تجزیه و تحلیل مکانی حداکثر بارندگی محتمل (PMP) در ایران

دکتر سید جمال الدین دریاباری[۱]، دکتر حسین محمدی[۲]، غلامحسین رضائی[۳]
۱ـ عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان
۲ـ استاد آب و هواشناسی دانشگاه تهران
۳ـ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه تهران

چکیده:

حداکثر بارندگی محتمل (PMP) یک ساختار مفهومی است که اندازه شدید ترین بارندگی برای طراحی سد ،مخازن و پروژه های شهری را برای ما تعیین می کند. هدف اصلی این مطالعه، بررسی و تعیین بیشترین بارندگی محتمل و تحلیل فضایی آن در ایران است. بدین منظور از میان ۱۸۰ ایستگاه سینوپتیک موجود در ایران ۹٤ ایستگاه که دارای آمار بلند مدت بارندگی (۲۰-۵۵ سال)می باشند، انتخاب گردید. سپس با استفاده از نرم افزار های آماری همچون EXCEL وSPSS مقدار و میزان آن محاسبه گردید. از میان روش های آماری موجود برای محاسبه حداکثر بارندگی محتمل از روش هرشفیلد استفاده گردید و در نهایت با استفاده از نرم افزار ARCGIS و روش KRIGING تحلیل فضایی انجام گردید. نقشه های بدست آمده از حداکثر بارندگی محتمل در ایران نشانگر این مسئله است که کشور ایران از نظر توزیع مکانی بارش سالانه دارای نایکنواختی می باشد. طبق نقشه های موجود بیشترین مقدار بارندگی محتمل مربوط به سواحل شمالی و جنوبی ایران است. بدین ترتیب مقدار PMP از سواحل جنوب ایران به سمت نواحی مرکزی، کاهش و از نواحی مرکزی به سمت سواحل شمالی ایران افزایش می یابد.

واژگان کلیدی: تحلیل فضایی، PMP، کریجنیگ، هرشفیلد، ایران.

مقدمه:

شدت بارش دارای یک حد نهایی منطقی است که به PMP یا حداکثر بارش محتمل معروف است(Greger R, 1965). از نظر تصور عمومی حداکثر بارش محتمل، محدوده حداکثر بارشی را در بر می گیرد که احتمال وقوع آن می رود. به عبارت دیگر حداکثر ارتفاع بارش در یک حوزه آبریز برای مدت بارش معینی و در زمان بخصوصی از سال ، به عنوان حداکثر بارش محتمل نامیده می شود. PMP یا بیشترین بارندگی محتمل ، مقدار بارندگی است که برای یک حوضه یا ایستگاه در نظر گرفته می شود (WMO,1986). چاو و همکاران(۱۹۸۸) سقف بارشی را که به لحاظ فیزیکی و منطقی در یک دوام معین از سال در محدوده ای مشخص قابل وقوع می باشد، به عنوان حداکثر بارش محتمل تعریف نموده اند. PMP، بیشترین بارندگی است که دریک مدت مشخص در یک منطقه با توجه به شرایط اقلیمی و توپوگرافی وجود دارد و بارانی بزرگتر از آن نخواهد بارید. آنچه که مورد توجه می باشد،

این است که مقدار حداکثر بارش محتمل برای یک ناحیه، در مواقع گوناگون سال و در سطوح مختلف حوزه آبریز و مدت بارش ، متفاوت بوده و با گذشت زمان و بدست آمدن آمار و اطلاعات جدید نیز مقدار آن تغییر می یابد. مقدار حداکثر بارش محتملی که در شرایط یکسان، از نظر سطح حوزه آبریز، مدت بارش و مقدار بارش محاسبه می گردد، برابر نمی باشد.PMP از این نظر دارای اهمیت است که بطور مثال اگر تأسیسات هیدرولیکی بر اساس آن طراحی شود چنین تأسیساتی هیچ گاه نباید از نظر بارندگی و سیل در معرض خطر قرار گیرند. در این راستا با استفاده از داده های حداکثر بارندگی ٢٤ ساعته و ایجاد یک نقشه فضایی درک بهتری از پراکندگی PMP در ایران بدست خواهیم آورد. در شرح پراکندگی فضایی بالاترین بارش محتمل در ایران سعی خواهد شد هماهنگی آن با مهمترین مولفه های محیطی یعنی عرض و طول جغرافیایی و ارتفاع سنجیده شود.

