پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال هشتم، شماره ۴، بهار ۱۳۹۹
صص. ۱۷۵-۱۶۴

حرکات تکتونیک جنبا یا فرونشست های ناشی از سوبسیدانس

علیرضا شهبازی*– استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه زابل.
محسن پورخسروانی – دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۸ تائید نهایی: ۱۳۹۸/۱۰/۰۹

چکیده

محققان در سه دهه اخیر تلاش گسترده ای را برای روشن ساختن علل بوجود آمدن ترک های دشت های رسوبی آغاز و غالباً ایجاد چنین شکاف هایی را به برداشت بیش از حد آب های زیر زمینی نسبت داده اند. اگرچه فرونشست در این دشت ها به اعتبار اسناد معتبر علمی امری اثبات شده است ولی نسبت دادن آن به برداشت آب از سفره های زیر زمینی با تردیدهایی همراه بوده است، زیرا پدیده "شق" یا "درام " برای بسیاری از دهقانان ایرانی قبل از بکارگیری تکنولوژی مکنده های دیزلی وحفرچاه های عمیق پدیده ای شناخته شده بوده است. از طرفی فرونشست تنها به دشت هایی با بیلان منفی محدود نشده و دشت هایی با بیلان مثبت را هم شامل می شود. این شواهد سبب شد که برای روشن شدن علت این موضوع به اتکا دو روش مختلف اسنادی و مدل سازی تجربی ازسفره زیرزمینی در دو حالت دینامیک و استاتیک عملا به رصد رفتار این گونه دشت‌ها در برابر برداشت آب از سفره‌ها و تحرکات تکتونیکی مبادرت شود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که پدیده شق یا درام که غالب محققان آنرا به برداشت بی رویه از سفره های آبی زیرزمینی نسبت می دهند دارای سابقه تاریخی بسیار طولانی تری است به گونه ای که این پدیده قبل از رایج شدن تکنولوژی مکنده های دیزلی و حفر چاه های عمیق برای بسیاری از دهقانان ایرانی پدیده تجربه شده وشناخته شده ای بوده است. الگو و چیدمان ترک ها و شکاف های سطحی در مدل تجربی دینامیک با مدل استاتیک کاملا متفاوت است و این خود می تواند بیانگر تفاوت در منشا چنین پدیده ای تلقی شود. به عبارت دیگر وجود این شکاف ها در دشت ها قبل ازآنکه ناشی از برداشت بی رویه از سفره های آب زیرزمینی باشد می تواند ناشی از حرکات دوئال تکتونیکی دشت و ارتفاعات مجاور آن باشد.

واژگان کلیدی: سوبسیدانس ، دوال ، شق ، حرکات جنبا ، سفره های آبی زیرزمینی.

* نویسنده مسئول: E-mail: moslem.fatollahi@gmail.com

مقدمه

سوبسیدانس به فرو نشست آرام رسوبات آبرفتی دشت ها اطلاق میشود و پدیده ایست که در دهه اخیر مورد توجه بسیاری ازمحققین داخلی و خارجی بویژه زمین شناسان و ژئومورفولوژیست ها بوده است. گفته می‌شود که در اثر این فرونشست شکافهایی ایجاد می‌شود که به اصطلاح محلی در یزد به آن "شق" و در کرمان به آن "درام" گفته می‌شود (فرهنگ دهخدا ۱۳۴۱). اگر چه اکثر محققین بروز چنین پدیده هائی را به برداشت بی رویه از آبهای زیر زمینی نسبت داده اند ولی پاره ای از پژوهشگران در مورد علت تامه و نسبت آن به برداشت آبهای زیر زمینی ابراز شک و تردید نموده اند. اهمیت پدیده سوبسیدانس بیشتر معطوف به تاثیری است که منشاء عوامل بوجود آورنده این پدیده میتواند در راهبردهای مقابله با آن داشته باشد. لذا دراین پژوهش به استناد شواهد تاریخی در یزد وکرمان و با به اجرا گذاردن یک کار ازمایشگاهی نظرات مطرح شده در مورد این پدیده به محک گذارده شد .

