

## The impact of Land Use Change on Groundwater Level in Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan Plains

SEDIGHEH GHAFARI<sup>1\*</sup>, HAMIDREZA MORADI<sup>1</sup>, REZA MODARES<sup>2</sup>

1. Department Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2. Department Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

(Received: Feb. 17, 2019- Revised: May. 27, 2019- Accepted: June. 24, 2019)

### ABSTRACT

In the current study, the effect of land use change on groundwater level in Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan plains was investigated during 25-year period (1990-2015). To provide land use maps, firstly Landsat images of years; 1985, 1994, 2006 and 2015 were provided and then the nearest neighbor algorithm of object-oriented method was used for images processing. In addition, the zoning maps of groundwater level in annual scale were prepared using Kriging method. In order to investigate the differences of piezometric data among different plains and also the effect of land use types on groundwater level, the analysis of variance (ANOVA) test with repeated measure was used. The results showed that in Isfahan-Borkhar and Najafabad plains, the average groundwater level of rangelands had a significant difference with other land uses. In addition, investigating the interactive relationship of the land uses change percentages and the groundwater level decline showed a serious decrease in groundwater level of both Isfahan-Borkhar and Najafabad plains in the last years, in spite of reduction in agricultural land use during the study period. Furthermore, according to the obtained results, the groundwater level drawdown in Chadegan Plain as compared with two other plains was mainly affected by increasing agricultural lands.

**Keywords:** Analysis of Variance, Kriging Method, Object-Oriented Classification, Piezometric Well, Zoning Map

## اثر تغییر کاربری اراضی بر سطح آب زیرزمینی در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان

صدیقه غفاری<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا مرادی<sup>۱</sup>، رضا مدرس<sup>۲</sup>

۱. گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲. گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۸ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۳/۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۴/۳)

### چکیده

در مطالعه حاضر، اثر تغییر کاربری اراضی بر سطح آب زیرزمینی دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان در دوره زمانی ۲۵ سال (۱۹۹۰-۲۰۱۵) بررسی شد. به‌منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، ابتدا تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۵، ۱۹۹۴، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵ دریافت و سپس الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه روش شی-اگرا برای پردازش آن‌ها به‌کار برده شد. در ادامه نقشه‌های پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی در مقیاس سالانه با استفاده از روش کریجینگ تهیه شد. برای بررسی اختلاف بین داده‌های پیرومتری دشت‌های مورد مطالعه و بررسی اثر نوع کاربری اراضی بر ارتفاع آب زیرزمینی از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس به‌روش اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. نتایج نشان داد در دو دشت اصفهان-برخوار و نجف‌آباد، میانگین ارتفاع آب زیرزمینی در کاربری مرتع در مقایسه با سایر کاربری‌ها اختلاف معنی‌داری داشته است. همچنین بررسی ارتباط متقابل تغییر درصد مساحت کاربری‌های اراضی و افت آب زیرزمینی نشان داد علی‌رغم کاهش کلی سطح اراضی زراعی در طول دوره مورد مطالعه در دو دشت اصفهان-برخوار و نجف‌آباد، سطح آب زیرزمینی در سال‌های پایانی افت شدید داشته است. علاوه بر آن طبق نتایج به‌دست آمده، افت آب زیرزمینی دشت چادگان در مقایسه با دو دشت دیگر بیش‌تر متأثر از افزایش سطح اراضی زراعی بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه و تحلیل واریانس، چاه پیرومتری، روش کریجینگ، طبقه‌بندی شی-اگرا، نقشه پهنه‌بندی

### مقدمه

کاربری اراضی، عامل تغییردهنده عمده فرآیندهای هیدرولوژیکی در بین گستره‌ای از مقیاس‌های زمانی و مکانی است. روند استفاده از آب زیرزمینی در چند سال اخیر با توجه به افزایش جمعیت و تغییر نوع کاربری اراضی افزایش یافته است. کاربری اراضی می‌تواند در اثر ایجاد تغییر در عوامل هیدرولوژیکی نظیر نفوذپذیری، برگاب و تبخیر، بر تولید و تمرکز رواناب تأثیرگذار باشد و به‌این‌ترتیب باعث تغییر در شدت و فراوانی وقوع سیل شود. همچنین کاربری اراضی به‌وسیله تغییر در فرآیندهای هیدرولوژیکی مانند تغذیه آب زیرزمینی، رواناب سطحی و جریان پایه، بر ذخیره آب موجود در حوضه تأثیرگذار است (Genxu et al., 2005; Cho et al., 2009). اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن در گذر زمان، یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی و مدیریت به‌ویژه برای سازمان‌های متولی مدیریت منابع آب است. چراکه برآورد نسبت آب مصرفی و اقدامات لازم برای تأمین آن در سطح هر منطقه بدون آگاهی از نسبت کاربری‌های اراضی میسر نخواهد بود. فهرست‌برداری از منابع آب، مهار سیلاب، برآورد نیاز آبی منطقه، برنامه‌ریزی برای عرضه آب و مدیریت

تلفات آب و غیره، نیازمند آگاهی از نسبت کاربری‌های اراضی در سطح منطقه است. از سوی دیگر، ارزیابی تغییرات این کاربری‌ها در گذر زمان یکی از مهم‌ترین اقدامات در افزایش سطح آگاهی از تغییرات آب مصرفی و نیاز آبی منطقه محسوب می‌شود (Akbari and Shekarabadi, 2014). بنابراین ارزیابی و درک صحیح اثرات کاربری اراضی بر فرآیندهای هیدرولوژیکی، برای برنامه‌ریزی، مدیریت و توسعه پایدار منابع آب در حوضه آبریز ضروری است. اکثر مطالعات انجام شده در داخل کشور در رابطه با تأثیر متقابل تغییر کاربری اراضی بر آب‌های زیرزمینی، به اثرات این تغییرات بر کیفیت آب‌های زیرزمینی تأکید داشته‌اند و بخش کمی آب‌های زیرزمینی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است.

در این راستا، در مطالعه Moukana and Koike (2008)، تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش کریجینگ معمولی و از طریق برقراری همبستگی بین کاهش سطح آب زیرزمینی و تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی با مدل رگرسیون چندگانه بررسی شد. نتایج نشان داد که کاربری کشت برنج عامل اصلی در کنترل تغییرات مشاهده شده در سطح آب زیرزمینی بوده است. همچنین مشخص شد که کاهش قابل توجه

علاوه بر آن، نتایج مطالعه دیگری نشان داد که بیش‌ترین تغییر کاربری مربوط به تبدیل اراضی بایر به زراعی و هم‌چنین گسترش اراضی مسکونی بوده است. توسعه اراضی کشاورزی همراه با حداکثر افت سطح آب زیرزمینی از سه تا ۱۳ متر در طول دوره ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۱ بوده است (Ammeish *et al.*, 2016). در مطالعه Amini and Hesami (2017) نقش کاربری اراضی بر پایداری منابع آب زیرزمینی در دشت غربی کردستان بررسی شد و نتایج نشان داد که با افزایش ۱۱/۸ هکتار اراضی کشاورزی و کاهش ۲۷/۶۵۵ هکتار اراضی مرتعی، میانگین سطح آب زیرزمینی حدود ۷ متر کاهش یافته و آبخوان کاهش حجمی برابر با ۶۳/۴ میلیون مترمکعب داشته است.

در مطالعه دیگری که توسط Tam and Nga (2018) انجام شد، اثر توسعه شهری بر منابع آب زیرزمینی از نظر تغییر کاربری اراضی و افزایش تلفات آب زیرزمینی در نتیجه رشد جمعیت شهری در منطقه Hanoi در چین بررسی شد. شبیه‌سازی جریان بارش-رواناب و آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌های WetSpa و MODFLOW صورت گرفت. نتایج نشان داد که علت اصلی کاهش سطح آب زیرزمینی، افزایش تلفات آب زیرزمینی در اثر رشد جمعیت شهری است و افزایش سطح غیرقابل نفوذ در نتیجه توسعه شهرنشینی تأثیر اندکی بر کاهش تغذیه آب زیرزمینی داشته است.

سپس در مطالعه Purandara *et al.* (2018) با استفاده از مدل عددی SWIM<sup>۱</sup>، تغذیه آب زیرزمینی در پوشش‌های اراضی مختلف بررسی شد. نتایج نشان داد که تغذیه آب زیرزمینی به‌طور اساسی وابسته به الگوهای بارش و تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین بوده است. به‌نحوی که در مناطق جنگلی تغذیه آب زیرزمینی در مقایسه با اراضی زراعی و تخریب‌شده نسبتاً بالاتر است.

اخیراً، نتایج پژوهش Dong *et al.* (2019) در منطقه آتلانتیک میانی ایالات متحده نشان داد که کاهش کلی سطح آب زیرزمینی در بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ برابر با ۰/۰۶ متر در سال بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین روند کاهش سطح آب زیرزمینی به میزان ۴۸ درصد مربوط به مناطق دشت ساحلی است و بخش‌های زراعی متراکم، بیش‌ترین مساحت افت آب زیرزمینی را داشته‌اند.

پیشینه پژوهش حاضر حاکی از تأثیر بالای کاربری اراضی و تغییرات آن بر تخلیه و تغذیه آب زیرزمینی است. به‌طوری که در اکثر مطالعات انجام شده، توسعه اراضی مسکونی و تبدیل اراضی مرتعی به زراعی موجب افت سطح آب زیرزمینی شده است.

سطح آب زیرزمینی در مناطق تغذیه می‌تواند انعکاسی از تبدیل اراضی کشاورزی به مسکونی و گسترش اراضی مسکونی باشد که به دنبال آن سطوح غیرقابل نفوذ افزایش یافته است.

هم‌چنین مطالعه Choi *et al.* (2012) با هدف تحلیل زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی در ارتباط با توسعه اراضی شهری و پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در بخش Waukesha در ایالات متحده انجام شد. در این پژوهش تحلیل داده‌های برداشت آب زیرزمینی، تراز آب زیرزمینی، پوشش زمین و بارش با استفاده از تحلیل همبستگی و رگرسیون وزنی جغرافیایی، تحلیل تغییرات کاربری اراضی و هم‌پوشانی نقشه‌ها نشان داد که گسترش اراضی شهری در مناطق با پتانسیل تغذیه بالای آب زیرزمینی سریع‌تر از مناطق با پتانسیل کم یا متوسط بوده است.

در مطالعه Faramarzi *et al.* (2014) نیز ارتباط بین تغییر کاربری اراضی با افت تراز آب زیرزمینی با استفاده از آمار ۲۱ حلقه چاه در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ در دشت دهلران بررسی شد. نتایج حاکی از همبستگی مثبت بین افزایش اراضی دیم، اراضی آبی و جنگل دست-کاشت با افت سطح ایستابی است که می‌تواند به علت برداشت بیش از حد سفره‌های آب زیرزمینی و تأثیر خشک‌سالی در این منطقه باشد.

در پژوهشی دیگر بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر تخصیص منابع آب در بازه‌های میانی حوضه آبریزی واقع در شمال غربی چین صورت گرفت. نتایج نشان داد که در طی دوره مطالعاتی در حاشیه آبدی‌ها، سطح زیر کشت افزایش یافته و مقدار سطح تبخیر در نتیجه آبیاری دو برابر شده است. به‌این‌ترتیب، سطح آب زیرزمینی به‌طور پیوسته کاهش یافته و در نتیجه پوشش علفزار روی مخروط‌افکنه‌ها کاهش یافته است (Nian *et al.*, 2014).