از سال ۱۹۳۰ به بعد مفهوم PMP مورد توجه قرار گرفت. در سالهای اخیر جهت مطالعه حداکثر سیل محتمل (PMF) و برآورد ارقام سیل با استفاده از مدل های HEC-1 و KINEMAT در میشیگان آمریکا مطالعاتی انجام شد. هرشفیلد در سال ۱۹٦۲ توابع لوگ نرمالو گامبل را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که توابع لوگ نرمال برای دوره های بازگشت بیش از ۵۰ سال مناسب نمی باشد. وی نقشه ای از هم منحنی های هم نسبت باران متوسط یک ساعته در دوره های بازگشت مختلف تهیه کرد و با ارائه ضرایب تعدیلی که بر اساس سطح صورت می گیرد، مقدار PMP را محاسبه کرد. همچنین نقشه هم نسبت مقدار باران ٦ ساعته دو ساله را به مقدار باران ٢٤ ساعته ۲۰ ساله ترسیم کرد. رگبار استاندارد پروژه به رگباری گفته می شود که در مناسب ترین شرایط هواشناسی و هیدرولوژی با توجه به ویژگی های جغرافیایی منطقه به وقوع بپیوندد(U.S.A Army crops Engineer,1965). بل در سال ۱۹٦۹ آمار بارندگی ۱۵۷۰ ایستگاه باران سنجی را در آمریکا با دوره اماری بیش از ۳۰ سال تجزیه و تحلیل کرد و نسبت های ساده ای را بین مقدار باران در دوره های برگشت مختلف ۲ یا ۱۰ سال، به دوره برگشت پایه ارائه نمود. وی همچنین معتقد است که نسبت های بدست آمده به موقعیت جغرافیایی ایستگاه بستگی ندارد و در هر نقطه از جهان قابل تعمیم است. به خاطر شکست و خراب شدن شماری از سد های بزرگ و مهم دنیا مانند سد ماچو در ایالت گجرات هندوستان و سد جانستون در ایالت پنسیلوانیا آمریکا و همچنین دیگر ابنیه هیدرولیک توجه بیشتری به استانداردهای طراحی برای شدت باران به عمل آمده است(Mistry 1984). دسا (۲۰۰۱) برای محاسبه حداکثر بارندگی محتمل ٢٤ ساعته در حوضه ای مرطوب در مالزی ، ضریب فراوانی K را برای هر ایستگاه با توجه به بارندگی حداکثر یک روز مشاهده ای سالانه آنها به طور جداگانه محاسبه کرد و حداکثر مقدار آنرا به عنوان ضریب K برای محاسبه حداکثر بارش محتمل ٢٤ ساعته در حوضه مذکور بکار برد و نتیجه گرفت که ضریب K روش هرشفیلد برای حوضه بسیار زیاد است. راخچا (۱۹۹٤) مقادیر حداکثر بارندگی محتمل را برای نقاط مختلف هندوستان ارائه داد و برای تخمین آن از دو روش آماری و هواشناسی استفاده کرد . کاریگان و همکاران (۱۹۹۸) شرایط جغرافیایی را نیز به این تعریف اضافه نموده اند. بکارگیری PMP برای اندازه گیری

PMF یکی از اصولی ترین و کاربردی ترین روش ها برای طراحی سد در بسیاری از نقاط جهان از جمله کشورهای توسعه همچون ایالات متحده آمریکا و استرالیا بکار برده می شود.

این مطالعات در ایران برای اولین بار توسط مهندسین مشاور عمران و منابع آب بر روی حوضه آبریز کرخه بکار گرفتند و جهت ماکزیمم کردن پارامترهای اقلیمی از ایستگاه سینوپتیکی موصل استفاده کرد. مهندسین مشاور مهاب قدس برای اولین بار حوضه رودخانه مارون را مورد مطالعه قرار دادند و PMP آنرا محاسبه کردند. قهرمان و سپاه خواه در مقاله ای در سال ۱۳٦۸ با بررسی مدل پیشنهادی بت لاهمی پیشنهاد کردند که با روش ترسیمی تحلیلی می توان از هر پدیده هیدرولوژیکی حد اکثر مقدار ممکن باران را برآورد نمود. این افراد در سال ۱۳۷۳ با اصلاح مدل بت لاهمی PMP ۲٤ ساعته را در نقاط مختلف ایران تخمین زدند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر حداکثر بارش محتمل ۲٤ ساعته محاسبه شده با روش سینوپتیکی دارای اختلاف می باشد. ولی نتایج روش بت لاهمی نسبت به دیگر روش های آماری، در قیاس با روش سینوپتیکی دارای اختلاف کمتری است.

