Archive of SID

تحلیل منحنی های عمق، سطح و تداوم بارندگی (D.A.D) با استفاده ازروشهای زمین آماری درمناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی؛ کفه نمک سیرجان)

کریم سلیمانی[۱]، محمود حبیب نژاد[۱]، علی جان آبکار[۲]، محسن بنی اسدی[۲]

۱- اعضای هیات علمی دانشگاه مازندران، دانشکده منابع طبیعی ساری، ۲- اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی ومنابع طبیعی استان کرمان

تاریخ وصول : ۸۳/۸/۲۳

چکیده

آگاهی از میزان متوسط بارندگی، در یک حوضه آبخیز یکی از پارامترهای اساسی در هیدرولوژی و طراحی سازه می باشد تغییرات بارندگی در بعد زمان معمولاً در قالب منحنی های شدت- مدت - فراوانی و الگوی زمانی بارش مورد بررسی قرار می گیرد. در حالیکه آگاهی از تغییرات مکانی بارش معمولاً توسط تحلیل منحنی های عمق- سطح و تداوم (D.A.D) بارندگی امکان پذیر می باشد. یکی از مراحل اصلی در تهیه منحنی های D.A.D رسم نقشه های همباران است. جهت رسم این نقشه ها روشهای متعددی از جمله استفاده از گرایان بارندگی، روشهای ساده آمار کلاسیک و روشهای پیچیده زمین آماری مانند روش کریجینگ مورد استفاده قرار می گیرند. هدف از این تحقیق تحلیل منحنی D.A.D در پایه های زمانی یک تا سه روزه در حوزه آبخیز کفه نمک سیرجان می باشد. بدین منظور بعد از جمع آوری آمار واطلاعات مربوط به ۵۹ ایستگاه باران سنجی در محدوده مطالعاتی، بارندگیهای فراگیر و حداکثر برای تداومهای یک تا سه روزه انتخاب شدند. سپس جهت رسم نقشه های همباران رابطهٔ بین بارندگی با ارتفاع مورد بررسی قرار گرفت که به دلیل عدم معنی دار بودن این رابطه، جهت رسم نقشه ها همباران و تعیین متوسط بارندگی دو روش زمین آماری کریجینگ و عکس فاصله با توانهای (۳-۱) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این تحقیق برای ارزیابی دو روش فوق از معیار میانگین خطای مطلق (MAE) استفاده شد.

نتایج این ارزیابی نشان داد که در منطقه مورد مطالعه روش کریجینگ در تعیین متوسط بارندگی بر روش عکس فاصله ارجحیت دارد. سپس با استفاده از روش کریجینگ نقشه های همباران یک تا سه روزه برای منطقه مورد مطالعه تهیه و منحنی های D.A.D رسم شدند. با استفاده از این منحنی ها تبدیل بارندگی نقطه ای به متوسط بارندگی تا مساحت ۲۰هزار کیلومترمربعی برای منطقه مورد مطالعه امکان پذیر است. همچنین بررسی منحنی های مذکور نشان می دهد که مقدار بارندگی در مرکز نسبت به مقدار آن در یک سطح ۲۰هزار کیلومترمربعی برای تداومهای یک تا سه روزه بترتیب برابر با ۱/۹۸، ۱/۷٤، ۱/٤۸ می باشد.

واژه های کلیدی: منحنی عمق، سطح و تداوم، زمین آمار، کفه نمک سیرجان

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در واقع میزان بارندگی با استفاده از داده های باران سنجی نمی تواند مبناء کار طراحی سازه ها قرار گیرد. این موضوع در مناطق خشک ونیمه خشک که تعداد ایستگاه های بارانسنجی معمولاً محدود هستند و شاهد تغییرات شدید بارندگی هستیم وضعیت حادتری به خود می گیرد. بنابراین آگاهی از تغییرات مکانی بارندگی در طراحی سازه های آبی اجتناب ناپذیر است. تحلیل روابط عمق- سطح- تداوم (D.A.D)[1] بارش یکی از ابزارهای اساسی در بررسی تغییرات مکانی باران و محاسبه تحلیل های مربوط به سیل می باشد. با این منحنیها می توان مقدار بارندگی در یک نقطه مشخص را به (مقدار بارندگی ثبت شده در ایستگاه باران سنجی) متوسط بارندگی در یک سطح معلوم تبدیل نمود و به روند تغییرات مکانی بارندگی در یک تداوم و منطقه مشخص پی برد. یکی از مراحل اصلی تهیه منحنی های (D.A.D) رسم نقشه های همباران می باشد. تاکنون روشهای متعددی برای رسم نقشه های همباران مورد استفاده قرار گرفته که از جمله میتوان به روشهای ساده مانند گرادیان بارندگی و روشهای پیچیده زمین آماری مانند کریجینک اشاره نمود. روش گرادیان بارندگی اگر چه از نظر محاسباتی سریع و ساده می باشد ولی متاسفانه در بسیاری از موارد مانند بارندگیهای کوتاه مدت رابطه بین ارتفاع و بارندگی از درجه همبستگی بالایی برخوردار نبوده و دقت لازم را جهت رسم نقشه های همباران ندارد. اکثر تحقیقات انجام گرفته در ایران در زمینه بررسی های منحنی های (D.A.D) به روش گرادیان بارندگی انجام شده که متاسفانه در مواردی که رابطه بین ارتفاع و بارندگی معنی دار نبوده، با حذف بعضی از داده ها (در بعضی موارد حذف ۵۰٪ داده ها) سعی شده است این رابطه را برقرار نمایند. زمین آمار در واقع به بررسی آن دسته از متغیرها می پردازد که از خود ساختار فضایی بروز می دهند که این کار مبتنی براصول علمی نمی باشد. درچنین مواردی استفاده از روشهای زمین آمار بدلیل ارائه ساختار فضائی و مکانی بین داده ها می تواند مثمرثمر واقع شود. این تخمینگر زمین آماری به افتخار یکی از پیشگامان علم زمین آمار بنام کریج[2] که یک مهندس معدن آفریقای جنوبی بود به نام کریجینگ نام گذاری شد. این روش براساس میانگین متحرک وزن دار بوده و می توان آنرا بهترین تخمین گر خطی نا اریب (BLUE)[3] خواند. امروزه روشهای زمین آماری علیرغم پیچیدگی آنها بدلیل کاربرد نرم افزارهای کامپیوتری قوی نظیر GS و GIS در شاخه های مختلف علوم خصوصاً علوم محیطی و منابع طبیعی کاربرد فراوانی دارند. از عمده ترین مطالعات انجام شده در زمینه منحنی های عمق، سطح و تداوم بارندگی به شرح ذیل می باشند.

