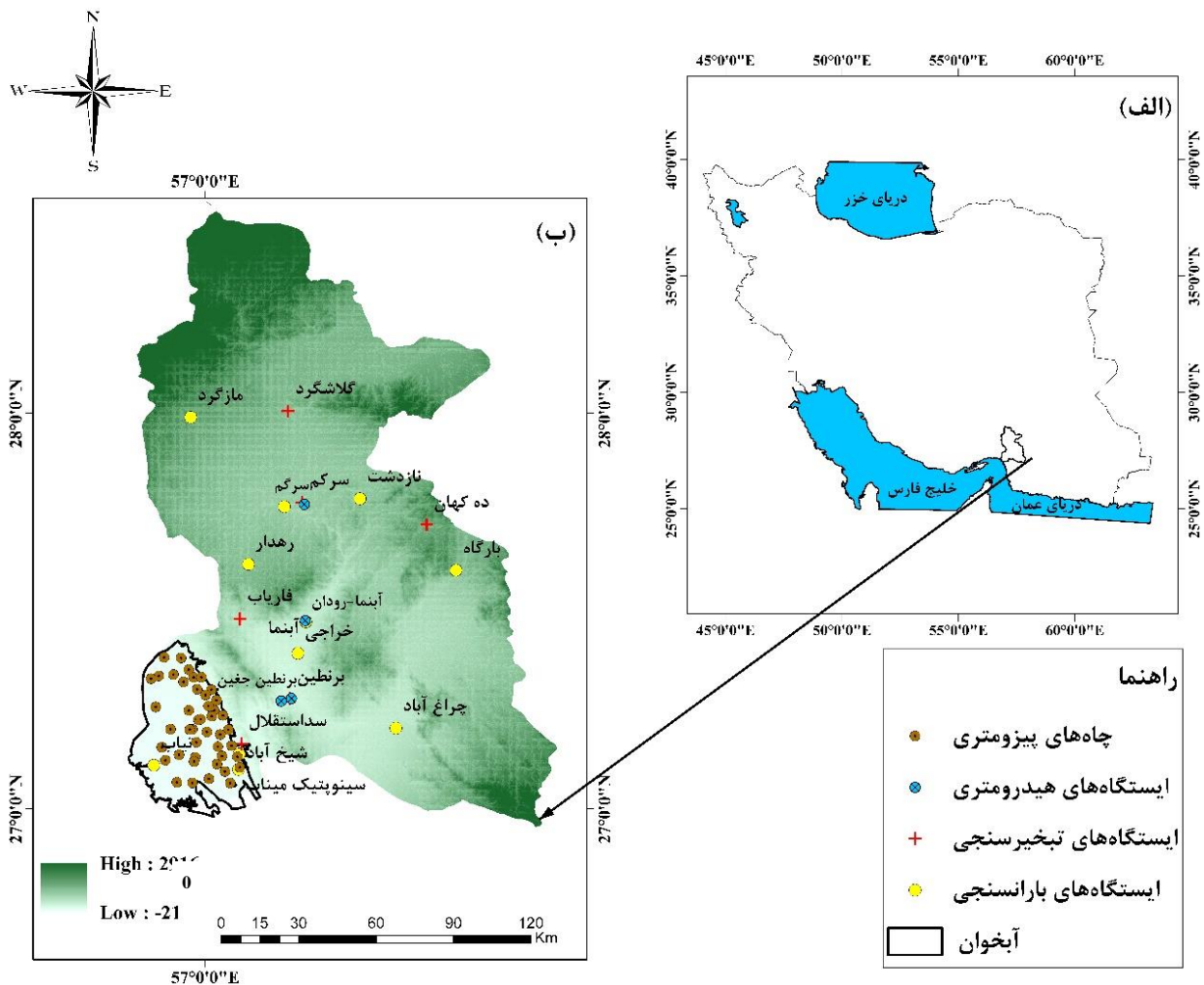
در دشت میناب را از سال ۱۳۶۵ اندازه‌گیری کرده‌اند و ۲۰ ایستگاه بارانسنجی در اطراف حوضهٔ آبخیز میناب و درون دشت توزیع شده‌اند که از این تعداد، ۱۰ ایستگاه بارانسنجی فعال، ۶ ایستگاه تبخیرسنجی و ۴ ایستگاه هیدرومتری با طول دورهٔ آماری طولانی مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱، شکل ۱ ب).

آزمون تحلیل روند متغیرهای هیدرواقليمی

در پژوهش حاضر، برآورد روند با روش من-کندال (۲۵) صورت گرفت. براین اساس، ابتدا برای تصادفی بودن دادها از آمارهٔ T کندال (رابطهٔ ۱) استفاده شد.

$$T = \left[\frac{4P}{n(n-1)} \right] - 1 \quad (1)$$

انتهای دشت، رسی است. بخش عمده زمین شناسی دشت ماسه سنگ فلیشی است (۲۰). میانگین ماهیانه دما $28/1^{\circ}\text{C}$ و میانگین بارندگی $212/5\text{mm}$ در سال است. بیش از ۹۰٪ بارش‌ها طی ماه‌های دی تا اسفند رخ می‌دهد (۷). مقدار کل سطح زیر کشت آبی در این منطقه زراعی است. بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه نیز نشان می‌دهد که آب زیرزمینی دشت میناب در اغلب مناطق برای مصارف مختلف دارای محدودیت نبوده و می‌تواند برای گیاهان زراعی و باغی مختلف مورد استفاده قرار گیرد. موقعیت منطقه مورد مطالعه را در ایران و حوضهٔ میناب در (شکل ۱) نشان می‌دهد. داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر تراز آب زیرزمینی، بارش، دبی، شدت بارش و دما است. چاه مشاهده‌ای به تعداد ۴۷ حلقه تغییرات تراز آب



شکل ۱. موقعیت دشت میناب و ایستگاه‌های مورد بررسی (الف): ایران (ب): حوزه آبخیز میناب. تن رنگ نشان‌دهنده تغییرات ارتفاع از سطح دریا در حوضهٔ میناب است.

جدول ۱. مشخصات آماری ایستگاه‌های مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه‌های باران‌سنجی	متوسط سالانه بارش (mm)	ایستگاه‌های تبخیرسنجی	متوسط سالانه دما (°C)	متوسط سالانه تبخیر (mm)	ایستگاه‌های هیدرومتری	متوسط سالانه دبی (m ³ /s)
برنطین میناب	۱۹۴	برنطین میناب	۲۶/۵	۳۶۰۲	برنطین میناب	۸/۹۷
بارگاه	۱۹۸	ده کهن	۲۲	۲۶۱۱	جغین	۱/۱۴
تیاب	۲۰۳	سد استقلال	۲۸/۴	۲۶۷۷	سداستقلال	۳/۴۱
چراغ‌آباد	۱۸۱	سرکم	۲۵/۲	۳۲۴۲	آب‌نما	۴/۰۱
خراجی	۲۳۱	فاریاب	۲۵/۷	۳۳۴۶		
رهدار	۲۵۶	گلاشگرد	۲۵/۵	۲۹۱۱		
شیخ‌آباد	۱۹۱	-				
مازگرد	۱۷۴	-				
محمدآباد	۲۵۹	-				
نازدشت	۱۷۱	-				

است و در صورتی که خارج از محدوده‌ی بحرانی همدیگر را قطع نمایند، بیانگر وجود روند معنی‌دار است (۱۶).

