



جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی آب منطقه‌ای زنجان

کمیته تحقیقات

(طرح تحقیقات کاربردی)

خلاصه مبسوط گزارش (پایانی)

توسعه نرم‌افزاری بمنظور گسترده‌سازی زمانی بارش‌های روزانه

به بارش‌های ریزمقیاس در سطح استان زنجان

سازمان مجری:

دانشگاه تبریز

پژوهشگران:

دکتر محمدعلی قربانی

دانشجوی دکتری محمدحسن فاضلی فرد

دانشجوی دکتری سیدحسن حسینی

دکتر داوود فرسادی زاده

زمان انتشار:

بهمن ماه ۱۳۹۵

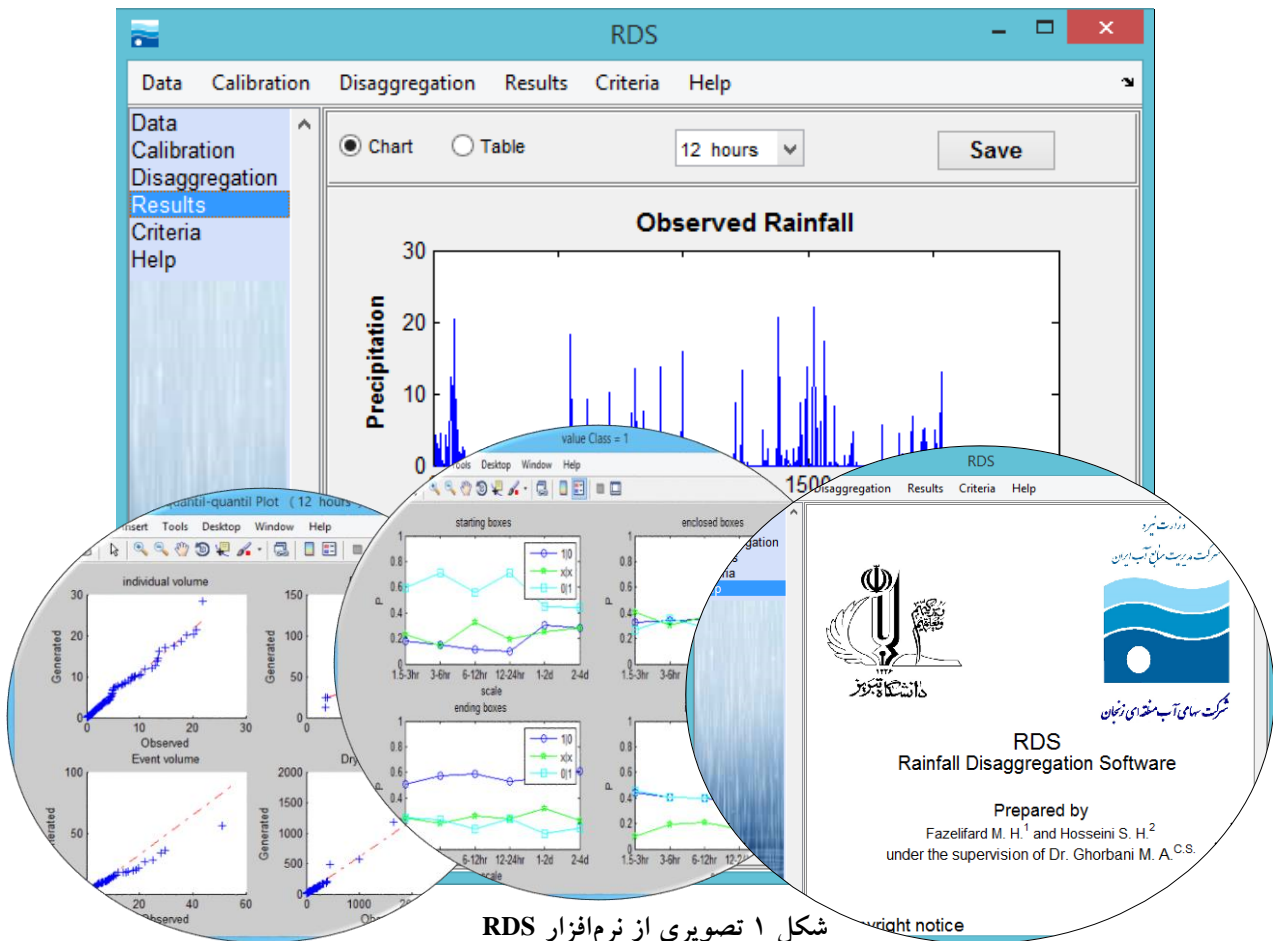
چکیده و مقدمه

ایستگاه‌های باران‌سنجی که قادر به اندازه‌گیری مقادیر بارش با گام‌های زمانی کوچکتر از مقیاس معمول روزانه هستند اغلب به دلایل مختلفی نظیر بالا بودن هزینه اولیه تهیه دستگاه‌ها و پیاده‌سازی تجهیزات فنی در محل و همچنین هزینه پرسنلی، از نظر تعداد و طول دوره آماری محدود می‌باشند. این درحالی است که میزان موفقیت در طراحی سازه‌های هیدرولیکی و برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های منابع آب سطحی با افزایش دسترسی به داده‌های ریزمقیاس بارش، دقیق‌تر و قابل اعتمادتر خواهد بود. در جهت فائق آمدن بر این کمبود، مدل‌هایی موسوم به گسسته‌سازی به دلیل توانایی آن‌ها در تبدیل داده‌های بزرگ‌مقیاس بارش به ریزمقیاس، مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این راستا طرح پژوهشی حاضر به عنوان یک مطالعه موردی بی‌نظیر در سطح کشور با عنوان «توسعه نرم‌افزاری بمنظور گسسته‌سازی زمانی بارش‌های روزانه به بارش‌های ریزمقیاس در سطح استان زنجان» در ابتدا توسط تیمی از محققین گروه مهندسی آب در دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای زنجان پیشنهاد شد و مورد استقبال گرم کارشناسان و مسئولین وقت واحد مطالعات پایه آن شرکت قرار گرفت. روش گسسته‌سازی مورد استفاده در این پروژه «مدل آبشاری میکروکانونیک» می‌باشد. نوآوری اصلی این تحقیق در