

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۱، تابستان ۱۳۹۶، صص ۲۰-۱

وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۲۳ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۱

ارائه مدل مفهومی - چینه‌های نهشته‌های کواترنر شمال دریاچه‌ی ارومیه با

استفاده از GMS

احد حبیب‌زاده^{۱*}

شهرام روستایی^۲

محمد رضا نیکجو^۳

عطاءاله ندیری^۴

چکیده

نهشته‌های کواترنر به عنوان منابع اصلی تأمین‌کننده‌ی آب شیرین برای بشر محسوب شده و همیشه تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی از قبیل کشاورزی، صنعت، غیره قرار داشته‌اند. مدل مفهومی نشان‌دهنده‌ی ابعاد و جهت و چگونگی گسترش نهشته‌ها است. در پژوهش حاضر مدل مفهومی - چینه‌ای نهشته‌های کواترنر دشت تسوج واقع در شمال دریاچه‌ی ارومیه تهیه شده است. مدل بر اساس ۲۸ لوگ زمین‌شناسی چاه‌های مشاهده‌ای و ۷۸ سونداژ ژئوالکتریکی در نرم‌افزار GMS تهیه شده است. بر اساس مقاطع ژئوالکتریک ۵ کلاس چینه‌ای برای نهشته‌های کواترنر دشت تسوج تفکیک گردید، که شامل نهشته‌های آبرفتی Q1، نهشته‌های خشک Q3، نهشته‌های آبرفتی دانه متوسط (احتمالاً حاوی آب) Q2، نهشته‌های آبرفتی ریزدانه (احتمالاً حاوی آب) Q1 و رس Qmf هستند. نتایج نشان

۱- استادیار پژوهشی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران (نویسنده‌ی مسئول)

E-mail: a.Habibzadeh@tabrizu.ac.ir

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تبریز

۳- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تبریز

۴- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

می‌دهد، نهشته‌های کلاس Q2 از نفوذپذیری متوسط برخوردار بوده دارای سفره‌ی آب زیرزمینی شیرین هستند، گسترش عمده‌ی این واحد در نواحی شرقی و جنوب‌شرقی می‌باشد. بیشترین فراوانی نهشته‌های Q3 و Q1 در ارتفاع ۱۳۲۰ متر بوده ولی ضخامت بالا در ارتفاع ۱۵۵۰ متر با ماکزیمم ۱۹۰ متر است. این نهشته‌ها از یک گسترش افقی سرتاسر برخوردار بوده لکن گسترش عمودی آنها بیشتر در نواحی شمالی دشت به خصوص شمال‌شرقی است. از خصوصیات این واحد نفوذپذیری شدید، عدم وجود ناخالصی‌های رسی در آن می‌باشد.

کلمات کلیدی: سونداژ ژئوالکتریکی، شمال دریاچه ارومیه، نهشته‌های کواترنر، مدل مفهومی

مقدمه

بسیاری از منابع سطحی و زیرسطحی در نهشته‌های کواترنر واقع شده و بررسی این نهشته‌ها نقش کلیدی در شناخت قابلیت‌ها و ویژگی‌های مکانیکی زمین بر اساس منشأ و نحوه‌ی تشکیل رسوبات دارد. هیث و ترینر^۱ (۱۹۶۸) و ملارد^۲ (۱۹۶۸) برای بررسی آب‌های زیرزمینی یک‌سری شاخص‌های توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی ارائه نموده‌اند. کیث تاد^۳ (۱۹۷۶: ۴۱۰) پژوهش درباره‌ی منابع آب زیرزمینی را به دو گروه پژوهش‌های زمینی و سطحی طبقه‌بندی نموده است روش‌هایی که در سطح زمین به بررسی منابع آب زیرزمینی می‌پردازند، براساس روش‌های زمین‌شناسی و اکتشافات ژئوفیزیکی مانند مقاومت الکتریکی ارتعاشات برگشتی، روش‌های ثقلی و مغناطیسی استوار است. تحلیل‌های ژئومورفولوژیک به علت ارائه شاخص‌هایی برای اکتشاف آب زیرزمینی و هدایت سریع پژوهشگران به منابع آب مورد توجه

1- Heath & Trainer
2- Mollard
3- Keith Todd

ژئومورفولوژیست‌ها قرار گرفته است. کریش نامورتی^۱ (۱۹۹۶) با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور و GIS مناطق مناسب برای تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی در جنوب هند را بررسی و بهترین مناطق را محدوده‌ی نهشته‌های کواترنر تشخیص دادند. آرترو کارانزا^۲ (۱۹۹۷) خصوصیات هیدرودینامیکی و نفوذپذیری ماسه‌های ساحلی کواترنر را در کالیفرنیا پنیسیلوا- مکزیکو از بررسی نموده است. فرانکلین و هوباو^۳ (۲۰۰۲) یکی از مواد محتوی آب‌های زیرزمینی و محیط تشکیل‌دهنده‌ی آن را نهشته‌های آبرفتی و متخلخل کواترنر اعلام کرده‌اند. آکسو^۴ و همکاران (۲۰۰۲): ۶۱-۹۴، چینه‌شناسی لرزه‌ای نهشته‌های کواترنر مناطق کم‌عمق جنوب غرب دریای سیاه را در طول دوره ۱۰۰۰۰ سال قبل ارائه نمودند. گریس^۵ و همکاران (۲۰۰۵) خصوصیات هیدرودینامیکی دشت سیلابی در حوضه‌ی چاک رودخانه‌ی لامبورن انگلستان را جهت دستیابی به لایه‌ی آبدار آبرفتی گراولی بررسی نمودند. هوگز^۶ (۲۰۱۰: ۱۸۹) ژئومورفولوژی و ارتباط آن با چینه‌شناسی کواترنری را مورد بررسی قرار داد. طبق این بررسی، اشکال کواترنری همچون مورن‌ها، تراس‌های رودخانه‌ای، پادگانه‌های ساحلی قدیمی و اشکال دیگر می‌توانند بر اساس موقعیت قرارگیری خود مرتب شوند. بلاسی و مهی^۷ (۲۰۱۲) ترکیب و منشأ سکانس‌های چینه‌ای رسوبات آبرفتی هولوسن-پلیستوسن در کوهپایه‌های مناطق شرقی کوه‌های آند را از نظر بافت و جنس بررسی نمودند.