محاسبه روند با روش آزمون پتیت

چنانچه دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی هیدروکلیماتیک X_i را در نظر بگیرید، که $i = 1, \dots, \tau$ باشد. زمانی آزمون پتیت (۳۴) تغییر در نقطه τ را معنی‌دار می‌داند که X_t برای $(i = 1, \dots, \tau)$ دارای تابع توزیع $F_1(x)$ و برای $(t = \tau + 1, \dots, T)$ دارای تابع توزیع $F_2(x)$ بوده و $H_0: \tau = T$ باشد. این آزمون دو فرض $F_1(x) \neq F_2(x)$ برای عدم وجود تغییر و $H_1: \tau \neq T$ برای وجود روند را مقابل هم و آماره K_T را برای تست دو نمونه (X_1, \dots, X_t) و (X_{t+1}, \dots, X_T) از یک جامعه در نظر می‌گیرد (رابطه ۴) (۳۴).

$$K_T = \text{Max} |U_{t,T}|, 1 \leq t < T \quad (4)$$

که در آن U : آماره پتیت، T و t : عامل زمان و K_T : احتمال تقریبی است. از $U_{t,T}$ (رابطه ۵) بدست می‌آید (۳۴):

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(X_i - X_j) \quad (5)$$

احتمال اهمیت تقریبی K_T با POA تعیین می‌گردد و به صورت (رابطه ۶) محاسبه می‌شود (۳۴).

که T : آماره کندال و P : مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف ni که بعد از آن قرار می‌گیرند. P از (رابطه ۲) محاسبه شد.

$$P = \sum_{i=1}^n ni \quad (2)$$

که در این رابطه، n : تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده است. به منظور سنجش معنی‌دار بودن آماره T از رابطه ۳ استفاده می‌شود:

$$T_t = \pm t_g \sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}} \quad (3)$$

که t_g : مقدار بحرانی نرمال با سطح احتمال آزمون است که در سطح احتمال ۹۵٪ برابر ۱/۹۶ می‌باشد. در صورت اعمال این مقدار و با استفاده از (رابطه ۳)، برای تعیین جهت روند، نوع و زمان تغییر نیاز به آزمون گرافیکی من-کندال می‌باشد. در این آزمون، آماره U_i نشان دهنده مقدار جهت روند می‌باشد. در این روش داده‌ها را رتبه‌بندی و آماره t_i ، نسبت رتبه i به رتبه‌های ماقبل محاسبه می‌شود. برای بررسی تغییرات و معنی‌دار بودن آن‌ها باید شاخص i U' نیز تعیین شود. چنانچه دو منحنی U و U' در محدوده اطمینان ۹۵٪ درون محدوده بحرانی (±۱/۹۶) بهم برخورد کنند، زمان شروع تغییر ناگهانی و جهش در سری زمانی

لذا سال ۱۳۶۶ نقطه شروع جهش و اگر خارج از حد بحرانی به هم برخورد کنند (خط چین آبی)، بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است. U_i طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۱ خارج از باند بالا و دارای روند افزایشی معنی‌دار است و از سال ۱۳۸۱ به بعد وارد روند منفی و خارج از باند پائین می‌شود. روند و نقاط شکست در داده‌های سفره در مقیاس ماهانه و سالانه در (شکل ۲) نشان داده شد. براساس نتایج، در مقیاس سالانه، مقدار آماره من-کندال محاسبه شده، $-۶/۶۹$ است، که نشان‌دهنده روند منفی معنی‌دار و بسیار شدید در تراز آب زیرزمینی است. براساس آماره پتیت زمان جهش سال ۱۳۸۱ به دست آمد. در مقیاس ماهانه نیز سال ۱۳۸۱ به بعد سال شروع تغییرات معنی‌دار در تراز سفره بوده و تمام ماه‌ها دارای روند منفی معنی‌دار است. شکل ۴ تغییرات تراز آب را در دو سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۹ نشان می‌دهد. بعنوان مثال در شمال دشت تراز آب ۱m و در سال ۱۳۹۹ به ۴m افت رسیده و در بخش شرقی ۳m در سال ۱۳۸۵ بوده که در سال ۱۳۹۹ به ۱۹m کاهش یافته است.

تحلیل روند متغیرهای هیدرواقليمی

ایستگاه‌های سنجش بارش، دما و دبی که درون دشت و یا حوضه بالادست دشت دارای آمار طولانی‌مدت بودند برای بررسی روند مورد استفاده قرار گرفت. روند متغیرهای هیدرواقليمی در (جدول ۳) ارائه شد. براساس نتایج متغیر دما در تمامی ایستگاه‌ها رو به افزایش است اما به لحاظ آماری فقط ایستگاه برنطین در سطح اعتماد ۹۵٪ معنی‌دار است. بارش نیز در تمام ایستگاه‌ها کاهشی اما فاقد روند معنی‌دار است. آماره من-کندال در مورد تبخیر و تعرق در بالادست حوضه دارای روند افزایشی معنی‌دار و در پائین دست دارای روند افزایشی اما از نظر آماری معنی‌دار نیست. دبی جریان متوسط سالانه نیز در تمامی رودخانه‌های حوضه‌های آبخیز بالادست در حال کاهش است اما این روند از نظر آماری بی‌معنی است و تنها دبی در برنطین میناب دارای روند کاهشی معنی‌دار است که نقطه شروع کاهش سال ۱۳۸۲ است. تغییرات سالانه متغیرهای مورد بررسی در باند اطمینان ۹۵٪ در ایستگاه نمونه برنطین میناب در (شکل ۵) نشان داده شد.

$$P_{OA} = 2 \exp \left\{ \frac{-6(K^+)^2}{(T^3 + T^2)} \right\}; T \rightarrow \infty \quad (۶)$$

به طوری که P_{OA} : احتمالی از تشخیص نقطه تغییر است. اگر ارزش عددی P_{OA} کمتر از ۰/۰۵ باشد مشخص کننده تغییر قابل توجه در سری زمانی با توجه به سطح معنی‌داری ۵٪ است.

تغییرات کاربری اراضی

تصاویر مورد استفاده برای استخراج طبقه‌های کاربری اراضی، شامل تصاویر ماهواره‌ای سری لندست بود. با در نظر گرفتن کاربری‌های موجود در منطقه، پنج کاربری اراضی کشاورزی، سنگی، مرتع، شهری و آب مد نظر قرار گرفت. تصاویر در سه دوره زمانی ۱۳۷۰، ۱۳۸۴ و ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. برای طبقه‌بندی از الگوریتم بیش‌ترین شباهت در محیط نرم‌افزار ENVI 4.8 استفاده شد. (۴). برای تعیین صحت نقشه‌ها از ضریب کاپا (رابطه ۷) استفاده شد.

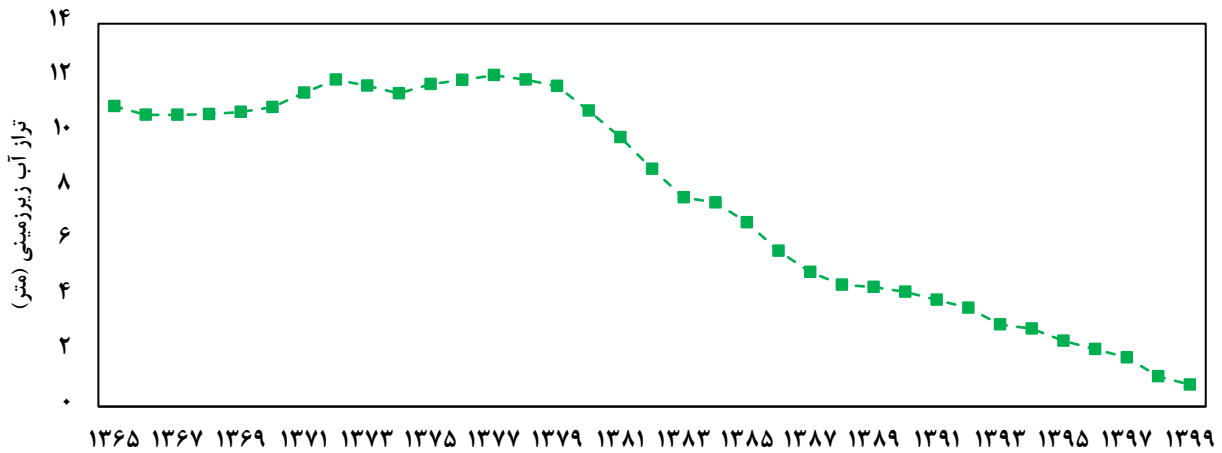
$$K = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{ij} - \sum_{i=1}^N (x_i + x + j)}{N^2 - \sum_{i=1}^N (x_i + x + j)} \quad (۷)$$

که در آن، N : تعداد کل پیکسل‌ها در ماتریس خطا، X_{ij} : مجموع قطر اصلی ماتریس خطا، X_i مجموع ردیف i ، X_j : مجموع ستون متناظر از ماتریس خطا می‌باشد (۱۱).