در مورد این پدیده دو طیف نظری وجود دارد و مطالعاتی متعددی جهت تشریح این پدیده و علل ایجاد آن صورت گرفته است. در حوضه هیدرولوژی، لافگرین[۱] (۱۹۶۳)، آلن[۲] (۱۹۸۴)، گابریج[۳] (۱۹۸۴)، پولاند[۴] (۱۹۸۸)، لیک[۵] (۲۰۰۱) سوبسیدانس را ناشی از برداشت بی رویه آب از سفره های آب زیرزمینی، کاهش فشار در چاه های آرتزین و فشردگی رسوبات معرفی کرده اند. در حوضه ژئومورفولوژی و تکتونیک ادلمن[۶] (۱۹۵۴)، جنینگز[۷] (۱۹۶۶)، اسملی[۸] (۱۹۶۷)، کوک و دورنکامپ[۹] (۱۹۹۰)، سوبسیدانس را به عوامل انسان ساخت و عوامل طبیعی نسبت داده اند. طباطبایی (۱۳۶۵)، بهادران (۱۳۷۱) ، شمشکی، انتظام و سلطانی (۱۳۸۳)، پاکروان (۱۳۸۴)، لشکری پور، آمیغ پی و همکاران علت تامه سوبسیدانس و ایجاد پدیده شق را به برداشت بی رویه آب از سفره های آب زیرزمینی نسبت داده اند. کامیاب (۱۳۸۴)، قاضی فرد و همکاران (۱۳۸۵)، کمک پناه ،(۱۳۸۶)حسینی (۱۳۹۰)، زارعی و همکاران (۱۳۹۰) از جمله افرادی هستند که نسبت به این موضوع ابراز تردید کرده و معتقدند علت اصلی سوبسیدانس و ایجاد شق می تواند شامل مولفه های دیگری چون اکتیو تکتونیک و گسل ها نیز باشد. رکنی جعفر و همکاران (۱۳۹۵)علل فرونشست زمین در آب خانه نیشابور تغییر آرایش کانی های رسی و افزایش تنش ناشی از افت سطح آب های زیر زمینی است. پورخسروانی و همکاران (۲۰۱۲،۱۹۷) معتقدند که فرونشست دشت ها در یک سیستم تعادلی و همزمان با پدیده بالاآمدگی در ارتفاعات مجاور آنها صورت می گیرد و این موضوع را تحت عنوان دوالیتی[۱۱] مطرح کرده است. همانگونه که دیده میشود اکثر محققان معتقدند ایجاد شکاف در دشت های رسوبی بواسطه برداشت بی رویه ازاب سفره های زیر زمینی است و پاره به تاثیر فعالیت های تکتونیکی جنبا و تنها معدودی هم عامل اصلی در ایجاد این پدیده را تکتونیک جنبا ودر تعامل با بالا آمدگی های مجاورتی میدانند .

---

[1] lofgren
[2] Allen
[3] Gabrysch
[4] Poland
[5] Leak
[6] Edelman
[7] Jennings
[8] Esmely
[9] Cook and Dorncomp

هدف از این پژوهش که بر گرفته از یک روش استنادی[1] وازمایشگاهی تجربی است بیشتر معطوف به آزمون نظریات ارائه شده در مورد مکانیسم وعلت بوجودامدن پیامدهای شکل شناسی پدیده سوبسیدانس بوده است وسعی شده با اتکا به عملکرد دو مدل استاتیک[2] ودینامیک[3] چنین رفتاری تبیین گردد .

مواد و روش

تحلیل علت تامه ایجاد شکاف در دشت های رسوبی ایران بواسطه سوبسیدانس از دو طریق و شیوه دنبال شد .

الف : مطالعات اسنادی و تاریخی در مورد شق ها و ترک های دشت های رسوبی.

این بررسی ها شامل مصاحبه با افراد کهنسال دشت ابراهیم آباد یزد و کرمان و پاره ای مکتوبات علمی منتشر شده است.

ب: مدلسازی آزمایشگاهی برای آزمون تجربی فرآیند و مکانیسم برداشت آب و تحرک پوسته ای

برای نیل به اهداف تحقیق و مدلسازی تجربی در این زمینه، دستیابی به شناسایی ویژگیهای طبیعی سفره های آب زیر زمینی در دشت های ایران که با این پدیده روبرو بودند مبادرت گردید و با شبیه سازی مدل کوچکی از سفره آب زیرزمینی دردشت یزد، کرمان و رفسنجان نسبت به آزمون نحوه فرونشست و پیامدهای شکل شناسی این پدیده مبادرت گردید. لذا ابتدا به ساخت مدلی در مقیاس آزمایشگاهی مبادرت شد. این مدل ، سفره های ایجاد شده مصنوعی را در دو حالت مختلف استاتیک و دینامیک با تعبیه دستگاه کامپیوتری که میزان پایین رفتن حوزه رسوبی را بصورت آرام و کنترل شده قادر به رصد بود بشرح ذیل تدارک می کرد .

الف : سفره آبی استاتیک در زمینی به مساحت ۷۵۵۰ سانتی متر مربع و با لایه‌های مختلف رسی، لایه ماسه ای آبدار، لایه ماسه و رس کف ایجاد گردید و امکان تزریق آب به سفره و پمپاژه آن توسط یک موتور کوچک الکتریکی فراهم آمد پس از تزریق آب و اشباع سفره آبدار به تخلیه آرام آب در فواصل زمانی مشخص اقدام و تغییرات سطح زمین که در اثر افت سطح آب در سفره به وجود می‌آمد، رصد گردید. در این مرحله کلیه تغییرات ایجاد شده در سطح عکس برداری و تحلیل تصویری شد و با تکنیک ترسیمی نسبت به تعیین الگو و ساختار به وجود آمده در سطح مدل مبادرت گردید، این الگو مبنایی برای مقایسه با الگوی ساختاری تغییرات در مدل دوم یعنی مدل پویا قرارگرفت.

