

سامانه پیش بینی و هشدار بارش شدید در حوضه چالدران

سکینه خان سالاری^۱، ابراهیم فتاحی^۲، ابراهیم اسعدی اسکویی^۳، مهدی رهنما^۱

^۱ استادیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

^۲ دانشیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

^۳ استادیار، پژوهشکده هواشناسی آب و کشاورزی، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۲۷، تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۹

چکیده

یکی از مناطق سیل خیز در کشور ایران منطقه چالدران واقع در شمال غرب استان آذربایجان غربی است. بر این اساس هدف این پژوهش طراحی و اجرای سامانه پیش بینی و هشدار بارش های شدید در حوضه رودخانه ای منتهی به چالدران با کاربست مدل عددی پیش بینی وضع هوا می باشد. در این مطالعه بر اساس رسم منحنی های هم توفان و تعیین حجم بارش و منحنی عمق-سطح-تداوم بارندگی، ۱۰ سامانه بارشی با طول عمر ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در استان آذربایجان غربی انتخاب شد. بارش در منطقه چالدران با استفاده از ۱۲ پیکربندی متفاوت مدل WRF شامل سه طرحواره همرفت کومه ای، دو طرحواره لایه مرزی و دو طرحواره خردفیزیک پیش بینی و از نظر کیفیت بررسی شد تا پیکربندی مناسب بدست آید. نتایج درستی سنجی شبیه سازی در منطقه چالدران طرحواره همرفتی Grell-Freitas را مناسب تر نشان داد. همچنین طرحواره لایه مرزی MRF و طرحواره خردفیزیک Goddard در پیش بینی مقدار و توزیع بارش موفق تر عمل کردند. در نهایت با انتخاب بهترین خروجی مدل WRF، با تکنولوژی مبتنی بر دات نت، طراحی سامانه هشدار بارش های شدید با قابلیت دسترسی آسان و با توجه به آستانه های مورد نیاز کاربر بر اساس مقدار بارش، رطوبت و دما صورت گرفت.

کلمات کلیدی: سامانه هشدار بارش شدید، چالدران، WRF، GFS، منحنی عمق-سطح-تداوم بارندگی

مقدمه

عمدتاً وقوع سیل، بدلیل رواناب سطحی می باشد که رخداد رواناب سطحی به ویژگی های حوضه آبریز مانند نوع پوشش گیاهی، نوع خاک و شیب منطقه بستگی دارد. همچنین رخداد سیل به نوع بارش و شرایط جوی نیز وابسته است که این پدیده مخرب گاهی به علت وقوع بارش شدید ناگهانی در حوضه مربوطه یا گاهی به دلیل بارش طولانی مدت و بیش از ظرفیت نفوذپذیری خاک حوضه و گاهی بدلیل افزایش دما و ذوب برف مناطق مرتفع و همراه شدن آن با بارش اتفاق می افتد. علاوه بر این، دخل و تصرف غیرمجاز در بستر و حریم رودخانه و مسیل ها، تخریب پوشش گیاهی و منابع طبیعی منطقه بدلیل تغییر اقلیم رو به خشکسالی و یا کارهای عمرانی غیر اصولی مانند احداث سازه های تقاطعی نظیر پل و جاده بر روی رودخانه ها که منجر به تنگ شدن مسیر عبور آب و گاهی انسداد مجرا می شود نیز سبب تشدید سیل و خسارات ناشی از آن می گردد. به منظور کاهش خطرات این بلیه طبیعی، تلاش برای پیش بینی های صحیح تر از جایگاه ویژه ای برخوردار است. در کشور ایران در فصل بهار بارندگی ها بیشتر به شمال غرب کشور محدود می شود. بخش عمده بارش های استان آذربایجان غربی در فصل بهار رخ می دهد. این منطقه از لحاظ جغرافیایی و کوهساری از پیچیدگی خاصی برخوردار می باشد. این بارش ها ضمن اینکه نقش اساسی در تامین منابع آب کشاورزی و دامپروری به عهده دارد، گاهی سبب وقوع سیل و خسارت های گسترده ای نیز در این منطقه می گردند. لذا شناخت منشاء شکل گیری و ویژگی های الگوهای جوی حاکم بر این گونه بارش ها می تواند نقش مهمی در صدور هشدارها و پیش آگاهی های جوی برای کاهش خسارات احتمالی داشته باشد. یکی از مناطق سیل خیز در کشور ایران منطقه چالدران واقع در شمال غرب استان آذربایجان غربی می باشد. بر این اساس هدف این پژوهش اجرای سامانه پیش بینی و هشدار بارش شدید در حوضه رودخانه ای منتهی به چالدران با کاربست مدل عددی پیش بینی وضع هوا می باشد.

در زمینه بارش های سنگین رخ داده در ایران، بررسی های همدیدی-آماری-دینامیکی زیادی برای استان ها و هم چنین

حوضه های آبریز مختلف و سعی در پیش بینی آنها انجام شده است. در زمینه بررسی های همدیدی-آماری می توان به مطالعه لشکری (۱۳۷۵ و ۱۳۷۹)، علیجانی (۱۳۸۱)، محمدی و مسعودیان (۱۳۸۷)، لشکری و همکاران (۱۳۹۱) اشاره نمود. برای نمونه در سال های اخیر سمندری (۱۳۹۷) بارش های سنگین منطقه شمال غرب ایران را تحلیل نموده است و سپس با استفاده از روش هولت-وینترز بارش سنگین پیش بینی شده است. همچنین حسینی صدر و همکاران (۱۳۹۸)، به تحلیل همدیدی-دینامیکی بارش سنگین در شمال غرب ایران در روز ۲۴ فروردین ۱۳۹۶ پرداخته است. مطالعات بسیاری نیز در زمینه ارتقاء پیش بینی بارش با استفاده از طرحواره های عددی مختلف و یا اجرای مدل عددی با تفکیک افقی بهتر صورت گرفته است (برای نمونه آزادی و همکاران، ۱۳۸۲؛ امینی و همکاران، ۱۳۹۳؛ خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۶؛ کریمخانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ گودرزی و همکاران، ۱۳۹۷). در خارج از کشور مطالعات فراوانی نیز انجام شده است که می توان به مواردی از آنها اشاره نمود. از کارهای انجام شده در ارتباط با مدل های پیش بینی عددی میان مقیاس می توان به پژوهش جانکو و همکاران (۲۰۰۵) اشاره کرد که اثر پارامتر سازی های فیزیکی متفاوت در مدل WRF را بر بارش های همرفتی میان مقیاس در فصل گرم بررسی نمودند. آنها با استفاده از ۱۸ پیکربندی مدل شامل سه طرحواره همرفت، سه طرحواره خردفیزیک و دو طرحواره لایه مرزی نشان دادند که تغییرات در پیش بینی بارش در اثر استفاده از طرحواره های مختلف همرفتی، لایه مرزی و خردفیزیک قابل توجه است، ولی بیشترین تغییر پذیری پیش بینی بارش مربوط به انتخاب طرحواره های همرفت است. آرگوس و همکاران (۲۰۱۱) نیز اثر پیکربندی های مختلف مدل WRF را در مطالعات اقلیمی جنوب اسپانیا با کوهساری پیچیده بررسی کردند. این حساسیت سنجی با پیکربندی های گوناگون شامل هشت ترکیب از طرحواره های همرفت، خردفیزیک و لایه مرزی بود. نتایج نشان داد که انتخاب هر یک از طرحواره های لایه مرزی و همرفت تأثیر اساسی بر بارش این منطقه دارد، در حالی که تفاوت چشم گیر بین انتخاب طرحواره های خردفیزیک مشاهده نشد. سیکدر و حسین (۲۰۱۶) در

به منظور پیش بینی مناسب تر بارش، به بررسی اختلاف نتایج در پیکربندی های مختلف مدل، عمدتاً ناشی از طرحواره های همرفتی، لایه مرزی و خردفیزیک پرداخته شود. همچنین در منطقه سیل خیز چالدران سامانه ای برای هشدار بارش شدید وجود ندارد بنابراین در این پژوهش با تعیین بهترین پیکربندی مدل WRF به پیش بینی بارش پرداخته شده است و در نهایت با استفاده از بهترین خروجی مدل WRF، با تکنولوژی مبتنی بر دات نت، طراحی سامانه هشدار بارش شدید با قابلیت دسترسی آسان و با توجه به آستانه های مورد نیاز کاربر بر اساس مقدار بارش، شدت بارش و دما صورت گرفته است.

مواد و روش ها

به منظور راه اندازی این سامانه ابتدا لازم است چندین سامانه بارشی منجر به سیل در منطقه شناسایی و بررسی شود. بر اساس رسم منحنی های هم توفان و تعیین حجم بارش و منحنی عمق-سطح-تداوم بارندگی ۱۰ سامانه بارشی با طول عمر ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت (جدول ۱) در استان آذربایجان غربی انتخاب شد.