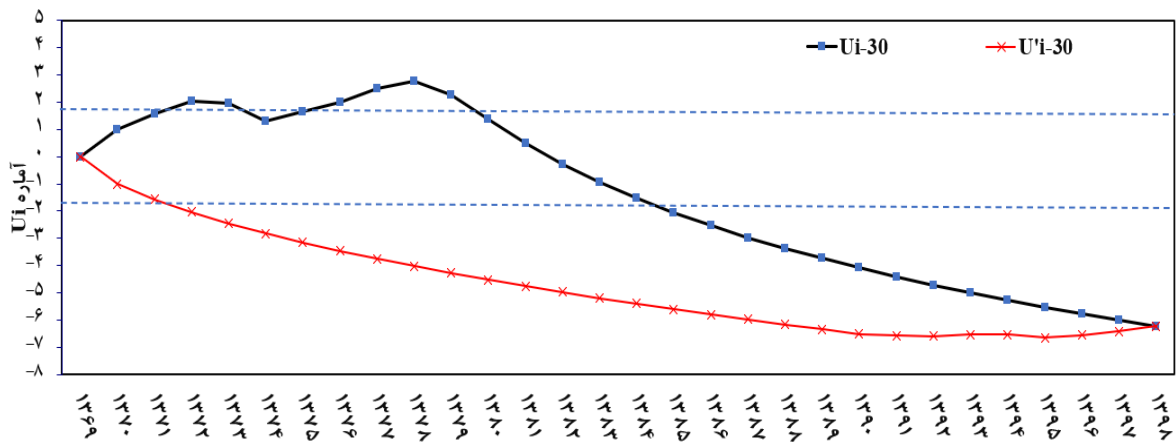
نتایج و بحث

تغییرات تراز آب زیرزمینی

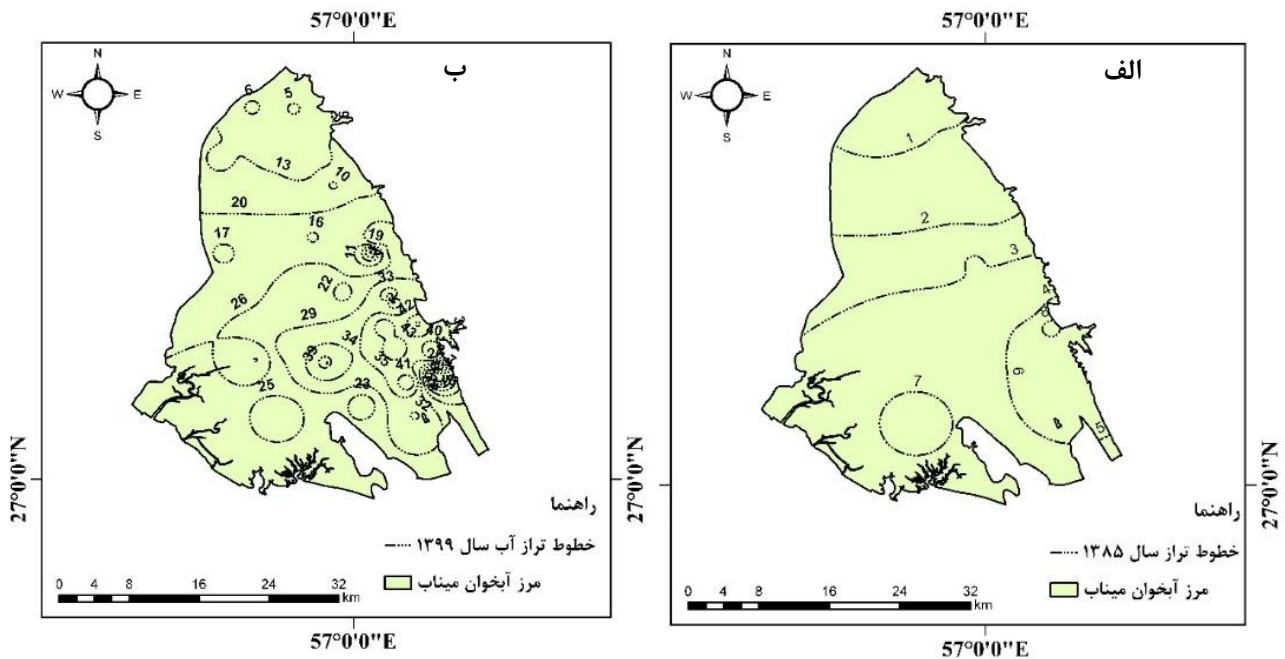
در سطح دشت تعداد ۴۷ حلقه چاه مشاهده‌ای وجود دارد که همه مورد بررسی قرار گرفتند. برای بررسی تغییرات کل دشت، از روش پلیگون‌بندی تیسن، تراز متوسط برآورد شد (شکل ۲). طی دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹، این تراز ۱۰/۱۹m افت داشته است. این تغییرات طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۲ کاهشی، در دوره کوتاه مدت پنج ساله (۱۳۷۴ تا ۱۳۷۹) افزایشی و سپس با شیب تندی کاهش یافته است. طبق روش‌شناسی آزمون گرافیکی من-کندال زمانی که دو منحنی U و U' همدیگر را در محدوده اطمینان ۹۵٪ و در حدود بحرانی $\pm 1/96$ قطع کنند، نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی، جهش یا شکست است (شکل ۳).



شکل ۲. تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت میناب طی دوره آماری مورد بررسی



شکل ۳. روند تراز سفره آب زیرزمینی بر اساس آزمون گرافیکی من-کندال طی دوره آماری مورد بررسی



