بررسی ویژگیهای حوضه آبریز سد طالقان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

زهرا مردانی1، محسن محمدخانی2

1- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان (دانشکده فنی)

2- دانشجوی دوره دکترای رشته برنامه ریزی شهری (مهندسان مشاور شارنگار مهر)

⋮

mhmardani@yahoo.com
mohsen_m_kh@yahoo.com

چکیده:

امروزه در بخش وسیعی از نقاط جهان برنامه ریزی در جهت کنترل منابع آبهای سطحی در چهارچوب فعالیتهای مربوط به سدسازی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد.شناسایی ویژگیهای حوضه آبریز یک سد چه قبل و چه بعد از احداث آن یکی از مهمترین بخشهای مطالعاتی مربوط به سد و سد سازی است . درواقع در حوضه های آبریز ، جریان آب در مسیر حرکت خود با اجزای زمینی که روی آن حرکت می کند ارتباط دارد. این اجزا شامل : مشخصات فیزیکی زمین ، مشخصات هیدرولیکی مجرا و ... می باشند . شناخت تاثیرات مسائل حوضه آبریز بر سدها یا به عبارت دیگر تعیین حوضه آبریز یک سد نیاز به مطالعه دقیق جریان و همه اجزای حوضه آبریز دارد . امروزه با توجه به پیشرفتهای به وجود آمده در این علم و بالاخص وجود سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS) ، دقت و سرعت مطالعه این اجزا افزایش یافته است. نوشتار حاضر در راستای دستیابی به مفاهیم پایه کاربرد GIS در علوم منابع آب و زمین شناسی در نظر دارد حوضه آبریز سد طالقان را به عنوان یک مطالعه موردی در محیط GIS با استفاده از نرم افزار ArcGIS و الحاقیه Arc Hydro Tools مدلسازی نماید .

کلمات کلیدی: ArcGIS ، Arc Hydro ، DEM ، Water shade processing

1. مقدمه

با افزایش قابلیت دسترسی به اطلاعات دیجیتال و کارایی تحلیل های کامپیوتری ، نقش GIS در مدلسازی هیدرولوژیکی و تحلیلهای مورفومومتریک همچنان رو به افزایش است . در نتیجه استفاده از این تکنولوژی ، دقت مطالعات نیز بیشتر خواهد شد . این موضوع بیشتر به دلیل این حقیقت بوده که مدلهای هیدرولوژیکی شامل متغیرهای مکانی و ژئومورفیک هستند . تکنولوژی GIS گزینه های مناسبی را برای مدیریت کارای حجم عظیم و پیچیده ای از اطلاعات را فراهم می کنند .

فرایند مدلسازی هیدرولوژی به منظور بدست آوردن لایه شبکه زهکشی ، محدوده زیر حوضه ها و لایه تقسیم آبها ، توسط مدل داده ای و بر مبنای مدلهای ارتفاعی (DEM) انجام می گیرد . این داده ها به عنوان ورودی برای کمی کردن ویژگیهای سطح زمین استفاده می شوند . این مدلهای رقومی- ارتفاعی پایه مورفومتری آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه است . به منظور استخراج مورفومتری زهکش های منطقه مطالعاتی لازم است مراحل زیر برای تهیه شبکه آبراهها انجام پذیرد .

- ساخت مدل رقومی ارتفاع DEM (Digital Elevation Model)
- تصحیح مدل رقومی و آماده سازی آن برای تحلیل های بعدی
- تعیین حوضه ها و زیر حوضه ها (Water shade processing) مشتمل بر مراحل زیر:

تعیین جهت جریان با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی

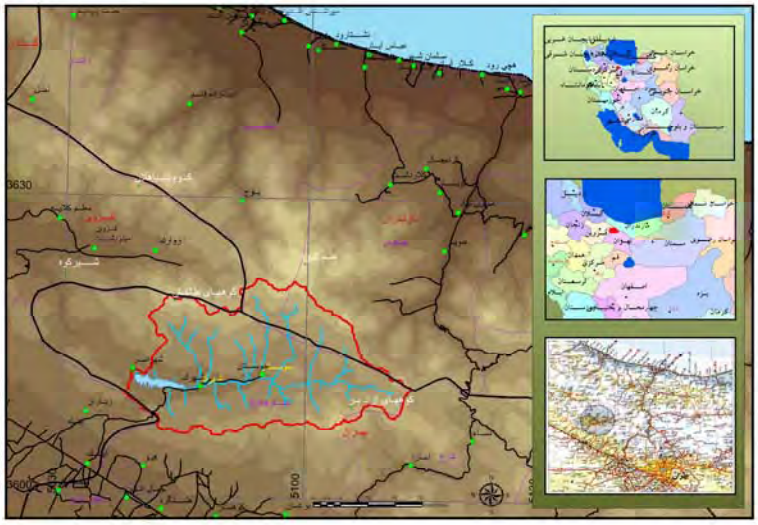
طرح حوضه‌های زهکشی

تعیین طول جریان

طرح شبکه آبراهه‌ها

2. موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانه طالقان رود یکی ازرودخانه های شهرستان ساوجبلاغ در استان تهران بوده که از کوه‌های سر به فلک کشیده رشته‌کوه‌های البرز مرکزی ،(کوه کهار بزرگ با ارتفاع 4108 متر بالای سطح دریا) ، سرچشمه گرفته ودردره طالقان به موازات دو رشته کوه شمالی(کوه های طالقان) وجنوبی(کوه های ناز) ازخاور به باخترجریان می یابد. شهرستان ساوجبلاغ به مساحت 2258 کیلومتر مربع در منتهی‌الیه ضلع شمال غربی استان تهران واقع شده است. در شمال و شرق ، قلل وگردنه هایی طالقان را از مازندران وقزوین جدا می کند . ارتفاعات جنوبی طالقان این منطقه را از دشت جدا نموده است. بر روی رودخانه مزبور سد مخزنی طالقان در120کیلومتری شمال غربی تهران(در منطقه سنگبان) احداث گردیده است،حوضه زهکشی رودخانه طالقان رود دراستان های تهران وبخش کوچکی از استان مازندران گسترش یافته است . این منطقه بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی 1:100000 مرزن‌آباد ، شکران وقزوین قرار دارد. حوضه زهکشی رودخانه طالقان رود در خاور توسط کوه کهار بزرگ از حوضه زهکشی رودخانه کرج جدا می‌شود و رودخانه آن در راستای خاوری –باختری پس از دریافت شاخه اصلی رودخانه الموت رود و تشکیل شاهرود به سمت خاور جریان یافته تا در شهر منجیل با برخورد به قزل اوزن وایجاد رودخانه سفیدرود عرض استان گیلان را طی کرده در حسن کیاده به دریای خزر می ریزد (شکل 1).



(شکل 1)

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

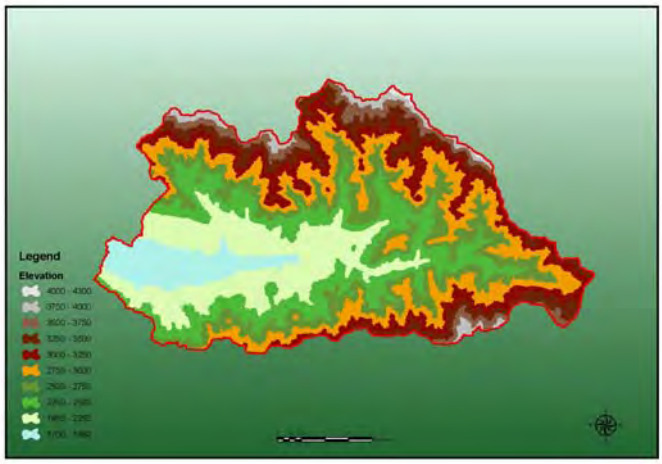
3– ساخت مدل رقومی ارتفاع DEM (Digital Elevation Model)

تبیین رقومی از تغییرات پیوسته مربوط به پستی وبلندی در فضا به مدل رقومی ارتفاع معروف است (بارو 1376) . تحلیلهای سه بعدی شالوده طرح های کاربردی و توسعه ای در GIS می باشد . و GIS سه بعدی بر روش های ساخت مدل های ارتفاعی استوار است . این مدل ها ضمن آنکه پوسته زمین را نمایش می دهند ، زیر بنایی برای سایر پژوهش ها نیز می باشند . بنابر این بیشترین انطباق با شرایط زمین از اهداف مدل های ارتفاعی است .

متداول‌ترین داده‌های رقومی شکل سطح زمین، مدل‌های رقومی ارتفاع (Digital Elevation Models) است. این داده‌ها به‌عنوان ورودی برای کمی کردن ویژگی‌های سطح زمین استفاده می‌شوند. مدل رقومی ارتفاع نمایشی از مقادیر ارتفاع پیوسته بر روی یک سطح توپوگرافی و شامل ترتیب منظمی از داده‌های توپوگرافی است که به یک داده مشترک نسبت داده می‌شود و در حقیقت برای نمایش برجستگی زمین است. ورودی‌های مورد نیاز برای ایجاد مدل رقومی ارتفاعی در منطقه مورد مطالعه نقشه های 1:25000 (dgn1) است که در 4 لایه اصلی به نام های 1- لایه منحنی میزان اصلی و فرعی و نقاط ارتفاعی 2- لایه شبکه آبراهه ها و رودخانه ها 3- لایه جاده ها 4- لایه شهرها و روستاها، رقومی شده است (سازمان نقشه برداری 1381).

1 - MicroStation Software Format

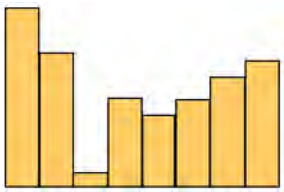
برای ساخت مدل ارتفاعی ابتدا باید پدیده های مورفولوژیکی شامل منحنی‌های توپوگرافی، نقاط ارتفاعی و آبراهه‌ها به شبکه نامنظم مثلث بندی (Tin^2) تبدیل گردد . مزیت (Tin) در ساخت مدلهای ارتفاعی به دلیل مشارکت پدیده های مورفولوژیک اعم از خطی ، نقطه ای وسطحی می باشد . در این روش سطوح هم ارتفاع توسط مثلث ها جدا می شوند و تغییر شیب ها در اضلاع مثلث ها قرار می گیرد در نتیجه نواحی با شیب زیاد نسبت به سایر نواحی ، با مثلث های کوچکتر پوشیده می شود . پس از ساخته شدن Tin، بایستی آنرا به یک تصویر Raster تبدیل نمود. این تصویر نشان‌دهنده هر گونه تغییرات پیوسته مربوط به پستی و بلندی‌های سطح زمین است، که ارزش هر سلول آن بیانگر ارتفاع آن سلول است. دقت این داده‌ها به‌طور اولیه توسط قدرت تجزیه آن‌ها (فاصله بین نقاط نمونه‌برداری) تعیین می‌شود. پارامترهای دیگری نیز دقت این داده‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (مانند تصحیح اعداد و نقطه شناور) و همچنین نمونه‌برداری واقعی سطح زمین در زمان تهیه مدل رقومی ارتفاع اولیه. مدل رقومی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه در اندازه سلولی 30 *30 متر جهت تعیین الگوی زهکشی آن تهیه شده است (شکل 2).



(شکل 2) مدل رقومی ارتفاعی (DEM) رده بندی شده حوضه آبریز سد طالقان

4–تصحیح مدل رقومی ارتفاع منطقه

این مرحله شامل تهیه یک مدل بدون چاهک است. با استفاده از ابزار sink function هر گونه چاهکی در مدل رقومی ارتفاع اولیه معلوم می‌شود. یک چاهک یک سلول یا مجموعه‌ای از سلول‌های متصل به‌هم است که نمی‌تواند یکی از 8 جهت جریان موجود در یک مدل رقومی ارتفاع را نشان دهد. این مسئله زمانی رخ می‌دهد که همه سلول‌های مجاور دارای ارتفاعی بیشتر از آن سلول باشند یا زمانی‌که دو سلول به درون هم جریان یابند و یک حلقه دو سلولی ایجاد کنند(شکل 3) . چاهک‌ها جهت جریان مشخصی ندارند، بنابراین برای تهیه یک نقشه دقیق از جهت جریان و در نتیجه تجمع توده‌ای (Flow accumulation)، بهتر است از داده‌هایی استفاده شود که فاقد چاهک باشند. چاهک‌ها متداول‌ترین خطاهای موجود در داده‌های ارتفاعی هستند، این خطاها اغلب به‌وسیله تصحیح کردن ارتفاعات به اعداد کامل ایجاد می‌شوند. به‌طور طبیعی چاهک‌ها در داده‌های ارتفاعی با اندازه سلول 10 متر یا بزرگ‌تر نادرند (Mark, 1988)، به‌جز در نواحی کارستی یا یخچالی، و اغلب می‌توانند به‌عنوان خطا در نظر گرفته شوند. اگر اندازه سلول‌ها افزایش یابد، تعداد چاهک‌ها نیز افزایش می‌یابد.