الف: منحنی های هم بارش

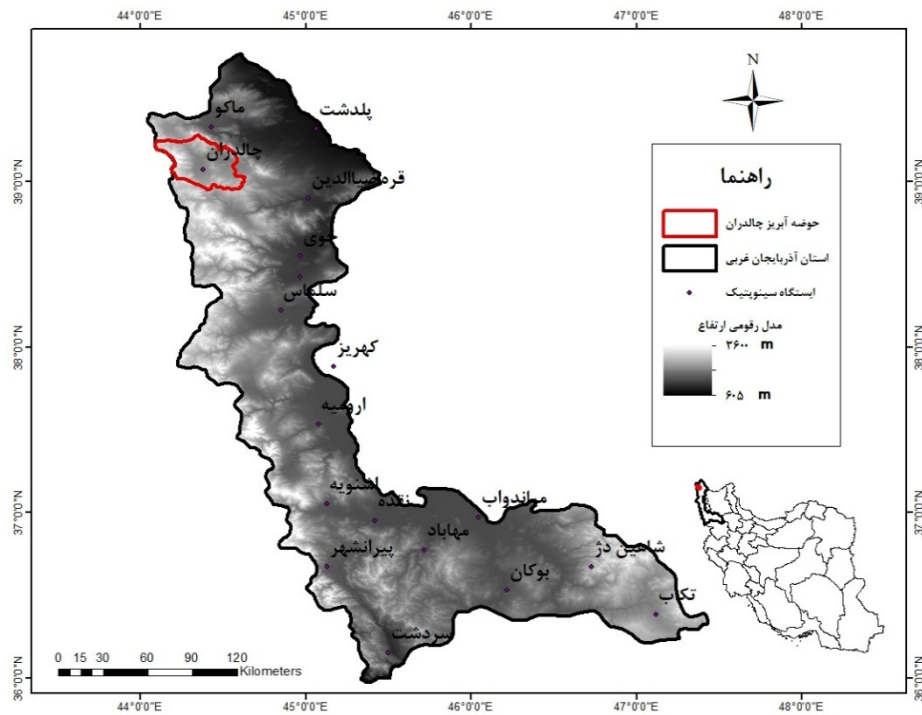
برای بررسی توزیع مکانی بارندگی در سطح حوزه، ابتدا مشخصات مکانی (طول و عرض جغرافیایی) ایستگاه های موجود در منطقه اعم از ایستگاه های متعلق به سازمان هواشناسی و وزارت نیرو با استفاده از GIS (Geographic

پژوهشی به بررسی چگونگی پیش بینی سیل در حوزه های سیل خیز جنوب شرق آسیا پرداخته اند. در این مطالعه از ۱۵ پیکربندی مختلف استفاده شده است و به این نتیجه رسیده اند که طرحواره همرفتی بتس-میلر-جانجیک (Betts-Miller-Janjic (BMJ)) بهترین نتیجه را دارد. چندین مطالعه نیز وجود دارد که طرحواره BMJ را به عنوان بهترین طرحواره همرفتی در شبیه سازی مدل معرفی نموده اند (برای مثال کومار و همکاران، ۲۰۱۴؛ سرینیواس و همکاران، ۲۰۱۳؛ چاولا و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین به منظور پیش بینی سیل در حوزه گانگا در کشور هند، چاولا و همکاران (۲۰۱۸) از مدل میان مقیاس WRF استفاده نموده اند. در این بررسی از ترکیب چهار طرحواره میکروفیزیک، دو طرحواره لایه مرزی و همرفتی و دو نوع تنظیمات فیزیک سطح زمین استفاده شده است. با مقایسه خروجی مدل با مقادیر دیدبانی بیان داشته اند که طرحواره فیزیکی الگوی مکانی بارش را تحت تاثیر قرار می دهد در حالی که انتخاب طرحواره لایه مرزی و همرفتی مقدار بارش را تغییر می دهد.

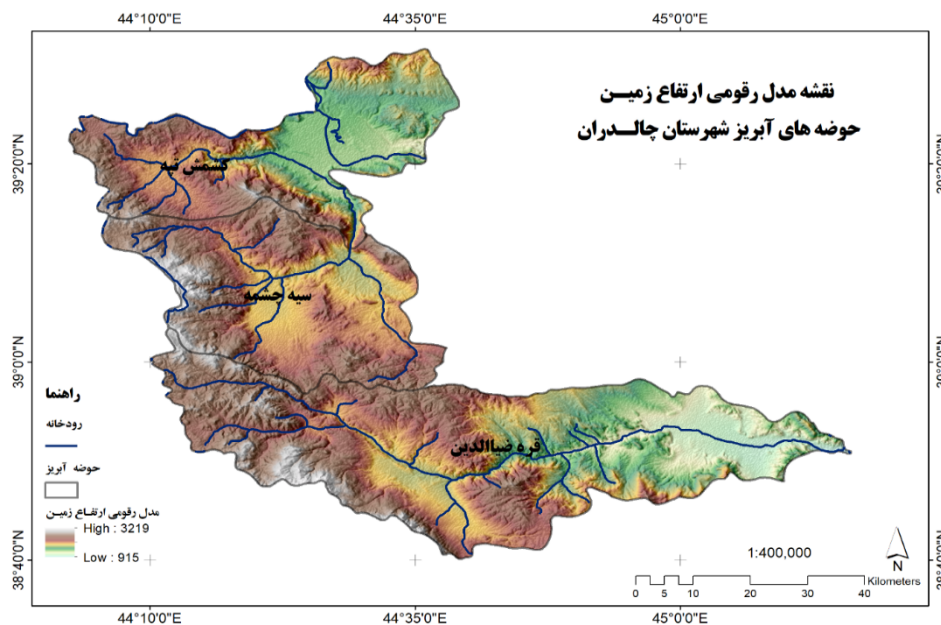
با توجه به نتایج پژوهش های فوق در خصوص تعیین مناسب ترین پیکربندی مدل عددی برای پیش بینی بهتر بارش، با انتخاب مناسب طرحواره های همرفتی و لایه مرزی می توان مقدار بارش را بهینه تر پیش بینی نمود و با انتخاب صحیح طرحواره خردفیزیک نحوه توزیع بارش را با دقت بیشتر تخمین زد (چاولا و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین منطقی است که در تعیین بهترین پیکربندی در این پژوهش

جدول ۱. مشخصات رویدادهای بارشی منتخب در استان آذربایجان غربی به منظور تحلیل و بررسی آنها

ردیف	تاریخ شروع بارندگی (میلادی-شمسی)	طول عمر (ساعت)
۱	۲۰۰۵/۵/۳ — ۱۳۸۴/۲/۱۳	۲۴
۲	۲۰۱۵/۶/۱۷ — ۱۳۹۴/۳/۲۷	۲۴
۳	۲۰۰۳/۴/۱۶ — ۱۳۸۲/۱/۲۷	۴۸
۴	۲۰۰۴/۴/۲۳ — ۱۳۸۳/۲/۴	۴۸
۵	۲۰۰۶/۲/۳ — ۱۳۸۴/۱۲/۱۲	۴۸
۶	۲۰۰۶/۴/۱۷ — ۱۳۸۵/۱/۲۸	۴۸
۷	۲۰۰۷/۷/۱۷ — ۱۳۸۶/۴/۲۶	۴۸
۸	۲۰۱۷/۴/۲ — ۱۳۹۶/۱/۱۳	۴۸
۹	۲۰۰۵/۵/۱۴ — ۱۳۸۴/۲/۲۴	۷۲
۱۰	۲۰۱۶/۴/۱۱ — ۱۳۹۵/۱/۲۳	۹۶