علاوه بر آن، نتایج مطالعه Nasrollahi *et al.* (2014) در بررسی تأثیر روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین بر وضعیت منابع آب زیرزمینی در دشت گیلان غرب نشان داد با جایگزینی طبقه کاربری مرتعی با طبقات کشاورزی آبی و دیم و بایر بر میزان افت آب زیرزمینی افزوده شده است.

هم‌چنین در مطالعه دیگری اثر تغییر کاربری اراضی بر تغذیه آب زیرزمینی در منطقه‌ای در هند توسط Mishra and Kumar (2015) ارزیابی شد. در این پژوهش گسترش اراضی شهری با استفاده از داده‌های ماهواره IRS برای سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۸۰، ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ بررسی شد. نتایج بیان‌گر آن بود که افزایش اراضی مسکونی و کاهش پوشش گیاهی به‌طور مستقیم بر کاهش سطح آب زیرزمینی اثرگذار بوده است.

آب زیرزمینی (Ghafari *et al.*, 2018)، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر تغییر کاربری اراضی بر سطح آب زیرزمینی در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان برنامه‌ریزی شد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر یقیناً در برنامه‌ریزی‌های آبی بخش‌های مختلف سیاست‌گذاری استانی و کشوری قابلیت کاربرد دارد.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش، محدوده‌های مطالعاتی شامل دشت‌های اصفهان-برخوار، چادگان و نجف‌آباد واقع در حوضه آبریز زاینده-رود است. اقلیم مناطق مورد مطالعه بر اساس تقسیمات اقلیمی در سیستم Selianinov<sup>۱</sup> در دشت‌های اصفهان-برخوار و نجف‌آباد از نوع خشک و در دشت چادگان نیمه‌خشک میانه ارزیابی شده است (Hajiyani and Hajian, 2013). مشخصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در جدول (۱) نیز ارائه شده است.

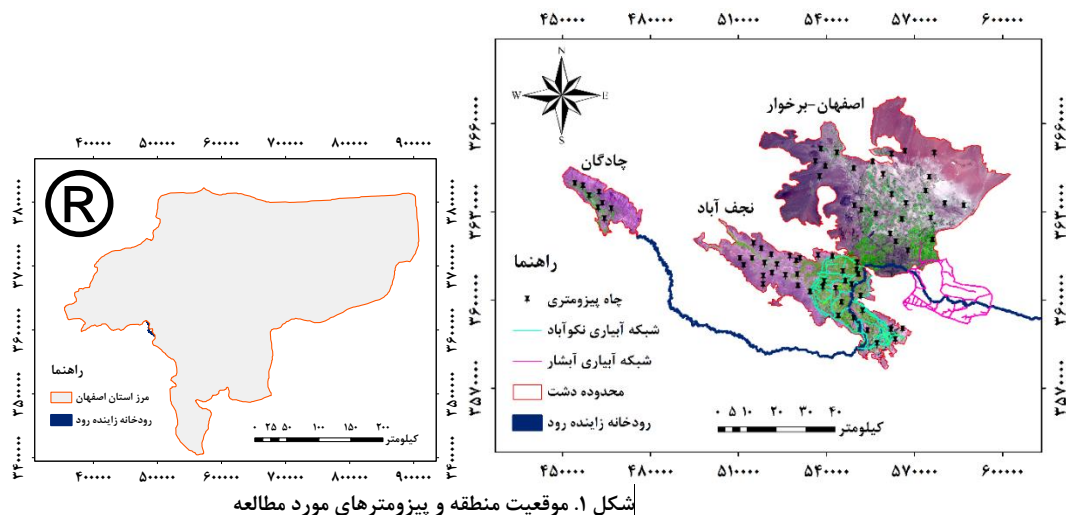
جدول ۱. مشخصات دشت‌های مورد مطالعه

دشت	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	مساحت (کیلومتر)	ارتفاع بیشینه (متر)	ارتفاع کمینه (متر)
اصفهان-برخوار	۳۳° ۳۶' ۲۲" N تا ۳۳° ۳۷' ۳۹" N	۵۱° ۵۴' ۵۱" E تا ۵۳° ۰۲' ۵۳" E	۲۴۸۱/۶۷	۲۴۶۰	۱۵۳۳
نجف‌آباد	۳۳° ۲۶' ۱۶" N تا ۳۳° ۴۷' ۱۲" N	۵۰° ۵۶' ۳۳" E تا ۵۱° ۴۳' ۵۷" E	۱۱۱۴/۶۳	۲۲۲۳	۱۵۸۳
چادگان	۳۳° ۴۴' ۴۶" N تا ۳۳° ۵۶' ۴۵" N	۵۰° ۲۷' ۴۶" E تا ۵۰° ۴۵' ۲۷" E	۲۶۱/۴۱	۲۹۱۷	۲۰۳۳

ماهان ارتفاع پیژومتری به تعداد ۲۹، ۴۰ و هشت حلقه چاه پیژومتری به ترتیب مربوط به دشت اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان (شکل ۱) در دوره آماری مشترک ۲۵ ساله (۲۰۱۵-۱۹۹۰)، تهیه شده از شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان است.

با توجه به مقوله‌های فوق‌الذکر، توجه به منابع آب زیرزمینی و ارزیابی اثر تغییر کاربری‌های اراضی مختلف بر میزان منابع آب زیرزمینی ضرورت و اهمیت ویژه‌ای دارد. از طرفی استان اصفهان یکی از استان‌های خشک در مرکز کشور است که دوسوم آب مورد نیاز آن از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. عمدتاً از این آب برای مصارف کشاورزی استفاده می‌شود. با این وجود، به‌علت خشک‌سالی‌های اخیر و کاهش آورد رودخانه زاینده‌رود تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته و این امر باعث افت سطح آب زیرزمینی در اغلب دشت‌های این حوضه شده است (Miranzadeh and Mamanpoush, 2008). در همین راستا، علی‌رغم اهمیت شناخت تغییرات سطح آب زیرزمینی و ارتباط آن با کاربری اراضی، پژوهش‌های اندکی در این استان صورت گرفته است. با توجه به عدم وجود روند معنی‌دار در کاهش یا افزایش مقدار بارش سالانه در ایستگاه‌های هواشناسی در دوره مورد مطالعه و وجود ارتباط ضعیف بین بارندگی و تغییر سطح

متوسط بارش سالانه در بین سال‌های (۱۹۸۴-۲۰۱۴) در ایستگاه سینوپتیک اصفهان و نجف‌آباد و ایستگاه تبخیرسنج سد زاینده‌رود در مجاورت دشت چادگان به ترتیب برابر با ۱۳۳/۱۴، ۱۵۷/۱۷ و ۲۳۲ میلی‌متر است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی دشت‌های مورد مطالعه و چاه‌های پیژومتری مورد استفاده را نشان می‌دهد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های



شکل ۱. موقعیت منطقه و پیژومترهای مورد مطالعه

سال ۱۹۸۵ به دلیل جابه‌جایی پیکسل‌ها با استفاده از ۳۰ نقطه کنترل با پراکنش مناسب و با خطای ۰/۲۵ پیکسل به روش تصویر به تصویر<sup>۷</sup> تصحیح شد. هم‌چنین تصحیح رادیومتریکی با استفاده از ابزار Calibration Radiometric نرم‌افزار ENVI روی تصاویر دانلود شده صورت گرفت.

#### طبقه‌بندی شیء‌گرا<sup>۸</sup>

برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، طبقات کاربری اراضی در شش طبقه اراضی زراعی، تحت آیش، مسکونی، بایر، مراتع و پهنه‌های آبی تعیین و سپس نمونه‌های تعلیمی از سطح منطقه تهیه شد. در مرحله بعد نسبت به طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش شیء‌گرا در محیط نرم‌افزار eCognition 9 اقدام شد. یکی از مهم‌ترین مراحل در تحلیل شیء‌گرای تصاویر، قطعه‌بندی<sup>۹</sup> است. در طی این فرایند شیء‌های تصویری متناسب با معیار همگنی و ناهمگنی بر اساس پارامترهای مقیاس، رنگ، شکل، ضریب نرمی و ضریب فشردگی (که مقدار آن‌ها را مفسر تعیین می‌کند) ایجاد می‌شوند.

در این طبقه‌بندی، علاوه بر ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها، ویژگی‌های هندسی آن‌ها نیز برای جداسازی مد نظر قرار می‌گیرد. طبقه‌بندی شیء‌گرا، یک طبقه‌بندی نرم است که بر اساس منطق فازی<sup>۱۰</sup> انجام می‌شود. طبقه‌بندی نرم از تابع عضویت برای ارزیابی اشیاء در طبقه‌ها استفاده می‌کند. ارزش عضویت معمولاً بین صفر و یک است که در آن یک بیان‌گر نسبت کامل برای طبقه‌هاست و صفر نیز بیان‌گر عدم احتمال مطلق است (Jensen, 1996; Baatz and Schape, 2000). پس از انجام طبقه‌بندی، مقادیر صحت کلی<sup>۱۱</sup> و ضریب کاپا<sup>۱۲</sup> به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده، استخراج شد. متداول‌ترین روش برای ارزیابی کمی صحت طبقه‌بندی، انتخاب تعدادی پیکسل از پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسه آن‌ها با نتایج طبقه‌بندی می‌باشد. معمولاً نتایج ارزیابی صحت به صورت خطا ارائه می‌شود که در این صورت انواع پارامترها و مقادیری که بیانگر صحت یا نوعی خطا در نتایج هستند از این ماتریس استخراج می‌شوند. صحت کلی، میانگینی از طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد و به صورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$O.A. = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ii}}{N} \quad (\text{رابطه ۲})$$

#### پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی

به منظور پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی در دشت‌های مورد مطالعه، ابتدا داده‌های عمق آب زیرزمینی (سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۴، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵) مورد استفاده در این پژوهش از نظر شمال بودن با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف<sup>۱</sup> مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تعیین ساختار مکانی داده‌ها و بهترین مدل قابل استفاده، نیم‌تغییرنمای<sup>۲</sup> داده‌های تراز آب زیرزمینی توسط نرم‌افزار GS+ مشخص و با در نظر گرفتن بهترین مدل برازش شده اقدام به پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی شد. در روش کریجینگ معمولی<sup>۳</sup> مقدار متغیر در هر نقطه نمونه‌برداری نشده با استفاده از یک متوسط‌گیری متحرک وزنی-خطی و بر اساس رابطه (۱) مقادیر اندازه‌گیری شده در همسایگی نقطه مورد نظر تخمین زده می‌شود.

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن  $Z(x_0)$ : مقدار تخمین زده شده متغیر در نقطه  $x$ ،  $Z(x_i)$ : مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در مکان  $x_i$  و  $\lambda_i$  وزن داده شده به مشاهده  $i$  ام است (Goovaerts, 1997).