اداره هواشناسی امریکا در سال ۱۹۵۸ با استفاده از شبکه باران سنجی خود اقدام به تهیه منحنی های عمق، سطح و تداوم در پایه های زمانی ۵/. تا۲٤ ساعته نمود و نشان داد که با افزایش مساحت مقدار بارندگی کاهش می یابد. لکرک و اسچاک در سال ۱۹۷۲ براساس آمار اداره هواشناسی امریکا رابطه ای را برای تبدیل بارندگی نقطه ای به متوسط بارندگی در یک سطح مشخص ارائه دادند (۱۳). عقیقی در سال ۱۳۷٤ تحلیل منحنی های عمق، سطح و تداوم را در منطقه جاجرود-تهران-کرج مورد بررسی قرار داد و نتیجه گیری کرد که بیشتر حجم توده های هوا در همان سه روز اول ریزش میکنند (٦). احمدی در سال۱۳۸۱ به بررسی منحنی های مذکور در استان کرمانشاه پرداخت (۱). در زمینه زمین آمار هم مطالعات متعددی در نقاط مختلف جهان انجام شده است که عمده ترین آنها علیرغم جوانی علم به شرح ذیل می باشند:

والونبرگ و همکاران در سال ۱۹۸۲ برای تعیین ظرفیت رطوبت خاک در هلند روشهای میانگین وزنی و کریجینگ را مقایسه و نتیجه گیری کردند که روش کریجینگ برتری دارد (۱۷). پولمن ۱۹۹۳ نشان دادکه استفاده از روش کریجینگ و

3- Depth-Area-Duration

4- Krig

5- Best Linear Unbased Estimation

www.SID.ir

Archive of SID

آنالیز تغییر نما برای میان یابی داده ها و طراحی شبکه ها درمطالعات محیطی مفید است (١٤). مهدیان و همکاران درسال ۱۳۸۱ نشان دادند که روش اسپلاین وروش کریجینگ برای برآورد بارندگی و درجه حرارت در سه اقلیم خشک، نیمه خشک و مرطوب نسبت به سایر روشها ارجحیت دارند (۱۰).

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق حوزهٔ آبخیزکفه نمک سیرجان که یکی از زیر حوزه های حوزهٔ آبخیز باتلاق گاوخونی می باشد مورد بررسی قرار گرفت. منطقه مورد مطالعه با مختصات جغرافیائی ۳۱، ٢٦ ،٥٦ تا٣٠،٥٤ طول شرقی و ۲۷ ، ۳۰،۳۵ تا ٥١،٤٦،٢٨ عرض شمالی، بخشهای اعظمی از شهرستانهای سیرجان، شهربابک و بخش کوچکی از شهرستان بافت و در غرب استان کرمان را در بر می گیرد. مساحت این حوضه ٢٤٨٠ کیلومتر مربع و بلندترین نقطه ارتفاعی۳۸۰۰ متر و کمترین نقطه ارتفاعی آن ۱۵۰۰ متر را از سطح دریا داراست. با توجه به اختلاف ارتفاع زیاد بین بالاترین و پائین ترین نقطه ارتفاعی که بالغ بر ۲۳۰۰ متر می باشد منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیمی از تنوع نسبتاً زیادی برخوردار است. متوسط بارندگی سالانه آن حدود ۱۸۰میلیمتر است که از ۱۲۰میلیمتر تا بیش از ۳۵۰ میلیمتر متغیر میباشد. بیش از ٦٥٪ از نزولات جوی در فصل زمستان اتفاق می افتد. تبخیر سالانه منطقه بالغ بر ۲۱۸۵ میلیمتر بوده و متوسط درجه حرارت سالانه ١٦/١ درجه سانتیگراد است (۸).

- جمع آوری آمار و اطلاعات

منابع آماری مربوط به این تحقیق متعلق به دو سازمان مسئول جمع آوری اطلاعات یعنی سازمانهای تحقیقات منابع آب (تماب) و هواشناسی کشور می باشد. بدین منظور بعد از تعیین محدوده مطالعاتی روی نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ اقدام به جمع آوری بارندگی روزانه ایستگاههای واقع در محدوده مطالعاتی و ایستگاههای مجاور، از ابتداء تاسیس تا سال ۱۳۷۸ گردید. تعداد ایستگاه مورد استفاده در این مطالعه ۵۹ ایستگاه بود که تعداد ۳۳ ایستگاه متعلق به سازمان هواشناسی و ٢٦ ایستگاه متعلق به وزارت نیرو (سازمان تحقیقات منابع آب کشور) می باشد.

لازم بذکر است در بعضی موارد در یک محل مشخص یک ایستگاه مربوط به وزارت نیرو و یک ایستگاه متعلق به سازمان هواشناسی بوده که در چنین مواردی از بارندگی یک ایستگاه استفاده شد و چنانچه بارندگی ثبت شده برای یک تاریخ مشخص توسط وزارت نیرو و سازمان هواشناسی متفاوت بود از میانگین آنها استفاده می شد.

- تجزیه و تحلیل آمار بارندگی

بعد از جمع آوری آمار و اطلاعات بارندگی های روزانه ایستگاههای محدوده مطالعاتی، بدلیل حجم زیاد آمار و اطلاعات، انتخاب بارندگیهای فراگیر و حداکثر روزانه با روشهای دستی از آمار خام با مشکل اساسی روبرو بود. به همین دلیل آمار بارندگی روزانه ایستگاهها وارد نرم افزار اکسل گردید و بانک اطلاعاتی مربوط به ایستگاههای منطقه در این نرم افزار تهیه شد. لازم به ذکر است که این بانک اطلاعاتی می تواند براحتی در دسترس استفاده کنندگان قرار گیرد. سپس در این مرحله با استفاده از دستورات نرم افزار اکسل اقدام به انتخاب بارندگیهای فراگیر و حداکثر برای پایه های زمانی یک تا سه روزه (برای هر پایه زمانی چهار رگبار و مجموعا دوازده رگبار) شد.