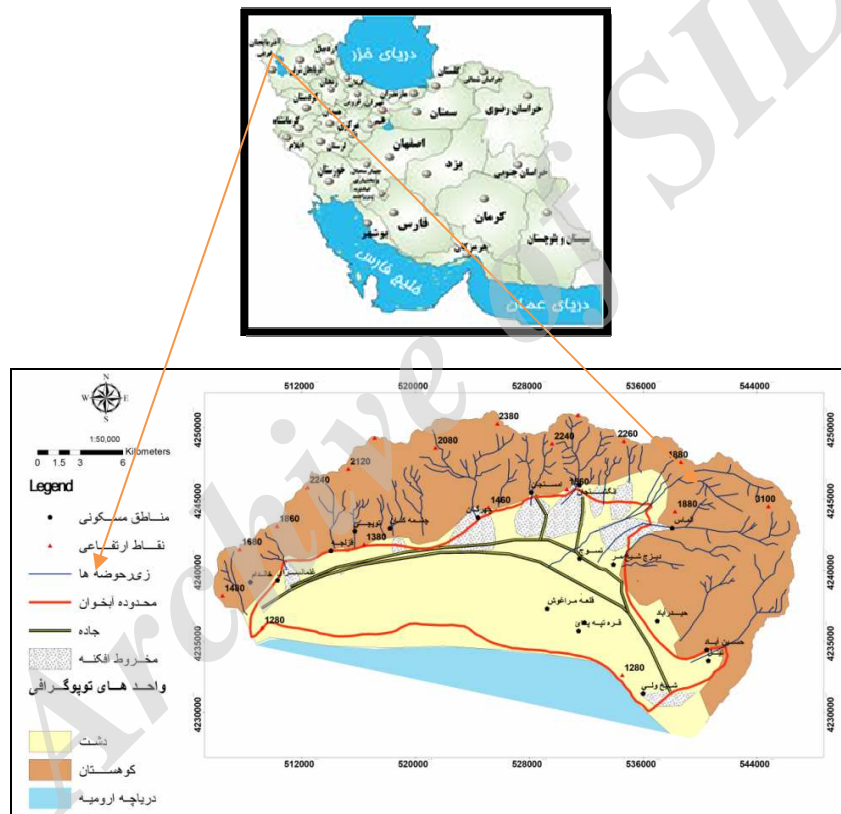
- 1- Krishnamurthy
- 2- Arturo Carranza
- 3- Franklin & Hobao
- 4- A.E. Aksu
- 5- T.R. Grapes
- 6- Hughes
- 7- A. Blasi, A. Mehl

پژوهش در کوهپایه‌ها و دشت‌های انباشتی دامنه‌ی جنوبی میشوداغ نشان داده مخروط افکنه‌ها و تراس‌های رودخانه‌ای مهم‌ترین اشکال قابل شناسایی در شمال و شمال‌شرق دریاچه‌ی ارومیه هستند (رضایی مقدم، ۱۳۷۴: ۱۱۷). استفاده از مدل فازی در بررسی نهشته‌های کواترنر جهت تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب به خصوص اپراتور gamma فازی بیشترین همپوشانی را با عرصه کنترلی داشته و بهترین مدل تلفیق برای تعیین مکان‌های مناسب پخش سیلاب می‌باشد (مهرورز، ۱۳۸۲: ۸۹). از روش‌های ژئوفیزیکی در بررسی مخروط افکنه‌ها و دشت آبرفتی تسوج به عنوان اشکال ژئومورفولوژی استفاده شده و نتایج کار به صورت مقاطع ژئوفیزیکی طولی و عرضی ارائه گردیده است. ارزیابی هیدرودینامیکی و ژئومورفولوژیکی نهشته‌های کواترنر جهت تحلیل بحران آب‌های زیرزمینی شمال دریاچه‌ی ارومیه قابلیت نفوذپذیری مناسبی را بر اساس نتایج پمپاژ در محدوده‌ی میانی دشت نشان می‌دهد (روستایی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۵).

منطقه‌ی مطالعاتی در شمال دریاچه‌ی ارومیه بین مختصات 45° تا 32° ، 45° شرقی و 12° ، 38° تا $38^{\circ} 24'$ شمالی، ۱۱۰ کیلومتری مرکز استان آذربایجان شرقی قرار گرفته است.