#### تهیه نقشه کاربری اراضی

به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی در بازه زمانی ۳۰ ساله، از تصاویر خرداد سال‌های ۱۹۸۵، ۱۹۹۴، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵ ماهواره لندست استفاده شد که در این ماه پوشش گیاهی در اوج سبزیگی قرار دارد. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای دانلود شده از سایت USGS در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش

نام ماهواره	سنجنده	تاریخ تصویربرداری
Landsat 5	TM <sup>۴</sup>	۱۹۸۵/۰۵/۳۰
Landsat 5	TM	۱۹۹۴/۰۶/۰۸
Landsat 7	ETM <sup>۵</sup>	۲۰۰۶/۰۶/۱۷
Landsat 8	OLI <sup>۱</sup>	۲۰۱۵/۰۶/۰۲

با توجه به این‌که تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در ایستگاه گیرنده تصحیح می‌شوند. تصاویر زمین مرجع موجود با نقشه‌برداری جاده‌ها و رودخانه‌ها مقایسه شد و از مطابقت با عوارض مشخصی مثل جاده‌ها برای این منظور استفاده شد (Abdul-Qadir and Benni, 2010; Sharifi et al., 2013). تصویر

7- Image to Image  
8- Object-Oriented Classification  
9- Segmentation  
13- Fuzzy Logic  
11 - Overall Accuracy  
12 - Kappa Coefficient

1- Kolmogorov Smirnov Test  
2- Variogram  
3- Ordinary Kriging  
4- Thematic Mapper  
5- Enhanced Thematic Mapper Plus  
6- Operational Land Imager

در این رابطه،  $c$  تعداد طبقه‌ها و  $N$  تعداد کل پیکسل‌های معلوم و  $E_{ii}$  اعضای قطری ماتریس خطا می‌باشد.

یکی از معروف‌ترین برآوردهای میزان دقت طبقه‌بندی با استفاده از عناصر ماتریس خطا ضریب کاپا است که از رابطه (۳) به‌دست می‌آید:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن  $N$  تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی،  $X_{i+}$  مجموع عناصر سطر  $i$  ام و  $X_{+i}$  مجموع عناصر ستون  $i$  ام می‌باشند. ضریب کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به‌حالتی که یک تصویر کاملاً به‌صورت تصادفی طبقه‌بندی شود، نشان می‌دهد. این ضریب نشان‌دهنده توافق حاصل طبقه‌بندی با واقعیت زمینی است و بین صفر تا یک متغیر است. مقدار صفر برای کاپا به این معنی است که طبقه‌بندی بدون هیچ ضابطه‌ای و کاملاً تصادفی انجام شده است. ضریب کاپا این مزیت را نسبت به صحت کلی دارد که از مقادیر حاشیه‌ای (غیرقطری) ماتریس خطا نیز برای محاسبه صحت استفاده کرده و بنابراین به صحت بهتری می‌رسد (Fatemi and Rezai, 2012).

#### بررسی ارتباط بین کاربری‌ها و تغییرات تراز آب زیرزمینی

برای بررسی ارتباط بین کاربری‌ها و تغییرات تراز آب زیرزمینی از تحلیل فضایی-زمانی در محیط GIS استفاده شد. در این بخش هر کاربری به‌صورت لایه جداگانه‌ای در نرم‌افزار Arc GIS 10.2 تهیه شد. سپس با استفاده از نقشه پهنه‌بندی ارتفاع آب زیرزمینی، هر کاربری از نقشه شبکه‌ای<sup>۱</sup> پهنه‌بندی ارتفاع آب جدا شده و مقدار میانگین ارتفاع آب زیرزمینی در هر کاربری در سال مورد نظر به دست آمد. با توجه به اینکه دوره آماری مشترک داده‌های پیژومتری از سال ۱۹۹۰ بوده است فرض شد که کاربری سال ۱۹۹۰ نسبت به سال ۱۹۸۵ تغییر قابل توجهی نداشته و از کاربری‌های نقشه سال ۱۹۸۵ به‌عنوان کاربری‌های سال ۱۹۹۰ استفاده شد. در نهایت نمودار افت آب زیرزمینی در مقابل درصد تغییر مساحت کاربری اراضی در هر یک از کاربری‌ها در دشت‌های مورد مطالعه رسم شد.

#### انجام تحلیل‌های آماری

برای انجام تحلیل‌های آماری ابتدا با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، آزمون نرمال بودن بررسی شد. بر طبق قضیه حد مرکزی به دلیل حجم بالای داده‌ها، تمامی داده‌ها نرمال بوده و از

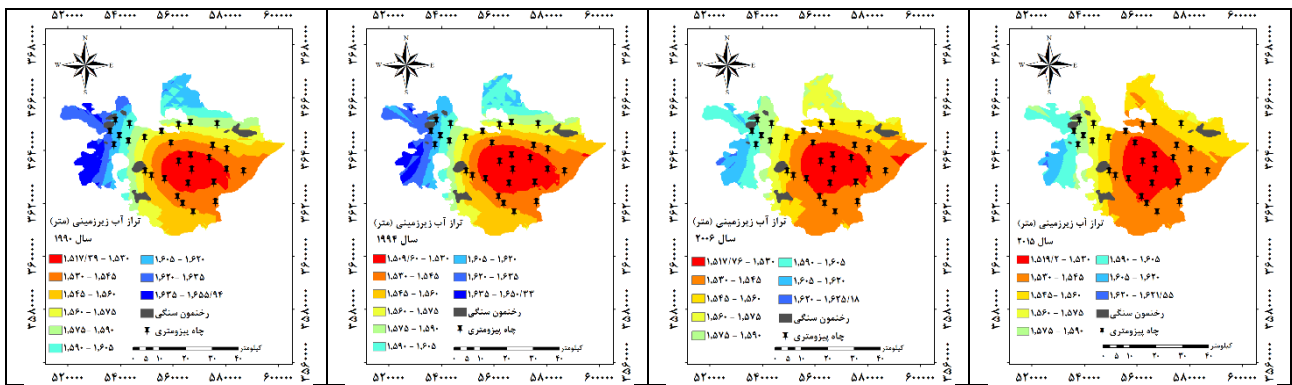
آزمون‌های پارامتری به‌منظور انجام تحلیل‌های آماری استفاده شد (Ibn Shahr Ashob and Mikaili, 2009). برای بررسی داده‌های پیژومتری و کاربری اراضی در هر دشت و همچنین به‌منظور مقایسه شرایط تراز آب زیرزمینی در دشت‌های مورد مطالعه از آزمون<sup>۳</sup> GLM و تجزیه و تحلیل واریانس<sup>۴</sup> با اندازه‌گیری مکرر و آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده شد. به‌این ترتیب که وجود اختلاف معنی‌دار از نظر میانگین ارتفاع آب زیرزمینی در پیژومترهای مورد مطالعه در هر دشت بررسی شد. به‌منظور مقایسه وجود اختلاف معنی‌دار از نظر میانگین ارتفاع آب زیرزمینی در کاربری‌های مختلف، ابتدا موقعیت کاربری چاه‌های پیژومتری در هر دشت و در طول دوره آماری مورد مطالعه بررسی شد. سپس چاه‌های مختلف بر اساس نوع کاربری به گروه‌های مختلف تقسیم‌بندی شدند و در نهایت مقایسه میانگین ارتفاع آب زیرزمینی در هر کاربری آزمون شد. همچنین به‌منظور بررسی وجود اختلاف معنی‌دار در ارتفاع آب زیرزمینی در دشت‌های مورد مطالعه، میانگین سالانه ارتفاع آب زیرزمینی در پیژومترهای هر دشت با یکدیگر مقایسه شد. تمامی تحلیل‌های آماری در محیط نرم‌افزار SPSS 21 انجام شد.

#### یافته‌ها و بحث

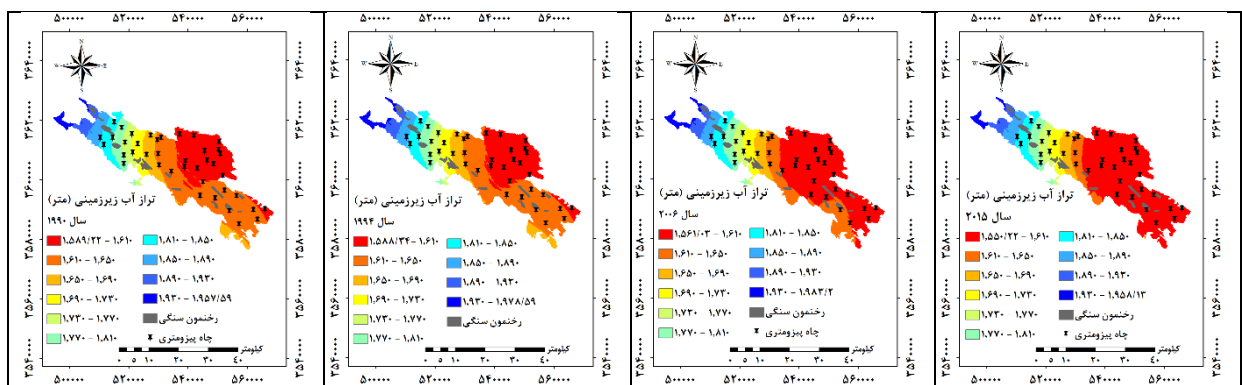
##### پهنه‌بندی ارتفاع آب زیرزمینی

پس از برازش واریوگرام و تعیین مناسب‌ترین مدل برای سال‌های مختلف، پهنه‌بندی ارتفاع سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل گوسی<sup>۴</sup> روش درون‌یابی کریجینگ معمولی برای سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۴، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵ انجام شد که در شکل‌های (۲ تا ۴) ارائه شده است.

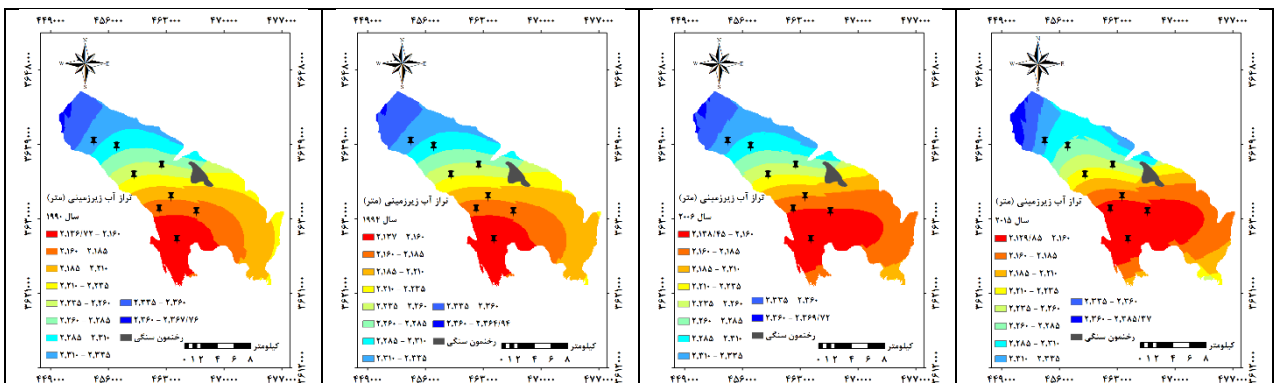
بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی سطح آب زیرزمینی (شکل‌های ۲ تا ۴) نشان داد که به‌طور کلی در همه دشت‌های مورد مطالعه، جهت جریان آب زیرزمینی از سمت شمال و شمال غرب به سمت جنوب و جنوب شرق است که عمدتاً به‌دلیل تبعیت از توپوگرافی منطقه و گرادیان شیب است. در دشت اصفهان-برخوار به‌دلیل برداشت بیش از حد، نیز جهت جریانی از سمت جنوب و از مناطقی که از شبکه زاینده‌رود استفاده می‌کنند به سمت مرکز دشت به‌وجود آمده است (Ghafari et al., 2018). بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی هم‌چنین نشان می‌دهد که میزان افت در نزدیکی شبکه‌های آبرسانی و رودخانه زاینده‌رود شدت بیشتری داشته است که این نتایج با نتایج Kolahdoozan et al. (2015) در بررسی تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد مطابقت دارد.