شکل ۱. موقعیت حوزه آبریز چالدران

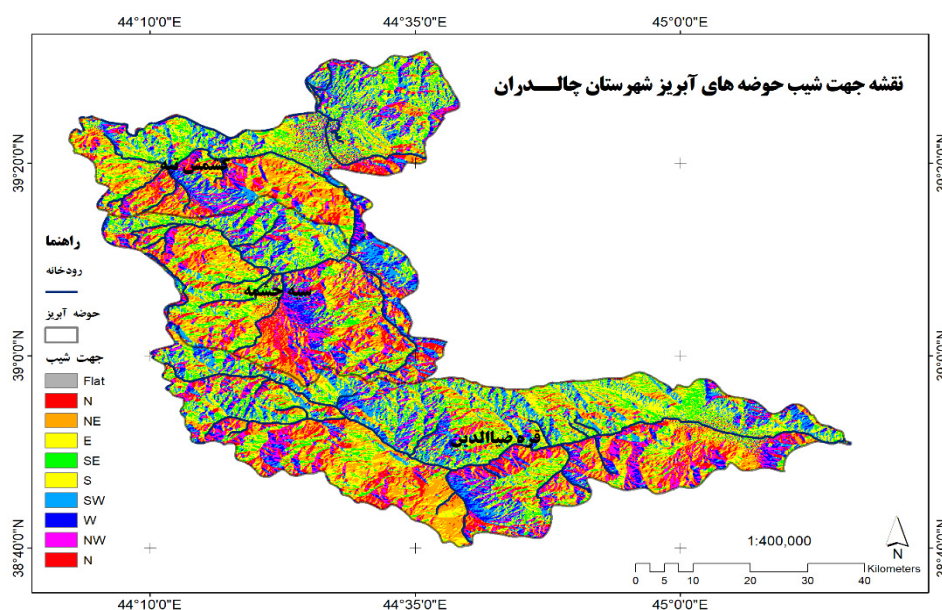


شکل ۲. نقشه مدل رقومی ارتفاع زمین حوزه های آبریز شهرستان چالدران

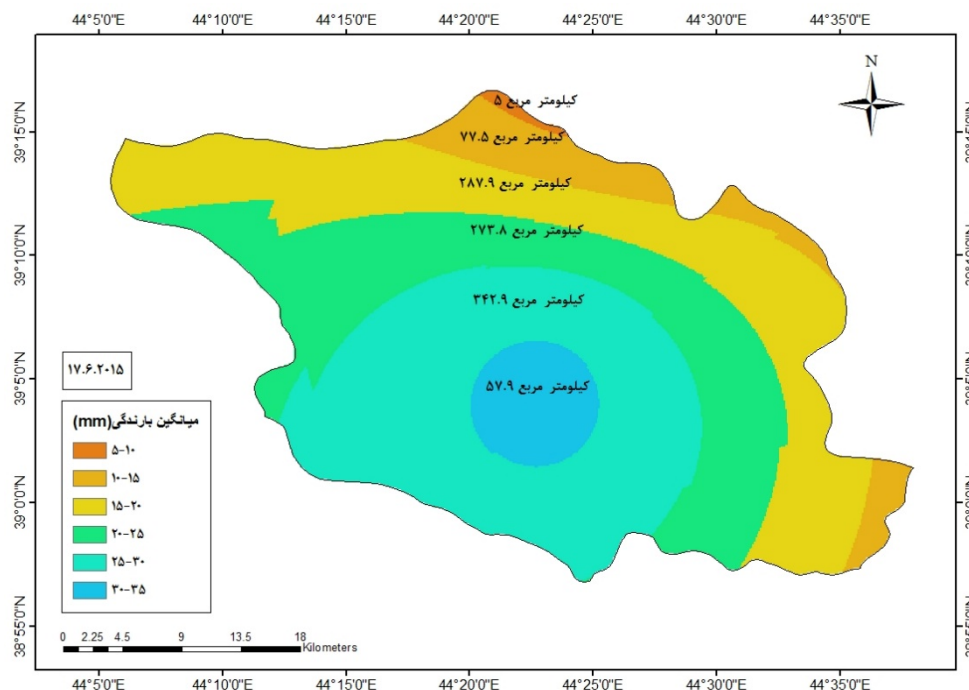
Information System) و سوابق موجود در مطالعات مختلف کنترل و ترسیم شد (شکل ۱).
 حوزه های آبریز شهرستان چالدران شامل سیه چشمه، کشمش تپه و قره ضیاالدین می باشد که نقشه رقومی ارتفاع زمین این حوزه ها در شکل ۲ و نقشه جهت شیب آنها در شکل ۳ نشان داده شده است.

این نقشه‌ها در محاسبه مقدار متوسط بارش توفان‌های مورد بررسی در سطح حوضه آبریز چالدران و تهیه منحنی‌های عمق-سطح-تداوم بارندگی استفاده شده است (DAD (Depth-Area-Duration)).

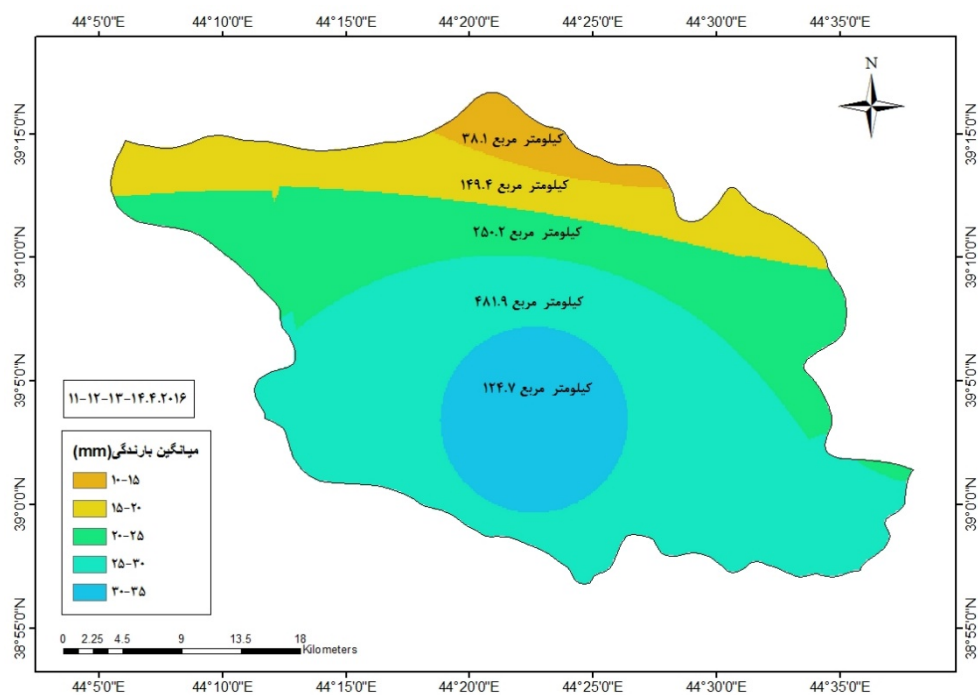
با استفاده از نرم افزار GIS منحنی‌های هم بارش با تداوم‌های مختلف برای توفان‌های منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید. شکل‌های ۴ تا ۶ منحنی‌های هم بارش را برای توفان‌های منتخب سال‌های اخیر نشان می‌دهند. از



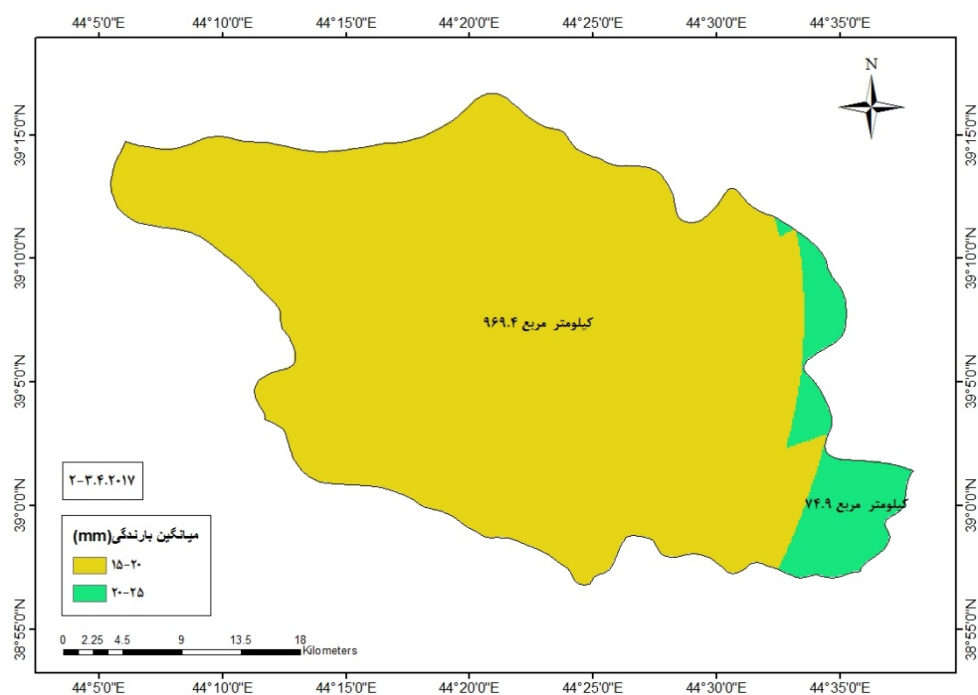
شکل ۳. نقشه جهت شیب حوضه های آبریز شهرستان چالدران



شکل ۴. منحنی های هم بارش با تداوم یک روزه برای توفان ۱۷-۰۶-۲۰۱۵



شکل ۵. منحنی های هم بارش با تداوم چهار روزه برای توفان ۱۱-۲۰۱۶-۰۴-۱۴ الی ۲۰۱۶-۰۴-۲۰



شکل ۶. منحنی های هم بارش با تداوم دو روزه برای توفان ۲-۲۰۱۷-۰۴-۲۰ الی ۳-۲۰۱۷-۰۴-۲۰

مراحل کار مطابق زیر انجام شد:

مساحت واقع بین خطوط همباران برای هر یک از نواحی بارندگی مشخص شد. معمولاً شروع کار از مرکز رگبار (خطوط حداکثر بارش) می باشد.

● عمق متوسط بارندگی در محدوده مساحت بین دو خط متوالی هم باران تعیین گردید.

● مساحت کل نواحی که دارای یک مقدار بارندگی می باشند به ترتیب از مقادیر زیاد به کم به صورت تجمعی محاسبه شد.

● حاصل ضرب مساحت محدوده هم باران در متوسط بارندگی آن ناحیه (حجم بارش خالص) محاسبه شد.

● حجم بارش تجمعی به مساحت تجمعی متناظر تقسیم و متوسط عمق بارش بیشینه تعیین گردید.

