" استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری در پیکره‌بندی سیستم هشدار سیل برای کاهش خسارات تندسیلابهای شهری - مطالعه موردی سیستم هشدار سیل شمال تهران "

مجتبی اردستانی، مهرداد نظریها، بابک امیدوار، استادیار دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، تلفن: ۶۱۱۱۳۱۵۱
کامران امامی، مدیر عامل شرکت مهندسین مشاور کریت‌کارا، تلفن:۴۴۹۹۰۴۲۷
Email: kkemami@gmail.com
فرهاد بنی‌زمان، دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت در سوانح طبیعی، تلفن:۲۲۰۰۳۸۴۱
Email:Banizaman@ut.ac.ir

چکیده

رشد سریع شهرنشینی و تمایل به سکونت و سرمایه‌گذاری در اماکن مجاور به منابع طبیعی حیاتی و نیز مناطق جاذب توریست باعث شده است که گروههای جمعیتی را به سکنی گزیدن در مناطق در معرض مخاطرات طبیعی سوق دهد. شمار زیادی از مناطق شهری در دنیا مورد تهدید جدی سیلابهای شهری به ویژه تندسیلابها قرار دارند. تندسیلابهای شهری از سرعت وقوع فوق‌العاده‌ای برخوردارند وخسارات هنگفتی را در زمانی اندک به تاسیسات و کلیه بافتهای شهری ونیز به جان انسانها وارد می‌نمایند. دلیل عمده وقوع چنین خسارات هنگفتی را می‌توان به گسترش مناطق در معرض خطر و ایجاد تغییر در ویژگیهای طبیعی حوضه آبریز از یک سو و عدم رعایت ضوابط ساخت‌وساز در حریم رودخانه از طرف دیگر نسبت داد. در سالهای اخیر دستاوردهای قابل توجهی از ترکیب روشهای غیر سازه‌ای با روشهای سازه‌ای در امر مدیریت سیلاب نسبت به کاربرد روشهای سازه‌ای به طور منفرد به اثبات رسیده است. در بین روشهای غیرسازه‌ای، استفاده از روش هشدار سیلاب در نواحی شهری نمودی موفقیت آمیز داشته است لذا اهمیت استفاده از سیستمهای هشدار سیل و ضرورت اعمال مدیریت پیشرفته سیلاب به دلیل اثبات کارایی آنها هر روز بیش از گذشته احساس میگردد. با توجه به رشد سریع و پیشرفتهای حاصل در سیستمهای مدیریت اطلاعات، لزوم استفاده از آنها در ترکیب با سیستم‌های هشدار سیل و بهسازی سیستم‌های موجود از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردارگردیده است. سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری، سیستمی متشکل از زیرسیستمهای نرم‌افزاری و مبتنی بر مدل وپایگاه داده و اطلاعاتی می‌باشد که رویهمرفته به بالابردن کارائی تصمیم‌گیرندگان در انجام مسئولیت‌های نیمه‌ساختاری کمک می‌نماید. بنابراین، نقش اولیه یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری[1] کمک به تصمیم‌گیرنده در فرآیند قضاوت و تصمیم‌گیری در مورد مشکلاتی است که به خوبی تعریف نشده‌اند. سیستم نامبرده از اجزا و سطوح مختلفی برخوردار می‌باشد که در ارتباط با یکدیگر کار می‌کنند و رویهمرفته مدیران را در امر تصمیم‌گیری یاری می‌نمایند.

سامانه ترکیبی هشدار سیل- سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری، داده‌های مربوط به پیش‌بینی سیل برحسب نیاز شامل داده‌های هواشناسی، بارش، تراز آب رودخانه و شدت جریان رودخانه را توسط زیر سیستم مربوطه پایش و در پایگاه داده‌ها ذخیره می‌نماید سپس زیر سیستم تشخیص خطر، داده‌های گردآوری شده بهنگام را با مقادیر آستانه تعریف شده مقایسه نموده و بدین طریق ابزار قضاوت صحیح در مورد سطح خطر و عکس العمل مناسب را در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد تا بدین وسیله تصمیم‌گیری بهنگام صورت گیرد.

۱- مقدمه

رشد تکنولوژی اطلاعات همزمان با توسعه سیستم‌های هشدار سیل ، تکنولوژی جمع‌آوری و ارسال داده، پردازش اطلاعات و پیش‌بینی در کشورهای مختلف به طور چشمگیری توسعه یافته است. استفاده از تکنیک‌های مدرن در پیش‌بینی و جمع‌آوری داده‌ها، پیشرفت‌های قابل توجهی در سامانه‌های هشدار سیل به وجود آورده است.

[1]-DSS

ارتقای سامانه‌های مدیریتی مختلف در عصر جدید، شدیداً بـه اطلاعات وابسته می‌باشد. جریـانی بـدون اطلاعـات پیش نمی‌رود و به طورکلی بـاور بـر این اسـت که اطلاعات، قدرت است و اینکه هرکس اطلاعات داشـته بـاشد دارای قدرت می‌باشد. به عبارت دیگر، اطلاعات منبـع مهمی است که بـرای توسـعه دیگر منابع و نیز ارتقـای کیفـی و کمـی یک سامانه مدیریتی مورد نیاز می‌باشد. تغـییر شرایط و محیط‌ها، نیاز بـرای انتـشار صحیـح اطلاعـات را در سـطوح مختلف مدیریـت، ایجاب نمـوده اسـت. توسـعه و بکارگیری سیستم‌های مدیریت اطلاعات پدیده‌ای پیشرفته به تناسب زمان می‌باشد که منجر به طراحی و برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و نتایج بهتری می‌گردد.