شکل (۱) موقعیت دشت آبرفتی تسوج و محدوده‌ی مطالعاتی نهشته‌های کواترنر را نشان می‌دهد. توسعه‌ی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی با افزایش سطح زیرکشت و حفر چاه‌های متعدد آبخوان‌ها را در معرض هجوم سفره‌ی شور ساحلی قرار داده است. هیدروگراف واحد دشت تسوج طی دهه‌ی ۷۰ به طور متوسط حدود ۱۰/۹ متر افت را نشان می‌دهد (حبیب‌زاده، ۱۳۷۴) دریاچه در خطر خشک شدن کامل قرار داشته و طی ۱۵ سال گذشته (۱۳۷۵-۱۳۹۰) ۶ متر کاهش سطح داشته است

(صلوی تبار، ۱۳۹۲: ۱۵). شناخت هیدروژئومورفولوژیکی نهشته‌های کواترنر به عنوان منبع سفره‌های زیرزمینی ضروری به نظر می‌رسد. هدف این پژوهش بررسی خصوصیات هیدروژئومورفولوژیکی نهشته‌های کواترنر در ارتباط با تغییرات افق‌های مختلف نهشته‌ها و گسترش افقی - عمقی آنها می‌باشد.



شکل (۱) موقعیت و آبره‌های منطقه‌ی مطالعاتی

مواد و روش‌ها

نرم افزار ^۱GMS دارای منوهای مختلف با ابزارهای زیادی است که با توجه به اهداف کاربر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد در این تحقیق از منوهای کاربردی این نرم‌افزار شامل 3D scatter point, 3D Gride, Boreholes, Solids, TINs, GIS استفاده گردیده است. تهیه‌ی مدل‌های زمین آماری سه بعدی^۲ و مدل مفهومی^۳ چینه‌ای از مدل‌های مورد نظر بررسی در این تحقیق بوده است. جهت تهیه‌ی مدل زمین آماری سه بعدی مراحل کاری زیر در سیستم اجرا شده است:

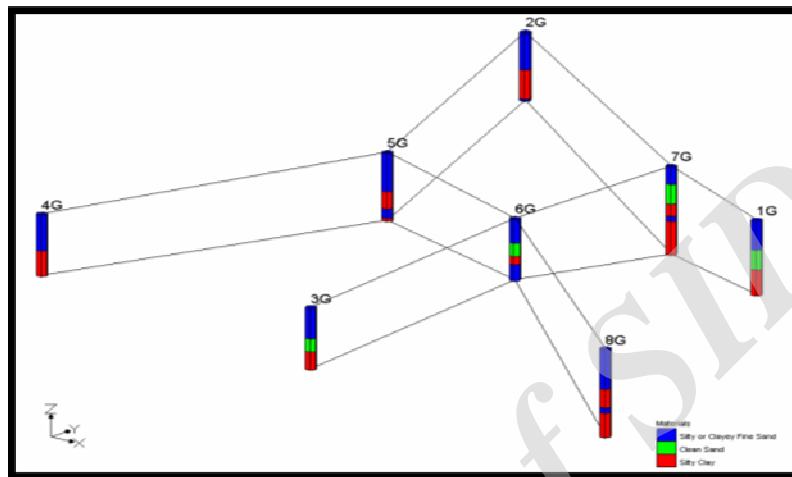
۱- وارد کردن داده‌های مکانی و اطلاعات ستون زمین‌شناسی چاه‌ها؛ ۲- وارد کردن محدوده‌ی مطالعاتی؛ ۳- شبکه‌بندی محدوده‌ی مطالعاتی؛ ۴- درون‌یابی نقاط در این تحقیق جهت تهیه‌ی مدل مفهومی - چینه‌ای مراحل کاری زیر در سیستم اجرا شده است:

اطلاعات چاه‌ها و گمانه‌ها به سیستم وارد شده است که این اطلاعات شامل نامگذاری، دانه‌بندی چاه، مختصات مکانی چاه، سطح آب، جنس مواد و ضخامت می‌باشد.

پلات چاه‌ها به صورت سه بعدی روی صفحه اصلی سیستم (شکل ۲) ویرایش گردیده و تغییرات در قطر و مقیاس نمایش روی نقشه آورده شده است.

امکان ترسیم پانل دیاگرام بین چاه‌ها و سهولت کار

1- Groundwater Modeling System
2- Geostatistical 3D
3- Conceptual Model Stratigraphy



