بررسی روش‌های مختلف میان‌یابی در تخمین داده‌های بارندگی ماهیانه در ناحیهٔ مرکزی ایران

محمدحسین مهدیان[۱]، نجفقلی غیاثی[۱] و سیدمحمود موسوی نژاد[۲]

چکیده

داده‌های نقطه‌ای ایستگاه‌های هواشناسی به خودی خود از اهمیت چندانی برخوردار نیستند. بنابراین، لازم است که این داده‌های نقطه‌ای به داده‌های ناحیه‌ای تبدیل شوند. پراکنش و شمار ایستگاه‌های هواشناسی در سطح کشور در حدی نیست که دست‌یابی به داده‌های ناحیه‌ای به طور مستقیم امکان پذیر باشد، که این مهم منوط به تولید داده در منطقه مورد بررسی است. تولید داده به کمک روش‌های زمین-آمار سریع و آسان می‌باشد. بنابراین، برای تعمیم داده‌های نقطه‌ای به ناحیه‌ای نیاز به تولید داده (برآورد) است. هدف این پژوهش تعیین روش مناسب میان‌یابی برای برآورد بارندگی ماهیانه در ناحیهٔ مرکزی ایران است. در این پژوهش از روش‌های کریجینگ (معمولی، با لگاریتم داده‌ها و با متغیر کمکی)، میانگین متحرک وزنی (با توان‌های ۱ تا ۵) و TPSS (با توان‌های ۲ و ۳ ، با و بدون متغیر کمکی) استفاده شده است. برای ارزیابی روش‌ها از تکنیک تأیید متقابل استفاده شده است.

بررسی نتایج پژوهش نشان می‌دهد که شعاع تأثیر بارندگی ماهیانه در ناحیهٔ مرکزی ایران در حدود ٤٥٠ کیلومتر است. هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهند که روش TPSS با توان ۲ و با متغیر کمکی ارتفاع، مناسب‌ترین روش برای تولید داده‌های بارندگی ماهیانه است. با تقسیم ناحیهٔ مرکزی ایران به مناطق هم‌اقلیم و اجرای روش انتخاب شده در این نواحی، دقت تولید داده در مقایسه با کل منطقه افزایش پیدا کرده است.

واژه‌های کلیدی: *ارزیابی، بارندگی ماهیانه، تأیید متقابل، ناحیه مرکزی ایران، میان‌یابی، کریجینگ، میانگین متحرک وزنی*

۱. عضو هیئت علمی مرکز پژوهش‌های حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

۲. کارشناس مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی، سمنان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]

مقدمه

داده‌های بارندگی در بررسی و پژوهش‌های آب و خاک اهمیت زیادی دارند. این داده‌ها عامل تعیین کنندهٔ پارامترهایی چون زمان کشت محصول، زمان جوانه‌زنی، آب مورد نیاز گیاهان و زمان عملیات زراعی است. در ایران، شمار ایستگاه‌های هواشناسی کافی نبوده و از توزیع مکانی مناسبی نیز برخوردار نیستند. در عین حال، شمار زیادی ایستگاه وجود دارد که داده‌های آنها به دلیل کمی قدمت، قابل استفاده نیستند. اغلب برای بررسی بسیاری از پروژه‌ها، هیچ اطلاعی از بارندگی وجود ندارد. بنابراین، لازم است که مقادیری برای آن برآورد شود. برای برآورد بارندگی در نقاطی که داده‌های بارندگی در دسترس نیست، راه حل‌های زیادی وجود دارد که از جملهٔ آنها می‌توان به استفاده از داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقهٔ مورد نظر، استفاده از میانگین داده‌های ایستگاه‌های مجاور و رابطهٔ بارندگی با ارتفاع اشاره کرد. یکی از معایب این روش‌ها، اطمینان نداشتن از دقت برآورد است. در برابر روش‌های فوق، روش‌های زمین‌آمار (Geostatistics) هستند. در این روش‌ها، ضمن این که تعیین دقت برآورد آنها امکان‌پذیر است، با استفاده از برخی از این روش‌ها، می‌توان ساختار مکانی داده‌ها را نیز مشخص کرد.

لازلت و همکاران (۹) چند روش میان‌یابی را برای برآورد اسیدیته خاک سطحی بررسی کردند. این روش‌ها شامل میانگین متحرک، عکس مربع فاصله، مثلثی، لاپلاس و کریجینگ (Kriging) معمولی است. از روش‌های فوق، روش‌های لاپلاس و کریجینگ بهترین تخمین زننده بوده و روش‌های دیگر از دقت کمتری برخوردار بودند. بر اساس پژوهش‌هایی که گالیشاند و همکاران (٦) در زمینه شوری و قلیائیت خاک انجام دادند، روش کریجینگ به عنوان روشی مناسب پیشنهاد شده است. هم‌چنین، کرسیس (۳) و هاچینسون (۸) برای کاربرد روش‌های میان‌یابی پژوهش‌هایی کردند. نتایج پژوهش‌های اینان نشان می‌دهد که روش‌های کریجینگ و TPSS (Thin Plate, Smoothing Splines) از دیگر روش‌های میان‌یابی دقیق‌ترند.

ولتز و گولارد (۱۱)، سه روش میان‌یابی نزدیک‌ترین فاصله، کریجینگ معمولی و کریجینگ با متغیر کمکی را برای برآورد منحنی‌های رطوبتی خاک استفاده و ارزیابی نمودند. بر اساس نتایج به دست آمده، کریجینگ و کوکریجینگ از روش نزدیک‌ترین فاصله دقیق‌تر بودند.