شکل ۲. نقشه پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی دشت اصفهان-برخوار در مقیاس سالانه



شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد در مقیاس سالانه



شکل ۴. نقشه پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی دشت چادگان در مقیاس سالانه

برای مثال (Rahmati *et al.*, 2014; De Brito Neto *et al.*, 2016) در دشت پکن چین (Zhou *et al.*, 2016)، گزارش کردند که مقدار آب زیرزمینی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ به میزان ۸/۴۱ متر کاهش یافته است. هم‌چنین در مطالعه (Rostamzadeh *et al.*, 2015)، تأکید بر کاهش سطح آب زیرزمینی دشت اردبیل در طول سال-های ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۱ داشتند که غالباً ناشی از برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی بوده است.

#### نقشه‌های کاربری اراضی

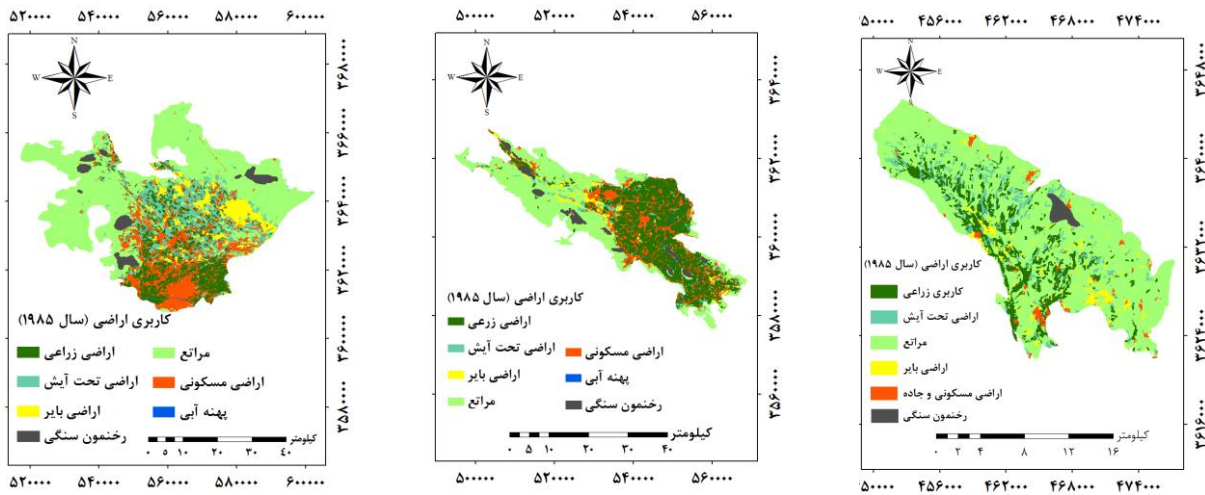
برای طبقه‌بندی شیء‌گرایی تصویر، در ابتدا مقادیر مختلفی برای پارامترهای مقیاس، رنگ، فشردگی و شکل برای هر یک از تصاویر،

به‌طور کلی براساس نقشه‌های پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی، مقادیر آب زیرزمینی در سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۴، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵ برابر با ۱۵۵۴/۵۲، ۱۵۶۴/۶۶، ۱۵۶۹/۰۱ و ۱۵۵۱/۰۹ متر در دشت اصفهان-برخوار، برابر با ۱۶۷۵/۸۷، ۱۶۷۷/۴۵، ۲۲۳۰/۴۱، ۲۲۳۰/۸۷، ۲۲۲۳/۰۸ و ۲۲۱۷/۴۳ متر در دشت نجف‌آباد و برابر چادگان به‌دست آمد. این مقادیر نیز حاکی از روند کاهشی سطح آب زیرزمینی طی دوره ۲۵ ساله مطالعاتی است. مطالعات مختلفی در نقاط مختلف جهان نیز بیان‌گر کاهش سطح آب زیرزمینی بوده است (Akbari *et al.*, 2009; Yadav *et al.*, 2012; )

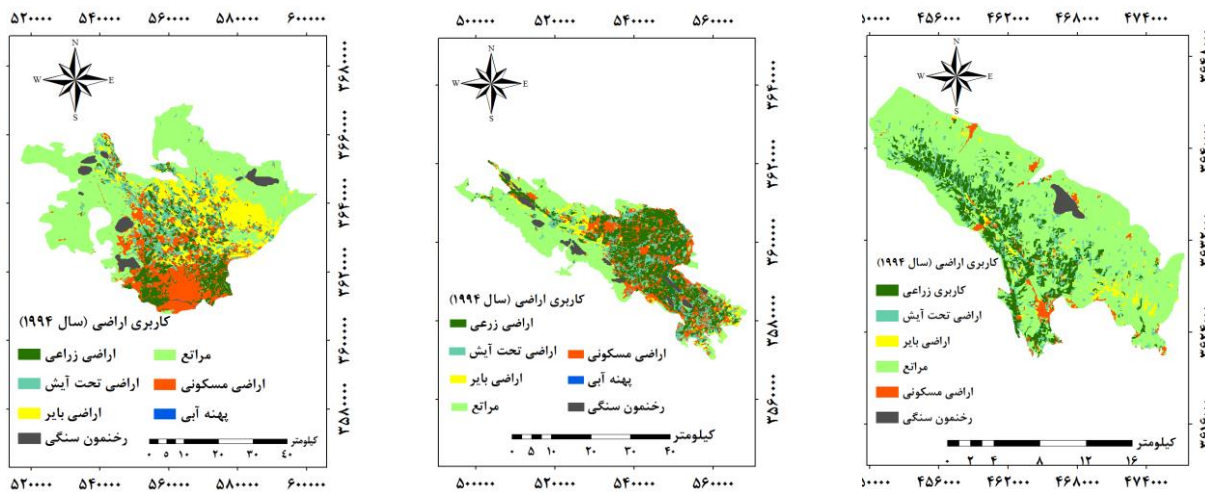


شده برای سال‌های ۱۹۸۵، ۱۹۹۴، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵ در سه دشت مورد مطالعه به ترتیب در شکل (۵ تا ۸) ارائه شده است.

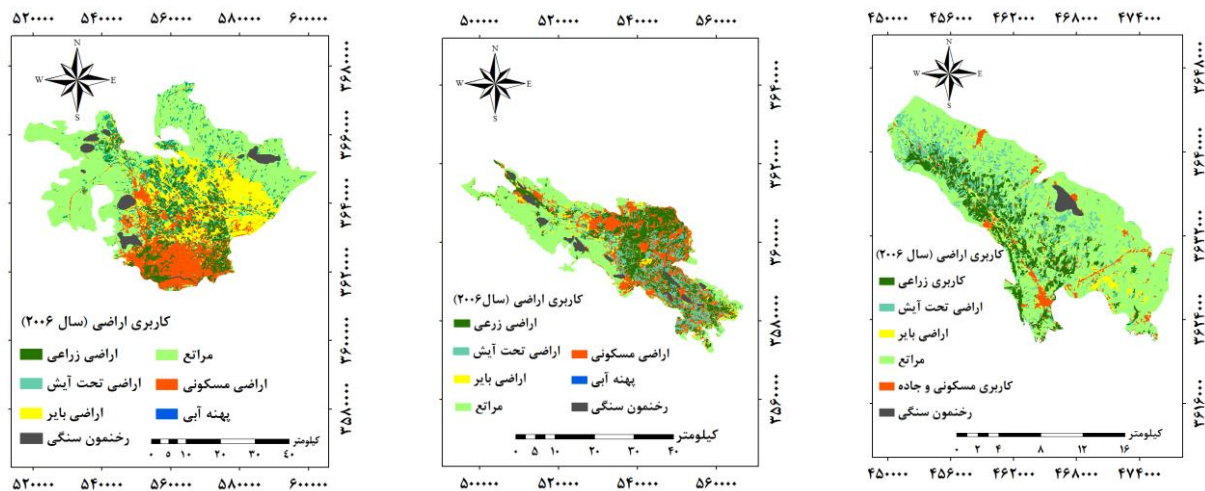
انتخاب شد و طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه صورت گرفت. نقشه‌های کاربری اراضی تهیه



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۵ در دشت‌های مورد مطالعه

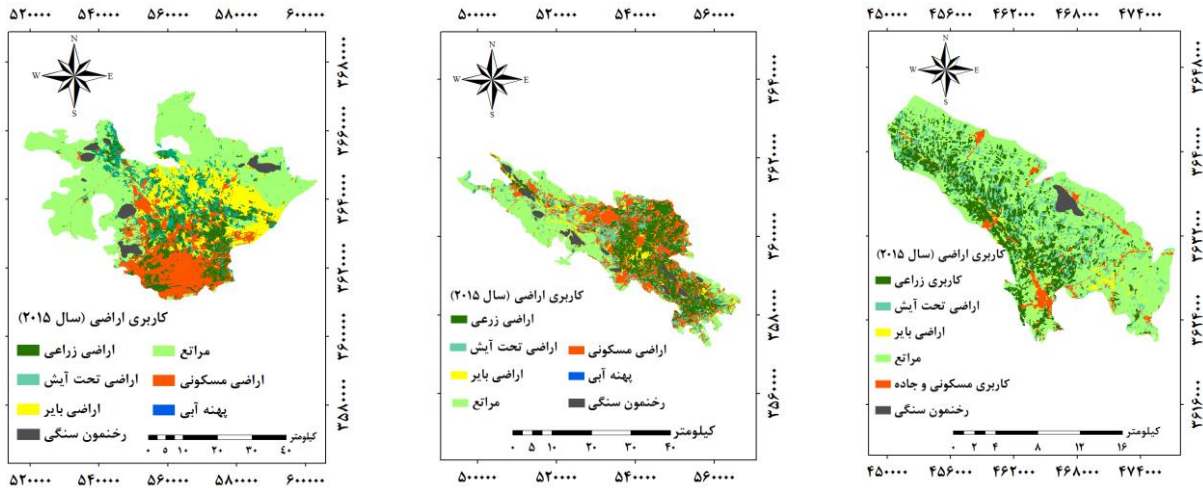


شکل ۶. نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۴ در دشت‌های مورد مطالعه



شکل ۷. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۶ در دشت‌های مورد مطالعه