شکل (۲) پلات فرضی چاه‌ها در صفحه سیستم GMS هیدروژئومورفولوژی منطقه‌ی مطالعاتی

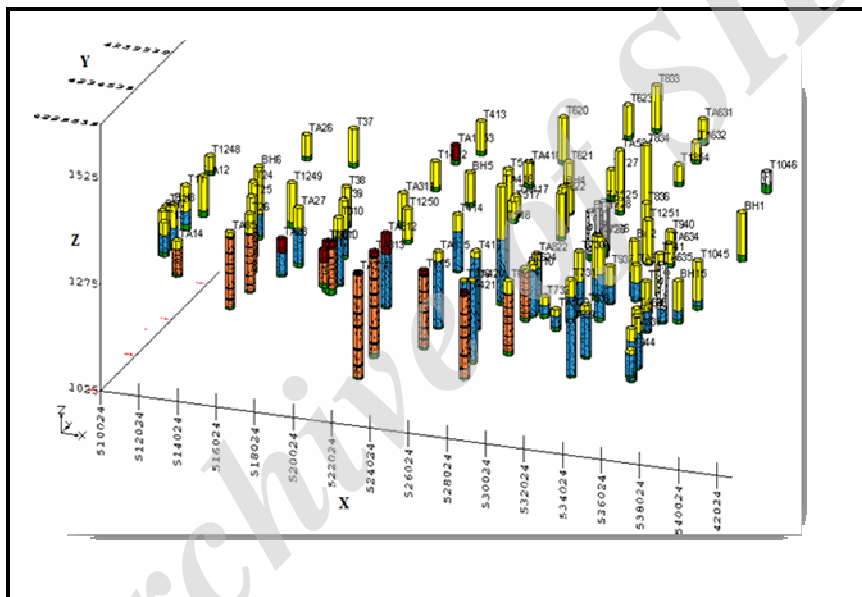
بحث و نتایج

- مدل مفهومی - چینه‌ای^۱ نهشته‌های کواترنر دشت تسوج

مدل مفهومی نشان‌دهنده‌ی روابط بین متغیرها و جهت آنها می‌باشد. در این راستا مدل مفهومی - چینه‌ای نهشته‌های کواترنر دشت تسوج واقع در شمال دریاچه‌ی ارومیه بر اساس ۲۸ حلقه‌ی لوگ زمین‌شناسی چاه‌های پیژومتری و ۷۸ گمانه سونداژهای ژئوالکتریکی در نرم‌افزار GMS7.1 مدل ID-Horizon تهیه و ترسیم گردیده است. در این نرم‌افزار، پس از تهیه‌ی لوگ چینه‌ای برای هر کدام از چاه‌ها در قسمت منوی گمانه^۲، (شکل ۳) و انتخاب شناسه^۳ برای هر کدام از نهشته‌های کواترنر شناسایی شده در چاه‌ها (شکل ۴) اقدام به کدگذاری کلاس‌های چینه‌ای

1- Conceptual Model Stratigraphy
2- Borhols
3- ID

(نهشته‌ها) گردیده است. بر اساس مقاطع ژئوالکتریک، ۵ کلاس چینه‌ای برای نهشته‌های کواترنر در دشت تسوج بر اساس مقاومت ویژه الکتریکی (اهم متر) تفکیک شده است، که شامل نهشته‌های آبرفتی Q1، نهشته‌های خشک Q3، نهشته‌های آبرفتی دانه متوسط (احتمالاً حاوی آب) Q2، نهشته‌های آبرفتی ریزدانه (احتمالاً حاوی آب) Q1 و ته‌نشست‌های رسی Qmf هستند.

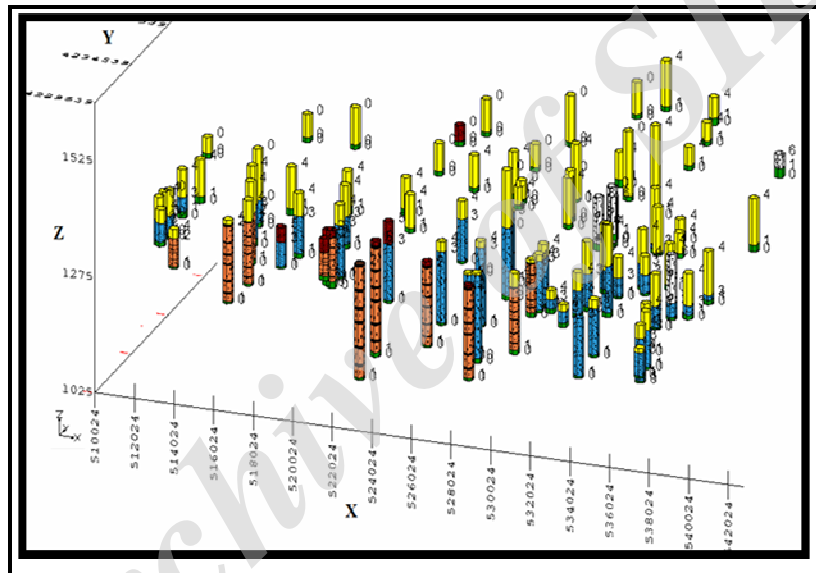


شکل (۳) چاه‌ها و گمانه‌های محدوده آبخوان دشت تسوج

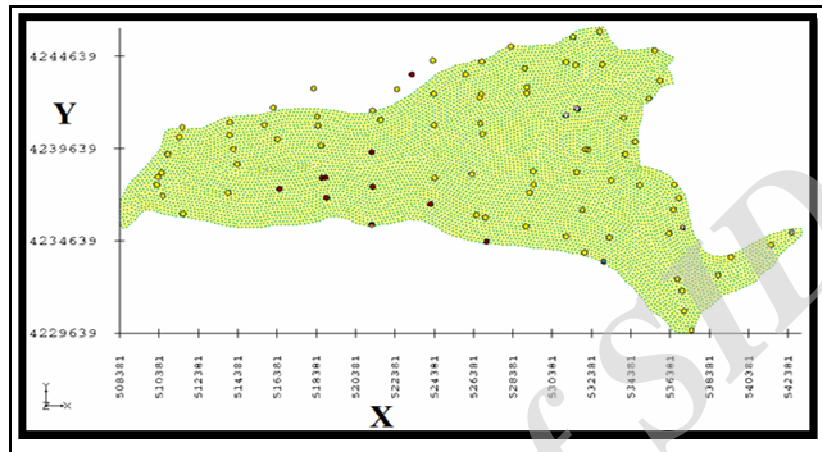
پس از کدگذاری کلاس نهشته‌ها، اقدام به تهیه نقشه‌ی رقومی پلیگونی محدوده‌ی مطالعاتی و تهیه نقشه‌ی TIN¹ بر اساس نقاط چاه‌ها و ارتفاع سطح نهشته‌های کواترنر نوع Q3 در این نقاط شده است، شکل (۵) نقشه‌ی تین با

1- Triangulated Irregular Network

موقعیت چاه‌ها و گمانه‌ها را نشان می‌دهد، این نقشه در واقع نوعی شبکه‌بندی نامنظم سه بعدی است که مدل بر اساس نقاط ارتفاعی هر کدام از کلاس‌های چینه‌ای می‌تواند ترسیم شود. پس از تهیه‌ی نقشه‌ی تین مدل مفهومی - چینه‌ای سنگ کف آبخوان و نهشته‌های کواترنر با استفاده از اکستنشن Solids که عملکرد بر اساس جنس نهشته‌ها دارد، در زیر منوی Horizons تهیه گردیده است.



