برآورد بارش رواناب و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و سطوح کشاورزی با استفاده از فن آوری سنجش از دور در حوضه آبریز رود زرد در استان خوزستان

رحیم آورند*[1] و حسن ترابی پوده[2]

1) کارشناسی ارشد ،گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

2) استادیار،گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان.

*نویسنده مسئول مکاتبات:avarand1974@gmail.com

تاریخ دریافت: 90/04/20 **تاریخ پذیرش:**90/06/27

چکیده

امروزه فن آوری سنجش از دور، در تمام زمینه‌های علمی و اطلاع رسانی در دنیا مورد استفاده است و نتایج بسیار رضایت بخشی داده است. در این تحقیق با بکار گیری فن آوری سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره ای، ضریب شماره منحنی با دقت بالایی برآورد شد ودبی پیک سیلاب، با دقت خوبی محاسبه گردید.در این مطالعه از جهت تاثیر تغییرات کاربری اراضی روی داده‌های یک واقعه تاریخی، برای تصمیم گیری و ارزیابی تغییرات دوره بلند مدت کاربری اراضی حوضه نیز استفاده شده است. اندازه گیری‌های بارش و جریان روزانه هم زمان، نشان داد که تغییرات کاربری اراضی، بر روی رابطه بارش - رواناب، در حوضه رودخانه مذکور تاثیر دارد. ولی به دلیل اینکه تصاویر ماهواره ای (به غیر از دو دوره 1990 و 2002) در دوره‌های زمانی مختلف، موجود نبود، نتایج ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن بر نتایج رابطه بارش - رواناب، نشان داده نشده است. در این مطالعه سیمای کلی حوضه، از سال 1990 تا 2002 تغییرات محسوسی نداشته است. نتایج، نشان داد که سنجش از دور و تکنولوژی GIS، برای تجزیه و تحلیل توزیع عمق رواناب، زیر حوضه‌های مورد مطالعه، مناسب می باشد. این فن آوری برای پیش بینی رواناب در آبخیزداری و منابع آب، می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی : بارش، رواناب، سنجش از دور، حوضه رود زرد.

مقدمه

امروزه فناوری سنجش از دور در تمام زمینه‌های علمی و اطلاع رسانی در دنیا منجمله در منابع آب و مهندسی رودخانه کاربرد زیادی دارد. استفاده از فن آوری سنجش از دور در تخمین و بر آورد رواناب حوضه و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و سطوح کشاورزی، در دوره‌های زمانی مختلف و مقایسه آن با برآوردهای زمینی، برای محاسبه سطح زیر کشت آبی و دیم، رویکردی واقعی در اختیار ما قرار می دهد (Ershadi and Khiabani, 2005) . با این روش، دقت برآورد رواناب حوضه، به خصوص در حوضه‌های فاقد آمار، کمک موثری در طراحی، صحیح سازه می نماید. برآورد دقیق دبی سیلاب طراحی با دوره بازگشت مورد نظر برای یک حوضه آبریز، جهت احداث سازه در عرض رودخانه، رابطه مستقیمی با حجم سازه و هزینه‌های اجرای سازه، خواهد داشت و هرچه این سازه بزرگتر باشد (مثل سدها)، دقت سیلاب طراحی، از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود. به دلیل اهمیت برآورد دقیق رواناب بارش، در حوضه‌های آبریز، استفاده از روشی دقیق، مانند فن آوری سنجش از دور جهت طراحی‌های سازه و یا مهار سیلاب، می تواند کمک موثری، جهت نیل به این هدف باشد.

با توجه به کمبودهای آماری ایستگاه‌ها و روی آوردن به روابط تجربی و اجبار در پذیرش خطا، در بر آوردهای سیلاب، استفاده از فن آوری سنجش از دور که دارای دقت قابل ملاحظه ایمی باشد، اهمیت بسیاری خواهد داشت (Ershadi et al., 2005). به دلیل تعداد زیاد فایل‌ها در نرم افزارهای سنجش از دور، درون نرم افزار از تکنیک اتوماسیون فرآیندهای محاسباتی با استفاده از برنامه نویسی داخلی نرم افزار، استفاده شده است. این موضوع باعث ایجاد سرعت زیاد در فرایندهای محاسباتی می شود (Helmuschrot et al., 2000). مبانی تحقیق، برآورد رواناب از بارشی است که در نتیجه آنالیز، توسط سنجش از دور انجام پذیرفته است. فرضیه اساسی آن نیز بر اصول کاربری‌های اراضی حوضه‌های آبریز و نیز خصوصیات فیزیوگرافی آنها و توزیع‌های مکانی و زمانی بارش‌ها، استوار است (Helmuschrot et al., 2006). چند دهه است که بحث منابع آب، برای رسیدگی به مشکلات حوضه، به صورت حرفه ای و با استفاده از مدل‌ها ی در حال توسعه، دنبال می شوند. با این حال مدل‌های حوزه آبخیز، هنوز هم از لحاظ روش و کاربرد، در حال تحول بوده و این توانایی را به کاربران می دهد تا با درک جامع و قابل اعتماد، هزینه‌های معقول را برای اینگونه پروژه‌ها در یک بازه زمانی مشخص در نظر بگیرند (Ail Mirchi et al., 2009) . منطق کاربرد، مدل‌های مختلف برنامه ریزی حوضه آبخیز، نشان دادن، تجزیه و تحلیل روابط بین اهداف تصمیم گیری و مدل سازی رویکرد و نیز برنامه‌های کاربردی می باشد. مدل سازی حوضه‌های آبریز، برنامه ریزی آینده حوضه را برای ما پر رنگ خواهد نمود(Ail Mirchi et al., 2009).