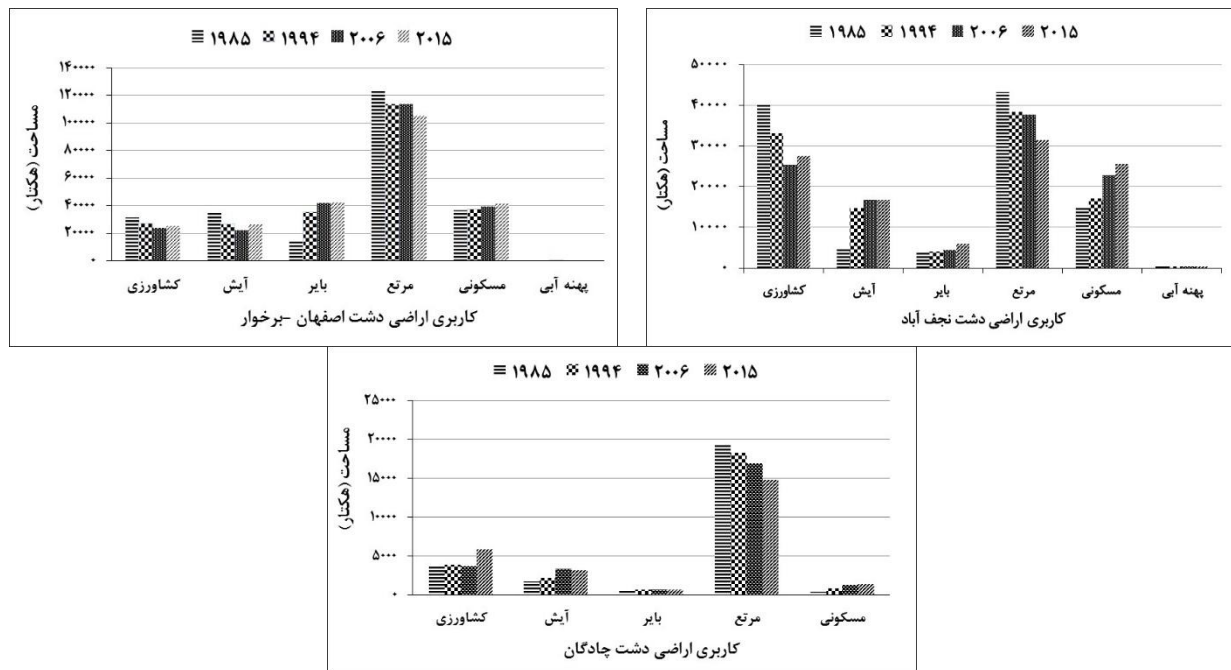
شکل ۸. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ در دشت‌های مورد مطالعه

جدول ۳. نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری اراضی

سال	دشت اصفهان-برخوار		دشت نجف‌آباد		دشت چادگان	
	صحت کلی	ضریب کاپا	صحت کلی	ضریب کاپا	صحت کلی	ضریب کاپا
۱۹۸۵	۹۰/۰۳	۰/۸۷	۹۵/۸	۰/۹۴	۹۱/۴	۰/۸۴
۱۹۹۴	۹۷/۶۹	۰/۹۶	۹۳/۴	۰/۸۸	۹۲/۸	۰/۸۸
۲۰۰۶	۹۵/۶۸	۰/۹۴	۹۵/۴۸	۰/۹۴	۹۱/۳۱	۰/۸۷
۲۰۱۵	۹۵/۱۷	۰/۹۳	۹۲/۰۲	۰/۸۹	۹۵/۰۶	۰/۹۲

هم‌چنین نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی در جدول (۳)

ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده دقت بالای روش شیء‌گرا را در طبقه‌بندی کاربری اراضی نشان می‌دهد به‌نحوی که ضریب کاپا برای سه شدت مورد مطالعه از ۰/۸۷ تا ۰/۹۶ متغیر بوده است. در ادامه نمودار ستونی مساحت کاربری‌های اراضی در هر یک از دشت‌های مورد مطالعه در شکل (۹) ارائه شده است.



شکل ۹. مساحت کاربری اراضی با استفاده از روش شیء‌گرا در دشت‌های مورد مطالعه

داده شده است. نتایج پژوهش حاضر به‌خوبی نمایان‌گر کاهش سطح اراضی مرتعی به میزان ۷/۴۸ درصد در دشت اصفهان-برخوار، ۱۰/۹۴ درصد در دشت نجف‌آباد و ۱۷/۷۳ درصد در دشت چادگان از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ می‌باشد. هم‌چنین طی همین

همان‌گونه که از شکل (۹) استنباط می‌شود سطح کاربری اراضی مرتع در سه دشت اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان در طی سال‌های مختلف بیش‌ترین مساحت را به‌خود اختصاص داده است. هم‌چنین کم‌ترین درصد کاربری به پهنه‌های آبی اختصاص

ارتفاع آب زیرزمینی (برحسب متر) در دشت‌های مختلف به تفکیک تجزیه و تحلیل شده است.

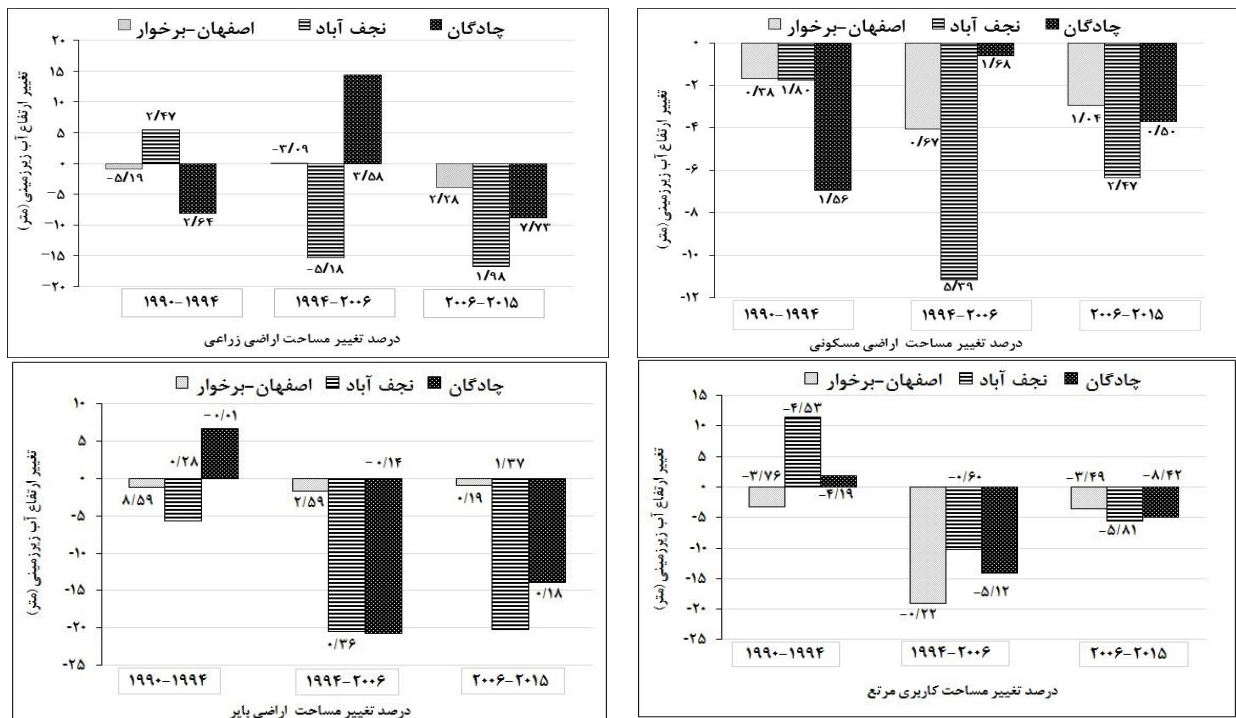
### دشت اصفهان-برخوار

همان‌طور که در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود در دشت اصفهان-برخوار، مساحت اراضی زراعی در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ به میزان ۸/۲۸ درصد کاهش یافته و از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ به میزان ۲/۲۸ درصد افزایش یافته است که در این دوره زمانی ارتفاع آب زیرزمینی افتی برابر با ۳/۸۷ متر داشته است. در کاربری مرتع در دشت اصفهان-برخوار با کاهش ۷/۴۸ درصدی مراتع در طول دوره‌های زمانی مورد مطالعه، افت آب زیرزمینی ۲۵ متر مشاهده شده است. کاربری اراضی مسکونی در بازه زمانی مورد مطالعه دو درصد افزایش یافته و آب زیرزمینی ۸/۶۸ متر افت پیدا کرده است. هم‌چنین قابل ذکر است که با افزایش ۱۱/۳۷ درصدی اراضی بایر افت آب زیرزمینی برابر با ۳/۳۷ متر در این کاربری اتفاق افتاده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در تمامی کاربری‌های اراضی در کل دوره مورد مطالعه کاهش سطح آب زیرزمینی اتفاق افتاده است. دلیل واقع این امر را می‌توان به برهم آشفتنگی هیدرولوژیکی به وجود آمده در اثر تغییر کاربری اراضی نسبت داد که با نتایج Mortezaei Frizhandi and Kohandel (2015)، برای منطقه چهارمحال و بختیاری در داخل کشور و نتایج Wang et al. (2015) برای حوضه آبریز رودخانه Heihe در کشور چین هم‌خوانی دارد.

دوره مطالعاتی میزان سطح اراضی بایر و مسکونی به‌ترتیب به میزان ۱۱/۳۷ و ۲/۰۹ درصد در دشت اصفهان-برخوار، ۲/۰۱ و ۹/۶۶ درصد در دشت نجف‌آباد و ۰/۰۳ و ۳/۷۴ درصد در دشت چادگان افزایش یافته است. در دشت اصفهان-برخوار، اراضی کشاورزی و تحت آیش به‌ترتیب به میزان ۲/۴۹ و ۳/۹ درصد کاهش یافته است. به‌نظر می‌رسد بخشی از این اراضی به‌دلیل از دست دادن توان تولید رها شده و تبدیل به اراضی بایر شده‌اند. در دشت نجف‌آباد سطح اراضی کشاورزی ۱۱/۷۸ درصد کاهش و اراضی تحت آیش ۱۱/۰۵ درصد افزایش یافته است. بنابراین اراضی دارای سابقه کشت در این دشت کاهشی برابر با ۰/۷۳ درصد داشته است. در دشت چادگان سطح اراضی کشاورزی و تحت آیش به‌ترتیب به میزان ۸/۳۱ و ۵/۶۴ درصد افزایش یافته است. در طول دوره مورد مطالعه سطح وسیعی از اراضی مرتعی در این دشت تبدیل به اراضی کشاورزی شده است. نتایج مشابهی توسط پژوهش‌گران مختلف (Ahmadi et al., 2016; Karimi and Komaki, 2015) در داخل کشور گزارش شده است. بنابراین نتایج حاضر تأکید بر اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی و سیاست‌گذاری در سطح کلان مملکتی برای جلوگیری از تخریب بیش‌تر منابع آب و خاک و نیز احیای منابع تخریب یافته دارد.

### ارتباط بین تغییر کاربری اراضی و سطح آب زیرزمینی

در این بخش همان‌گونه که در شکل ۱۰ نشان داده شده است ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی (بر حسب درصد) و تغییر



شکل ۱۰. درصد تغییر مساحت کاربری‌های مختلف در مقابل تغییر ارتفاع آب زیرزمینی در دشت‌های مورد مطالعه

(اراضی زراعی در این نمودار حاصل از تلفیق اراضی کشاورزی و تحت آیش می‌باشد. اعداد روی ستون‌ها بیان‌کننده درصد تغییر مساحت کاربری اراضی است).