● رابطه بین عمق بارش تجمعی و مساحت متناظر برای رگبارهای منتخب در یک صفحه ترسیم شد.

● با ترسیم منحنی بالا در یک صفحه، نمودارهای عمق-سطح-تداوم برای حوضه مورد مطالعه بدست آمد.

با توجه به تداوم کل هر یک از توفان ها و بر اساس بیشترین مقدار بارش ۱ روزه، مقدار متوسط بارش در واحد سطح برای هر یک از تداوم ها محاسبه شد. سپس برای هر یک از تداوم های زمانی بارش رابطه عمق-سطح-تداوم بارش ترسیم شد. در جدول ۲ تا جدول ۴ مقادیر عمق-سطح-تداوم بارش توفان های منتخب سال های اخیر با تداوم های مختلف آورده شده است. همچنین منحنی های عمق-سطح-تداوم بارش برای همان توفان ها در شکل های ۷ تا ۹ آمده است.

ج. شبیه سازی بارش های سنگین رخ داده منتخب در منطقه چالدران

در این بخش به منظور شبیه سازی بارش های سنگین رخ داده در منطقه چالدران از داده های GFS (Global Forecast System) با تفکیک افقی ۰/۵ درجه (هامیلت و همکاران، ۲۰۰۶) و با فاصله زمانی ۶ ساعت، جهت استفاده در مدل پیش بینی عددی میان مقیاس WRF استفاده شده است. همچنین به منظور پیش بینی بارش روزانه ی روز مورد نظر مدل از ۳۶ ساعت قبل اجرا گردید.

ب: منحنی های عمق-سطح-تداوم بارندگی (DAD) و تعیین منحنی پوش

آمار بارش اندازه گیری شده در ایستگاه ها در قالب داده های نقطه ای تغییرات مکانی دارد. به عبارتی دیگر، با دور شدن از مرکز بارش، مقدار بارندگی کاهش می یابد. بررسی روند کاهش تغییرات بارندگی از مرکز رگبار به سمت خارج، از جمله مراحل تحلیل توزیع مکانی بارش است. روش های متعددی برای تحلیل توزیع مکانی بارش با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده در ایستگاه های باران سنجی توسعه یافته وجود دارد. با بکارگیری این روش ها می توان اطلاعات نقطه ای را به سطح حوضه تعمیم داد و از آن در توسعه منحنی های عمق-سطح-تداوم بارش استفاده کرد. توزیع عمق بارش در توفان های با پهنه ها و تداوم های متفاوت، منحنی های DAD را تعیین می کند. از جمله کاربرد منحنی های DAD، تعیین بزرگترین عمق میانگین بارش است که می تواند در مساحت های مختلف طی تداوم های متفاوت از یک ساعت یا چند روز اتفاق بیافتد. این مقدار بارش برای هر توفان قابل انتقال، به عنوان پایه برای تعیین بارش بیشینه محتمل مورد استفاده قرار می گیرد. بر پایه دستورالعمل های سازمان جهانی هواشناسی (WMO, ۱۹۸۶; ۱۹۶۹)، تهیه منحنی های عمق-سطح-تداوم بارش توفان ها در روش بیشینه سازی بارش برای برآورد حداکثر محتمل بارش توصیه می شود. اصولاً این منحنی ها برای بارش های بیشینه توفان های با تداوم چند ساعته تا چند روزه و در سطوح مختلف از ۱۰ تا ۱۰۰ هزار کیلومتر مربع، متناسب با وسعت حوضه مورد مطالعه، ترسیم می شود.

توزیع عمق بارش در حوضه های با مساحت و تداوم بارش متفاوت را منحنی های عمق-سطح-تداوم تعیین می کند. این روش مبتنی بر الگوی منطقه برای هر توفان می باشد و از منحنی پوش منحنی های DAD توفان ها استفاده می شود. در این روش بارش برای هر تداوم زمانی توفان در ایستگاه های مختلف بر روی یک نقشه کوهساری با مقیاس مناسب پیاده شد. ابتدا بررسی و مقایسه مقادیر بارش در ایستگاه های مختلف به صورت دستی انجام و تصحیح شد. نقشه هم بارش به کمک GIS ترسیم گردید. پس از اطمینان از درستی این نقشه ادامه

جدول ۲. بارش مورخ ۱۷-۰۶-۲۰۱۵

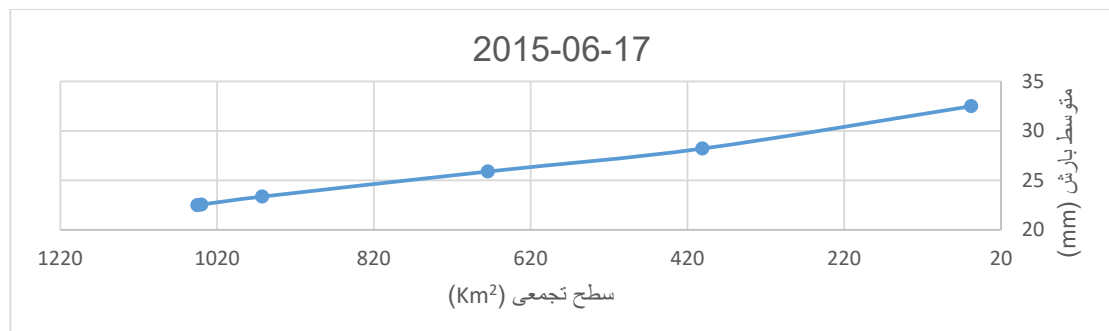
ردیف	حدود بارندگی بین دو خط همباران (mm)	سطح بین دو خط همباران (Km ²)	میانگین بارندگی بین دو خط همباران (mm)	حجم بارندگی بین دو خط همباران (mm* Km ²)	حجم تجمعی بارندگی (mm* Km ²)	سطح تجمعی خطوط همباران (Km ²)	متوسط بارندگی روی مساحت (mm)
۱	۳۰-۳۵	۵۷/۹	۳۲/۵	۱۸۸۱/۷۵	۱۸۸۱/۷۵	۵۷/۹	۳۲/۵
۲	۲۵-۳۰	۳۴۲/۹	۲۷/۵	۹۴۲۹/۷۵	۱۱۳۱۱/۵	۴۰۰/۸	۲۸/۲۲
۳	۲۰-۲۵	۲۷۳/۸	۲۲/۵	۶۱۶۰/۵	۱۷۴۷۲	۶۷۴/۶	۲۵/۹
۴	۱۵-۲۰	۲۸۷/۹	۱۷/۵	۵۰۳۰/۲۵	۲۲۵۰۲/۲۵	۹۶۲/۵	۲۳/۳۷
۵	۱۰-۱۵	۷۷/۵	۱۲/۵	۹۶۸/۷۵	۲۳۴۷۱	۱۰۴۰	۲۲/۵۶
۶	۵-۱۰	۵	۷/۵	۳۷/۵	۲۳۵۰۸/۵	۱۰۴۵	۲۲/۴۹

جدول ۳. بارش مورخ ۱۱-۰۴-۲۰۱۶ الی ۱۴-۰۴-۲۰۱۶

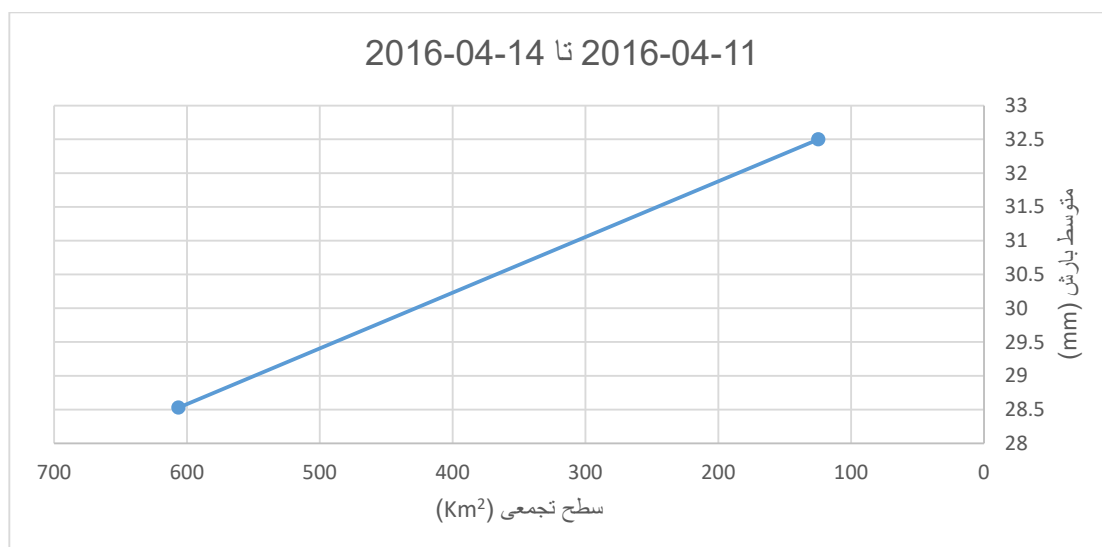
ردیف	حدود بارندگی بین دو خط همباران (mm)	سطح بین دو خط همباران (Km ²)	میانگین بارندگی بین دو خط همباران (mm)	حجم بارندگی بین دو خط همباران (mm* Km ²)	حجم تجمعی بارندگی (mm* Km ²)	سطح تجمعی خطوط همباران (Km ²)	متوسط بارندگی روی مساحت (mm)
۱	۳۰-۳۵	۱۲۴/۷	۳۲/۵	۴۰۵۲/۷۵	۴۰۵۲/۷۵	۱۲۴/۷	۳۲/۵
۲	۲۵-۳۰	۴۸۱/۹	۲۷/۵	۱۳۲۵۲/۲۵	۱۷۳۰۵	۶۰۶/۳۹	۲۸/۵۳
۳	۲۰-۲۵	۲۵۰/۲	۲۲/۵	۵۶۲۹/۵	۲۲۹۳۴/۵	۸۵۶/۶	۲۶/۷
۴	۱۵-۲۰	۱۴۹/۴	۱۷/۵	۲۶۱۴/۵	۲۵۵۴۹	۱۰۰۶	۲۵/۴
۵	۱۰-۱۵	۳۸/۱	۱۲/۵	۴۷۶/۲۵	۲۶۰۲۵/۲۵	۱۰۴۴/۱	۲۴/۹