ب : مدل دینامیک سفره : این سفره همانند سفره اول دارای ویژگی های یکسان و مشابه طراحی گردید، با این تفاوت که با تعبیه پیستونی در مرکز وعمق سفره امکان تحرک کنترل شده آن فراهم آمد. آنگاه پس از تزریق آب به لایه آبدار با شروع عملیات پمپاژ ، تحرک فرونشست توسط دستگاهی که در زیر سفره تعبیه شده بود فراهم آمد و نسبت به اندازه گیری تغییرات سطحی والگوی ایجاد شده مبادرت گردید . متغییرهایی که در این آزمایش اندازه گیری مستمر می شد عبارت بود از زمان(T) پمپاژ آب از سفره ، اندازه گیری حجم آب (Q)تخلیه شده و کنترل سطح پیزومتر اب در عمق .در مدل دینامیک به غیر از متغییر های ذکر شده عوامل دیگری چون میزان فرونشست (D)در پریودهای زمان بندی شده نیز اندازه گیری شد . سپس تغییراتی که در سطح سفره در دومدل طراحی شده دینامیک[1] و استاتیک بوجود می آمد رصد، اندازه گیری و

[1] -Cite space
[2] Estatic
[3] Dynamic

عکس برداری مستمر شد و نسبت به تحلیل و مقایسه ثبت داده های بدست آمده مبادرت گردید. این آزمایش ما را قادر می ساخت که مقایسه تغییرات در سطح رسوبات، در دومدل استاتیک و دینامیک مختلف امکان پذیر شود .

بحث و یافته‌ها

مرحله اول بررسی استنادی :

در این مرحله بررسی های استنادی با مصاحبه با اهالی ابراهیم آباد یزد و رفسنجان صورت پذیرفت، مکان هایی که در حال حاضر کانون ایجاد شق ها و درام ها بشمار می آیند . کهنسالان اهالی ابراهیم آباد یزد معتقد بودند که پدیده شق از دیرباز برای آنها پدیده ای تجربه شده بوده و دردهه های ۱۳۰۰ یعنی درست زمانی که هنوز تکنیک حفاری چاه های عمیق و یا استفاده از مکنده های دیزلی وبرقی اصلا در این مناطق وجود نداشته با این پدیده روبرو می شده اند و بخاطر شق ها مجبور بوده اند کشت در آن اراضی را متوقف وبه سراغ اراضی دیگر بروند [۱].

دکتر نگارش که خود دارای تجربه های مطالعاتی ارزنده ای در این زمینه است گواه بر این مدعاست که درام یا همان ترک های ناشی از سوبسیدانس برای اهالی کرمان و رفسنجان پدیده جدیدی محسوب نمیشود و وجود چنین واژگان قدیمی و اسم گذاری آنها توسط اهالی بومی خود نشان از آن دارد که سابقه شناخت این پدیده برای مردم کشاوز بسیار طولانی تراز سابقه متداول شدن حفر چاه های عمیق و استفاده از مکنده های دیزلی است. استفاده ازمکنده های دیزلی معمولا بعد از سال ۱۳۳۰ متداول شده است و البته این رایج شدن هم بسیار آرام و بصورت کارهای استثنایی تلقی می شده است .

مرحله دوم مدل سازی تجربی

برای آزمون تجربی نظران ارائه شده دو مدل طراحی و نسبت به انتخاب محل و فراهم آوردن لوازم مورد نیاز ساخت آنها اقدامات لازم انجام گردید به نحوی که دو سفره آبی با لایه های مشابه در مساحت ۷۵۵۰ سانتی متر مربع و با رعایت اصول شبیه سازی آماده گردید .[۲]

الف) مدل سفره استاتیک

۱- ابتدا نسبت به ایجاد لایه غیر قابل نفوذ سفره آب زیرزمینی به مثابه سنگ بستر توسط گل رس در کف مدل اقدام گردید و

به وسیله یک ورقه پلاستیک سطح لایه غیرقابل نفوذ کاملا عایق بندی گردید.

۲- به منظور تزریق و پمپاژ آب در طی مراحل آزمایش، تجهیزات ثبت پیزومتر و پمپ آب در مرکز مدل کارگذاشته شد.

۳- سپس نسبت به ایجاد لایه آبدار بوسیله شن و ماسه و به ضخامت ۲۵ سانتی متر مربع اقدام گردید.

۴- ایجاد لایه های رسوبی آبرفتی که نحوه طراحی آن با الگوبرداری از فرایند فرسایشی آبهای روان در طبیعت صورت گرفت در این مرحله مواد رسوبی تدارک وسپس بوسیله جریان آب روان در سطح مدل پخش شد به صورتیکه سورتینگ مواد

---

[۱] – معمولا کشاورزان بومی به قطعات مختلف کشت ود صحرا میگویند و وقتی با پدیده شق مواجه میشدند بقول انها مجبوربوده اند برای مثال صحرای لب جاده را رها وبه صحرای بالا تخته فعالیت خود را متمرکز سازند زیرا در هر جا شق ها ظاهر میشدند امکان ابیاری اراضی دیگر وجود نمیداشته و کل اب در این ترک ها فرو رفته و امکان ابیاری بطورکلی از میان میرفته است .