بال و لوک (۲)، از روش‌های تیسن، چند جمله‌ای، عکس فاصله، کریجینگ و TPSS برای برآورد شدت بارندگی در حوزه‌ای به وسعت ۱۱۲ کیلومتر مربع در کشور استرالیا، استفاده کردند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که روش TPSS از روش‌های دیگر دقیق‌تر بوده و روش تیسن کمترین دقت را داشته است. آبتو و همکاران (۱) نشان داده‌اند که روش کریجینگ روش مناسبی برای برآورد بارندگی سالیانه در جنوب فلوریدا است. دریکس و همکاران (٤)، شماری از روش‌های میان‌یابی را برای برآورد بارندگی روزانه ، ماهیانه و سالیانه در حوزه‌ای به مساحت ۳۵ کیلومتر مربع در ایسلند بررسی و ارزیابی نمودند. نتایج پژوهش‌های ایشان نشان می‌دهد که روش عکس مجذور فاصله نسبت به دیگر روش‌ها، حتی روش کریجینگ، کارآیی بهتری داشته است. وبر و انگلاند (۱۳)، پانزده روش میان‌یابی را برای برآورد بارندگی بررسی کردند. آنها نشان داده‌اند که با استفاده از روش‌های عکس فاصله و عکس مجذور فاصله، حتی در مقایسه با کریجینگ جواب‌های معقول‌تری به دست می‌آید.

بررسی نتایج منابع فوق نشان دهنده این است که روش میان‌یابی مناسب وابسته به متغیر مورد بررسی است. تجربیات کارشناسی نشان می‌دهد در شرایطی که داده‌ها از یک ساختار مکانی خوبی برخوردار باشند، روش‌های کریجینگ و TPSS برآوردهای معقولی را به دست می‌دهند. در غیر این صورت، روش‌هایی همچون میانگین متحرک وزنی (Weighted moving average)، که ساختار مکانی در تئوری آن تعریف نشده است، نتایج معقول‌تری را عاید می‌سازد. در این پژوهش کارآیی روش‌های مختلف میان‌یابی کریجینگ، میانگین متحرک وزنی و TPSS برای تولید داده‌های بارندگی ماهیانه در ناحیه مرکزی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]

ایران بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی، ناحیه مرکزی ایران است، که دارای مساحتی در حدود ۸۲/٤ میلیون هکتار بوده و نزدیک به نیمی از سطح کشور را شامل می‌شود. این ناحیه از هفت زیرحوزه تشکیل شده است. شهرهای بزرگ تهران، کرج، اصفهان، شهرکرد، سمنان، یزد، کرمان، سبزوار، شاهرود و همدان در این ناحیه واقع شده‌اند. بر اساس طبقه‌بندی گوسن، شش اقلیم در این منطقه تشخیص داده شده است (۱). در این پژوهش داده‌های هواشناسی ۳۰٤ ایستگاه استفاده شده، که موقعیت آنها در شکل ۱ ارائه شده است.

روش‌های میان‌یابی

روش‌های مختلفی (زمین-آمار) برای تولید داده وجود دارد، که با بررسی منابع و نرم‌افزارهای در دست‌رس، سه روش انتخاب و در این پژوهش استفاده شده است (جدول ۱). به منظور آسانی ارائه روش‌ها، علائم اختصاری برای هریک در نظر گرفته شده (ستون دوم)، که در ادامه از آنها استفاده شده است. در همه این روش‌ها از رابطه زیر برای تخمین متغیر در نقطه مورد نظر استفاده می‌شود، و تفاوت این روش‌ها در نحوه محاسبه فاکتور وزنی است.

$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} \lambda i \times Zi \qquad [۱]$$

که در آن:

Z* = مقدار برآورد شده

Zi= مقدار مشاهده شده

n = شمار مشاهدات

λ = فاکتور وزنی

i = اندیس مرتبط با ایستگاه

در این بررسی، از نرم افزار Krige (۱۰) برای اجرای روش کریجینگ استفاده شده است.

روش میانگین متحرک وزنی

در این روش، مقدار متغیر در یک محل معین با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Z_i}{d_i^{\alpha}}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^{\alpha}}} \qquad [۲]$$

که در آن:

d_i = فاصله بین نقطه مجهول و نقطه مشاهده شده

α = توان

پارامتر α مقدار وزنی است که به نقاط مشاهده شده داده می‌شود. هرچه توان بزرگ‌تر باشد، وزن بیشتری به نقاط نزدیک‌تر داده می‌شود. در حالتی که این پارامتر مساوی صفر باشد، روش به میانگین متحرک ساده تبدیل می‌شود. از نرم افزار WMA (۵) برای ارزیابی روش میانگین متحرک وزنی استفاده شده است.

کریجینگ معمولی

در این روش، دقت تخمین بستگی به نیم تغییرنما دارد، که به صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود. با رسم این معادله سه پارامتر آستانه (Sill)، اثر قطعه‌ای (Nugget effect) و شعاع تأثیر (Range of influence) به دست می‌آید.

$$\gamma(h)=\frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x+h)-Z(x)]^2 \qquad [۳]$$

که در آن:

γ = نیم تغییرنما

N(h) = شمار جفت نمونه‌های به کار رفته در محاسبه به ازای هر فاصله h

Z(x) = متغیر مشاهده شده

Z(x + h) = متغیر مشاهده شده به فاصله h از Z(x).