جدول ۴. بارش مورخ ۰۲-۰۴-۲۰۱۷ الی ۰۳-۰۴-۲۰۱۷

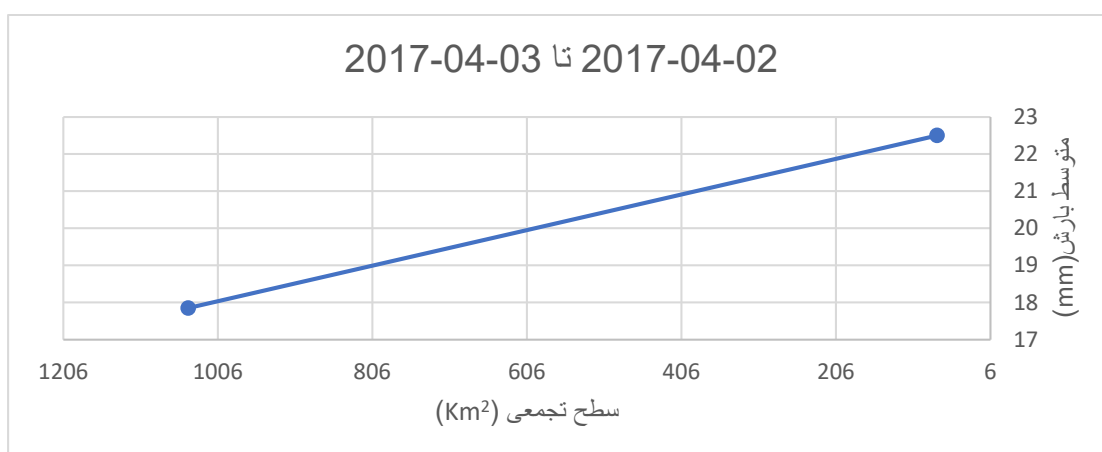
ردیف	حدود بارندگی بین دو خط همباران (mm)	سطح بین دو خط همباران (Km ²)	میانگین بارندگی بین دو خط همباران (mm)	حجم بارندگی بین دو خط همباران (mm* Km ²)	حجم تجمعی بارندگی (mm* Km ²)	سطح تجمعی خطوط همباران (Km ²)	متوسط بارندگی روی مساحت (mm)
۱	۲۰-۲۵	۷۴/۹	۲۲/۵	۱۶۸۵/۲۵	۱۶۸۵/۲۵	۷۴/۹	۲۲/۵
۲	۱۵-۲۰	۹۶۹/۴	۱۷/۵	۱۶۹۶۴/۵	۱۸۶۴۹/۷۵	۱۰۴۴/۳	۱۷/۸۵



شکل ۷. منحنی عمق-سطح-تداوم بارش ۲۴ ساعته توفان ۱۷-۰۶-۲۰۱۵



شکل ۸. منحنی عمق-سطح-تداوم بارش ۹۶ ساعته توفان ۲۰۱۶-۰۴-۱۱ تا ۲۰۱۶-۰۴-۱۴



شکل ۹. منحنی عمق-سطح-تداوم بارش ۴۸ ساعته توفان ۲۰۱۷-۰۴-۰۲ تا ۲۰۱۷-۰۴-۰۳

سایر طرحواره های مورد استفاده به شرح جدول ۶ می باشد:

بنابراین برای شبیه سازی سامانه های بارش زای منتخب در شهرستان چالدران، کاربست ۱۲ پیکربندی مختلف، در دو دامنه تو در تو با تفکیک افقی ۴۵ و ۱۵ کیلومتر در نظر گرفته شد. دامنه های شبیه سازی در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همانطور که قبلا نیز بیان شد به دلیل محدودیت حجم مقاله و مشابهت نتایج، در این مقاله نتایج شبیه سازی سامانه های منتخب برای سه سامانه اخیر و میانگین نتایج در جدول ۷

۱) تنظیمات لازم برای شبیه سازی با مدل WRF

با توجه به نتایج پژوهش های بیان شده در مطالب پیش تر در خصوص تعیین مناسب ترین پیکربندی مدل عددی برای پیش بینی بارش بهتر، شاید بتوان گفت بیشترین تاثیر مربوط به انتخاب طرحواره همرفت است. با توجه به مطالب ذکر شده در بالا، در این پژوهش درستی پیش بینی بارش در منطقه چالدران با استفاده از ۱۲ پیکربندی متفاوت مدل (جدول ۵) شامل سه طرحواره همرفت کومه ای، دو طرحواره لایه مرزی و دو طرحواره خردفیزیک بررسی شده است تا پیکربندی مناسب بدست آید.

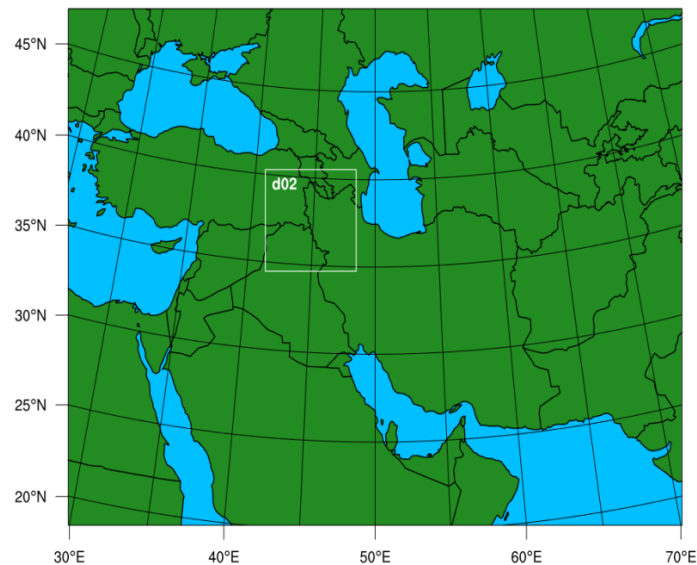
جدول ۵. پیکربندی های مختلف مورد استفاده در اجرای مدل WRF

	Cumulus Physics	Boundary Layer	Micro Physics
1	BMJ(2), Janjic(1994)	MRF (99), Hong and Pan (1996)	Goddard(7), Tao et al. (1989)
2	Grell-Freitas(3), Grell and Freitas (2014)	MRF	Goddard
3	Tiedtke(6), Tiedtke (1989)	MRF	Goddard
4	BMJ	YSU(1), Hong et al. (2006)	Goddard
5	Grell-Freitas	YSU	Goddard
6	Tiedtke	YSU	Goddard
7	BMJ	MRF	Lin(2), Chen and Sun (2002)
8	Grell-Freitas	MRF	Lin
9	Tiedtke	MRF	Lin
10	BMJ	YSU	Lin
11	Grell-Freitas	YSU	Lin
12	Tiedtke	YSU	Lin

جدول ۶. سایر طرحواره های مورد استفاده در اجرای مدل WRF

Shortwave	Longwave	Land Surface
Goddard(2), Chou et al. (1994)	RRTM(1), Mlawer et al. (1997)	Noah(2), Tewari et al. (2004)

WPS Domain Configuration



شکل ۱۰. منطقه جغرافیایی دو دامنه مورد استفاده در شبیه سازی ها

است. بر این اساس میزان بارش در روز ۱۷ ژوئن ۲۰۱۵ در ایستگاه چالدران ۳۱ میلی متر ثبت شده است. ۲۸ میلی متر از مقدار بارش گزارش شده تنها در ۶ ساعت اول این روز رخ داده است که شدت قابل توجهی دارد. بیشینه باد ثبت شده در این ایستگاه ۱۰ متر بر ثانیه بوده است که این بیشینه باد با جهت شمالی رخ داده است.

بررسی شده است.