از آنجا که پیش‌بینی سیلاب نسبت به دیگر سوانح طبیعی امری امکان‌پذیرمی باشد، هشدار سیلاب با نقشی بـسیار پررنگ‌تر نسبت به دیگر روشهای مقابله در برابر خطر سیل نمود پیدا می‌کند. بنابراین، هدف عمده هشدار در مـدیریت سیلاب کاهش تلفات مالی و جانی سیلاب می‌باشد.

هشدار سیل، خطر سیلاب را حذف نمی‌نماید و بلکه زمان پیش‌بینی هشدار را افزایش می‌دهد. بنابراین با این عمل به شهروندان فرصت داده می‌شود قبل از اینکه تراز سطح آب به یک تراز بحرانی برسد از خود عکس‌العمل نشان دهنـد. این عمل به نوبه خود به کاهش خسارات جانی و مالی می‌انجامد. برای مثال، دی[۲] (۱۹۷۰) تخمـین زد کـه افـزایش ۶ ساعت در زمان هشدار سیل باعث کاهش خسارات سیل تا ۱۳٪ می‌گردد. که این به دلیل فرصت‌دادن به شـهروندان در معرض خطر برای حرکت به نقطه امن و یا حفظ اموالشان می‌باشد.

۱-۱- مدیریت جامع سیلاب

بطور کلی هیچ راه حل جهانی برای مدیریت کامل سیلاب وجود ندارد بلکه راه حـل مناسـب بـستگی بـه شـرایط طبیعی کشور و مشکلات سیلاب خاص منطقه دارد. مدیریت محلی مناسب سیلاب بستگی به موارد زیر دارد:

- طبیعت و مشکل سیلاب محلی
- طرح مدیریت سیلاب محلی موجود
- میزان و شدت استفاده از سیلابدشتها
- شرایط و میزان توسعه کشور

بنابراین یک استراتژی که ممکن است برای حوضه خاص موفق عمل کند، ممکن است بـرای حـوزه دیگـر جوابگـو نباشد[۵]، که منشا اصلی این تفاوتها می تواند از موارد زیر ناشی شود:

- میزان حاصل خیزی سرزمینهای کشور
- میزان توسعه شهری
- تراکم جمعیت
- میزان فعالیتهای اقتصادی

۲-کاربرد سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری در سامانه هشدار سیل

روش سنتی فرآیند تصمیم گیری با تکیه بر شم مهندسی در تصمیم‌گیری به عنوان مزیت مطلق انسان نـسبت بـه یک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری به دلیل متکی به شخص بـودن دارای نـواقص عمـده‌ای از جملـه قابلیـت اطمینـان پایین، بروز خطای زیاد در تصمیم‌گیری، انعطاف‌پذیری پایین و نقد ناپذیری می‌باشـد. از آنجـا کـه مـشکلات ناشـی از تندسیلابهای شهری جزو مشکلات ساختار نیافته محسوب می‌گردد تصمیم‌گیری در شرایط پیش از وقـوع، در حـین و پس از وقوع تندسیلابهای شهری نیازمند ساز و کاری مبتنی بر واقعیات کسب شده از حوادث مشابه مـی‌باشـد. چنـین ساز و کاری باید دارای ویژگیهای زیر باشد:

---

[2]-Day

- کلیه مدیران شاغل در سازمان‌ها و تصمیم‌گیران اجرایی را شامل گردد
- دارای انعطاف‌پذیری، تطابق‌پذیری و ارائه پاسخ سریع به مشکلات پیچیده باشد
- توسط کاربران راه‌اندازی، کنترل و اداره گردد
- پشتیبانی از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری شخصی مدیران مربوطه را بر عهده داشته باشد
- دارای قابلیت انتقال، مکانیزم توجیه‌پذیر و ارتباط متقابل با سیستمهای دیگرباشد

در هنگام مواجهه با مشکلات غیرساختاری (شکل نیافته)، تصمیم‌گیرنده با برعهده‌داشتن مسئولیتی خطیر، گزینه‌های راه‌حل، معیار و ارزش مورد استفاده در فرآیند تصمیم‌سازی را مشخص می‌نماید. بنابراین، نقش اولیه یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری یاری‌نمودن به تصمیم‌گیرنده در فرآیند قضاوت و تصمیم‌گیری در مورد مشکلاتی است که به خوبی تعریف نشده‌اند. یک روش تولید گزینه‌های تصمیم‌گیری، مدلسازی مفهومی می‌باشد**[8]**.