شکل ۴: تغییرات تراز آب در دو سال ۱۳۸۵ (الف) و ۱۳۹۹ (ب) بعنوان نمونه در دشت میناب

جدول ۲. روند تراز سفره آب زیرزمینی در دشت میناب در مقیاس فصلی و نقطه شکست

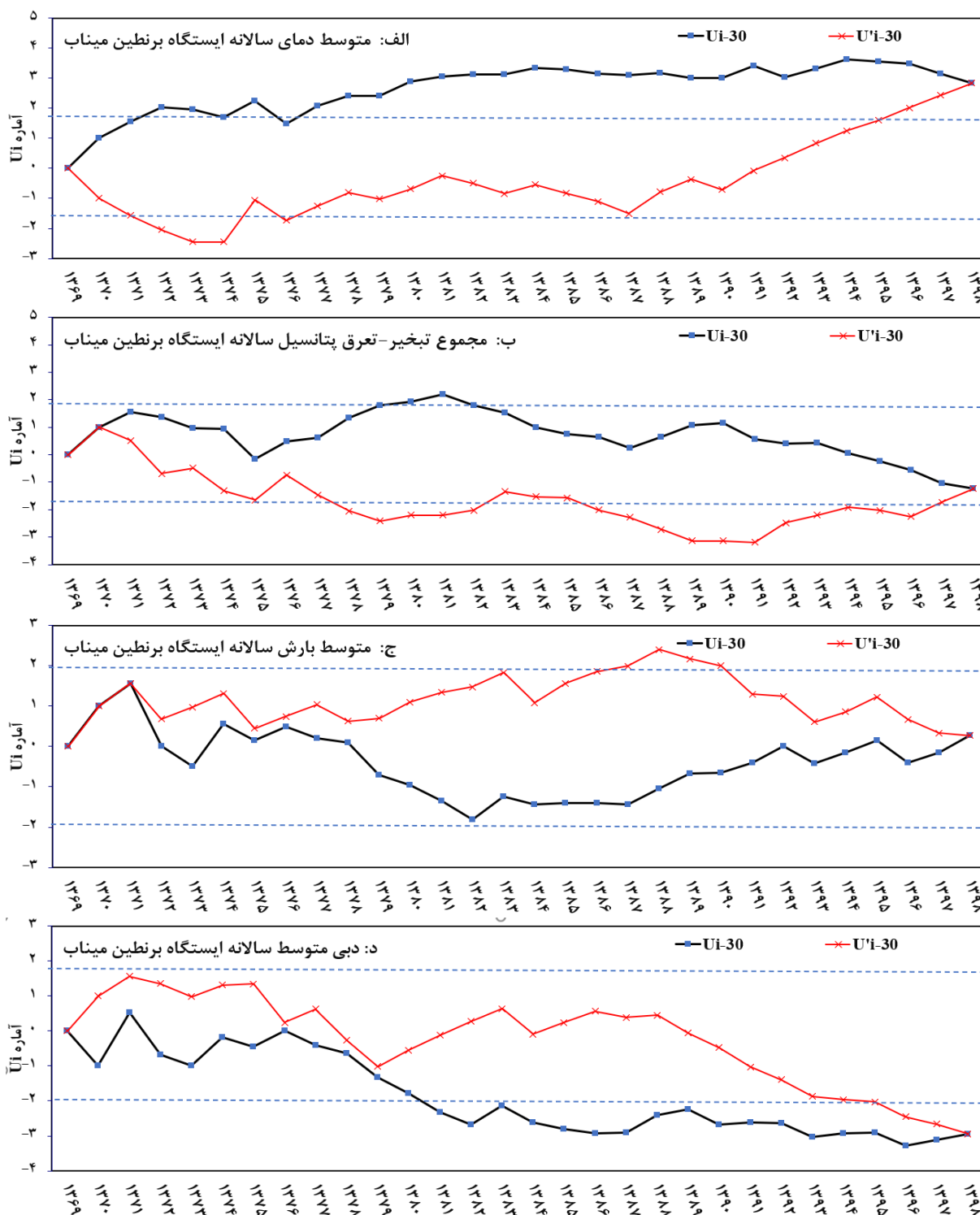
سالانه	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	فروردین	اردیبهشت	آماره/ ماه
-۶/۶۹	-۵/۵	-۵/۲	-۴/۷۸	-۴/۸	-۵/۹۵	-۵/۵	-۶/۱۲	-۶/۱	-۶/۵۴	-۶/۲۱	-۵/۵۱	-۵/۵۶	من-کندال (Z)
۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱>	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	P-value
۷۸	۷۱	۷۸	۶۹	۷۱	۸۸	۷۱	۷۲	۶۸	۷۱	۶۶	۶۴	۷۷	پتیت (U)
۰/۰۰۱>	۰/۰۰۰>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	P-value
۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	نقطه شکست (سال)

اعداد پررنگ: معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵٪

جدول ۳. آماره من-کندال و پتیت در بررسی روند در متغیرهای هیدرواقليمی

متغیر مورد بررسی	ایستگاه	آماره کندال	P-value	آماره پتیت	P-value	نقطه شروع روند
دمای متوسط سالانه	برنطین	۲/۱۹۴	۰/۰۰۱	۸۱	۰/۰۰۰۱	۱۳۹۶
	ده‌کهان	۰/۸۷۶	۰/۵۸۸	۲۵	۰/۴۵	۱۳۸۵
	سد استقلال	۱/۲۹	۰/۲۵	۳۵	۰/۵۶	۱۳۸۵
	سرکم	۱/۹۷	۰/۱۲	۲۰	۰/۵۲	۱۳۸۶
	فاریاب	۰/۹۸۷	۰/۸۵	۱۸	۰/۷۸	۱۳۸۵
	گلاشگرد	۰/۷۹۲	۰/۴۵	۱۵	۰/۵۸	۱۳۷۴
	سینوپتیک میناب	۰/۸۸	۰/۳۳	۲۵	۰/۸۷	۱۳۸۰
تبخیر متوسط سالانه	برنطین	-۱/۰۳	۰/۱۵	۲۱	۰/۴۵	۱۳۸۱
	ده‌کهان	۲/۲۲**	۰/۰۱۵	۷۸	۰/۰۱۲	۱۳۸۴
	سد استقلال	۰/۵۸	۰/۷۵۱	۳۱	۰/۲۵۸	۱۳۸۹
	سرکم	۰/۱۵	۰/۶۳	۱۹	۰/۸۵۴	۱۳۸۲
	فاریاب	۳/۰۶**	۰/۰۰۱	۸۱	۰/۰۰۰۱	۱۳۸۰
	گلاشگرد	۲/۵۳**	۰/۰۰۱	۸۲	۰/۰۰۰۱	۱۳۷۸
	سینوپتیک میناب	۱/۷۴	۰/۰۶	۶۱	۰/۰۷	۱۳۸۲
بارش سالانه	برنطین میناب	-۱/۵۲	۰/۱۲	۲۴	۰/۲۷	۱۳۸۴
	بارگاه	۰/۸۶۹	۰/۱۵	۵۴	۰/۵۴	۱۳۸۵
	تیاب	-۰/۷۹۱	۰/۵۸	۴۱	۰/۸۴	۱۳۸۹
	چراغ‌آباد	-۰/۳۸۷	۰/۱۲	۵۱	۰/۵۱	۱۳۹۰
	خراجی	-۱/۰۴۴	۰/۱۵	۲۴	۰/۶۲	۱۳۸۱
	رهدار	-۱/۰۸۹	۰/۵۸	۵۱	۰/۶۲۱	۱۳۸۵
	شیخ‌آباد	-۰/۳۰۵	۰/۱۸	۲۱	۰/۳۰۱	۱۳۸۴
دبی متوسط سالانه	مازگرد	-۱/۳۳۸	۰/۵۷	۲۵	۰/۱۴۸	۱۳۷۸
	محمدآباد	۰/۰۴۹	۰/۲۰۵	۳۵	۰/۶۱۲	۱۳۷۷
	نازدشت	-۱/۶۳	۰/۴۸۰	۳۷	۰/۴۰۳	۱۳۸۱
	سینوپتیک میناب	۰/۷۵	۰/۴۵۱	۴۱	۰/۲۰۸	۱۳۸۰
	آب‌نما	-۲/۴۵**	۰/۰۰۱	۸۷	۰/۰۴۵	۱۳۸۰
	برنطین جغین	-۱/۲۷	۰/۱۲	۵۶	۰/۲۸	۱۳۸۹
	برنطین میناب	-۱/۴۸	۰/۱۵	۵۱	۰/۳۲	۱۳۸۸
سرکم	-۰/۸۷	۰/۵۸	۴۱	۰/۷۸	۱۳۸۸	

** معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹٪؛ * معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵٪



شکل ۵. روند تغییرات متغیرهای هیدرواقليمی بر اساس آزمون گرافیکی من- کندال طی دوره آماری مورد بررسی در ایستگاه نمونه برنطین میناب

۶) در این مطالعه ابتدا نقشه‌های استخراج شده توسط ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۴). براساس

تغییرات کاربری اراضی

نقشه‌های کاربری زمینی حاصل از تصاویر لندست^۱ در سه دوره زمانی ۱۳۷۰، ۱۳۸۴، ۱۴۰۰ تهیه گردید (شکل