- تبدیل مختصات جغرافیائی ایستگاههای باران سنجی به سیستم متریک (UTM)

با توجه به اینکه جهت رسم نقشه های همباران از نرم افزارهای GS^{+} و GIS استفاده می گردد و این نرم افزارها با سیتسم متریک کار می کنند، لذا لازم بود، ابتدا مختصات ایستگاههای هواشناسی به سیستم متریک (UTM) تبدیل شوند. بدین منظور با استفاده از نرم افزار Ilwis مختصات

www.SID.ir

Archive of SID

جغرافیائی ایستگاههای مورد استفاده به سیستم متریک تبدیل شد.

- رسم خطوط همباران با استفاده از رابطه ارتفاع و بارندگی

این راه در عین سادگی ممکن است در بعضی موارد عملی نباشد زیرا که در بسیاری از موارد خصوصاً در مورد بارندگی کوتاه مدت مانند منطقه مورد مطالعه ممکن است رابطه بین ارتفاع و بارندگی چندان معنی دار نباشد. در چنین مواردی رسم خطوط همباران از این روش توصیه نمی شود. در تحقیق مذکور باتوجه به اینکه رابطه ارتفاع و بارندگی معنی دار نبود از روشهای زمین آماری استفاده شد.

- روشهای زمین آماری به کار رفته در این تحقیق

در این تحقیق برای رسم خطوط همباران ابتدا دو روش کریجینگ و عکس فاصله با توانهای (۳-۱) برای عملیات میان یابی مورد ارزیابی قرار گرفت، سپس با استفاده از مناسبترین روش اقدام به رسم خطوط همباران گردید. بدین منظور ابتدا برای هر یک از واقعه بارندگی جدولی متشکل از مختصات هر یک ایستگاههای بصورت (UTM) و مقدار بارندگی ایستگاه در آن تاریخ تشکیل گردید. سپس با استفاده از این جدول در نرم افزار GS^{+}[٤] مدل واریوگرام مناسب به ساختار فضائی هر یک از واقعهٔ بارندگی (در این مرحله با استفاده از ریشه دوم ولگاریتم دادها نسبت به داده هائی که توزیع نرمال نداشتند اقدام شد) برازش شد. در مرحله بعد با استفاده از مدل واریوگرام و پارامترهای آن (اثر قطعه ای- آستانه- شعاع تاثیر- تعداد نقاط مورد استفاده) نسبت به عملیات اینترپلاسیون با استفاده از روشهای کریجینگ و عکس فاصله با توانهای (۳-۱) اقدام گردید.

- برازش مدل واریوگرام

برای تشریح ساختار مکانی یک متغیر ناحیه ای از نیم تغییرنما استفاده می شود و یکی از اساسی ترین ابزارها در زمین آمار می باشد و نشانگر همبستگی مکانی بین داده های اندازه گیری شده بر حسب فاصله دو نقطه است و چون از محاسبه داده های اندازه گیری شده بدست می آید معمولاً به آن نیم تغییرنمای تجربی می گویند. برای یک متغیر ناحیه ای با ساختار فضایی معین توزیع طوری است که تشابه برای نقاط نزدیک بهم نسبت به نقاط دور از هم بیشتر است. لذا با افزایش فاصله زمانی یا مکانی بین نمونه ها به حدی می رسیم که از آن به بعد متغیر ناحیه ای در نقاط اطراف یکدیگر برهم تأثیر چندانی ندارد و با افزایش فاصله مقدار واریوگرام تغییر معنی داری پیدا نمی کند که به این فاصله دامنه تأثیر می گویند. در ساختار فضایی داده ها با افزایش فاصله مقدار واریوگرام افزایش یافته و بعد از فراز و نشیبهایی ممکن است به یک حد ثابت میل کند که به آن سقف واریوگرام گفته می شود.

در این مرحله با استفاده از نرم افزار GS^{+} اقدام به برازش بهترین مدل ساختار فضایی داده ها شد و به منظور تعیین بهترین مدل واریوگرام به ساختار فضائی داده ها از رفتار واریوگرام در نزدیکی مبداء مختصات مجموع مربعات باقی مانده نسبت ساختاری به ساختار مدل استفاده گردید (۳،٤،۹،۱۲،۱۵).

- روش ارزیابی مدل

برای بررسی خطای هر روش میان یابی و انتخاب بهترین روش در تعیین مقدار بارندگی در این تحقیق از روش C.V (Cross-Validation) استفاده شد. در این روش برای هر یک از نقاط اندازه گیری شده که معمولاً تنها ابزار مقایسه می باشند می توان تخمین انجام داد. سپس می توان به مقایسه مقدار مشاهده ای و تخمین پرداخت بدین ترتیب که در روش C.V یک نقطه حذف و با استفاده از سایر نقاط و اعمال روش میان یابی مورد نظر، برای این نقطه تخمین صورت می گیرد. سپس این نقطه به محل خود برگردانده می شود و نقطهٔ بعدی

٤- Geostatisitic

www.SID.ir

Archive of SID

حذف می گردد. به همین ترتیب برای تمام نقاط برآورد صورت می گیرد. بطوریکه در پایان دو ستون وجود دارد. یکی ستون مقادیر مشاهده ای و دیگری ستون مقادیر برآورد شده، که میتوان به مقایسه این دو پرداخت و با استفاده از معیارهای مختلف نسبت به انتخاب بهترین روش اقدام نمود.