در راستای تامین اهداف فوق، یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری به گونه‌ای تعریف می‌شود که ویژگی‌های زیر را پوشش دهد:

- کمک به افراد یا گروه‌های مختلف در فرآیند تصمیم‌گیری
- حمایت از قضاوت‌های صورت‌گرفته به جای جایگزین نمودن آنها
- افزایش دامنه تأثیر تصمیمات اتخاذشده در مقایسه با افزایش کارایی فرآیند تصمیم‌گیری

متناسب با سه مرحله نامبرده از مدیریت سیلاب، التزامات کلیدی جهت توسعه یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری به شرح زیر می‌باشند:

- پشتیبانی از گزینه‌های مختلف کاهش خسارات سیلاب
- ارزیابی نمودن گزینه‌های عملی و سناریوهای اضطرار در طول سیلاب
- پشتیبانی از عملیات صورت‌گرفته در طول دوره ساماندهی

۲-۱-مروری بر اجزای تشکیل‌دهنده سامانه پیش‌بینی و هشدار سیل

سیستم هشدار سیل دارای زیرسیستم های مختلفی[۱] به شرح زیر می باشد:

۱. ***زیر سیستم شناسایی و پیش بینی سیل:*** که شامل جمع آوری, انتقال, دریافت, سازماندهی و پردازش اطلاعات, مدل سازی, شبیه سازی و پیش بینی سیل می باشد.

۲. ***زیر سیستم هشدار سیل:*** که شامل تعیین مناطق سیل گیر و ناحیه بندی این مناطق از نظر نوع خطر سیلاب و تهیه و انتشار پیامهای هشدار به هر یک از این نواحی می باشد.

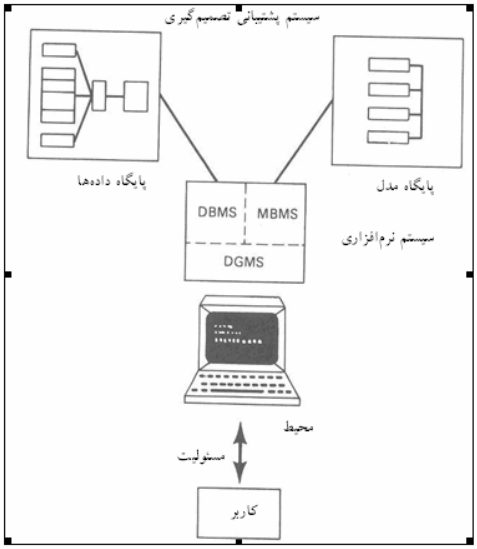
۳. ***زیر سیستم عکس العمل اضطراری:*** که شامل تخلیه موقت مناطق سیل گیر قبل از وقوع سیل, تعیین بهره برداری زمان واقعی سازه های کنترل سیل, جستجو ونجات سیل زدگان بعد از وقوع سیل, سازماندهی مراکز کمک رسانی, مقابله با سیل, حافظت سرویس های حیاتی, تدارکات برای کمک رسانی و غیره می باشد.

۴. ***زیر سیستم بازیافت بعد از سیل:*** که شامل بازگردان مناطق تخلیه شده, پاکسازی آشغالهای حاصل از عبور سیل, برگردان سرویس ها وارزیابی خسارات می باشد.

۵. ***زیرسیستم مدیریت پیوسته سیستم:*** که شامل ارائه برنامه های آموزشی جهت بالابردن آگاهی عمومی مردم, بهره برداری, نگهداری و تعویض تجهیزات, تمرین ها و مانورهای متعدد برای شبیه سازی بحران و بهنگام سازی سیستم می باشد

۲-۲-تعریف سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری

در حالت کلی، هر سیستمی که از یک تصمیم پشتیبانی می‌کند یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری محسوب می‌گردد**[9]**. در دهه‌های اخیر سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری، به صورت سیستم‌هایی مبتنی بر کامپیوتر تعریف می‌گردند که به بالا بردن سطح کارائی تصمیم‌گیرندگان در انجام مسئولیت‌های نیمه‌ساختاری[۳] یا غیرساختاری[۴] کمک می‌نمایند. براساس تعریفی جامع‌نگرتر، سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری پروسه‌ای است که یک مجموعه از ابزار نرم‌افزاری، یک متدولوژی، گروهی از متخصصان و گروه‌های مختلف از مردم با منافع متنوع را در برمی‌گیرد که عملکرد کل مجموعه شامل تعیین و انتخاب گزینه مناسب از بین کلیه گزینه‌ها می‌باشد. دیدگاه دیگر بیان می‌دارد که سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری یک سیستم مبتنی بر کامپیوتر است که جهت بالابردن کارایی تصمیم‌گیری در مشکلات غیرساختاری یا نیمه‌ساختاری به کار می‌رود**[9]**. سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری مانند یک جعبه سیاه۵ رفتار می‌نماید. بازنمودن جعبه سیاه به منظور درک زیرسیستم‌ها و ارتباط بین آنها امری مفید می‌باشد. یادآوری می‌گردد که کل سیستم، یک سامانه تصمیم‌گیری می‌باشد و از یک قالب مدیر و کاربر پیروی می‌نماید و بدین وسیله سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری به منظور انجام وظیفه در محیط سازمانی مورد استفاده واقع می‌گردد. جعبه سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری شامل یک بانک اطلاعاتی، یک مسئول و یک مدل سیستمی نرم‌افزاری پیچیده برای برقراری ارتباط بین کاربرها می‌باشد**[9]**. شمای کلی در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل۱-شمای کلی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری[9]

با بررسی اجزای سیستم پر واضح است که بانک اطلاعاتی و مدل دارای اجزایی مرتبط با هم می‌باشند و سیستم نرم‌افزاری شامل سه مجموعه از قابلیت‌ها به شرح زیر می‌باشد:

۱. سیستم نرم‌افزار مدیریت بانک اطلاعاتی[۶]
۲. سیستم نرم‌افزاری مدیریت مدل[۷]
۳. سیستم نرم‌افزاری برای مدیریت‌نمودن ارتباط بین کاربر و سیستم موسوم به مولد دیالوگ و نرم‌افزار مدیریتی[۸]

[3] - Semi structured
[4] -Unstructured
[5]- Black Box
[6]- Data Base Management System (DBMS)
[7]- Model Base Management Software (MBMS)
[8]- Dialog Generation Management System (DGMS)

۳-تندسیلابهای شهری

تندسیلابها به منزله تهدیدی جدی برای جان و مال انسانها محسوب می‌گردند. رشد شهرنشینی و کاربری اراضی نامعقول باعث افزایش در معرضیت و آسیب‌پذیری نواحی شهری در برابر تندسیلابها گشته است[7]. تندسیلابها عموما نتیجه وقوع یک بارش شدید چندساعته در یک منطقه با شیب زیاد، پوشش گیاهی و نفوذپذیری کم می‌باشد. وقوع تندسیلابها بیشتر در نواحی شهری که از پوشش گیاهی کمی برخوردار هستند، پلها و رودخانه‌ها سبب محدود نمودن جریان گشته‌اند، گسترش ساختمانها و پوشش آسفالت سبب کاهش نفوذپذیری آب شده است به وجود می‌آیند.

۳-۱-سیلاب شمال تهران- تند سیلاب حوضه گلابدره-دربند

حوضه آبریز گلابدره - دربند از حوضه‌های کوهستانی کشور می‌باشد که در شمال شهر تهران واقع شده و به علت اشراف سیلاب‌های این حوضه‌ها به شهر تهران و احتمال خطر جانی و مالی بالای آن، از اهمیت خاصی برخوردار است. حوضه نامبرده یکی از جاذبه‌های توریستی تهران به شما می‌رود و از این جهت از طرفی در معرض ساخت و ساز غیر ایمن وجود دارد و از طرف دیگر پذیرای شمار زیادی از گردشگران در فصول مختلف سال می‌باشد. در چهارم مرداد ۱۳۶۶ سیلابی عظیم به همراه مقدار زیادی گل و لای ورسوبات درشت دانه، از این حوضه‌ها جاری گردید و تلفات جانی و خسارت مالی قابل توجهی به پایین‌دست و میدان تجریش به وجود آورد. شمار تلفات جانی حوضه درحدود ۴۰۰ نفر اعلام شد. [۳]

علل فاجعه بار بودن سیلاب گلابدره را می‌توان به صورت زیر شمرد:

- غلظت سیلاب
- دخل و تصرف غیرمجاز در حوضه و بستر حریم رودخانه که به تغییر هیدرولوژی حوضه می‌انجامد
- عدم وجود سیستم هشدار سیلاب
- نبود شبکه موثر و مجاری تخلیه سیلاب
- پایین‌بودن سطح آگاهی‌های مردم
- گرفتگی پلها

سیل مورد اشاره که جزو یکی از بزرگترین بلاهای طبیعی شهر تهران در قرن گذشته نام برده می‌شود در اثر بارش در حوضه آبریزی تنها با وسعت کمتر از ۳۳ کیلومتر مربع بوجود آمد که استثنایی و غیر قابل انتظار بود. در مورد علت و حجم این سیل تحلیل‌ها، اظهار نظرها و حتی شایعات گوناگونی عنوان شده است. متاسفانه شدت این سیلاب به حدی بود که تمامی ایستگاههای آب‌سنجی موجود در مسیر سیلاب منهدم شد و هیچگونه آماری از گذر حجمی سیلاب ثبت و ارایه نشد و تنها برآوردهایی بر اساس مقطع‌برداری و داغاب سیل انجام گرفت که به قرار زیر می‌باشد:

ارتفاع بارش در سطح حوضه آبریز در روز سیلاب معادل ۶۰ میلیمتر و مدت آن ۱۸۰ دقیقه برآورد گردید. الگوی زمانی بارندگی به نحوی بوده است که بیش از ۷۵ درصد بارندگی در ۳۰ دقیقه اول باریده که به شدت در ایجاد هیدروگراف با اوج بالا موثر بوده است. میزان شدت جریان سیل نامبرده ۳۵۶ متر مکعب در ثانیه برآورد شده است.[۴] علاوه بر دلایل مساحت و سطح پوشش گیاهی کم حوضه زمان تمرکز پایین حوضه در حدود ۱ ساعت از عوامل عمده در وقوع سیلاب با سرعتی بالا محسوب می‌گردند.

به دلیل اهمیت حوضه نامبرده تاکنون مطالعات متعددی توسط وزارت کشور، سازمان آب منطقه‌ای تهران، سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور و جهاد کشاورزی هدایت شده است. با توجه به خصوصیات ویژه حوضه آبریز نامبرده از قبیل وسعت کم، شیب زیاد، زمان تمرکز پایین و سایر عوامل تشدیدکننده سیلاب، جهت جلوگیری از تکرار حوادثی مشابه، این حوضه نیازمند به تمهیداتی جهت کنترل سیلاب و سیستم هشدار سیلاب می باشد.