## دشت نجف‌آباد

در دشت نجف‌آباد در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ با وجود افزایش سطح اراضی زراعی به میزان ۲/۴۷ درصد، ارتفاع آب زیرزمینی ۵/۴۶ متر افزایش یافته و در سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۶ با کاهش ۵/۱۸ درصدی سطح اراضی زراعی ارتفاع آب زیرزمینی بیش از ۱۵ متر افت پیدا کرده است. در سال ۲۰۱۵ با افزایش ۱/۹۸ درصد کاربری اراضی زراعی نسبت به سال ۲۰۰۶، ارتفاع آب زیرزمینی ۱۶ متر کاهش یافته است. در کاربری مرتع در دشت نجف‌آباد در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ مساحت اراضی مرتعی ۴/۵۳ درصد کاهش و ارتفاع آب زیرزمینی ۱۱/۵۱ متر افزایش یافته است. افزایش سطح آب زیرزمینی در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ در دو کاربری مرتع و زراعی را می‌توان به استفاده اصولی از منابع آب و جاری بودن رودخانه زاینده‌رود و قرار داشتن در دوره ترسالی (Otroj *et al.*, 2015) نسبت داد. مساحت کاربری مرتع در بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۵ به میزان ۶/۴۱ درصد کاهش یافته و ارتفاع آب زیرزمینی اکتی برابر با ۱۵/۸۲ متر داشته است که با نتایج مطالعه Amini and Hesami (2017) مطابقت دارد.

کاربری اراضی مسکونی در بازه زمانی مورد مطالعه نیز ۹/۶۶ درصد افزایش یافته و آب زیرزمینی ۱۹/۳۱ متر افت پیدا کرده است. که این نتیجه با یافته‌های به‌دست آمده توسط (Moukana and Koike, Bhat *et al.*, 2018) مطابقت دارد. با افزایش دو درصدی اراضی بایر افت آب زیرزمینی برابر با ۴۶/۴ متر در این کاربری اتفاق افتاده است. در مطالعه Ghafari *et al.* (2016) بررسی هیدروگراف سطح آب زیرزمینی در دشت نجف-آباد نشان داد بیش‌ترین افت سطح آب زیرزمینی در سال‌هایی اتفاق افتاده است که رودخانه زاینده‌رود خشک بوده است. نتایج مطالعه دیگری در دشت نجف‌آباد نشان داد در سال‌های اخیر خشک شدن کانال‌های تغذیه‌کننده در بخش جنوب شرق دشت نجف‌آباد موجب افت شدید تراز آب زیرزمینی شده است (Kolahdoozan *et al.*, 2015). شرایط آب زیرزمینی در این دشت به شدت تحت تأثیر تغذیه از محل رودخانه زاینده‌رود و برگشتی حاصل از آبیاری می‌باشد (Darzi *et al.*, 2007).

## دشت چادگان

در دشت چادگان در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ همگام با افزایش ۲/۶۴ درصد مساحت اراضی زراعی افت آب زیرزمینی اتفاق افتاده است. در بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۶ با افزایش مساحت کاربری اراضی زراعی ارتفاع آب زیرزمینی صورت گرفته و تا سال ۲۰۱۵ نیز سطح اراضی زراعی به مقدار ۷/۷۳

درصد نسبت به سال ۲۰۰۶ افزایش یافته که به دنبال آن ارتفاع آب زیرزمینی حدود نه متر کاهش یافته است. به‌طور کلی در طول دوره مورد مطالعه، در دشت چادگان با افزایش سطح اراضی زراعی افت آب زیرزمینی اتفاق افتاده است که با نتایج (Nasrollahi *et al.*, 2014; Kumar *et al.*, 2017) مطابقت دارد. کاربری اراضی مرتعی در بین بازه‌های زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴، ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۶ و ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ به ترتیب ۳/۴۹، ۵/۸۱ و ۸/۴۲ درصد کاهش یافته است. در کاربری اراضی مرتعی ارتفاع آب زیرزمینی از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ کاهشی برابر با ۱۹ متر داشته است. کاربری اراضی مسکونی در بازه زمانی مورد مطالعه ۳/۷۴ درصد افزایش یافته و آب زیرزمینی ۱۱/۲۵ متر افت پیدا کرده است. در دشت چادگان مساحت اراضی بایر افزایش ناچیزی داشته است. ارتفاع آب زیرزمینی در کاربری بایر از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۵ با افت ۳۴/۶۱ متری مواجه شده است. در راستای نتایج پژوهش حاضر، مطالعه دیگری (Chen, 2002; Cho *et al.*, 2009) نیز به برهم آشفتنگی کمیت منابع آب زیرزمینی در اثر تغییر کاربری اراضی به‌ویژه اراضی شهری اشاره داشته‌اند.

## تحلیل‌های آماری

### بررسی داده‌های پیرومتری در دشت‌های مورد مطالعه

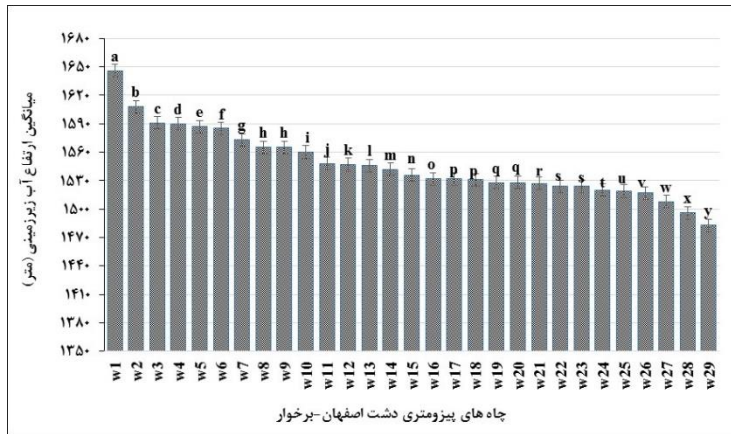
به‌منظور بررسی وجود اختلاف معنی‌دار از نظر میانگین ارتفاع آب زیرزمینی در پیرومترهای مورد مطالعه در هر دشت از آزمون GLM استفاده شد. نتایج آزمون GLM و تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که تأثیر سال، ماه و چاه بر تراز آب زیرزمینی در تمامی دشت‌های مورد مطالعه معنی‌دار بوده است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بین چاه‌های مختلف از نظر سطح آب زیرزمینی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین در ماه‌های مختلف میانگین سطح آب زیرزمینی اختلاف معنی‌داری داشته است که نتایج آن‌ها در جدول (۴) ارائه شده است.

این آزمون اطلاعات مشخصی درباره اینکه این اختلاف معنی‌دار بین کدام چاه‌ها و ماه‌ها مشاهده شده است به دست نمی‌دهد. بنابراین از آزمون دانکن برای این منظور استفاده شد که نتایج آن در شکل (۱۱) ارائه شده است. هم‌چنین شکل (۱۲) متوسط تراز آب زیرزمینی را در دشت اصفهان-برخوار و در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد.

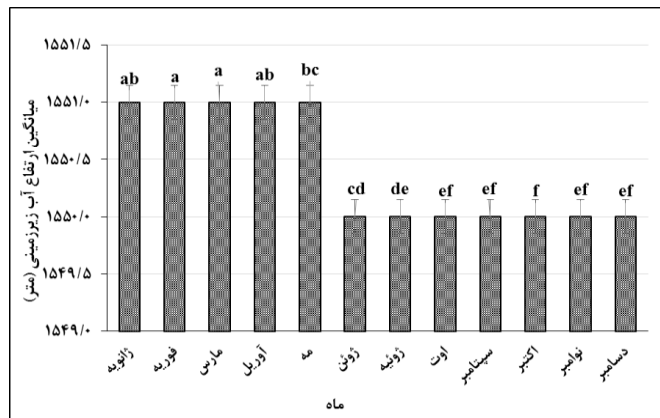
نتایج آزمون مقایسه میانگین دانکن در دشت نجف‌آباد به‌منظور مقایسه متوسط تراز آب زیرزمینی در چاه‌های مختلف در شکل (۱۳) و به‌منظور مقایسه ماه‌های مختلف در شکل (۱۴) ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل واریانس چند متغیره با اندازه‌گیری‌های مکرر در دشت‌های مورد مطالعه

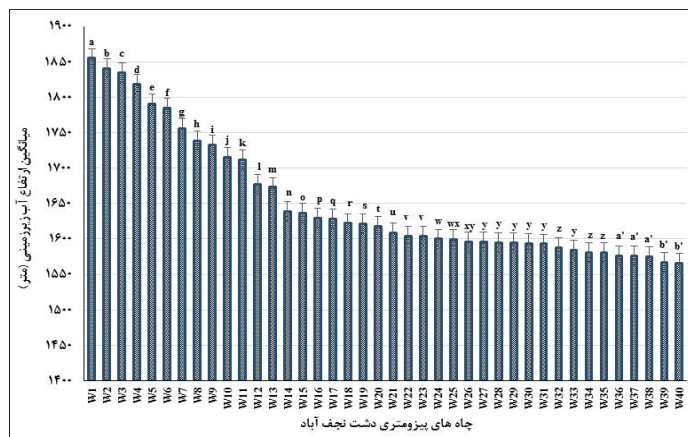
دشت چادگان			دشت نجف‌آباد			دشت اصفهان-برخوار			منبع تغییرات
sig	F	df	sig	F	df	sig	F	df	
۰/۰۰۰	۱۳۹۰	۲۵	۰/۰۰۰	۱۵۰۵	۲۵	۰/۰۰۰	۲۹۱۵	۲۵	اثر سال
۰/۰۰۰	۱۷	۱۷۵	۰/۰۰۰	۶	۹۷۵	۰/۰۰۰	۸	۷۰۰	سال و چاه
۰/۰۰۰	۱	۲۷۵	۰/۰۰۰	۲	۲۷۵	۰/۰۰۰	۲	۲۷۵	سال و ماه



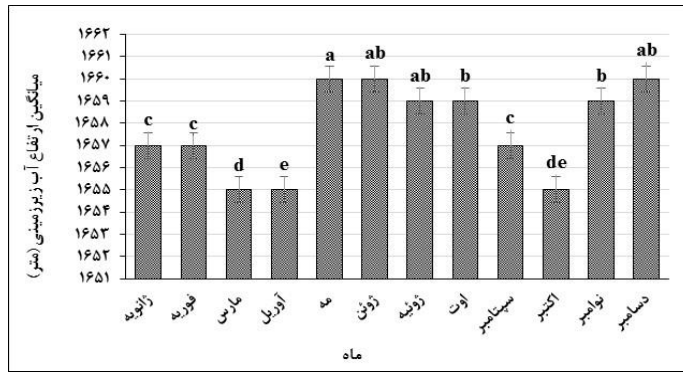
شکل ۱۱. متوسط تراز آب زیرزمینی چاه‌های مختلف در دشت اصفهان-برخوار در دوره مورد مطالعه (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین چاه‌ها و حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است)



شکل ۱۲. متوسط تراز آب زیرزمینی ماه‌های مختلف در دشت اصفهان-برخوار در دوره مورد مطالعه (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین ماه‌ها و حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است)



شکل ۱۳. متوسط تراز آب زیرزمینی بین چاه‌های مختلف در دشت نجف‌آباد در دوره مورد مطالعه (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین چاه‌ها و حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است)

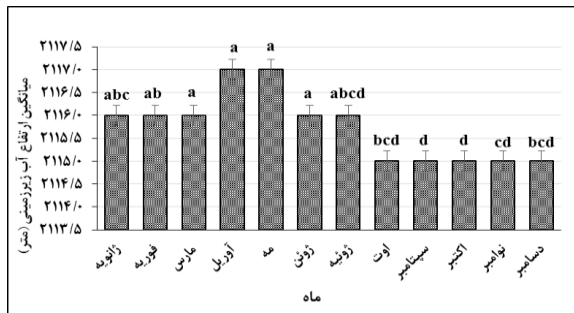


شکل ۱۴. متوسط تراز آب زیرزمینی ماه‌های مختلف در دشت نجف‌آباد در دوره مورد مطالعه

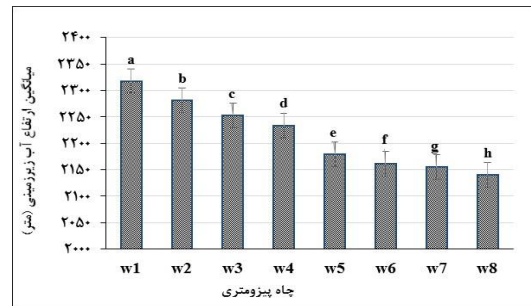
(حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین ماه‌ها و حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است.)