- معیار ارزیابی

برای ارزیابی میزان خطا و انتخاب بهترین روش معیارهای مختلفی نظیر محاسبه مجموع مربعات باقی مانده (R.S.S) میانگین مربعات باقی مانده (R.M.S) و همچنین استفاده از روشهای مقایسه آماری نظیر آنالیز واریانس و غیره وجود دارد. در این تحقیق از معیار میانگین مطلق خطا[۵] (MAE) استفاده شده است روش محاسبه این معیار به شرح زیر است:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \left| z^*(xi) - z(xi) \right|$$

که در آن؛ z*(xi): مقدار برآورد شده متغیر xi،

z(xi): مقدار مشاهده شده متغیر xi ،

n: تعداد متغییر مشاهده شده

MAE : میانگین مطلق خطا(خطا)

مناسب ترین روش دارای کمترین مقدار MAE می باشد. وقتی مقدار MAE برابر با صفر باشد موید آن است که این مدل متغییر مورد نظر را آن طور که هست برآورد می کند.

- رسم خطوط همباران

بعد از تعیین مناسب ترین روش با استفاده از نرم افزار GS^+، نظر به اینکه این نرم افزار توانائی عملیات محاسباتی نظیر مساحت و قدرت همپوشانی نقشه ها را ندارد، لازم بود نقشه های همباران در نرم افزاری ترسیم شوند که امکان محاسبه مساحت و همپوشانی نقشه ها وجود داشته باشد. بدین منظور با استفاده از مدل مناسب ساختار فضائی و پارامترهای موثر در مدل که در نرم افزار GS^+ تعیین شده بود. نسبت به رسم نقشه های همباران در نرم افزار GIS (در محیط Ilwis) برای هر یک از بارندگیها اقدام شد.

- رسم منحنی های اولیه عمق- سطح – تداوم (D.A.D)

بعد از رسم خطوط همباران به منظور رسم منحنی های D.A.D اولیه (بدین جهت اولیه گفته می شود که این منحنیها در مراحل بعدی باید با هم ادغام شوند) مراحل ذیل انجام شد:

- تعیین سطح محصور بین خطوط همباران

در این مرحله با استفاده از نرم افزار GIS مساحت بین هر دو خط همباران مشخص گردید (لازم به ذکر است که خطوط همباران از زیاد به کم مرتب شدند).

- تعیین مساحت تجمعی:

در این مرحله مساحت تجمعی بین خطوط همباران مورد محاسبه قرار گرفت.

- تعیین حجم بارش:

برای محاسبه حجم بارش بین دو خط همباران می توان متوسط بارندگی بین دو خط همباران را در مساحت بین دو خط همباران متوالی ضرب نمود و بدینوسیله حجم بارش بین دو خط همباران تعیین می گردد.

- حجم تجمعی بارش و تعیین متوسط بارندگی براساس مساحت:

بعد از تعیین حجم بارش بین دو خط همباران حجم تجمعی بدست آمد و از تقسیم حجم تجمعی، بارش به مساحت تجمعی متوسط بارندگی مربوط به هر مساحت بدست می آید.

- رسم منحنی های D.A.D اولیه:

حال چنانچه حداکثر بارندگی بدست آمده را نسبت به مساحت تجمعی در یک محور مختصات رسم کنیم، منحنیهای D.A.D اولیه بدست می آیند.

- رسم منحنیهای D.A.D نهائی

از آنجایی که در رسم منحنیهای نهائی مقادیر ماکزیمم بارندگی مد نظر است، به ازای مساحتهای مختلف در روی محور xها، مقادیر بارندگی روی محور yها در هر یک از

۵-Mean Absolute Error

www.SID.ir

Archive of SID

نمودارهای D.A.D اولیه استخراج می گردد. سپس برای هر یک از مساحت ها بیشترین مقدار بارندگی را بدست می آوریم. حال چنانچه بارندگیهای ماکزیمم بدست آمده را در مقابل مساحتهای مربوطه در یک دستگاه محور مختصات برای هر یک از تداومها رسم کنیم، منحنیهائی D.A.D نهائی بدست خواهد آمد.

نتایج

– بررسی رابطه ارتفاع با بارندگی

جدول (۱) معادله و ضریب همبستگی بین بارندگی و ارتفاع ایستگاهها را برای هر بارندگی نشان می دهد. براساس این جدول ضریب بین ارتفاع و بارندگی بین حداقل ۰/۰۱٤ تا حداکثر ۰/۵۸ میلیمتر می باشد. بیشترین ضریب همبستگی، مربوط به رگبار سه روزه مورخه ۷۷/۱۱/۱٦ و کمترین ضریب همبستگی مربوط به بارندگی یک روزه مورخه ۷۷/۱۲/۱۱ می باشد. همچنین ضریب تعیین (R2) برای بارندگی ها بین حداکثر ۰/۲٤۹ و حداقل ۰/۰۰۰۲ بترتیب مربوط به بارندگی های مورخهٔ ۷۷/۱۱/۱٦ و ۷۷/۱۲/۱۲ متغیر می باشد. چنانچه این جدول مشاهده می گردد بطور کلی رابطه بین ارتفاع و بارندگی از درجه همبستگی مناسبی برخوردار نیست بطوریکه از ۱۲ بارندگی در ۱۲ مورد (۱۰۰درصد) ضریب همبستگی کمتر از ۰/٦ و در ۱۰ مورد ۸۳ درصد ضریب همبستگی کمتر از ۰/۵ می باشد.

