



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

بررسی تغییرات مکانی نفوذپذیری خاک و گروه‌های هیدرولوژی خاک در برخی زیر

حوضه‌های دریاچه ارومیه

علی رضا واعظی^۱، خالد حاجی ملکی^۲، لیلا گل محمدی^{۳*}

^۱استاد گروه علوم و مهندسی خاک استان زنجان

^۲دانش آموخته دکتری خاکشناسی دانشگاه زنجان

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: leilaglmhmdi818@gmail.com

چکیده

فرایند نفوذ در هیدرولوژی سطحی و زیر سطحی حوزه آبخیز نقش مهم ایفا کرده و عامل کلیدی در تمام معادلات بارش و رواناب است. آگاهی از این ویژگی خاک برای تعیین نقاط حساس به تولید رواناب در حوزه آبخیز مهم است. پژوهش حاضر به منظور بررسی تغییرات مکانی نفوذپذیری خاک و گروه‌های هیدرولوژی خاک در برخی زیرحوضه‌های دریاچه ارومیه انجام گرفت. سطح حوضه به پیکسل‌هایی شبکه‌بندی شد و در هر زیرحوضه در سه تکرار، نفوذپذیری خاک به روش استوانه‌های مضاعف طی فصل خشک اندازه‌گیری شد. همچنین نمونه برداری خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر سطح خاک در سه تکرار صورت گرفت. گروه‌های هیدرولوژیک خاک با استفاده از روش عدد منحنی رواناب دفتر حفاظت خاک آمریکا بر مبنای نفوذپذیری خاک مشخص شدند. نتایج نشان داد که مقدار نفوذپذیری خاک از صفر در جاهایی که سطح آب زیرزمینی به سطح خاک تماس دارد از صفر و در نقاط بسیار نفوذپذیر تا ۳۹/۴ سانتی متر بر ساعت تغییر می‌کند. تفاوت آشکار میان نفوذپذیری خاک در نقاط مختلف حوضه نشان دهنده تغییرات زیاد در ویژگی‌های خاک به ویژه از نظر فیزیکی و نیمرخی است. الگوی تغییرات مکانی قوی برای نفوذپذیری خاک در سطح حوضه آبخیز وجود دارد و دامنه تاثیر آن ۸۳۸۰ متر بود. از نظر گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه آبخیز در برگیرنده گروه‌های B و C است که نشان دهنده وضعیت هیدرولوژیکی متوسط تا ضعیف در سطح حوضه آبخیز است.

کلمات کلیدی: تغییرات مکانی، نفوذپذیری خاک، گروه‌های هیدرولوژی خاک، استوانه مضاعف.



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

Investigating spatial variability of soil permeability and hydrological groups in some sub-basins in Urmia lake

Ali Reza Vaezi, Khaled Hajmaleki, Leila Golmohammadi

Soil permeability plays a crucial role in both surface and subsurface hydrology in the watershed scale and helps as a key variable in rainfall-runoff modeling frameworks. Understanding soil infiltration characteristic is essential for identifying runoff-generating zones in a watershed. This study aims to assess the spatial variability of soil permeability and hydrologic soil groups across selected sub-basins of the Urmia Lake. The study area was divided into a gridded pixel framework, and soil permeability was measured using the double-ring infiltrometer method with three replications in the sub-basins during the dry season. Surface soil samples (0–30 cm depth) were also collected in triplicate. Hydrologic soil groups were determined based on the Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) method developed by the USDA, using measured permeability data. Results revealed that soil permeability varied from zero in some locations to 39.4 cm/h in highly permeable zones. Spatial variability of soil permeability indicates considerable heterogeneity in soil physical properties and profile characteristics across the study area. A strong spatial pattern of soil permeability was identified, with a range of 8380 m. The hydrologic soil group classification indicated there are B and C hydrological groups in the watershed, reflecting overall moderate to low soil permeability and hydrologic status.