ارائه یک بسته نرم‌افزاری با نام اختصاری RDS¹ است که امکان مانور در انتخاب برخی جزئیات فنی مدل آبشاری را به منظور تبدیل بارش‌های روزانه ورودی به نرم‌افزار به بارش‌های تولیدی در مقیاس‌های ۱۲، ۶، ۳ و ۱/۵ ساعته دارا می‌باشد. همچنین در صورت دسترسی به داده‌های ریزمقیاس یک باران‌نگار و وارد نمودن آن‌ها به نرم‌افزار، RDS می‌تواند به عنوان ابزاری جهت استخراج خصوصیات مشترک آماری بین مقیاس‌های مختلف و همچنین ارزیابی عملکرد مدل آبشاری برای بارش‌های آن ایستگاه به کار گرفته شود. با تکیه بر قابلیت اخیر، در طرح پژوهشی حاضر، بررسی خصوصیات مقیاس‌گذاری بارش‌های هفت ایستگاه از هفت شهرستان مختلف در سطح استان زنجان بوسیله آزمون‌های طیف توانی و مقیاس‌گذاری گشتاورهای آماری، مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس از چهار مدل آبشاری میکروکانونیک که در آن‌ها حجم کلی بارش بدون تغییر باقی می‌ماند، جهت گسسته‌سازی زمانی بارش‌های بزرگ مقیاس به ریز مقیاس در این ایستگاه‌ها استفاده شد. نتایج مقیاس‌گذاری در مجموع حاکی از وجود سه رژیم عمده برای کلیه ایستگاه‌ها بود. رژیم مقیاس‌گذاری بین ۱/۵-۳ ساعت تا ۴-۲ روز برای اغلب ایستگاه‌ها مشترک بوده و در نتیجه پتانسیل اولیه قابل قبولی

¹ Rainfall Disaggregation Software

برای تولید داده‌های ریزمقیاس از داده‌های ۲۴ ساعته در سطح این استان استنباط گردید. نه آماره شامل درصد پالس‌های صفر و میانگین و انحراف معیار چهار پارامتر دیگر (مقادیر بارش منفرد، طول دوره‌های تر، مقادیر بارش دوره‌های تر و طول دوره‌های خشک) جهت مقایسه نتایج ریزمقیاس مدل با مشاهدات استفاده شد. با تکیه بر نتایج این تحقیق، کاربرد RDS برای گسسته‌سازی بارش‌های روزانه به ۱۲، ۶، ۳ و ۱/۵ ساعته برای ایستگاه‌های مختلف قابل قبول بود. با این حال گسسته‌سازی در مقیاس‌های ۱۲ و ۶ ساعته نتایج بسیار خوب و قابل اعتمادتری را ایجاد کرد.