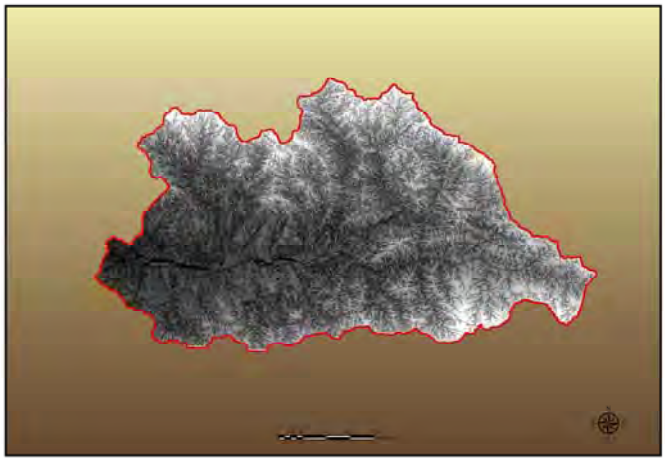


(شکل 3) تصویر مقطع عرضی یک (sink)

برای یک مدل رقومی ارتفاع با اندازه سلول 30 متر، 0/9 تا 4/7 درصد سلول‌های مدل را چاهک‌ها تشکیل می‌دهند که مقدار میانگین این چاهک‌ها بین 2/6 تا 4/8 متر است (Tarboton et al., 1991)، بدین معنی که برای یک شبکه سلولی 1000*1000 (1 میلیون سلول) ممکن است 9000

2- Triangulated Irregular Network

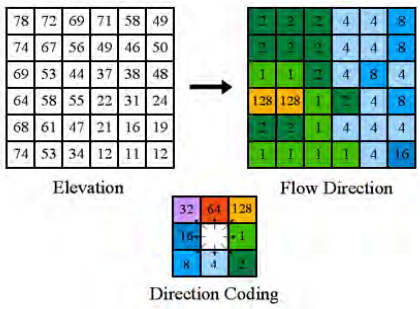
تا 47000 چاهک جهت پر شدن وجود داشته باشد. مدل‌های دیگر رقومی ارتفاع بسته به این‌که چه مقدار از سطوح آن‌ها تحت پردازش باشد، درصدهای بیشتر یا کمتر چاهک دارند. شناخت ریخت‌شناسی ناحیه برای تشخیص چاهک‌های موجود در سطح زمین از خطاهای موجود در داده‌ها مهم و مفید است. توصیف و حذف چاهک‌ها یک فرایند مهمی است.یک مدل رقومی ارتفاع که همه چاهک‌های آن حذف شده باشد، depressionless dem نامیده می‌شود. گودال‌های موجود در مدل در مراحل بعدی (تعیین سیستم زهکشی) مشکل ایجاد می‌کنند، زیرا هر آبی که به درون آنها جریان یابد دیگر نمی‌تواند خارج شود . برای اطمینان از دقت نقشه زهکشی، این گودال‌ها می‌توانند با استفاده از ابزار Fill tool پر شوند. اگر چاهک‌ها پر نشوند، شبکه زهکشی ممکن است به‌صورت منقطع باشد. با استفاده از چندین تابع مدل‌سازی آب‌شناسی چاهک‌ها پر می‌شوند تا این‌که چاهکی باقی نماند. چنانچه چاهک‌های دیگری ضمن پر شدن چاهک‌های اولیه ایجاد شوند، در مرحله بعدی پر می‌شوند. برای تهیه یک مدل بدون چاهک یا به عبارتی مدل رقومی ارتفاعی پر شده (depressionless dem) ، لایه DGN آبراهه‌ها بر روی مدل رقومی ارتفاع قرار داده شد تا ارتفاع سلول‌های مدل منطبق با محل دقیق آبراهه‌ها تصحیح گردد یا به عبارتی چاهک‌ها پر شوند (شکل4).



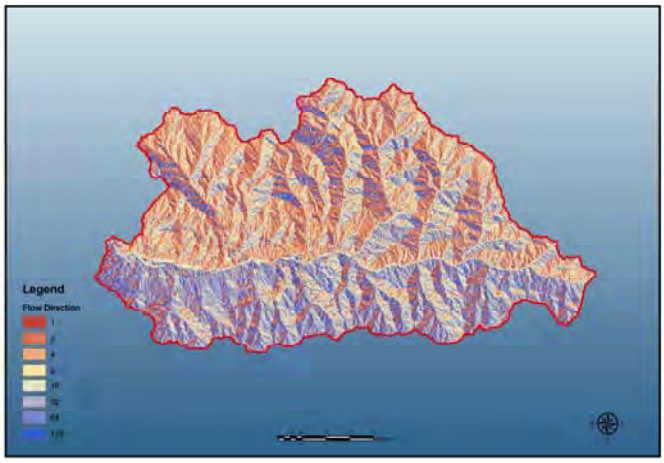
(شکل 4) مدل رقومی ارتفاعی تصحیح شده باقراردادن آبراه ها بر روی مدل اولیه

5–تعیین جهت جریان با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی

با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی تصحیح شده در مرحله قبل به‌عنوان ورودی، توسط توابع مدل‌سازی آب‌شناسی (Flow direction tool) جهتی که در آن جریان آب به خارج از هر سلول هدایت می‌شود، مشخص می‌گردد. جهت جریان، جهتی است که بیشترین شیب را نسبت به هر سلول دارد. اگر نزول به همه سلول‌های مجاور مشابه باشد، سلول با بیشترین شیب میزبان خواهد بود. اگر همه سلول‌های مجاور مرتفع‌تر از سلول اولیه باشد، آن سلول به‌عنوان دماغه (nose) در نظر گرفته می‌شود و خروجی همه سلول‌ها به آن می‌ریزد. چنانچه یک چاهک سلولی به لبه فیزیکی مدل رقومی ارتفاعی برخورد کند یا حداقل یک سلول مجاور نداشته باشد، به‌علت عدم دریافت اطلاعات کافی از اطراف، پر نمی‌شود (شکل5). برای در نظر گرفتن یک چاهک واقعی سلول همه اطلاعات مجاور بایستی نمایش داده شود. اگر دو تا سلول با هم تبادل جریان کنند، یک چاهک هستند (شکل5) و جهت جریان مشخصی ندارند. این روش برای تعیین جهت جریان از یک مدل رقومی ارتفاعی، توسط Jenson and Domingue (1988) ارائه شده است. الگوی جهت جریان تهیه شده از مدل رقومی ارتفاعی در حوضه آبریز سد طالقان در (شکل6) نشان داده شده است .



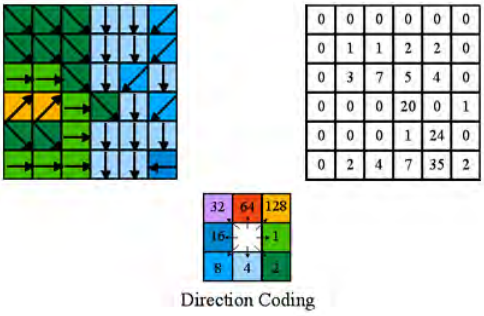
(شکل 5) تعیین جهت جریان، جهتی که بیشترین شیب را نسبت به هرسلول دارد، با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی



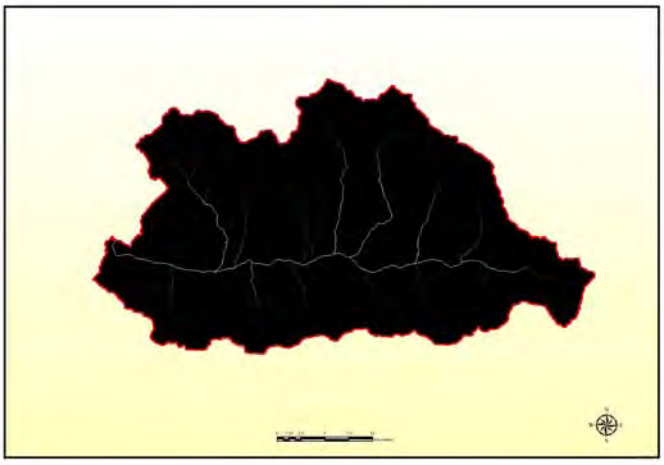
(شکل 6) الگوی جهت جریان تهیه شده از مدل رقومی ارتفاعی

6– طرح شبکه آبراهه‌ها

به‌منظور ایجاد یک شبکه آبراهه از ابزار Flow accumulation برای محاسبه تعداد سلول‌های بالادست یک سلول خاص استفاده می‌شود که نتیجه مرحله قبل برای این کار نیاز است. یک مثال برای این مرحله به این شکل است که تعیین کنیم چه میزان از آب باران به درون یک حوضه خاص می‌ریزد. در این حالت یک مقدار میانگین از بارندگی که در اثر یک حادثه طوفانی به حوضه می‌ریزد را نشان می‌دهد. خروجی این مرحله میزان بارندگی است که از هر سلول جریان می‌یابد. در اینجا فرض بر این است که همه باران خارج می‌شود و هیچ تبخیر و تعرقی صورت نمی‌گیرد یا به سفره آب زیرزمینی نمی‌ریزد. پس از تعیین این‌که هر سلول از چند سلول دیگر ورودی می‌گیرد، سلول‌های با بیشترین ورودی برای ایجاد شبکه آبراهه مشخص می‌شود، به‌نحوی‌که همه سلول‌هایی که از بیش از 100 سلول آب دریافت کرده‌اند، می‌توانند بخشی از شبکه آبراهه باشند و به این ترتیب اندازه آبراهه‌ها مشخص می‌شود (Tarboton et al., 1991). شکل 7 تصویری از نحوه رسم آبراهه‌ها بر اساس میزان ورودی جریان از سلول‌های بالادست به هر سلول با استفاده از ابزار Flow accumulation را در حوضه رودخانه طالقان نشان می‌دهد . آبراهه‌های تعیین شده به عنوان شاخه‌های فرعی رودخانه طالقان ، کم و بیش با رودخانه‌هایی که بر روی نقشه‌های توپوگرافی به رنگ آبی نشان داده شده است، هم‌خوانی دارد (شکل8).



(شکل 7) نحوه رسم آبراهه‌ها بر اساس میزان ورودی جریان از سلول‌های بالادست به هر سلول
با استفاده از ابزار Flow accumulation



(شکل 8) نحوه رسم آبراهه‌ها بر اساس میزان ورودی جریان از سلول‌های بالادست به هر سلول
با استفاده از ابزار Flow accumulation درحوضه سد طالقان

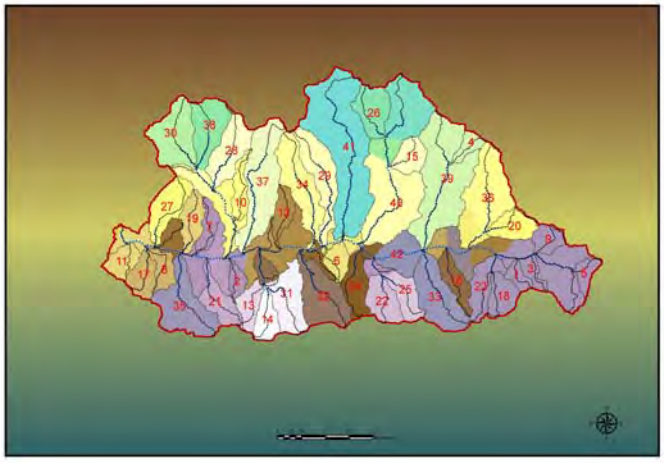
7– تعیین طول جریان

با استفاده از ابزار Flow length tool طول مسیر جریان، همچنین جهت بالاشیب یا پائین‌شیب برای هر سلول مشخص می‌شود. این مسئله برای محاسبه زمان عبور آب از درون حوضه مفید است و به این طریق می‌توان طویل‌ترین مسیری که آب جریان می‌یابد را به‌دست آورد. این پارامتر برای تعیین زمان تمرکز یک حوضه استفاده می‌شود.

8– طرح حوضه‌های زهکشی

یک حوضه زهکشی مساحتی است که آب و دیگر مواد را به یک خروجی مشترک یا یک نقطه ریزش زهکش می‌کند. مرز بین دو حوضه مجاور به‌عنوان خط تقسیم زهکشی معرفی می‌شود. نقطه خروجی جائیست که آب به خارج از حوضه جریان می‌یابد و در پائین‌ترین بخش خط تقسیم حوضه است. سلول‌ها در مدل رقومی ارتفاع اولیه به‌عنوان نقاط ریزشی هستند که در بالای آن‌ها حوضه تعیین می‌شود. با استفاده از Watershed tool، می‌توان حوضه‌های زهکشی را برای مکان‌های خاص طراحی کرد (شکل9).

با تعیین موقیت دقیق نقطه خروجی هر آبراهه، کم‌ارتفاع‌ترین نقطه در طول آن، 58 زیرحوضه برای منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد. پس از مقایسه نتایج به‌دست آمده با نقشه‌های توپوگرافی مشخص شد که 16 آبراهه تعیین شده، در طول رودخانه اصلی قرار دارند که در انجام محاسبات به‌عنوان بخشی از آن در نظر گرفته شدند (Hamdouni et al., 2007). بنابراین 42 زیرحوضه تاثیرگذار در حوضه سد طالقان تعیین گردید، که هر کدام با شماره معرفی شدند (شکل 9). ویژگی‌های فیزیکی هر زیرحوضه که شامل مساحت، محیط و طول آبراهه موجود در آن است توسط نرم‌افزار تعیین و درجدول (1)آمده است.



(شکل 9) زیرحوضه های حوضه آبریز سد طالقان ، شماره حوضه و طویل ترین رودخانه موجود در آن

جدول شماره (1) مشخصات 42 زیر حوضه در حوضه آبریز سد طالقان

شماره زیر حوضه ها	محیط (m)	مساحت (m2)	مساحت (هکتار)	طویل ترین دره (m)
1	13600.00	5222500.00	522.25	4867.03
2	15700.00	5392500.00	539.25	6525.91
3	15657.11	5655000.00	565.50	6799.87
4	17000.00	5815000.00	581.50	5798.40
5	17000.00	6300000.00	630.00	4712.01
6	17500.00	7865000.00	786.50	5736.27
7	22700.00	8025000.00	802.50	9669.42
8	19500.00	8510000.00	851.00	7562.31
9	16600.00	8567500.00	856.75	7545.15
10	25500.00	9195000.00	919.50	15494.60
11	17700.00	9405000.00	940.50	7364.82
12	20700.00	9407500.00	940.75	10876.52
13	20800.00	9700000.00	970.00	7181.24
14	18800.00	10265000.00	1026.50	7310.53
15	18300.00	10407500.00	1040.75	5644.85
16	24400.00	11052500.00	1105.25	9188.35
17	19700.00	11062500.00	1106.25	6577.69
18	18900.00	11620000.00	1162.00	6822.36
19	23800.00	11785000.00	1178.50	8538.35
20	21000.00	12230000.00	1223.00	8348.40
21	27700.00	13335000.00	1333.50	9969.42
22	20400.00	13962500.00	1396.25	6244.85
23	27800.00	14362500.00	1436.25	8833.02
24	26800.00	14415000.00	1441.50	9657.59
25	32000.00	15520000.00	1552.00	12213.96
26	23300.00	16150000.00	1615.00	8479.77
27	27000.00	17467500.00	1746.75	10461.14
28	33200.00	20550000.00	2055.00	11712.62
29	43700.00	24725000.00	2472.50	16655.26
30	31200.00	26087500.00	2608.75	10143.68

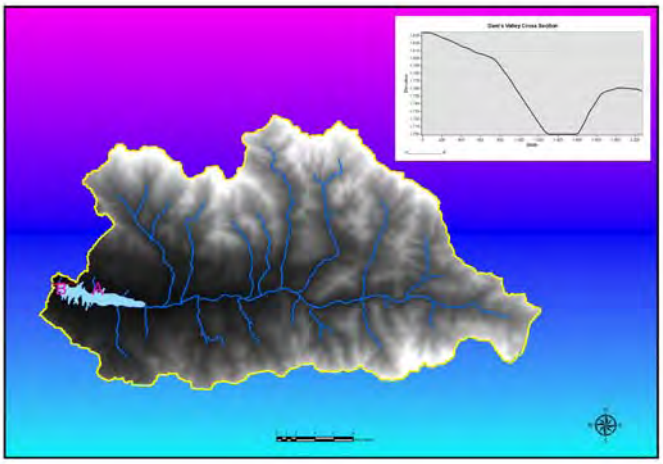
15896.07	2676.25	26762500.00	39700.00	31
12138.96	2701.00	27010000.00	34300.00	32
11902.56	2733.75	27337500.00	32500.00	33
15470.33	2742.25	27422500.00	45500.00	34
12101.09	2990.50	29905000.00	38500.00	35
18723.45	3815.75	38157500.00	41500.00	36
19645.21	3950.25	39502500.00	49100.00	37
15350.66	4200.75	42007500.00	75300.00	38
18079.22	5649.00	56490000.00	64100.00	39
29088.15	7428.00	74280000.00	77700.00	40
24516.22	7475.00	74750000.00	70400.00	41
73979.30	14378.11	143781145.88	301074.02	42

8- تعیین شکل دره با استفاده از ابزار Interpolate line

دره محل احداث سد یک دره مورفوتکتونیکی است که در اثر پدیده های فرسایش و عوامل زمین ساختی شکل گرفته است . شکل یک دره می تواند در انتخاب نوع سد نقش عمده ای داشته باشد. در طرحهای مهندسی سد ، دره ها با درنظر گرفتن دو شاخص پهنای دره در محل تاج سد (B) و عمق دره در محل احداث سد (H) معرفی می شوند . یکی از روشهای ساده برای طبقه بندی دره ها با توجه به روش توماس(B/H) بدین صورت است که : (B/H) کمتر از 3 دره عمیق ، (B/H) بین 6-3 دره تنگ و (B/H) بیش از 6 دره بازرا نشان می دهد . امروزه ابزار Interpolate line و نمودار قابل استخراج آن در محیط ArcGIS ابزاری بسیار مفید و سریعتری را به منظور تشخیص شکل دره از یک نقشه ارتفاعی رقومی (DEM)فراهم نموده است (شکل 10) . با تلفیق این ابزار با فرمول Vf (نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن) ارائه شده توسط Bull and McFadden (1977) می توان اختلاف بین دره با کف فراخ که به شکل U هستند ودره های باریک با شیب تند که به شکل V هستند را مشخص نمود .

$$Vf = 2Vfw/ [(Eld – Esc)] + (Erd – Esc)] \quad (1)$$

که در این رابطه Vf نسبت پهنای کف دره به ارتفاع ، Vfw پهنای کف دره ، Eld و Erd به ترتیب ارتفاعات خطوط تقسیم سمت چپ وراست دره و Esc ارتفاع متوسط کف دره است. بر اساس تقسیم بندی Silva et al., (2003) دره های U شکل دارای مقدار عددی Vf بزرگتر از 1/2 و دره های V شکل دارای مقدارعددی کوچکتر از 1/2 هستند. میزان شاخص فوق درمحل دره سد طالقان برابر با 4/2 است که نشان دهنده دره U شکل محل استقرار سد می باشد .



(شکل 10) نقشه ارتفاعی رقومی (DEM) و مقطع عرضی سد طالقان با استفاده از ابزار Interpolate line

9- نتیجه گیری

کلیه محاسبات در محیط (GIS) بسیار دقیق تر و سریع تر بوده و ارزیابی وکنترل نتایج نیز آسانتر است. تهیه کلیه نقشه ها با کیفیت بصری بالا، بایگانی و انتقال آنها به سهولت امکان پذیر است . با استفاده از فایلهای توپوگرافی رقومی شده سازمان نقشه برداری کشور می توان مدل رقومی ارتفاعی (DEM) را در هر منطقه تهیه نمود . توصیه می شود که در صورت امکان مطالعات منابع آب و زمین شناسی حوضه آبریز یک سد در محیط (GIS) انجام گیرد تا امکان استفاده و متصل کردن آن به سایر نرم افزارهای مورد استفاده درمحاسبات هیدرولیکی فراهم باشد .

10- مراجع

1-بارو ، پی . ای . (1376) "سیستم اطلاعات جغرافیای" ، ترجمه حسن طاهر کیا . انتشارات سمت .

2-نقشه های (dgn)1:25000 به شماره های" 62623NE ، 62623NW ، 62623SW ، 62624SW، 61621SE ، 61621SW ، 61622NE ، 61622SE ، 61622NW ، 61622SW ، 61623NE ، 61623SE و 61623SW".سازمان نقشه برداری کشور.

3- Mark, D. M. 1988. Network Models in Geomorphology. Modelling in Geomorphological Systems. John Wiley.

4- Tarboton, D.G., R.L. Bras, I. Rodriguez–Iturbe. 1991. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data, Hydrological Processes. Vol. 5, pp. 81–100.

5- Jenson S. K. and J. O. Domingue. 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 (11): 1593-1600.

6- Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E.A., 2007. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology. Article in press.

7- Bull, W.B., McFadden, L.D., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Doehring, D. O (eds), Geomorphology in Arid Regions. Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, pp. 115-138.

8- Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Bardajm, T., 2003. Fault generated mountain fronts in Southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and earthquake activity. Geomorphology 250, 203-226.