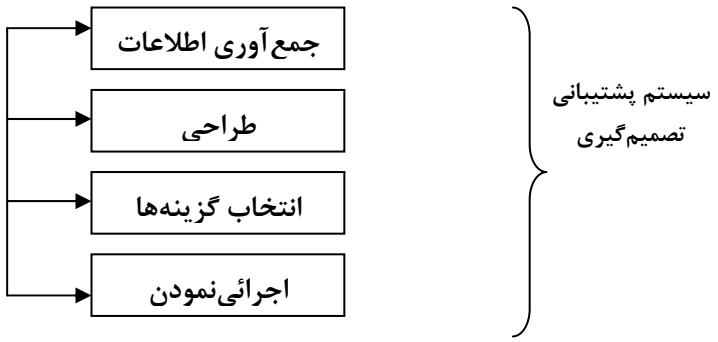
۴-طرح کلی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری –هشدار سیل برای مدیریت سیل

همانگونه که بیان شد تند سیلابها و به ویژه تندسیلاب حوضه گلابدره-دربند با حجم آب سیلاب نسبتا زیاد، سرعت وقوع بالا و حجم خسارت بالایی اتفاق می‌افتند و این خود مدیریت سانحه را در مدت زمانی اندک پیچیده‌تر می‌نماید. به طور کلی سوانح طبیعی جزو مسائل غیر یا نیمه ساختاری به شمار می‌روند و مدیریت سوانح طبیعی امروزه به چالشی تبدیل شده است که خارج از توانایی اعمال مدیریت به شیوه سنتی و متکی به فرد می‌باشد. رشد چشمگیر سیستمهای مدیریت اطلاعات امروزه کمکی موثر به تصمیم‌گیری و مدیریت کلیه مسائل پیچیده و ساختار نیافته و به بیانی دیگر مشکلات بدون الگوریتم مشخص حادث در کلیه شاخه‌های علوم مهندسی محسوب می‌گردد. با توجه به توصیف مختصری که از تندسیلاب حوضه گلابدره-دربند ارائه شد حقیقت این امر مسلم می‌باشد که طراحی سیستمی کارا حاوی ابزار سخت‌افزاری و مدلهای نرم‌افزاری به روز در تلفیق با عنصر انسانی که به مدلسازی گزینه‌ها و نهایتا به تصمیم‌گیری در کوتاهترین زمان عناصر سازمانی درگیر کمک نمایند مورد نیاز می‌باشد. بر مبنای آنچه تاکنون گفته شد توسعه و ایجاد سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری منجر به ایجاد یک پروسه تطبیقی که در آن تصمیم‌گیرنده به همراه مجموعه‌ای شامل پایگاه‌داده، بانک اطلاعاتی، عناصر نرم‌افزاری و سایر ابزارها برای مواجهه با مشکلات با یکدیگر همکاری دارند می‌شود. سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری باید از تمام فازهای یک فرایند تصمیم‌گیری پشتیبانی نماید. به طور عمومی سه مرحله در تصمیم‌گیری وجود دارد:

۱- مرحله جمع‌آوری داده‌ها، جستجوی محیط برای شرایطی که منجر به تصمیم‌گیری می‌گردد. به این صورت داده‌های خام مورد نیاز جمع‌آوری گردیده، پردازش می‌شوند و سپس به منظور یافتن سر نخی که به تشخیص مشکل بیانجامد مورد سنجش قرار می‌گیرند.

۲- طراحی: این مرحله شامل ایجاد، توسعه و تحلیل عملیات ممکن می‌باشد. بدین طریق به منظور درک مساله، ارائه راه‌حل و آزمایش توجیه‌پذیری راه‌حل ارائه‌شده، پردازش‌هایی صورت می‌گیرد.

۳- گزینه: از گزینه‌های راه‌حل ارائه‌شده فوق گزینه صحیح انتخاب شده و اجرایی می‌گردد. شکل ۲ ارتباط بین فازهای مختلف تصمیم‌گیری را نمایش می‌دهد. به دلیل اهمیت اجرایی‌نمودن تصمیم، این عمل به صورت جداگانه در شکل به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۲ –نمایش ارتباط بین فازهای مختلف تصمیم‌گیری

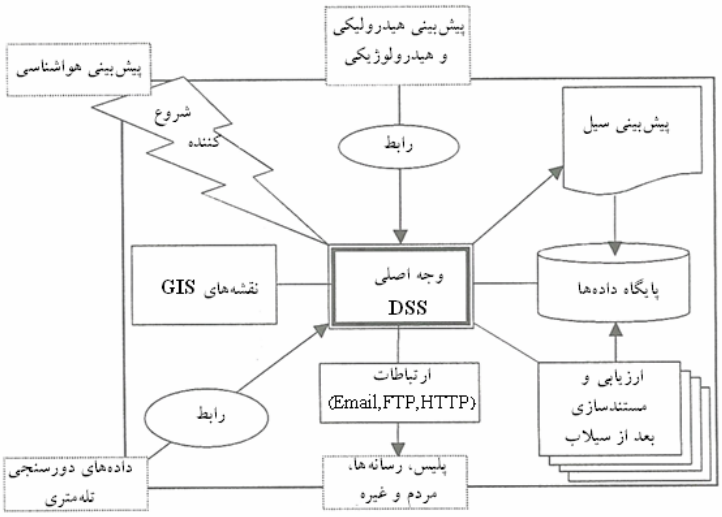
۴-۱-طراحی اجزای سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری–هشدار سیل