گزارش پایانی طرح پژوهشی حاضر به همراه سی دی حاوی نرم‌افزار و به پیوست راهنمای استفاده از نرم‌افزار در دو بخش راهنمای سریع و خودآموز مبسوط ارائه شده است. همچنین اخیراً یک مقاله استخراج شده از این طرح در مجله علمی-پژوهشی مدیریت حوزه آبخیز پذیرش شده است. شکل ۱ تصویری از نرم‌افزار RDS را نشان می‌دهد.



شکل ۱ تصویری از نرم‌افزار RDS

مواد و روش‌ها

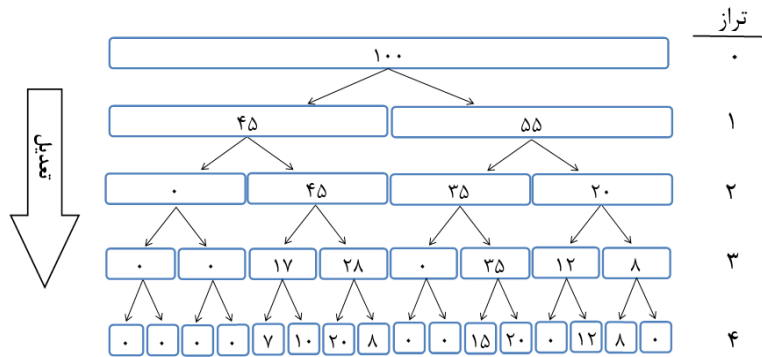
مطالعه موردی - منطقه مورد مطالعه در این تحقیق محدوده استان زنجان بود. به منظور ارزیابی قابلیت مدل آبخاری در گسسته‌سازی بارش‌های روزانه این استان به بارش‌های ریزمقیاس، داده‌های ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش ریزمقیاس جمع‌آوری شدند. نهایتاً ایستگاه‌های خودکار ابهر، اردجین، بوغداکندی، دندی، دستجرده و سینوپتیک زنجان به ترتیب از هفت شهرستان ابهر، خرم‌دره، ایجرود، ماهنشان، طارم و زنجان انتخاب و مورد استفاده قرار گرفتند.

مدل آبخاری - شکل ۲ نشان دهنده یک مدل آبخاری می‌باشد که در واقع یک سری زمانی بارش در مقیاس‌های زمانی متفاوت بوده و تراز n ام آبخار یک مقیاس زمانی مشخص را ارائه می‌دهد. تقسیم یک بازه زمانی T با بارش یکنواخت V به دو بازه زمانی $T/2$ با حجم بارش‌های V_1 و V_2 انشعاب نامیده شده است. **گوپتا و وایمیر (۱)** جهت ارائه بهتر تناوب‌های بارندگی و به حداقل رساندن پارامترهای مدل، عدد انشعاب ۲ را پیشنهاد دادند. مقدار ریزش باران در پالس‌های کوچک‌تر با ضرب اندازه بارش پالس بزرگ‌تر در وزن‌های W_1 ($0 \leq W_1 \leq 1$) و W_2 ($0 \leq W_2 \leq 1$) بدست می‌آید. سه حالت ممکن W_1 و W_2 عبارتند از: (۱) $W_1=1$ و $W_2=0$ که در اینجا با $1|0$ نمایش داده می‌شود. (۲) $W_1=0$ و $W_2=1$ (۳) $0 < W_1 < 1$ و $0 < W_2 < 1$. احتمال وقوع $1|0$ ، $0|1$ و $x|x$ نیز به ترتیب با $P(1|0)$ ، $P(0|1)$ و $P(x|x)$ نمایش داده شده و واضح است که $P(1|0) + P(0|1) + P(x|x) = 1$. در مدل آبخاری فرض بر این است که در حالت $x|x$ ، وزن‌های $W_{x|x}$ از یک توزیع احتمالاتی تبعیت می‌کنند. در بخش کالیبراسیون فرضیه ثابت بودن مقادیر احتمال P و توزیع احتمالاتی $W_{x|x}$ ‌های بین ترازهای مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین مدل مورد استفاده یک مدل آبخاری تصادفی با تولید کننده زیر می‌باشد:

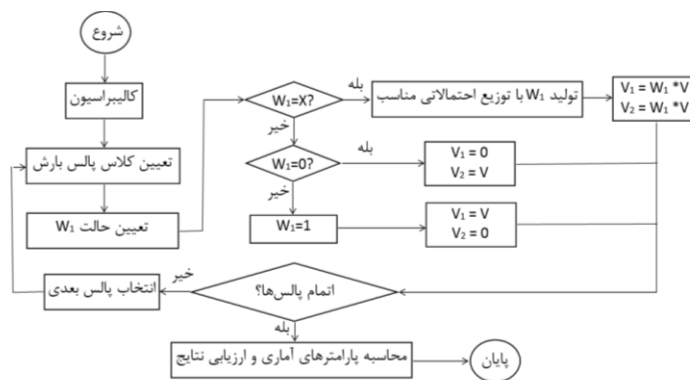
$$\left. \begin{array}{l} P(1|0) \quad \text{با احتمال} \quad 0 \text{ و } 1 \\ P(0|1) \quad \text{با احتمال} \quad 1 \text{ و } 0 \\ P(x|x) \quad \text{با احتمال} \quad 1 - W(x|x) \text{ و } W(x|x) \end{array} \right\} = W_2, W_1$$

x توزیع احتمالاتی و $P(x|x)$

نرم افزار RDS - گسسته‌سازی بارش در RDS بر مبنای خصوصیت مقیاس‌گذاری پدیده بارندگی و با استفاده از مدل آبخاری میکروکانونیک انجام می‌شود. الگوریتم گسسته‌سازی نرم‌افزار RDS بر اساس روش معرفی شده توسط **السون (۲)** نوشته شده است. شکل ۳ مراحل محاسباتی در RDS را نشان می‌دهد.