آبتیو(۱۹۹۳) متناسب ترین روش میانیابی در زمینه برآورد بارندگی ماهانه در جنب فلوریدا را روش کریجینگ می داند. هارگرو(۲۰۰۱) با استفاده از روش SPILINE با حالت های Tension و Smooth برای برآورد بارندگی در سوئیس استفاده کرد. برآوردها با استفاده از متغیر ثانویه ارتفاع و بدون آن انجام گرفت که هر دو نتایج مشابهی را ارائه کردند .

با توجه به روش های مذکور در مقالات و پروژه های انجام شده در این تحقیق برای محاسبه حداکثر بارش محتمل از روش آماری هرشفیلد، و در بخش تحلیل فضایی آن از روش Kriging در محیط نرم افزاری GIS استفاده گردید.

مواد و روشها:

سرزمین ایران بخش وسیعی از فلات ایران است که در جنوب غرب آسیا ما بین عرض ۲۵ تا ٤۰ درجه شمالی و طول ٤٤ تا ٦٤ درجه شرقی قرار دارد. بنابراین نیمه جنوبی کشور ما از نظر تقسیمات کلی جغرافیایی کره زمین در منطقه مجاور مداری و نیمه شمالی آن در منطقه معتدل شمالی قرار گرفته است. فلات ایران در شمال شرق با استپ و بیابانهای ترکمنستان و از سمت غرب و جنوب غرب با سرزمین خشک و گرم شبه جزیره عربستان مجاور است. این موقعیت نامساعد از نظر شرایط اقلیمی با ارتفاع قابل توجه فلات و موقعیت آن نسبت به دریاها تا حد زیادی تعدیل می شود .

به منظور تعیین حداکثر بارندگی محتمل، کلیه داده های ثبت شده حداکثر بارندگی ۲٤ ساعته ایستگاههای سینوپتیکی(شکل و جدول شماره ۱) که دارای آمار نرمال بودند جمع آوری گردید. پس از جمع آوری داده های بارندگی روزانه، حداکثر بارندگی سالیانه هر ایستگاه استخراج گردید. سپس داده های جمع آوری شده با استفاده از روش آماری هرشفیلد محاسبه گردید.

شکل ۱: نقشه پراکندگی ایستگاه های سینوپتیکی در ایران

جدول ۱: نام ایستگاهها به همراه علامت اختصاری آنها

نام ایستگاه	Abbr	نام ایستگاه	Abbr	نام ایستگاه	Abbr	نام ایستگاه	Abbr	نام ایستگاه	Abbr	نام ایستگاه	Abbr	نام ایستگاه	Abbr
اراک	AK	آستارا	AT	تربت حیدریه	TH	دوشان تپه	DS	سنندج	SJ	قم	GM	مهاباد	MH
اردبیل	AL	بابلسر	BS	تکاب	TK	دوگنبدان	DG	سواحل بوشهر	BC	قوچان	GN	مهراباد تهران	MT
ارومیه	OM	بجنورد	BO	جاسک	JA	رامسر	RS	سیرجان	SI	کاشان	KA	میناب	MI
اصفهان	EF	بستان	BT	جزیره ابوموسی	JA	رشت	RT	شاهرود	SH	کاشمر	KM	نهبندان	NB
الیگودرز	AG	بم	BM	جزیره سیری	JS	زابل	ZA	شرق اصفهان	SE	کرج	KR	نوشهر	NR
امیدیه	OD	بندر انزلی	BZ	جزیره کیش	JK	زاهدان	ZN	شمال تهران	ST	کرمان	KE	همدان نوژه	HN
انار	AN	بندر عباس	BA	جلفا	JF	زنجان	ZJ	شهر کرد	SK	کرمانشاه	KS	یزد	YZ
اهر	AR	بندر لنگه	BL	چابهار	CH	سبزوار	SZ	شیراز	SZ	کنارک چابهار	KC		
اهواز	AZ	بوشهر	BU	خاش	KH	سراب	SB	طبس	TB	گرگان	GO		
ایرانشهر	IN	بیرجند	BJ	خرم آباد	KB	سرادشت	SD	فردوس	FD	گرمسار	GR		
ایلام	IL	پارس آباد مغان	PA	خرم دره	KD	سراوان	SV	فرودگاه همدان	FH	ماکو	MK		
آبادان	AB	پایگاه امیدیه	PO	خور و بیابانک	KB	سرخس	SR	فسا	FS	مراغه	MG		
آباده	AH	پیرانشهر	PI	خوی	KY	سقز	SG	قراخیل	GH	مسجد سلیمان	MS		
آبعلی	AL	تبریز	TZ	دزفول	DZ	سمنان	SN	قزوین	GZ	مشهد	MH		

داده های موجود شامل نام ایستگاهها، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع، مقدار k، میانگین و انحراف معیار هر یک از ایستگاهها، به صورت مجزا در نرم افزار EXCEL وارد گردید. سپس با استفاده از فرمول آماری هرشفیلد مقدار PMP هر یک از ایستگاهها محاسبه شد.