شکل (۴) مدل ID-Horizon چاه‌ها و گمانه‌های آبخوان دشت تسوج

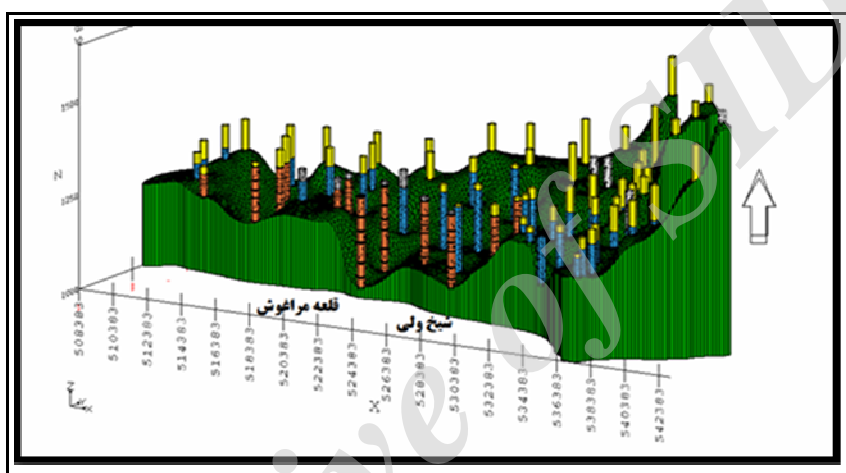


شکل (۵) نقشه‌ی TIN به همراه موقعیت چاه‌ها و سونداژهای ژئوالکتریکی آبخوان دشت تسوج

– مدل مفهومی سنگ کف

اولین لایه‌ی استخراجی از مدل مربوط به سنگ کف است که با شناسه‌ی صفر مشخص شده و بر اساس داده‌های چاه‌ها و گمانه‌های ژئوفیزیکی مقادیر مربوط به ارتفاع و ضخامت آن به مدل تعریف شده است. سنگ کف مارنی - رسی (نواحی غربی دشت از روستای امستجان به بعد بیشتر از جنس رس قرمز بوده و نواحی شرقی از جنس مارن سبز) در کل آبخوان گسترش داشته و محاسبات مدل با حداقل ارتفاع ۱۰۰۰ متر انجام گردیده که مشخصات کمی آن در جدول (۱) آمده است، نهایتاً مدل مفهومی سنگ کف به همراه موقعیت چاه‌ها و سونداژها تهیه شده است (شکل ۶). چنانکه در شکل مشاهده می‌گردد در ناحیه‌ی قلعه مراغوش تا شیخولی سنگ کف از یک افتادگی در امتداد ساحل برخوردار بوده که امکان تبادلات آبی بین سفره‌ی آب شور و شیرین را بیشتر می‌کند. همچنین در مسیر روستای الماس به سمت تسوج و از آنجا در امتداد قلعه‌ی مراغوش با یک دره عمیق مدفونی مواجه هستیم بر اساس چاه‌های پیزومتری حفاری شده در منطقه در

امتداد رودخانه تسوج ضخامت نهشته‌ها با عمق بیش از ۲۴۰ متر با دانه‌بندی غالب شن ماسه‌ای با درصد خیلی کم از رس - سیلت و یا شن‌های درشت همراه رس وجود داشته که بررسی‌های ژئوفیزیکی در این مناطق این ضخامت را تا عمق ۲۵۰ متری نمایان می‌سازد.



شکل (۶) مدل مفهومی سنگ کف، چاه‌ها و سونداژهای ژئوالکتریک دشت آبرفتی تسوج

جدول (۱) مشخصات پارامترهای کمی سنگ کف آبخوان دشت آبرفتی تسوج

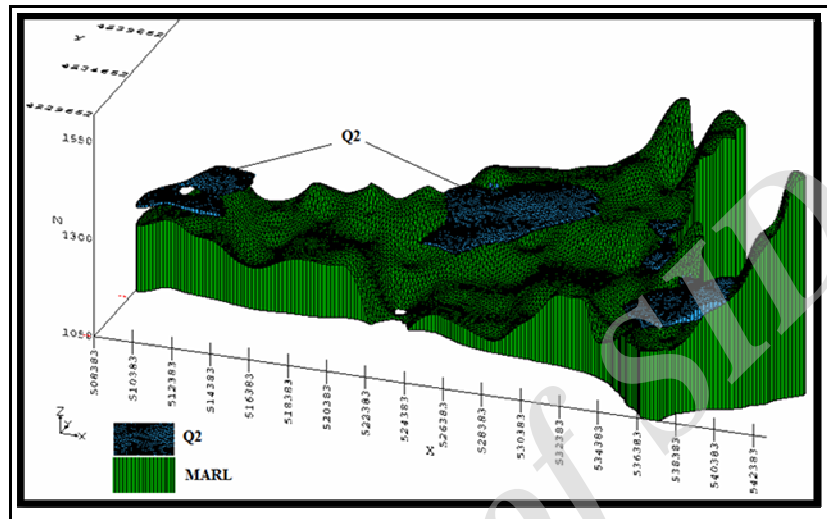
واحد های اندازه‌گیری	نوع نهشته و مقادیر مربوطه	پارامترهای نهشته‌های کواترنر
	Solid name:	CLAY&MARL 1
	Solid material:	CLAY&MARL
	Max z:	۱۶۲۰ (m)
	Min z:	۱۰۰۰ (m)
	Centroid,z:	۱۱۱۴ (m)
	Area	۲۷۰ (km ²)
	Volume:	۵۳۵۰۲ (Mm ³)

