روندیابی و مدیریت سیلاب

- روش های محاسباتی
- هیدرولوژی سیلاب
- مطالعات هیدرولیک
- مدل های کامپیوتری
- روند یابی سیلاب رودخانه کارون

نشریه شماره ۹، بهار ۱۳۷۲

RAH SHAHR
International Group
گروه بین المللی ره شهر

پیشگفتار

مشکل سیل و سیل زدگی یکی از مسائل عمده جوامع بشری است که ابعاد تاثیر آن گسترده می باشد. سالی نمی گذرد که در نقطه ای از جهان وقوع سیل خسارات مالی و جانی جبران ناپذیر ببار نیاورد و موجی منفی در اقتصاد آن جامعه ایجاد نکند. سال گذشته از پرفاجعه ترین سالهای تاریخ اخیر ایران در رابطه با مسئلهٔ سیل بود و اکثر نقاط جنوبی ایران، از سیستان و بلوچستان تا خوزستان، با این بلای طبیعی مواجه گردیده و دست و پنجه نرم کردند. وقوع سیل در این نقاط باعث تخریب راهها، پلها، منازل، مساجد، بیمارستانها و غیره شد و بسیاری جان خود را از دست دادند.

در دنیای امروز مقابله پیروزمند انه و مدیریت صحیح این بلای طبیعی مانند دیگر مسائل بشر، از طریق روشهای علمی میسر است. در رویاروئی بااین مشکل می توان با بهره مندی از علوم هیدرولیك و هیدرولوژی، اقتصادی ترین راه حلهای مهندسی برای کنترل و هدایت سیلاب را تعیین و زیان را نهایتاًتبدیل به منفعت کرد.

هدف از این مقاله معرفی روشهای مطالعاتی موجود، که استاندارد طراحی سیستمهای هدایت و کنترل سیلاب در جهان می باشد، بوده و امید است که گامی باشد در راه تقلیل زیان ناشی از سیل در کشورمان ایران.

معرفی

اصولاً در مطالعات مهندسی هدف تخصیص ارقام به متغیرهای متفاوت و تعیین رابطه بین آنها می باشد. در مطالعات هدایت و کنترل سیلاب، متغیر اصلی دبی سیلاب و تغییر آن در زمان، و در نقاط مختلف مسیر رود است که بستگی به خصوصیات بارندگی و اقلیمی منطقه و مشخصات فیزیکی رود و دشت اطراف آن دارد.

معمولاً سیلاب بعلت بارندگی شدید و مداوم بر روی مساحتی مشخص از منطقه (حوزه آبخیز) بوجود می آید که رواناب (آب جاری در سطح) زیادی ایجاد می نماید که توسط مجاری فرعی به رود اصلی هدایت، و باعث ازدیاد دبی رود به یك حداکثر می گردد، و پس از فروکش کردن بارندگی و تقلیل شدت جاری شدن رواناب دبی رود نیز به تبعیت از آن تقلیل یافته و به حالت عادی خود باز می گردد.

تغییرات دبی رود در زمان را در محلی مشخص آبنمود و یا هیدروگراف سیلاب در آن محل، و تغییرات هیدروگراف سیلاب از محلی به محل دیگر را، روند سیلاب در رود می گویند. محاسبهٔ هیدروگراف سیلاب ناشی از یك بارندگی سیل آسا مربوط به علم هیدرولوژی، و تعیین روند سیلاب (روند یابی سیلاب) در رودخانه مربوط به علم هیدرولیك است.

در طراحی سیستم های مدیریت و کنترل سیلاب طبق اصول مهندسی، آنچه که لازم است ارقام مربوط به تغییرات دبی در زمان و دبی حداکثر،

تغییرات دبی در مسیر رود، رقوم سطح آب، سرعت جریان آب در مقطع رود، و همچنین اقتصادی ترین سیلاب محتمل برای طراحی در نقاط مختلف رود است. جواب این سئوالها از طریق انجام مطالعات هیدرولوژی در حوزهٔ آبخیز رود، و مطالعات هیدرولیك در مسیر رود مورد نظر میسر می گردد.

روشهای محاسباتی

۱ ـ هیدرولوژی سیلاب

در علم هیدرولوژی سیلاب (FLOOD HYDROLOGY)، روشهای محاسباتی سعی بر تبدیل بارندگی به دبی حداکثر و یا هیدروگراف روانآب دارند و به این منظور نیاز به دو سری اطلاعات، که یکی مربوط به خصوصیات بارندگی در منطقه، و دیگری مربوط به خصوصیات اقلیمی حوزه مورد نظر است، دارند.

متداولترین روش محاسباتی دبی حداکثر روانآب، روش راشنال (CHOW, 1964) است که مبنای استدلال آن در ادغام خصوصیات بارندگی و خصوصیات حوزه در دو متغیر بهم وابسته است. این دو متغیر یکی، زمان تمرکز حوزه و دیگری شدت بارندگی بر اساس آن می باشند. زمان تمرکز حوزه حداقل زمان لازم برای تجمع روانآب ازتمامی نقاط حوزه ر پائین دست (خروجی) آن است، واستدلال براین است که اگرزمان بارش

با زمان تمرکز تطابق داشته باشد شدت بارندگی برای ایجاد رواناب حداکثر خواهد بود و در نتیجه شدت رواناب حاصله نیز حداکثر است.

از دیگر متغیرهای روش استدلالی، ضریب رواناب نام دارد که شاخص درصد تبدیل بارندگی به رواناب است، و متغیر دیگر، مساحت حوزه مورد نظر می باشد. استفاده از روش راشنال در مرحله اول نیاز به منحنیهای مدت ـ شدت ـ فراوانی بارندگی در منطقه دارد که تعیین آنها از طریق مطالعات و تحلیل گستردهٔ آمار دراز مدت بارندگی میسر است. مضافاً تعیین زمان تمرکز حوزه نیاز به مطالعه خصوصیات اقلیمی حوزه مورد نظر دارد که از طریق روشهای مختلف میسر است (CHOW, 1964).

روش راشنال، روش اثبات شده ای در علم هیدرولوژی سیلاب است و تجربه استفاده دراز مدت دارد. محدودیت روش راشنال در این است که تنها برای حوزه های نسبتاً کوچك (تا ۱۰کیلومتر مربع) قابل استفاده می باشد و اینکه حاصل محاسبات آن تنها دبی حداکثر سیل است و گویای تغییرات دبی در زمان نمی باشد.