جدول ۱- رابطه بین ارتفاع و بارندگی در بارشهای مختلف

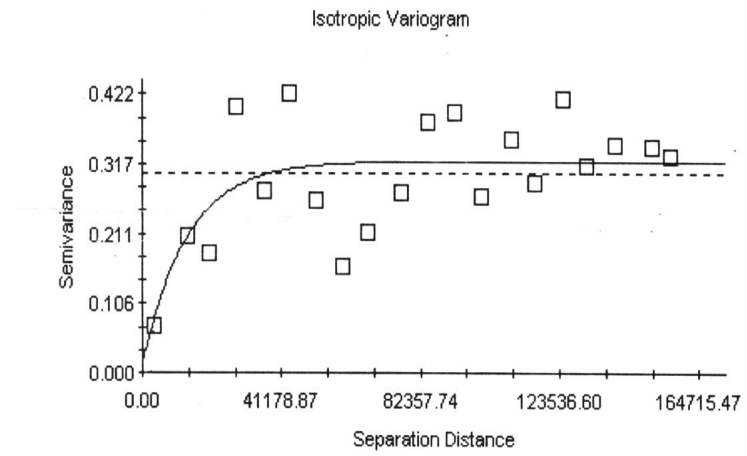
مدت تداوم	تاریخ شروع بارندگی	ضریب همبستگی (r)	ضریب تعیین (R2)	تعداد ایستگاه	معادلهٔ گرادیان X: ارتفاع به متر Y: بارندگی میلیمتر
یک روزه	۷۷/۱۱/۱۷	۰/۰۳۳۵	۰/۱۱۲۷	۳۳	y=۰/۰۲٦٤x–۲۳/٦۳
	۷۱/۱۱/۱۵	۰/۰٦٤	۰/۰۰٤۲	۲۳	y=۰/۰۰٦۹x+٦۱/۹۷۹
	۷۷/۱۲/۱۱	۰/۰۱٤	۰/۰۰۰۲	۳۲	y=۰/۰۰۰۲x–۳۰/۵٦٤
	۷۳/۱۱/۱۷	۰/٤۲	۰/۱۸۳	۲۸	y=۰/۰۲۵۸x–۲۷/۱۳
دو روزه	۷۷/۱۲/۱۰	۰/۳	۰/۰۹۳۱	۳۳	y=۰/۰۱۸۳x+۲/۲٦۱۲
	۷۲/۱۲/۱۹	۰/۳۳	۰/۱۰۵۳	۲۹	y=۰/۰۱۵۹x+۱/۰۵۳۸
	۷۷/۱۱/۱٦	۰/۵۸	۰/۳۱۰٦	۳۳	y=۰/۰۵۵۷x–٦۹/۲۷۱
	۷۱/۱۱/۱٤	۰/۰۷	۰/۰۰٤۹	۲۳	y=۰/۰۱۲x+۵۰/۵٦۵
سه روزه	۷۷/۱۲/۹	۰/٤۹	۰/۲٤۲۹	۳۳	y=۰/۰۳۹۸x –۳۰/۸
	۷۳/۱۱/۱۷	۰/٤٦	۰/۲۱۲	۲۹	y=۰/۰۵۲۳x –٤۸/۹۸٤
	۷۲/۱۲/۱۹	۰/٤۷	۰/۲۲۰۹	۲۹	y=۰/۰۳۸۲x –۲۹/۸۳۵
	۷۱/۱۱/۱٤	۰/۲۸۹	۰/۰۸٤	۲۳	y=۰/۰٤۷۷x +٦/۷۵٤٤

– انتخاب مدل مناسب و پارامترهای آن

در این مرحله با استفاده از نرم افزار GS+ اقدام به برازش بهترین مدل به ساختار فضائی داده ها شد. جدول (۲) پارامترهای مربوط به بهترین مدل برازش شده با ساختار فضائی داده ها را برای هر یک از بارندگیها نشان می دهد. از مجموع ۱۲ بارندگی مدلهای کروی، گوسین و نمائی به ترتیب با ۵، ۰٤ و ۳ تکرار بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده اند (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

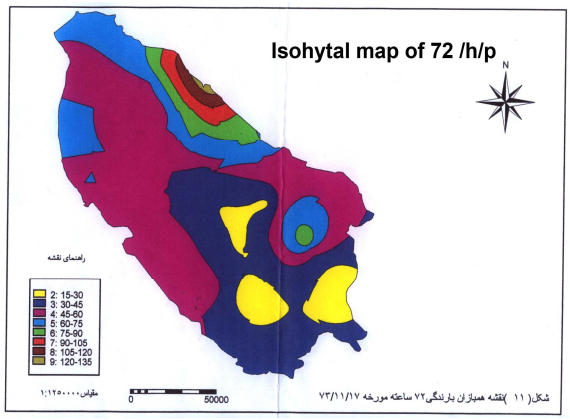


Exponential model (Co = 0.0140; Co + C = 0.3210; Ao = 13400.00; r2 = 0.417; RSS = 0.0976)

شکل ۱: واریوگرام

- انتخاب روش مناسب ورسم نقشه های همباران

در این مرحله اینترپلاسیون بـه دو روش کریجینـگ معمولی و عکس فاصله با توان های ۱ تا ۳ بـرای هـر یـک از بارنـدگیها صـورت گرفـت و بـرای مقایـسه ایـن دو روش و انتخاب روش مناسب از معیار میـانگین مطلـق خطـا (MAE) استفاده شد. جـدول (۳) میـانگین خطـای مطلـق هـر یـک از روشها را به تفکیک بارندگی نشان میدهد. براساس این جدول از ۱۲ مورد بارنـدگی ۷ مـورد ۵۸/۳ درصـد روش کریجینـگ نسبت به سایر روشها دارای میانگین خطای مطلق کمتری بوده است. در سه بارندگی(۲۵درصد) روش عکس فاصله با تـوان (۱-) و در یک بارندگی (۸/۳ درصد) عکس فاصـله بـا تـوان (۳-) و در یک مورد (۸/۳ درصد) هم روش عکس فاصله بـا تـوان (۲-) کمتـرین میـانگین خطـای مطلـق را بـه خودشـان اختصاص داده اند. همچنین جدول (۳) میـانگین نمونـه هـای مشاهده شده و تخمین را به روش کریجینگ نشان می دهنـد. نتایج این قسمت نشان می دهد که بطور کلی روش کریجینگ در برآورد میـزان متوسـط بارنـدگی بـر روش عکـس فاصـله ارجحیت دارد. بنابراین برای رسم خطوط همباران در مراحـل بعدی از روش کریجینگ استفاده و نقشه های همبـاران بـرای هریک ازبارندگیها با استفاده ازنقشه های مـذکورمنحنی هـای اولیه رسم شدند (شکل ۲).