(۲) معرفی سامانه های بارش زای منتخب در منطقه چالدران
 سامانه بارش زای مورخ ۲۰۱۵/۶/۱۷ (۱۳۹۴/۳/۲۷)

در این سامانه بارش زاء در بین ایستگاه های دیدبانی موجود تنها در شمالی ترین بخش استان بارش گزارش شده

جدول ۷. کمیت های درستی سنجی برای ۱۲ پیکربندی در سه شبیه سازی سال های اخیر سامانه های منتخب و میانگین ده شبیه سازی، اعداد مشخص شده با رنگ قرمز بهترین نتایج شاخص های درستی سنجی در هر تاریخ را نشان می دهند.

2016/4/14					2015/6/17				
F	H	TS	PC	configuration	F	H	TS	PC	configuration
0.00	0.00	0.00	0.61	1	0.00	0.00	0.00	0.94	1
0.33	0.78	0.58	0.72	2	0.00	1.00	1.00	1.00	2
0.09	0.14	0.13	0.61	3	0.00	0.00	0.00	0.94	3
0.00	0.14	0.14	0.67	4	0.00	0.00	0.00	0.94	4
0.33	0.67	0.50	0.67	5	0.00	1.00	1.00	1.00	5
0.18	0.14	0.11	0.56	6	0.00	0.00	0.00	0.94	6
0.27	0.43	0.30	0.61	7	0.00	0.00	0.00	0.94	7
0.38	0.70	0.54	0.67	8	0.00	1.00	1.00	1.00	8
0.09	0.14	0.13	0.61	9	0.00	0.00	0.00	0.94	9
0.09	0.14	0.13	0.61	10	0.00	0.00	0.00	0.94	10
0.38	0.60	0.46	0.61	11	0.00	1.00	1.00	1.00	11
0.18	0.43	0.33	0.67	12	0.00	0.00	0.00	0.94	12
Mean Of All Cases (10 Cases)					2017/4/2				
F	H	TS	PC	configuration	F	H	TS	PC	configuration
0.29	0.45	0.31	0.73	1	0.36	0.71	0.45	0.67	1
0.25	0.87	0.61	0.81	2	0.36	0.86	0.55	0.72	2
0.27	0.43	0.23	0.66	3	0.45	0.57	0.33	0.56	3
0.25	0.45	0.25	0.75	4	0.27	0.57	0.40	0.67	4
0.31	0.78	0.55	0.75	5	0.36	0.71	0.45	0.67	5
0.28	0.37	0.24	0.65	6	0.36	0.57	0.36	0.61	6
0.26	0.35	0.22	0.63	7	0.18	0.43	0.33	0.67	7
0.33	0.77	0.57	0.73	8	0.40	0.75	0.50	0.67	8
0.28	0.43	0.37	0.68	9	0.38	0.80	0.40	0.67	9
0.37	0.39	0.21	0.62	10	0.55	0.71	0.38	0.56	10
0.36	0.73	0.47	0.65	11	0.40	0.63	0.42	0.61	11
0.34	0.55	0.46	0.68	12	0.45	0.86	0.50	0.67	12

در ادامه نیز با استفاده از کمیات درستی سنجی مناسب

نتایج حاصل از شبیه سازی تحلیل و بررسی خواهد شد.

نتایج و بحث

الف: درستی سنجی نتایج شبیه سازی سامانه های بارش زا در منطقه چالدران

در این پژوهش، با استفاده از زیرمجموعه کوچکی از کمیت های مختلف دقت و مهارت که در دسترس هستند، کارایی ۱۲ پیکربندی متفاوت از طرح واره های فیزیکی مدل WRF در پیش بینی کمی بارش شدید در منطقه چالدران بررسی شده است. از میان کمیت های موجود، کمیت های نرده ای نسبت صحیح (PC)، امتیاز تهدید (TS)، آهنگ برخورد (H) و آهنگ هشدار نادرست (F) (مورفی، ۱۹۹۳) برای مقایسه استفاده شده اند.

در آستانه بارشی بیشتر از ۱۰ میلی متر (حاتمی یزد و همکاران، ۱۳۸۸)، کمیت های درستی سنجی محاسبه و در جدول ۷ نشان داده شده اند. با توجه به این مطلب که در مورد

سامانه بارش زای مورخ ۲۰۱۶/۴/۱۴ (۱۳۹۵/۱/۲۶)

در این سامانه بارش زا، در ۷ ایستگاه بارش روزانه بیش از ۱۰ میلی متر گزارش شده است و سامانه بارشی کل نیمه غربی استان را فراگرفته است، به طوری که بیشینه میزان بارش در ایستگاه چالدران و به میزان ۲۸/۴ میلی متر ثبت شده است. ۲۸ میلی متر از مقدار بارش گزارش شده تنها در ۶ ساعت اول این روز ثبت شده است. همچنین باد با جهت شمالی و مقدار ۱۰ متر بر ثانیه بیشینه باد ثبت شده است.

سامانه بارش زای مورخ ۲۰۱۷/۴/۲ (۱۳۹۶/۱/۱۳)

در این سامانه بارش زا، در بین ایستگاه های دیدبانی موجود در شش ایستگاه از ۱۸ ایستگاه موجود، بارش در این روز بیش از ۱۰ میلی متر گزارش شده است که بیشینه آن مربوط به ایستگاه چالدران و به میزان ۲۹ میلی متر می باشد که ۱۸ میلی متر آن تنها در ۶ ساعت اول این روز رخ داده است. بیشینه باد ثبت شده در این ایستگاه ۷ متر بر ثانیه بوده است که این بیشینه باد با جهت شمالی رخ داده است.

سامانه بارش زای روز ۲۰۱۵/۶/۱۷ بارش تنها به منطقه کوچکی از شمال غرب استان آذربایجان غربی محدود شده است. نتایج درستی سنجی حالت یکنواخت تری نسبت به ۹ سامانه بررسی شده دیگر دارد. به طوری کلی با توجه به نتایج درستی سنجی در کل سامانه های مورد بررسی کمیت نسبت صحیح بین ۰/۵۱ تا ۱، کمیات امتیاز تهدید و آهنگ برخورد بین ۰ تا ۱ و کمیت آهنگ هشدارهای نادرست بین ۰ تا ۰/۵۸ به دست آمده است. بر اساس نتایج کمی درستی سنجی (جدول ۷) و نیز بر اساس مقایسه مشاهداتی به طور کلی پیکربندی دوم بهترین نتایج شبیه سازی را دارد. بنابراین با توجه به اهمیت طرحواره همرفتی در پیش بینی بارش، نتایج درستی سنجی شبیه سازی در منطقه چالدران طرحواره Grell-Freitas را مناسب تر نشان می دهد. همچنین طرحواره لایه مرزی MRF و طرحواره خردفیزیک Goddard در پیش بینی مقدار و توزیع بارش موفق تر عمل کرده اند.

ب: سامانه هشدار بارش شدید حوضه آبریز چالدران

این سامانه بر اساس آخرین داده هایی که توسط مدل WRF تولید می شود وضعیت پهنه بندی بارش بر اساس پارامترهای میزان بارش، شدت بارش و دما برای خروجی های مختلف که مشخص کننده حالت بحران و یا حالت های خطرناک باشد را ارائه می کند و در اجرای هر ساعت گزارش وضعیت کل منطقه مشخص شده را به صورت درصد و گزارش احتمال خطر نشان می دهد. این سامانه مبتنی بر تکنولوژی دات نت طراحی شده است و این امکان را می دهد که به صورت برنامه تحت وب در سرور اینترنت قرار گیرد و تمامی کاربرانی که نیاز به دسترسی به این سامانه داشته باشند، بدون هیچ محدودیتی می توانند از سرویس های این سامانه بهره مند شوند. با توجه به حجم بالای داده های نیاز به پردازش در طراحی این سامانه، باعث کندی بسیار بالای این سامانه می شود، برای رفع این مشکل از تکنولوژی چند نخه در پردازش سمت سرور و تکنولوژی با سرعت بالا در پردازش رشته استفاده شده است که باعث شده سرعت پردازش این سامانه تا بالاترین حد ممکن افزایش پیدا کند و هیچ محدودیتی از بابت اجرا و زمان پردازش وجود نداشته باشد.

بخش های تشکیل دهنده سامانه هشدار بارش شدید

• خروجی مدل

این بخش به ارایه وضعیت کامل منطقه به صورت یک طرح گرافیکی می پردازد و وضعیت های مختلف هر بخش با رنگ های مشخص از هم تفکیک شده است که کاربر به آسانی می تواند وضعیت کل منطقه را بررسی نماید. برای تفکیک وضعیت بارش ها در این سامانه مقادیر به شش گروه تقسیم بندی می شوند و طرح گرافیکی بر اساس مقداری که در یکی از دسته بندی ها قرار می گیرد تعیین می شود. در این بخش کاربر با قرار دادن نشان گر روی هر بخش از طرح تولید شده (فلش های قرمز رنگ در شکل ۱۱) می تواند موقعیت مکانی، میزان بارش، رطوبت و دمای آن نقطه را مشاهده کند.