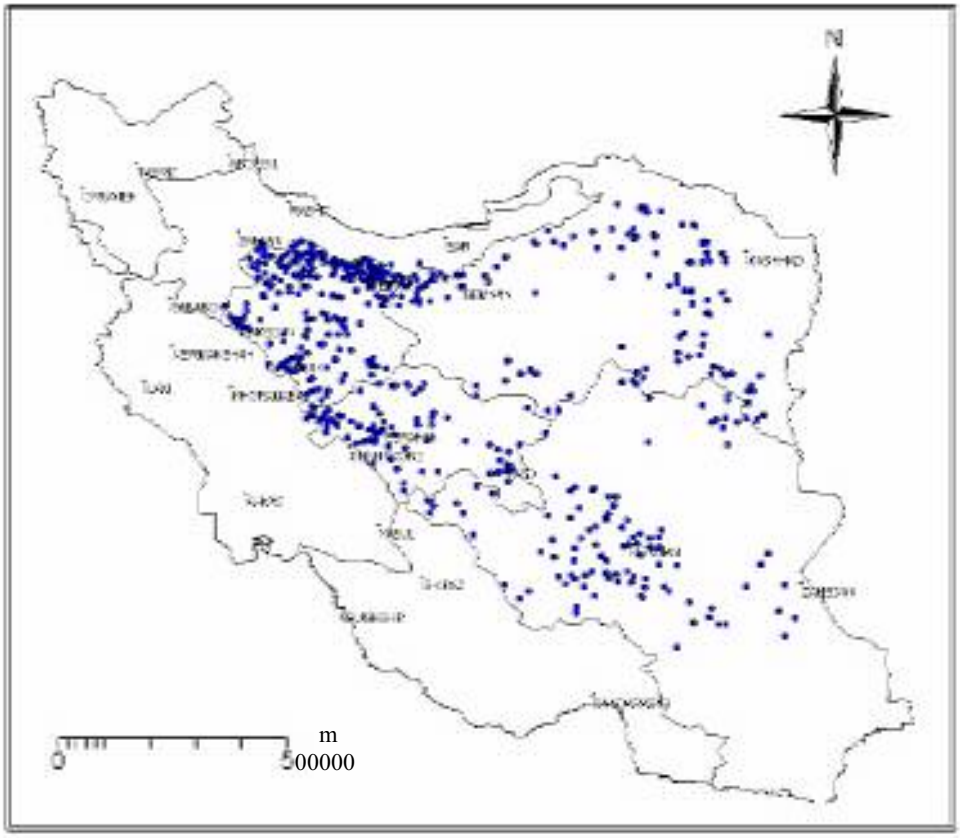
مقادیر وزن‌هایی که بایستی به مقادیر مشاهده شده داده شود، با استفاده از معادله زیر به دست می‌آید:

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]

جدول ۱. روش‌های میان‌یابی استفاده شده در این پژوهش

روش		علامت اختصاری
	میانگین متحرک وزنی	WMA
با توان‌های:		
a=1		WMA-1
a=2		WMA-2
a=3		WMA-3
a=4		WMA-4
a=5		WMA-5
	کریجینگ معمولی	OK
با لگاریتم داده‌ها		L- Kriging
بدون لگاریتم داده‌ها		Krige
	TPSS	TPSS
بدون متغیر کمکی و توان‌های:		
a=2		TPSS-2
a=3		TPSS-3
a=4		TPSS-4
a=5		TPSS-5
با متغیر کمکی و توان‌های:		
a=2		TPSS-CO2
a=3		TPSS-CO3
a=4		TPSS-CO4
a=5		TPSS-CO5



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در ناحیهٔ مرکزی ایران

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]

$$K\lambda = B \qquad [٤]$$

که در آن:

K = ماتریس کوواریانس بین نقاط مشاهده شده

B = ماتریس کوواریانس بین نقطه مجهول و نقاط مشاهده شده

λ = ماتریس ضرایب وزنی مجهول

روش TPSS

روش TPSS را وهبا (۱۲) ارائه کرده است. این روش شکلی از روش کوکریجینگ جهانی است، که در آن تابع کوواریانس به صورت زیر بیان می‌شود:

$$C(d) = d^{(m-1)} \log(d) \qquad [٥]$$

$$C(0) = \xi \qquad [٦]$$

که در آنها:

ξ = پارامتر پیرایش

m = درجه مشتق جزئی

پارامتر پیرایش نقش اثر قطعه‌ای را در روش کریجینگ دارد. در این پژوهش از نرم‌افزاری که هاچینسون (۷) تهیه کرده، استفاده شده است.

روش و معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی از تکنیک تأیید متقابل (Cross validation) استفاده شده است. در این تکنیک، یک نقطه به صورت موقتی حذف، و مقدار آن با استفاده از روش میان‌یابی تعیین می‌شود. این عمل برای کلیه نقاط انجام شده و نتیجه آن به صورت مقادیر برآورد شده و مشاهده شده برای کلیه ایستگاه‌ها استخراج گردیده است. بدین ترتیب، انحراف نتایج (MBE) و دقت روش (MAE) بر اساس روابط زیر محاسبه شده است:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(E_s - E_\circ)}{n} \qquad [٧]$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|E_s - E_\circ|}{n} \qquad [٨]$$

که در آنها:

E_s = مقدار برآورد شده

E_o = مقدار مشاهده شده

MBE نشان می‌دهد که اولاً آیا مدل مقدار متغیر مورد نظر را کم یا زیاد برآورد می‌کند؟ و ثانیاً مقدار آن در چه حدی است؟ در شرایطی که MBE برابر صفر باشد، نشان دهنده این است که مدل فضای مورد بررسی را خوب و بدون هیچ گونه انحرافی برآورد می‌نماید. هم‌چنین، دقت مدل با MAE مشخص شده است. مقدار صفر برای MAE، نشان دهندهٔ دقت صد درصد مدل بوده، هرقدر مقدار آن از صفر فاصله داشته باشد گویای کم شدن دقت مدل است.