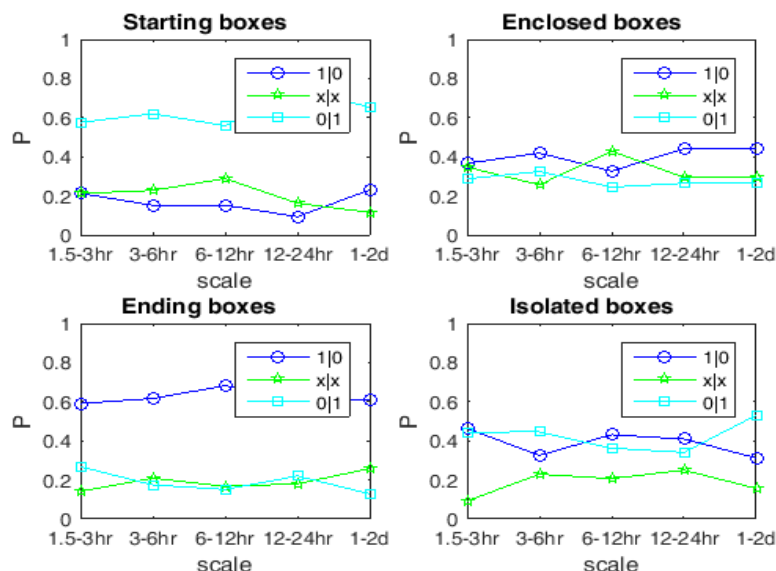
شکل ۲ ساختار کلی یک مدل آبخاری تصادفی



شکل ۳ الگوریتم گسسته‌سازی در نرم افزار RDS

خلاصه نتایج

نتایج این تحقیق شامل دو مرحله کلی شناسایی خصوصیات مقیاس گذاری و ارزیابی عملکرد مدل گسسته‌سازی بود. این دو مرحله برای هر یک از هفت ایستگاه معرفی شده در مقدمه انجام شد. شکل ۴ نمودار احتمالات تجربی $P(0|0)$ ، $P(1|0)$ و $P(x|x)$ را در مقابل تعدیل‌های بین مقیاس‌های زمانی $1/5$ ساعت و 2 روز برای چهار کلاس موقعیت و مقادیر کمتر از میانگین داده‌های بارش ایستگاه سینوپتیک زنجان نشان می‌دهد. این احتمالات از سری زمانی داده‌های مشاهداتی بدست آمده‌اند. همانگونه مشاهده می‌شود محدوده تغییرات مقادیر احتمالات در بازه زمانی $1/5$ ساعت تا دو روز تا حد قابل قبولی ثابت می‌باشند. مشابه این نتایج برای مقادیر بیش‌تر از میانگین نیز وجود داشت.



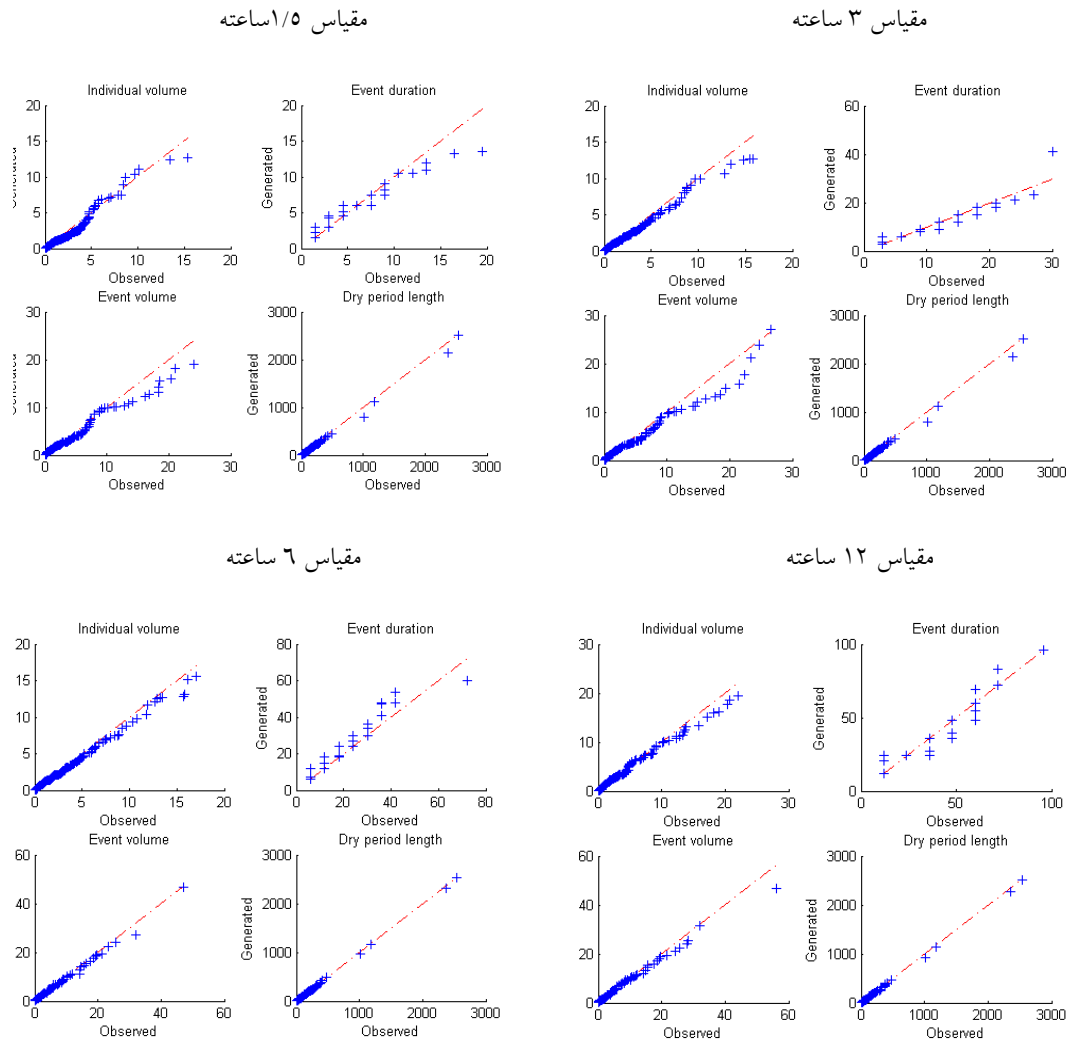
شکل ۴ احتمالات $P(1|0)$ ، $P(0|1)$ و $P(x|x)$ مقادیر کمتر از میانگین بازه‌های ابتدایی (Starting boxes)، بازه‌های میانی (Enclosed boxes)، بازه‌های پایانی (Ending boxes) و بازه‌های منفرد (Isolated boxes) ایستگاه سینوپتیک زنجان.