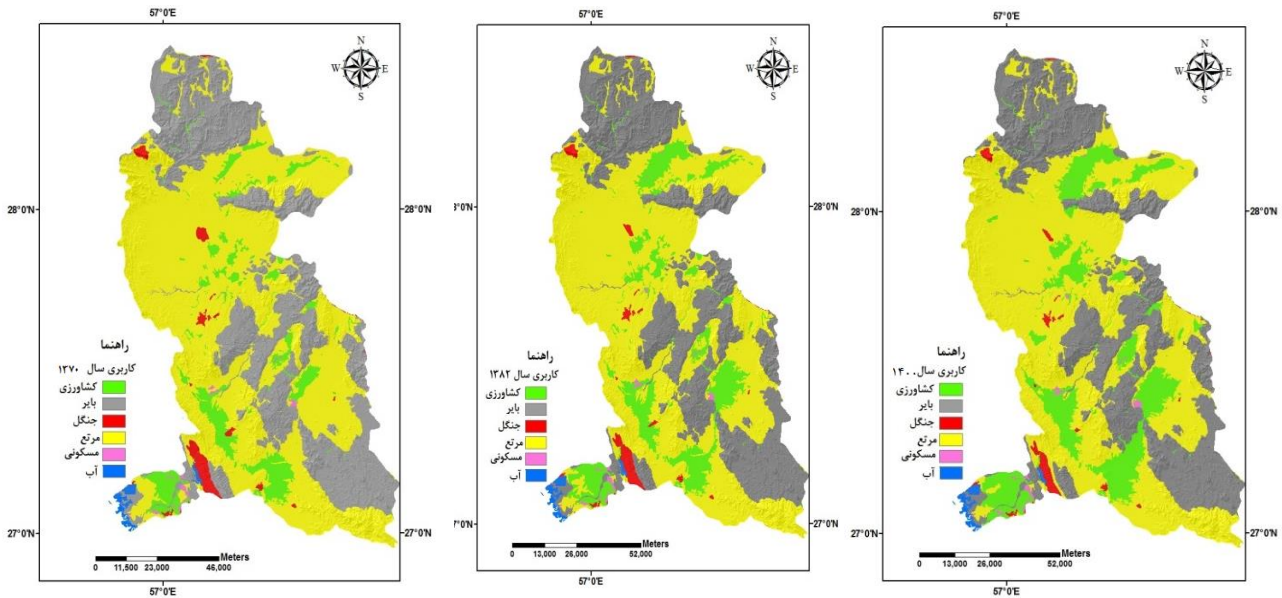
^۱ Landsat

عوامل انسانی شامل استخراج از آبهای زیرزمینی، احداث سد و انتقال آب بین حوضه‌ای

رودخانه میناب رودخانه اصلی و پرآب بالادست دشت میناب محسوب می‌شود که حاوی رسوبات بستر درشت‌دانه و قابل نفوذ است، بخش زیادی از آب‌های سطحی که از این رودخانه می‌گذرد به تغذیه سفره منتهی می‌شود. با ساخت سد و بهره‌برداری، حجم زیادی از رواناب‌ها به دشت نرسیده است.

نتایج ضریب کاپا، نقشه‌های تولیدشده دارای دقت قابل قبولی است.

تغییرات انواع طبقه‌های کاربری طی سه دوره مورد بررسی در (جدول ۵) ارائه شد. براساس نتایج، اراضی مرتعی از ۶۱۷۰ به ۵۴۵۳Km² یعنی ۲۲٪ کاهش یافته و اراضی کشاورزی فاریاب از ۵۵۸ به ۱۲۴۲Km² برابر با ۲/۲ برابری افزایش و اراضی مسکونی نیز از ۱۷ به ۴۹Km² یعنی ۲/۸ برابر افزایش یافته است.



شکل ۶. نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۷۰ (الف)، ۱۳۸۴ (ب) و ۱۴۰۰ (پ)

جدول ۴. دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سه دوره‌ی زمانی

سال	ضریب کاپا	درصد دقت کلی
۱۹۹۰	۸۶	۷۸
۲۰۰۵	۷۴	۹۰
۲۰۲۱	۸۹	۷۵

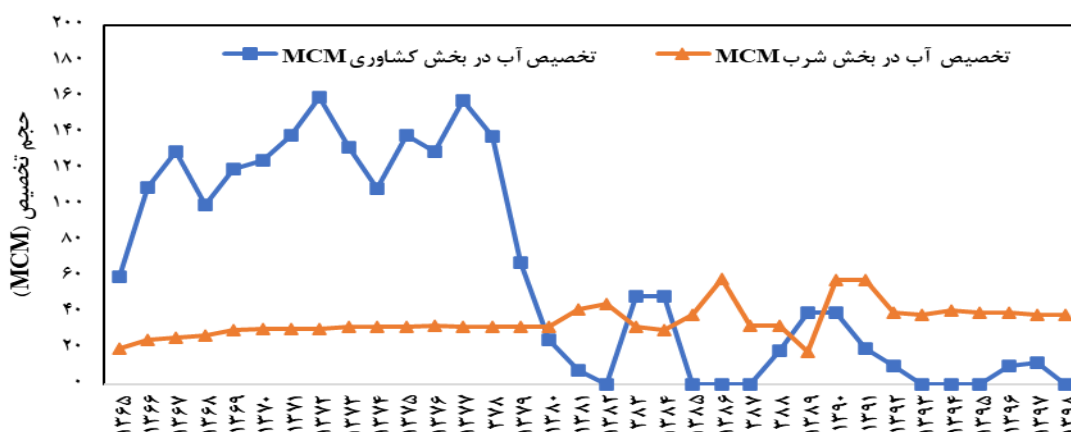
جدول ۵. مساحت طبقه‌های طبقه‌بندی شده در سه دوره‌ی زمانی مورد بررسی

طبقه	مساحت طبقات برحسب Km ²		
	۱۹۹۰	۲۰۰۵	۲۰۲۱
سنگی	۳۴۷۵/۲۷۹	۳۴۷۵/۲۹۳	۳۴۷۵/۳۱۶
آبی (سطح دریاچه)	۱۲/۵۰۴	۱۲/۵۱۴	۱۲/۵۱۵
کشاورزی	۵۵۸/۰۳۴	۷۷۴/۵۱۲	۱۲۴۲/۳۷۴
شهری	۱۷/۰۷۳	۳۱/۷۵۹	۴۹/۷۰۸
مرتع-بیشه‌زار-جنگل	۶۱۷۰/۳۶۴	۵۹۳۹/۲۱۲	۵۴۵۳/۳۷۵

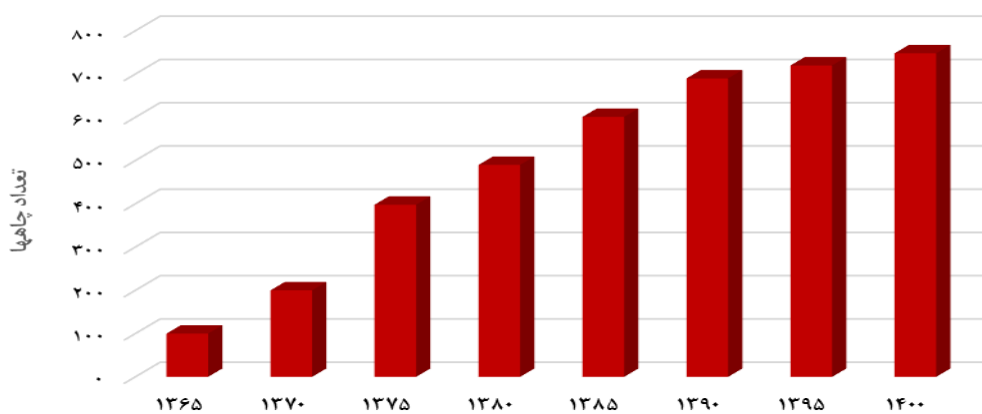
دشت میناب مورد بررسی قرار گرفته است. براین اساس، طی سه دهه گذشته آمار متغیرهای هیدرومتئورولوژیک، آمار برداشت از چاه‌ها و تغییرات کاربری اراضی تهیه و تغییرات آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی تغییرات تراز سفره در دشت میناب نشان داد، طی سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹، از تراز ۰/۸ به ۱۰/۹۹ کاهش یافته، که بطور متوسط ۱۰/۱۹m افت را تجربه نموده است. این دشت طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۹ دارای تغییرات بسیار ناچیز و از سال ۱۳۸۰ تاکنون شیب تند کاهشی را طی نموده است، بطوری که بطور متوسط سالانه، ۰/۴۴۹m کاهش تراز داشته است. نتایج بذرافشان و همکاران (۱۰) افت ۶m را تا سال ۱۳۸۱ ارائه کرده است. بررسی نقطه جهش با آزمون پتیت، سال ۱۳۸۱ را بعنوان نقطه عطف تغییرات ناگهانی در تراز سفره را تأیید می‌نماید. بررسی تغییرات تراز ماهانه سفره نیز تأیید کننده همین نتایج است.