زیرزمینی بین ماه‌های مختلف در دشت چادگان در دوره مورد مطالعه است.

شکل‌های (۱۵) و (۱۶) به ترتیب نشان‌دهنده متوسط تراز آب زیرزمینی بین چاه‌های مختلف و متوسط تراز آب



شکل ۱۶. متوسط تراز آب زیرزمینی ماه‌های مختلف در دشت چادگان در دوره مورد مطالعه



شکل ۱۵. متوسط تراز آب زیرزمینی چاه‌های مختلف در دشت چادگان در دوره مورد مطالعه

(حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است.)

کشاورزی واقع شده است. بنابراین این بررسی آماری در این دشت صورت نگرفته است. نتایج حاصله در جدول‌های (۵) و (۶) و شکل‌های (۱۷) و (۱۸) فقط برای دو دشت اصفهان-برخوار و نجف‌آباد ارائه شده است.

بررسی اثر نوع کاربری اراضی بر ارتفاع آب زیرزمینی در دشت‌های مورد مطالعه

چاه‌های مختلف بر اساس نوع کاربری به گروه‌های مختلف تقسیم شده و سپس مقایسه میانگین ارتفاع آب زیرزمینی در هر کاربری صورت گرفته است. در دشت چادگان تمام پیژومترها در کاربری

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل واریانس چند متغیره با اندازه‌گیری‌های مکرر

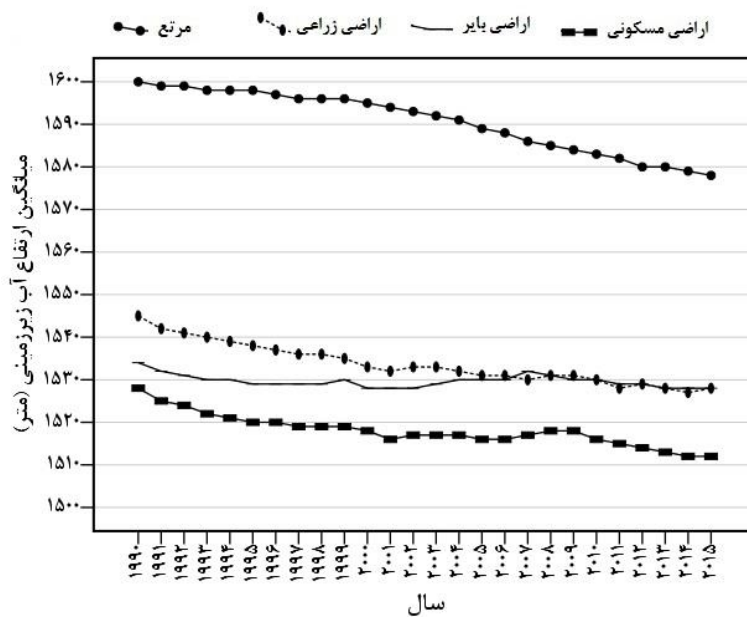
نجف‌آباد			اصفهان-برخوار			دشت
sig	F	df	sig	F	df	منبع تغییرات
۰/۰۰۱	۷	۲۵	۰/۰۰۰	۱۱	۲۵	اثر سال
۰/۰۲۴	۲	۵۰	۰/۰۰۴	۱	۷۵	اثر سال و کاربری

جدول ۶. متوسط تراز آب زیرزمینی بین کاربری‌های مختلف

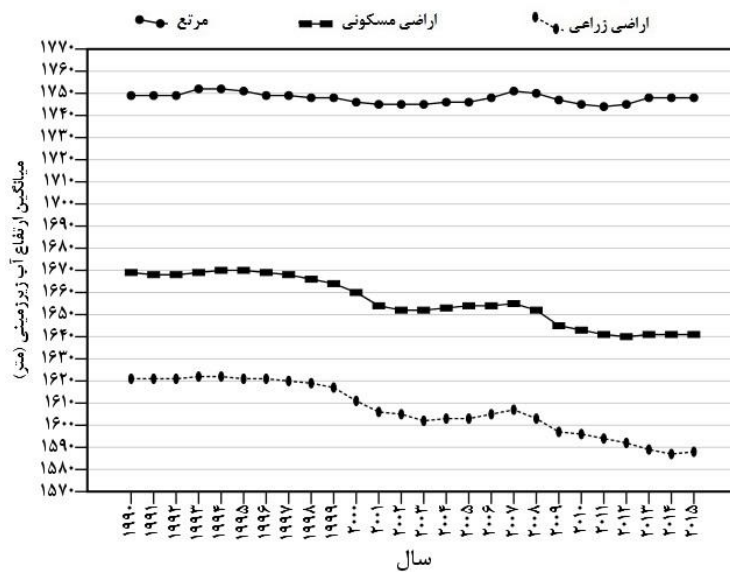
ارتفاع آب زیرزمینی (متر)		کاربری اراضی
دشت نجف‌آباد	دشت اصفهان-برخوار	
۱۷۴۸ <sup>a</sup>	۱۵۹۱ <sup>a</sup>	مرتع
۱۶۰۷ <sup>b</sup>	۱۵۳۴ <sup>b</sup>	کشاورزی
-----	۱۵۳۰ <sup>b</sup>	بایر
۱۶۵۶ <sup>b</sup>	۱۵۱۸ <sup>b</sup>	مسکونی

(حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین کاربری‌ها و حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است.)





شکل ۱۷. متوسط تراز آب زیرزمینی در کاربری‌های اراضی دشت اصفهان-برخوار



شکل ۱۸. متوسط تراز آب زیرزمینی در کاربری‌های اراضی دشت نجف‌آباد

واقع شده است و جهت جریان‌ها به دلیل شرایط توپوگرافی به سمت جنوب و جنوب شرق است بنابراین علی‌رغم اینکه برداشت بیشتر در مناطق کشاورزی و مسکونی واقع در نواحی مرکزی و جنوبی دشت وجود دارد؛ به دلیل گرادیان شیب حاصله آب‌های زیرزمینی موجود در کاربری مرتعی با شدت بیشتری به اراضی پایین‌دست خود انتقال می‌یابد. در نتیجه بیش‌ترین شدت کاهش سطح ایستابی در کاربری مرتع قابل مشاهده است. در دشت نجف‌آباد بین کاربری مرتع با اراضی زراعی و مسکونی اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع آب زیرزمینی وجود دارد. در حالی‌که در کاربری‌های زراعی و مسکونی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است.

نتایج آزمون تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که در دشت اصفهان-برخوار بین کاربری مرتع با اراضی زراعی، بایر و مسکونی از نظر ارتفاع آب زیرزمینی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در حالی‌که در کاربری‌های زراعی، بایر و مسکونی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است. همان‌طور که در شکل (۱۷) مشخص است روند کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در مراتع بسیار بیش‌تر از سایر کاربری‌ها است. علاوه بر وجود اختلاف معنی‌دار شیب تندتری در نمودار مربوط به این کاربری مشاهده می‌شود. در کاربری مسکونی و بایر روند کاهشی سطح آب زیرزمینی با شدت کم‌تری مشاهده می‌شود. لازم به ذکر است که مراتع در ارتفاعات شمالی و شمال غرب منطقه مورد مطالعه



ملاحظه‌ای نداشته است. اما از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ همگام با افزایش ۲/۲۸ درصدی سطح کاربری اراضی زراعی آب زیرزمینی به میزان ۳/۸۷ متر کاهش یافته است. هم‌چنین در دشت نجف‌آباد سطح اراضی زراعی از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۶ در حدود ۵/۱۸ درصد کاهش یافته است که در این دوره سطح آب زیرزمینی بیش از ۱۵ متر افت داشته است. از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ سطح اراضی زراعی در این دشت در حدود دو درصد افزایش یافته که به دنبال آن افت آب زیرزمینی به میزان ۱۶ متر اتفاق افتاده است. در دشت چادگان روند تغییرات سطح کاربری اراضی زراعی افزایشی بوده است. به گونه‌ای که از ابتدای دوره زمانی مورد مطالعه تا سال ۲۰۱۵ مساحت اراضی زراعی حدود ۱۴ درصد افزایش یافته است. از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ با افزایش ۷/۷۳ درصدی اراضی زراعی سطح آب زیرزمینی در این کاربری ۸/۸۵ متر کاهش یافته است. به طور کلی در طول دوره مورد مطالعه، سطح کاربری اراضی زراعی دو دشت اصفهان-برخوار و نجف‌آباد کاهش و در دشت چادگان افزایش یافته است.

نتایج آزمون تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نیز نشان داد که بین کاربری مرتع با سطح ایستابی در دو دشت اصفهان-برخوار و نجف‌آباد رابطه معنی‌داری وجود دارد. در حالی که این ارتباط در دو کاربری مسکونی و کشاورزی در دشت‌های مذکور مشاهده نشد که علت اصلی آن را می‌توان به پیوستگی سفره آب زیرزمینی در کاربری‌های مذکور نسبت داد. به این ترتیب علی‌رغم عدم برداشت آب در کاربری مرتع و برداشت بیش از حد در دو کاربری کشاورزی و مسکونی به‌ویژه در دشت اصفهان-برخوار، چون مراتع در ارتفاعات بالاتر واقع شده‌اند، به دلیل گرادیان شیب حاصله جهت جریانات از بخش مرتع به دیگر کاربری‌ها تداوم یافته و باعث بالاتر بودن افت سطح ایستابی در مناطق مرتعی شده است. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در بین تمام دشت‌های مورد مطالعه ارتباط متقابلی بین نوع کاربری و تغییر ارتفاع آب زیرزمینی وجود داشته است اما به لحاظ آماری در دو دشت نجف‌آباد و اصفهان-برخوار این معنی‌داری تنها در مورد کاربری اراضی مرتعی ارزیابی شد و در سایر کاربری‌ها تغییرات آب زیرزمینی معنی‌دار نبوده است.