سیستم‌های هشدار سیل- پشتیبانی تصمیم‌گیری به عنوان یک روش شاخص مدیریت سیلاب، با استفاده از ابزار پیش‌بینی زمان واقعی سیل و مدیریت سیل در حوضه آبریز، می تواند نقش چشمگیری در کاهش خسارت سیل ایفا نماید. تکنولوژی جمع‌آوری اطلاعات، انتقال و پردازش داده‌های هیدرولوژیکی و پیش‌بینی زمان واقعی از طریق

مدلسازی به صورت قابل توجهی پیشرفت نموده و امکان بیشتری را برای استفاده از سیستم‌های پیشرفته هشدار سیل مطرح می‌سازد. سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری-هشدار سیل دارای زیر سیستم‌های مختلفی به شرح زیر می‌باشد**[6]**:

- **زیر سیستم شناسایی و پیش‌بینی سیل:** شامل جمع‌آوری، انتقال، دریافت، سازماندهی و پردازش اطلاعات، مدلسازی، شبیه‌سازی و پیش‌بینی سیل می‌باشد.
- **زیر سیستم هشدار سیل:** که شامل تعیین مناطق سیل‌گیر و ناحیه‌بندی این مناطق از نظر نوع خطر سیلاب و تهیه و انتشار پیام‌های هشدار به هر یک از این نواحی می‌باشد
- **زیر سیستم عکس‌العمل اضطراری**: که شامل تخلیه موقت مناطق سیل‌گیر قبل از وقوع سیل، تعیین زمان واقعی بهره‌برداری از سازه‌های کنترل سیل، جستجو و نجات سیل‌زدگان بعد از وقوع سیل، سازماندهی مراکز کمک‌رسانی، مقابله با سیل، حفاظت از سرویس‌های حیاتی، تدارکات برای کمک‌رسانی و غیره می‌باشد.
- **زیرسیستم پایگاه اطلاعات:** در سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری، جمع‌آوری اطلاعات با کمک شبکه دورسنجی که به جمع‌آوری داده‌های زمان واقعی کمک می‌کند و ارتباطی با پایگاه داده‌ها برقرار می‌نماید انجام می‌شود.
- **زیرسیستم‌های تکمیلی:** ماژول GIS به منظور قابل مشاهده‌نمودن موقعیت نسبی مسیر آبراهه‌ها، موقعیت مراکز امداد اضطراری، راه‌های خروج و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد و این بستگی به در دسترس‌بودن نقشه‌های دیجیتالی حاوی اطلاعات مربوطه دارد.
- **ماژول مخابراتی**: به منظور تسهیل در صدور هشدار سیل، عبارات سیل و دیگر اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماژول مخابراتی از ابزار نامه الکترونیکی و پروتکل انتقال فایل، استفاده می‌نماید. نامه الکترونیکی برای ارسال عبارات مربوط به سیل از مرکز فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **پروتکل[9] انتقال فایل (FTP)**: به منظور ارسال و دریافت اطلاعات و داده‌ها بین مرکز فرمان و دیگر سرویس‌دهنده‌های FTP مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل۳ ارتباط بین زیرسیستم‌های مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نمایش عملیاتی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری - هشدار سیل[6]

[9]- File Transfer Protocol

همانگونه که مشاهده می‌گردد، پیش‌بینی هواشناسی به عنوان عامل شروع‌کننده در فعالیت‌های مربوط به هشدار سیل نشان داده شده است. این مربوط به حوضه‌های با زمان پاسخ کوتاه می‌باشد. اما در حوضه‌های با زمان پاسخ زیاد، پیش‌بینی بارش و داده‌های مربوط به تراز آب بالادست حوضه حاصل از دورسنجی و خروجی‌های پیش‌بینی هیدرولیکی و هیدرولوژیکی نقش اصلی را در فعالیت‌های بعدی مربوط به هشدار سیل بازی می‌نمایند. خروجی مدل هیدرولیکی/ هیدرولوژیکی شامل تراز سطح آب و زمان جریان در مقاطع مشخص در طول آبروهای حوضه می‌باشد. این اطلاعات جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب یا دیگر جنبه‌های خسارت بویژه با در نظرگرفتن درجه عدم قطعیتی که تحت آن پیش‌بینی صورت می‌پذیرد کافی نمی‌باشند.

۲-۴-شرح عملکرد سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری–هشدار سیل

یکی از معیارهای مورد نیاز تصمیم‌گیری برای به جریان انداختن اقدامهای آمادگی در برابر سیل، معیار درجه سیل می‌باشد. آستانه‌های تراز سطح آب یا ارتفاع بارش در مقاطع و ایستگاه‌های مشخص تعریف می‌گردند که بدین وسیله درجه سیلاب به تراز سطح آب یا ارتفاع بارش مربوط می‌گردد و تعداد آستانه‌های تعیین‌شده بستگی دارد به تعداد درجات سیلاب که توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود**[6]**.

می‌توان از سه آستانه استفاده نمود که بدین طریق سیلاب به سه درجه طبقه‌بندی می‌شود:

- اگر از آستانه ۱ تجاوز گردد درجه سیلاب ملایم است.
- اگر از آستانه ۲ تجاوز گردد درجه سیلاب دارای اهمیت است.
- اگر از آستانه ۳ تجاوز گردد درجه سیلاب شدید است[6].