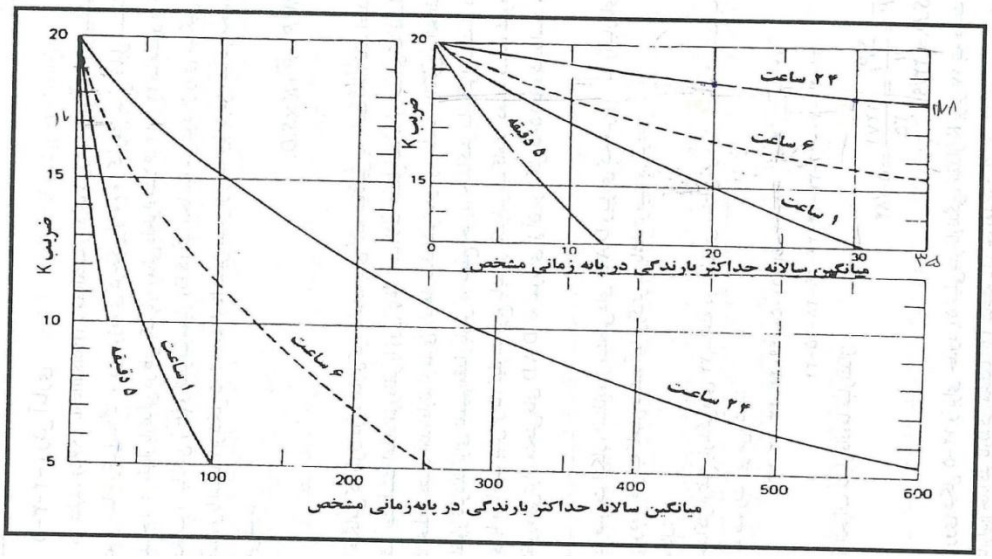
روش آماری برای تخمین حداکثر بارش محتمل، بخصوص در مواقعی که داده های مربوط به رگبارهای یک ناحیه به اندازه کافی و مناسب باشد، به عنوان یک روش ساده و تخمین سریع بکار می رود. هرشفیلد با مطالعات زیاد خود در سال ۱۹٦۵ روشی را به شرح زیر پیشنهاد نمود که برمبنای یک ایستگاه و در حوضه های کوچکتر از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع قابل استفاده می باشد. حداکثر مقدار بارندگی در یک پایه زمانی دلخواه مثلاً ٦ ، ۱۲ یا ۲٤ ساعت و در

هر سال انتخاب و میانگین و انحراف معیار محاسبه می شوند. و با استفاده از نمودار (شکل ۲)، مقدار k تعیین و سپس از رابطه زیر مقدار بارش حداکثر محتمل برآورد می شود:

$$X_{pmp} = X + K\,\sigma_n$$

که در آن X_{pmp} حداکثر بارش محتمل، X متوسط حداکثر بارشهای سالانه، K ضریبی که از روی X بدست می آید و σ_n انحراف معیار بارش های سالانه می باشند.

داده های ۲٤ ساعته از ۲٦۰۰ ایستگاه ، که عمدتاً در آمریکا بوده اند، برای تعیین K بکار گرفته شده اند و مقادیر میانگین و واریانس مطابق روشهای موجود محاسبه می شود. نتایج حاصل نشان می دهد که حداکثر K=15 بدست می آید. در ابتدا می پنداشتند که مقدار K مستقل از مقدار بارش است ولی بعداً به این نتیجه رسیدند که مقدار K=15 برای مناطق پر باران خیلی زیاد و برای مناطق خشک خیلی کم می باشد. بعد ها این مقدار برای تعیین تداوم بارش نیز تعیین گردید و نشان داد که تغییرات میانگین در تداوم بارش ۵ دقیقه ، ١٦ و ٢٤ ساعته مطابق جدول زیر می باشد که در آن مقدار K برابر با ۲۰ می باشد.