براساس هدف طرح‌ریزی شده برای احداث سد میناب، مقرر بود تا سالانه حجمی از آب به بخش کشاورزی و شرب تعلق گیرد. اما بر اساس اطلاعات موجود که در (شکل ۷) ارائه شده است، در دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷، مقدار آب تخصیص یافته کشاورزی بطور متوسط از ۱۰۲MCM در پنج سال اول به ۱۵/۸ MCM طی پنج سال دوم کاهش یافته است (شکل ۷) که این کاهش تخصیص یعنی ۹۰MCM از طریق استخراج بیشتر و توسعه چاه‌ها و افزایش استخراج از آبخوان میناب برداشت می‌شود. همچنین مقدار مصرف آب در بخش خانگی از سد میناب نیز از مقدار ۲۹MCM به ۲۰ MCM کاهش داشته است (شکل ۷).

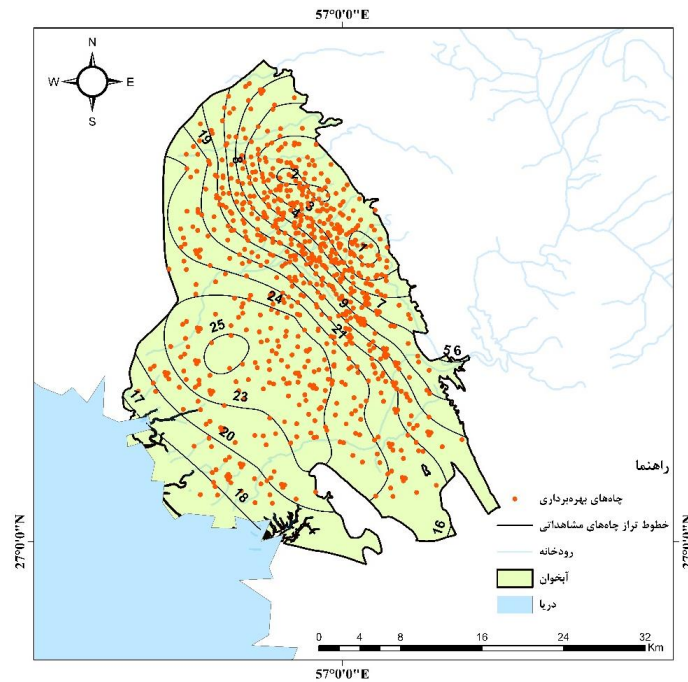
تغییرات تعداد چاه‌های حفرشده طی دوره ۳۵ سال گذشته در میناب در شکل ۸، ارائه شد. براساس نتایج، تعداد چاه‌ها از حدود ۱۰۰ حلقه به ۷۹۶ چاه افزایش داشته است. پژوهش حاضر با هدف تحلیل روند متغیرهای هیدرواقليمی و بررسی عوامل انسانی، دلایل افت تراز سفره آب زیرزمینی



شکل ۷. تغییرات مقدار آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی و شرب از سد میناب طی سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷



شکل ۸. تغییرات تعداد چاه‌های بهره‌برداری مجاز در دشت میناب



شکل ۹. تراکم چاه‌های بهره‌برداری در دشت میناب

است که نشان‌دهنده روند رو به افزایش متغیر دما و کاهش متغیر بارش خواهد بود. لذا یکی از دلایل کاهش سطح آب زیرزمینی در خصوص متغیرهای هیدرواقليمی، علاوه بر افزایش پمپاژ، کاهش تغذیه آبخوان از طریق کاهش بارندگی، افزایش دما و تبخیر و کاهش نفوذ آب از رودخانه میناب به‌ویژه پس از بهره‌برداری از سد استقلال میناب از سال ۱۳۶۳ است. با توجه به روند کاهشی جریان رودخانه و کاهش جریان‌های ورودی از ارتفاعات حوزه آبخیز بالادست و در نتیجه نفوذ رواناب‌ها کاهش یافته است. نفوذ رواناب، سالانه ۲۲٪ تغذیه آبخوان را تامین می‌نماید. بر اساس گزارش بیلان آب منطقه مطالعاتی میناب (آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۹۹)، مقدار تغذیه آبخوان ناشی از نفوذ رواناب رودخانه، سالانه ۱۲/۷۷ MCM است که معادل ۲۲٪ از کل تغذیه آبخوان است. با احداث و بهره‌برداری سد میناب در سال ۱۳۶۳ این حجم از نفوذ به سفره کاهش یافته و میزان آب ورودی به سفره به شدت کاهش یافته است. قابل ذکر است که بخش قابل توجهی از آب این سد به بخش کشاورزی اختصاص یافته بود.

از طرفی، براساس آمار موجود از سال ۱۳۶۵ تاکنون تعداد چاه‌های بهره‌برداری در سطح دشت ۷ برابر شده است. بطوری‌که تعداد ۷۹۶ چاه بهره‌برداری مجاز در سطح دشت حفر شده است که ۴۵۷ حلقه آن فاقد دبی هستند. ۳۳۹

نتایج محققان (۲۸)، در بررسی تفضیلی تغییرات تراز چاه‌های نمونه‌برداری در بخش‌های شمالی، جنوبی، شرقی و غربی دشت میناب گزارش دادند، نقطه شکست در اکثر چاه‌های بخش شرقی و جنوبی دشت سال ۱۳۸۱ و در سایر نقاط سال ۱۳۸۳ است. ایشان آسیب‌پذیرترین نقاط دشت را بخش‌های شرقی و جنوبی معرفی کرد. براساس نقشه پراکنش چاه‌های بهره‌برداری ارائه شده در پژوهش حاضر (شکل ۹)، بیشترین تراکم چاه‌های بهره‌برداری در همین نقاط توسعه یافته است. همچنین همانطور که پیشتر اعلام شد، حفر ۱۶ حلقه چاه در همین منطقه برای هدف تأمین آب‌شرب بندرعباس و میناب با دبی تخلیه ۱۲۰۰ lit/s در سال ۱۳۸۱ فشار مضاعف بر سفره وارد نموده است.

در بررسی عوامل هیدرواقليمی مؤثر بر آبخوان نتایج نشان داد، دما در حال افزایش، بارش و رواناب در حال کاهش و تبخیر در حال افزایش است، اگرچه در برخی از نقاط حوضه مشرف بر دشت، روند معنی‌داری از نظر آماری دیده نشد، اما تغییرات متغیرهای اقلیمی در برخی ایستگاه‌ها، مشهود است. نتایج محققین در حوضه‌های آبخیز جنوب ایران (۲۹)، در استان هرمزگان (۳۳،۱۴) و در کل ایران (۳۱) نیز تأیید کننده نتایج این تحقیق است. براساس نتایج بذرافشان و همکاران (۱۰)، روند شدت خشکسالی در مقیاس‌های زمانی بلندمدت در میناب دارای روند افزایشی

مورد بررسی سطح آبخوان $10/19m$ افت داشته است، نقطه عطف این تغییرات از سال ۱۳۸۱ آغاز شده است، بطوری که سالانه بطور متوسط $0/449m$ افت را تجربه کرده است. در سال مذکور بیش از ۱۶ چاه عمیق برای انتقال آب و تامین آب شرب شهر بندرعباس و میناب حفر شده است که روزانه بیش از 1200 lit/s دبی استخراج می‌کند. یکی از معضلات حال حاضر بسیاری از حوزه‌های آبخیز و دشت‌ها در کشور، انتقال فیزیکی آب است که سبب مشکلات جدی برای حوضه مبدأ شده است. همچنین لازم به ذکر است، احداث سد میناب در بالادست دشت و انتقال آب آن به شهر بندرعباس، سبب کاهش تغذیه آبخوان، کاهش سهم بخش کشاورزی و شرب (حدود ۱۱۰ میلیون مترمکعب) در دشت شده است.