واضح است که اگر از آستانه ۱ تجاوز نشود درجه سیلاب به صورت عدم وجود سیلاب توصیف می‌گردد.

با تعریف نمودن آستانه‌های فوق سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری با استفاده از تعدادی سناریو چهار خروجی برای درجه سیلاب در هر حوضه به‌دست می‌دهد. این خروجی‌ها شامل شدید، دارای اهمیت، ملایم و بدون سیلاب می‌باشد. همچنین احتمال وقوع هر درجه از سناریوی سیلاب برای یک حوضه به عنوان یک گزینه در بین درجه‌های ممکن مورد استفاده قرار می‌گیرند و بالطبع، متناسب با هر درجه از سیلاب سناریو، باید فعالیت و عکس‌العمل‌های مرتبط و مؤثر توسط مسئولان و عامه مردم صورت گیرد. برای مثال در صورتی که وقوع یک سیلاب ملایم مورد انتظار باشد اعمالی از قبیل توصیه به عامه مردم جهت ذخیره آب آشامیدنی و غیره صورت می‌گیرد و یا در صورت انتظار داشتن یک سیلاب شدید اعمالی از قبیل توصیه به مردم ساکن در منطقه آسیب‌پذیر برای انتقال به یک محل امن و تخلیه منطقه، تجهیز بیمارستان‌ها جهت افزایش امکانات مرتبط با خدمات اضطراری و غیره صورت می‌گیرد. قابل ذکر است که سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری دارای قابلیت اضافه‌نمودن، حذف‌نمودن یا بازنگری در عملیات واکنشی به یک سیلاب با درجه خاص می‌باشد و این ویژگی بیانگر قابلیت انعطاف‌پذیری سیستم می‌باشد.

لیست فعالیت‌های مورد نظر به صورت خودکار در ماژول پایگاه داده‌های سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری ثبت می‌گردند و در واقع لیست فعالیت‌ها انعطاف‌پذیر می‌باشد. بنابراین می‌شود سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری را به مرور و با کسب تجربیات بیشتر ارتقا داد. علاوه بر تصمیمات روزانه‌ای که توسط سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری با توجه به درجه مورد انتظار سیلاب اتخاذ شده است، ماژول پایگاه اطلاعات مدل دارای قابلیت واردنمودن درجه مشاهده شده سیلاب نیز می‌باشد. واضح است که میزان گسترش سیلاب باید توسط یک فرد متخصص برآورد گردد. در این صورت پس از جمع‌آوری داده‌ها به اندازه کافی، متخصصین مربوطه قادر خواهند بود مرور نمایند که درجه سیلاب کجا و کی اشتباهاً پیش‌بینی شده است. در نتیجه می‌توان مؤلفه‌های مدل‌ها و پارامترهای تصمیم‌گیری سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری را مورد ارزیابی قرار داد.

۴-۳-طراحی سخت‌افزاری، نرم‌افزاری اتاق DSS

پس از بررسی امکانات و زیرساختهای موجود سخت افزاری، نرم‌افزاری پیشنهادات لازم جهت ارتقای سطح موجود صورت می‌گیرد. امکانات و زیرساختها طیف وسیعی را در بر می‌گیرد که شامل ایستگاههای اندازه‌گیری هیدرولوژیکی(مثلا ایستگاه بارش سنجی)، ایستگاههای هیدرومتری که می‌توانند از نوع ساده یا مدرن (Data Logger) با قابلیت سنجش و ارسال داده به ایستگاه مرکزی باشند. همچنین خطوط ارتباطی مخابراتی در صورت وجود مورد طراحی مجدد قرار گرفته و یا از ابتدا طراحی می‌گردند. به علاوه سخت‌افزار کامپیوتری مورد نیاز جهت نصب ماژول پایگاه داده و اطلاعات، ماژول نرم‌افزاری مدلسازی هیدرولوژیکی(بارش-رواناب)، مدلسازی هیدرولیکی و پهنه‌بندی سیل، مدلسازی هواشناسی(پیش‌بینی هواشناسی) یا دریافت اطلاعات و پیش‌بینیهای هواشناسی در صورت امکان تعبیه می‌شود. مدلهای نرم افزاری مورد اشاره پس از انجام بررسی‌های لازم، تستهای میدانی و مقایسه با همدیگر گزینش می‌گردد و داده و اطلاعات موجود در ماژول پایگاه داده و اطلاعات بر اساس آخرین تغییرات حوضه به‌روز می‌گردند.

۴-۴-طراحی سازمانی مرکز پشتیبانی تصمیم‌گیری برای مدیریت سیل حوضه گلابدره-دربند

جهت طراحی مرکز پشتیبانی تصمیم‌گیری یا به عبارتی اتاق DSS برای مدیریت سیل حوضه گلابدره-دربند باید ابتدا تمامی مولفه‌های سازمانی درگیر به همراه شرح وظایف آنها در این محدوده کاری را شناخت. طراح سیستم باید با عوامل درگیر از سطوح مختلف کاری ارتباط برقرار نموده شرح وظایف فعلی آنها را جمع‌آوری نموده، مورد تحلیل قرار دهد و بدین وسیله نقاط ضعف و قوت فرآیند موجود را استنتاج نماید و در نهایت بر همین اساس آرایش سازمانی موثر و مناسب عناصر سازمانی و بین سازمانی را ارایه نماید. واضح است که هرکدام از سازمانهای دخیل محدوده‌ای از شرح وظایف مورد نیاز مدیریت سیل را پوشش می‌دهد و مجموعه آنها بر روی هم شرح وظایف مورد نظر را تکمیل می‌نمایند. مولفه سازمانی اتاق DSS علاوه بر اینکه داده و اطلاعات ورودی به جعبه DSS را تفسیر می‌نماید نقش ضمانت اجرایی تصمیمات اخذ شده را ایفا می‌نماید و از تصمیمات اخذ شده پشتیبانی می‌نماید. به عبارت دیگر با تشکیل یک شورای تبادل نظر قبل و بعد از تصمیم‌گیری خطاهای ممکن را کاهش می‌دهند.