جدول (۲) مشخصات پارامترهای کمی و آماری مربوط به Q1 آبخوان تسوج

واحد های اندازه گیری	نوع نهشته و مقادیر مربوطه	پارامترهای نهشته‌های کواترنر
	Solid name:	Q1- 2
	Solid material:	Q1
	Horizon ID	۲
	Min Value Solid	۱۲۴۰ (m)
	Max Value Solid	۱۲۸۵ (m)
	Mean	۱۲۶۴ (m)
	Median	۱۲۶۴ (m)
	Max z:	۱۳۰۰ (m)
	Min z:	۱۰۳۰ (m)
	Area	۵۹ (km ²)
	Volume:	۱۳۶۸۵ (Mm ³)

- مدل مفهومی چینه ای Q2

نهشته‌های کواترنر شامل ته‌نشست‌های آبرفتی دانه متوسط احتمالاً حاوی آب (Q2) را شامل می‌شود. در شکل (۸)، مدل مفهومی و جدول (۳) پارامترهای کمی و آماری نهشته‌ها آمده است. حجم ناشی از این نهشته‌ها در آبخوان دشت تسوج بیش از ۲۹۷۳ میلیون متر مکعب است. بر اساس فراوانی نهشته‌های کواترنر Q2 نسبت به ارتفاع، بیشترین فراوانی در ارتفاع ۱۲۶۲ و ۱۲۸۴ وجود دارد. مدل مفهومی - چینه‌ای این واحد نشان‌دهنده‌ی گسترش عمده‌ی آن در نواحی شرقی و جنوب شرقی بوده با احتساب ۳۰-۴۰ متر ضخامت رسوبات کف دریاچه یکی از دلایل امکان‌سنجی تبادلات آبی بین سفره‌ی شور و شیرین در این منطقه همراه با وضعیت توپوگرافی سنگ کف حضور این واحد نفوذپذیر می‌باشد (شهرابی، ۱۳۷۳).



شکل (۸) مدل مفهومی Q2 و میزان گستره‌ی آن در دشت آبرفتی تسوج

جدول (۳) مشخصات پارامترهای کمی و آماری مربوط به Q2 آبخوان مطالعاتی تسوج

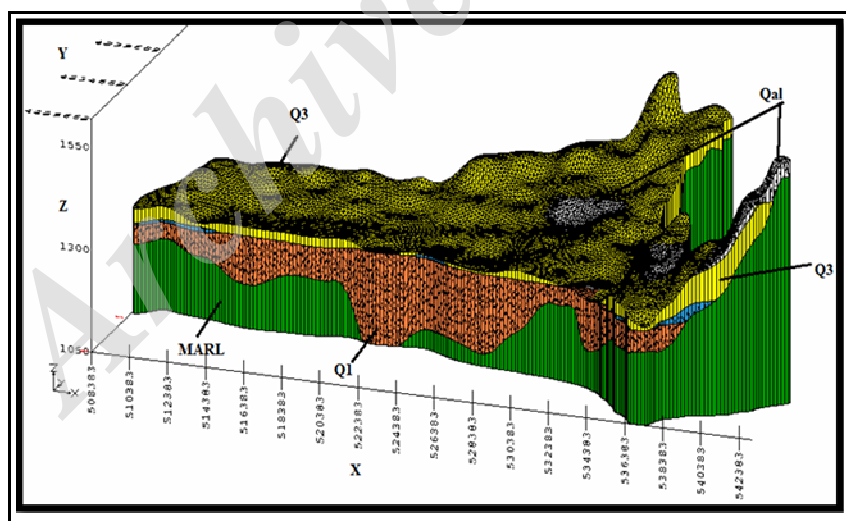
واحد های اندازه گیری نوع نهشته و مقادیر مربوطه پارامترهای نهشته‌های کواترنر

Solid name:	Q2- 3	
Solid material:	Q2	
Horizon ID	۳	
Mean	۱۲۸۵	(m)
Median	۱۲۸۲	(m)
Max z:	۱۳۷۲	(m)
Min z:	۱۲۴۰	(m)
Area	۱۳۶	(km ²)
Volume:	۲۹۷۳	(Mm ³)

- مدل مفهومی چینه‌ای Q3-Qal

این نهشته‌ها آبرفت‌های دانه درشت و رودخانه‌ای (Q3, Qal) را شامل می‌گردند،

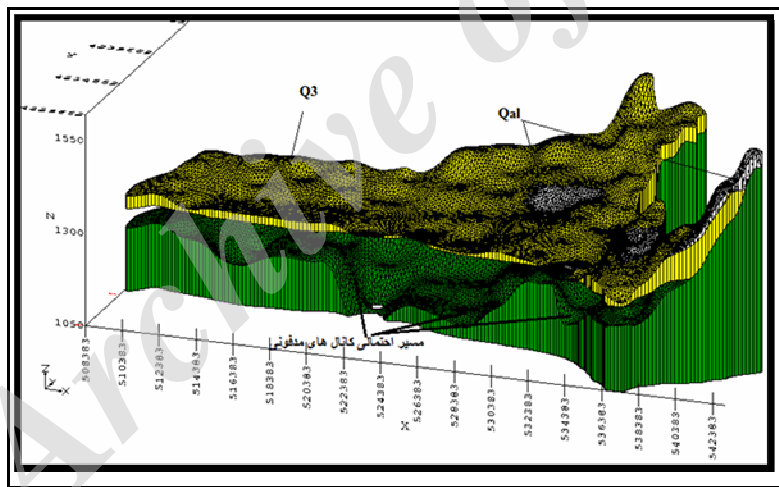
چنان که در شکل (۹) مشاهده می‌گردد این واحد از یک گسترش افقی سرتاسر به جز در حاشیه‌ی دریاچه برخوردار بوده و مدل چینهای یک پوشش کامل را ارائه می‌دهد، لکن گسترش عمودی این نهشته‌ها بیشتر در نواحی شمالی دشت به خصوص شمال شرقی است. از خصوصیات نهشته‌های کواترنری Q3, Qal می‌توان به نفوذپذیری شدید، نبود ناخالصی‌های رسی، اشاره نمود. این واحد در اغلب نواحی به خصوص بالادست دشت فاقد لایه‌ی آبدار بوده ولی به علت قابلیت نفوذ مناسب و هدایت هیدرولیکی بالا به عنوان مکان‌های مناسب تغذیه‌ی آبخوان به شمار می‌آیند. در جدول (۴) مشخصات پارامترهای کمی و آماری واحد آمده است. بیشترین فراوانی در ارتفاع ۱۳۲۰ بوده ولی ضخامت بالا در ارتفاع ۱۵۵۰ با ماکزیمم ۱۹۰ متر است. از دیگر خصوصیات این واحد تشکیل مسیر آبراهه‌ها و کانال‌های مدفونی قدیمی است به طوری که یک کانال مدفونی از روستای الماس تا شهر تسوج ادامه داشته که در مدل مفهومی شکل (۱۱) به وضوح نمایان شده است.



شکل (۹) مدل مفهومی Q3+Q2+Q1 و میزان گستره‌ی آن در دشت آبرفتی تسوج

جدول (۴) مشخصات پارامترهای کمی و آماری مربوط به Q3 آبخوان تسوج

واحد های اندازه گیری	نوع نهشته و مقادیر مربوطه	پارامترهای نهشته های کوتاه تر
Solid name:	Q1- 4	
Solid material:	Q3	
Horizon ID	۴	
Min Value (Z)	۱۲۸۰	(m)
Max Value (Z)	۱۶۰۹	(m)
Mean	۱۳۵۹	(m)
Median	۱۳۳۹	(m)
Centroid,z:	۱۳۲۷	(m)
Area	۱۷۴	(km ²)
Volume:	۱۲۴۴۷	(Mm ³)



شکل (۱۰) مدل مفهومی سنگ کف و نهشته های کوتاه تر در حاشیه دریچه و مسیر احتمالی کانال مدفونی

شکل (۱۰) مدل مفهومی چینهای سنگ کف و نهشته های کوتاه تر را نشان می دهد که دو افتادگی در امتداد ساحل دریچه و حفاصل چاه های پیزومتری

شیخ‌ولی تا قلعه‌ی مراغوش به وضوح در آن نمایان است. این افتادگی‌ها در واقع در امتداد رودخانه‌ها به خصوص رودخانه تسوج می‌باشد که از دره‌ی علمدار در کوه‌های میشو سرچشمه می‌گیرد. در بررسی ضخامت نهشته‌ها این مسیر از بیشترین ضخامت از نوع Q3 با حداکثر ۲۵۰ متر بوده است. این مدل مفهومی با استفاده از چاه‌های پیرومتری و اکتشافات ژئوفیزیکی منطقه در سال ۱۳۹۰ تهیه گردیده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که، مدل مفهومی - چینهای می‌تواند کارایی بالایی را در شناسایی نهشته‌های کواترنر و گستره آنها نمایان سازد. این مدل با قابلیت‌های سه بعدی نه تنها می‌تواند شناخت نقطه‌ای از نوع و ضخامت نهشته‌های کواترنر را به حالت گستره صفحه‌ای تبدیل نماید، بلکه با تهیه‌ی این مدل برای دشت‌های آبرفتی و محدوده‌ی آبخوان‌ها، گام مؤثری در شناسایی نواحی مستعد مناطق تغذیه‌ی مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی و پخش سیلاب برداشته می‌شود. بررسی نهشته‌های کواترنر در شمال دریاچه‌ی ارومیه که به عنوان منابع آبی مهم و شیرین در منطقه تسوج به شمار رفته و یک آبخوان را تشکیل داده‌اند نشان داد که محدوده‌ی این آبخوان با توجه به مقاومت ویژه الکتریکی به ۵ کلاس نهشته‌های کواترنر تفکیک گردیده است، که شامل نهشته‌های آبرفتی Q1، نهشته‌های خشک Q3، نهشته‌های آبرفتی دانه متوسط (احتمالاً حاوی آب) Q2، نهشته‌های آبرفتی ریزدانه (احتمالاً حاوی آب) Q1 و رس Qmf می‌باشند. با توجه به بحران آب‌های زیرزمینی شیرین در این منطقه و قرار گرفتن در حاشیه‌ی سفره‌ی شور دریاچه‌ی ارومیه شناسایی نواحی احتمالی هجوم سفره‌ی شور ساحلی ضروری بوده و مدل مفهومی - چینهای سنگ کف و نهشته‌های کواترنر آبخوان تسوج نشان داد، که در سه ناحیه شیخ‌ولی، قراتپه و قلعه مراغوش سنگ کف آبخوان از افتادگی نسبت به سایر نواحی در حاشیه ساحل دریاچه برخوردار است. نهشته‌های کواترنر شامل

