

## مقاله پژوهشی

### مقایسه برخی از روابط تجربی در برآورد زمان تمرکز در حوضه آبخیز میمه استان ایلام

فرزاد آزادنیا<sup>۱\*</sup>، نورالدین رستمی<sup>۲</sup> و رائد کمالی مقدم<sup>۳</sup>

#### چکیده

پارامترهای زمانی از جمله پارامترهایی هستند که در اکثر مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی استفاده می‌شوند. متداول‌ترین پارامترهای زمانی مورد استفاده در هیدرولوژی زمان تمرکز است. زمان تمرکز مدت زمانی است که آب از دورترین نقطه حوضه به نقطه خروجی برسد. زمان تمرکز در طراحی سرریزها، برآورد حجم سیلاب، تهیه هیدروگراف سیل و بسیاری از آنالیزهای هیدرولوژیکی دیگر مورد نیاز است. تا به حال روش‌های بسیاری برای برآورد زمان تمرکز ارائه شده است که هدف از این تحقیق انتخاب بهترین روش از روش‌های برآورد زمان تمرکز در حوضه آبخیز میمه در استان ایلام است. جهت برآورد زمان تمرکز واقعی بازه‌های مورد مطالعه از روش صحرایی مبتنی بر اندازه‌گیری زمان پیمایش آب با استفاده از محلول نمک استفاده شد. جهت انتخاب بهترین روش از روش‌های تجربی برآورد زمان تمرکز در حوضه مورد مطالعه درصد اختلاف مقادیر بدست آمده از روابط تجربی با مقادیر اندازه‌گیری شده در روش صحرایی تعیین شد و مشخص شد که روش‌های کریپچ و چاو و هیدروگراف استدلالی جوابهای نسبتاً خوبی ارائه دادند.

#### واژه‌های کلیدی: زمان تمرکز، استان ایلام، زمان پیمایش، هیدرولوژی

ارجاع: آزادنیا، ف. رستمی، ن. و کمالی مقدم، ر. ۱۳۸۸. مقایسه برخی از روابط تجربی در برآورد زمان تمرکز در حوضه آبخیز میمه استان ایلام. مجله پژوهش آب ایران. ۳ (۴): ۸-۱

1- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی دانشگاه تهران و کارشناس اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان ایلام

2- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

3- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

\* نویسنده مسئول: [farzad\\_azadnia@yahoo.com](mailto:farzad_azadnia@yahoo.com)

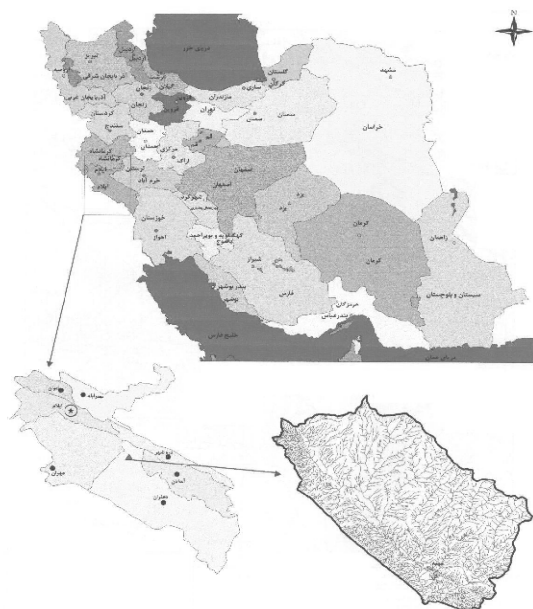
تاریخ دریافت: 1387/07/02 تاریخ پذیرش: 1388/06/15

نسبتاً قابل قبولی ارائه وی کردند و در شیب های بیش از ۷ درصد، معادله تأخیر SCS بهترین جواب را ارائه می دهد. گویتوم (۱۹۸۹) در یکی از حوضه های آریزونا به بررسی زمان تمرکز پرداخت و نشان داد که رابطه کریچ می تواند رابطه مناسبی برای حوضه مذکور باشد. هدف از تحقیق حاضر انتخاب بهترین رابطه برای برآورد زمان تمرکز در حوضه مورد مطالعه است.

