

# بررسی اعتبار سنجی آزمایش های متداول ارزیابی واگرایی خاک در منابع قرضه (مطالعه موردی کانال های AMC3 و AMC4)

بهنام صادقی<sup>۱</sup>، نوید خیاط<sup>۲</sup>، سیامک معتمد<sup>۳</sup>، بهزاد حجتی<sup>۳</sup>،

مدیر حوضه آبریز جنوب کرخه، سازمان آب و برق خوزستان

استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز (KHAYAT@IAUAHVZ.AC.IR)

کارشناس شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس

## چکیده

روشهای شناسایی، اصلاح و کاربرد خاکهای واگرا در طراحی و اجرای پروژه های خاکی از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به اینکه ذرات خاکهای رس واگرا در تماس با آب خالص، پراکنده و از یکدیگر جدا می گردند، لذا این نوع خاک به شدت فرسایش پذیر بوده به صورتیکه حتی تحت تاثیر تنش های بسیار کوچک ناشی از گرادیان هیدرولیکی کم، جابجا می گردد. از آنجایی که شناسایی کامل و دقیق این خاک ها در محل بدون انجام آزمایش های مخصوص مشکل می باشد، لذا بدین منظور از آزمایش های ویژه ای که متداول ترین آنها پین هول، هیدرومتری دوپل و تعیین درصد نمک های شیمیایی استفاده می شود. در این تحقیق با بررسی نتایج آزمایشات قرضه های منتخب پروژه های AMC3 و AMC4 در دشت آزادگان مشخص شد که نتایج آزمایش های شیمیایی با نتایج آزمایش های پین هول و هیدرومتری دوپل مطابقت نداشته که دلیل عدم انطباق آن، ناشی از تغییر میزان کاتیون های خاک به علت کاربری کشاورزی معادن قرضه می باشد.

**کلمات کلیدی:** بررسی واگرایی، آزمایشات پین هول، هیدرومتری دوپل، شیمیایی، معادن قرضه

## مقدمه

از زمان شناخته شدن پدیده واگرایی تا به امروز، کوششهای فراوانی در زمینه ابداع روشهای تشخیص خاکهای واگرا بعمل آمده، که این روشها شامل شناخت کلی خاکهای واگرا در بررسی های مقدماتی صحرايي و شناسایی خاکهای واگرا در آزمایشگاهی باشد.

در بررسی های مقدماتی در مناطقی که سطح زمین شیب نسبتاً تندی دارد، شناسایی خاکهای واگرا آسان تر است. در این مناطق، بر اثر بارندگی ها و فرسایش سریع، بریدگی های بسیار عمیق و مشخصی در سطح زمین بوجود می آید که مشخصه اصلی اینگونه خاکهاست. از سوی دیگر، در مناطق مسطح و کم شیب، تشخیص خاکهای واگرا به سادگی میسر نیست. در این مناطق بر اثر بارندگی، ذرات رسهای واگرا شسته می شوند و لایه ای از ماسه لای دار یا لای ماسه ای در

سطح زمین باقی می ماند که لایه های عمیق تر را محافظت می کند. در نتیجه مشخصه بارز خاکهای واگرا که فرسایش و بریدگی های عمیق بوده را نمی توان در سطح زمین مشاهده نمود. بدین ترتیب عدم وجود علائم آب شستگی و فرسایش در سطح زمین، به معنای عدم وجود خاکهای واگرا در منطقه نیست. بدلیل آنکه تمایل کانی های رسی به جذب کاتیونهای دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم بیشتر از کاتیون یک ظرفیتی سدیم است، لذا رسهای سدیم دار واگرا از دیگر انواع رسها در طبیعت کمیاب تر می باشند، لیکن این بدان معنی نیست که رسهای واگرا در طبیعت کمیابند، بلکه برعکس این رسها به فراوانی در نقاط مختلف زمین یافت می شوند. معمولاً در مناطق دربردارنده ی خاکهای واگرا آثار آب شستگی از قبیل کانالهای تنگ و عمیق طبیعی (Erosion Gullies)، خلل و فرج و حفره های بزرگ با دیواره های عمودی (Sink Holes)، جویبارها، تونلها و آب شستگی های کوزه ای شکل دیده می شود. اما شناسایی کامل و دقیق خاکهای واگرا در محل و بدون انجام آزمایشهای آزمایشگاهی مخصوص، عملاً مشکل و تقریباً غیرممکن است. به همین دلیل بسیاری از محققان تلاش نموده اند تا آزمایشهای مختلفی را به این منظور عرضه نمایند و در این میان، فعالیتهای سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) از همه چشم گیرتر است. خاکهای واگرا به کمک آزمایشهایی نظیر دانه بندی و حدود اتربرگ که بطور معمول در آزمایشگاههای مکانیک خاک برای طبقه بندی خاکها از آنها استفاده می شود، تشخیص داده نمی شوند. لذا بدین منظور از آزمایشهای ویژه ای استفاده می گردد که متداولترین آنها آزمایش پین هول، آزمایش تعیین درصد نمکهای محلول در آب منفذی (آزمایشهای شیمیایی)، آزمایش هیدرومتری دوگانه و آزمایش کرامب می باشد. شایان ذکر است که برای تشخیص خاکهای واگرا در یک منطقه، باید آزمایشهای واگرایی بر روی تعداد نمونه های نسبتاً زیادی انجام شود، زیرا در بسیاری از مناطق، این خاکها بصورت موضعی و در ناحیه ای کوچک مشاهده می شوند و ممکن است که درصد کمی از خاک منطقه ی مورد بررسی را تشکیل دهند.

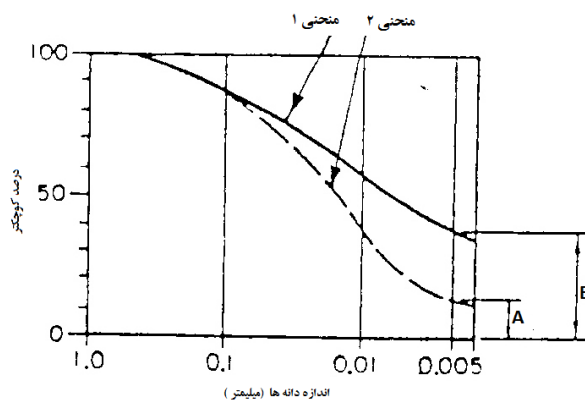
## مواد و روش ها

باتوجه به محدودیت منابع قرضه خاک رس در دشت آزادگان، استفاده از زمینهای کشاورزی منطقه بعنوان یکی از منابع تامین کننده ی خاک مورد نیاز خاکریزی کانال همواره مدنظر بوده است. باتوجه به اینکه یکی از مهمترین فاکتورهای خاکمناسب، عدم قابلیت واگرایی آن می باشد، لذا به این منظور پس از اخذ ۳۹ نمونه منتخب از قرضه ها آزمایشات مربوط به تعیین واگرایی بر روی آنها به روشهای هیدرومتری دوپل، پین هول و آزمایش شیمیایی انجام شد. نتایج حاصل از دو آزمایش هیدرومتری دوپل و پین هول بیانگر غیرواگرا بودن بافت خاک بوده، در حالیکه نتایج آزمایش تعیین نمک های محلول در آب منفذی (آزمایش شیمیایی) دلالت بر واگرا بودن خاک قرضه های منتخب (به استناد گراف شرارد) داشته است.

### آزمایش هیدرومتری دوپل

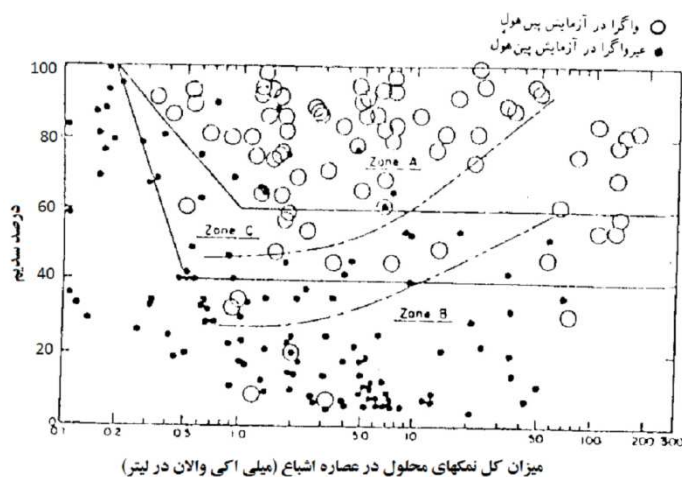
نتایج آزمایش هیدرومتری دوپل بر اساس شکل (۱) مورد تحلیل قرار گرفت. مطابق شکل مذکور در ابتدا بایستی پارامترهای A که نشان دهنده ی درصد ذرات کوچکتر از  $0.075$  میلی متر (بر اساس آزمایش هیدرومتری بدون استفاده از هم زن مکانیکی و ماده پراکنده ساز) و B که نشان دهنده ی درصد ذرات کوچکتر از  $0.075$  میلی متر (بر اساس آزمایش هیدرومتری به روش استاندارد) بوده تعیین گردیده و سپس براساس حاصل تقسیم (A/B) و مقایسه آن با معیارهای واگرایی عبارتند از:

- ۱- چنانچه درصد واگرایی در اکثر آزمایشهای انجام شده بر روی ده نمونه، از ۴۰ تا ۵۰ درصد بیشتر باشد، خاک به شدت واگراست و احتمالاً نیازی به انجام آزمایشهای شیمیایی نخواهد بود.
- ۲- اگر نتایج بیشتر آزمایشها در محدوده بین ۲۰ تا ۴۰ درصد قرار گیرد و در یک یا دو نمونه درصد واگرایی بیش از ۵۰ درصد باشد، خاک مورد مطالعه به طور متوسط واگراست.



شکل ۱- محاسبه درصد واگرایی در آزمایش هیدرومتری دوگانه

۳- معمولاً درصد واگرایی رسهای عادی در حدود ۱۰ تا ۴۰ درصد است، اما در برخی از رسهای به شدت واگرا، با وجود وقوع فرسایش و آب شستگی های داخلی، درصد واگرایی کمتر از ۴۰ درصد بوده است. لذا در چنین مواردی لازم است که آزمایشهای شیمیایی نیز بر روی شیره اشباع انجام شود و با مراجعه به نمودار شکل (۲)، میزان واگرایی خاک تعیین گردد.



شکل ۲- میزان کل نمکهای محلول در عصاره اشباع (میلی اکی والان در لیتر)

۴- درصد واگرایی رسهای به شدت مقاوم در مقابل شسته شدن، معمولاً بین ۰ تا ۱۵ درصد است. اگر نتایج همه آزمایشها در این محدوده قرار گیرد، به احتمال قریب به یقین، خاک غیرواگرا است. با وجود این، انجام دادن چند آزمایش شیمیایی بر روی شیره اشباع جهت حصول اطمینان لازم است.

### آزمایش پین هول

آزمایش پین هول را شرارد و همکارانش در سال ۱۹۷۳ ابداع و نتایج حاصل از آن را طی مقاله ای در سال ۱۹۷۶ ارائه کردند. در این آزمایش که به آزمایش شرارد معروف است میزان واگرایی خاکهای ریزدانه مستقیماً با عبور دادن آب از داخل سوراخی که در نمونه خاک ایجاد می گردد اندازه گیری می شود. آبی که از داخل نمونه های خاکهای واگرا خارج می شود کدر و دارای ذرات معلق کلوئیدی است، اما در نمونه های غیر واگرا، آب مذکور زلال و شفاف است. نتایج این آزمایش بر اساس جدول ۲ به چهار گروه تقسیم می شود.

جدول ۲- شاخص تعیین واگرایی

شاخص	میزان واگرایی
ND1	غیر واگرا
ND2	عادی واگرا
ND3	متوسط واگرا
ND4	واگرا

### آزمایش تعیین نمک های محلول در آب (آزمایش شیمیایی)

نتایج آزمایش تعیین نمک های محلول در آب (آزمایش شیمیایی) براساس رابطه ۱ و نمودار ۲ که توسط شرارد ارائه گردیده، مورد تحلیل قرار گرفت. در ابتدا بایستی با تعیین میزان نمک های محلول موجود در خاک (K-Na-Mg-Ca) درصد سدیم (P.S) را از رابطه ۱ تعیین کرده و با تعیین محل این درصد در نمودار ۲ قابلیت واگرایی، عدم واگرایی یا بطور متوسط واگرا بودن خاک درخصوص نمونه ها به دست آید.

$$(P.S) = \frac{Na}{Ca + Mg + Na + K} \quad (1)$$

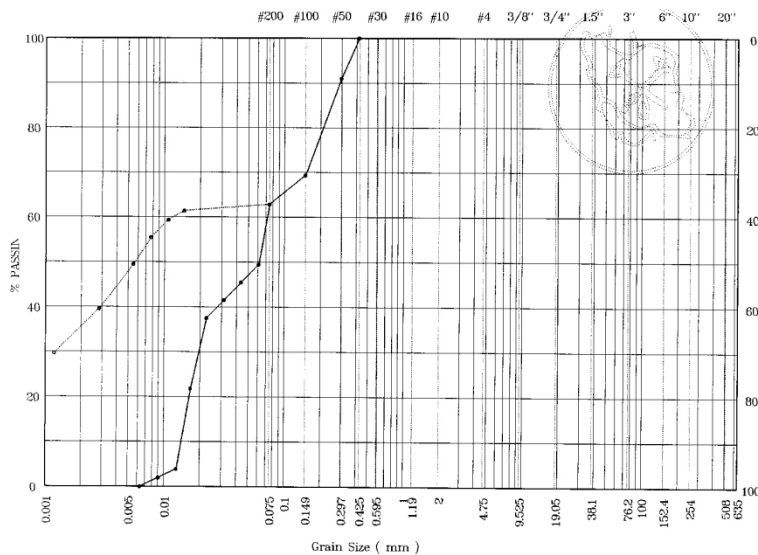
### نتایج و بحث

میزان واگرایی نمونه خاک بر اساس معیار آزمایش هیدرومتری دوپل مطابق جدول (۱) تعیین گردیده است.

جدول ۱- نتایج هیدرومتری دوپل برخی از نمونه های مورد آزمایش

ردیف	A	B	A/B	میزان واگرایی
۱	۰	۴۱	۰	غیر واگرا
۲	۰	۳۹	۰	غیر واگرا
۳	۵	۴۰	۱۲/۵	غیر واگرا
۴	۷/۵	۳۷	۲۰/۳	عادی واگرا
۵	۲	۲۰	۱۰	غیر واگرا
۶	۳	۲۷	۱۱	غیر واگرا
۷	۰	۳۴	۰	غیر واگرا
۸	۹/۵	۴۰	۲۳/۷۵	عادی واگرا
۹	۶	۴۶	۱۳	غیر واگرا
۱۰	۰	۲۹	۰	غیر واگرا

در شکل (۳) نمونه ای از نتایج هیدرومتری دوپل انجام شده بر روی یکی از نمونه ها آورده شده است.



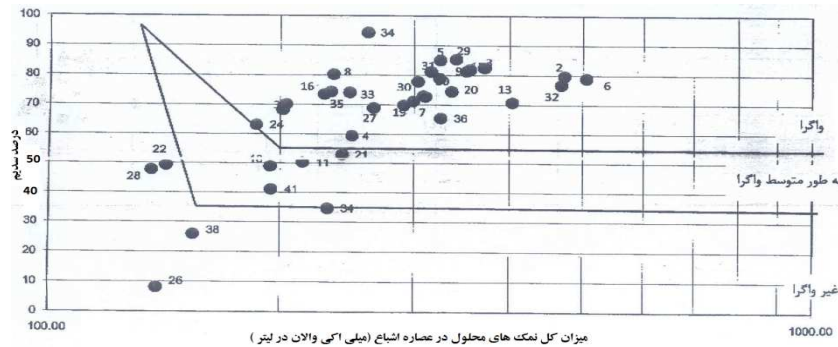
شکل ۳- نمونه ای از نمودار آزمایش هیدرو متری دابل انجام شده روی نمونه منتخب

بر اساس آزمایشات پین هول انجام یافته بر روی نمونه های منتخب ، نتایجی بشرح جدول ۳ بدست آمده است :

جدول ۳- نتایج آزمایشات یافته روی نمونه های منتخب

تعداد نمونه	شاخص	میزان واگرایی
۲۸	ND1	غیر واگرا
۸	ND2	عادی واگرا
۳	ND3	متوسط واگرا
۰	ND4	واگرا

که نتایج نمونه های منتخب اخذ شده مطابق شکل (۳) می باشند.



شکل ۴- نتایج آزمایشات پین هول انجام شده روی نمونه های منتخب

با توجه به بررسی های به عمل آمده در خصوص نتایج فوق الذکر که حاصل آزمایشات تعیین واگرایی نمونه های اخذ شده از قرضه های مورد استفاده پروژه های AMC3 و AMC4 بوده ، نشان دهنده ی این موضوع استکه نتایج آزمایشات مذکور با یکدیگر در تناقض می باشند. پس از بررسی های به عمل آمده در خصوص ریشه یابی و جستجوی علل تناقض در نتایج آزمایشات به روشهای فوق الذکر ، مشخص گردید که زمینهای قرضه قبل از استحصال خاک کاربری کشاورزی داشته اند. با توجه به اینکه کود های استفاده شده در زمین های کشاورزی منطقه اغلب شیمیایی بوده و حاوی کاتیون سدیم (Na) می باشند و نیز به دلیل آبیاری حین کشت مقادیری از این کاتیون ها به اعماق خاک نفوذ می کنند، از این رو در آزمایشات شیمیایی مقدار کاتیون سدیم بالا رفته و در نتیجه خاک واگرا تلقی می گردد. این درحالی است که میزان

کاتیون واقعی در ساختار خاک کمتر از مقادیر به دست آمده از آزمایش شیمیایی می باشد. با توجه به خطای عنوان شده در نتایج آزمایش شیمیایی این نتایج قابلیت استناد در زمین هایی که قبلاً کاربری زراعی داشته اند، نخواهند داشت. همچنین به علت اینکه آزمایش پین هول شرایط فیزیکی پدیده واگرایی را به طور واقعی مدل می نماید در بین دو روش آزمایش دیگر بیشترین اعتبار را دارد. ضمناً علاوه بر این موضوع از آنجاییکه آزمایش هیدرومتری دوپل به میزان رطوبت نمونه ها حساس بوده به گونه ای که چنانچه پس از نمونه گیری از خاک در محل، رطوبت آن بر اثر قرار گرفتن در معرض هوا کاهش یافته و میزان درصد واگرایی نیز کاسته می شود، لذا آزمایش هیدرومتری دوپل از درجه اعتبار کمتری نسبت به پین هول برخوردار می باشد. پس در نتیجه با توجه به توضیحات فوق الذکر، چنانچه قرضه های مورد استفاده کاربری کشاورزی داشته و مضافاً اینکه تعداد نمونه های اخذ شده בעلتمسائل مالی محدود می باشد، پیشنهاد میگردد که به ترتیب نتایج آزمایش های پین هول، هیدرومتری دوپل و آزمایش شیمیایی مورد توجه قرار گرفته و بر اساس نتایج آنها در مورد تعیین میزان واگرایی خاک قضاوت نمود.

## مراجع

- ۱- ابن جلال، ر. و شفاهی بجستان، م. ۱۳۷۱. "اصول نظری و عملی مکانیک خاک"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۷۲۴ ص.
- ۲- عسکری، ف و فاخر، ع. (۱۳۷۲). تورم و واگرایی خاکها از دید مهندسی ژئوتکنیک، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، چاپ اول.
- ۳- رسولی، ا. (۱۳۸۷). خاکهای مسئله دار، انجمن علمی مهندسی کشاورزی - علوم خاک، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.
- ۴- معاونت فنی و راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۸)، ضوابط و معیارهای عملیات اکتشافی ژئوتکنیکی در پروژه های آبیاری و زهکشی، تهران: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، نشریه شماره ۴۹۳.