رسوبات آبرفتی دانه متوسط حاوی آب (Q2) از نفوذپذیری متوسط و بالا برخوردار بوده دارای سفره‌ی آب زیرزمینی شیرین هستند. گسترش عمده این واحد از ارتفاع ۱۲۴۰ تا ۱۳۷۲ متری در نواحی شرقی و جنوب شرقی بوده، سطح گسترش آن ۱۳۶ کیلومتر مربع است. یکی از دلایل امکان‌سنجی تبادلات آبی بین سفره‌ی شور و شیرین در این منطقه همراه با وضعیت توپوگرافی سنگ کف حضور این واحد نفوذپذیر می‌باشد. عمده ضخامت نهشته‌ها در شرق (حوالی روستاهای تیل)، شمال شرق (مسیر رودخانه تسوج) و نواحی میانی دشت مشاهده می‌گردد. نهشته‌های کواترنر شامل رسوبات آبرفتی دانه درشت و رودخانه‌ای (Q3, Qal) از یک گسترش افقی سرتاسر از ۱۲۸۰ تا ۱۶۰۹ متری به جز در حاشیه دریاچه برخوردار بوده لکن حداکثر گسترش عمودی این نهشته‌ها بیشتر در نواحی شمالی دشت به خصوص شمال شرقی است. از خصوصیات این واحد نفوذپذیری شدید، عدم وجود ناخالصی‌های رسی در آن می‌باشد. این واحد در اغلب نواحی به خصوص بالادست دشت فاقد لایه‌ی آبدار بوده ولی به علت قابلیت نفوذ مناسب و هدایت هیدرولیکی بالا به عنوان مکان‌های مناسب تغذیه‌ی آبخوان به شمار می‌آیند. سطح تحت پوشش نهشته‌های خشک و رودخانه‌ای دانه درشت حدود ۱۷۴ کیلومتر مربع است. از دیگر خصوصیات این واحد تشکیل مسیر آبراهه‌ها و کانال‌های مدفونی قدیمی است به طوری که یک کانال مدفونی از روستای الماس تا شهر تسوج ادامه داشته و به سمت قراتپه حرکت می‌نماید.

منابع

- اصغری مقدم، اصغر (۱۳۸۹)، اصول شناخت آب‌های زیرزمینی، انتشارات دانشگاه تبریز، ص ۳۴۹.
- جوانی، ولی و ایرج جباری (۱۳۸۸)، شاخص‌های زمین ریخت‌شناسی در شناسایی منابع آب زیرزمینی، مجله‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی اهر، شماره‌ی ۲۵، صص ۵۱-۷۱.
- حبیب‌زاده، احد و علیرضا مجیدی (۱۳۷۴)، بررسی تأثیر تغذیه‌ی مصنوعی و آبخوانداری بر سفره زیرزمینی دشت تسوج، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب، دانشگاه باهنر کرمان.
- درویش‌زاده، علی (۱۳۷۰)، زمین‌شناسی ایران. انتشارات نشر امروز تهران، تهران.
- صلوی تبار، عبدالرحیم (۱۳۹۲)، مدیریت جامع منابع آب حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه چالش‌ها و راهکارها، نشریه‌ی اختصاصی وزارت نیرو ویژه‌ی احیای دریاچه‌ی ارومیه، پاییز، ۵۸، صص ۱۵-۱۷.
- مهرورز، کریم (۱۳۸۲)، بررسی نهشته‌های کواترنر جهت تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب دشت تسوج با استفاده از تئوری فازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- Aksu .A.E, R.N. Hiscott, D. Yas'ar, F.I. Is'ler, S. Marsh (2002), **Seismic stratigraphy of Late Quaternary deposits from the southwestern Black Sea shelf: evidence for non-catastrophic variations in sea-level during the last 10000 yr**, International Journal of Marine Geology ,190: PP. 61-94.
- Elias.S.A. Royal Holloway (2007), **History of Quaternary Science**, Elsevier B.V. All rights reserved, PP. 10-11.

- Hughes, P.D. (2010), **Geomorphology and Quaternary stratigraphy: The roles of morpho-, litho-, and allostratigraphy**, Geomorphology Journal, 123: PP. 189–199.
- Krishnamurty, J, N. Venkatesa Kumar, V. Jayaraman (1996), **An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and a geographical information system**, Remote Sensing Journal, PP. 1867-1884.
- Marios Sophocleous (2002), **Interactions between groundwater and surface water**, Hydrogeology Journal (2002)10: PP. 52-67.
- Mehl, A. Blasi and M. Zárate (2012), **Composition and provenance of Late Pleistocene–Holocene alluvial sediments of the eastern Andean piedmont between 33 and 34° S (Mendoza Province, Argentina)**, Sedimentary Geology Journal, Accepted 23 May 2012.
- Richard W.Healy. Peter G.Cook (2002), **Using ground water levels to estimate recharge**, Hydrogeology Journal (2002)10: PP. 91-109.
- Rachna Raj (2008), **Occurrence of volcanic ash in the Quaternary alluvial deposits, lower Narmada basin, western India**, J. Earth Syst. Sci. 117, No. 1: PP. 41–48.
- Sedlak, P. (2002), **Using landsat TM data for mapping of the Quaternary deposits in central Sweden**, Geographica: 37. PP. 77-81.
- Todd, D.K. (1976), **Groundwater Hydrology**, John Wiley& Sons, New York, 535 PP.