www.SID.ir

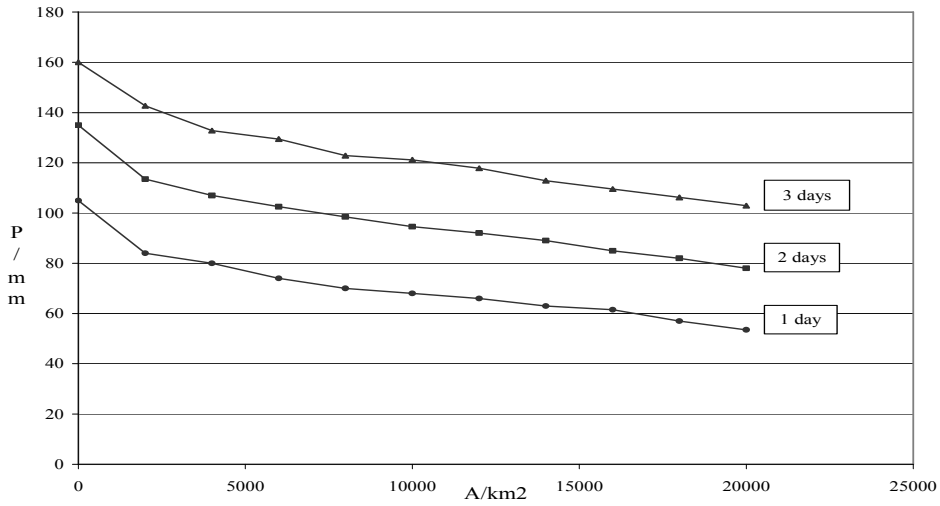
Archive of SID

شکل ۲: نقشه همباران بارندگی ۷۲ ساعته مورخ ۷۳/۱۱/۱۷

- رسم منحنی های عمق،سطح وتداوم نهایی

با ادغام منحنی های اولیه یعنی در هریک از تداومها بیشترین مقدار بارندگی بـه ازای هریـک از مـساحتها بدسـت آمده و ازرسم بیشترین مقدار بارندگی در مقابـل مـساحت در هر یک از تداومها منحنـی هـای نهـایی بدسـت آمـده اسـت. جـدول (٤) مقدارحـداکثر بارنـدگی بـه ازای مـساحت هـای مختلف و شکل (۳) نمودار منحنی های نهایی رانشان میدهد.

Figure 1: Final curve for the sequences of 1, 2 and 3 days



شکل ۳: منحنی های نهایی تداوم ۱ تا ۳ روزه

جدول ۲: پارامترهای موثر در مدل ساختار فضائی هر یک از بارندگی ها

تاریخ وقوع بارندگی	ضریب چولگی	**رنج داده ها** (متر)	پایه فاصله (متر)	نوع مدل	Co mm^2 اثر قطعه mm^2	Co+C mm^2 آستانه	Ao کیلومتر پارامتر فاصله	$\frac{C}{Co+C}$	R.S.S mm^2 مجموع ترکیبات	تعداد نقاط همسایگی	شعاع جستجو کیلومتر
۷۱/۱۱/۱۵	۰/۱۲	۱۷۵۸۱۰	۱۷۵۸۱	نمائی	۰/۰۵۱٤	۰/۳٦۷۸	٤٦	۰/۸٦	۰/۰٤۳٤	۱۰	۱۵۰
۷۳/۱۱/۱۷	۰/۰۷	۱۳٦۸۸۵	۱۳٦۸۸/۵	کروی	۰/۹۵	٦/۹۱	۲۵۰	۰/۸۲٦	٤/۰۹	٦	۱۷۰
۷۷/۱۱/۱۷	۰/۰۲	۱۷۹٦۱۲	۱۷۹٦۱/۲٦	گوسن	۰/۳۳٤۰	۲/٦۷۸	۲۷۳	۰/۸۷۵	۰/۰٤٦	۱٦	۲۰۰
۷۷/۱۲/۱۱	۰/۰۲	۱۷۹٦۱۲	۱۷۹٦۱/۲٦	کروی	۰/۱۳٦	۰/۳۰۷٤	٤۱۱	۰/۵۵۸	۰/۰۱۳۲	۱۰	۸۰
۷۲/۱۲/۱۹	۰/۰۵	۱٦٤۷۱۰	۱٦٤۷۱	نمائی	٦۹/۷	۲۷۳	۸٦	۰/۷٤۹	۱۱۵۳۱	٦	۹۰
۷۱/۱۱/۱٤	۰/۲۲	۱۷۵۸۱۰	۱۷۵۸۱	کروی	۲/۸۱	۱۲/٦۲	۳٦۵	۰/۷۷	۱۵/۸	۸	۱۷۰
۷٦/۸/۱٦	۰/۰۷	۱۷۹٦۱۲	۱۵۵۰۰	گوسن	۰/۳۸	۰/۸۰۳	۱۰۲	۰/۵۲۷	۰/۱٤۸	۱٦	۲۰۰
۷۷/۱۲/۱۰	۰/۱۲	۱۷۹٦۱۲	۱۷۹٦۱/۲٦	نمائی	٦/۵	۲۸۸	۱٤۳	۰/۹۷۷	۱٤۷۰۸	۱٦	۲۲٤
۷۱/۱۱/۱٤	۰/۱٤	۱۷۵۸۱۰	۱۷۵۸۱/۰٤	کروی	۲/۰۵	۱۰/۲	۳٦٦	۰/۷۹۸	۳/۹۹	۱٦	۲۱۹

www.SID.ir

Archive of SID

۷۲/۱۲/۱۹	۰/۲۵	۱۷۵۸۱۰	۱۷۵۸۱/۰٤	کروی	۲۵۰	٦٦۰/۱	٤۱۱	۰/٦۲۱	۸۱۵۹۱	۵	۱۰۰
۷۳/۱۱/۱۷	۰/۰۵	۱٦٤۷۱۵	۸۰۰۰	نهائی	۰/۰۱٤	۰/۳۲۱	۱۳٤	۰/۹۵٦	۰/۰۹۷٦	۸	۲۰۵
۷۷/۱۲/۹	۰/۰۸	۱۷۹٦۱۲	۱۷۹٦۱	کروی	۱۹٦	۱۰٦۵/۷	٤۱۱	۰/۸۱٦	۵٦۱۰۱	۵	۲۲٤