علاوه بر آن بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دوره‌های مورد بررسی حاکی از افزایش $2/2$ برابری اراضی کشاورزی فاریاب، افزایش $2/8$ برابری اراضی مسکونی و کاهش 22% اراضی مرتعی شده است. بی شک، افزایش هفت برابری تعداد چاه‌ها در دوره مورد بررسی متأثر از افزایش اراضی کشاورزی و مسکونی و افزایش جمعیت منطقه است.

عوامل هیدرواقليمی شامل بارش و رواناب دارای روند نزولی و دما و تبخیر-تعرق پتانسیل دارای روند صعودی است که عموماً این تغییرات از دهه ۱۳۸۰ آغاز شده است. اگرچه تغییرات بارش در دشت و حوضه مشرف بر دشت از نظر آماری معنی‌دار نیست، اما نمود این کاهش در کاهش رواناب‌های سطحی، کاهش جریان‌های ورودی از ارتفاعات حوزه آبخیز بالادست و در نتیجه نفوذ رواناب‌ها برای تغذیه آبخوان نمایان شده است.

لذا در جمع‌بندی می‌توان ادعان نمود، در بررسی عوامل طبیعی کاهش بارش و رواناب و افزایش دما و در عوامل غیرطبیعی احداث سد، افزایش تخصیص آبخوان برای مصارف کشاورزی و بخش خانگی و صنعت، انتقال فیزیکی آب از حوضه مبدأ به مقصد بصورت بین‌حوضه‌ای، افزایش سطح اراضی کشاورزی و مسکونی موجب فشار مضاعف بر سفره آب زیرزمینی دشت میناب و در نتیجه افت شدید در تراز آب‌های زیرزمینی دشت میناب شده است. پیشنهاد می‌گردد، از رویکردهای کمی‌سازی برای بررسی سهم هر

حلقه باقیمانده برای بخش کشاورزی، شرب و صنعت مصرف می‌شود که متوسط دبی تخلیه آنها 4 lit/s است. شکل ۹ توزیع چاه‌ها را در سطح دشت نشان می‌دهد. همچنین، از سال ۱۳۸۱ تاکنون ۱۶ حلقه چاه در بستر رودخانه میناب برای تامین آب شرب شهر بندرعباس (انتقال آب بین حوضه‌ای) در شرق و جنوب دشت حفر شده است و روزانه 1200 lit/s آب منتقل می‌شود. عوامل فوق از جمله احداث سد، افزایش تخصیص آبخوان برای مصارف کشاورزی و بخش خانگی (انتقال آب)، موجب فشار مضاعف بر سفره آب زیرزمینی دشت میناب و در نتیجه کاهش تجمعی در سطح آب‌های زیرزمینی شده است.

تغییرات کاربری اراضی در دشت میناب حاکی از آن است که، اراضی مرتعی طی سه دهه گذشته 22% کاهش، اراضی کشاورزی 220% افزایش و اراضی شهری و مسکونی 280% افزایش داشته است. کل اراضی کشاورزی در سطح دشت میناب فاریاب بوده و از آب آبیاری استفاده می‌شود. افزایش $2/2$ برابری سطح زیرکشت اراضی کشاورزی قطعاً می‌تواند فشار مضاعفی بر سفره وارد سازد. از طرفی تغییرات کاربری مرتع به سایر کاربری‌ها مثل کشاورزی، مسکونی یا اراضی رها شده می‌تواند میزان نفوذپذیری رواناب‌های سطحی را نیز کاهش دهد. نتایج تغییرات کاربری اراضی در حوضه مورد بررسی نشان داد (۸)، تغییرات گسترده مراتع سبب تغییر وضعیت آنها از خوب و متوسط به فقیر و افزایش اراضی کشاورزی موجب کاهش قابل ملاحظه جریان پایه در رودخانه میناب شده و آن را از وضعیت نیمه‌دائمی به فصلی تغییر داده است. همچنین نتایج محققان در ماهیدشت کرمانشاه (۱۳) و در دشت داراب (۵) در بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر کاهش تراز سفره آب زیرزمینی نشان دادند، از مهم‌ترین دلایل افت در دشت‌های نامبرده، تغییر زمین‌های کشت دیم به فاریاب در این مناطق و افزایش سطح زیرکشت زمین‌های کشاورزی است.

■ نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل انسانی و طبیعی بر افت سفره در دشت میناب طی دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹ صورت پذیرفت. براساس نتایج بدست آمده طی دوره

زمین‌های کشاورزی، اجرای طرح‌های تغذیه آبخوان در دشت پیشنهاد می‌شود.

■ سپاسگزاری

بدین وسیله از شرکت آب منطقه‌ای هرمزگان، به واسطه در اختیار قرار دادن داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق کمال سپاس را داریم.

یک از عوامل مؤثر بر افت آبخوان استفاده گردد. در پایان به‌منظور بهبود وضعیت آبخوان: جلوگیری از تعمیق و تغییر چاه‌های موجود، نظارت بر میزان مصرف چاه‌های کشاورزی، مدیریت و کاهش انتقال فیزیکی آب برای بخش شرب با تاکید بر توسعه آب شیرین‌کن‌ها در بندرعباس، مدیریت منابع آب بر پایه ردپای آب محصولات کشاورزی برای مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی، پایش تغییرات کاربری اراضی برای جلوگیری از توسعه بی‌رویه و بی‌برنامه

■ References

- Ahmadi, S.H., & Sedghamiz, A. (2007). Geostatistical analysis of spatial and temporal variations of groundwater level. *Environment and Monitoring Assessment*, 129, 277-294. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9361-z>
- Ahrari Roudi, M. (2018). Assessment the effects of drought on groundwater quantity and quality of Sistan and Baluchistan Province. *New Finding in Applied Geology*, 12(23), 104-113. DOI: 10.22092/NFAG.2018.1325044.1327 [In Persian]
- Akbari, M., Jarge, M.R. & Madani Sadat, H. (2009). Assessment of decreasing of groundwater-table using Geographic Information System (GIS) (Case study: Mashhad Plain Aquifer). *Water and Soil Conservation*, 16(4), 63-78. DOI: 20.1001.1.23222069.1388.16.4.4.0 [In Persian]
- Alimohammadi, A., Mousivand, A.J., & Shayan, S. (2010). Prediction of landuse and landcover changes by using multi-temporal satellite imagery and Markov-chain. *Spatial Planning (Modarres Human Science)*, 14(3), 117-130. DOI: 10.22092/WMEJ.2019.128009.1267 [In Persian]
- Asadi Zarch, M. A., Jamnezhad, F., Ekhtesasi, M. R., & Hoseini, S. Z. (2020). Investigating the effects of drought and land-use changes on quantity and quality of groundwater resources: a case Study of Darab plain. *Desert Ecosystem Engineering*, 9(28), 89-102. DOI: <http://doi.org/10.22052/DEEJ.2020.9.28.59> [In Persian]
- Azhdari, A., & Kazemi Seghale, H. R. (2018). Determination of microbial contamination in traditional and pasteurized butter samples, marketed in Birjand city. *Food Hygiene*, 8(1), 39-48. [In Persian]
- Azimi Sardari, M. R., Bazrafshan, O., Panagopoulos, T., & Sardooi, E. R. (2019). Modeling the impact of climate change and land use change scenarios on soil erosion at the Minab Dam Watershed. *Sustainability*, 11(12), 3353. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11123353>
- Barkhordari, J., and Khosroushahi, M. (2008) Investigation of effects of land cover and climate change on river flow (Case study: Minab watershed), *Pajouhesh & Sazandegi*, 77, 191-199. [In Persian].
- Bazrafshan, O., Mahmudzadeh, F., & Bazrafshan, J. (2017). Evaluation of temporal trends of the drought indices SPI and SPEI in the Southern Coast of Iran. *Desert Management*, 4(8), 54-69. DOI: <https://doi.org/10.22034/jdmal.2017.24662> [In Persian]
- Bazrafshan, O., Parandin, F., & Farokhzadeh, B. (2016). Assessment of hydro-meteorological drought effects on groundwater resources in Hormozgan region-South of Iran. *Ecopersia*, 4(4), 1569-1584. DOI: <https://doi.org/10.3321/ep14040564>
- Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, 37(1), 35-46. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)