• بخش تعیین آستانه ها و تحلیل خروجی مدل

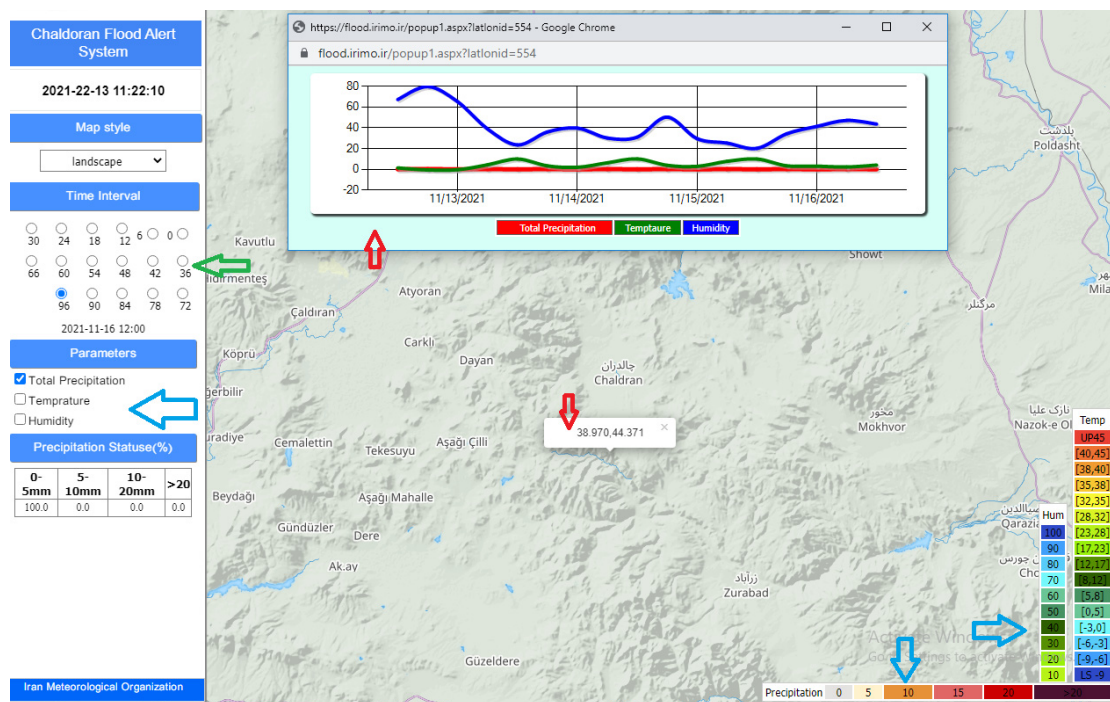
در این بخش کاربر با تعیین پارامترهای مورد نظر خود می تواند بر اساس نیاز خود خروجی های مورد نظر را تولید نماید که شامل سه پارامتر بارش، رطوبت و دما است (فلش های آبی رنگ در شکل ۱۱). این بخش با توجه به خروجی بارش مدل، گزارشی از وضعیت منطقه را ارائه می کند که کاربر با مطالعه این بخش می تواند تحلیل کاملی از وضعیت منطقه را به دست آورد. دسته بندی انجام شده برای تحلیل به شش وضعیت خاکستری (حالتی که هشدار بحرانی در آن وجود ندارد) تا قهوه ای (حالت بحرانی) تقسیم بندی شده است که بعد از اجرای هر بازه زمانی خروجی های مربوطه را به صورت تحلیل در اختیار کاربر قرار می دهد.

بخش تعیین بازه های زمانی

این بخش با توجه به بازه های زمانی مورد نیاز کاربر، برای تعیین زمان نمایش داده ها قرار داده شده است و کاربر می تواند تا ۹۶ ساعت آینده با بازه های زمانی ۶ ساعته به تحلیل داده ها بپردازد. اولین زمان انتخاب شده زمان فعلی می باشد که با مقدار • (فلش سبز رنگ در شکل ۱۱) مشخص شده است.

تکنولوژی طراحی مبتنی بر دات نت

این سامانه که به صورت یک سایت اینترنتی طراحی شده



شکل ۱۱. خروجی سامانه هشدار بارش شدید حوضه آبریز چالدران

به وسیله زبان Vb.Net یا C# نوشته شده تشکیل یافته است. وقتی که یک وب سایت را با زبان Vb.Net یا C# می سازید، در واقع برنامه Asp.Net ای مبتنی بر آن زبان ایجاد می کنید. این مساله تفاوت اصلی میان Asp.Net صفحات Asp قدیمی (کلاسیک) است، زیرا در Asp.Net شما از یک زبان برنامه نویسی واقعی، مانند Vb.Net یا C# با تمام امکانات آن استفاده می شود در حالی که در صفحات Asp تنها می توان از یک زبان خیلی خلاصه شده مانند VB Script استفاده نمود.

جمع بندی

به منظور راه اندازی سامانه هشدار بارش شدید در منطقه سیل خیز چالدران ابتدا لازم است چندین سامانه بارشی منجر به سیل در منطقه شناسایی و بررسی شود. بر اساس رسم منحنی های هم توفان و تعیین حجم بارش و منحنی عمق-سطح- تداوم بارندگی، ۱۰ سامانه بارشی با طول عمر ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت (جدول ۱) در استان آذربایجان غربی انتخاب شده است. پس از انتخاب ۱۰ سامانه سیل آسا، انتخاب

است، قابلیت دسترسی از تمام نقاط کشور را دارد. برای طراحی این سامانه از تکنولوژی Net. استفاده شده است و برای پیاده سازی این سامانه از برنامه نویسی c#، javascript، css، html، xml استفاده شده است. یکی از نکات کلیدی در طراحی این سامانه سرعت فراخوانی سایت آن می باشد. توجه به حجم بالای داده ها، زمان فراخوانی باید با راه کارهای مناسب به کمترین زمان ممکن کاهش یابد. بدین منظور از برنامه نویسی چند لایه استفاده شده است که سرعت فراخوان سایت را افزایش می دهد. برای ذخیره سازی داده های مورد استفاده در این سامانه از پایگاه داده postgresql استفاده شده و تمام داده های این سامانه در جداول مختلف و لایه های ارتباطی مناسب به هم ارتباط داده شده است. در کل به صورت کامل سعی شده است که از تکنولوژی های برتر در طراحی این سامانه استفاده شود تا در بهترین حالت پاسخ گوی نیاز کاربران باشد.

C# نیز یکی از زبان های برنامه نویسی است که بر پایه ساختار زبان C و برای برنامه نویسی در محیط Net. طراحی شده است. یک وب سایت Asp.Net، معمولاً از کدی که

بهترین پیکربندی مدل جهت پیش بینی بارش سنگین در اولویت است. پیش بینی هرچه بهتر و دقیق تر بارش در خروجی مدل های عددی و در دسترس بودن هشدارهای لازم و به موقع، برای کاربران مختلف از اهمیت بسیاری برخوردار است. ترکیب طرحواره های همرفت، خردفیزیک و لایه مرزی در این پیش بینی با کیفیت و به هنگام بسیار با اهمیت است (آرگوس و همکاران، ۲۰۱۱؛ چاولا و همکاران، ۲۰۱۸). بدین منظور در این پژوهش، شبیه سازی بارش های سنگین رخ داده در منطقه چالدران بر پایه رسم منحنی های هم توفان، با کاربست داده های GFS در مدل پیش بینی عددی میان مقیاس WRF با استفاده از ۱۲ پیکربندی متفاوت مدل (جدول ۵) شامل سه طرحواره همرفت کومه ای، دو طرحواره لایه مرزی و دو طرحواره خردفیزیک در دو دامنه تو در تو با تفکیک افقی ۴۵ و ۱۵ کیلومتر انجام شد. در ادامه کمیت های درستی سنجی محاسبه (جدول ۷) و مقایسه شدند. نتایج نشان داد که در سامانه های شبیه سازی شده کمیت نسبت صحیح بین ۰/۵۱ تا ۱، کمیات امتیاز تهدید و آهنگ برخورد بین ۰ تا ۱ و کمیت آهنگ هشدارهای نادرست بین ۰ تا ۰/۵۸ می باشند. همچنین با توجه به نتایج جدول ۷، بر اساس کمیت های درستی سنجی نسبت صحیح، امتیاز تهدید، آهنگ برخورد و آهنگ هشدارهای نادرست و نیز بر اساس مقایسه مشاهداتی به طور کلی پیکربندی دوم بهترین نتایج شبیه سازی را دارد. بنابراین با توجه به اهمیت طرحواره همرفتی در پیش بینی بارش، نتایج درستی سنجی شبیه سازی در منطقه چالدران طرحواره Grell-Freitas را مناسب تر نشان داد. همچنین طرحواره لایه مرزی MRF و طرحواره خردفیزیک Goddard در پیش بینی مقدار و توزیع بارش موفق تر عمل کرده اند. در نهایت با استفاده از بهترین خروجی مدل WRF، با تکنولوژی مبتنی بر دات نت، طراحی سامانه هشدار بارش شدید با قابلیت دسترسی آسان و با توجه به آستانه های مورد نیاز کاربر بر اساس مقدار بارش، شدت بارش و دما صورت گرفت.