نتایج و بحث

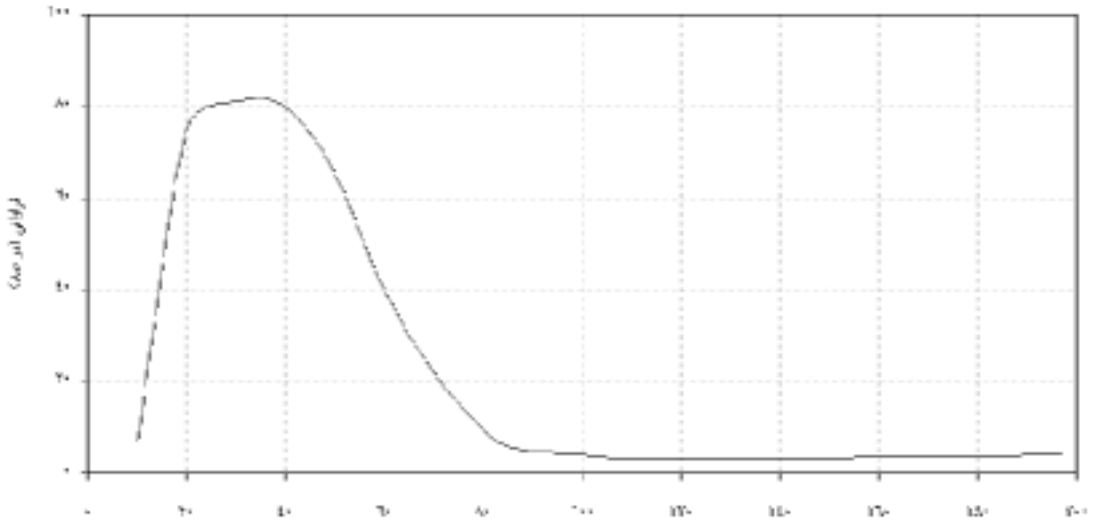
محاسبات آماری بارندگی ماهیانه در ناحیه مرکزی ایران نشان می‌دهد که در بین ماه‌های سال، شهریور کم‌باران‌ترین (۲/۲ میلی‌متر) و اسفند پرباران‌ترین ماه (٤۲/۷ میلی‌متر) سال است. به طور کلی، در بین فصول سال نیز، زمستان پرباران‌ترین (۱۱۳/۸ میلی‌متر) و تابستان کم‌باران‌ترین(۷/۳ میلی‌متر) فصول این ناحیه را تشکیل می‌دهد. زمستان، بهار، پاییز و تابستان به ترتیب ٤٤/۱، ۳۰/۰، ۲۳/۱ و ۲/۸ درصد میانگین بارندگی سالیانه را دارا هستند. مقادیر ضریب چولگی بارندگی برای ماه‌های مختلف بین ۱/۹۵ تا ۳/۹۱ تغییر می‌کند. بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که بارندگی‌های ماهیانه در ناحیهٔ مرکزی ایران با احتمال ۹۹ درصد از توزیع نرمال پی‌روی می‌کند. در این باره، به عنوان نمونه، فراوانی بارندگی فروردین‌ماه در شکل ۲ ارائه شده است. هم‌چنین، با احتمال ۹۹ درصد ارتفاع ایستگاه‌های هواشناسی نیز از توزیع نرمال پی‌روی می‌کند. شکل ۳ دامنهٔ فراوانی ارتفاع ایستگاه‌های هواشناسی ناحیهٔ مرکزی ایران را نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی هر یک از روش‌های میان‌یابی به شرح زیر است:

روش WMA

رابطه توان روش WMA با MBE و MAE برای بارندگی

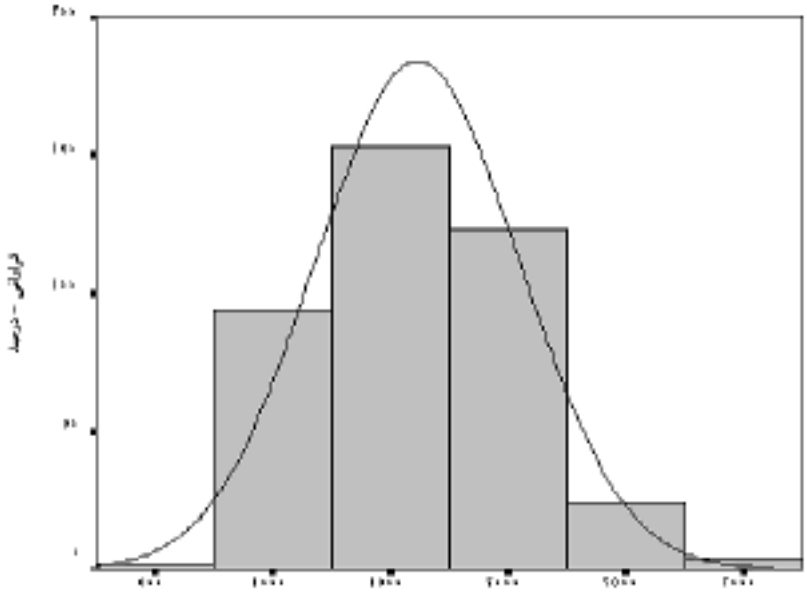
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]



بارندگی (میلی‌متر)

شکل ۲. فراوانی بارندگی فروردین‌ماه در ناحیهٔ مرکزی ایران



ارتفاع (متر)

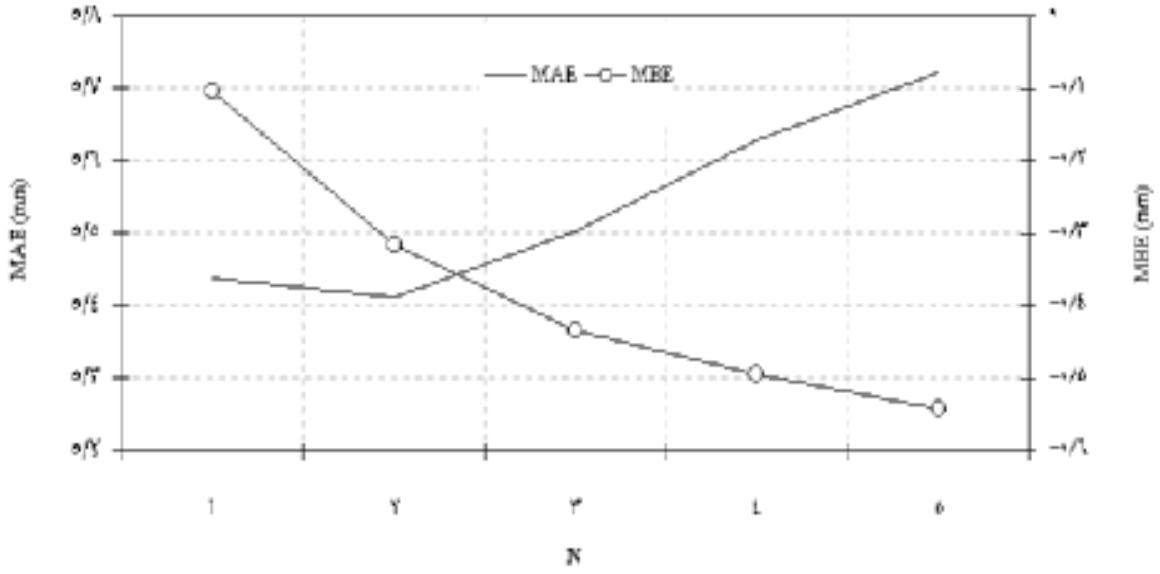
شکل ۳. فراوانی ارتفاع ایستگاه‌های هواشناسی در ناحیهٔ مرکزی ایران

ماهیانه در شکل ٤ ارائه شده است. لازم بـه توضیـح اسـت کـه مقادیر محاسبه شده میانگین نتایج برای ۱۲ ماه سال است. محـل برخورد دو محور دقت و انحراف، تـوان مناسـب را بـرای ایـن روش نشان می‌دهد، که بر اساس این شکل، در نقطه‌ای بین ۲ و ۳ است. از آن جا که توان‌های صحیح و بـدون اعشـار بـاید در این روش استفاده شود، بنابراین توان ۲ انتخاب شد، که به محل برخورد این دو محور نزدیک‌تر است.