جدول ۱ آماره‌های عملکرد حاصل از اجرای RDS برای ایستگاه سینوپتیک زنجان

مقیاس زمانی	درصد مقادیر صفر	مقدار منفرد	میانگین مقادیر منفرد (mm)	میانگین حجم رویدادها (mm)	میانگین دوره‌های تر (hr)	میانگین دوره‌های خشک (hr)
۱۲ hr(Obs)	۸۵/۴	۲/۳	۲/۳	۴/۸	۲۵/۳	۱۴۶/۸
۱۲ hr(Out)	۸۴/۹	۲/۲	۲/۲	۴/۶	۲۵/۱	۱۴۰/۱
۶ hr(Obs)	۸۹/۹	۱/۷	۱/۷	۳/۶	۱۲/۹	۱۱۴/۵
۶ hr(Out)	۸۹/۱	۱/۵	۱/۵	۳/۵	۱۳/۶	۱۱۰/۶
۳ hr(Obs)	۹۳/۳	۱/۲	۱/۲	۲/۵	۶/۲	۸۴/۹
۳ hr(Out)	۹۲/۴	۱/۱	۱/۱	۲/۳	۶/۲	۷۴/۹
۱/۵ hr(Obs)	۹۵/۴	۰/۹	۰/۹	۱/۹	۳/۱	۶۳/۶
۱/۵ hr(Out)	۹۴/۶	۰/۸	۰/۸	۱/۷	۳/۲	۵۶/۲

با توجه به تأیید ثابت ماندن برخی احتمالات در میان مقیاس‌های مختلف بارش (افقی بودن تقریبی خطوط احتمال در نمودارهای شکل ۴)، می‌توان بارش‌های روزانه را حداقل تا مقیاس ۱/۵ ساعت گسسته نمود. بدین صورت که از مقادیر احتمال $P(1|0)$ ، $P(0|1)$ و $P(x|x)$ مربوط به تعدیل ۴۸ به ۲۴ ساعت، در گسسته‌سازی استفاده شد. لذا پس از مشخص نمودن کلاس موقعیت و شدت بارش، با داشتن مقادیر احتمال $P(1|0)$ ، $P(0|1)$ و $P(x|x)$ کلاس‌های مختلف، به تولید $W1$ ‌های تصادفی با احتمال $P(1|0)$ ، $P(0|1)$ و $P(x|x)$ و توزیع احتمالاتی یکنواخت برای حالت $X|X$ پرداخته شده و بدین ترتیب در محیط نرم افزار RDS گسسته‌سازی به روش آبخاری میکروکانونیک انجام شد. مقایسه نتایج

مدل با مشاهدات در مقیاس‌های مختلف توسط ۹ آماره معرفی شده در قسمت مقدمه در جدول ۱ آمده است. همچنین نمودارهای چندکی شکل ۵ تقریب بین مشاهدات و مدل را در مقیاس‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۵ نمودار چندکی مقادیر بارش منفرد (**Individual**)، طول دوره‌های تر (**Event duration**)، مقادیر بارش دوره‌های تر (**Event volume**) و طول دوره‌های خشک (**Dry period duration**) در مقیاس‌های مختلف ایستگاه سینوپتیک زنجان

منابع و مأخذ

1. Gupta, V.K. and E. Waymire. 1993. A statistical analysis of mesoscale rainfall as a random cascade. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 32: 251–267.
2. Olsson, J. 1998. Evaluation of a scaling cascade model for temporal disaggregation model. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2 (1): 145–164.