جدول۳: میانگین خطای مطلق در هریک از روشها

ردیف	روش تاریخ	کریجینگ	IDW^{-1}	IDW^{-2}	IDW^{-3}	میانگین نمونه های مشاهده ای	میانگین تخمینی به روش کریجینگ
۱	۷۱/۱۱/۱۵	۲۱/٤٤	۲۰/۹۵	۲۱	۲۱/۱۷	٤۵/۸٦	٤۷
۲	۷۳/۱۱/۱۷	۱۰/٤۹	۱۲/۲۵۳	۱۰/۸۸	۱۱/۰۲۱	۲۲/۹۱۷	۲۰/۰۰٤
۳	۷۷/۱۱/۱۷	۱۰/۹۹۵	۱۱/۸٤٦	۱۱۸/٦۹۲	۱۱/٤۹۱	۳۳/۷۸۵	۳۰/۷۵
٤	۷۷/۱۲/۱۷	۷/۰۹۰	۱۰/۹۹۷	۱۱/۲۱۳	۱۱/۳۵۹	۲۷/۳۹۵	۲۷/۷۰۱
۵	۷۲/۱۲/۱۹	۸/۱۱٦	۸/۱۷۷	۸/۲۰۸	۸/۱۷۷	٤۰/۰۰۷	۳۷/۸۲۵
٦	۷۱/۱۱/۱٤	۳۲/٤۳	۹/۸	۳۰/۷۷	۳۲	۷۰	٦۵/۲
۷	۷۷/۱۱/۱٦	۱٦/۵۵	۱۵/۸۱۱	۲۱/٦۸۲	۲۳/٤٤۵	۳۸/۲۱۸	٤٤/۹
۸	۷۷/۱۲/۱۰	۱۷/۰۷٦	۱٤/۸٦۹	۱٤/۵۱۲	۱٤/٤۵۵	٤۱/۰٦٤	۳۹/۸۰٦
۹	۷۱/۱۱/۱٤	۳۰/۲	۳۳/٤۷۳	۳۵/۸۷۸	۳۸/۳۲۱	۹۷/۳٦٦	۱۰۰/۰۸۰
۱۰	۷۲/۱۲/۱۹	۱۲/۰۵۸	۲۲/۵٤۲	۲۳/۸۳۷	۲٤/۷٦٦	٤۸/۵۷	٤۹/۱۹۰
۱۱	۷۳/۱۱/۱۷	۱٦/۸۱۲	۲۰/۰۷	۲۰/۲۱۸	۱۸/۹۵۰	۵۹/٤۵۷	۵٦
۱۲	۷۷/۱۲/۹	۲۲/۰٦٤	۲۰/٦٤۵	۲۰/۲۳۹	۲۰/۸۲٦	۵۰/٦۰٤	۵۱/٦۵۹

جدول٤- مقادیر حداکثر بارندگی به ازاء مساحتهای مختلف به تفکیک مدت تداوم (ارقام بارندگی به میلیمتر)

ردیف	زمان تداوم / مساحت(کیلومتر)	۲٤ ساعته	٤۸ ساعته	۷۲ ساعته
۱	۰	۱۰۵	۱۳۵	۱٦۰
۲	۲۰۰۰۰	۸٤	۱۱۳/۵	۱٤۲/۷
۳	٤۰۰۰	۸۰	۱۰۷	۱۳۲/۸
٤	٦۰۰۰	۷٤	۱۰۲/۵	۱۲۹/٤۸
۵	۸۰۰۰	۷۰	۹۸/۵	۱۲۲/۸٤
٦	۱۰۰۰۰	٦۸	۹٤/٦	۱۲۱/۱۸
۷	۱۲۰۰۰	٦٦	۹۲	۱۱۷/۸٦
۸	۱٤۰۰۰	٦۳	۸۹	۱۱۲/۸۸
۹	۱٦۰۰۰	٦۱/۵	۸۵	۱۰۹/۵٦
۱۰	۱۸۰۰۰	۵۷	۸۲	۱۰٦/۲٤

www.SID.ir

Archive of SID

۱۱	۲۰۰۰۰	۵۳/۵	۷۸	۱۰۲/۹۲

بحث و نتیجه گیری

شکل ۳ رابطه بین منحنی های عمق، سطح–مدت (D.A.D) را برای تداومهای یک تا سه روز در منطقه مورد مطالعه نشان میدهد. براساس این منحنی ها تبدیل بارندگی نقطه ای (بارندگی ثبت شده در ایستگاه باران سنجی) به متوسط بارندگی در سطح یک حوزه آبخیر تا مساحت ۲۰ هزار کیلومتر مربعی در منطقه مورد مطالعه به راحتی امکان پذیر می باشد. این منحنی ها می تواند در تعیین مقدار متوسط بارندگی در سطح یک حوزه آبخیز به منظور مطالعات اجرائی و طراحی مورد استفاده قرار گیرند. نسبت مقدار بارندگی نقطه ای به مقدار آن در سطح پراکنشی معادل۲۰ هزار کیلومترمربع در تداومهای یک تا سه روزه بترتیب برابر با ۱/۹۸ و ۱/۷۳ و ۱/٤۷ می باشد. بنابراین با افزایش زمان تداوم از یک روزه به سه روزه نسبت بارندگی نقطه ای به مساحت۲۰ هزار کیلومترمربعی روبه کاهش است. در حوزه مورد مطالعه بارندگی فراگیر و حداکثر با مدت زمان تداوم چهار روزه و بیشتر وجود ندارد. این نشان می دهد که بیشتر حجم توده های هوائی در همان سه روز اول بارندگیها تخلیه می گردد.

در منطقه مورد مطالعه بارندگی های حداکثر و فراگیر در تدامهای یک تا سه روزه در فصل زمستان و عموماً در ماههای بهمن و اسفند اتفاق افتاده است. بنابراین این دو ماه از نظر سیلاب ماههای بحرانی برای منطقه مورد مطالعه می باشند.

بررسی های انجام شده نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، رابطه بین ارتفاع با بارندگی های حداکثر و فراگیر برای تداومهای یک تا سه روزه از درجه همبستگی قابل اعتمادی برخورد نمی باشند. لذا نمی توان از این روش برای بازسازی یا تعیین متوسط بارندگی های کوتاه مدت استفاده نمود.