۵-جمع‌بندی و پیشنهادات

توجه به خطرپذیری حوضه در برابر سیلاب و عواقب سنگین سیلاب‌های گلابدره و دربند به لحاظ حجم خسارات جانی و مالی لزوم تقویت و ارتقای سطح مدیریت سیل موجود به شدت احساس می‌گردد. طراحی اتاق DSS برای هشدار سیل حوضه نامبرده تدبیری کارساز می‌باشد. همچنین به دلیل کمبود داده و اطلاعات از پارامترهای هیدرولوژیکی و هیدرومتری و کمبود وسایل اندازه‌گیری پارامترهای نامبرده توصیه جدی به افزایش ابزار فوق به تناسب مساحت حوضه می‌گردد. سازمانهای دخیل در عملیات آمادگی برای سیل حوضه شامل شهرداری، انجمن کوهنوردی، هلال احمر، نیروی انتظامی، سازمان آب منطقه‌ای و وزارت کشور عموما به صورت منفرد اقدام به مطالعه یا اقداماتی از قبیل نصب تابلو در منطقه جهت هشدار، ارائه ضوابط ساخت و ساز و غیره نموده‌اند که می‌توان گفت اقداماتی برپایه همفکری گروهی به شمارنمی‌باشند. همانگونه که به آن اشاره گردید طبیعت تندسیلاب حوضه گلابدره-دربند از نوع مسائل ساختار نیافته محسوب گردیده و هرگونه تصمیم‌گیری در آن باید بر پایه مجموعه داده و اطلاعات صحیح و خرد جمعی در تلفیق با فن‌آوریهای پیشرفته صورت گیرد. از آنجا که ضامن اجرای تصمیم‌گیریها در گرو تشکیل یک سازمان‌افزار و گروه مشورتی منسجم و آشنا به حوضه و تندسیلاب آن می‌باشد باید طی فرآیندی که شاید زمانگیر باشد چارت تشکیلاتی مناسب طراحی گردد سپس اشخاص کلیدی سازمانهای دخیل شناسایی شده، مورد مصاحبه واقع گردند و شرح وضایف سازمانی آنها برای عضویت در اتاق DSS تعیین گردد. فرآیند فوق به مرور اصلاح می‌گردد. به لحاظ

طراحی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری نیز، پس از تعیین نرم‌افزار مناسب جهت مدلسازی پارامترهای حوضه سخت‌افزار مناسب طراحی می‌گردد. نرم‌افزار منتخب باید کاربرپسند باشد و در سطح پیشرفته‌تر بتواند خروجی‌های گرافیکی را ارائه نماید. تمامی اقدامات فوق باعث می‌گردد خطای مربوط به تفسیر پیش‌بینی‌ها کاهش یافته و در نهایت منجر به کاهش خطای مربوط به هشدار سیل گردد.

۶-منابع و مراجع

[۱] حیدری، علی، سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل، کارگاه فنی روش‌های غیر سازه‌ای مدیریت سیلاب، ۱۳۷۹

[۲]گروه کار رهیافت‌های فراگیر مدیریت سیلاب، پیش‌بینی و هشدار سیل، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۵

[۳] مهندسین مشاور کریت کارا، گزارش سیمای طرح، پروژه مطالعات سیستم هشدار سیلاب گلابدره-دربند تهیه شده برای: شرکت آب منطقه ای استان تهران، ، اردیبهشت ماه۸۶

[۴] مریدی، سعید، میرابوالقاسمی، هادی و قائمی، هوشنگ، شبیه‌سازی بارندگی رواناب در حوضه های آبریز دربند و گلابدره، ن فیزیک زمین و فضا، جلد ۲۶، شماره ۲، ۱۳۷۹، صفحه ۷۱-۸۳

[۵]نیک‌سیرت، علی، سیستم تصمیم‌گیری هوشمند برای مدیریت منابع آب، مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع‌آب، اصفهان، ایران، ۱۳۷۴

[6] A. J. Abebe and R. K. Price, Decision support system for urban flood management, Hydro informatics & Knowledge Management, UNESCO-IHE, © IWA Publishing 2005

[7] ROUTLEDGE.Taylor*Francis Group, 2000, Flash floods, warning and mitigation, efforts and prospects, E.Grunfest and A.Ripps, Floods ،Volum1,2, Edited by:D.J.Parker, Page 377

[8] R.Dahm, Usefulness of flood forecasting decision support systems: a brief report, NESCO-IHE course: flood modeling for management, Assignment module 1: June 2006

[9] Ralph H.Sprangue,Jr , Hugh J.Watson, DECISION SUPPORT SYSTEMS, Putting Theory into Practice, 1989