شکل۲: جدول محاسبه ضریب k در روش هرشفیلد (منبع: مهدوی ۱۳۸۱)

برای تحلیل فضایی و پهنه بندی داده ها از روش درونیابی Kriging استفاده گردید. این روش بر مبنای رابطه آماری بین نقاط اندازه گیری شده و یا نقاط معلوم می باشد. نتیجه روش Kriging یک سطح بسیار دقیق است. که برای مناطق کوهستانی مورد استفاده قرار می گیرد. ایجاد ارتباط فضایی در طول نقاط یکی دیگر از موارد استفاده از این روش می باشد.

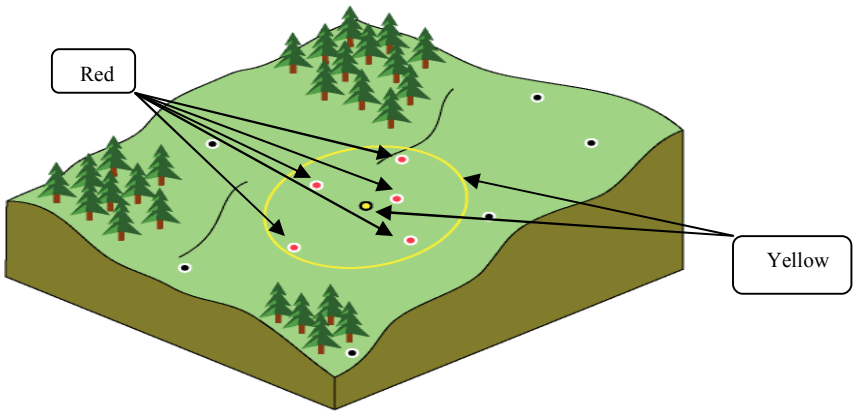
کریجینگ یک روش زمین آمار برای درونیابی دادها بر اساس واریانس فضایی است. در کریجینگ نیز واریانس فضایی تابعی از فاصله شناخته شده می شود. کریجینگ بر اساس منطق میانگین محرک وزنی استوار می باشد و در

این مورد می توان گفت که بهترین تخمینگر نا اریب است. برای برآورد مقادیر بر اساس کریجینگ روش های مختلفی وجود دارد، در این تحقیق از روش کریجینگ معمولی استفاده شده است.

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot z(x_i)$$

$$\hat{Z}(yellow) = \sum_{i=1}^{5} \lambda_i (d_{yellow, red_i}) \times Z(red_i)$$

در این فرمول λ_i وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه i ام و $Z(X_i)$ مقدار مشاهده شده متغیر در نقطه X می باشد. بهترین تخمین روشی است که بهترین شیو وزن را برای متغیر $Z(X_i)$ پیدا نماید . بهترین تخمین بایستی نااریب و داری حداقل واریانس خطا باشد (شکل۳).



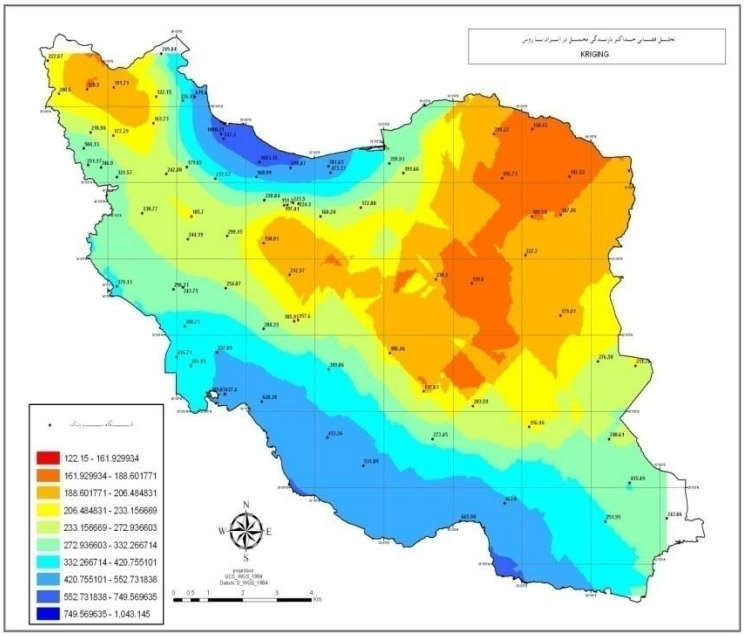
شکل ۳: وزن دهی بر اساس Kriging

جدول ۲: مقادیر حداکثر بارندگی محتمل ایستگاههای سینوپتیک

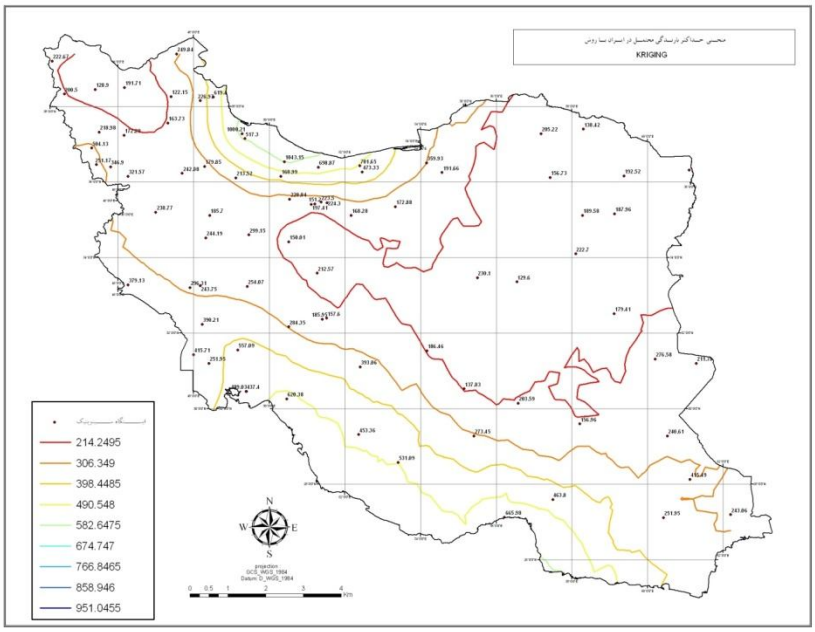
ردیف	نام ایستگاه	pmpمقدار	ردیف	نام ایستگاه	pmpمقدار	ردیف	نام ایستگاه	pmpمقدار	ردیف	نام ایستگاه	pmpمقدار
1	اراک	299.15	19	بم	156.96	37	خاش	405.49	55	سقز	321.57	73	کاشان	212.57
2	اردبیل	226.97	20	بندر انزلی	1000.21	38	خرم آباد	243.75	56	سمنان	172.88	74	کاشمر	189.58
3	ارومیه	218.98	21	بندر عباس	665.98	39	خرم دره	213.52	57	سنندج	237.77	75	کرج	228.84
4	اصفهان	185.95	22	بندر لنگه	483.39	40	خور بیابانک	230.10	58	سواحل بوشهر	508.19	76	کرمان	203.59
5	الیگودرز	254.07	23	بوشهر	622.33	41	خوی	200.50	59	سیرجان	273.45	77	کرمانشاه	296.31
6	امیدیه آقاجاری	489.03	24	بیرجند	179.41	42	دزفول	390.21	60	شاهرود	191.66	78	کنارک چابهار	495.60
7	انار	137.83	25	پارس اباد مغان	249.84	43	دوشان تپه	151.20	61	شرق اصفهان	157.60	79	گرگان	359.93
8	اهر	122.15	26	پایگاه امیدیه	437.40	44	دوگنبدان	620.38	62	شمال تهران	223.50	80	گرمسار	168.28
9	اهواز	251.95	27	پیرانشهر	346.90	45	رامسر	1403.15	63	شهر کرد	284.35	81	ماکو	222.67
10	ایرانشهر	251.95	28	تبریز	191.71	46	رشت	517.30	64	شیراز	453.36	82	مراغه	172.29
11	ایلام	379.13	29	تربت حیدریه	178.69	47	زابل	211.78	65	طبس	129.60	83	مسجد سلیمان	557.09
12	آبادان	267.79	30	تکاب	242.08	48	زاهدان	240.61	66	فردوس	222.70	84	مشهد	192.52
13	آباده	333.06	31	جاسک	758.01	49	زنجان	179.85	67	فرود گاه همدان	244.19	85	مهاباد	251.17
14	آبعلی	224.30	32	جزیره ابوموسی	370.09	50	سبزوار	156.73	68	فسا	531.09	86	مهرآباد تهران	197.41
15	آستارا	619.64	33	جزیره سیری	352.92	51	سراب	163.73	69	قائم شهر	473.33	87	میناب	463.80
16	بابلسر	701.65	34	جزیره کیش	632.39	52	سرادشت	504.13	70	قزوین	168.99	88	نهبندان	276.58
17	بجنورد	205.22	35	جلفا	128.90	53	سراوان	243.06	71	قم	150.01	89	نوشهر	698.87
18	بستان	415.71	36	چابهار	298.91	54	سرخس	192.56	72	قوچان	138.42	90	همدان نوژه	185.70
												91	یزد	186.46

نتایج:

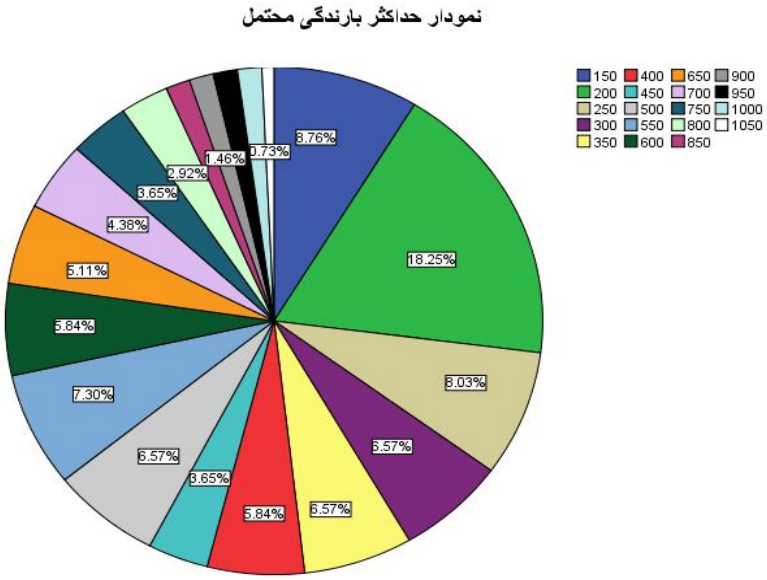
نقشه های بدست آمده از حداکثر بارندگی محتمل در ایران نشانگر این مسئله است که در کشور ایران از نظر توزیع مکانی بارش سالانه دارای نایکنواختی می باشد. طبق نقشه های موجود بیشترین مقدار بارندگی محتمل مربوط به سواحل شمالی و جنوبی ایران است. بالاترین مقدار بارندگی محتمل در نواحی شمالی ایران (نواحی ساحلی) از مقدار متوسط بارندگی منطقه تبعیت می کند یعنی دارای هماهنکی است. به عنوان مثال بیشترین بارندگی روزانه در منطقه انزلی حدود ۲۰۰ میلیمتر گزارش شده است. ولی در نواحی (سواحل)جنوبی ایران عکس همدیگر هستند .با توجه به این که در جنوب ایران بارش کمتری نسبت به بقیه نقاط ایران دارد و یا بیشتر وقتها بارندگی ندارد در صورت وجود عوامل صعود به دلیل داشتن هوای گرم و دسترسی به رطوبت خلیج فارس و دریای عمان باران های شدیدی رخ میدهد. محل حدوث بارش های سنگین اهمیت عوامل صعود و به ویژه دسترسی به بخار آب را بسیار خوب معلوم می کند. بدین ترتیب مقدار PMP از سواحل جنوب ایران به سمت نواحی مرکزی و از نواحی مرکزی به سمت سواحل شمالی ایران به ترتیب کاهش و افزایش مقدارPMP را داریم. در ایستگاه سینوپتیک رامسر بالاترین بارندگی محتمل یعنی حدود ۱٤۰۳ میلیمتر و ایستگاه سینوپتیک اهر کمترین مقدار یعنی حدود ۱۲۲ میلیمتر می باشد. یکی از مهمترین عوامل در توزیع PMP در ایران و پراکندگی آن عامل رطوبت است و بیشتر از عامل صعود تاثیر گذار است. چنانکه ما در سواحل جنوب ایران عامل صعود نداریم و شاهد بالاترین مقدار PMP در این مناطق هستیم به عنوان مثال در ایستگاه سینوپتیک بندر عباس بالاترین مقدار بارش اندازه گیری شده ٦٦٥ میلیمتر می باشد.