نتایج ارزیابی روش فـوق بـا توان‌های مختلف در جدول ۲

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]



شکل ٤. رابطه شمار نقاط با MAE و MBE (میلی‌متر) در روش WMA در ناحیهٔ مرکزی ایران

ارائه شده است. از آن جا که ارائه جزئیات نتایج از حوصله این مقاله خارج است، بنابراین میانگین نتایج برای ۱۲ ماه سال در این جدول آمده است. در یک مقایسه بین توان‌های مختلف روش WMA، مشاهده می‌شود که در عمل این روش با توان‌های ۱ و ۲ دارای بیشترین دقت است (٥/٤ میلی‌متر). با توجه به این که نتایج روش فوق با توان ۱ از انحراف کمتری نسبت به توان ۲ برخوردار است، بنابراین برای برآورد بارندگی ماهیانه با استفاده از روش WMA در ناحیهٔ مرکزی ایران، توان ۱ توصیه می‌شود.

روش کریجینگ

برای اجرای روش کریجینگ نیاز به تحقیق پارامترهای نیم تغییرنما است. بنابراین، نیم تغییرنمای تجربی و شمار جفت‌های بارندگی برای ماه‌های مختلف سال محاسبه شد. در این زمینه، به عنوان نمونه، شکل ٥ نشان دهنده مدل و نیم تغییرنمای تجربی بارندگی برای فروردین‌ماه است. با استفاده از این مدل، اثر قطعه‌ای ۲۸۸ میلی‌متر مربع، آستانه ٤۱۲ میلی‌متر مربع و شعاع تأثیر ٤٥۰ کیلومتر به دست می‌آید. لازم به توضیح است که منحنی‌های تغییرنما برای کلیه ماه‌ها تعیین شده، که نتیجهٔ آن در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که اثر قطعه‌ای بین ٦ تا ۳٥۰ میلی‌متر مربع، آستانه بین ۱۰ تا ۸٦۰ میلی‌متر مربع و شعاع تأثیر بین ٤۳۰ تا ٥۲۰ کیلومتر تغییر می‌کند. با استفاده از نتایج جدول ۳، روش کریجینگ اجرا شد که میانگین نتایج ۱۲ ماه سال در جدول ۲ آمده است . بر اساس نتایج این جدول، میانگین دقت ماه‌های مختلف در حدود ٥/٦ میلی‌متر است، که بین ۱/۲ میلی‌متر در مردادماه تا حداکثر ۱۰/۲ میلی‌متر در اسفندماه متغیر بوده است. همین طور، میانگین انحراف ۰/۱ میلی‌متر محاسبه شده، که بین صفر میلی‌متر در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور، مهر، آبان و دی و ۰/۲ میلی‌متر در فروردین و اردیبهشت متغیر بوده است.

کریجینگ با لگاریتم داده‌ها

در این بخش، هدف بررسی نتایج مدل با وارد کردن لگاریتم داده‌ها در مدل کریجینگ است. بنابراین، لگاریتم داده‌ها، پارامترهای تغییر نمای لگاریتمی برای ماه‌های مختلف تعیین، و با وارد کردن مشخصات این نیم تغییرنما در مدل کریجینگ، نتایج آن ارزیابی شد. بر اساس نتایج جدول ۲، میانگین دقت ٥/۲ میلی‌متر است، که بین ۱/۱ میلی‌متر برای ماه‌های تیر و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]

جدول ۲. میانگین نتایج ارزیابی روش‌های میان‌یابی برای بارندگی ماهیانه (میلی‌متر)

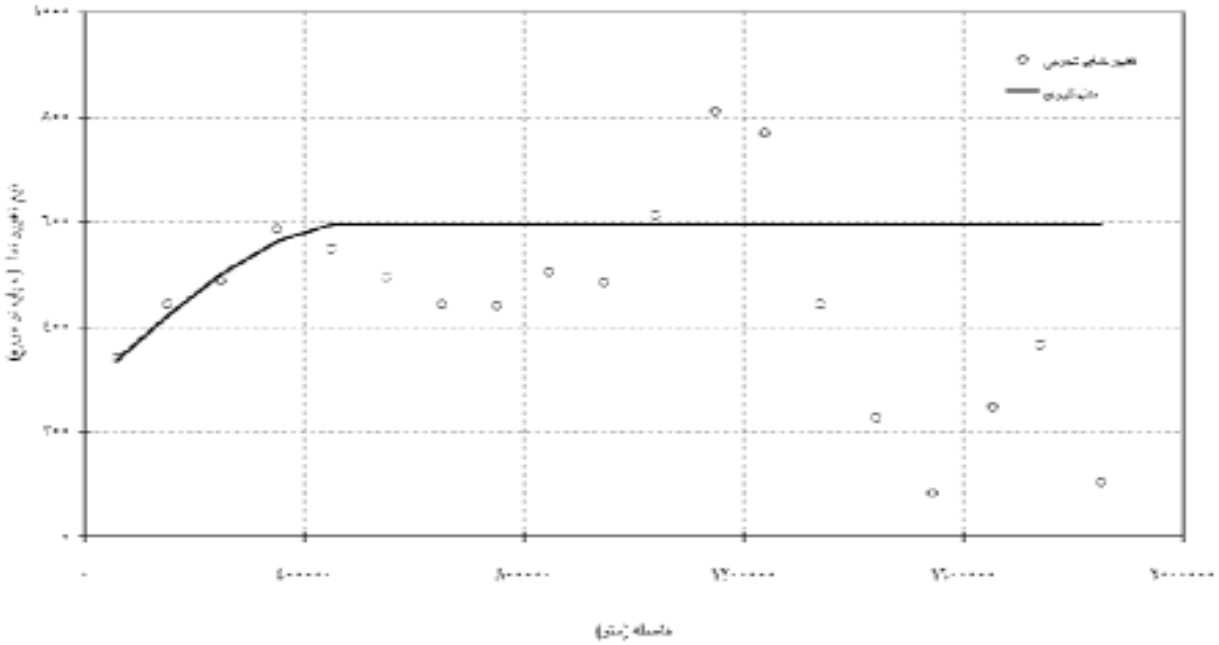
روش	انحراف				دقت		
	میانگین	حداکثر	حداقل	رتبه بر اساس انحراف	میانگین	حداکثر	حداقل رتبه بر اساس دقت
OK	۰/۱	۰/۲	۰/۰	۲	۵/۶	۱۰/۲	۱/۲ ۱۱
OK-LO	−۱/۲	−۰/٤	−۲/۱	۷	۵/۲	۹/۸	۱/۱ ۸
OK-CO	۰/۰	۰/۱	۰/۰	۱	۵/۱	۹/۸	۱/۲ ۷
WMA-1	−۰/۱	۰/۰	−۰/۲	۲	۵/٤	۱۰/۰	۱/۲ ۹
WMA-2	−۰/۳	−۰/۱	−۰/٦	٤	۵/٤	۹/۹	۱/۲ ۹
WMA-3	−۰/٤	−۰/۱	−۰/۸	۵	۵/۵	۱۰/۰	۱/۲ ۱۰
WMA-4	−۰/۵	−۰/۱	−۱/۰	٦	۵/٦	۱۰/۲	۱/۲ ۱۱
WMA-5	−۰/۵	−۰/۱	−۱/۱	٦	۵/۷	۱۰/٤	۱/۲ ۱۲
TPSS-2	−۰/۲	۰/۰	−۰/۵	۳	٤/۳	۷/۲	۱/۱ ۲
TPSS-3	−۰/۲	۰/۱	−۰/۹	۳	٤/۸	۸/۳	۱/۳ ۵
TPSS-4	−۰/۲	۱/۰	−۱/۲	۳	٤/۹	۸/٦	۱/۳ ٦
TPSS-5	−۷/۸	۰/۰	−۷/۸	۸	۱۳/۰	۸۱/۱	۱/۳ ۱۳
TPSS-CO2	−۰/٤	۰/۰	−۰/۷	۵	٤/۱	٦/۹	۱/۲ ۱
TPSS-CO3	−۰/٤	۰/۰	−۰/۸	۵	٤/۵	۸/۱	۱/۲ ۳
TPSS-CO4	−۰/۵	۰/۰	−۰/۹	٦	٤/۷	۸/۳	۱/۲ ٤
TPSS-CO5	−۰/۵	۰/۰	−۱/۰	٦	٤/۷	۸/۵	۱/۲ ٤

جدول ۳. مشخصات نیم تغییرنمای کروی برای روش کریجینگ معمولی

ماه	شعاع تأثیر (km)	اثر قطعه‌ای $(mm)^2$	آستانه $(mm)^2$
فروردین	۵۰۰	۲۸۰	٦۰۰
اردیبهشت	۵۲۰	۲۱۰	٤۹۰
خرداد	۵۲۰	۲۱	٦۹
تیر	٤۵۰	٦	۱٦
مرداد	٤۵۰	٦	۱۰
شهریور	٤۵۰	۱۰	۲۰
مهر	٤۳۰	۲۵	۷۵
آبان	٤۳۰	۱۱۰	۲۷۰
آذر	٤۳۰	۱۸۰	۵۲۰
دی	٤۳۰	۱۸۰	۵۲۰
بهمن	٤۳۰	۲۵۰	٦۰۰
اسفند	٤۳۰	۳۵۰	۸٦۰

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]



شکل ۵. مدل و نیم تغییرنمای تجربی فروردین‌ماه در ناحیهٔ مرکزی ایران

مرداد و ۹/۸ میلیمتر در اسفندماه تغییر می‌کند. حداکثر انحراف مربوط به ماه اسفند با ۲/۱ میلی‌متر و حداقل انحراف مربوط به ماه‌های تیر و مرداد با ۰/٤ میلی‌متر است (میانگین ۱/۲ میلی‌متر). ضمناً نتایج نشان می‌دهد که این روش بارندگی را کم برآورد می‌کند. میانگین بین متوسط تفاوت مقادیر برآورد شده و مشاهده شده برای ۱۲ ماه سال در حدود ۸/۳ درصد است.

کریجینگ با متغیر کمکی

بر اساس مطالبی که در قسمت‌های قبلی شرح داده شد، در این ناحیه، ارتفاع به عنوان متغیر کمکی استفاده شده است. ضریب هم‌بستگی بین بارندگی و ارتفاع در ماه‌های مختلف سال محاسبه شد، که مقادیر آن بسیار پایین بود. در عین حال، پارامترهای نیم تغییرنمای تجربی تلاقی بارندگی و ارتفاع محاسبه شد و بر اساس پارامترهای به دست آمده در ماه‌های مختلف، مدل کریجینگ اجرا گردید. میانگین نتایج آن برای ماه‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که حداکثر دقت مربوط به ماه‌های تیر و مرداد با ۱/۲ میلی‌متر و حداقل دقت مربوط به اسفندماه با ۹/۸ میلی‌متر بوده است (میانگین ۵/۱ میلی‌متر). همین طور، کمترین انحراف را همه ماه‌ها بجز فروردین ، اردیبهشت و خرداد با صفر میلی‌متر داشته‌اند. ضمناً بر اساس مقادیر انحراف به دست آمده می‌توان گفت که این روش بارندگی را زیاد برآورد کرده است.