### مواد و روشها

موقعیت منطقه مورد مطالعه:

حوضه آبخیز میمه با مساحت ۸۳۹۱/۸۴ هکتار، در شهرستان دهلران و در استان ایلام قرار گرفته است که از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۴۴° ۴۹' تا ۴۶° ۲۶' طول شرقی و ۳۴° ۱۲' تا ۳۳° ۱۹' عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۲۴۴ متر و حداقل ارتفاع در خروجی حوضه برابر ۱۱۱۵ متر از سطح دریا می باشد. از نظر هیدرولوژیکی حوضه مطالعاتی میمه یکی از سر شاخه های رودخانه میمه از زیر حوضه های مرزی غرب کشور می باشد که نهایتاً وارد کشور عراق خواهد شد. در شکل ۱ موقعیت حوضه مورد مطالعه در استان ایلام و ایران و در شکل ۲ زیرحوضه ها منطقه مورد مطالعه آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت حوضه میمه در استان ایلام و ایران

### مقدمه

پارامترهای زمانی، از جمله پارامترهایی هستند که در اکثر مدل های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی از آنها استفاده میشود. متداول ترین پارامتر زمانی مورد استفاده در هیدرولوژی زمان تمرکز است. زمان تمرکز مدت زمانی است که آب از دورترین نقطه حوزه آبریز به خروجی و یا به نقطه ای از مسیر رودخانه برسد (نجمایی، ۱۳۶۸) به عبارت دیگر زمان تمرکز مدت زمانی است که دورترین قطره نسبت به نقطه تمرکز لازم دارد تا مسیر خود را طی کند و به آن نقطه برسد. منظور از دورترین قطره نسبت به نقطه تمرکز ممکن است فاصله فیزیکی آن دو نباشد بلکه فاصله هیدرولیکی آن دو مدنظر است (علیزاده، ۱۳۷۴). زمان تمرکز در طراحی سرریزها، برآورد حجم سیلاب، تهیه هیدروگراف سیل و بسیاری از آنالیزهای هیدرولوژیکی دیگر مورد نیاز است (کرامت خانی، ۱۳۷۵).

با توجه به اینکه تعیین زمان تمرکز بستگی به شرایط فیزیوگرافی و اقلیمی حوضه دارد در نقاط مختلف جهان فرمول ها و روابطی را برای برآورد زمان تمرکز طراحی و مورد استفاده قرار داده اند. این در حالی است که کشور ایران دارای اقلیم های متفاوتی بوده و نمی توان به دلخواه و با در نظر گرفتن بعضی از پارامترها از این فرمول ها و روابط استفاده کرد. بنابراین نیاز است که این فرمول ها و روابط در حوضه های مختلف کشور مورد آزمایش قرار گرفته تا بهترین روش انتخاب شود. (معتد وزیری، ۱۳۸۳)

عباسی (۱۳۷۰) برای حوضه کسلیان در ناحیه شمالی البرز رابطه برانسی ویلیامز را بهترین روش برای برآورد زمان تمرکز معرفی کرد. مقدم نیا (۱۳۷۶) در دو حوضه امامه و کسلیان البرز شمالی، زمان تمرکز را با تزریق نمک بدست آورد و نتیجه گرفت رابطه تجربی برانسی ویلیامز بهترین روش برای برآورد زمان تمرکز در منطقه مذکور است. معتد وزیری (۱۳۸۳) به مقایسه برخی از روابط تجربی برآورد زمان تمرکز با زمان تمرکز اندازه گیری شده در حوضه شهرستانک اقدام کرد و نتیجه گرفت در شیب های کمتر از سه درصد هیچ یک از معادلات تجربی برآورد زمان تمرکز جواب مناسبی ارائه نمی دهند، در شیب های ۳ تا ۷ درصد معادلات چاو، کریچ، باسو و کالیفرنیا جواب های