Keywords: Spatial variability, Soil permeability, Soil hydrological groups, Double rings

مقدمه



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



نفوذپذیری خاک بیانگر توانایی خاک برای نفوذدهی آب است. این ویژگی خاک را می‌توان بر مبنای سرعت نفوذ آب ارزیابی کرد. این ویژگی هیدرولیکی خاک در مناطق نیمه خشک در کنار تأمین نیاز آبی گیاهی مرتعی و دیم در کاهش رواناب و فرسایش خاک نقش اساسی دارد (واعظی ۲۰۱۲). نفوذ آب به خاک، فرایند اولیه ورود آب از سطح خاک به داخل بخش غیر اشباع خاک است وضعیت نفوذپذیری خاک نشان دهنده چگونگی رفتار خاک در برابر آب رسیده به سطح خاک است. این پدیده تعیین کننده سرنوشت آب رسیده به سطح خاک است و مقدار تلفات بارش را مشخص می‌کند (Robert, 1993). نفوذپذیری خاک نقش اساسی در جریان رودخانه، تغذیه منابع آب زیرزمینی، جریان های زیر سطحی و همچنین کیفیت و کمیت آب های زیرزمینی دارد و نقش مهمی در فرایندهای هیدرولوژیک ایفا می‌کند. یکی از موارد مهم در طراحی سازه‌ها و پژوهش‌های مربوط به منابع آب و خاک شدت نفوذ است. نفوذپذیری خاک تحت تأثیر عوامل یا ویژگی‌های گوناگون محیطی است که در سه دسته کلی قرار می‌گیرند: ویژگی های مکانی شامل شیب، پستی و بلندی های کوچک، پوشش گیاهی، شرایط چرا و سطح آب زیرزمینی، ویژگی های خاکی شامل توزیع اندازه ذرات، درجه خاکدانه سازی، چگالی ظاهری خاک و درصد منافذ درشت، ویژگی های اقلیمی شامل شدت، مدت و تنوع مکانی بارش و مشخصات خاک شامل بافت، ساختمان، چگالی ظاهری، ماده آلی و غیره وابسته. (واعظی ۲۰۱۲)

بررسی ها نشان می‌دهد که ساختار مکانی نفوذ تأثیر بسزایی بر هیدروگراف حوزه آبخیز دارد (Herbert and Dieckkruger 2003) نفوذپذیری خاک ویژگی تعیین کننده گروه هیدرولوژیکی خاک است. در روش عدد منحنی رواناب (CN). که توسط دفتر حفاظت خاک آمریکا SCS برای پیش بینی مقدار رواناب ناشی از بارندگی ارائه شده است خاک ها در چهار گروه هیدرولوژیکی (ABCD) به شرح زیر جدا می‌شوند: گروه A این خاک ها نیمرخ عمیق با بافت سبک (شنی، شنی لومی، و لوم شن) و با نفوذپذیری زیاد (بیشتر از ۷/۵ سانتیمتر بر ساعت) هستند. گروه B این خاک ها نیم رخ نسبتاً عمیق با بافت لوم و لوم سیلتی دارند و نفوذپذیری آن ها متوسط (۳/۸ تا ۷/۵ سانتی متر بر ساعت)، گروه C این خاک ها لایه محدودکننده در نیم رخ دارند و بافت آن ها متوسط تا سنگین است و نفوذپذیری خاک کم بین (۱/۳ تا ۱/۸ سانتی متر بر ساعت) و گروه D این خاک ها دارای رس تورم پذیر یا کم عمق با لایه محدودکننده رسی و با بافت ریز (لوم رسی، لوم رس سیلتی، رس شنی، رس سیلتی، و رسی) هستند که نفوذپذیری خاک بسیار پایین بین (حداکثر ۱/۳ است. گروه های هیدرولوژیکی خاک در ارزیابی حساسیت حوزه های آبخیز به تولید رواناب مورد توجه قرار می‌گیرند. مطالعه تغییرات نفوذپذیری خاک در سطح حوضه برای مدیریت منابع آب و خاک از اهمیت بالایی برخوردار است. آگاهی از این موضوع در شناسایی نقاط حساس به تولید رواناب در سطح حوضه سودمند است. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات مکانی نفوذپذیری خاک و گروه های هیدرولوژیکی خاک در برخی زیر حوضه های دریاچه ارومیه است.