TPSS

نتایج ارزیابی روش TPSS بدون متغیر کمکی (TPSS) و با متغیر کمکی (TPSS-CO) در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، در شرایطی که از متغیر کمکی استفاده نشده است، روش فوق با توان ۲ (TPSS-2) حداکثر دقت و کمترین انحراف را داشته، و با توان ۵ (TPSS-5) کمترین دقت و بیشترین انحراف را داشته است. در روش TPSS-2 بیشترین دقت مربوط به ماه‌های تیر و مرداد با ۱/۲ میلی‌متر، و کمترین آن مربوط به ماه فروردین با ٦/۹ میلی‌متر است. کمترین انحراف در روش TPSS-2 مربوط به خردادماه با صفر میلی‌متر، و بیشترین انحراف مربوط به ماه اردیبهشت با

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]

۰/۷ میلی‌متر است. ضمناً، نتایج نشان می‌دهد که روش TPSS بدون متغیر کمکی بارندگی را کم برآورد کرده است. در شرایطی که این روش با متغیر کمکی استفاده شده، TPSS-CO2 حداکثر دقت و کمترین انحراف را داشته، در صورتی که TPSS-CO5 حداقل دقت و بیشترین انحراف را در کلیه ماه‌ها داشته است . بیشترین دقت در روش TPSS-CO2 مربوط به تیر و مردادماه با ۱/۲ میلی‌متر، و کمترین دقت مربوط به فروردین با ۷/۳ میلی‌متر بوده است. کمترین انحراف مربوط به خردادماه با ۰/۱ میلی‌متر، و بیشترین انحراف مربوط به اردیبهشت‌ماه با ۰/٦ میلی‌متر است.

جمع‌بندی نتایج ارزیابی

نتایج رتبه‌بندی ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی برای برآورد بارندگی ماهیانه، در جدول ۲ ارائه شده است. رتبه‌بندی فوق بر اساس دقت نشان دهنده این است که روش TPSS-CO2 دقیق‌ترین روش است. در مجموع می‌توان گفت که میانگین دقت برای ماه‌های مختلف در حدود ٤/۱ میلی‌متر می‌باشد. در عین حال، اگر انحراف نتایج نیز دخالت داده شود، تفاوت انحراف روشی که کمترین انحراف را دارد با روش TPSS-CO2 ، در حدود ۰/٤ میلی‌متر است، که عملاً قابل توجه نیست. بنابراین، به عنوان یک نتیجه‌گیری می‌توان گفت که روش TPSS با توان ۲ و با متغیر کمکی ارتفاع روشی مناسب برای برآورد بارندگی ماهیانه در ناحیهٔ مرکزی ایران است.

بررسی نتایج بر اساس اقلیم

نتایجی که در قسمت‌های قبلی ارائه شد، مربوط به کل منطقه بوده است. به منظور بررسی تأثیر دقت برآورد در مناطق هم‌اقلیم به جای کل منطقه، روش انتخاب شده در اقالیم مختلف بررسی و ارزیابی شد. از آن جا که شمار ایستگاه‌ها در برخی از اقالیم زیاد نبوده است، بنابراین اقالیم نزدیک به هم ادغام شده‌اند (شکل ٦).

اقلیم بیابانی و نیم‌بیابانی شدید

در این اقلیم روش TPSS-CO2 با استفاده از داده‌های بارندگی ۵۲ ایستگاه ارزیابی گردید. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که حداکثر دقت مربوط به شهریورماه به میزان ۰/۲ میلی‌متر، و حداقل دقت مربوط به ماه بهمن با ٤/۱ میلی‌متر است. هم‌چنین، کمترین انحراف مربوط به ماه‌های شهریور و خرداد به میزان صفر میلی‌متر، و بیشترین انحراف مربوط به اردیبهشت‌ماه، به میزان ۰/۵ میلی‌متر بوده است. به طور میانگین دقت این روش برای برآورد بارندگی ماهیانه ۱/۵۷ میلی‌متر و انحراف آن ۰/۱۳ میلی‌متر به دست آمده است.

اقلیم نیم‌بیابانی خفیف و نیم‌بیابانی سرد

در این اقلیم با استفاده از داده‌های بارندگی ۱٤۸ ایستگاه، روش TPSS-CO2 ارزیابی شد. بر اساس این نتایج حداکثر دقت مربوط به مرداد ماه به میزان ۰/۹ میلی‌متر و حداقل دقت مربوط به ماه بهمن ۸/۱ میلی‌متر است. هم‌چنین، کمترین انحراف مربوط به ماه مرداد به میزان صفر میلی‌متر، و بیشترین انحراف مربوط به دی‌ماه به میزان ۱/۱ میلی‌متر بوده است. میانگین دقت و انحراف ماهیانه به ترتیب ٤/۰٦ و ۰/٤۵ میلی‌متر محاسبه شده است.

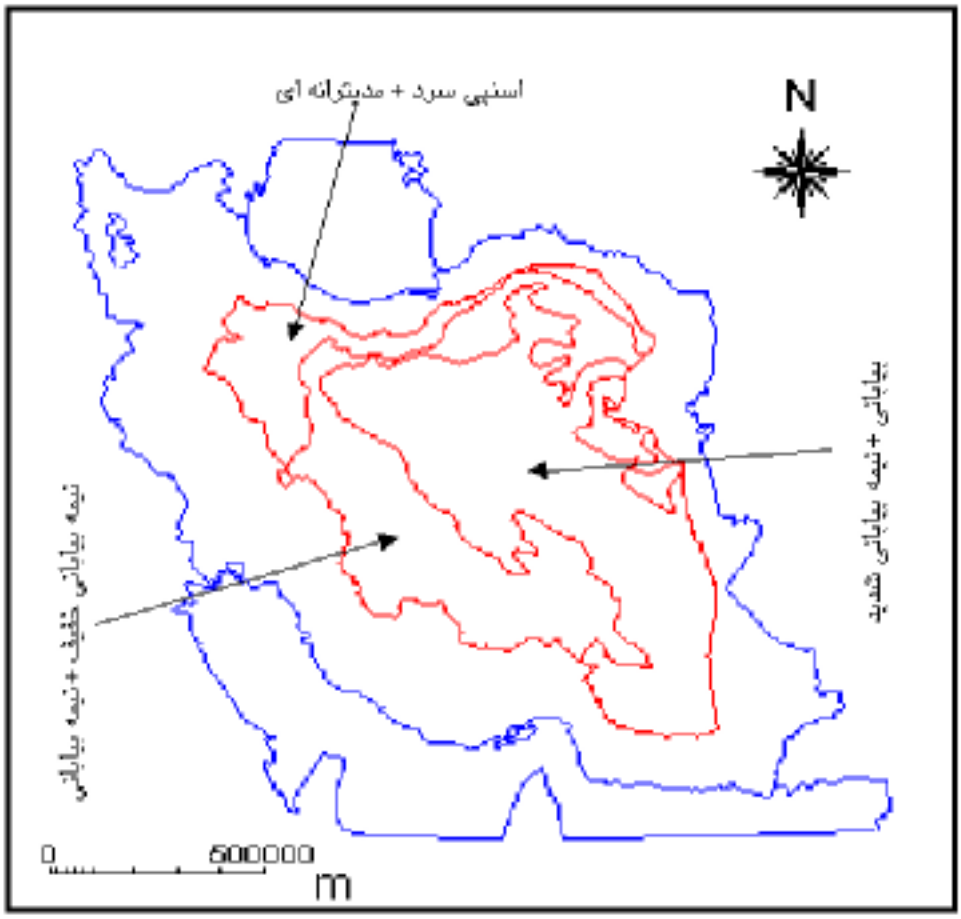
اقلیم استپی سرد و مدیترانه‌ای معتدل

در این اقلیم ۱۵۰ ایستگاه ارزیابی و نتایج آن استخراج شد. این نتایج نشان می‌دهد که حداکثر دقت مربوط به مردادماه به میزان ۱/۵ میلی‌متر و حداقل دقت مربوط به ماه اسفند ۹/۸ میلی‌متر است. هم‌چنین، کمترین انحراف مربوط به ماه مرداد به میزان صفر میلی‌متر، و بیشترین انحراف مربوط به اسفندماه به میزان ۱/۳ میلی‌متر بوده است. به طور متوسط دقت این روش ۵/۷۳ میلی‌متر و انحراف آن ۱/٤۸- میلی‌متر به دست آمده است.

با مقایسه نتایج به دست آمده، بر اساس اقالیم سه گانه و کل ناحیه، دیده می‌شود که با تقسیم ناحیهٔ مرکزی به مناطق هم‌اقلیم، دقت برآورد برای کلیه ماه‌ها افزایش یافته است. در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]



شکل ٦. تقسیم‌بندی اقلیمی ناحیهٔ مرکزی ایران

شرایطی که منطقه مورد بررسی به مناطق هم‌اقلیم تقسیم شود، میانگین دقت و انحراف برآورد نتایج به ترتیب ۳/۷۸ و ۰/۳۰- میلی‌متر بوده، در صورتی که میانگین این مقادیر برای کل ناحیه به ترتیب ۰/٤۰- و ٤/۱۰ میلی‌متر به دست آمده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با بررسی و ارزیابی روش‌های میانگین متحرک وزنی با توان‌های ۱ تا ۵، کریجینگ معمولی با و بدون متغیر کمکی و با لگاریتم داده‌ها و TPSS با توان‌های ۲ تا ۵ با و بدون متغیر کمکی، نتایج زیر به دست آمد:

۱. از بین روش‌های ارزیابی شده، روش TPSS با توان ۲ و با استفاده از متغیر کمکی ارتفاع ، روشی مناسب برای برآورد بارندگی ماهیانه می‌باشد.

۲. در مجموع توصیه می‌شود که به جای استفاده از روش‌های میان‌یابی در کل ناحیه مرکزی ایران، بهتر است روش‌های میان‌یابی در مناطق هم‌اقلیم استفاده گردد.

۳. شعاع تأثیر بارندگی ماهیانه در ناحیه مرکزی ایران در حدود ٤۵۵ کیلومتر است، که بین ٤۳۰ و ۵۲۰ کیلومتر تغییر می‌کند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]

منابع مورد استفاده

1. Abtew, W., J. Obeysekera and G. Shih. 1993. Spatial analysis for monthly rainfall in south Florida. Water Resour. Bull. 29(2): 179-188.
2. Ball, J. E. and K. C. Luk. 1998. Modeling spatial variability of rainfall over a catchment. J. Hydrol. Eng. 3(2): 122-130.
3. Cressies, N. 1991. Statistics for Spatial Data. John Wiley and Sons, Inc., New York.
4. Driks, K. N., J. E. Hay, C.D. Stow and D. Harris. 1998. High-resolution studies of rainfall on Norfolk Island. Part II. Interpolation of rainfall data. J. Hydrol. 208(3-4): 187-193.
5. Gallichand, J. 1988. Weighted Moving Average Program. Dept. of Agric., Laval University, Canada.
6. Gallichand, J., D. Bouckland, D. Marcotte and M. J. Hendry. 1992. Spatial interpolation of soil salinity and sodicity for a saline soil in southern Alberta. Can. J. Soil Sci. 72: 503-516.
7. Hutchinson, M. F. 1992. SPLINA and LAPINA. Center for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Canberra, Australia.
8. Hutchinson, M. F. 1993. On thin plate splines and kriging. PP. 104-113. *In*: M. E. Tarter and M. D. Lock (Eds.), Computing Science and Statistics, Vol. 25, Interface Foundation of North America, University of California, Berkeley, CA, USA.
9. Laslett G. M., A. B. Mcbratney, P. I. Phal and M. F. Hutchinson. 1987. Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. J. Soil Sci. 38: 325-341.
10. Viera, S. R., D. R. Rielson and J. W. Biggar. 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. Hilgardia 51(3): 1-75.
11. Voltz, M. and M. Goulard. 1994. Spatial interpolation of soil moisture retention curves. Geoderma 62: 109-123.
12. Wahba, G. 1980. Splines models for observational data. CBMS_NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics 59. Philadelphia, Pa.
13. Weber, D. and E. England. 1992. Evaluation and comparison of spatial interpolators. Math. Geol. 24: 381-391.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.1.3.7]