مراجع

۱. آزادی، م.، رضازاده، پ.، میرزایی، ا. و وکیلی، غ.، ۱۳۸۲.
۲. امینی ل.، پرهیزکار، د. و خاکیان، غ. ر.، ۱۳۹۳، نقش مدل عددی WRF در عددی نمودن پیش بینی بارش های سنگین در استان اصفهان با درجه تفکیک ۲۷ و ۹ و ۳ کیلومتر، دومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب های شهری.
۳. حسینی صدر، ع.؛ محمدی، غ.ج.، عبدالعلی زاده، ف.، خجسته غلامی، و.، ۱۳۹۸، تحلیل سازوکار همیدی بارش سنگین خسارت بار در شمال غرب ایران (مطالعه موردی: ۱۴ آوریل ۲۰۱۷)، نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۲۳، شماره ۷۰۰، صص ۷۹-۱۰۰.
۴. خورشیددوست، ع. م.، مفیدی، ع.، رسولی، ع. ا. و آزر، ک.، ۱۳۹۶، ارزیابی میزان حساسیت مدل RegCM4 به طرحواره های پارامترسازی همرفت در مدل سازی بارش های بهاره شمال غرب ایران: (مطالعه موردی سال ۲۰۰۴) فیزیک زمین و فضا، (۳) ۴۳، ۶۷۱-۶۵۱.
۵. سمندری، ر.، ۱۳۹۷، تحلیل آماری و پیش بینی احتمال وقوع بارش های سنگین شمال غرب ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی گروه جغرافیا.
۶. علیجانی، ب.، ۱۳۸۱، شناسایی تیپ های هوایی باران آور تهران بر اساس چرخندگی. فصل نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره های ۶۳ و ۶۴، صص ۱۳۲-۱۱۴.
۷. کریم خانی، م.، جمشیدی خزلی، ت.، آزادی، م. و فتاحی، ا.، ۱۳۹۶، تاثیر تفکیک افقی بر دقت پیش بینی بارش با استفاده از مدل WRF منطقه مورد مطالعه: حوضه های آبریز کرخه و کارون، فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، سال نهم، شماره ۳۴، ۷۴-۵۵.
۸. گودرزی، ل.، بنی حبیب، م. ا. و غفاریان، ب.، ۱۳۹۷، ارزیابی عملکرد مدل WRF در شبیه سازی بارش های سنگین (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کن)، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، (۱) ۲۵.
۹. لشکری، ح.، ۱۳۷۵، بررسی سینوپتیکی بارش های شدید جنوب غرب ایران. رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۰. لشکری، ح.، ۱۳۷۹، مکانیسم تکوین منطقه همگرایی دریای سرخ. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۸، صص ۱۸۴-۱۶۷.
۱۱. لشکری، ح.، م. قائمی، ز. حجتی و م. امینی، ۱۳۹۱، تحلیل سینوپتیکی بارش های شدید در استان اصفهان. پژوهش های جغرافیایی طبیعی، سال ۴۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، صص ۹۹-۱۱۶.
۱۲. محمدی، ب. و ا. مسعودیان، ۱۳۸۷، تحلیل همیدی بارش های سنگین ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، صص ۷۰-۴۷.
۱۳. Argüeso, D., J. M. Hidalgo-Muñoz, S. R. Gámiz-Fortis, M. J. Esteban-Parra & J. Dudhia, Y. Castro-Diez, 2011, Evaluation of WRF parameterizations for climate studies over Southern Spain using a multistep regionalization. J. Clim., 24:5633-5651. doi:10.1175/JCLI-D-11-00073.1.
14. Chawla, I., K. K. Osuri, P. P. Mujumdar & D. Niyogi, 2018, Assessment of the Weather Research and Forecasting (WRF) model for simulation of extreme rainfall events in the upper Ganga Basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(2), 1095-1117.

- Roy Bhowmik, 2014, Verification of WRF rainfall forecasts over India during monsoon 2010: CRA method. *Geofizika*, 31(2), 106–126.
24. Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J. Iacono & S. A. Clough, 1997, Radiative transfer for inhomogeneous atmospheres: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. *J. Geophys. Res.*, **102**, 16663–16682. doi:10.1029/97JD00237
25. Murphy, A. H., 1993, What Is a Good Forecast? An Essay on the Nature of Goodness in Weather Forecasting. *Wea. Forecasting*, 8, 281–293.
26. Sikder, S., & F. Hossain, 2016, Assessment of the weather research and forecasting model generalized parameterization schemes for advancement of precipitation forecasting in monsoon-driven river basins. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 8(3), 1210–1228.
27. Srinivas, C. V, D. Hariprasad, D. V. Bhaskar Rao, Y. Anjaneyulu, R. Baskaran & B. Venkatraman, 2013, Simulation of the Indian summer monsoon regional climate using advanced research WRF model. *International Journal of Climatology*, 33(5), 1195–1210.
28. Tao, W., J. Simpson & M. McCumber, 1989, An Ice-Water Saturation Adjustment. *Monthly Weather Review*, 117(1), 231–235.
29. Tewari, M., F. Chen, W. Wang, J. Dudhia, M. A. LeMone, K. Mitchell, M. Ek, G. Gayno, J. Wegiel & R. H. Cuenca, 2004, Implementation and verification of the unified NOAA land surface model in the WRF model. 20th conference on weather analysis and forecasting/16th conference on numerical weather prediction, pp. 11–15.
30. Tiedtke, M., 1989, A Comprehensive Mass Flux Scheme for Cumulus Parameterization in Large-Scale Models. *Monthly Weather Review*, 117(8), 1779–1800.
15. Chen, S. H. & W. Y. Sun, 2002, A one-dimensional time dependent cloud model. *J. Meteor. Soc. Japan.*, 80(1), 99–118. doi:10.2151/jmsj.80.99.
16. Chou M.-D., and M. J. Suarez, (1994), An efficient thermal infrared radiation parameterization for use in general circulation models. NASA Tech. Memo. 104606, 3, 85pp.
17. Grell, G. A., & S. R. Freitas, 2014, A scale and aerosol aware stochastic convective parameterization for weather and air quality modeling. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14(10), 5233–5250. doi:10.5194/acp-14-5233-2014.
18. Hamill, T. M., J. S. Whitaker & S. L. Mullen, 2006, Reforecasts: An important dataset for improving weather predictions. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **87**, 33–46.
19. Hong, S., Y. Noh & J. Dudhia, 2006, A New Vertical Diffusion Package with an Explicit Treatment of Entrainment Processes. *Monthly Weather Review*, 134(9), 2318–2341. doi:10.1175/mwr3199.1
20. Hong, S. Y. & H. L. Pan, 1996, Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, 124, 2322–2339. doi:10.1175/1520-0493(1996)124<2322:NBLVDI>2.0.CO;2
21. Janjic, Z. I., 1994, The Step-Mountain Eta Coordinate Model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 927–945. doi:10.1175/1520-0493(1994)122<0927:TSMECM>2.0.CO;2
22. Jankov, I., W. A., Jr. Gallus, M. Segal, B. Shaw & S. E. Koch, 2005, The impact of different WRF model physical parameterizations and their interactions on warm season MCS rainfall. *Amer. Meteor. Soc.*, 20, 1048–1060
23. Kumar Das, A., M. Bhowmick, P. K. Kundu & S. K.

Heavy precipitation forecasting and warning system in the Chaldoran basin

Sakineh Khansalari^{1*}, Ebrahim Fatahi², Ebrahim Asadi Oskoue³, Mehdi Rahnama¹

¹ Assistant professor, Atmospheric science and Meteorological Research Center, Tehran, Iran

² Associate professor, Atmospheric science and Meteorological Research Center, Tehran, Iran

³ Assistant professor, Hydro and Argo Meteorology Research Center, Ilam, Iran

*Corresponding Author Email: Khansalari@yahoo.com

Received: 18 October 2020 , accepted: 18 January 2021

ABSTRACT

One of the flooding areas in Iran is the Chaldoran area in the northwest of West Azarbaijan province. Accordingly, the goal of this project is to implement a heavy precipitation forecasting and alert system in the Chaldoran Basin using a numerical model of weather forecasting with various configurations. Therefore, in this study, 10 precipitation systems with a lifetime of 24, 48, 72 and 96 hours in West Azerbaijan province have been selected based on drawing of iso-storm curves and determining rainfall volume and Depth-Area-Duration curves of rainfall. Precipitation in the Chaldoran area has been predicted using 12 different configurations including three convection schemes, two boundary layer schemes, and two microphysical schemes to obtain a suitable configuration, and outputs of the WRF model were verification. The results of the verification in the Chaldoran region show the Grell-Freitas convective scheme more appropriately. Also, the MRF boundary layer scheme and the Goddard microphysical scheme have been more successful in predicting the amount and distribution of precipitation. Then, by selecting the best output of the WRF model, with .NET-based technology, the design of a heavy precipitation warning system with easy access and according to the thresholds required by the user based on the amount of rainfall, rainfall intensity, and the temperature has been done.

Keywords: Heavy precipitation warning system, Chaldoran, GFS, WRF, Depth-Area-Duration curve of rainfall

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Khansalari, S.; Fatahi, E.; Asadi Oskoue, E.; Rahnama, M. (2021). Heavy precipitation forecasting and warning system in the Chaldoran basin. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 4(1): 15-29

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

