

مدیریت حوضه های آبریز با استفاده از مدل داده ای ArcHydro

حجت کرمی^۱، سید هادی حسینی^۲، عبدالله اردشیر^۳، فرهاد صبور^۴

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران-آب دانشگاه صنعتی امیر کبیر

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران آب، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

۳- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

۴- مدیر عامل شرکت مهندسی مشاور صدرا نگار

Hkarami1359@yahoo.com

خلاصه

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) روش مؤثری برای مدیریت، نمایش و ویرایش داده های مکانی و هیدرولوژیکی می باشد، بنابراین تلفیق اطلاعات هیدرولوژی با GIS یک هدف طبیعی برای اکثر تحلیلگران حوضه آبریز می باشد. با توجه به کاربرد روز افزون پارامترهای هیدرولوژیکی در تحلیلهای مربوط به حوضه های آبریز توسط سازمانهای مختلف، تعیین دقیق این پارامترها دارای اهمیت زیادی می باشد. در این تحقیق به تعیین پارامترهای مهم هیدرولوژیکی با استفاده از مدل داده ای ArcHydro پرداخته شده است. نتایج حاصل در پهنه بندی سیلابدشت و تهیه مدل رقومی بارش در حوضه آبریز رودخانه شاهرود مورد بررسی و نمایش قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: مدل داده ای ArcHydro، حوضه آبریز، مدل رقومی بارش، پهنه بندی سیلاب

مقدمه

با افزایش قابلیت دسترسی به اطلاعات دیجیتال و کارایی تحلیل های کامپیوتری، نقش GIS در مدلسازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی همچنان رو به افزایش است. در نتیجه استفاده از این تکنولوژی، دقت پروژه ها نیز بیشتر خواهد شد. این موضوع بیشتر بدلیل این حقیقت بوده که مدل های هیدرولوژیکی شامل متغیرهای مکانی و ژئومرفیک هستند. تکنولوژی GIS گزینه های مناسبی را برای مدیریت کارایی حجم عظیم و پیچیده ای از اطلاعات را فراهم می کند. [۶]

سیستم اطلاعات جغرافیایی روش مؤثری برای مدیریت، نمایش و ویرایش داده های مکانی و هیدرولوژیکی مطالعه حرکت آب در روی زمین می باشد. بنابراین تلفیق هیدرولوژی با GIS یک هدف طبیعی برای اکثر تحلیلگران حوضه آبریز می باشد. درک این مطلب حائز اهمیت است که یک سیستم شامل دو نوع مختلفی از مدلها می باشد یکی "مدل آماری" که برای ذخیره آمار زمین - مکانی و سربهای زمانی در یک چارچوب استاندارد بکار می رود و دیگری "مدل مفهومی" یا مدل شبیه سازی می باشد که شامل الگوریتمهای لازم برای پردازش های شبیه سازی می باشد. بنابراین، یک سیستم اطلاعات جغرافیایی قابلیت های پیشگویی از یک مدل مفهومی را با قابلیت های مدیریت اطلاعات از یک مدل آماری، ترکیب می کند. ArcHydro، یک مدل آماری برای ذخیره آمار زمین - مکانی عمومی هیدرولوژیکی و سری زمانی می باشد که نتیجه سالها تلاش و تحقیقات و کار روی ساختار داده های GIS برای منابع آب سطحی می باشد که با تکنولوژی پایگاه داده های زمینی ESRI برای تشکیل ارتباط مدل داده ای GIS برای منابع آب، ترکیب شده است.