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه زرد، در جنوب غرب ایران و در قسمت شرق و شمال شرق رامهرمز واقع در استان خوزستان و در محدوده جغرافیایی ´40- °49 تا ´10-°50 طول شرقی و ´22-°31 تا´42-°31 عرض شمالی واقع شده است. در جدول 1، خلاصه مشخصات فیزیوگرافی حوضه و در شکل1 نیز، شکل حوضه رودزرد و اعلا، نشان داده شده است.

رودخانه زرد، یکی از شاخه‌های مهم رودخانه اله است که دارای شبکه رودخانه‌های متراکم بوده و در بخش باغملک (جانگی) شهرستان ایذه، قرار گرفته است. شاخه اصلی و اولیه رودخانه، به نام ابوالعباس نامیده می‌شود که از دامنه‌های شرقی سفید کوه و کوه منگشت،

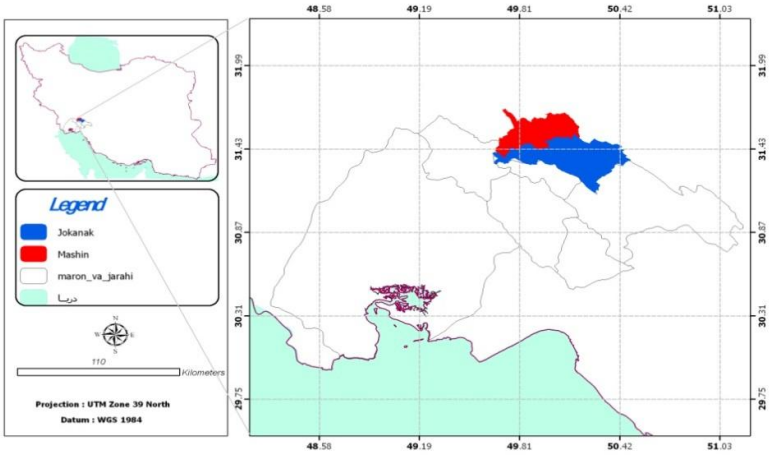
سرچشمه گرفته است. این رودخانه در بستری کوهستانی و از میان دره‌های تنگ و باریک جریان یافته و ابتدا به سوی شمال غربی جریان می‌یابد و در روستای تنگ لوره، پس از تلاقی با شاخه‌ای که از دره‌ای به همین نام جاری است، به جنوب غربی، تغییر مسیر می‌دهد. در ادامه مسیر، رودخانه زرد، روستاهای مال آقا، رباط ابوالعباس، زلاب و سنگ را سیراب نموده و وارد منطقه باغملک می‌شود. در ادامه، این رودخانه با رودخانه‌های دم آب منگیان، گلال، آل خورشید و آب دم دلی، ترکیب شده و رودخانه زرد، را تشکیل می‌دهد. رودخانه زرد سپس به جنوب باختری جریان یافته و روستاهای، رود زرد کارفی، رود زرد سادات، کریم و جره را مشروب نموده و در نزدیکی روستای رود زرد، با رودخانه اعلا، تلاقی نموده و رودخانه اله را تشکیل داده و از این نقطه، به جنوب جریان می‌یابد و با رودخانه تلخ، تلاقی یافته وارد دشت رامهرمز می‌شود. طول رودخانه زرد، تا محل ایستگاه هیدرومتری ماشین، حدود 77/4 کیلومتر و مساحت حوضه آن، در حدود 889/2 کیلومتر مربع می‌باشد. قسمت اعظم حوضه، کوهستانی مرتفع و پوشیده از درختان جنگلی زاگرس بوده و از آب دائمی برخوردار است.

ایستگاه ماشین بر روی رودخانه زرد، در مختصات جغرافیایی ´43/5- °49 طول شرقی و ´22/5-°31 عرض شمالی واقع شده است. ایستگاه از سال 1348 دارای آمار بوده و اشل آن در حال حاضر، در پای پل جدید روستای زرد، نصب شده است. تجهیزات این ایستگاه، شامل: اشل 5 متری و پل تلفریک می‌باشد. مقطع رودخانه، در محل ایستگاه، هیدرومتری مستطیل شکل با دیواره‌های بلند بتنی است. جنس بستر، قلوه سنگی ، شن و ماسه و دیواره‌های آن، بتن می‌باشد. در مجموع، به علت کمبود تجهیزات و نیز عدم اندازه‌گیری مرتب جریان، کیفیت آمار ایستگاه، در هنگام سیلاب، متوسط تا ضعیف، ارزیابی می‌گردد. در حال حاضر در بالادست این ایستگاه، سد مخزنی جره، در دست ساخت می‌باشد که با بهره‌برداری از آن، آمار این ایستگاه، قابل استفاده نخواهد بود.