مقایسه روشهای زمین آماری کریجینگ و عکس فاصله با توانهای ۱ تا ۳ در تعیین متوسط بارندگی های یک تا سه روزه و ترسیم نقشه های همباران نشان داد که در منطقه مورد مطالعه روش کریجینگ بر روش عکس فاصله برتری دارد. در پایان پیشنهاد می گردد که:

- منحنی های D.A.D برای تداومهای مختلف و در مناطق مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و سپس نسبت به تقسیم بندی مناطق مشابه از این نظر اقدام شود. در صورت امکان روابط بین عمق، سطح و مدت تداوم بارندگی بصورت توابع ریاضی ارائه شود.
- نظر به اینکه در رسم منحنی D.A.D برای بارندگی های کوتاه مدت (کمتر از ٢٤ ساعته) نیاز به باران سنج ثابت است لذا بهتر است نسبت به توسعه شبکه باران سنجی با استفاده از روشهای زمین آمار در مناطق مختلف اقدام شود.
- روشهای زمین آماری و میان یابی با روشهای ساده آمار کلاسیک به منظور تعیین مقدار متوسط بارندگی های کوتاه مدت مورد ارزیابی قرار گرفته تا بهترین روش برای هر منطقه ارائه شود.

منابع

۱- احمدی، ا. ۱۳۸۰. روابط عمق، سطح، تداوم،(D.A.D) بارندگی در استان کرمانشاه. گزارش طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان کرمانشاه. ۳۹ص.

۲- اقارضی ح.۱۳۸۳. ترسیم منحنی های عمق سطح وتداوم بارش دراستان مرکزی.اولین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب وخاک ۲۱-۲۰ اردیبهشت ۱۳۸۳کرمان مجموعه خلاصه مقالات .ص۱۵۰

۳- حسنی پاک، ع. ا. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتیتیک). چاپ اول، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران ۳۱٤ص.

www.SID.ir

Archive of SID

٤- رحیمی بندرآبادی، س، ۱۳۷۹. بررسی روشهای ژئواستاتیتیک دربرآورد بارندگی مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرق ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران۱٦۲ص.

٥- سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان، ۱۳۸۱. وضعیت موجود و دورنمای آب و کشاورزی در استان کرمان، کار گروه کارشناسی آب. سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان۲۳۱ص..

٦- عقیقی، ح. ۱۳۷٤. تحلیل منحنی های عمق، سطح، تداوم(D.A.D) مطالعه مورد منطقه کرج- تهران- جاجرود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه منابع طبیعی، دانشگاه تهران۱۷۹ص.

۷- علیزاده، ا، ۱۳۷۹. اصول هیدرولوژی کاربردی،.چاپ دوازدهم، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا مشهد، ٦۳٤ص.

۸ - مدیریت آبخیزداری استان کرمان، ۱۳۷۷. طرح اصلاح کاربردی اراضی حوزه آبخیز کفه نمک سیرجان۸٥ص.

۹- مهدوی، م. (۱۳۸۱). هیدرولوژی کاربردی. چاپ چهارم جلد اول. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران۳٦٤ص.

۱۰- مهدیان، م. ح. ۱۳۸۱. تعیین روشهای میان یابی مناسب برای برآورد بارندگی و درجه حرارت در سه اقلیم خشک، نیمه خشک و مرطوب، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی معاونت آموزش و تحقیقات، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۹٦ص.

11-Asquit. W.A, and Famiglietti. J.S 2000. Precipitation areal- reduction factor estimation using an annual – maxima centerd approach. Hydrology, 230 p. 55-69.12-Goovaevts, P. 1997. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford Univevsity Press, Ine.596 pp.

12- Leclerc, G. and J.C Schaake.1972. Derivation of hydrologic frequency curves, mas. Inst. of Tech. Cambridge.

13-Pohlman, H. 1993. Geostatistical Modelling of Environmental Data. Catena 20 (1/2):191-198.

14-Robetson, G.P.2000. GS+:Geostatistics for the Environmental Sciences. Gamma Design Software Plainwell. Michigan, USA. 200pp.

15-Rodriguez, I. and Mejia, J.M. 1974. The Transformation of Point Rainfall to Areal Rainfall. Water Resources, Vol. 10, no.4, P 729-735.

16-Vankuilenberg, J., Degruijter, J., Marsman, B.A. and Bouma, J. 1982. Accuracy of spatial interpolation between point data on soil moisture supply capacity compared with it estimates from mapping units. Geoderma.27:377-325.

17-W.M.O. (1961). Depth- Area- Duration analysis of storm precipitation. WMO, no. 237. TP.129.112pp.

www.SID.ir

Archive of SID

ANALYSIS OF DEPTH-AREA-DURATION CURVES OF RAINFALL IN SEMI-ARID AND ARID REGION USING GEOSTATISTICAL METHODS (CASE STUDY: SIRJAN)

K. Solaimani[1], M. Habibnejad[1], A. Abkar[2], M. Bani Asadi[2]
1- Academic member, Faculty of Natural Resources, Mazandaran University, 2- Research member, Kerman Agriculture and Natural Resource Research Center

Received : 14/11/2004

ABSTRACT

Drawing isohyet maps is one of the main steps in preparation of depth-area-duration (DAD) curves. To draw these maps different methods are used such as using rainfall gradient, simple classic statistical methods and complicated Geostatistical methods like Kriging method. For this purpose, after collection of data and information related to 59 rainfall gauging stations in the study area, the dominant and maximum rainfall for duration of one to three days were selected. Then, the relationship between rainfall and the elevation were investigated for drawing the isohyets maps, but due to insignificant difference of this relationship, two methods of Geostatistical Kriging and inverse distance with powers of 1 to 3, were evaluated to draw the isohyets maps and determination of the average rainfall. To evaluate the above two methods, mean absolute error (MAE) was used in this research. The results of this evaluation showed that the Kriging method is better than inverse distance method for determination of average rainfall of the region. Then, using kriging method, the isohyets maps of one to three-day duration and DAD curves were drawn. By using this method, conversion of point rainfall to average rainfall for an area of up to 20000 Km^2 of the area under study is possible. Also, the investigation of the curves shows that the ratio of the amount of rainfall at the center to the amount of rainfall at an area of 20000 Km^2 is 1.98, 1.74 and 1.48 for duration of 1, 2 and 3- day, respectively.

Keywords: Sirjan, Kriging, Isohyets maps, D.A.D curve.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir