بررسی خاکهای واگرا در ارتباط با شرایط زمین شناسی در استان خوزستان

نوشته : دکتر ماشاءاله خامه چیان *، دکتر حسن رحیمی ** و دکتر حمیدرضا سلوکی *

Studies on dispersive soils in relation to geological conditions of Khuzestan Province

By : Dr.M. Khamechian * & Dr.H. Rahimi ** and Dr.H.Soloki*

چکیده

در یک بررسی گسترده صحرائی و جمع‌آوری نمونه از نقاط مختلف، همراه با بررسیهای آزمایشگاهی، پدیدهٔ واگرائی و گسترش خاکهای واگرا در استان خوزستان مورد مطالعه قرار گرفت. وضعیت زمین‌شناسی، مناطق مختلف استان خوزستان نشان می‌دهد که ارتفاعات موجود در بخشهای شمالی، شمال خاوری و خاور استان به وسیلهٔ رودخانه‌های مختلف فرسایش یافته و در دشت پهناور خوزستان رسوب می‌نماید. به دلیل شرایط خاص موجود در منطقه، از قبیل گسترش سازند نمکی گچساران، وجود خاک واگرا در مناطق مختلف آن اجتناب ناپذیر است در این تحقیق، با استفاده از نتایج بررسیهای صحرائی و آزمایشگاهی، ضمن مقایسه روشهای مختلف شناسائی خاکهای واگرا، استان خوزستان از نظر پتانسیل تشکیل خاک واگرا به سه منطقهٔ حساس به واگرائی حدواسط و غیرواگرا، تقسیم شده است.

واژه‌های کلیدی: خاک واگرا، روش‌های شناسائی، خوزستان

Abstract

Extensive field investigations, sampling and laboratory studies have been done on soil samples from Khuzestan province in order to document their dispersivity and the distribution of dispersive soils. Geological conditions in different parts of the province show that the high relief areas in the north, northeast and eastern parts of the area are eroded by rivers and form deposits in the Khuzestan plain. Due to special conditions, the existence of dispersive soils in different parts of the area is not avoidable. Based on results of field investigations and laboratory results, the studied area is divided into three zones, wilt high and moderate dispersivity potential, and a floodplain with nondispersive soil. In addition to the different laboratory tests for identification, the dispersive soils have been compared with each other and related to the field conditions.

Key Words: Soil dispersivity, Identification methods, Khuzestan plain

مقدمه

وجود، مقدار و نوع املاح موجود در خاک یکی از مسائل مهمی است که همواره باید در انتخاب منابع قرضه خاکهای ریزدانه، در نظر گرفته شود. تجربیات گذشته نشان داده است که عدم توجه به این مسئله در اجرای سازه‌های آبی مشکلات فراوانی را به وجود آورده است و گاهی به خرابی سازه‌ها منجر شده است. از مهمترین پدیده‌هائی که در این ارتباط می‌توان به آنها اشاره نمود، پدیدهٔ واگرائی در این خاکها است. خاکهای واگرا که عموماً از نوع رس هستند در صورت قرار گرفتن در معرض جریان آب، حتی اگر سرعت جریان کم باشد، به سهولت شسته می‌شوند و فرسایش می‌یابند. بالا بودن درصد یون سدیم در آب متفذی، از ویژگی‌های عمدهٔ این خاکهاست. بین ذرات خاکهای رسی نیروهای دافعه و جاذبه دارد. نیروهای جاذبه از نوع نیروهای واندروالی هستند و نیروهای دافعه، به دلیل اثر متقابل لایه‌های دوگانه در اطراف ذرات کانیهای رسی می‌باشد. کاتیونهای یک ظرفیتی سدیم در روی سطح ذرات رس، باعث افزایش ستبرای لایه دوگانه و همچنین افزایش نیروهای دافعه بین ذرات می‌شوند. زمانی که نیروی دافعه بین ذرات، از نیروهای جاذبه بیشتر باشد، وجود آب به راحتی و سهولت ذرات خاک را از یکدیگر جدا کرده و جابه جا می‌کند و بدینگونه خاک واگرا شده و یا به عبارتی پدیدهٔ واگرائی به وقوع می‌پیوندد، که یک پدیدهٔ فیزیکی - شیمیائی است (رحیمی ۱۳۶۸). در حالیکه همین جداشدگی ذرات و فرسایش در خاکهای غیرچسبنده بسیارریز، مانند سیلتها و ماسه‌های نرم، در صورتی که سرعت جریان آب به قدر کافی زیاد باشد تا نیروی جاذبه بین ذرات را از بین ببرد، نیز اتفاق می‌افتد که در این حالت یک پدیدهٔ مکانیکی است (عسگری و فاخر، ۱۳۷۲).

کشاورزان و متخصصین کشاورزی اولین گروهی بودند که به پدیدهٔ واگرائی در خاکهای کشاورزی پی‌بردند. فشر روئی خاکهای واگرا براثر شسته شدن از بین می‌رفت و خلل و فرج و حفره‌های بزرگی بوجود می‌آورد که آسیب وارده عملاً کشاورزی را در این زمینها غیرممکن می‌ساخت (Deeker and Dunnigon 1977) و Middleton(1930) برای نخستین بار یکی از عوامل مؤثر در فرسایش خاکهای ریزدانه را پدیدهٔ واگرائی دانسته و مشخص نمود که درصد املاح دراین خاکها زیاد است.

خاکهای واگرا اغلب در آبرفتهای رسی دشتهای سیلابی و رسوبات دریاچه‌ای و لسی دیده شده‌اند. همچنین بعضی از خاکهای حاصل از شیلها و رس سنگهای ته‌نشین شده در محیطهای دریائی، واگرا هستند. خاکهای ریزدانه برجا مانده از هوازدگی سنگهای آذرین و دگرگونی و سنگهای آهکی و همچنین خاکهای محتوی مقدار زیادی از مواد آلی عموما غیرواگرا هستند (Sherard et.al.1977).

از آنجا که وجود خاکهای واگرا باعث مشکلات ژئوتکنیکی زیادی می‌گردد، شناسائی آنها در مراحل اولیه بررسیهای ژئوتکنیکی حائز اهمیت است. این شناسائی با بررسیهای صحرائی و آزمایشگاهی انجام می‌گیرد. رایج‌ترین روشهای آزمایشگاهی شناسائی خاکهای واگرا عبارتند از : آزمایش کرامب، آزمایشهای شیمیائی، آزمایش هیدرومتری دوگانه و آزمایش پین هول.

در این تحقیق، با بررسی و تجزیه و تحلیل مطالعات قبلی انجام شده در استان خوزستان و همچنین وضعیت زمین‌شناسی و گسترش سازندهای مستعد ایجاد خاکهای واگرا در استان، از نقاط مختلف نمونه‌برداری صورت گرفته و ضمن مقایسهٔ روشهای مختلف شناسائی خاکهای واگرا با توجه به شرایط زمین‌شناسی و نتایج آزمایشهای سعی شده است یک پهنه‌بندی اولیه جهت وضعیت گسترش خاکهای واگرا، در این استان صورت پذیرد.

شرایط زمین‌شناسی استان خوزستان

از دیدگاه زمین‌شناسی و تنوع سازندهای رخنمون یافته در سطح زمین، بخش شمالی و شمال خاوری این استان که ارتفاعات استان را در برمی‌گیرد مورد توجه است. در بخشهای مرکزی و جنوبی به سمت خلیج فارس و قسمتهای کم ارتفاع، لایه‌های سنگی، به جز در محدودهٔ شهر اهواز، رخنمون ندارند و منطقه به وسیلهٔ رسوبهای ستبر عهد حاضر پوشیده شده است که تشکیل جلگهٔ خوزستان را می‌دهند.

بررسیهای زمین‌شناسی استان نشان می‌دهد که ارتفاعات منطقه بطور عمومی از آهک، شیل، مارن و لایه‌های نمک، انیدریت و ژیپس تشکیل شده است که تامین کنندهٔ اصلی رسوبهای موجود در دشت خوزستان هستند. از عمده‌ترین سازندهای منطقه می‌توان آغاجاری، گچساران، گورپی، پابده، بختیاری، و میشان را نام برد. از میان این سازندها سازند گچساران به دلیل تامین نمک خاکهای واگرا از اهمیت بسزائی برخوردار است.

رودخانه‌هائی چون کارون، کرخه، دز، مارون، و جراحی عامل اصلی فرسایش و حمل مواد این سازندها به سوی دشت خوزستان می‌باشند. استان خوزستان دارای شیبی عمومی از طرف شمال و شمال خاوری به طرف جنوب و جنوب باختری است و می‌توان آن را از نظر ژئومورفولوژی به چهار بخش تقسیم نمود:

– مناطق کوهستانی، که بخشی از سلسله جبال زاگرس است و در شمال و خاور استان با یک روند شمال باختری – جنوب خاوری قرار دارند.

– منطقهٔ جلگه‌ای در جنوب و باختر استان که شامل زمینهای کشاورزی و مناطق باتلاقی نیز می‌باشد.

– تپه‌های ماسه بادی که ۲۰۰ تا ۹۰۰ هزار هکتار از مساحت استان را دربر می‌گیرند و به طور عمده در شمال باختری اهواز و گاهی در جنوب خاوری آن گسترش دارند.

– رودخانه‌های منطقه که شامل کارون، کرخه، دز، جراحی، کوپال، ابوالعباس، اروند، مارون و بهمنشیر می‌باشند.

مطالعات موردی

در گزارشهای مطالعات ژئوتکنیک پاره‌ای از پروژه‌های عمرانی انجام شده در استان خوزستان، نتایج بررسیها و آزمایشهای مربوط با واگرائی خاک در محل پروژه وجود دارد که در مراحل اولیهٔ این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. مهمترین این پروژه‌ها عبارتند از : شبکهٔ آبیاری گتوند، طرح توسعهٔ نیشکر (واحدهای فارابی، غزالی، دعبل خزائی، امیرکبیر و میرزا کوچکخان)، منابع قرضهٔ سد مارون، واحد نیشکر میان آب، و منطقهٔ دارخوین. خلاصهٔ اطلاعات این گزارشها در جدول ۱ و محل آنها در شکل ۱ نشان داده شده است.

بررسیهای صحرائی و مطالعهٔ نقشه‌ها

در باختر و شمال باختری استان، به دلیل گسترش مناطق باتلاقی و تپه‌های ماسه بادی، انجام پروژه‌های عمرانی میسر نبوده و لذا اطلاعات مکانیک خاک بسیار محدود می‌باشد. بخشهائی ازبستان و غرب هوزگان به صورت باتلاقی است وتپه‌های ماسه‌ای در شمال حمیدیه، سوسنگرد، و بستان باروند شمال باختری – جنوب خاوری گسترش دارند (شرکت ملی نفت ایران ۱۳۶۷). در قسمتهائی از شمال این تپه‌ها سازند گچساران به صورت محدود و پراکنده رخنمون دارد که ذرات حاصل از هوازدگی دائمی وجود ندارند و تنها آبراهه‌های غیردائمی و فصلی به صورت پراکنده دیده می‌شوند که عمل فرسایش و حمل توسط این آبراهه‌ها ذرات زیادی در حد رس تولید نمی‌کند. رودخانهٔ کرخه نیز در منطقهٔ بستان وارد باتلاقها می‌شود و رسوبهای حمل شده را در آنجا ته‌نشین می‌کند (شرکت ملی نفت ایران ۱۳۶۷، وزارت کشاورزی ۱۳۷۰).

جنوب، جنوب باختری و جنوب خاوری استان را دشت مسطح خوزستان فرا گرفته است و شهرهای خرمشهر، آبادان، هندیجان، امیدیه و شادگان در این محدوده قرار گرفته‌اند. از نظر زمین‌شناسی بیرون‌زدگی خاصی در آن دیده نمی‌شود. ستبرای رسوبها در بعضی نقاط به ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر می‌رسد (شرکت ملی نفت ایران ۱۳۶۷) و به علت نزدیک بودن ارتفاع آن به سطح آب در خلیج فارس، سطح آب زیرزمینی در آن بالا است (مهندسین مشاور زمیران، ۱۳۶۹، مهندسین مشاور ماندرو). در اطراف شادگان دشتهای سیلابی مسطح دیده می‌شود و در محدودهٔ روستای گرگر دشتهای آبرفتی و رسوبی رودخانه‌ای مشخص است (وزارت کشاورزی، ۱۳۷۰). دشت خوزستان در محل شهرستان امیدیه به ارتفاعات با روند شمال باختری – جنوب خاوری متصل می‌گردد. جز در موارد محدودی که سازند گچساران و میشان در این ناحیه رخنمون دارند، بقیه سازند غالب ناحیه را سازند آغاجاری تشکیل می‌دهد (شرکت ملی نفت ایران ۱۳۶۷)

سازندهای بختیاری، گچساران، میشان و آغاجاری تشکیل دهندهٔ ارتفاعاتی است که با روند شمال باختری – جنوب خاوری در شمال منطقهٔ گتوند و شوشتر وجود دارند. رودخانهٔ کارون و آبراهه‌های آن رسوبات را از سازند گچساران شسته و وارد دشت اطراف گتوند می‌کنند. در مکانهائی که کانالهای آبیاری در این دشت حفر گردیده‌اند و یا پشته‌هائی که برای مجزا کردن زمینهای کشاورزی از هم احداث شده براحتی می‌توان آبشستگی‌های ژرف ناشی از واگرائی خاک را مشاهده کرد. بیشتر رسوبهای دشت شوشتر حاصل فرسایش سازندهای گچساران، آغاجاری، بختیاری و میشان است که توسط رودخانه‌های کارون و شور به این دشت حمل شده‌اند. در اطراف مسجد سلیمان نیز این رسوبات وجود دارند ولی این به میزان بسیار ناچیزی حمل شده و درشت دانه هستند.

در قسمت شمال و شمال خاوری رامهرمز سازند گچساران به صورت بسیار گسترده و سازندهای میشان، آغاجاری و بختیاری به صورت محدود رخنمون دارند. رودهای زرد، آبشور، رامهرمز و آب لشکر و سرشاخه‌های آنها با فرسایش این سازندها رسوبهای فراوانی را به سوی دشت منطقهٔ رامهرمز حمل و در آنجا ته‌نشین می‌سازند. جادهٔ رامهرمز به بهبهان و آغاجاری نیز درون دشتی از رسوبهای آبرفتی قرار گرفته است که تحت تاثیر رودخانه‌های مارون، بابا احمد و ابوفارس می‌باشد. این رودخانه‌ها در مسیر خود به طور مکرر سازند گچساران را قطع و با تخریب و فرسایش این سازند و سازندهای دیگر موجود در منطقه املاح مختلفی را به درون این دشت حمل می‌کنند رودخانهٔ مارون که از ارتفاعات استان کهکیلویه و بویراحمد سرچشمه می‌گیرد با طغیانهای فصلی بزرگ، به مقدار زیادی این منطقه و دشت بهبهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

آزمایشهای مربوط به احداث سد مارون نیز نشان دهندهٔ میزان قابل ملاحظه گچ و نمک در آب این رودخانه است (مهندسین مشاور مهاب قدس، ۱۳۶۵).

منطقه شمال خاوری، خاور و جنوب اهواز در رسوبهای عهد حاضر قرار گرفته و حاصل سیلابها و رسوبگذاری متوالی رودخانه‌های کارون، دز، کرخه و آبراهه‌های محلی است که اکثر آنها با توجه به شیب توپوگرافی عمومی منطقه از شمال و شمال خاوری به این منطقه وارد می‌شوند. در قسمت جنوب هفت تپه سازندهای بختیاری و آغاجاری در نقشه‌های زمین‌شناسی دیده می‌شوند. نقشه‌های خاکشناسی ارتفاعات محل را متشکل از تپه‌های کم‌ارتفاع بریده شده، فلاتها و پانگانه‌ها نشان می‌دهند.

نمونه‌برداری و آزمایشها

پس از بررسیهای اولیه و صحرائی براساس سه معیار زیر از ۲۳ محل (شکل ۱) نمونه‌برداری شد:

– مناطقی که در آنجا گزارشی در مورد واگرائی یا عدم واگرائی خاک ارائه شده است.

– مناطقی که از نظر ظاهری فرسایشی مشابه خاکهای واگرا داشتند.

– سایر مناطق که برای بررسی بیشتر و به صورت اتفاقی انتخاب گردیدند.

این نمونه‌ها در آزمایشگاه مطابق با جدول ۲ مورد آزمایشهای مختلف قرار گرفته‌اند.

نمونه‌های تهیه شده ریزدانه بوده و بیش از ۸۰٪ از ذرات کوچکتر از ۵ میکرون می‌باشند و میزان ذرات کوچکتر از ۵ میکرون در این نمونه‌ها بین ۵ تا ۴۵ درصد متغیر است. براساس سیستم طبقه‌بندی یونیفاید اکثر نمونه‌ها رس با خمیرائی کم (Cl) طبقه‌بندی شده‌اند (شکل ۲). به منظور تشخیص واگرائی نمونه‌ها از ۴ آزمایش استاندارد (کرامب، هیدرومتری دوگانه، شیمیائی و پین هول) از روش شیمیائی پیشنهادی Rahimi and Delfi (1993) استفاده شده است.

نتایج آزمایشهای کرامب حاکی از آن است که بیشتر نمونه‌ها در این آزمایش غیرواگرا هستند و دراین میان تنها نمونه‌های شماره ۲ ، ۱۵ و ۱۷ به مقدار کمی واگرائی نشان داده. در آزمایش هیدرومتری دوگانه نمونه‌های ۲، ۶ و ۱۵ نسبت واگرائی بالای ۲۰ درصد را نشان می‌دهند (جدول ۳). پس از آبشوئی نمونه‌ها [آبشوئی براساس روش پیشنهادی Rahimi and Delfi(1993) انجام شده است] نسبت واگرائی به میزان زیادی کاهش یافته است به طوری که تنها یک نمونه نسبت واگرائی بیش از ۲۰ درصد را نشان می‌دهد. در آزمایشهای شیمیائی و براساس نمودار شیمیائی Sherard، تعداد ۱۰ نمونه واگرا، ۹ نمونه بینابین و ۴ نمونه غیرواگرا ارزیابی شده‌اند و طبق روش Rahimi and Delfi، ۴ نمونه غیرواگرا و ۲ نمونه بینابین می‌باشند و بقیهٔ نمونه‌ها نیاز به آبشوئی دارند (جدول ۳). پس از آبشوئی ۳ نمونه بینابین و بقیه غیرواگرا ارزیابی شده‌اند. در آزمایش پین‌هول نمونه‌های ۲، ۶، ۱۵، ۱۶، ۱۷ واگرا (D1, D2) و نمونهٔ ۲۳ بینابین ارزیابی شده است. پس از آبشوئی نمونه‌ها نیز نمونه‌های شمارهٔ ۲، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ به صورت بینابین و نمونه‌های شمارهٔ ۶ و ۲۳ به صورت غیرواگرا ارزیابی شده‌اند(جدول ۴).

مقایسهٔ نتایج روشهای فیزیکی (هیدرومتری دوگانه و پین هول) با روش املاح محلول در عصارهٔ اشباع نشان می‌دهد، نمونه‌هائی که در آزمایش پین‌هول واگرائی نشان داده‌اند، نسبت واگرائی بالاتر از ۲۰ درصد را در آزمایش هیدرومتری دوگانه نشان می‌دهند و مقدار سدیم آنها بیشتر از ۴۰ درصد است (شکل ۳). از نظر هماهنگی بین آزمایشها، نمونه‌های ۲ و ۱۵ در هر سه آزمایش پین‌هول، هیدرومتری دوگانه و شیمیائی واگرا ارزیابی شده‌اند. نمونهٔ شمارهٔ ۲۳ در هر سه آزمایش در حالت بینابین قرار گرفته است. اما نمونه‌ها ۱۶ و ۱۷ در آزمایشهای شیمیائی و پین هول و نمونهٔ ۶ در آزمایشهای پین هول و هیدرومتری دوگانه هماهنگی دارند. مقایسهٔ نتایج آزمایشهای شیمیائی و پین‌هول در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود تعدادی از نمونه‌ها که در آزمایش شیمیائی واگرا ارزیابی شده‌اند عملاً در آزمایش پین‌هول در مقابل فرسایش مقاومت کرده و غیرواگرا ارزیابی می‌شوند. براساس شکل ۴، ۵۶/۵ درصد از آزمایشهای پین هول با آزمایشهای شیمیائی هماهنگی دارند.

شکلهای ۵ و ۶ مقایسهٔ مشابه نتایج آزمایشها را بعد از آبشوئی نمونه‌ها نشان می‌دهند. نمونه‌ها پس از آبشوئی به میزان زیادی نمک سدیم و املاح خود را از دست می‌دهند و میزان فرسایش پذیری آنها در آزمایش پین‌هول و نسبت واگرائی آنها در آزمایش هیدرومتری دوگانه کاهش می‌یابد ۶۰/۸ درصد از آزمایشهای پین‌هول با آزمایشهای روش پیشنهادی رحیمی و دلفی هماهنگی دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسیهای زمین‌شناسی استان نشان می‌دهد که بلندیهای منطقه از سازندهای مختلفی تشکیل شده است که جنس آنها بیشتر آهک، شیل، مارن و لایه‌های نمک، انیدریت و ژیپس است. این سازندها تامین‌کنندهٔ اصلی رسوبهایی است که از سازندهای مشرف به سوی دشت خوزستان بوده و

رودخانه‌ها عامل اصلی حمل این مواد از سازندها به سوی دشت خوزستان می‌باشند. رودخانه‌هائی که در استان وجود دارند، قبل از ورود به دشت خوزستان در یک مسیر پرپیچ و خم و طولانی از سازندهای مختلف زمین‌شناسی عبور کرده و باعث فرسایش آنها می‌شوند. کانی‌ها و املاح موجود در سازندهای تبخیری به علت سست بودن به میزان زیادی فرسایش یافته و به سوی دشت حرکت نموده و در آنجا به علت کم‌شدن شیب رودخانه‌ها رسوب می‌کنند. بالا بودن سطح آب زیرزمینی در دشت خوزستان و تبخیر زیاد به علت گرم و خشک بودن منطقه نیز باعث می‌شود که املاح درون آبهای زیرزمینی با کمک خاصیت موئینگی به سطح خاکها رسیده و برشوری آنها بیافزاید. رسهای دشت خوزستان عموماً از فرسایش و هوازدگی شیلها و مارنها بوجود می‌آیند و املاح موجود در آنها حاصل فرسایش آهک، نمک، انیدریت و ژیپس موجود در سازندهای منطقه است. نتیجهٔ آزمایشهای شیمیائی نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌ها دارای املاح زیادی در عصارهٔ اشباع می‌باشند.

نمونه‌های ۲ و ۶ از مناطقی در حوالی شوشتر و گتوند تهیه شده‌اند. نتایج آزمایشهای پین‌هول این نمونه‌ها را واگرا ارزیابی کرده است. نحوهٔ فرسایش در روی زمین (تصاویر ۱ و ۲) با نتایج آزمایش پین‌هول مطابقت می‌نماید. علاوه برآن نتایج آزمایشهای شیمیائی نیز نشان می‌دهد که املاح موجود در عصارهٔ اشباع این نمونه‌ها و بخصوص میزان سدیم آن به نسبت بالا است. نمونه‌های ۴ و ۵ از همین مناطق، اما محلهائی که خاک تحت تاثیر شستشوهای ناشی از آبیاری است، تهیه گردیده است. به همین دلیل املاح موجود در این نمونه‌ها (بخصوص میزان نمک آنها) نسبت به نمونه‌های قبلی کمتر می‌باشد.

آزمایشهای پین‌هول، شیمیائی، کرامب و هیدرومتری دوگانه همگی مؤید واگرائی نمونهٔ شمارهٔ ۱۵ هستند. این نمونه از محلی تهیه شده است که تحت تاثیر شدید سازندهای حاوی نمک در منطقه می‌باشد و اگر چه میزان بارندگی در منطقه کم است، اما با هر بارندگی مقدار زیادی از خاک فرسایش یافته و از بین می‌رود. بریدگی‌های قائم و ژرف ناشی از پدیدهٔ واگرائی در محل نمونه‌برداری به خوبی به چشم می‌خورد (تصویر ۳).

نمونه‌های ۱۶ و ۱۷ از مناطقی در شمال خاوری شهرستان اهواز تهیه شده‌اند (تصاویر ۴ و ۵). براساس نتایج آزمایشهای شیمیائی هر دو نمونه دارای مقدار سدیم بیش از ۶۰ درصد می‌باشند و در آزمایش پین‌هول هم واگرا ارزیابی شده‌اند. نمونهٔ شمارهٔ ۱۶ از منطقه‌ای برداشته شده است که در معرض سیلابها و شستشوی رودخانهٔ کارون قرار دارد و املاح آن نسبت به نمونهٔ شمارهٔ ۱۷ کمتر است. بخشی از واگرائی نمونه شمارهٔ ۱۶ به علت فرسایش فیزیکی ناشی از سیلتی نمودن نمونه است (تصویر ۶). نمونهٔ شمارهٔ ۱۷ دارای فرسایش فیزیکی کمتر از نمونه‌های ۲، ۶ و ۱۵ می‌باشد، اما مجموع کاتیونهای موجود در آن بیشتر از نمونه‌های مذکور است. یکی از علل تجمع املاح در این نمونه‌ها بالا بودن سطح آب زیرزمینی می‌باشد. بالا بودن سطح آب زیرزمینی و شدت تبخیر در محل باعث حرکت املاح از لایه‌های زیرزمینی خاک به لایه‌های سطحی در اثر خاصیت موئینگی می‌شود.

نمونهٔ شمارهٔ ۲۳ از محدودهٔ واحدهای کشت و صنعت امیرکبیر و میرزاکوچک خان برداشت شده است. نتیجهٔ آزمایشهای پین هول نشان می‌دهد که این نمونه حالت بینابین دارد. این منطقه با سازندهای حاوی نمک فاصلهٔ زیادی دارد و در دشتی واقع است که توسط طغیانهای رودخانه‌ای در زمانهای مختلف بوجود آمده است و به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این محل و شدت تبخیر زیاد، میزان املاح موجود در خاک براثر خاصیت موئینگی افزایش یافته است. به طور کلی مناطق مختلف در دشت خوزستان تحت تاثیر شستشوهای ناشی از عملیات کشاورزی و طغیانهای رودخانه‌ای رفتار متفاوتی نسبت به واگرائی از خود نشان می‌دهند و بر پایه به میزان شستشو ممکن است واگرا یا غیرواگرا ارزیابی شوند.

گسترش سازند گچساران با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه در شکل ۷ نشان داده شده است. در این نقشه با توجه به نحوهٔ فرسایش و رسوبگذاری، مناطق متاثر از سازندهای نمکی، برحسب میزان وابستگی املاح خاکها به این سازند تقسیم‌بندی شده‌اند. به طوریکه با دور شدن از این سازند، به دلیل تاثیر شرایط مختلف از جمله شستشوی رودخانه‌ها و وضعیت آبهای زیرزمینی، مناطقی که تحت تاثیر این سازندها می‌باشند کمتر شده و نیز مناطقی وجود دارد که به دلیل شرایط خاص تحت تاثیر این سازندها می‌باشند کمتر شده و مناطقی نیز وجود دارد که به دلیل شرایط خاص تحت تاثیر این سازندها نمی‌باشند. با توجه به آزمایشهای انجام شده، گزارشهای قبلی و وضعیت زمین‌شناسی استان، حساسیت خاکهای مناطق مختلف استان به واگرائی به صورت شکل ۸ تهیه شده است. براین اساس کل استان به سه منطقهٔ حساس به واگرائی، غیرواگرا و حد واسط تقسیم شده است.

براساس مجموع مطالعات انجام شده علاوه برتقسیم بندی فوق نتایج زیر از این تحقیق حاصل شده است:

۱- سازندهای مختلف زمین‌شناسی منطقه در تشکیل خاکهای واگرا

مؤثر می‌باشند. به گونه‌ایکه سازندهای حاوی نمک سدیم پتانسیل واگرائی خاکهای اطراف خود را بالا برده و با دور شدن از این سازندها پتانسیل واگرائی نیز کم می‌شود و چنانچه در منطقه‌ای سازند نمکزا وجود نداشته باشد، به دلیل عدم وجود عامل شیمیائی، به طور عمومی خاک منطقه فاقد پتانسیل واگرائی شیمیائی خواهد بود.

۲- مناطقی که در معرض شستشوی رودخانه‌ها هستند، با تاثیر پذیری از آبشوئی خاک توسط سیلابهای فصلی مقدار زیادی از املاح خود، به ویژه نمک سدیم، را از دست می‌دهند و خاصیت واگرائی در آنها کاهش می‌یابد و در بسیاری از مواردخاک این مناطق غیرواگرا است.

۳ - چنانچه شرایط زمین‌شناسی واگرائی در خاک نشان‌دهندهٔ آن است که یک روش خاص به تنهائی قادر به ارزیابی کامل و دقیق پتانسیل واگرائی خاک نبوده و لازم است این پتانسیل با انجام چند روش مورد ارزیابی قرار گیرد. در هرحال در میان روشهای مختلف، آزمایش پین‌هول که پتانسیل فرسایش پذیری را به طور مستقیم مورد ارزیابی قرار می‌دهد دارای قابلیت اعتماد بیشتری است.

نام محل	مکان	روش شیمیائی	هیدرومتری دوگانه	پین هول	توضیحات
دشت شمال شرق اهواز	از شمال به رود کرخه از غرب به رود کارون از شرق به تپه ماهورها و از جنوب به اهواز محدود می شود	۸ درصد واگرا ۳۱ درصد بینابین ۶۱ درصد غیر واگرا	همه نمونه ها واگرا	غیرواگرا	در آزمایش کرامب یک نمونه واگرا و بقیه غیر واگرا رس و رس سیلتی، در مشاهدات صحرائی غیر واگرا
واحد امیرکبیر	جنوب اهواز، طرح توسعه نیشکر و مسایع جانبی	۸۰ درصد واگرا ۲۰ درصد غیر واگرا	۱۵ درصد تقریبا واگرا ۸۵ درصد غیر واگرا	۴۰ درصد تقریبا واگرا ۶۰ درصد غیر واگرا	دانه بندی CL,ML,SM,CL-ML سطح آب زیرزمینی بالا، در آزمایش کرامب ۴۰ درصد واگرا و بقیه غیر واگرا
واحد میرزا کوچک خان	جنوب اهواز، طرح توسعه نیشکر و مسایع جانبی	۸۰ درصد واگرا ۲۰ درصد غیر واگرا	۱۵ درصد تقریبا واگرا ۸۵ درصد غیر واگرا	۳۰ درصد تقریبا واگرا ۷۰ درصد غیر واگرا	دانه بندی CL,ML,SM,CL-ML سطح آب زیرزمینی بالا، در آزمایش کرامب ۶۰ درصد واگرا و بقیه غیر واگرا
واحد فارابی	جنوب اهواز، طرح توسعه نیشکر و مسایع جانبی	همه نمونه ها واگرا	۸ درصد واگرا ۲۸ درصد تقریبا واگرا ۶۴درصد غیر واگرا	غیر واگرا	دانه بندی CL,ML,SP-SM عمق آب زیرزمینی در غرب ۴ تا ۵/۵ متر، در قسمتهای میانی ۱/۵ تا ۵ و در محدوده شمالی ۱ تا ۱/۵ متر
واحد دعبل خزائی	جنوب اهواز، طرح توسعه نیشکر و مسایع جانبی	۵ درصد بینابین ۹۵ درصد غیر واگرا	۹۵ درصد واگرا ۵ درصد تقریبا واگرا	غیر واگرا	دانه بندی CL,ML,SM-ML, SP عمق آب زیرزمینی در غرب ۱/۸۰ و در جنوب شرقی ۶/۱ متر
واحد فرالی	جنوب اهواز، طرح توسعه نیشکر و مسایع جانبی	واگرا	غیرواگرا	غیرواگرا	دانه بندی CL,ML,SM سطح آب زیرزمینی بین ۱ تا ۷ متر
واحد نیشکر میان آب	روستای گنبش، معدن گرمک شوشتر	واگرا		غیرواگرا	
منابع فرعه سد مارون	سد مارون ۸ کیلومتری شمال شرق بهبهان	واگرا	غیرواگرا	واگرا	سطح آب زیرزمینی پایین
دارخوین	۱۶ کیلومتری دارخوین، غرب شادگان			غیرواگرا	دانه بندی CH,ML,CL,MH

جدول ۱- خلاصه گزارشهای مطالعات موردی خاکهای واگرا در استان خوزستان

شماره نمونه	محل نمونه برداری
۱	جاده دزفول به شوشتر (کیلومتر ۱۵)
۲	منطقه گتوند، حوالی روستای پیراحمد
۳	منطقه گتوند، حوالی روستای ظلم آباد
٤	منطقه گتوند، حوالی روستای کهنگ
٥	منطقه گتوند، حوالی روستای جلگان
٦	از سه راهی شوشتر -ملاثانی-مسجد سلیمان حدو ۱۰ کیلومتر به سمت مسجد سلیمان
۷	جاده اهواز به شوش، حوالی روستای سید علی
۸	جاده اهواز به شوش، روستای عباشیه
۹	روستای کوت شیخ در شمال غرب رامهرمز
۱۰	جنوب رامهرمز، روستای رستم آباد
۱۱	شمال شرق اهواز، بین روستای وحید و سرداحی
۱۲	جاده رامشیر به رامهرمز، کیلومتر ۱۸
۱۳	شمال شرق رامهرمز، حوالی روستای چم سید محمد
۱٤	شمال بهبهان، حوالی روستای قائد
۱٥	جاده رامهرمز به بهبهان، کیلومتر ٤۰
۱٦	شمال شرق ملاثانی
۱۷	غرب جاده اهواز به شوشتر، روستای زرگان
۱۸	جاده اهواز به شوشتر، جنوب روستای سلامت
۱۹	غرب اهواز، حوالی روستای فرسیه
۲۰	سوسنگرد، روستای ابوحمیضه
۲۱	شمال حمیدیه، روستای وسیله
۲۲	جاده اهواز به آبادان، روستای کوت عبداله
۲۳	جاده اهواز به خرمشهر، حوالی روستای کاظمی

جدول ۲- تعداد و نوع آزمایشهای انجام شده

نوع آزمایش	تعداد	استاندارد
تعیین رطوبت	۲۳	ASTM2216-17
تراکم	۲۳	ASTM698-70
دانه بندی	٤٦	ASTM422-63
حد روانی	٤٦	ASTM423-66
حد خمیری	٤٦	ASTM424-59
هیدرومتری دوگانه	٤٦	ASTM4221-83a
پین هول	۱۰۳	ASTM4647-87
کرامب	٤٦	
شیمیائی	٦۳	
تعداد کل آزمایشها	٤٤۲	

جدول ۳- نتایج ارزیابی واگرائی نمونه‌های مورد مطالعه قبل از آبشوئی

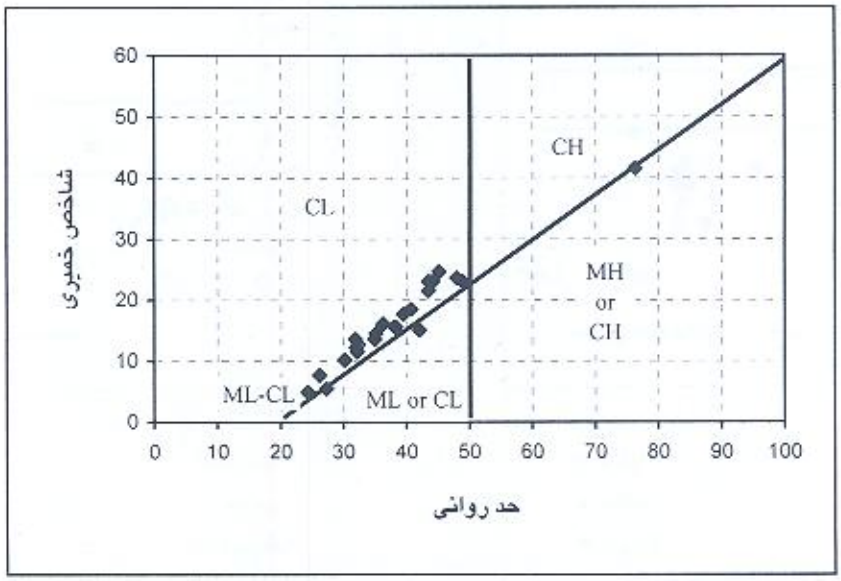
شماره نمونه	طبقه بندی یونیفاید	آزمایش کرامب	نسبت واگرائی	آزمایش پین هول	روش شیمیائی شرارد	روش شیمیائی رحیمی و دلفی
۱	CL	۱	۱٤/۸	ND1	C	نیاز به آبشوئی
۲	CL	۲	۵۵/۵۵	D1	A	نیاز به آبشوئی
۳	CL	۱	۲۳/۵	ND1	C	نیاز به آبشوئی
٤	CL	۱	۱۸/۲	ND1	B	غیر واگرا
۵	CL	۱	۱۲	ND1	B	نیاز به آبشوئی
٦	CL	۱	۵۲/٦	D1	A	نیاز به آبشوئی
۷	CL	۱	۷/۸	ND1	B	غیر واگرا
۸	CL	۱	۷/٦	ND1	B	بینابین
۹	CL	۱	۳٤/٦	ND1	A	نیاز به آبشوئی
۱۰	CL	۱	۳۲/۱	ND1	A	نیاز به آبشوئی
۱۱	CL	۱	۱۷/۸	ND1	B	نیاز به آبشوئی
۱۲	CL	۱	۱۷/٤	ND1	B	نیاز به آبشوئی
۱۳	CL	۱	۳۰	ND1	A	نیاز به آبشوئی
۱٤	CL	۱	۳۱/۸	ND1	B	بینابین
۱۵	CL	۲	٤۷	D1	A	نیاز به آبشوئی
۱٦	ML-CL	۱	۲۳	D2	A	نیاز به آبشوئی
۱۷	CL	۲	۲۳/۳	D2	A	نیاز به آبشوئی
۱۸	ML	۱	۳۵	ND1	C	نیاز به آبشوئی
۱۹	CL	۱	۳۳/۳	ND1	A	نیاز به آبشوئی
۲۰	ML	۱	۲۵	ND1	B	نیاز به آبشوئی
۲۱	ML	۱	۲۵	ND1	C	غیر واگرا
۲۲	CL	۱	۳۱	ND1	B	غیر واگرا
۲۳	CL	۱	۳٦/٤	ND4	A	نیاز به آبشوئی

جدول ۴- نتایج ارزیابی واگرائی نمونه‌های مورد مطالعه بعد از آبشوئی

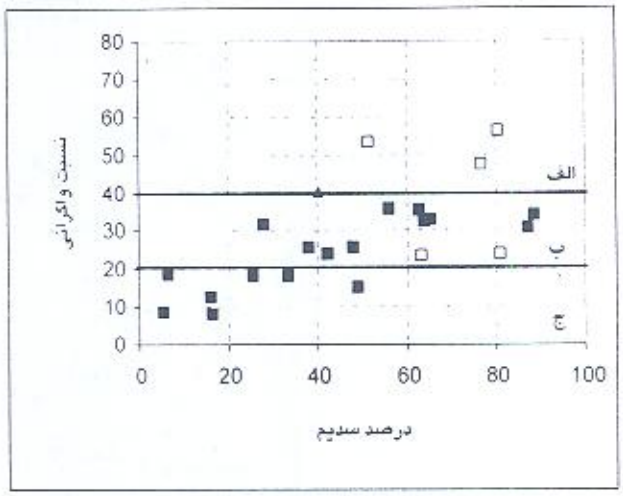
شماره نمونه	طبقه بندی یونیفاید	آزمایش کرامب	نسبت واگرائی	آزمایش پین هول	روش شیمیائی شرارد	روش شیمیائی رحیمی و دلفی
۱	CL	۱	۷/٤	ND1	B	غیر واگرا
۲	CL	۱	۳۷	ND4	B	غیر واگرا
۳	CL	۱	۱۱/۱	ND1	B	غیر واگرا
٥	CL	۱	۱۳	ND1	B	غیر واگرا
٦	CL	۱	۱۱/۱	ND2	B	غیر واگرا
۹	CL	۱	۹/٥	ND1	B	غیر واگرا
۱۰	CL	۱	۱۱/٥	ND1	B	غیر واگرا
۱۱	CL	۱	۱۹/۲	ND3	B	بینابین
۱۲	CL	۱	۸	ND1	B	غیر واگرا
۱۳	CL	۱	۱۲/۹	ND1	B	غیر واگرا
۱٥	CL	۱	۲٥	ND3	A	غیر واگرا
۱٦	ML-CL	۱	۱۳/۲	ND3	B	بینابین
۱۷	CL	۱	۱۷/٦	ND3	A	بینابین
۱۸	ML	۱	۱۰/٥	ND1	B	غیر واگرا
۱۹	CL	۱	۱۱/٥	ND1	B	غیر واگرا
۲۰	ML	۱	۸	ND1	B	غیر واگرا
۲۳	CL	۱	۱۰	ND1	B	غیر واگرا

جدول ٥- نتایج ارزیابی واگرائی نمونه‌های مورد مطالعه بعد از آبشوئی.

شکل ۱- موقعیت محلهای نمونهبرداری و مطالعات انجام شده قبلی



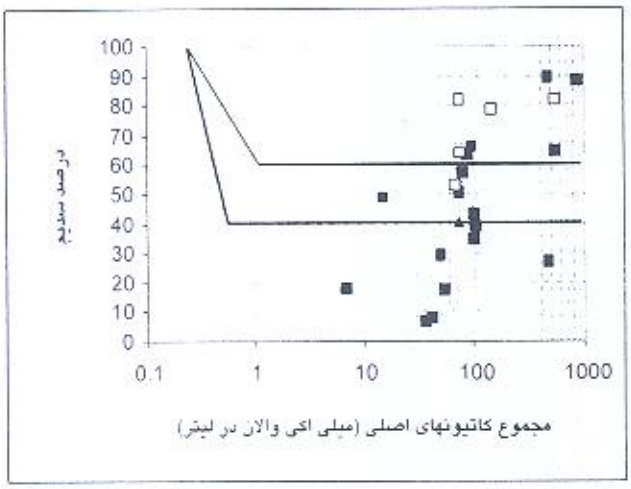
شکل ۲- طبقهبندی نمونهها براساس طبقهبندی یونیفاید



آزمایش پین هول
- واگرا
- بینابین
- غیرواگرا

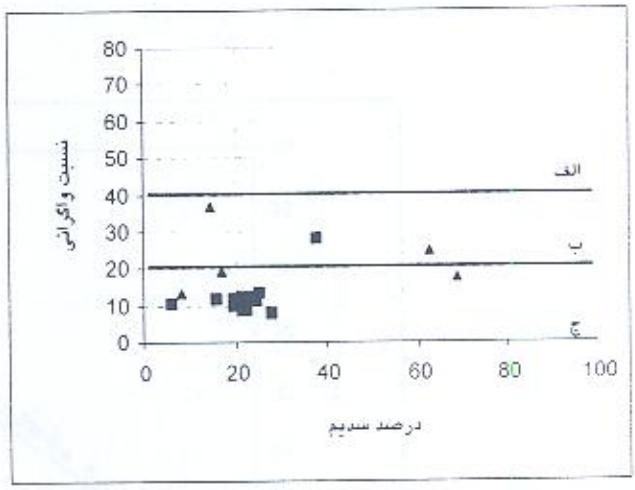
آزمایش هیدرومتری دوگانه
- الف: واگرا
- ب: بینابین
- ج: غیرواگرا

شکل ۳- مقایسه روشهای فیزیکی با روش شیمیائی شراره (قبل از آبشوئی)



آزمایش پین هول
- واگرا
- بینابین
- غیرواگرا

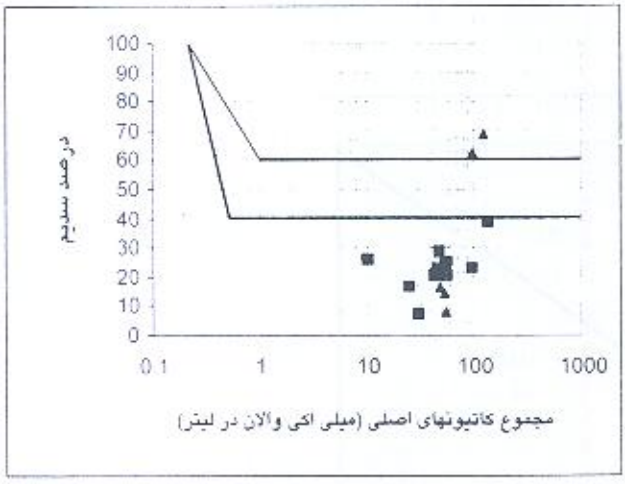
شکل ۴- مقایسه نتایج آزمایش پین‌هول با روش شیمیائی (قبل ازآبشوئی)



آزمایش پین هول
- واگرا
- بینابین
- غیر واگرا

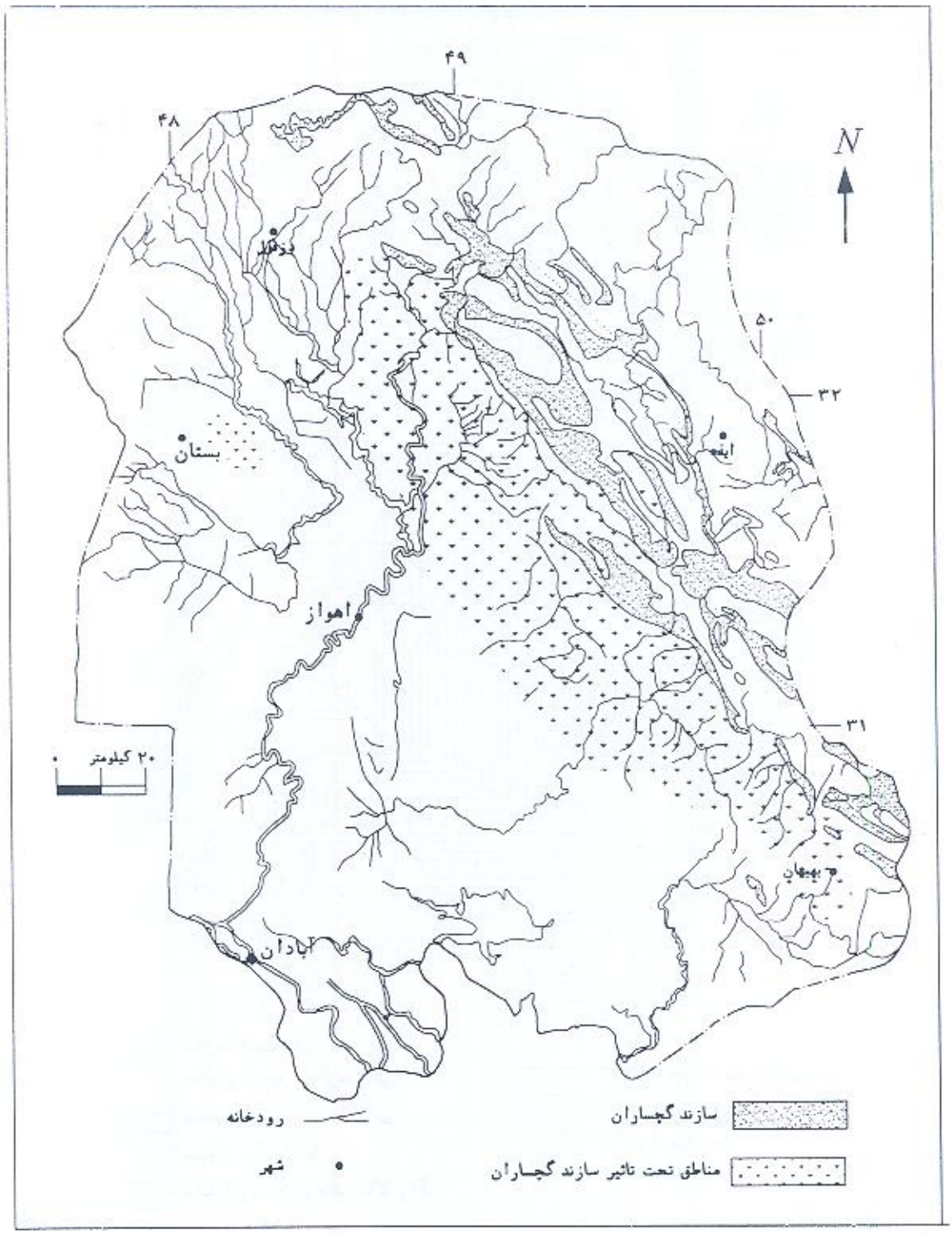
آزمایش هیدرومتری دوگانه
- الف: واگرا
- ب: بینابین
- ج: غیرواگرا

شکل ۵- مقایسه روشهای فیزیکی با روش شیمیائی شراره (بعد از آبشوئی)

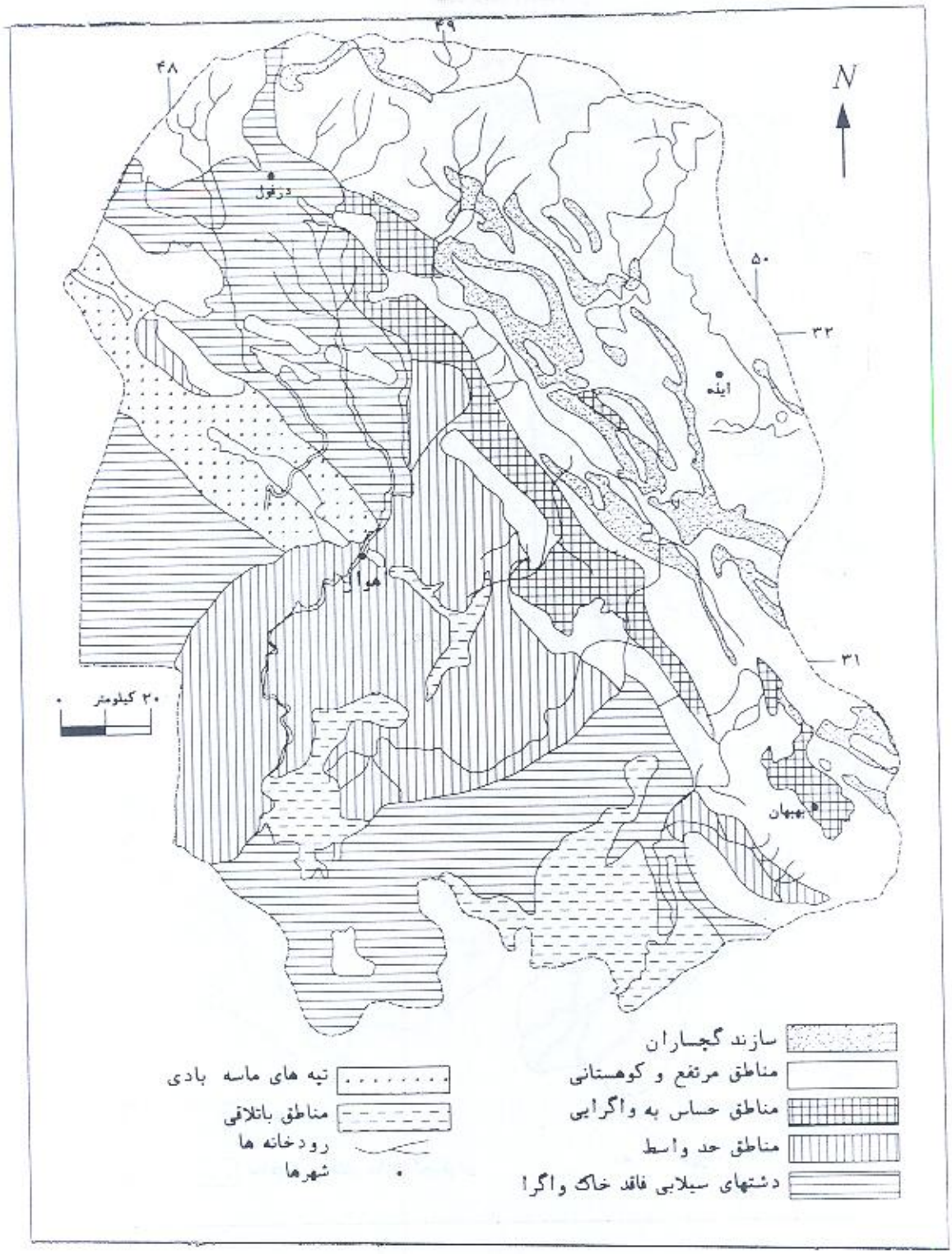


آزمایش پین هول
- واگرا
- بینابین
- غیرواگرا

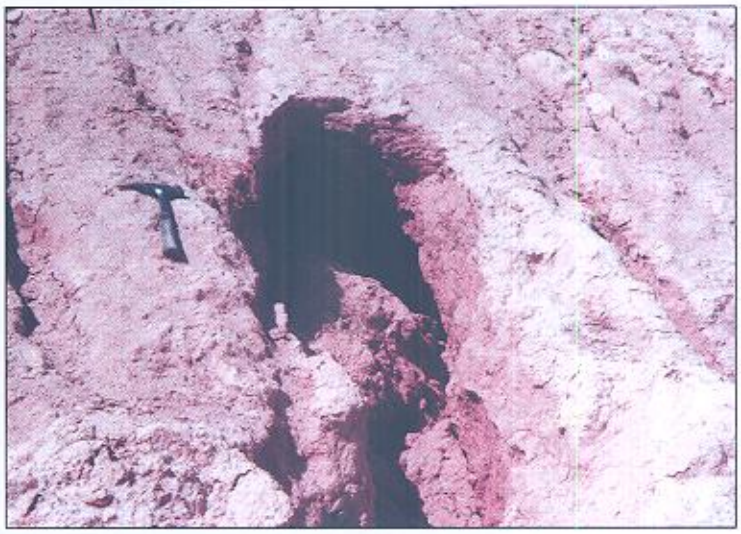
شکل ۶- مقایسه نتایج آزمایش پین‌هول با روش شیمیائی (بعد از آبشوئی)



شکل ۷- گسترش سازند گچساران در استان خوزستان



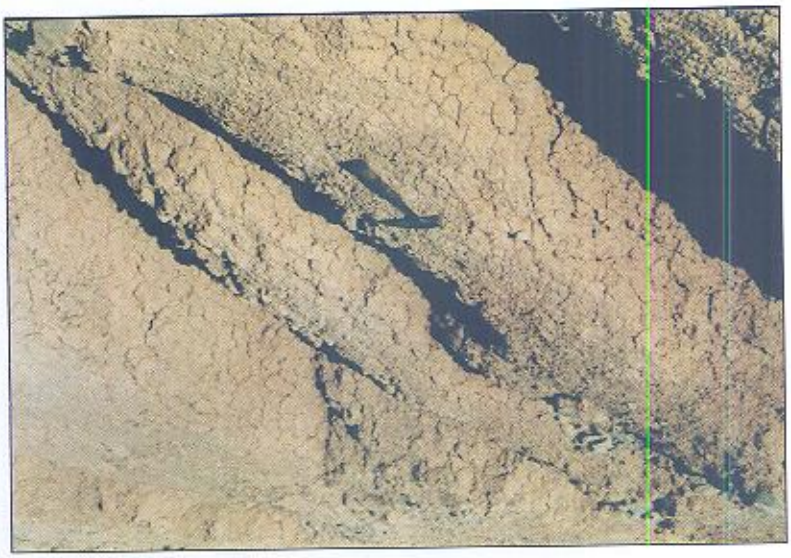
شکل ۸- تقسیم‌بندی خاکهای استان خوزستان از نظر واگرائی



تصویر ۱: نحوه فرسایش در محل نمونه‌برداری نمونه شماره ۲

تصویر ۲: نحوه فرسایش در محل نمونه‌برداری نمونه شماره ۶

تصویر ۳: محل نمونه‌برداری نمونه شماره ۱۵



تصویر ۴: محل نمونه‌برداری نمونه شماره ۱۶

تصویر ۵: محل نمونه‌برداری نمونه شماره ۱۷

تصویر ۶: نمونه شماره ۱۶ بعد از آزمایش پین هول،
قبل از آبشوئی (سمت راست)، بعد از آبشوئی (سمت چپ)

کتابنگاری

رحیمی، حسن، ۱۳۷۶– مسائل سازههای آبی در خاکهای شور و گچی: مطالعهٔ موردی – شبکهٔ آبیاری گتوند. مجموعه مقالات اولین مجمع فنی ژئوتکنیک در سدسازی و منابع آب. کمیتهٔ ملی سدهای بزرگ ایران.

شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۶۷ – نقشههای ۱:۱۰۰۰۰۰ زمینشناسی استان خوزستان

عسگری، فرج ا ... و فاخر، علی، ۱۳۷۲– تورم و واگرائی خاکها از دید مهندسی ژئوتکنیک. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران. چاپ اول.

مهندسین مشاور زمیران، ۱۳۶۹– گزارش نهائی مطالعات ژئوتکنیک طرح کشت و صنعت نیشکر واحدهای خزائی و فارابی. وزارت کشاورزی. دفتر فنی شرکت طرح و توسعهٔ نیشکر و صنایع جانبی.

مهندسین مشاور مادرو– گزارش نهائی مطالعات ژئوتکنیک و مکانیک خاک پروژهٔ احداث واحدهای فارابی و غزالی. وزارت کشاورزی. شرکت طرح و توسعهٔ نیشکر و صنایع جانبی در خوزستان. جلداول.

مهندسین مشاور مهاب قدس، ۱۳۶۵ – گزارش مصالح ساختمانی طرح مارون. سازمان آب و برق خوزستان.

وزارت کشاورزی، مؤسسهٔ تحقیقات خاک وآب، ۱۳۷۰ – نقشههای ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان خوزستان.

References

Decker, R.S. and Dunnigan, L.P., 1977 - Development and use if the soil conservation service dispersion test, ASTM STP 623, pp. 1-94.

Rahimi, H. and Delfi, M., 1993- New chemical method for evaluation of soil dispersivity, Proceeding of the second Int. seminar on soil mechanics and foundation engineering of Iran, pp. 199-218.

Sherard, J. L., Dunnugan, L.P., Decker, R.S., 1977 - Some engineering problems with dispersive clay, ASTM STP 623, pp. 3-12.

* گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

** گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران

*** گروه زمین‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

* Engineering Geology Group, Tarbiat Modarres University

** Irrigation and Drainage Group, Tehran University

*** Geology Group, Sistan and Baluchestan University