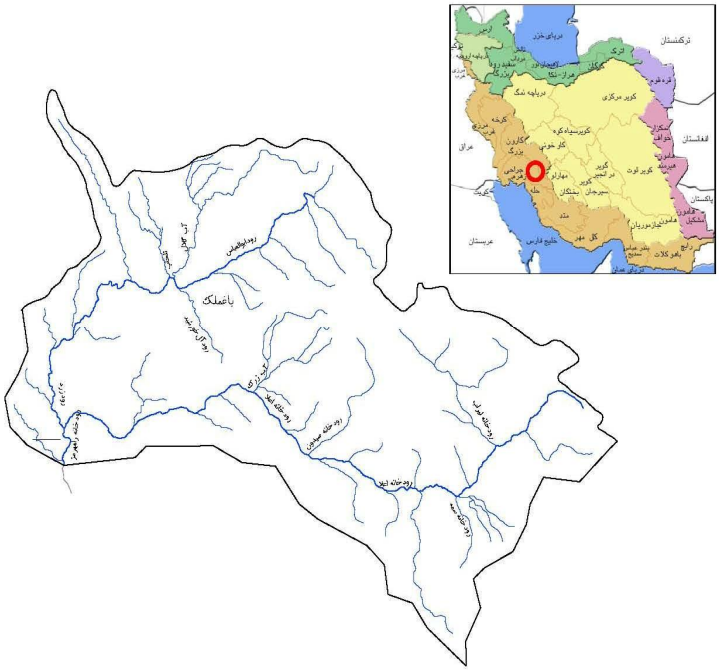
ایستگاه جوکنک، بر روی رودخانه اله و در نزدیکی روستای خدیجه، در سال 1335 تاسیس شده است. تجهیزات این ایستگاه مشتمل بر اشل، لمینگراف و پل تلفریک است. بستر رودخانه، آبرفتی و دیواره‌های آن از قلوه سنگ همراه با سیمان شن و ماسه می‌باشد. مقطع رودخانه در هنگام سیلاب، به شدت فرسایش‌پذیر است. لذا اندازه‌گیری و اصلاح رابطه دبی – اشل، در هر سال آبی و پس از هر سیلاب، الزامی است. در شکل 2، آبراه‌های اصلی دو حوضه رود زرد و اعلاء نشان داده شده است.

جدول 1: مشخصات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه

نام زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (متر)	طول آبراهه اصلی (متر)	ضریب شکل			مستطیل معادل	
				گراولیوس	میلر	هورتون	طول (km)	عرض (km)
حوضه رودخانه زرد تا ایستگاه ماشین	878/69	264980	48344	2/25	0/19	0/15	109/20	7/87
حوضه رودخانه زرد تا ایستگاه جوکنک	1455/61	373830	71992	2/41	0/17	0/13	153/51	9/46



شکل1: موقعیت حوضه مورد مطالعه در نقشه ایران



شکل 2: آبراهه‌های اصلی حوضه آبریز مورد مطالعه

آمار و اطلاعات مورد استفاده

جهت دست یابی به داده‌های موردنیاز، به منظور رسیدن به پارامترهای اقلیمی، اولین اقدام، بررسی شبکه ایستگاه‌های هواشناسی وآمارواطلاعات موجود در محدوده مطالعاتی می‌باشد. با در نظر گرفتن شرایط مورفولوژیکی، حتی الامکان کلیه ایستگاه‌های هواشناسی، مورد بررسی قرار گرفت.

برای انجام این مطالعات با توجه به نزدیکی ایستگاه‌ها به منطقه مورد مطالعه و طول دوره آماری آن‌ها، تعداد 15 ایستگاه انتخاب و برای

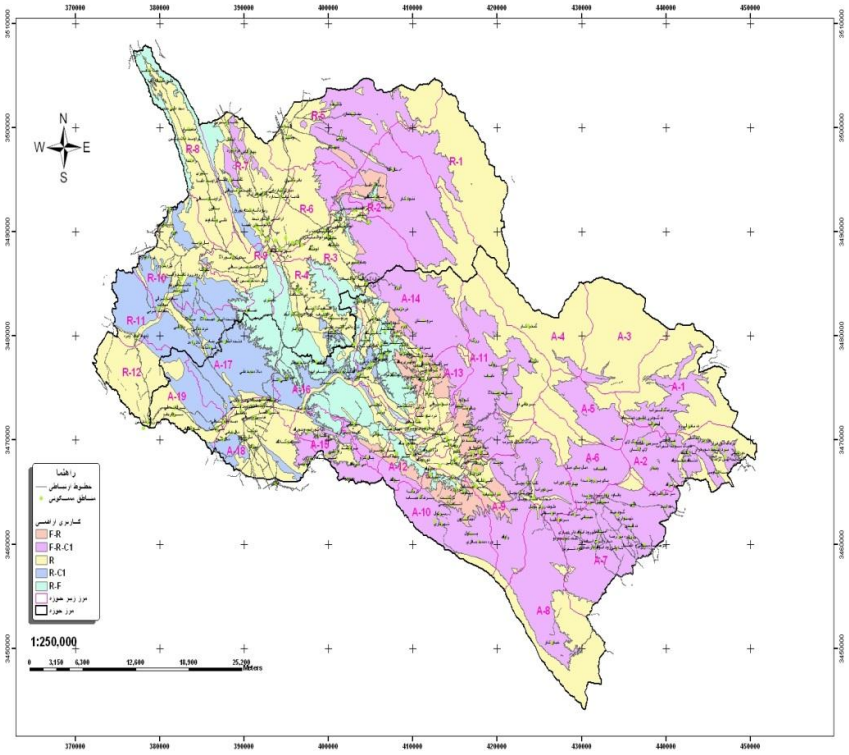
انجام ادامه بررسی‌ها، مورد مطالعه قرار گرفته است. به منظور تعیین صحت و دقت آمار و اطلاعات موجود و بازدید و بررسی محلی از ایستگاه‌ها به فراخور اهمیت، بازدید تعدادی از ایستگاه‌های مورد استفاده در مرحله شناسائی انجام شد. در این بازدیدها انواع ایستگاه‌های تابع سازمان هواشناسی کشور، شامل: ایستگاه‌های هواشناسی کشاورزی، سینوپتیک، اقلیم شناسی و باران سنجی و نیز ایستگاه‌های وزارت نیرو، مشتمل بر ایستگاه‌های باران سنجی و تبخیرسنجی، مورد بررسی واقع شد. در این بازدیدها به نکاتی از قبیل محل و موقعیت جغرافیائی ایستگاه، نوبت‌های دیده بانی، شیوه مدیریت و تعداد پارامترهای جوی مورد اندازه‌گیری، توجه گردید. علاوه برآنها تجهیزات و ادوات ایستگاه‌ها در ارتباط با استانداردهای تأمین، تجهیز و مدیریت بر شبکه اطلاعاتی، مورد ملاحظه قرار گرفت. نتایج حاصل از مطالعات صحرائی، به هنگام ارزیابی داده‌های مربوط به بانک‌های اطلاعاتی هر پارامتر، مورد استفاده قرار گرفت.هم چنین از خلاءهای آماری و نیز خطاهای مربوط به دیده بانی، یادداشت برداری، ثبت، انتقال، محاسبات، تایپ و انتشار داده‌ها در شناسنامه‌های اقلیمی، و نیز سالنامه‌های آماری، مورد شناسائی واقع شد. اطلاع از چگونگی بروز خطاها موجب گردید، برای پالایش داده‌ها سهولت بیشتری فراهم آید.

در خصوص بررسی سیلاب‌های همزمان و دارای تاخیرهای مختلف، با متوسط‌های محاسبه شده، هم بستگی خوبی مشاهده نشد. به دلیل نحوه توزیع ایستگاههای باران سنجی، خطای خطوط هم باران و پلیگون‌های تیسن، زیاد می باشد. به همین دلیل، اقدام به تحلیل آماری سری‌های زمانی دراز مدت آبدهی‌های ماهانه، از سال 1332تا 1387 و آمار بارش دراز مدت ماهانه از سال 1332 تا 1387 شد. نتایج نشان داد که تاثیر ایستگاه‌های مختلف، در تمام ماه‌ها یکسان نبوده و بر اساس آمارهای دراز مدت، ایستگاه غالب در هر ماه فرق می کند.

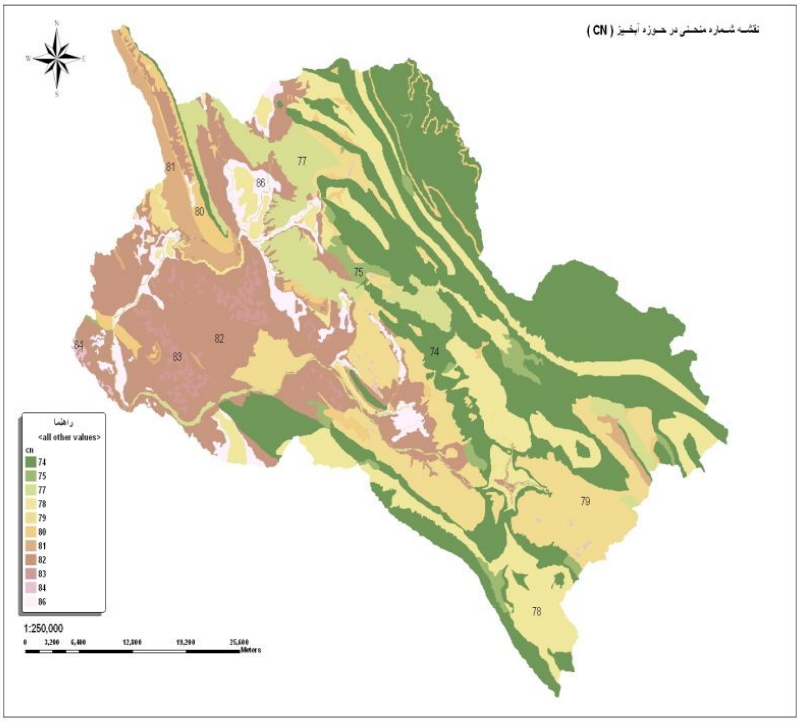
استخراج نقشه‌های کاربری از تصاویر ماهواره ای

در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای لندست، در تاریخ‌های 1990 و 2002 استفاده گردیده است. از تصاویر مربوطه، کاربری‌های اراضی حوضه در سال‌های 1990 و 2002 استخراج گردید. پس از استخراج نقشه کاربری اراضی بر گرفته از نقشه‌های ماهواره ای مذکور، مشخص شد که در طول 12 سال، کاربری اراضی محدوده طرح، تغییر محسوسی نداشته است. بنابر این از نقشه‌های کاربری و نیز خاک موجود اخذ شده از مدیریت محترم آبخیزداری منابع طبیعی استان جهت برآورد نقشه CN و رواناب حوضه، استفاده به عمل آمده است.

برای انجام این کار، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک، در سه گروه B، C و D از طریق تلفیق لایه‌های شیب، رده بندی خاک و پوشش گیاهی بدست آمد. مطابق استانداردهای تعریف شده ، profil های شیب ،رده بندی خاک و پوشش گیاهی، تشکیل گردید طوری که در هر یک از زیر حوضه‌ها، اعداد مربوط به هر لایه، مشخص شد و برای کل حوضه سه گروه هیدرولوژیکی B، C و D تشخیص داده شد (شکل2). نقشه شماره منحنی نیز با توجه به نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و نقشه کاربری اراضی، بدست آمد (شکل‌های 3و4). برای محاسبه CN هریک از زیر حوضه‌ها، با توجه به مساحت کاربری‌های هر زیر حوضه، و طبق گروه بندی هیدرولوژیکی خاک USBR با میانگین گیری وزنی، شماره منحنی(CN) ، محاسبه گردید. سپس برای دو سیلاب ثبت شده در سال‌های 1369 و 1380، شماره منحنی‌های مذکور، به گونه ای اصلاح شد که تطابق مناسبی با دبی پیکسیل‌های مذکور، داشته باشد. شماره منحنی و ضریب ذخیره زیر حوضه، دو حوضه رود زرد و اعلا ء در جدول4 و جدول 5 ارائه شده اند. با بهره گیری از شماره منحنی‌های اصلاح شده دبی‌های سیل، برای هیدروگراف‌های سیل ثبت شده با استفاده از نرم افزار Watershed Management System برآورد و ضریب رواناب متناظر، برای هر سیل محاسبه گردید.



شکل 3: نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز محدوده طرح و حوضه اعلا



شکل 4: نقشه CN محدوده طرح و حوضه اعلا

جدول 2: شماره منحنی (CN)وپارامتر(s) برای زیر حوضه‌های رود زرد و کل حوضه

شماره زیر حوضه‌ها	مساحت کل (ha)	کاربری مرتع (R) CN=81	کاربری مرتع و زراعت (R-CL) CN=79	کاربری مرتع و جنگل (R-F) CN=78	کاربری جنگل و مرتع (F-R) CN=74	کاربری جنگل و مرتع و زراعت (F-R-CL) CN=75	سایر کاربریها (کشاورزی، مسکونی، صنعتی) CN=84	CN کل	S(cm)
R1	9730	7625,7	-	-	-	2104,3	-	79,7	64/7
R2	10615,5	2483,2	-	36	735,9	6995,9	364,6	76,4	78/5
R3	1849,3	7777,7	1520,8	-	655	3540,1	1849,3	78,5	69/4
R4	6747,1	1480,7	93,4	2476,6	-	-	2696,4	81,1	59/3
R5	11032,4	2646,4	-	-	-	5638,5	2523,2	77,0	76/0
R6	4709,9	1229,7	-	-	-	1113,6	2356,6	80,9	59/9
R7	7933,7	2129,3	521,5	654,4	-	611,5	4017	81,7	57/0
R8	6591,1	4045,3	-	1707,3	-	-	838,5	80,6	61/1
R9	3929,3	1724	71,2	1178,3	-	-	955,7	80,8	60/4
R10	7936,9	2234,5	2860,8	306,5	-	-	2435,1	77,1	57/7
R11	6750,1	511	5177,2	79,9	-	-	974	79,8	64/4
R12	4495,6	2861,3	258,1	-	-	-	276,2	61,3	160/7
کل حوضه	88249/2	30491/9	8982/2	7094	948/4	20003/9	19276/6	78	72,1

جدول 3: شماره منحنی(CN)وپارامتر(s) برای زیر حوضه‌های اعلا و کل حوضه

شماره زیر حوضه‌ها	مساحت کل (ha)	کاربری مرتع (R)	کاربری مرتع و زراعت (R-CL)	کاربری مرتع و جنگل (R-F)	کاربری جنگل و مرتع (F-R)	کاربری جنگل و مرتع و زراعت (F-R-CL)	سایر کاربری‌ها (کشاورزی، مسکونی، صنعتی)	CN کل	S(cm)
		CN=81	CN=79	CN=78	CN=74	CN=75	CN=84		
A1	9214,8	6359,9	-	-	-	2663,7	191,2	79,3	66.2
A2	7440,1	2180,4	-	-	-	4265,4	994,3	78,0	71.8
A3	7599,3	7290,5	-	-	-	308,8	-	80,8	60.5
A4	6268	5955	-	-	-	203	110	80,9	60.1
A5	4545,8	1955,6	-	-	-	2452,6	137,6	77,9	72.3
A6	4676,3	1479,5	-	-	-	2937	269,7	77,6	73.4
A7	10520,4	722,2	-	-	-	8197,7	1600,5	76,8	76.8
A8	10411,1	5656,5	-	-	-	5703,4	51,2	85,5	43.0
A9	10065,2	1421	-	16,7	738,4	6681,6	1207,5	76,9	76.5
A10	6812	442,3	-	149,6	887,2	4217,6	1115,3	76,8	76.7
A11	11240,4	4531,7	-	40,6	106,9	5272,8	1288,4	78,5	69.8
A12	5730,2	1019,8	-	363,6	903,6	1815,4	1627,8	78,7	68.9
A13	2920,1	980,5	5,4	63,6	436,7	1114,7	1319,2	79,5	65.6
A14	13435,5	1973,6	285,3	1855,4	656,4	5453,5	3211,3	78,5	69.6
A15	3535,1	917,7	102,5	414,2	-	1875,5	225,2	77,6	73.3
A16	8871,6	1066,7	1637,5	3252,9	214,6	455,1	2244,8	79,8	64.2
A17	6787,3	51,1	4355,6	1180,6	-	-	1200	79,7	64.6
A18	6324	2385,5	916,9	-	-	496,5	2525,1	81,4	57.9
A19	4256,8	1786,7	1946,1	-	-	-	-	70,1	108.3
کل حوضه	141654	48176.2	9249.3	7337.2	3943.8	54114.3	19319.1	76	69

جدول4: دبی حداکثرلحظه ای زیرحوضه‌های رودزرد با دوره برگشتهای مختلف(مترمکعب برثانیه) -روش SCS

زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	دوره بازگشت(سال)									
		2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000
R1	**97.30**	203.19	403.87	547.46	689.48	735.16	877.63	1021.36	1166.72	1362.02	**1512.47**
R2	**106.16**	134.65	280.06	385.96	491.65	525.80	632.71	741.07	851.10	999.48	**1114.15**
R3	**77.78**	64.47	141.66	199.05	256.91	275.71	334.80	395.02	456.43	539.61	**604.12**
R4	**67.47**	43.63	93.61	130.45	167.42	179.41	217.02	255.25	294.18	346.80	**387.55**
R5	**110.32**	94.45	201.95	281.07	360.45	386.17	466.86	548.87	632.33	745.14	**832.47**
R6	**47.10**	32.28	79.15	115.36	152.55	164.75	203.38	243.14	284.01	339.78	**383.31**
R7	**79.34**	32.44	73.37	104.11	135.26	145.41	177.38	210.04	243.43	288.74	**323.95**
R8	**65.91**	34.24	70.51	96.83	123.05	131.51	157.99	184.79	211.99	248.64	**276.94**
R9	**39.29**	31.56	64.48	88.29	111.97	119.61	143.48	167.64	192.13	225.10	**250.56**
R10	**79.37**	60.54	127.62	176.73	225.86	241.76	291.58	342.15	393.55	462.95	**516.62**
R11	**67.50**	40.60	84.78	117.01	149.20	159.60	192.18	225.23	258.78	304.06	**339.05**
R12	**44.96**	23.32	52.76	74.88	97.30	104.60	127.61	151.12	175.15	207.76	**233.10**
TOTAL	**878.69**	791.9	1666.6	2307.2	2948.3	3155.8	3806.1	4466.3	5137.5	6043.9	**6745.0**

جدول5: دبی حداکثرلحظه ای واحدهای کاری اعلاء بادوره برگشتهای مختلف(مترمکعب بر ثانیه) -روش SCS

زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	دوره بازگشت(سال)									
		2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000
A1	**92.15**	63.44	129.51	183.25	203.88	216.77	258.22	299.59	343.33	391.50	**435.74**
A2	**74.40**	29.56	53.78	80.60	100.81	107.30	127.47	147.77	168.25	195.70	**216.81**
A3	**75.99**	45.34	90.36	121.15	153.17	163.49	195.71	228.26	261.23	305.59	**339.80**
A4	**62.68**	43.43	79.46	107.11	134.17	142.85	169.89	197.11	224.58	261.43	**289.77**
A5	**45.46**	31.43	63.27	121.89	153.73	163.30	194.55	221.63	231.62	270.94	**301.27**
A6	**46.76**	35.98	65.62	126.58	158.53	167.63	199.33	225.06	256.41	298.45	**316.71**
A7	**105.20**	84.08	144.03	201.19	250.01	265.64	314.13	362.79	398.48	456.97	**494.59**
A8	**104.11**	41.36	117.70	132.37	165.80	176.53	209.93	243.55	277.48	322.99	**358.00**
A9	**100.65**	46.48	117.94	141.93	179.05	190.99	228.27	265.91	303.99	355.19	**394.65**
A10	**68.12**	39.19	77.36	98.73	124.92	133.36	159.73	186.38	213.38	249.71	**277.73**
A11	**112.40**	61.74	115.30	150.69	189.18	201.55	240.07	278.88	318.09	370.71	**411.21**
A12	**57.30**	24.52	62.44	77.95	98.42	105.01	125.59	146.37	167.40	195.69	**217.49**
A13	**39.20**	18.95	38.84	47.87	95.63	101.54	122.14	139.74	160.45	186.24	**200.73**
A14	**134.35**	48.70	100.75	141.89	181.07	193.74	233.42	273.67	314.56	369.75	**412.41**
A15	**35.35**	13.35	28.75	36.46	46.98	50.40	61.12	72.05	83.18	98.26	**109.94**
A16	**88.72**	18.69	56.62	64.90	82.58	88.30	106.17	124.29	142.67	167.45	**186.60**
A17	**67.87**	15.04	29.47	39.39	49.76	53.09	63.51	74.04	84.69	99.02	**110.06**
A18	**63.24**	10.54	25.81	37.72	49.87	53.85	66.47	79.45	92.80	111.01	**125.23**
A19	**42.57**	10.81	22.44	27.15	34.74	37.20	44.90	52.73	60.68	71.43	**79.74**
TOTAL	**1455**	682.64	1419.47	1938.81	2452.30	2612.53	3120.63	3619.25	4103.28	4778.03	**5278.46**

جدول6: مقایسه ضریب رواناب محاسباتی حاصل از ارتفاع و ضریب رواناب دو رگبار در دو حوضه مورد مطالعه

پارامترهای روش SCS		ارتفاع رگبار (mm)	ارتفاع رواناب (ثبت شده)	ارتفاع رواناب (محاسباتی)	اختلاف ضریب رواناب ثبت شده با محاسباتی (درصد)
نام حوضه آبریز					
رگبار سال 69	حوضه رود زرد	92,1	28,07	36,54	16
	حوضه اعلا	95,78	26,46	29,52	11
رگبار سال 80	حوضه رود زرد	65	14,1	18,07	28
	حوضه اعلا	59,6	11,97	13,71	14

بحث و نتیجه گیری

با استفاده از شماره منحنی و زمان تمرکز به دست آمده، مدت بارش طرح، برای هر زیرحوضه، انتخاب شد. با اطلاعات موجود و استفاده از روابط، جداول و نمودارهای SCS طغیان‌های زیرحوضه‌های محدوده مطالعاتی، به روش استخراج هیدروگراف طغیان طرح، برآورد گردید. در جداول4، زیر حوضه R_5 با مساحت 110,32 کیلومتر مربع، دارای بیشترین مساحت درحوضه رود زرد می باشد. که دبی حداکثر لحظه ای، با دوره برگشت 1000 ساله آن، 932,47 متر مکعب بر ثانیه برآورد گردید. در حالی که در زیر حوضه R_1 با مساحت 97,3 کیلومتر مربع، دبی حداکثر لحظه ای با دوره برگشت 1000 ساله، 1512,47 متر مکعب بر ثانیه محاسبه شد. با توجه به جدول 2 ،CN زیر حوضه R_5 برابر با 76 و CN زیر حوضه R_1 عدد 64,7 می باشد. یعنی CN زیر حوضه R_5 با اختلاف 14,8 درصد، نسبت به CN زیر حوضه R_1 افزایش داشته است. در نتیجه میزان رواناب خروجی، در زیر حوضه R_5، نسبت به زیر حوضه R_1، 38,3 درصد افزایش نشان می دهد.

در جدول 5 زیر حوضه A_{14} با مساحتی برابر با 134 کیلومتر مربع، دبی حداکثر لحظه ای با دوره برگشت 1000 ساله، 412,4 متر مکعب بر ثانیه بدست آمد. در حالی که زیر حوضه A_7 با مساحتی معادل 105,2 کیلومتر مربع، دبی حداکثر لحظه ای با دوره برگشت 1000 ساله، 494,59 متر مکعب بر ثانیه محاسبه شد. طبق جداول 3 ، CN زیر حوضه‌های A_{14} و A_7 به ترتیب 69,6 و76,8 می باشند. یعنی درصد اختلاف شماره منحنی زیر حوضهA_{14} نسبت به زیر حوضه A_7، 9,37 درصد می باشد ولی نسبت اختلاف دبی حداکثر لحظه ای با دوره برگشت 1000 ساله زیر حوضه A_{14}، نسبت به زیر حوضه A_7، معادل 16,6 درصد است. بنابراین نتیجه می گیریم، رواناب ایجاد شده در خروجی حوضه، نسبت به تغییرات CN حوضه، بسیار حساس می باشد. لذا برای اینکه میزان نفوذ در حوضه را با توجه به شدت بارش، افزایش دهیم و در نتیجه میزان رواناب را کاهش داده و جلوی فرسایش خاک حوضه را بگیریم، لازم است کلیه عملیات آبخیزداری، منجمله عملیات بیولوژیکی، که مفیدترین و بهترین روش برای حوضه‌هایی است که هنوز فرسایش چندانی در آنها ایجاد نشده، جهت کنترل سیلاب و فرسایش خاک، انجام دهیم.

در ادامه برای اینکه دبی حداکثر لحظه ای به دست آمده از نتایج سنجش از دور، صحت سنجی شود، هم چنان که در بخش روش تحقیق

عنوان شد، دو سیلاب ثبت شده در سال‌های 1369 و 1380 انتخاب گردید. ارتفاع رواناب را برای دو رگبار 69/12/14 و 80/10/17 با روش SCS محاسبه نموده و طبق جدول6، ضریب رواناب سیلاب مورخه 69/12/4 در رود زرد 39,68 و در اعلا 30,83 و برای سیلاب مورخه 80/10/17 در رود زرد 27,8 و در اعلا 23 می باشد. اختلاف ضریب رواناب، در دو رگبار، طبق جدول مذکور برای حوضه رود زرد در دو سیلاب 69/12/4 و 80/10/17 به ترتیب 8,2 و 6,1و بوده برای حوضه اعلا در این دو رگبار 3,2 و 2,9 است. به عبارتی درصد اختلاف ضریب رواناب ثبت شده محاسباتی برای حوضه، رود زرد در سیلاب مورخه 69/12/4 و 80/10/17 به ترتیب 16 و 28 درصد و برای حوضه اعلا به ترتیب 11 و 14 درصد می باشد.

مقایسه ضرایب رواناب اولیه و ضرایب اصلاح شده، نشان داد که تغییرات اعمال شده، بسیار جزئی و در محدوده تعیین شده در جدول SCS برای هر کاربری بوده است. لذا می توان از تکنیک تفسیر عکس‌های ماهواره ای، با اطمینان قابل قبولی برای تخمین دبی سیلاب نظیر هر بارش، استفاده نمود.

برای اینکه بتوان برآورد دقیقی از رواناب یک حوضه، تخمین زده شود باید مواردی به شرح ذیل مد نظر قرار گیرد:

- داشتن اطلاعات کافی از کاربری اراضی حوضه و رطوبت پیشین
- داشتن اطلاعات کافی از نفوذ پذیری خاک حوضه
- در نظر گرفتن توزیع زمانی و مکانی یکنواخت بارش در حوضه مورد مطالعه
- اطمینان کافی از داده‌های بارش و سیلاب ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری حوضه

جهت مقایسه رواناب برآورد شده و صحت سنجی روش محاسبه رواناب، در این تحقیق، با به کار گیری فن آوری سنجش از دور و نیز استفاده از تصاویر ماهواره ای، ضریب شماره منحنی با دقت بالایی برآورد، ودبی پیک سیلاب با دقت خوبی، محاسبه گردید.

در این مطالعه، جهت تاثیر تغییرات کاربری اراضی، روی داده‌های یک واقعه تاریخی برای تصمیم گیری و ارزیابی تغییرات دوره بلند مدت کاربری اراضی حوضه از GIS نیز استفاده شده است.

اندازه گیری ایستگاه‌های بارش و جریان روزانه هم زمان، نشان داد که تغییرات کاربری اراضی، بر روی رابطه بارش- رواناب در حوضه رودخانه مذکور، تاثیر دارد. اما به دلیل اینکه تصاویر ماهواره ای (به غیر از دو دوره 1990 و 2002) در دوره‌های زمانی مختلف موجود نبود، نتایج ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن بر نتایج رابطه بارش- رواناب نشان داده نشده است. در این مطالعه سیمای کلی حوضه، از سال 1990 تا 2002 تغییرات محسوسی نداشته است.

نتایج این تحقیق نشان داد که سنجش از دور و تکنولوژی GIS، برای تجزیه و تحلیل توزیع عمق رواناب زیر حوضه‌های مورد مطالعه ، مناسب می باشد. این فن آوری می تواند برای پیش بینی رواناب در آبخیزداری و نیز منابع آب، مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دفتر تحقیقات و استانداردهای سد و نیروگاه، به خاطر حمایت‌های مالی و نیز جناب آقای مهندس بهراد خلیل خواه و مهندس محسن حسین زاده بخاطر مساعدت‌های علمی و راهنمائی‌های ارزنده آنها، کمال تشکر و قدر دانی را می نمایم.

منابع

- **Ershadi,A., Khiabani,H .and Kristian Lørup,J. (2005).** Applications of Remote Sensing, GIS and River Basin Modelling in Integrated Water Resource Management of Kabul River Basin. ICID 21st European Regional Conference, Frankfurt (Oder) and Slubice - Germany and Poland, pp.125-135

- **Helmschrot, J., Dahlke, H. (2006).** Inventory and Monitoring of South African Wetlands Integrating Field Data, Earth Observation Data Analysis, and GIS-based Terrain Analysis.

- **Helmschrot, J. (2000).** Application of Remote Sensing Data for Distributed Hydrological Model Parameterization in the North East Cape Province (NECP), South Africa.- Proc. of the 28th International Symposium on Remote Sensing of the Environment, 27-31 March 2000, Cape Town.

- **Mirchi, D. W**. **K. M. (2009).** Modeling for Watershed Planning, Management, and Decision Making. Nova Sinece Publishers.

- **Reineke, A and wolfgang,A., flugel, J. (2007)**. Application of remote sensing and gis for integrated water resources management in southern Africa , Annual Meeting of the Africa group of German Geoscientists (AdG), Potsdam, Germany.