ArcHydro یک سیستم اطلاعاتی منابع آب در محیط ArcGIS می باشد. این مدل در سال ۲۰۰۲ توسط دکتر Maidment و تیم تحقیقاتی اش در مرکز تحقیقات منابع آب (CRWR) دانشگاه تگزاس در ایالت Austin بصورت عمومی ارائه گردید. با استفاده از این سیستم می توان مجموعه اطلاعات هیدرولوژیکی - هیدرولیکی را با استفاده از GIS برای مدلسازی منابع آب در سطح زمین تهیه نمود. مدلسازی اطلاعات منابع آب با همکاری و مساعدت مرکز تحقیقات در منابع آب CRWR (Center for Research Water Resources) دانشگاه تگزاس در ایالات آستین و ESRI صورت پذیرفت و این همکاری منجر به تولید سیستمی تحت عنوان ArcGIS Hydro گردید که بصورت

اختصار ArcHydro نامیده می شود . همچنین می توان گفت که ArcHydro عبارت است از یک مدل جمع آوری اطلاعات زمانی و مکانی برای منابع آب که در فضای Arc GIS عمل می کند . این سیستم که مجموعه ای از ابزار مختلف می باشد قادر به جمع آوری توضیحات و مشخصات در یک چارچوب اطلاعاتی می باشد و می تواند بین عارضه ها و لایه های مختلف ارتباط برقرار کرده و تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی انجام دهد .

معرفی مدل داده ای ArcHydro

الف) کاربردها و قابلیت های مدل داده ای ArcHydro

سیستم ArcHydro قادر به پشتیبانی مدل های شبیه سازی هیدرولوژیکی می باشد ولی به تنهایی یک مدل شبیه سازی نمی باشد . در پروسه شبیه سازی ، ابتدا با استفاده از یک مدل شبیه ساز ، محاسبات هیدرولوژیکی انجام می شود و سپس اطلاعات با استفاده از رابطه های دینامیکی به ArcHydro منتقل می شوند. این سیستم روشی ساده ولی سیستماتیک را برای اتصال داده های زمانی حاصل از اندازه گیری های هیدرولوژیکی به داده های بدست آمده از مدل های مکانی - جغرافیایی ایجاد کرده است . [۲]

یک سازمان مدیریت منابع آب منطقه ای می تواند از این سیستم ، جهت ذخیره و اضافه کردن اطلاعات موجود منطقه نظیر سطوح زهکشی ، نهرها ، رودخانه ها و سایر منابع آب سطحی استفاده کند . قابل ذکر است ArcHydro یک ساختار اطلاعاتی می باشد که آمار هیدرولوژیکی را جهت مدل سازی منابع آب مرتبط می سازد، این نرم افزار الحاقیه ای برای نرم افزار Arc GIS می باشد که جهت تعیین حوضه آبریز ، ایجاد شبکه جریان و ترسیم جریان آب سطحی و طراحی شده است .

از کاربردهای ArcHydro می توان به موارد زیر اشاره نمود.

- تصحیح رستر اخذ شده از تصاویر ماهواره ای و آماده سازی آن برای تحلیل های بعدی
- تعیین حوضه آبریز (Watershed processing)
- تعیین زیر حوضه برای تمام نقاط در یک کلاس عوارض مشخص شده معین
- ایجاد مراکز نواحی زهکشی ، محاسبه و تعیین طولانی ترین مسیر جریان در مجموعه ای از نواحی زهکشی انتخاب شده
- تعیین شیب حوضه آبریز
- تعیین مسیر اصلی جریان
- تهیه اطلاعات ورودی مدل های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی
- تهیه اطلاعات جریان برای نرم افزار HEC-GeoRAS
- ایجاد شبکه ژئومتری و تبدیل عوارض زهکشی به عوارض شبکه و ایجاد شبکه ژئومتری مرتبط و

ESRI مجموعه ای از ابزارها را برای حمایت و پشتیبانی از این مدل داده ای ، علاوه بر ابزارهایی که قبلاً وجود داشته ، توسعه داده است تا یک بستر مناسبی را برای ایجاد و کار با پایگاه داده های ArcHydro ، ایجاد کند. در حقیقت، تمام ساختار ArcHydro بر اساس رویکرد حوضه آبریز برای نمایش و تحلیل اطلاعات می باشد. ArcHydro یک سیستم در حال توسعه می باشد که برای نمایش منابع آب سطحی طراحی شده است، اما پیشرفت در مسیر توسعه اهداف آن شامل اکولوژی ، آب زیرزمینی و فرآیند چرخه آب اتمسفری برای یک دور نمای یکپارچه و کامل در منابع آب می باشد . لازم به ذکر است که این پیشرفت ها اساس چهار چوب ArcHydro را تغییر نخواهند داد ، اما نسبتاً سطح تکنولوژی موجود برای گسترش قابلیت های آن را بالا می برد.

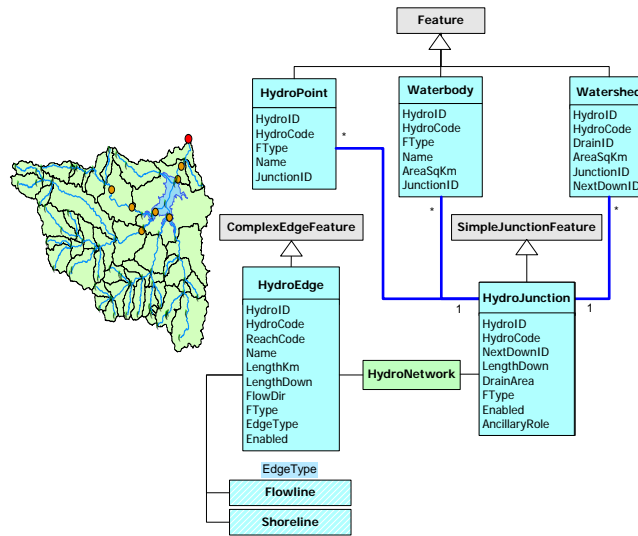
ب) انواع داده های GIS مورد استفاده توسط مدل داده ای ArcHydro

دو نوع از متداولترین این اطلاعات عبارتند از اطلاعات رستری و برداری؛ که اطلاعات برداری شامل نقاط ، خطوط و پلی گونها و صفات وابسته به آنها می باشد . آمار برداری جهت نمایش جریانها ، حوضه های آبریز و نقاط مشاهداتی ایده آل می باشند. رستر ها شامل شبکه ای از نقاط می باشند که هر سل از یک شبکه رستری، یک مقدار منحصر به فردی را به خود می گیرد؛ آمار رستری برای مدل داده ای ArcHydro چندان قابل ملاحظه نمی باشند . به هر حال آمار رستری می تواند برای تولید آمار برداری برای مدل ArcHydro مورد استفاده قرار گیرد .

ج) نسخه های ژئودیتابیس ArcHydro

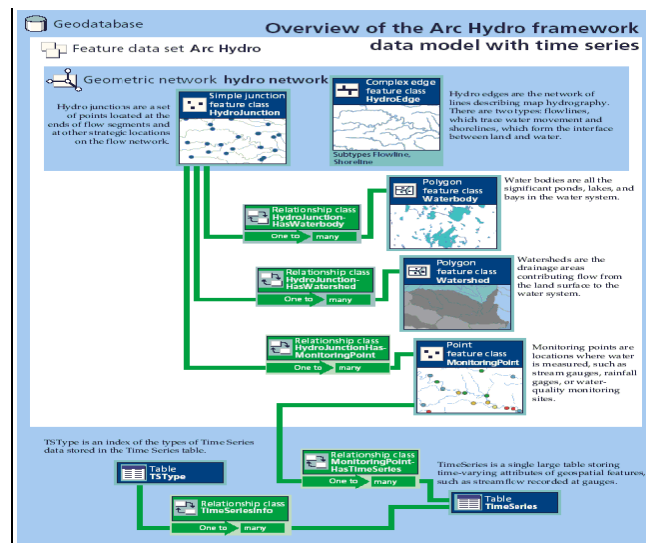
نسخه های مختلف این مدل داده ای جهت تطابق نیازهای مختلف کاربران ArcHydro ، ایجاد شده که شامل بسیاری از جداول و اسامی فیلدهای یکسان می باشند و تنها در سطح پیچیدگی شان تفاوت دارند . این نسخه ها عبارتند از :

۱- ArcHydro Framework : که فقط شامل کلاس عوارض (Feature Class) می باشد و برای ایجاد یک شبکه جریان در ArcHydro مناسب می باشند (مانند حوضه های آبریز ، رودخانه ها ، نقاط اتصال، نقاط مشاهداتی و محدوده های آبی). (شکل شماره ۱)



شکل شماره ۱ : چارچوب مدل داده ای ArcHydro

۲- ArcHydro Framework With Time Series : که شامل تمام کلاسهای موجود در چارچوب ArcHydro بعلاوه جداولی برای ذخیره اطلاعات سری زمانی می باشد. (شکل شماره ۲)



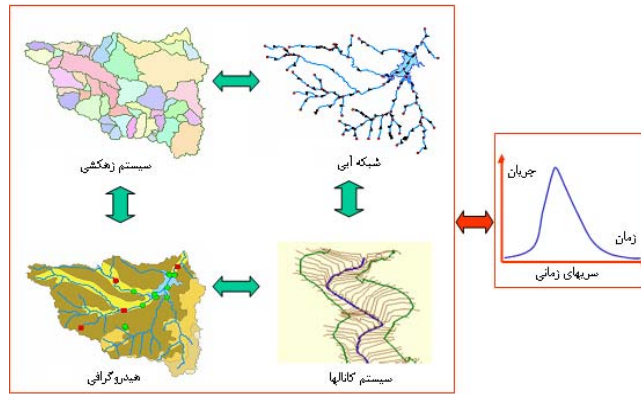
شکل شماره ۲ : چارچوب مدل داده ای ArcHydro با سری زمانی

۳- ArcHydro Full Model : شامل تمام موارد دو نسخه قبلی بعلاوه کلاسهای اضافی که شامل شماتیکهای رودخانه، کانالها و نقاط تغییر جریان می باشد.

(د ساختار داده ای ArcHydro)

مدل داده ای ArcHydro از چهار شکل شماتیک پایگاه دادهها تشکیل شده که عبارتند از:

Channel ، Drainage ، Hydrography ، Network و دو کلاس شیئی بنام Hydro Event و Time Series می باشد. (شکل شماره ۳)

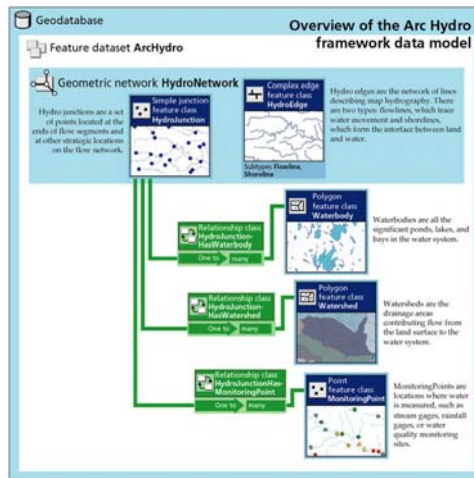


شکل شماره ۳: مدل داده ای ArcHydro

شبکه آبی (Network): شامل مجموعه نقاط و خطوط متصل به عنوان گذرگاه جریان آب
 هیدروگرافی (Hydrography): شامل اطلاعات هیدرولوژیکی، ورودی خام از نقشه ها و جداول GIS. این مدول، ذخیره اطلاعات و فرآوری نقشه را بر اساس استانداردهای USNHD ممکن می سازد.
 زهکشی (Drainage): شامل نواحی زهکشی تعیین شده توسط توپوگرافی و یا هیدرولیک شهری
 کانال (Channel): شامل خطوط پروفیل و مقاطع عرضی نشاندهنده ژئومتری سه بعدی از کانالهای جریان می باشد که مدول ویژه ای برای ذخیره و استفاده از مرفولوژی رودخانه، جریانهای آبی، کیفیت آب و پتانسیل سیلاب می باشد.
 سریه‌های زمانی (Time Series): شامل شرح جدولی اطلاعات و خصوصیات مربوط به آن در زمانهای مختلف برای عوارض آبی می باشد.

ه) مولفه های ArcHydro

- مدل ArcHydro عوارض مهم هیدرولوژیکی را با استفاده از کلاسهای عوارض ArcGIS ذخیره و در یک شکل پایگاه داده ها درون یک ژئودیتابیس اصلی دسته بندی می کند. (شکل شماره ۴) این کلاسها عبارتند از:
- HydroEdge (کلاس عوارض خطی): که شبکه ای از جریانهای آبی است که با خطوط نشان داده می شوند.
 - HydroJunction (کلاس عوارض نقطه ای): نقاطی در انتهای هر بخش جریان یا دیگر نقاط متقاطع می باشند
 - Waterbody (کلاس عوارض پلی گون): نشاندهنده پیکره های آبی مهم در سیستم می باشند
 - Watershed (کلاس عوارض پلی گون): نواحی از سطح زمین که با جریان آب برای تشکیل سیستم آبی ترکیب می شوند.
 - Monitoring Point (کلاس عوارض نقطه ای): نقاط نشاندهنده ایستگاههای اندازه گیری
 - Relationship (کلاس ارتباطی): لینک ارتباطی بین عوارض



شکل شماره ۴: مولفه های چار چوب ArcHydro

منبع: <http://www.crrw.utexas.edu/gis/archydrobook/>

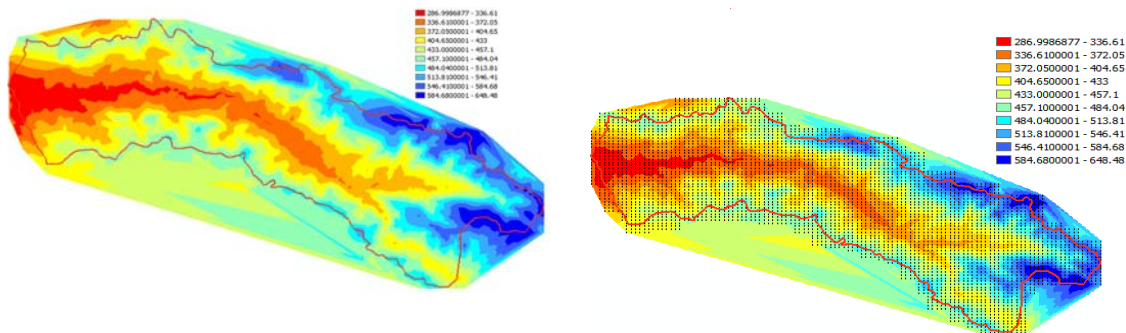
منطقه مورد مطالعه

برای بررسی و تحلیل قابلیت‌های این مدل داده ای در تعیین پارامترهای حوضه آبریز، تهیه نقشه سیلابدشت، تهیه مدل‌های رقومی بارش، دما و تبخیر از حوضه رودخانه شاهرود استفاده شده است. برای تهیه داده ها به دوصورت عمل شده است، به این ترتیب که از نقشه های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ جهت تهیه اطلاعات مربوط به محل ایستگاههای هواشناسی، هیدرومتری و شبکه رودخانه و جهت تهیه اطلاعات رستری از تصاویر ماهواره ای (سازمان نقشه برداری)، استفاده گردیده است. که نتایج حاصل از آن در بخشهای بعدی آورده شده است.

شبیه سازی و نتایج

الف) تهیه مدل رقومی بارش منطقه

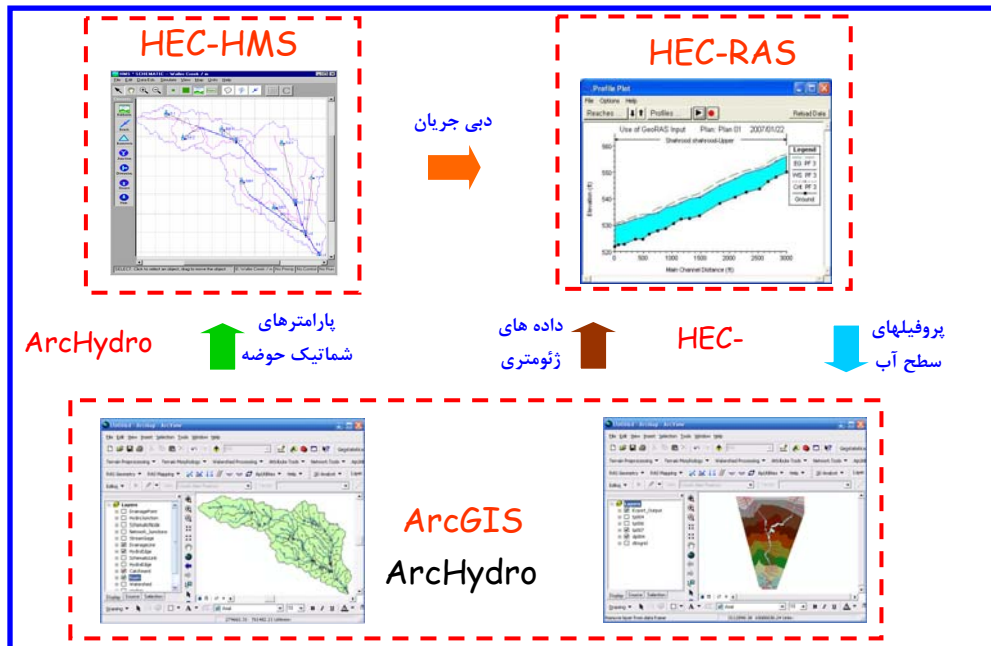
نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که استفاده از مدل داده ای ArcHydro در تهیه مدل‌های رقومی بارش، تبخیر و دما نسبت به سایر مدل‌های موجود، علاوه بر کرائی و سهولت بهتر، امکان افزایش سرعت و دقت در پردازش و در نتیجه امکان ارزیابی و کنترل دقیقتر نتایج را نیز ممکن می سازد. در (شکل شماره ۵) نمونه ای از مدل رقومی بارش تهیه شده برای حوضه رودخانه شاهرود نشان داده شده است. با استفاده از این روش میانگین بارش سالانه حوضه رودخانه شاهرود به میزان ۴۴۹/۲۰۵ میلی متر محاسبه گردیده است. و به همین ترتیب مدل‌های رقومی دما و تبخیر نیز تهیه گردیده است.



شکل شماره ۵: مدل رقومی بارش حوضه رودخانه شاهرود

ب) تعیین پهنه سیلابدشت

در این راستا با تشکیل یک سیستم یکپارچه و هدفمند قادر خواهیم بود تا در بستر مدل داده ای ArcHydro سریهای زمانی بارش را جهت شبیه سازی هیدرولوژیکی در HEC-HMS مورد پردازش قرار داده و میزان رواناب را در حوضه مورد مطالعه بدست آورده و از خروجی آن بعنوان ورودی مدل HEC-RAS استفاده نمود و بر اساس آن نسبت به تعیین پروفیل سطح آب اقدام نموده و از این اطلاعات بعنوان ورودی مدل HEC-GeoRAS در محیط ArcGIS استفاده و پهنه بندی سیل را به نمایش گذارد. شکل شماره ۶ استفاده از این مدل را جهت تعیین نقشه سیلابدشت در حوضه رودخانه شاهرود را نشان می دهد. [۴]



شکل شماره ۶: طرح شماتیکی از یکپارچگی مدل‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی، جهت تبدیل اطلاعات بارندگی و خصوصیات مربوط به حوضه آبریز رودخانه شاهرود مستخرج از مدل داده ای ArcHydro، به یک نقشه سیلاب گرفتگی

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی بطور عام و مدل داده‌ای آرک هیدرو بطور خاص که از جمله فن آوریهای بوده که طی دهه های اخیر پا به عرصه وجود گذارده ، بخوبی قادر به ساماندهی و فرآوری اطلاعات در بخشهای مختلف مرتبط با منابع آب سطحی می باشد و بعنوان بستری جامع جهت انجام تحلیل های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی می توان از آن بهره برد .
از جمله نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از :

- ✓ مشخص شدن دقیق ساختارهای اطلاعاتی مورد نیاز و نحوه تهیه ، ساماندهی و فرآوری آن در مدل داده ای آرک هیدرو که در تهیه مدل های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی نیاز می باشد.
- ✓ امکان پذیری و قابلیت بکارگیری مدل داده ای آرک هیدرو در کشور علیرغم ضعفها و کمبودهای اطلاعاتی که وجود دارد.
- ✓ امکان تلفیق مدل های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی با استفاده از مدل داده ای آرک هیدرو در مدیریت منابع آب و بویژه ، پهنه بندی سیلاب

- ✓ تامین مکانی جهت ذخیره تمام داده های مدل بطوریکه جستجو و دستیابی به آن آسان باشد .
- ✓ ذخیره داده ها با فرمتی مناسب و قابل تبادل بین ژئودیتابیس ها
- ✓ ذخیره داده های مکانی مدل متناسب با فرمت‌های قابل نمایش در ArcMap و ArcHydro
- ✓ با تهیه و بکار گیری مدل داده ای آرک هیدرو ، به راحتی و بدون صرف زمان می توان لایه مسیر جریان و خطوط ساحلی را که از جمله اطلاعات اصلی و مورد نیاز نرم افزار GeoRAS می باشد را فراهم نمود . خاطر نشان می سازد در حال حاضر این روش در کشور مورد استفاده نبوده و به روش دستی نسبت به ترسیم لایه مسیر جریان در مدل GeoRAS اقدام می گردد که علاوه بر اینکه زمان زیادی را طلب می نماید از دقت لازم نیز برخوردار نمی باشد . این موضوع همچنین در اخذ نتایج نهائی که همان پهنه بندی سیلاب می باشد ، بسیار حائز اهمیت است. لازم بذکر است با استفاده از مدل داده ای آرک هیدرو مسیر جریان در حوضه مورد مطالعه در عرض کمتر از یک دقیقه تهیه شده در صورتیکه اگر قرار بود این بخش بصورت دستی تهیه گردد حداقل زمانی مورد نیاز آن بالغ بر ۶ ساعت بود.

منابع

[۱] مطیعی، همایون . (۱۳۸۳) ، " کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مهندسی سیلاب رودخانه "وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ .

- [2] Maidment, D. R. (2002)."Arc Hydro – GIS for Water Resources". ESRI Press. Redlands, California. pp 203.
- [3] Obenoure, D.R.(2004). " Arc Hydro Developments for the Lower Colorado River Basin." MSC. Thesis, University of Texas at Austin.154 .
- [4] Hydrologic Engineering Center (2006) "HEC-RAS (Version 3.1.3), River Analysis System, User's Manual", U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Davis, CA.

- [5] Robayo,O. Time.W, Maidment,D. (2005)."Converting a NEXRAD Map to a Floodplain Map.", Ph.D. thesis, University of Texas at Austin, Austin, TX.
- [6] Melesse, S.F. Shih Assefa M. (2002). "Spatially distributed storm runoff depth estimation using Landsat images and GIS". Computers and Electronics in Agriculture,Vol. 37, pp. 173-183.