12. Doll, P., H. Muller Schmied, C. Schuh, F. T. Portmann, and A. Eicker (2014), Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites, *Water Resource Research*, 50, 5698–5720. DOI: <https://doi.org/10.1002/2014wr015595>
13. Emadodin, S., Shadieemajd, N., & Arekhi, S. (2020). Analysis of the impact of land use change on groundwater level drop) Case study: Mahidasht, Kermanshah province). *Natural Environmental Hazards*, 9(25), 125-142. DOI: <http://doi.org/10.22111/JNEH.2020.31698.1565>
14. Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivand, H., & Barati, A. (2021). Simulation of future spatial and temporal changes in land uses and cover in arid areas (Case study: Minab plain). *Iranian Range and Desert Research*, 18(66), 110-127. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.125019> [In Persian]
15. Famiglietti, J., M. Lo, S. Ho, J. Bethune, K. Anderson, T. Syed, S. Swenson, C. de Linage, & M. Rodell (2011), Satellites measure recent rates of groundwater depletion in California's central valley, *Geophysical Research Letter*, 38(3), 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010GL046442>
16. Fattahi Masrou, P., & Bazrafshan, O. (2016). Analysis of the temperature extremes changes over the past half century in southern coasts of Iran. *Extension and Development of Watershed Management*, 4(14), 17-25. [In Persian]
17. Forootan, E., Rietbroek, R. Kusche, J. Sharifi, M.A. & Awange, J.L. (2014). Separation of large-scale water storage patterns over Iran using GRACE, altimetry and hydrological data. *Remote Sensing Environment*, 140, 580-595. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.09.025>
18. Ghaedi, S., & Agah, S. (2018). Evaluation the impact of natural and human factors on the underground water level of Darab County. *Natural Environmental Hazards*, 7(16), 145-16. DOI: <https://doi.org/10.22111/jneh.2017.3198> [In Persian]
19. Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D.W., & Medina-Elizade, M. 2006. Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39), 14288-14293. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.060629110>
20. Jamour, R., Eilbeigy, M., & Morsali, M. (2019). Assessment of the land subsidence crisis and the advent of salt water in the Minab plain aquifer. *Iranian journal of Ecohydrology*, 6(1), 223-238. DOI: <https://doi.org/10.22059/ije.2019.270938.998> [In Persian]
21. Jamshidzadeh, Z. & Mirbagheri, S.A. Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan basin, central Iran. *Desalination*, 270, 23-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.10.067>
22. Joodaki, G., Wahr, J. & Swenson, S. (2014). Estimating the human contribution to groundwater depletion in the Middle East, from GRACE data, land surface models and well observations. *Water Resources Research*, 50, 2679-2692. DOI: <https://doi.org/10.1002/2013WR014633>
23. Kamaran Dastjerdi, H., Rajaei, S.A. & Mansourian, H. (2022). The Effects of urbanization on reduction of groundwater level and changes in vegetation and surface temperature in Iran's desert areas (case study: Yazd province). *International Journal of Environmental Research*, 16 (7), 1-25. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41742-021-00384-4>
24. Kazemi, M., Feiznia, S., Khosravi, H., Naji, S., & Mesbah, H. (2019). The study of Maharlu Lake area and its marginal land use changes using Landsat images. *Watershed Engineering and Management*, 11(4), 1130-1139. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.102413.1057> [In Persian]
25. Kendall, M.G. (1975). *Rank correlation methods*. Griffin, London, Scientific Research Publisher.

26. Madani, K. (2014). Water management in Iran: What is causing the looming crisis? *Environmental Studies Science*, 4, 315-328. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13412-014-0182-z>
27. Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend, *Econometrica*. 13, 245-259.
28. Mehni, M., & Bazrafshan, O. (2017). Spatiotemporal of quality and quantity of groundwater resources in the Minab plain over the 3past decades. *Extension and Development of Watershed Management*, 5(18), 51-59. [In Persian]
29. Moradi, M., Bazrafshan, O., Bahreman, A., & Esmaelpour, Y. (2018). Assessment of the relations between the trends of climatic factors and river flow in southern coastal watersheds, Iran. *Watershed Management Research Journal*, 31(2), 79-92. DOI: <https://doi.org/10.22092/wmej.2018.120263.1070> [In Persian]
30. Motaghi, M., Djamour, Y., Walter, T.R., Wetzel, H.U., Zschau, J. & Arabi, S. (2007). Land subsidence in Mashhad Valley, northeast Iran: results from InSAR, levelling and GPS. *Geophysical Journal International*, 168, 518-526. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2006.03246.x>
31. Mozaffari, E., Bazrafshan, O., Moradi, N. (2021). Spatio-temporal variability of characteristics of meteorological drought in Iran under climate change scenarios. *Desert Management*, 8(16), 153-163. DOI: <https://doi.org/10.22034/jdmal.2021.243146> [In Persian]
32. Nikbakht, R., Arokh, M., Ebrahimi, B., Miranzadeh, M. B., Rabbani, D., & Atoof, F. (2021). Investigating changes in groundwater level in Kashan plain. *International Archives of Health Sciences*, 8(4), 249-252. DOI: http://doi.org/10.4103/iahs.iahs_2_21
33. Nouro Pourdargazi, M., Bazrafshan, O., & Esmaelpour, Y. (2022). Agricultural drought monitoring using climatic, vegetation and soil moisture data in Hormozgan province. *Nivar*, 46(116), 150-164. DOI: 10.30467/nivar.2022.352541.1224 [In Persian]
34. Pettitt A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28(2),126-135. DOI: <https://doi.org/10.2307/2346729>
35. Pokhrel, Y. N., Koirala, S., Yeh, P. J. F., Hanasaki, N., Longuevergne, L., Kanae, S., & Oki, T. (2015). Incorporation of groundwater pumping in a global and surface model with the representation of human impacts. *Water Resources Research*, 51(1), 78-96. DOI: <https://doi.org/10.1002/2014WR015602>
36. Rodell, M., Velicogna, I., & Famiglietti, J. S. (2009). Satellite-based estimates of groundwater depletion in India. *Nature*, 460(7258), 999-1002. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature08238>
37. Solaimani, K. and Sadeghi, S. (2009). Detection of ground water changes using geographic information system (A Case Study; Arak Plain, Iran). *Applied Science*, 9(7), 1338-1343. DOI: <https://doi.org/10.3923/jas.2009.1338.1343>
38. Wada, Y., Van Beek, L. P., Van Kempen, C. M., Reckman, J. W., Vasak, S., & Bierkens, M. F. (2010). Global depletion of groundwater resources. *Geophysical Research Letters*, 37(20), 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010GL044571>
39. Wu, Y., Yang, G., Tian, L., Gu, X., Li, X., He, X., ... & Xiao, S. (2021). Spatiotemporal variation in groundwater level within the Manas River Basin, Northwest China: Relative impacts of natural and human factors. *Open Geosciences*, 13(1), 626-638. DOI: <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0258>
40. Zamani, T., Karimi, H., Tavakoli, M., & Alimoradi, S. (2018). Investigation the factors affecting the groundwater drawdown in Mehran Plain, Ilam. *Hydrogeology*, 2(2), 17-28. DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/hydro.2018.5422> [In Persian]