## REFERENCES

- Abdul-Qadir, A. m., Benni, Th. J. (2010). Monitoring and evaluation of soil salinity in term of spectral response using landsat images and GIS in Mesopotamian plain/ Iraq, *Journal of Iraqi Desert Studies*, 2(2), 19-32.
- Ahmadi, S., Khosravi, H., Dehghan, P. (2016). Evolution of land use changes using remote

مقایسه شرایط تراز آب زیرزمینی در دشت‌های مورد مطالعه به‌منظور بررسی وجود اختلاف معنی‌دار در ارتفاع آب زیرزمینی در دشت‌های مورد مطالعه میانگین سالانه ارتفاع آب زیرزمینی در پیژومترهای هر دشت با یکدیگر مقایسه شد. نتایج مربوطه در جدول‌های (۷) و (۸) ارائه شده است.

جدول ۷. نتایج آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره با اندازه‌گیری مکرر در

دشت‌های مورد مطالعه			
منبع تغییرات	df	F	sig
اثر سال	۲۵	۶	۰/۰۰۱
اثر سال و دشت	۵۰	۲	۰/۰۲۴

جدول ۸. متوسط تراز آب زیرزمینی بین دشت‌های مختلف در دوره مورد مطالعه

نام دشت	ارتفاع آب زیرزمینی (متر)
چادگان	۲۲۱۶ <sup>a</sup>
نجف‌آباد	۱۶۵۲ <sup>b</sup>
اصفهان-برخوار	۱۵۴۷ <sup>c</sup>

(حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین چاه‌ها و حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است).

نتایج نشان می‌دهد که بین دشت‌های مختلف از نظر ارتفاع آب زیرزمینی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیش‌ترین ارتفاع متوسط آب زیرزمینی به ترتیب مربوط به دشت‌های چادگان، نجف‌آباد و سپس اصفهان-برخوار است.

## نتیجه‌گیری

نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی و سطح آب زیرزمینی نشان داد به‌طور کلی در دوره‌های زمانی مورد مطالعه (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵) در تمام دشت‌ها (اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان) سطح کاربری مرتع کاهش و اراضی مسکونی و بایر افزایش یافته است. همگام با این تغییرات، از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۵ کاهش سطح آب زیرزمینی در کاربری‌های مذکور شدت بیش‌تری یافته است. در دشت اصفهان-برخوار سطح اراضی زراعی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ افزایش یافته که در این دوره سطح آب زیرزمینی تغییر قابل

sensing (Case study: Hiv basin, Taleghan). *International Journal of Forest, Soil and Erosion (IJFSE)*. 6(2): 49-55. (In Farsi)

Akbari, A. and Shekarabadi, A. (2014). *Processing and extracting information from satellite data using ENVI software*. Farahmand Publication Center. 206p. (In Farsi)

- Akbari, M., Jarge, M. R and Madani Sadat, H. (2009). Assesment of decreasing of groundwater-table using geographic information system (GIS) (Case study: Mashhad plain aquifer), *journal of Water and Soil Conservation*. 16(4), 63-78. (In Farsi)
- Amini, A. and Hesami, A. (2017). The role of land use change on the sustainability of groundwater resources in the eastern plains of Kurdistan, Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 189(6), 189-297.
- Ammeish, E. S., Mabrouk, B. M. and Morsy, W. S. (2016). RS and GIS based approach for detecting land use changes and its impact on the groundwater aquifer. *Life Science Journal*. 13(4), 62-74.
- Baatz, M. and Schape, A. (2000). *Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation*. Angewandte Geogr. Informatiosverarbeitung 12, Beitrage zum AGIT– Symposium, Salzburg.
- Bhat, V., Prajwal, M., Shetty, A., Srivastava, A. and Bhosale, R. (2018). Spatiotemporal relationship linking land use/land cover with groundwater level. In *Groundwater* (pp. 41-54). Springer, Singapore.
- Chen, X.W. (2002). Using remote sensing and GIS to analyze land cover change and its impacts on regional sustainable development. *International Journal of Remote Sensing*, 23, pp. 107-124.
- Cho, J., Barone, V. A., Mostaghimi, S. (2009). Simulation of land use impacts on groundwater levels and stream flow in a Virginia watershed, *Agricultural Water Management*, 96(1), 1-11.
- Choi, W., Galasinski, U., Cho, S.J., Hwang, C. S. (2012). A spatiotemporal analysis of groundwater level ground changes in relation to urban growth and water recharge potential for Waukesha county, Wisconsin. *Geographical Analysis*, 44(3), 219-234.
- Darzi, F., Safavi, H. R., Mamanpoush, A. R., Bahreini, Gh. R. (2007). Currents rip modeling of Nekuabad irrigation network to Nagafabad plain aquifer. *2th Conference on Water Resources Management*, Isfahan, University of Technology, Isfahan, Iran, 23-24 January, 2007. P9.
- De Brito Neto, R. T., Santos, C. a. G., Mulligan, K., and Barbato, L. (2016). Spatial and temporal water-level variations in the Texas portion of the Ogallala aquifer, *Natural Hazards*, 80(1), pp 351–365.
- Dong, Y., Jiang, C., Suri, M. R., Pee, D., Meng, L., and Goldstein, R. E. R. (2019). Groundwater level changes with a focus on agricultural areas in the Mid-Atlantic region of the United States, 2002–2016. *Environmental research*. P.193-203.
- Faramarzi, M., Yaghibi, S. and Karimi, K. (2015). Influence of land use changes on groundwater level drop (Case study: Dehloran plain, Ilam province). *Water Management in Arid Lands*. 1(2), 55-64. (In Farsi)
- Fatemi, S. B. and Rezai. (2012). *Principles of Remote Sensing* (2th ed). Azadeh Publication, Tehran, 296 P. (In Farsi)
- Genxu, W., Lingyuan, Y., Ling, Ch., Kubota, J. (2005). Impact of land use change on groundwater resources in the Heihe river basin, *Journal of Geographical Sciences*. 4(15), 405-414.
- Ghafari, S., Moradi, H. R, and Modares, R. (2018). Comparison of temporal and spatial changes of groundwater level in Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan plains. *Physical Geography Research Quarterly*. 50 (1), 141-160. (In Farsi)
- Ghafari, S., Moradi, H. R, and Modares, R. (2016). *Temporal and Spatial Variations of Groundwater Level with Emphasis on Effect of Land Use in Chadegan and Isfahan Plains*. M. S.c. Thesis, Department of Natural Resources, Tarbiat Modares University. (In Farsi)
- Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for natura resources evaluation*, NewYork: Oxford University Press, 483 p.
- Hajjiyan, N. and Hajjiyan, P. (2013). Zayandehroud river data base. Pars Ziya Publication, Homaye Rahmat, Isfahan. 318p. (In Farsi)
- Ibn Shahr Ashob, M. and Mikaili, F. (2009). *Statistical concepts and methods*. University Publication Center. Tehran. 382p. (In Farsi)
- Jensen, J. R. (1996). *Introductory digital image processing, a remote sensing perspective*. (6th ed.). Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Karimi, A. and Komaki, Ch. B. (2015). Monitoring, assessment and prediction of spatial changes of land use /cover using Markov chain model (Case study: Bostagh plain - south Khorasan). *Journal of GIS and RS for natural resourses*. 6(2), 75-88. (In Farsi)
- Kolahdoozan, A., Dinpajooh, Y., Mirabbasi Najafabadi, R., Asadi, E. and Darbandi, S. (2015). Effect of Zayandehroud river dry becoming on Najafabad aquifer oscillations during past two decades. *Journal of Soil and Water Research*. 46(1), 81-93.
- Kumar, N., Tischbein, B., Kusche, J., Beg, M. K., and Bogardi, J. J. (2017). Impact of land-use change on the water resources of the upper Kharun catchment, Chhattisgarh, India. *Regional Environmental Change*, 17(8), 2373-2385.
- Miranzadeh, M. and Mamanpoush, A.R. (2008). Evaluation of Monthly Depletion of Groundwater in Zayandehroud Irrigation and Drainage Networks, *Journal of Research in Iran Water*, 2(2): 19-26, (In Farsi).
- Mishra, N., Kumar, S. (2015). Impact of land use change on groundwater recharge in Haridwar district. *20th International Conference on Hydraulics, Water Resources and River Engineering*. IIT Roorkee, India, 17-19 December, 2015. P8.
- Mortezaii Frizhandi, Gh and Kohandal, A. (2015). Evaluation of the impact of land use changes on Groundwater resourses using satellite imagery (Case study: Chaharmahal Bakhtiari). *Iranian Journal of Watershed Management Science*. 9(31), 1-9. (In Farsi)
- Moukana, J.A., Koike, K. (2008). Geostatistical model

- for correlating declining groundwater levels with changes in land cover detected from analyses of satellite images, *Computers and Geosciences*, 34(11), 1527-1540.
- Nasrollahi, M., Mombeni, M., Valizadeh, S. and Khosravi, H. (2014). Investigating the effect of land use/land cover changes trend on groundwater resources status, using satellite images (case study: Gilan-e gharb plain). *Scientific - Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 23(91), 89-97. (In Farsi)
- Nian, Y., Li, X., Zhou, J., Hu, X. (2014). Impact of land use change on water resource allocation in the middle reaches of the Heihe River Basin in northwestern China, *Journal of Arid Land*, 6(3), 273-286.
- Otroj, A.; Modarres, R. and Bassiri, M. (2015). Assessment of drought and anthropogenic impacts on groundwater resources (in Zayandehroud river basin), *M.Sc. Thesis*, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology. (In Farsi)
- Purandara, B. K., Venkatesh, B., Jose, M. K. and Chandramohan, T. (2018). Change of land use/land cover on groundwater recharge in Malaprabha catchment, Belagavi, Karnataka, India. In *Groundwater* (pp. 109-120). Springer, Singapore.
- Rahmati, M., Moradi, H. R. and Omidipour., R. (2014). Evaluation of spatial and temporal variation ground water level in Kermanshah plain. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 5(2), 1-16. (In Farsi)
- Rostamzadeh, H., Asadi, E and Jafarzadeh, J. (2015). Evaluation of groundwater table of Ardebil plain. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*. 2(1), 31-42. (In Farsi)
- Sharifi, L., Rasuli, A. A. and Roostamzade, H. (2013). Land cover/ use changes detection by object-oriented Processing satellite image dates (case study: Tabriz county). *Journal of Geography and Planning*, 17(44), 203-214. (In Farsi)
- Tam, V. T., and Nga, T. T. V. (2018). Assessment of urbanization impact on groundwater resources in Hanoi, Vietnam. *Journal of environmental management*, 227, 107-116.
- Yadav, G.S., Ndatuwong, L.G., Singh, S.K. (2012). Mapping the spatial extend of groundwater declination using geostatistical, 4(1), 236-245.
- Wang, J., Gao, Y. and Wang, S. (2015). Land use/cover change impacts on water table change over 25 years in a desert-oasis transition zone of the Heihe river basin, China. *Water*, 8(1), 11.
- Zhou, Y., Xiao, W., Wang, J., Zhao, Y., Huang, Y., Tian, J., Chen, Y. (2016). Evaluating spatiotemporal variation of groundwater depth/level in Beijing plain, a groundwater-fed area from 2001 to 2010. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology*. Article ID 8714209, 11 pages.