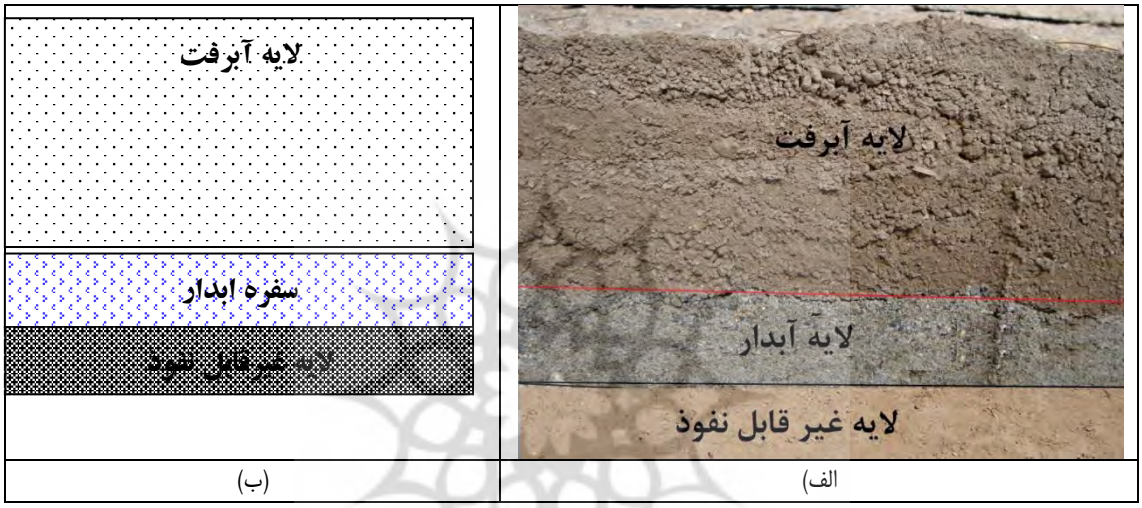
۱۵ تحرک پوسته ای در این آزمون به تحرکات بالا و پایین رو محدود گشت و علت آن گزارش های متعددی است که حکایت از حرکات فرونشست و در مقابل بالارو کوهستان های مجاور در دشت های داخلی ایران بود.

رسوبی همانند آنچه که در طبیعت وجود دارد، رعایت گردد. کار رسوب گذاری به منظور ایجاد سه لایه مختلف الجنس در پروفیل لایه دنبال و سفره مطلوب بوجود آمد. در مجموع می توان بیان نمود که مدل مزبور مرکب از چینش لایه های متفاوت به شرح زیر است: شکل شماره (۱)

۱- لایه نفوذپذیر آبرفتی (رس، شن و ماسه) به ضخامت ۳۰ سانتی متر مربع.

۲- لایه آبدار (شن و ماسه) به ضخامت ۲۵ سانتی متر مربع.

لایه غیر قابل نفوذ رسی (سنگ بستر) به ضخامت ۴۰ سانتی متر مربع.



الف) (ب)

شکل شماره۱: الف)تصویر لایه بندی رسوبات در مدل استاتیک، (ب) تصویر شماتیک لایه بندی رسوبات در مدل استاتیک

پس از ساخت مدل در حالت استاتیک نسبت به تزریق آب به لایه آبدار اقدام و در فاز بعدی نسبت به پمپاژ آرام آب مبادرت گردید، همزمان با پمپاژ آب افت سطح پیزومتر بطور مستمر ثبت گردید. بعد از عملیات پمپاژ رفته رفته دو پدیده درسطح رخنمون یافت که بصورت مستمر رصد شد.

برای اندازه گیری تغییرات سطح و میزان فرونشست ، تجهیزات ویژه ای تعبیه گردید که بتوان میزان فرونشست در سطح اندازه گیری شود این کار در طول برداشت انجام و تغییرات بوجود آمده در دو طیف زیر ثبت و رصد گردید:

۱- اندازه گیری تغییرات سطحی از سطح مبنا

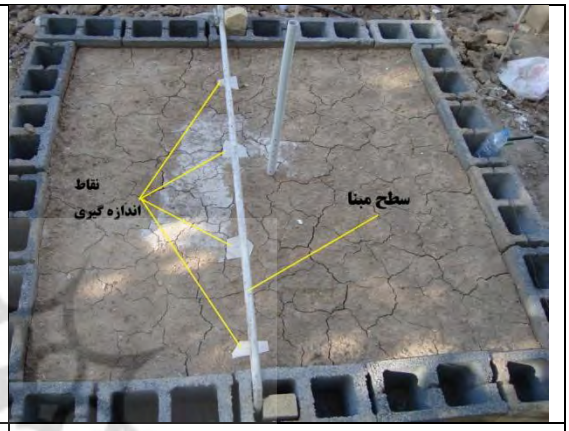
۲- ثبت تصویری مداوم بوجود آمدن نقشینه ها (الگوها) در سطح ارضی مدل

به طور کلی درمدت پمپاژ آب و افت سطح پیزومتر، تغییرات سطح مدل نسبت به سطح مبنا در چهار نقطه بوسیله کولیس اندازه گیری شد. ارقام بدست آمده نشان داد که میزان تغییر در مرکز مدل بیشتر از حاشیه هاست.

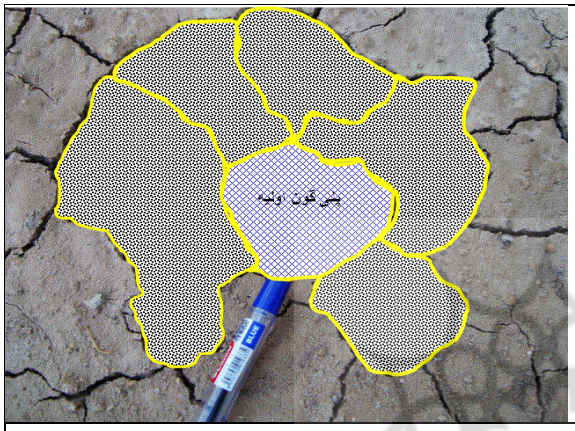
همزمان با ثبت تغییرات ارتفاعی که در سطح رخ میداد نحوه تغییر در الگوهای درز و شکاف[۱] نقشینه ها نیز بصورت مستمر رصد و با تصویربرداری مداوم سعی شد نحوه این تغییرات ثبت گردد. آنچه که در این مرحله جلب توجه می کرد ایجاد

[۱] pattern

شبکه چند ضلعی بعنوان تغییرات فرمی در سطح مدل بود. تشکیل یک چند ضلعی در مرحله اولیه و با ادامه افت آب زیرزمینی و تخلیه سفره و کاهش رطوبت سطحی ایجاد پلی گون های متعدد در پیرامون پلی گون اولیه بود.شکل(۴) ایجاد چنین مکانیسمی که به الگوی هاله ای نام گذاری شد با گذشت زمان و تخلیه سفره از آب، شکل دیگری بروز نمود و آن تقسیم پلی گونی[۱] چند ضلعی های اولیه بود. بدین نحو که پلی گون های اولیه نسبتاً بزرگ بود، و با از دست رفتن بیشتر رطوبت خاک تقسیم پلی گونی جایگزین ایجاد الگوی هاله ای گردید.شکل(۵)



شکل شماره۳: اندازه گیری تغییرات سطح از تراز مبنا در حالت استاتیک



شکل شماره ۴: ایجاد پلی گون های متعدد در حاشیه و پیرامون پلی گون اولیه در حالت استاتیک

۳	۲	۱

شکل۵: تقسیم سلولی پلی گونها به پلی گونهای کوچکتردر حالت استاتیک

بطور کلی میتوان ویژگیهای عمومی تغییرات سطح مدل در حالت ا ستاتیک را بشرح گزاره های زیر خلاصه نمود:

۱- به طور کلی پس از پمپاژ آب و افت سطح پیزومتر اولین ترکهای چند وجهی در سطح مدل تظاهر پیدا می کنند.

[۱] polygon

۲- با گذشت زمان شبکه های چند ضلعی بصورت نقشینه هاله ای بوجود می آیند.

۳- تشکیل پلی گونها مانند موج از نقطه ، و سپس به اطراف منتشر میگردید.

۴- باگذشت زمان و کاهش رطوبت تعداد پولی گونها افزایش یافته و آرام آرام تمامی سطح مورد آزمایش را پوشش می دهد.

۵- با کاهش رطوبت خاک هر پولی گون به تقسیم سلولی می پردازد و به پلی گون های کوچک تری تقسیم می شود.

۶- فرونشست در سطح مورد آزمایش همگانی است، اگر چه میزان آن اندک است.

۷- میزان فرونشست در همه نقاط یکسان نبوده و در مرکز مدل کمی بیشتر از مناطق حاشیه ای است.

ب)مدل سفره دینامیک

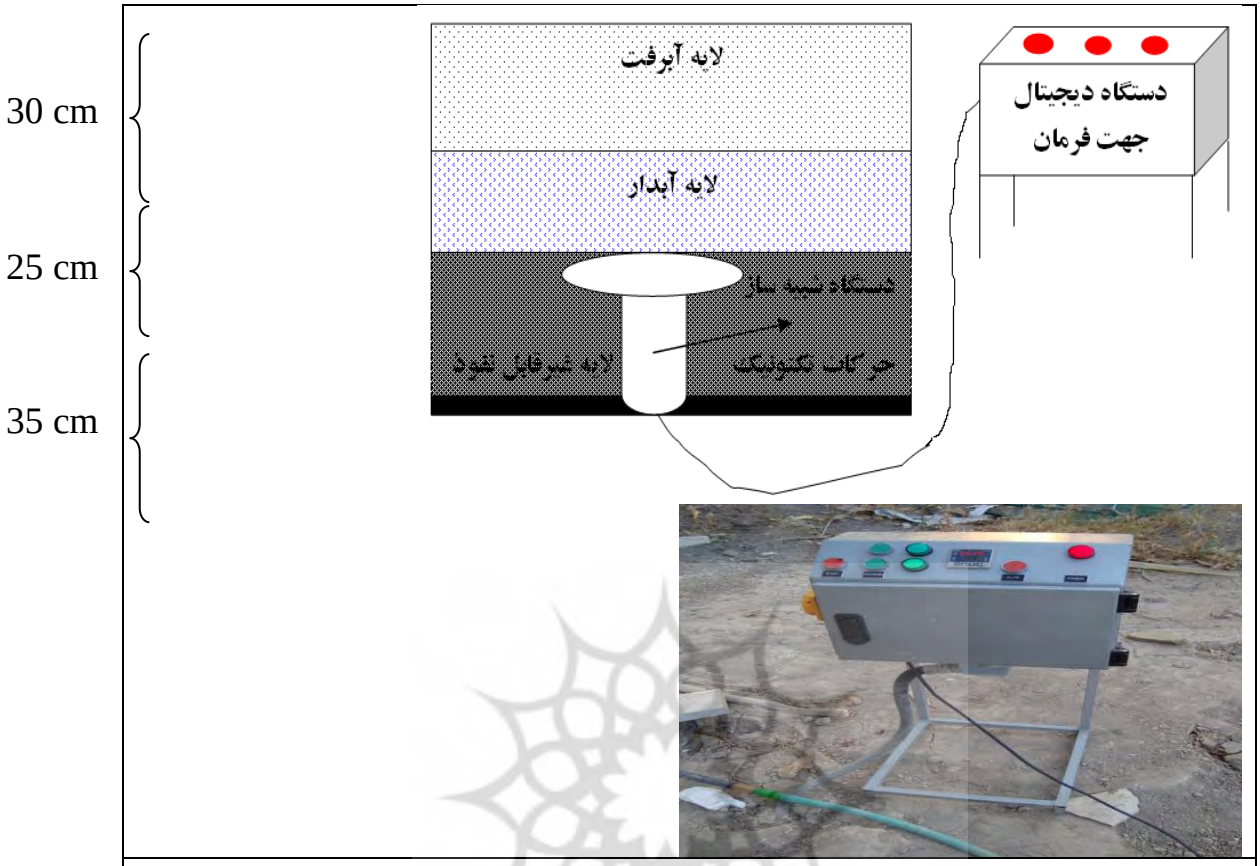
سفره دوم کاملا مشابه سفره اول (مدل استاتیک) و تنها با ایجاد ابزار خاصی در مرکز مدل امکان فرونشست آن به صورت کنترل شده فراهم گردید. شکل (۶)

شکل شماره ۶: اختصاص بخشی از رسوبات کف به دستگاه شبیه ساز تکتونیک جنبا

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پس از اتمام و تکمیل مدل دینامیک دستگاه الکتریکی دیجیتال جهت فرمان به دستگاه شبیه ساز حرکات تکتونیک[۱] متصل گردید. شکل شماره (۷)

[۱] Tectonic



شکل شماره۷: دستگاه الکتریکی دیجیتال جهت فرمان به دستگاه شبیه ساز حرکات تکتونیک

پس از آماده سازی سفره آبی در حالت دینامیک اقدامات زیر انجام گردید:

الف) ابتدا مبادرت به تزریق آب به سفره گردید، در این فاز با تزریق آب لایه آبدار بگونه ای آبگیری شد که ضخامت لایه آبدار به ۲۸ سانتی متر رسید.

ب)در ادامه کار، آب در فواصل زمانی خاص پمپاژگردید وبطور همزمان نسبت به فعال سازی دستگاه شبیه ساز تکتونیک که می توانست تحت فرمان دستگاه الکتریکی با سرعتی معادل ۱۳/۸ میلیمتر در هر ده دقیقه عمل نماید.

برای اندازه گیری تغییرات سطح ارضی و میزان فرونشست تجهیزات ویژه ای جهت اندازه گیری سطح ارضی تعبیه گردید که بتوان بعد از تخلیه سفره آبی و اعمال حرکات تکتونیک میزان فرونشست در سطح اندازه گیری شود و در طول آزمایش دو کار انجام شد :

۱- اندازه گیری مداوم فرو نشست سطح از سطح مبنا

۲-رصد تغییرات سطح مدل در ازاء کاهش آب و اعمال تکتونیک در سفره آبی

با توجه به شرایط ایجاد شده آزمون دینامیک (تحرک پوسته ای) صورت پذیرفت و تغییرات ایجاد شده همانند مرحله اول توسط تصویر برداری و اندازه گیری در چهار نقطه نسبت به سطح مبنا ثبت و رصد گردید.

ب) رصد تغییرات در سطح ارضی مدل دینامیک پس از اعمال تکتونیک پمپاژ و تخلیه سفره آبی

نتیجه رصد تغییرات در مدل تحرک پوسته ای به شرح زیر خلاصه می گردد.

۱- در مدل دینامیک پس از پمپاژ آب واعمال تکتونیک تغییرات در سطح خیلی سریع تر رخنمون پیداکرد.

۲- دو تیپ شکاف در سطح بوجود آمد که از نظر ساختاری با یکدیگر کاملا تفاوت داشتند.

۳- شکافهای ایجاد شده شامل: ۱- شکافهای چند ضلعی ۲- شکافهای عمیق موازی

۴- شکافهای عمیق زودتر از الگوهای های چند ضلعی در سطح بوجود آمدند

۵- شکافهای عمیق در ابتدا بصورت خطوط موازی بوجود می آیند .

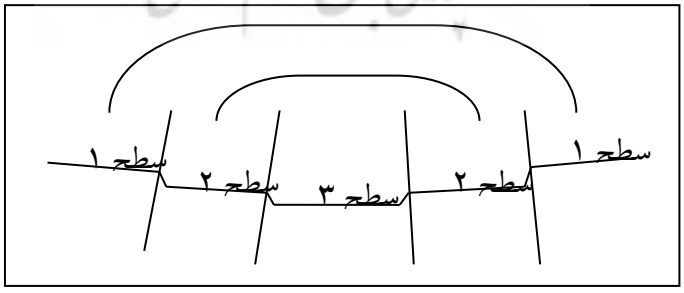
۶- با گذشت زمان وافزایش سوبسیدانس طول آنها افزایش می یابد.

۷- شکاف های عمیق موازی به صورت پلکانی در سطح مدل بوجود می آیند. شکل شماره (۸).