مواد و روش‌ها



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

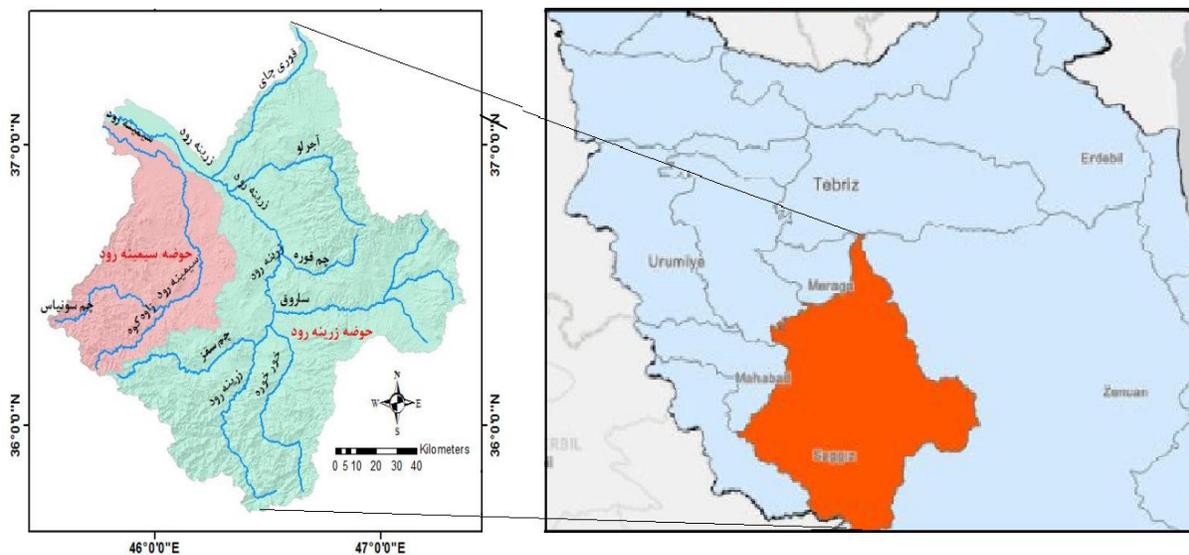
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



حوضه آبریز دریاچه ارومیه با وسعت تقریبی ۵۱۹۶۴ کیلومتر مربع به عنوان یکی از شش حوزه آبریز اصلی در تقسیم‌بندی هیدرولوژی ایران به شماری رود و در شمال غرب ایران قرار گرفته است و به وسیله بخش شمالی کوه های زاگرس و دامنه‌های جنوبی کوه سبلان و نیز دامنه‌های جنوبی، شرقی و غربی کوه سهند احاطه شده است. با توجه به اینکه حوضه های آبریز زرينه رود و سيمينه رود سهم ۵۰ درصدی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را دارند، بنابراین مطالعه و بررسی وضعیت هیدرولوژیکی این حوضه ها بسیار حیاتی و مهم است. مساحت کل منطقه مطالعاتی حدود ۱۷۶۲۵ کیلومتر مربع است. در سطح منطقه مطالعاتی ۲۸۷ نقطه بر اساس یک شبکه منظم (۹ کیلومتر در ۹ کیلومتر) مورد برداری خاک و آزمایش نفوذ قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در نمونه های گرفته شده از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر سطح خاک با استفاده روش های رایج آزمایشگاهی تعیین شدند. برای اندازه‌گیری شدت نفوذ آب به خاک از استوانه های مضاعف در منطقه استفاده شد. مختصات مکانی نقاط نمونه‌برداری خاک با استفاده از سیستم مکان یاب جهانی برداشت شد. بر اساس شیوه عدد منحنی رواناب، گروه های هیدرولوژیکی خاک در هر نقطه تعیین شدند. نقشه پراکنش نفوذپذیری خاک و گروه های هیدرولوژیکی خاک با استفاده از روش زمین آمار به دست آمد.



شکل ۱- موقعیت مکانی حوضه آبخیز سیمینه- زرينه رود و زیرحوضه ها در شمال غرب ایران

نتایج و بحث



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

نتایج نشان داد که مقدار نفوذپذیری خاک از صفر در جاهایی که سطح آب زیرزمینی به سطح خاک تماس دارد از صفر و در نقاط بسیار نفوذپذیر تا ۳۹/۴ سانتی‌متر بر ساعت تغییر می‌کند (شکل ۲-الف). برازش نیم تغییرنمای نفوذپذیری خاک نشان می‌دهد که مدل کروی نسبت به مدل های دیگر به نحو مناسب تری قادر به برازش تغییرات مکانی نفوذپذیری خاک در منطقه مطالعاتی است. با توجه به ویژگی های تغییرنما از نظر اثر قطعه ای و آستانه، الگوی تغییرات مکانی قوی برای نفوذپذیری خاک در سطح حوزه آبخیز وجود دارد. دامنه تاثیر تغییرنما در منطقه مورد مطالعه به میزان ۸۳۸۰ متر بود.

نواحی شرقی و غربی حوضه دارای نفوذپذیری کمتری نسبت به سایر مناطق هستند. از لحاظ گروه های هیدرولوژیک خاک، منطقه در دو گروه کلی B و C قرار گرفته است (شکل ۲ب). زیر حوضه مورد مطالعه به جز حوضه بوکان مطابق با نقشه گروه های هیدرولوژیک در گروه C قرار می‌گیرند و زیر حوضه بوکان در گروه هیدرولوژیک B قرار دارد. خاک های واقع در گروه B وقتی که مرطوب هستند دارای پتانسیل تولید رواناب کم تا متوسط می‌باشند و انتقال آب داخل خاک بدون محدودیت انجام می‌پذیرد به طور عمومی خاک های واقع در گروه B دارای ۱۰ تا ۲۰ درصد درس و ۵۰ تا ۹۰ درصد شن بوده و دارای کلاس های بافت خاک شنی لومی، لومی شنی هستند. محدودیت های مربوط به ویژگی های فیزیکی قابل تشخیص در گروه B شامل هدایت هیدرولیکی اشباع از سطح خاک تا عمق ۵۰ سانتی‌متری دارای دامنه ۳/۶ سانتی متر بر ساعت تا ۱۴/۴ سانتی متر بر ساعت می‌باشد. لایه غیر قابل نفوذ یا سطح آب زیرزمینی از سطح خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی متری می‌باشد و هدایت هیرویکی اشباع بیش از ۱/۴۴ سانتیمتر بر ساعت می‌باشد (NRCS 2007).



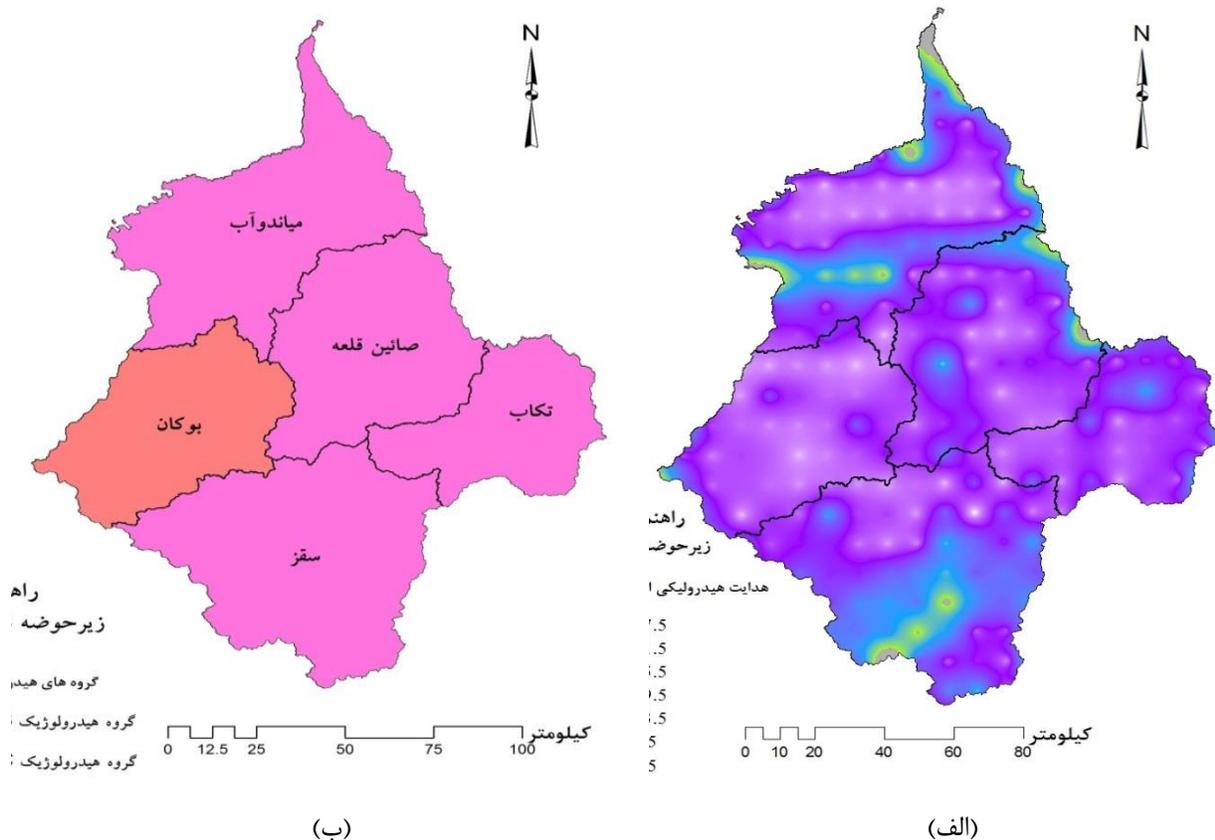
نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



شکل ۲= نقشه تغییرات نفوذپذیری خاک (الف) و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (ب) در حوضه آبخیز سیمینه رود-زرنه رود در شمال غرب ایران

نتیجه‌گیری

این نتایج نشان داد که تغییرات زیادی از نظر نفوذپذیری خاک در سطح حوضه آبخیز زرنه‌رود و سیمینه وجود دارد این تغییرات موجب می‌شود میزان نفوذ آب به خاک طی بارندگی و در نتیجه حساسیت به تولید رواناب در طی حوضه آبخیز متفاوت باشد از نظر گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه آبخیز در برگزیده گروه‌های B و C است که نشان دهنده وضعیت هیدرولوژیکی متوسط تا ضعیف در سطح حوضه آبخیز است نفوذپذیری خاک دارای الگوی تغییرات مکانی تغییر در سطح حوضه آبخیز است که از آن می‌توان نقشه تغییرات مکانی نفوذپذیری خاک و در نتیجه نقاط حساس به تولید رواناب را شناسایی کرد



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

منابع

- ۱: غفاری and فریدحسینی، ۲۰۲۱. مروری بر تکنیک های سنجش از دور رطوبت خاک و روش های ریزمقیاس سازی مکانی. آب و توسعه پایدار، ۷(۲)، pp.61-72.
- ۲: اقتدارنژاد، ملکی نژاد and رفیعی ساردوئی، ۲۰۲۴. برآورد رطوبت خاک بر اساس تولیدات NDVI و LST مودیس در مناطق فاقد داده. مجله پژوهش های فرسایش محیطی، ۱۴(۲)، pp.141-160.
- ۳: مظلوم علی آبادی یونس، واعظی علیرضا and نیک بخت جعفر، ۲۰۱۹. تغییرات زمانی رطوبت خاک تحت تأثیر بارندگی و دما در شرایط آیش و کشت در کشتزار دیم.
- ۴: اسعدی اسکویی، جامعی and مژده، ۲۰۲۱. تولید نقشه های رطوبت خاک ایران از محصولات BEC Global Level 3 ماهواره اسموس. (پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز (علمی-پژوهشی)، ۱۲(۲۴)، pp.65-76.
- ۵: جامعی، مژده، موسوی بایگی، علیزاده، امین and ایرانژاد، ۲۰۱۷. اعتبارسنجی بازیابی های رطوبت خاک ماهواره میکروویو اسموس. آب و خاک، ۳۱(۲)، pp.660-672.
- ۶: اقتدارنژاد، ملکی نژاد and رفیعی ساردوئی، ۲۰۲۴. برآورد رطوبت خاک بر اساس تولیدات NDVI و LST مودیس در مناطق فاقد داده. مجله پژوهش های فرسایش محیطی، ۱۴(۲)، pp.141-160.
- ۷: طهمورث and نیک کامی، ۲۰۲۲. ارزیابی و تعیین عوامل موثر بر فرسایش و رسوب دهی حوزه های آبخیز، مطالعه موردی: حوزه آبخیز دریاچه ارومیه. نشریه علمی-پژوهشی مرتع و آبخیزداری، ۷۴(۴)، pp.771-784.
- ۸: فاتحی مرجع احمد، برهانی داریان علیرضا and مهدیان محمدحسین، ۲۰۰۶. پیش بینی بارش فصلی با استفاده از پیوند از دور: مطالعه موردی حوزه آبریز دریاچه ارومیه.