شکل٤: پهنه بندی حداکثر بارندگی محتمل در ایران با روشKRIGING



شکل ۵: منحنی میزان حداکثر بارندگی محتمل باروشKRIGING



شکل ٦: نمودار مربوط به درصد فراوانی حداکثر بارندگی محتمل در ایران

در شکل ٦ چنانکه مشاهده می کنید. کمترین مقدار PMP محاسبه شده دارای بیشترین درصد فراوانی می باشد. یعنی حداکثر بارندگی محتمل در ۳۷ درصد از مساحت ایران دارای ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر می باشد. در حالی که فقط در حدود کمتر از ۱ درصد از مقدار PMP محاسبه شده بیشتر از ۱۰۰۰ میلیمتر می باشد. که این موضوع نشان دهنده تنوع مکانی ایران از نظر دریافت بارندگی و همچنین وقوع حداکثر بارندگی محتمل در ایران، دارد. در حالت دیگر می توان به توزیع مکانی رطوبت و همچنین ارتباط عوامل مؤثر در حداکثر بارندگی محتمل در مناطق مختلف و ایستگاههای آن با توجه به رطوبت و عوامل صعود ، تأثیر عوامل بیرونی اشاره کرد.

منابع :

۱-پیربلوطی، م و سپاسخواه .ع .ر(۱۳۸۱): رسم منحنی های حداکثر بارش ۲٤ ساعته با روش های مختلف آماری ، و مقایسه آن با روش سینوپتیکی برای ایران ، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ، جلد ششم، شماره اول ، بهار ۱۳۸۱.

۲-قهرمان، ب و سپاسخواه(۱۳٦۹): تعیین مقادیر حداکثر بارندگی محتمل در نقاط جنوبی ایران، اولین سمینار مهندسی رودخانه .اهواز ، آبان ۱۳٦۹ .

۳-مهدوی،محمد(۱۳۸۱): هیدرولوژی کاربردی ،جلد اول انتشارات دانشگاه تهران.

4- Abtew, W.j. Obeysekara, G. shih, 1993, spatial analysis for monthly rainfall in south Florida,Water resources bulitin.

5- Bethlahmy.N, 1984, long 0term hydrologic events from short term records,J,hydrol,68:141-148

6- chow,V.T, 1954, The long probability law and its engineering application , proc, asce, 80 :1-25

7- chow, V.T , 1988, applied hydrology,McGraw hill International,London.

8-Corrigan,p.D.D,Fen,D,R kluck and J.L.vogel, 1998, probable maximum precipitation for California:calculation procedure,hydro meteorological report,NO:58,US dept of commerce Washington DC.

9-Desa,M.N,Noriah,A,Rakhecha,P.R, 2001, Probable maximum precipitation for 24 h durationover southeast Asian monsoon, Atmospheric Research 58, 41-54.

10-Desa, M.N, Noriah, A, Rakhecha, P.R, 2007, Probable maximum precipitation for 24-h durationover an equatorial region: Part 2-Johor, Malaysia, Atmospheric Research 84, 84-90.

11- Gerger , r,1969, the climate near the ground,Harvard Uni,press,Cambridge,mass .

12-Hargrove, 2001, interpolation of rainfall in Switzerland using regularized with tension, Geographic information and spatial technologies group oak ridge national laboratory.

13-Hershfield, D. M., , 1961, Estimating the probable maximum precipitation, J. of Hyd., Ameri. Soc. of. Civil Eng., Vol.87, pp:99-116.

14-Hershfield, D. M., 1965, Method for estimating probable maximum precipitation, J. of Ameri. Water works assoc., Vol.57, pp:965-972.

15- Hershfield, D. M., 1981, The magnitude of the hydrological frequency factor in maximum rainfall estimation, Hydrol. Sci. Bulletin, Vol. 26, pp: 171–177.

16-Hershfield, D.M, 1965, Method for estimating probable maximum Precipitation, J. Am. Water Works Assoc.57, 965-97.

17-Mc Kay, G. A., 1970, Hand book on the principle of hydrology, canadian national committee for the international hydrology decade, Toronto, Canada, pp:13-57.

18-Rakhecha, P. R., Soman, M. K., 1994, Estimation of probable maximum precipitationfor a 2-day duration, Theor., Appl. Climatol., Vol.49, pp:77-84.

19-World Meteorological Organization, 1986, Manual for estimation of probable

maximum precipitation, operational hydrology report, NO.332, pp: 96-108.
20-World Metrological Organization, 1969, Estimate of maximum floods, WMO tech Note No.98No233,TP-126.
21- mistry,j,f, 1984, review of design floods spillway capacities and free boards for embankment in Gujarat . proc .int . conf. on safty of dams , Coimbera , Portugal .
22-U.S .Army crops of Engineers, 1965, standard project flood determination, civil engineer Bulletin .No52-8