روش دیگر محاسباتی متداول در هیدرولوژی سیلاب، روش هیدروگراف واحد (USBR, 1989) است که محدودیتهای روش راشنال را ندارد. توضیح گسترده این روش خارج از اهداف این مقاله بوده و تنها به شرحی مختصری از خصوصیات آن اکتفا می شود.

هیدروگراف واحد، هیدروگراف ایجاد شده در اثر بارش یك واحد باران اضافی (میلیمتریا اینچ) در مدت زمان مشخص بر روی حوزه مورد نظر است (منظور از بارندگی اضافه بارندگی است که ایجاد رواناب می کند). دراین روش تمامی خصوصیات اقلیمی حوزه درهیدروگراف واحد خلاصه می شوند بدین معنی که اگر بارش بیشتر از مقدار واحد باشد هیدروگراف سیلاب ایجاد شده را میتوان توسط تغییر مقیاس دبی هیدروگراف واحد به نسبت بارندگی محاسبه نمود. در این روش فرض بر این است که بارندگی بصورت یکسان برروی حوزه منتشر می گردد. از خصوصیات مهم این روش این است که می توان هیدروگراف حاصل از یك رگبار مشخص را که در آن شدت بارندگی در زمان متغیر است، محاسبه نمود.

لازمه استفاده از روش فوق الذکردر دست داشتن هیدروگراف واحد مربوط به حوزه مورد نظر است و نیاز به در دست داشتن داده های مربوط به رگبارها و روانآبهای مطابق با آنها رادارد. البته مطالعات گسترده ای در رابطه باهیدروگراف واحد برای تیپهای مختلف حوزه انجام یافته است (USBR, 1989) که نتیجه آن چندین هیدروگراف واحد بدون بُعد برای حوزه های مختلف می باشد که می توان از آنها استفاده نمود.

دیگر لازمه استفاده از روش هیدروگراف واحد، اطلاعات مربوط به رگبار طرح است که نیاز به مطالعات آمار بارندگی و یا استفاده از منحنیهای توزیع تیپ بارندگی که برای منطقه طبق مطالعات بارندگی

تعیین شده اند دارد . شکل (۱) رگباری سیل آسا (توزیع بارندگی) و هیدروگراف سیلاب ناشی از آن را بصورت ثبت شده و محاسبه شده از طریق روش هیدروگراف واحد نشان می دهد. روش هیدروگراف واحد برای محاسبه توسط کامپیوتر بسیار مناسب است و در مدلهای کامپیوتر مشابه سازی هیدرولوژی بکار می آید.

۲ ـ مطالعات هیدرولیك

از پایه ای ترین مطالعات هیدرولیك، محاسبه ظرفیت آبراه (کانال و یا رود) در مقایسه با دبی سیلاب است. آنچه که در ظرفیت آبراه موثر است شکل هندسی مقطع آن، شیب آبراه، و خصوصیات زبری آن می باشد. با دسترسی به این خصوصیات محاسبه ظرفیت آبراه توسط یکی از فرمولهای مقاومت (مانینگ، چزی، هیزن ـ ویلیامز، دارسی ـ وازباخ) و همچنین محاسبه رقوم سطح آب برای یك دبی مشخص در مقطع مورد نظر، میسر است (HENDERSON, 1966). همچنین از فرمولهای مقاومت معمولاً در محاسبه مقاطع لازم برای سیستمهای انتقال آب استفاده می گردد.

مرحله ای پیشرفته تر در مطالعات هیدرولیك، محاسبه پروفیل سطح آب در آبراه، و یا در سیلابدشت برای یك دبی مشخص و یکنواخت است. این محاسبات بصورت مرحله ای در طول مسیر آبراه برای مقاطع مختلف انجام می گیرد و حاصل آن تعیین رقوم سطح آب در آبراه و

سرعت جریان آب در مقاطع مختلف است.

مرحله پیشرفته تر در محاسبات هیدرولیك روند یابی سیلاب است. منظور از روند یابی سیلاب، محاسبه هیدروگراف سیلاب (تغییرات دبی در زمان) در مقاطع مختلف مسیر آبراه است. طبیعت این محاسبات بسیار پیچیده تر از دیگر محاسبات هیدرولیك است چرا که در این محاسبات با دو بعد متغیر مسافت و زمان سرو کار داریم.

روشهای متفاوتی برای روند یابی سیلاب در مسیر آبراه موجود است. ساده ترین روش روند یابی، روش مخزنی است (STORAGE ROUTING) که در آن با استفاده از رابطه حجم ـ ارتفاع یك مسیر و یا یك مخزن و همچنین داشتن رابطه ارتفاع ـ دبی مربوط به خروجی از مسیر (و یا مخزن)، می توان هیدروگراف ورودی به مسیر را تبدیل به هیدروگراف خروجی نموده واثرات تعدیلی مسیررا که کلاً در حجم ذخیره ای آن خلاصه گردیده اند برروی هیدروگراف سیلاب تعیین نمود. روش روند یابی مخزنی برای تحلیل مخازن در سدهای نسبتاًبزرگ و تعیین اندازه بهینه سرریزها قابل استفاده است. همچنین در بعضی از مسیر رودها که در آن تمامی خصوصیات هیدرولیکی مسیر را بتوان توسط حجم آب ذخیره شد در آن مسیر توصیف کرد، می توان از روش روند یابی مخزنی استفاده نمود.

از روشهای مهم و علمی در تحلیل روند سیل در رودخانه، می‌توان از روش تجربی ماسکینگهام (MUSKINGHUM ROUTING) نام برد

(USBR, 1987). این روش که بدنبال مطالعات روند یابی سیلاب در دهه ۱۹۳۰ درمنطقه کنترل سیلاب ماسکینگهام توسعه یافت، گسترشی است از روش روند یابی مخزنی که در آن خصوصیات مسیر رودتوسط ضرائب مختلف مخصوص به آن مسیر، به دبی ورودی و خروجی، و همچنین حجم ذخیره شده در آن مسیر ارتباط داده می شوند. از مهمترین مراحل در استفاده از روش ماسکینگهام، تعیین ضرایب مربوط به مسیر است که نیاز به داده های ایستگاههای سنجش دبی در مسیر موردنظر دارد.

روشهای فوق الذکر در تحلیل روند سیل را می توان روشهای استاتیکی تحلیل نام گذارد. مرحله ای پیشرفته تر در روند یابی سیل، تحلیل شبه دینامیکی است. از مدلهای ریاضی که در این طبقه قرار می گیرند می توان مدل موج کینماتیك (KINEMATIC WAVE MODEL)، و مدل تشابه انتشار (DIFFUSION ANOLOGY MODEL) را نام برد.

در مدل موج کینماتیك حرکت دینامیکی موج سیل در آبراه با صرف نظر از چند متغیر ساده گردیده، و معادله حرکت تنها مبتنی بر اصل پیوستگی جریان بدست آمده است. از این مدل ریاضی می توان برای تحلیل سیلابهای بامدت زمان نسبتاً طولانی (چندین روز) که در آن تغییرات دبی ناگهانی نمی باشند، استفاده نمود.

در مدل ریاضی تشابه انتشار تمامی خصوصیات تعدیلی مسیر مورد نظر بر روی سیلاب در یك ضریب انتشار خلاصه گردیده اند و از معادله

عمومی دیفرانسیل مربوط به انتشار (DIFFUSION) برای تحلیل روند سیلاب استفاده گردیده است. این مدل می تواند بسیار دقیق باشد ولی نیاز به تعیین ضریب انتشار برای مسیر مورد نظر دارد که به معنی در دست داشتن داده های دبی ورودی و خروجی از مسیر مورد نظر است.

پیشرفته ترین روش تحلیل روند سیل، روش کامل دینامیکی است که در آن معادلات کامل دیفرانسیل حرکت آب که به معادلات سنت ـ ونانت (SAINT-VENANT) مشهور هستند حل می گردند. معادلات سنت ونانت حرکت سیال را در سه بعد مکان و یک بعد زمان توصیف می کند. در روند یابی سیلاب در رودخانه، حرکت اصلی آب درجهت پائین دست است و عمدتاً نیاز به تحلیل سه بعدی در مکان نبوده و تحلیل در یك بعد مکان عمدتاً کافی است. البته حرکت آب در سیلابدشت، طبیعت دو بعدی داشته و نیاز به تحلیل دو بعدی درمکان دارد. لازم به‌ذکر است که حل معادلات دیفرانسیل‌سنت ـ ونانت نیاز به روشهای تحلیل رقومی دارد و بصورت "بسته آنالیتیك" میسر نیست. روشهای تحلیل رقومی نیاز به استفاده از ماشینهای کامپیوتری دارند.

مدلهای کامپیوتری

امروزه محاسبات هیدرولوژی و هیدرولیك به منظور طراحی بهینه سیستمهای آبی و تحلیل عملکرد آنها توسط مدلهای مختلف کامپیوتری امکان پذیر است و در خیلی از موارد بدون مشابه سازی کامپیوتری

میسرنمی باشد. از طریق مشابه سازی کامپیوتری نه تنها می توان طراحی را بهینه نمود بلکه می توان تاثیر تصمیمات مدیریتی را بر روی عملکرد سیستم مورد نظر تحلیل کرد.

به منظورآشنائی بیشتر، به خصوصیات تعدادی از مدلهای مهم که در تحلیل سیستمهای آبی بکار می روند، و استاندارد انجام کار در جهان می باشند ذیلاً اشاره ای می شود:

HEC-1 مدل مرکز مهندسی هیدرولوژیك واقع در شهر دیویس در ایالات کالیفرنیا (CORPS OF ENGINEERS, 1987) از قویترین مدلهای موجود به منظور محاسبه روانآب از حوزه آبریز و روند یابی استاتیکی و شبه دینامیکی سیلاب در رودخانه و مخازن است. در این مدل می توان از چند روش به منظور توصیف بارندگی بر روی حوزه، و چندین روش به منظورمحاسبهٔهیدروگراف از حوزه، و همچنین چندین روش به منظور روند یابی سیلاب درررودخانه استفاده نمود. این مدل قادر به مشابه سازی یك سیستم کامل هیدرولوژیك، متشکل از چندین حوزه و آبراه و سد می باشد. از این مدل به منظور محاسبهٔ سیل ماکزیمم محتمل (PROBABLE MAXIMUM FLOOD) در پروژه های عمده آبی از قبیل سدهای بزرگ استفاده می گردد وتوسط آن سیل ورودی به مخزن سد روند یابی و اندازه بهینه سر ریز و دریچه ها محاسبه می گردد.

HEC-2 این مدل نیز توسط مرکز مهندسی هیدرولوژیك ایالت متحده به ثبت رسیده است (CORPS OF ENGINEERS, 1981) و کار آن محاسبه پروفیل سطح آب در آبراه برای جریانهای یکنواخت است. از ویژگیهای این مدل، قابلیت محاسبه اثرات سازه های واقع در مسیر برروی پروفیل سطح آب و رقوم سیلاب است. از این مدل در طراحی پلها، تثبیت جداره ها و بستر رود، و همچنین تعیین اثرات لایروبی رودخانه ها، تحلیل مخازن و تعیین منحنی ارتفاع ـ دبی در رودها استفاده می گردد.

HEC-6 این مدل دیگر مرکز مهندسی هیدرولوژیك ایالات متحده (CORPS OF ENGINEERS, 1991)، به منظور محاسبه و تحلیل فرسایش و انباشتگی رسوب در رودخانه ها و مخازن بسط داده شده و قادر به محاسبه مقادیر حمل رسوب و اثرات آن در نقاط مختلف رود در دراز مدت است. از این مدل برای تحلیل فرسایش و انباشتگی رسوب و محاسبه عمر مفید سدها و مخازن و تعیین اثرات سازه های هیدرولیکی بر روی فرسایش و انباشتگی رسوب استفاده می گردد. استفاده از این مدل، بسیار تخصصی است ونیاز به کارشناسان ورزیده درعلم حمل و انتقال رسوب دارد.

HYDROCAD این مدل به منظور طراحی و تحلیل شبکه های

جمع آوری و انتقال آبهای سطحی تهیه شده (AMS, 1990) و قادربه محاسبه رواناب از زیر حوزه ها، و روند یابی در آبراهها و مخازن می باشد. ازبعضی جهات این مدل شباهت به مدل HEC-1 دارد ولی از آن بسیار محدودتر است و قابلیتهای گسترده آن راندارد. ویژگی این مدل در گرافیك پیشرفته آن و راحتی استفاده از آن است.

SWMM (STORM WATER MANAGEMENT MODEL) این مدل از پیشرفته ترین مدلهای موجود برای طراحی و تحلیل شبکه های جمع آوری و انتقال آبهای سطحی مناطق شهری و صنعتی است (NOAA, 1989) و دارای چندین مدول می باشد. در این مدل قابلیت محاسبه رواناب از زیر حوزه ها، انتقال آبهای سطحی بصورت سطح آزاد، و همچنین قابلیت انتقال آب بصورت تحت فشار، موجود است، که این امر توسط تحلیل دینامیکی میسراست. در این مدل می توان عملکرد ایستگاههای پمپاژ، دریچه ها، و کنترلهای خروجی را تحلیل نمود. از ویژگیهای دیگر آن، تحلیل کیفی آب است که در دیگر مدلها میسر نیست این مدل استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) در تحلیل سیستمهای آبهای آلوده از قبیل رواناب از

مناطق صنعتی و پالایشگاهها می باشد. استفاده از این مدل نیاز به کارشناسان متخصص و تعلیم دیده دارد.

DMBRK این مدل متعلق به سازمان هواشناسی ایالات متحده می باشد و در نوع خود منحصر به فرد است (NOAA, 1988). کار آن روند یابی سیلاب در رودخانه توسط تحلیل کامل دینامیکی است. نام کامل این مدل DAM BREAK است که لفظاً به معنی "شکست سد" می باشد و برای تحلیل سیل ناشی از انهدام سد طراحی گردیده، و قادر به محاسبه هیدروگراف ناشی از شکست سد و روندیابی آن در رود پائین دست می باشد. این مدل استاندارد انجام مطالعات ایمنی سدها و تعیین ریسك توسعه در پائین دست سد و محاسبه رقوم سیلاب، که در ایالات متحده توسط سازمان حفاظت محیط زیست اجباری است، می باشد.

FESWMS-2DH کار این مدل تحلیل دوبعدی سیلاب در سیلابدشت، رودخانه در مجاورت پلها، و در پیچهای رودخانه، ومخازن (دریچه ها) می باشد. (FROEHLICH, 1991). این مدل ازروش محاسباتی اجزاء محدود به منظورحل معادلات

پیچیده سنت ـونانت استفاده میکند. استفاده ازاین مدل
نیازبه متخصصین تعلیم دیده دارد.

روند یابی سیلاب درورودخانه کارون

به منظور بهتر روشن شدن نوع مسائلی که با مطالعات هیدرولیك روند یابی سیلاب درورودخانه ارتباط دارند شرح مطالعات اخیر روند یابی سیلاب در رود کارون که توسط بخش عمران آب این مهندسین مشاور انجام یافته است، بطور مختصر ارائه میگردد:

طرح مسئله:

بر اساس طرح توسعه سد شهید عباس پور (کارون ۱) افزایش ظرفیت الکتریکی این سد از ۱۰۰۰ مگاوات فعلی به ۲۰۰۰مگاوات در آینده، باعث تقلیل دبی پایه رود در پائین دست از حدود ۲۰۰ به ۵۰ متر مکعب در ثانیه، وافزایش دبی هنگام تولید نیرو از حدود ۷۵۰ به ۱۵۰۰ متر مکعب در ثانیه خواهد شد. در شرائط خشکسالی حداقل مدت تولید نیرو به مقدار ۲۰۰۰ مگاوات تا ۲/۵ ساعت در ۲۴ ساعت تقلیل خواهد یافت. سئوال این است که آیا به منظور مهیا کردن دبی ثابت به مقدار ۲۰۰ متر مکعب در ثانیه از سد انحرافی گتوند، که در ۱۱۰ کیلومتری پائین دست سد کارون قرار دارد، نیازی به ذخیره وتنظیم آب رها شده از سد کارون ۱ می باشد و یا اینکه تاثیر تعدیلی مسیر ۱۱۰ کیلومتری در پائین دست برای تضمین این دبی انحرافی از سد گتوند کافی است.

روش تحلیل:

به منظور حل مسئله فوق الذکرکه پاسخ صحیح به آن، تفاوت بین هیچ و یا چندین میلیون دلار سرمایه گذاری به منظور احداث سد تنظیمی در پائین دست سد کارون را می کند، نیاز به تحلیل دقیق اثرات تعدیلی مسیر رود در پائین دست سد کارون ۱ تا سد گتوند می باشد. این به معنی نیاز به تحلیل هیدرو دینامیکی حرکت موج ناشی از رهائی آب در پائین دست سد کارون که باعث ازدیاد دبی رود از ۵۰ به ۱۵۰۰ متر مکعب در ثانیه به مدت ۲/۵ ساعت می شود، است.

بدین منظور لازم است که خصوصیات هیدرولیکی مسیر رود درپائین دست، که شامل مقاطع رود در مسیر ۱۱۰ کیلومتری‌تا سد گتوند، مشخصات زبری، تنگ شدگی، بازشدگی، و شیب آن است، تعیین گردیده تا بتوان اثرات تعدیلی مسیررا بر روی هیدروگراف تولید نیرو توسط یکی از مدلهای تحلیل دینامیکی روند سیلاب محاسبه و هیدروگراف بدست آمده در محل سدگتوند را تعیین نمود.

در این مطالعات، پس از بررسی مدلهای کامپیوتری مختلف مناسبترین مدل DMBRK تشخیص داده شد. برای استفاده از این مدل، داده های مورد نیاز با استفاده از مقاطع برداشت شده توسط تیمهای نقشه برداری در ۲۰ کیلومتر از مسیر پائین دست سد کارون ۱، و همچنین استفاده ازنقشه های توپوگرافی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ و

استفاده از مطالعات پیشین پروفیل سطح آب در پائین سد کارون ۱ به منظور کالیبراسیون مدل فراهم گردید. جمعاً از ۷۵ مقطع رود در طول مسیر ۱۱۰ کیلومتری پائین دست سد به منظور مشابه سازی آن در مدل DMBRK استفاده بعمل آمد.

در بررسی مسیر معلوم گردید که در دونقطه از آن بهترین روش روند یابی هیدروگراف روش مخزنی می باشد. این دو نقطه عبارت بودند از: بالادست مخزن سد انحرافی پروژه نیروگاه جریانی گدار لندر، که در ۲۵ کیلومتری پائین دست سدکارون ۱ قرار دارد و توسط دو تونل انحرافی آب رود کارون را منحرف می‌سازد، ودیگری درمحل سدگتوند قبل ازانحراف آب جهت مصارف کشاورزی. در این مطالعات به منظور روند یابی مخزنی هیدروگراف در دو نقطه فوق الذکر از برنامه HEC-1 استفاده گردید. داده های ورودی به این برنامه عبارت بودند از: منحنیهای حجم ـ ارتفاع مربوط به سد انحرافی پروژه گدارلندر و سد انحرافی گتوند، و همچنین منحنی ارتفاع ـ دبی مربوط به تونل انحرافی در محل احداث سد گدارلندر که رابطه دقیق آن طی مطالعات مربوط به پروژه نیروگاه گدارلندر تهیه گردیده بود.

نتایج

شکل ۲ حادترین هیدروگراف حاصله از رهائی آب در پائین دست سد کارون ۱ را پس از توسعه به ۲۰۰۰ مگاوات، از نقطه نظر مقدار آب رها شده در دوران خشکسالی، نشان می دهد.

بررسی مقدماتی حجم آب رها شده در طی ۲۴ ساعت و مقایسه آن با حجم آب موردنیاز به منظور انحراف ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه از سد گتوند نشان داد که از نقطه نظر کمیت مشکلی وجود ندارد و آب رها شده حدوداً ۹۰۰۰۰۰ متر مکعب بیشتر از آب مورد نیاز در سدگتوند است. این تحلیل مقدماتی مجوزی است برای ادامه مطالعات چرا که اگر حجم آب رها شده کافی نمی بود، تضمین دبی مورد نیاز در سد گتوند میسر نمی بود.

شکل ۳ هیدروگراف روند یابی شده در ۲۵ کیلومتر اول مسیر پائین دست سد کارون ۱ را نشان می دهد. این هیدروگراف گویای تغییرات دبی در زمان، در محل سد انحرافی پروژه و نیروگاه جریانی گدارلندر است. همانطور که در شکل ۳ مشخص گردیده، اثر تعدیلی این ۲۰ کیلومتر اول برروی هیدروگراف رها شده از سد کارون ۱، باعث تغییر هیدروگراف اولیه شده است بطریقی که مدت زمان پایهٔ ازدیاد دبی از ۳/۰ ساعت به حدوداً ۶ ساعت، و مدت زمان دبی حداکثر از ۲/۰ ساعت کمترمی باشد.

روند یابی مخزنی هیدروگراف شکل ۳ درمخزن انحرافی پروژه گدارلندر نشان داد که این مخزن تاثیر تعدیلی قابل توجهی بر روی این هیدروگراف ندارد وهیدروگراف حاصل از این روند یابی، با هیدروگراف شکل ۳تقریباًیکسان است. این به علت حجم ناچیز آب در بالادست این سد و ظرفیت بسیار بالای تونلهای انحرافی این پروژه می باشد. از این رو تصمیم گرفته شد که از اثر تعدیلی این قسمت از مسیر رود، یعنی سد انحرافی پروژه گدارلندر و تونلهای انحرافی آن کلاًصرف نظر گردد، که این در جهت اطمینان است.

شکل ۴ هیدروگراف روند یابی شده تا بالا دست مخزن سد گتوند، که حدوداً در ۱۱۰ کیلومتری پائین دست سد کارون ۱ است را، نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، مسیر حد فاصل بین این دو سد، تاثیر تعدیلی قابل توجهی بر روی هیدروگراف رهائی از سد کارون ۱ را داشته است. اثر تعدیلی این مسیر به گونه ای است که باعث تقلیل دبی حداکثر هیدروگراف از ۱۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه به حدوداً ۵۶۵ متر مکعب بر ثانیه (۶۰ درصدتقلیل) و همچنین گسترش مدت زمان پایه به تمامی ۲۴ ساعت گردیده است، به طریقی که دبی پایه درتمامی ۲۴ساعت از ۵۰ متر مکعب بیشتر است. پس آنچه که مسیر ۱۱۰کیلومتری تا سد گتوند انجام داده است، تعدیل و گسترش قابل توجه هیدروگراف رهائی از سد کارون ۱ است.

ولیکن آنچه که دراین هیدروگراف روند یابی‌شده (شکل ۴) نمایان است، این است که اگر چه گسترش هیدروگراف در اثر روند یابی باعث ازدیاد دبی

پایه در تمامی مدت ۲۴ شده است، ولیکن این ازدیاد به مقدار لازم، که ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه است، نمی باشد. بنابراین به نظر می رسد که به منظور مهیا کردن این دبی ثابت نیاز به حجم مخزن تعدیل کننده در محل سد گتوند می باشد. سئوالی که پیش می آید این است که آیا حجم موجود درمخزن سد گتوند برای این کار کافی است یا خیر؟

جواب این سئوال از طریق روند یابی مخزنی هیدروگراف شکل ۴در مخزن سد گتوند، که توسط برنامه HEC-1 انجام یافت، حاصل گردید. بدین منظور حجم اولیه موجود در سد گتوند ۱۳/۰ میلیون متر مکعب در نظر گرفته شد که مطابق با سطح آب معمول (NORMAL POOL LEVEL) در مخزن طبق منحنی حجم ـ ارتفاع آن است. همچنین از آنجائیکه حداکثر سطح مجاز آب در این سد حدوداً یك متر بالای سطح معمول آب است، رابطه ارتفاع ـ دبی به طریقی تنظیم گردید که ازدیاد ارتفاع سطح آب در بالای سطح معمول، باعث سر ریز گشته و این ضابطه حفظ گردد.

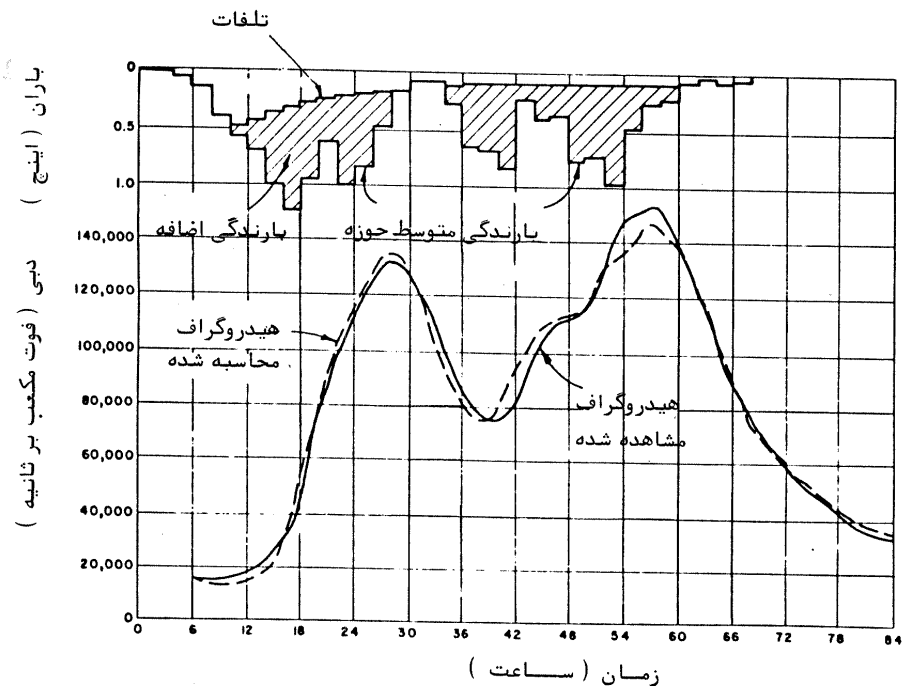
شکل ۵ نتیجه محاسبات روند یابی مخزنی در سد گتوند را که توسط برنامه HEC-1 محاسبه گردیده، نشان می دهد. در این شکل تغییرات دبی ورودی، و حجم مخزن در زمان، و همچنین دبی ثابت خروجی از مخزن به مقدار ۲۰۰ متر مکعب در ثانیه نشان داده شده است. طبق این محاسبات حجم مخزن در سد گتوند به حداقل ۱۱/۷ میلیون متر مکعب خواهد رسید که به معنی پائین آمدن سطح آب در مخزن به مقدار حدوداً نیم متر پائین سطح معمول آن خواهد بود. همچنین به علت شروع سر ریز برای رقوم آب بالاتر از سطح معمول آن، برای مدت

حدوداً ۳/۵ ساعت سرریز بوقوع می پیوندد که این سر ریز را می توان با تغییر نحوه بهره برداری (تغییر رابطه ارتفاع ـدبی در مدل HEC-1) تقلیل داد و مقداری از آن را ذخیره نمود و یا اینکه دبی انحراف را افزود.

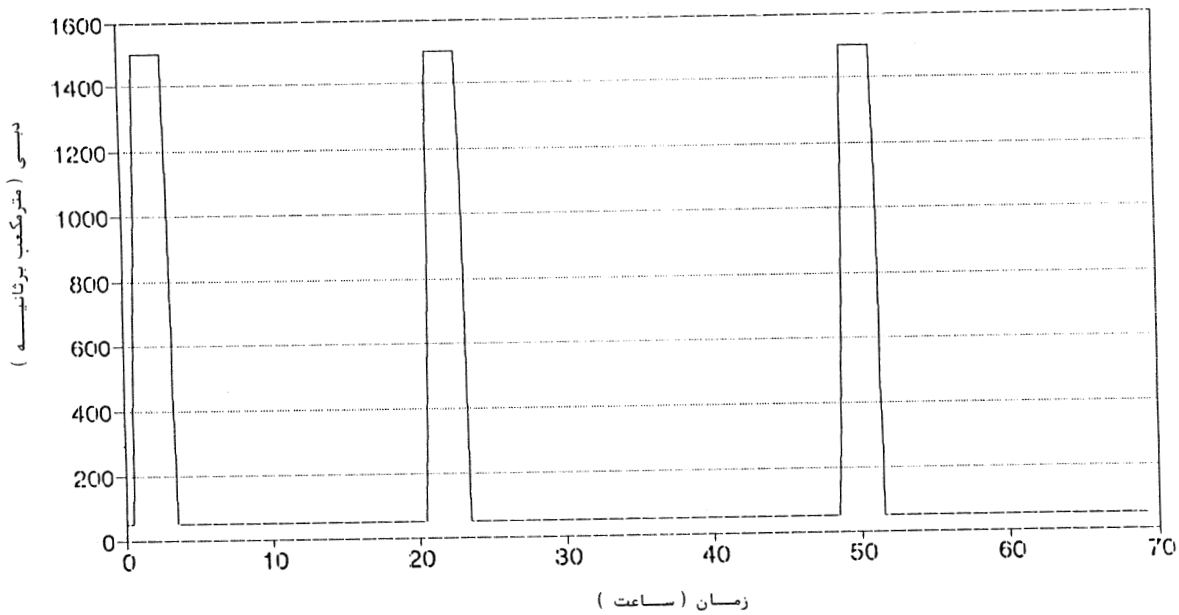
بنابر این طبق یافته های این مطالعات اثر تعدیلی مسیر ۱۱۰کیلومتر پائین دست سد کارون تا سد گتوند به همراه اثر تعدیلی مخزن سد گتوند برای تنظیم هیدروگراف تولید نیروی سد کارون ۱ برای تضمین دبی ثابت به مقدار ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه از سد گتوند کافی می باشند و نیاز به احداث سد تنظیمی در پائین است سد کارون نمی باشد.

البته این نتیجه در حال حاضرو با وضعیت کنونی و حجم موجود در مخزن سد گتوند صدق می کند. آنچه که مسلّم است طبیعت متغیر رودها است و اینکه این تغییرات در اثر دخالت انسان تشدید می شود. تغییر رژیم طبیعی دبی در رودخانه کارون توسط تنظیم هیدروگراف (شکل ۱)، تغییر عمده ای است که در دراز مدت، اثرات قابل توجهی بر روی حمل رسوب و مورفولوژی رود کارون خواهد داشت. یکی از این اثرات تشدید فرسایش و ازدیاد بار رسوب رود است که باعث انباشتگی رسوب درمخزن سد گتوند و تقلیل حجم مفید آن خواهدگشت. بررسی این واقعه در دراز مدت از طریق تحلیل حمل و انتقال رسوب میسر است که یکی از ابزار موجود برای این کار برنامه کامپیوتری HEC-6 می باشد که انجام مطالعات آن تحت مذاکره است.

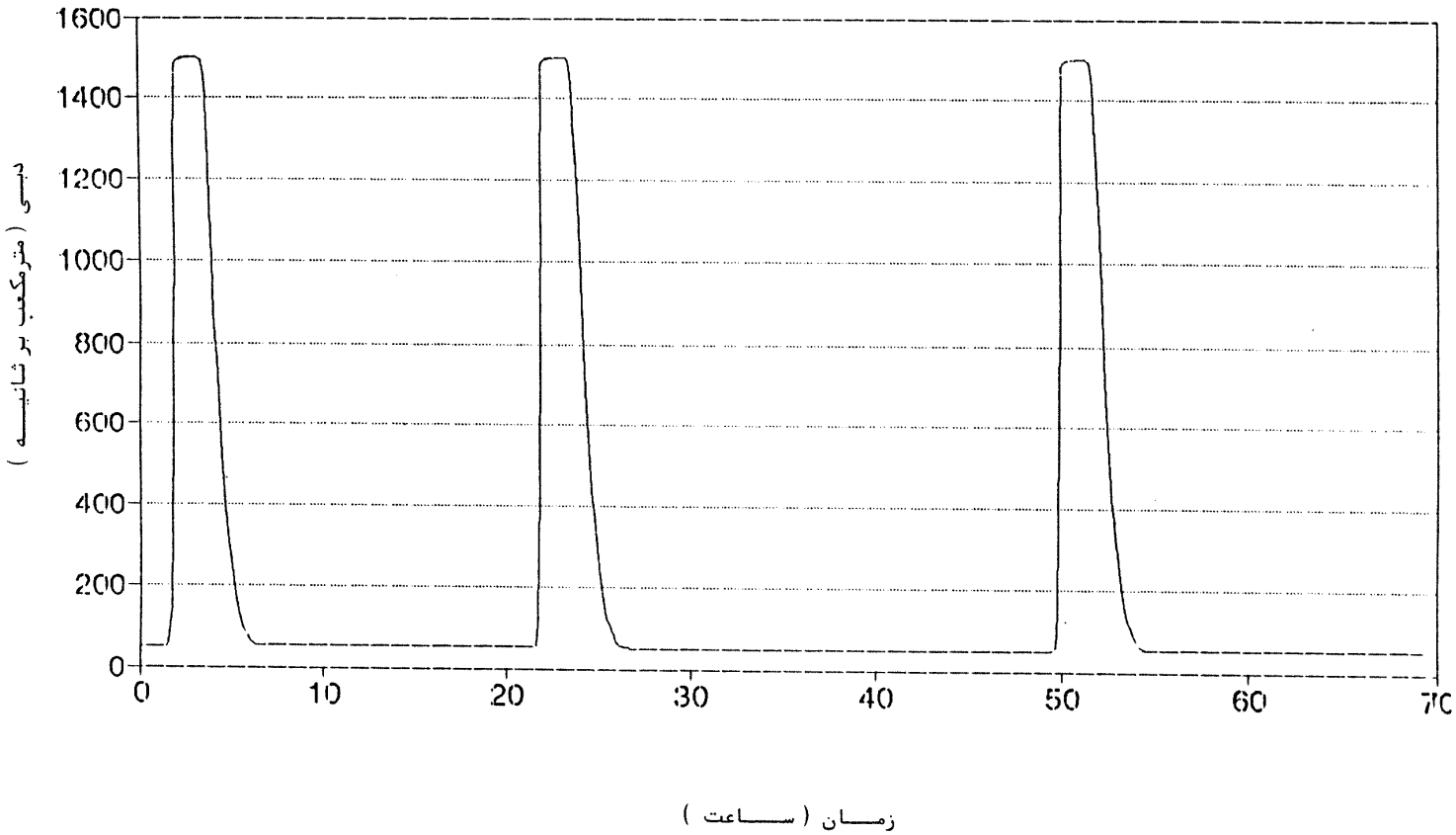
لازم به ذکر است که مطالعات فوق به منظور پاسخ گوئی به یك سوال خاص انجام یافت وبه هیچ گونه برای طراحی کامل سیستمهای سامان دهی رود ومدیریت سیلاب کافی نمی باشد. طراحی سیستمهای کنترل و مدیریت سیلاب نیازبه مشابه سازی و بررسی گسترده تروبا جزئیات بیشتر دارد.



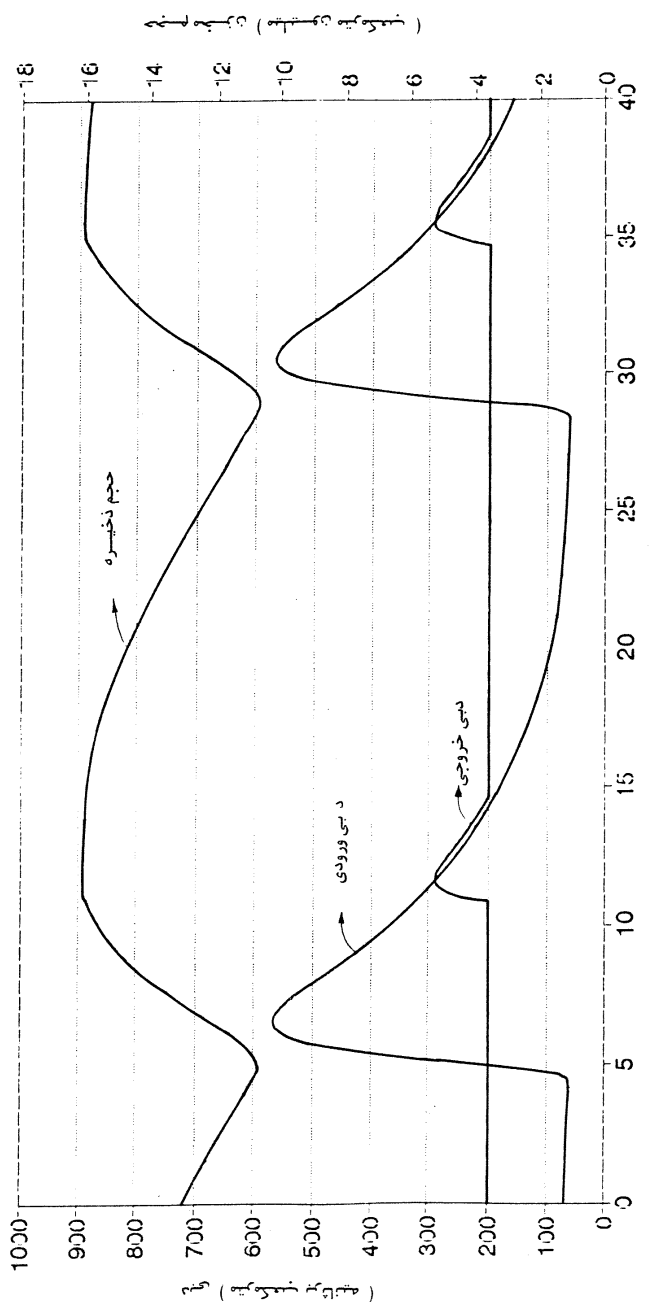
شکل ۱ : محاسبه هیدروگراف سیلاب توسط روش هیدروگراف واحد



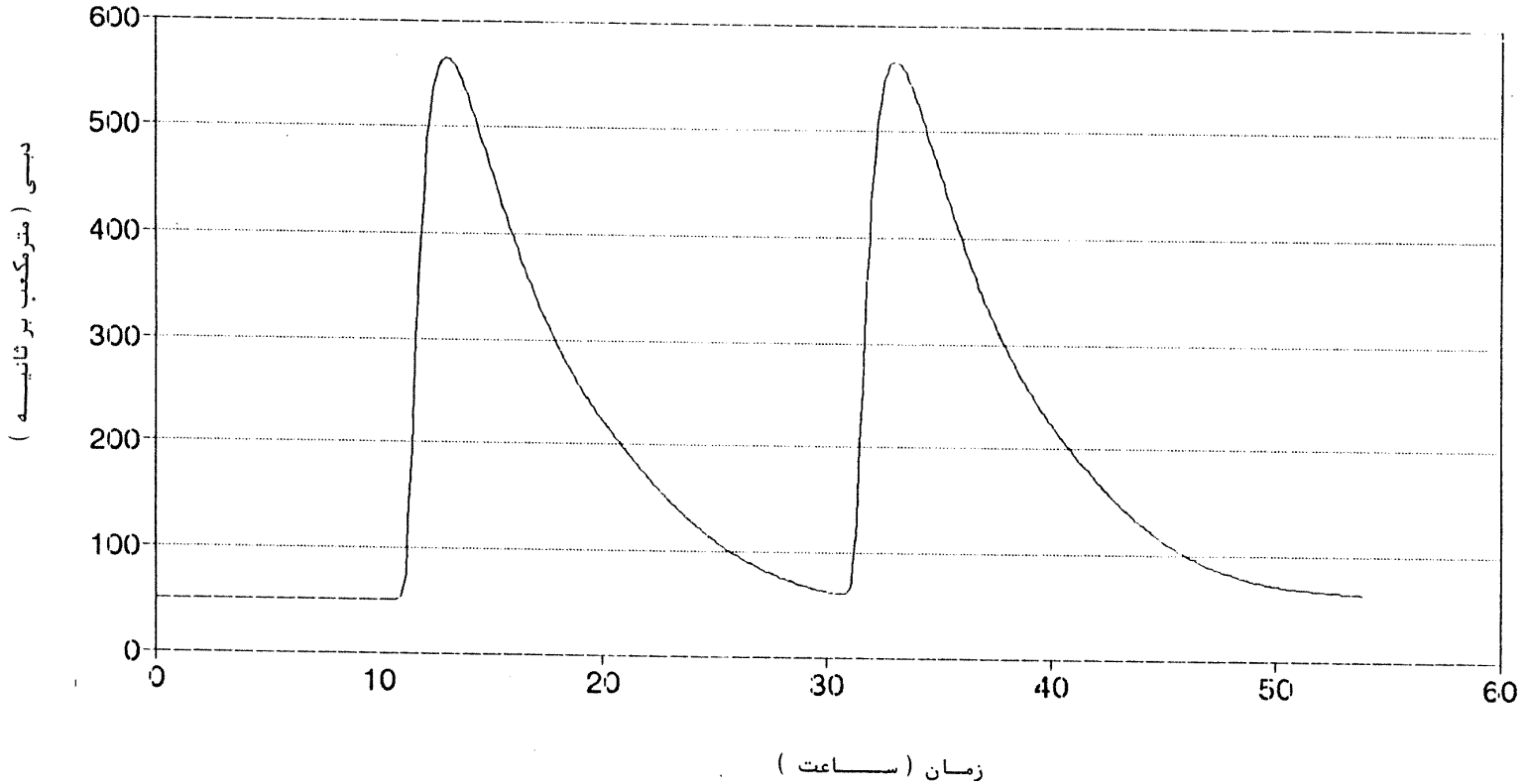
شکل ۲ : هیدروگراف رهائی از سد شهید عباس‌پور (کارون ۱) پس از گسترش ظرفیت به ۲۰۰۰ مگاوات



شکل ۳ : هیدروگراف روندیابی شده تا محل احداث سد گدارلندر



شکل ۵ : روندیابی مخزنی در سد گتوند



شکل ۴ : هیدروگراف روندیابی شده تا بالا دست سد انحرافی گتوند

مراجع

1) Applied Microcomputer Systems, 1990 " HYDROCAD, Stormwater Modeling System," Users Guide, Chocorua, NH

2) Chow, V. T., 1964 " Handbook of Applied Hydrology," McGraw-Hill Book Co., New York, NY

3) Froehlich, D. C., 1991 "Finite Element Modeling System : Two-Dimentional Flow in a Horizontal Plane," FESWMS - 2 DH, WEST Consultants, Inc., Carlsbad CA.

4) Henderson, F. M., 1966 " Open Channel Flow," Macmillan Publishing Co., Inc., New York

5) NOAA, National Weather Service, 1988 " The NWS DMBRK MODEL" Hydrologic Research Laboratory, Silver Spring, Maryland

6) NOAA , National Weather Service, 1987 " The NWS Storm Water Management Model, SWMM" Hydrologic Research Laboratory, Silver Spring, Maryland

7) Corps of Engineers, 1987 " HEC-1 Flood Hydrograph Package, " Users Manual, The Hydrologic Engineering Centre Davis, CA

8) Corps of Engineers, 1981 " HEC-2 Water Surface Profiles" Users Manual, The Hydrologic Engineering Centre, Davis, CA

9) Corps of Engineers, 1991" HEC-6 Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs" User's Manual, The Hydrologic Engineering Centre, Davis, CA

10) USBR, 1989 " Flood Hydrology Manual," A Water Resources Technical Publication

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۹ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده است:

۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)

۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)

۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)

۴- جمع آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)

۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)

۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)

۷- مهار آب با آب (بهار ۱۳۷۲)

۸- تحول سبز در معماری (بهار ۱۳۷۲)

۹- روندیابی و مدیریت سیلاب (بهار ۱۳۷۲)