۸- فرونشست در سطح مورد آزمایش یکسان نبوده و در مرکز خیلی بیشتر از نواحی مجاور است.

شکل شماره۸: ظهور درز و شکافهای عمیق در سطح مدل دینامیک

همانگونه که از مقایسه نتایج بدست آمده از دو آزمون فوق مستفاد می شود در آزمون دینامیک تیپ ترک های بوجود آمده دارای دو الگوی متفاوت است که یکی بعنوان الگوی زمینه و دیگری بصورت خطوط نسبتا" موازی در متن شکل گرفته ، نکته در خور توجه در الگوی دوم پلکانی بودن آنهاست بصورتی که اگر نیمرخی از آنها عمود بر محور آنها ترسیم شود بخوبی وجود پلکانها را میتوان از یکدیگر تمییز داد. شکل(۹)



شکل۹: نیمرخ پلکانی سطح مدل در حالت دینامیک

میزان فرو افتادگی سطوح در مرکز البته بیشتر از نواحی حاشیه ایست و میتوان نتیجه گرفت که تفاوت در شکل الگوهای بوجود آمده حکایت از تفاوت در منشاء اصلی و مکانیسم بوجود آمدن آنها دارد.

نتیجه گیری

درمورد بررسی های استنادی میتوان شواهد دوگانه ای را بر قدمت ترک های بوجود آمده در رسوبات دشت های ایران مرکزی نسبت به برداشت های بی رویه ارائه داد.

*کشاورزان کهنسالی هنوز در منطقه ابراهیم آباد یزد درقید حیات اند که بر وجود چنین پدیده ای قبل از امکان برداشت های بی رویه آب از سفره های زیر زمینی شهادت میدهند .

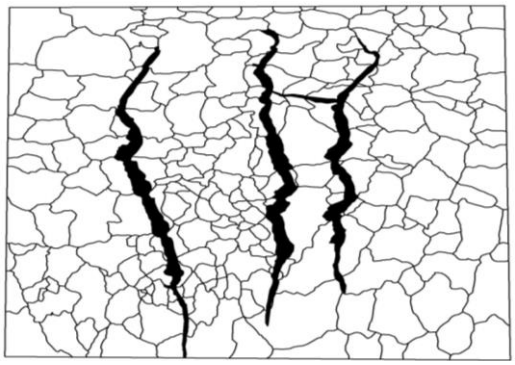
*وجود نامگذاری های محلی پرسابقه مانند شق در یزد و درام در کرمان حکایت از آن دارد که این پدیده عمری بمراتب بیشتر از زمان امکان بهره وری بی رویه از منابع آبی زیرزمینی دارد.

نتایج آزمون تجربی مدل های کوچک شده در دو حالت ثابت و متحرک نکات مهمی در رفتار زمین نسبت به تخلیه آب سفره های زیرزمینی از یک سو و تحرک پوسته ای از سوی دیگر به ما نشان میدهد که میتوان درگزاره های زیر خلاصه نمود .

* آزمون اول بخوبی نشان داد که ایجاد ترک های منظم چند وجهی در سطح بیشتر مدیون ساختارهای رسی بافت خاک بوده و منشاء مولکولی دارد و میزان فرونشست ناشی از برداشت آب سفره های تحت الارضی بسیار اندک است و این تغییرات در حدی نیست که بتواند رفتار خاصی را در سطح ایجاد نماید اگر چه فرونشست در این مرحله قطعی است. (شکل ۱۰)

شکل شماره۱۰: ظهور کامل شبکه چند ضلعی بعنوان pattern سطحی در مدل استاتیک

در آزمون دوم که تحرک پوسته ای اعمال گردید به غیر از ترک های منظم چند وجهی نوعی شکاف با بافت و ساختاری کاملا متفاوت با شبکه ترک های قبلی در سطح پدیدار گردید. این شکافها که بصورت موازی و طولی با شکل پلکانی در سطح رخ نمون یافت در متن پلی گونهای رسی بوجود امده (شکل ۱۱) و تفاوت در ساختار آنها به نحوی حکایت از تفاوت در منشاء آنها نیز دارد.



شکل شماره ۱۱: نمایش شکافهای برداشت شده از تصاویردر مدل دینامیک

با توجه به نتایج وگزاره های بدست آمده میتوان مدعی شد که آزمایش های تجربی در میکرو مدل های دست ساخت نمی تواند نظرات ان دسته از محققان که برداشت بی رویه آب از سفره های زیر زمینی را علت تامه فرونشست دانسته اند تایید نماید وآنچه تحت عنوان شکاف های ناشی از سوبسیدانس دانسته میشود بیشتر معطوف به حرکات تکتونیک جنباست که پورخسروانی این حرکات را دوال و ایزوستازی نرم نامگذاری کرده است .

منابع

- آمیغ پی، معصومه؛ سیاوش عربی، علی طالبی، و یحیی جمور، ۱۳۸۸، کاربرد تکنیک سنجی راداری در مطالعات مناطق فرونشست ، همایش ژئوماتیک ۸۸ ، سازمان نقشه برداری کل کشور.
- امیدوار، کمال، ۱۳۹۰، مخاطرات طبیعی، یزد، انتشارات دانشگاه یزد، چاپ اول.
- بهادران، بهزاد،۱۳۷۱، درز و شکاف های دشت مهیار، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال هفتم، شماره ۴۰.
- پاکروان، شادنوش،۱۳۸۴، بررسی پدیده فرونشست زمین در اثر آب های زیرزمینی در منطقه جنوب غربی تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- پورخسروانی، محسن،۱۳۹۱،دوالیتی در ژئومورفولوژی، پژوهشهای جغرافیا طبیعی، شماره ۸۱، صص ۶۳-۷۲.
- سید امامی ،کاظم، ۱۳۵۱، ژئوسنکلینال ، مجله دانشکده فنی تهران ، ۴۳ .
- حسینی، سید علی،۱۳۹۰، بررسی دلایل فرونشست دشت یزد و اردکان، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی و هیدرولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.
- رحمانیان، داود، ۱۳۶۵، نشست زمین و ایجاد شکاف بر اثر تخلیه آب های زیر زمینی در کرمان، مجله آب، شماره۶
- رکنی،جعفر،۱۳۹۵،بررسی فرونشست زمین و تحولات ژئومورفولوژی ناشی از آن در دشت نیشابور ،جغرافیای مناطق خشک ،شماره ۲۴
- طباطبایی، اخوان، ۱۳۶۵، نشست زمین بر اثر برداشت شدید آب زیر زمینی دشت یزد– اردکان، منابع طبیعی و کشاورزی، سازمان برنامه و بودجه یزد.
- غفوری، محمد و سید محمد موسوی مداح، ۱۳۸۹، بررسی اثرات نشست زمین بر گسیختگی لوله های جدار چاه های آب در دشت مشهد و ارائه راهکارهای مناسب، پنجمین کنگره مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- قاضی فرد، اکبر، رسول اجل لوئیان و الهام کامیاب، ۱۳۸۵، بررسی دلایل ایجاد شکاف در دشت مهیار شمالی و تأثیر آن بر جاده اصفهان– شیراز، چهارمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست، دانشگاه تر بیت مدرس.

- لشکری پور، غلامرضا، محمد غفوری و حمیدرضا رستمی باران، ۱۳۸۷، بررسی علل تشکیل شکاف ها و فرونشست زمین در غرب دشت کاشمر، فصلنامه مطالعات زمین شناسی.
- موسوی حرمی، رضا، ۱۳۷۹، رسوب شناسی، مشهد، انتشارات استان قدس رضوی، ۴۷۴.
- یمانی، مجتبی؛ نجفی، اسماعیل؛ عابدینی، محمدحسین، ۱۳۸۸، ارتباط فرونشست زمین و افت سطح آب های زیرزمینی در دشت قره بلاغ استان فارس، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا، (۸-۹): صص ۹-۲۷.
- *Allen,A.S., 1969, Geologic settings of subsidence, in D. J. Varnes and G. Kiersch (eds.),Reviews in Engineering Geology,2,305-342.*
- *Cooke, R.U., and J.C., Doornkamp, 1990, Geomorphology in Environmental Management, Oxford University Press.*
- *Edelman, T., 1954, Tectonic movements as resulting from the comparison of two precision leveling, Geol.en. Mijnbouw,p.267*
- *Gabrysch , R. K., 1984, Case History , The Houston-Galveston Region, Texas, U.S.A., U.S. Geological Survey, Houston, Texas,255.*
- *Galloway, D.L., Jons, D.R., and Ingebritsen, S.E., 1999, land subsidence in the united states, Geological survey circular, 1182, p. 175*
- *Jennings,J.E., 1966, Building on dolomites in the Transvaal, The Civil Engineer in South Africa (South African Institution of Civil Engineers, Johannesburg),p.41*
- *Kennedy,B.A, 1992, Hutton to Horton: views of sequence, progression and equilium in geomorphology, university of oxford,p.231*
- *Leake, S.A., 2001, land subsidence from ground water pumping: http//water.usgs/ogw subsidence.Html.*
- *Lofgren,B.E., 1963, Land subsidence in the Arvin –Maricopa area ,san Joaquin Valley,California,U.S.Geol.Surv.Prof.Paper,475-B,p.171*
- *Poland,J.F., 1988, Case History, Santa Clara Valley, California, U.S.A., Geological Survey, Sacramento, California, 288*
- *Pool, D.R., 1992, Simulation of Transient Ground water flow and land subsidence in the picacho Basin, centeal Arizona,USGS.*
- *Shomanl, D.S., 1998, General Groundwater in formation land subsidence, http//www.dpla.water.ca.gov/nd /ground water land subsidence.Html.*
- *Smalley,I.J., 1967, The subsidence of the North Sea Basin and the Geomorphology of Britain, The Mercian Geologist, 2,p.267*
- *Yao, G., and MU, j, 2008, D-InSAR technique for land subsidence monitoring. Earth science frontiers, 15(4):239-243.*
- *Michael ides, K., Wainwright, J., 2002, Modeling the effects of hill slope channel coupling on catchment hydrological response, Earth surf.process. Land forms , 27:1441-1457*
- *Phien-wej, N., 2006, Land subsidence in Bangkok, Thailand. Engineering Geology, 82, 187-201.*
- *HU. R. L., 2004, Review on current status and challenging issues of land subsidence in china. Engineering Geology, 76, 65-77.*