در هر یک از زیر حوضه‌ها، طول رودخانه (از سرچشمه تا خروجی زیر حوضه) به چندین بازه همگن که دارای شرایط هیدرولیکی یکسان (شیب، سرعت و...) بودند تقسیم گردیدند. پس از مشخص شدن ابتدا و انتهای هر بازه، در سمت بالا دست هر بازه بسته به حجم آب، یکباره حجمی از نمک به درون آب تزریق گردید و در نقطه پایین دست بازه با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC متر) که قادر است کوچکترین تغییرات ایجاد شده در هدایت الکتریکی آب را نشان دهد، میزان EC آب رودخانه اندازه‌گیری شد.

فاصله زمانی بین تزریق نمک در بالادست و لحظه مشاهده در هدایت الکتریکی آب پایین دست توسط کورنومتر اندازه‌گیری گردید. زمان ثبت شده در واقع زمان پیمایش آب بود که از مجموع زمان پیمایش بازه‌های متوالی، زمان تمرکز زیر حوضه بدست می‌آید.

پس از اندازه‌گیری زمان تمرکز به روش صحرائی، خصوصیات فیزیکی زیر حوضه‌ها به روش صحرائی و با استفاده از نرم افزار 3.2 Ilwis از نقشه رقومی منطقه استخراج شد. که به صورت خلاصه در جدول ۲ ذکر شده است.

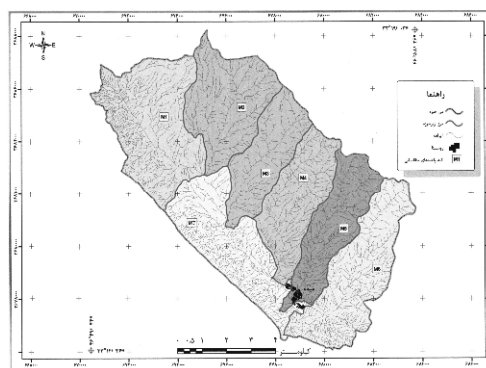
پس از برآورد زمان تمرکز به روش صحرائی، با استفاده از خصوصیات فیزیکی حوضه و تعدادی از معادلات و روابط تجربی برآورد که در جدول ۳ آمده است، زمان تمرکز محاسبه شد.

برای مقایسه داده‌های مشاهده‌ای (زمان تمرکز با استفاده از روش صحرائی) و داده‌های برآوردی (معادلات تجربی برآورد زمان تمرکز) از دو پارامتر آماری RE (روش درصد خطای نسبی) و RMSE (ریشه میانگین مربع خطا) استفاده شد. (مبارکی، ۱۳۸۵)

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O - \hat{O})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$RE = \frac{|O - \hat{O}|}{\hat{O}} \times 100 \quad (2)$$

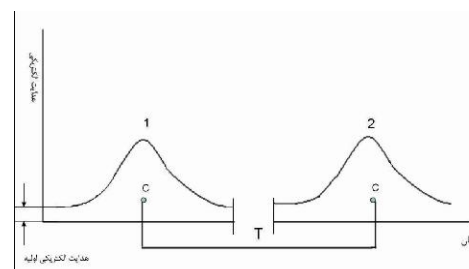
که در آن: RMSE: ریشه میانگین مربع خطا، RE: درصد خطای نسبی، O: مقادیر مشاهده‌ای،  $\hat{O}$ : مقادیر برآوردی است.



شکل ۲- نقشه زیر حوضه‌های منطقه مطالعاتی

### روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا مرز منطقه مورد مطالعه با استفاده از تفسیر عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و همچنین بازدید صحرائی از حوضه بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ پیاده شد و کلیه سر شاخه‌های اصلی دارای آب دائمی حوضه، مشخص گردیدند. پس از تهیه نقشه رقومی منطقه در نرم افزار 3.2 Ilwis، محدوده توپوگرافی هر یک از سر شاخه‌های اصلی تعیین شده و بدین ترتیب ۷ زیر حوضه حاصل گردید. که مطالعات و اندازه‌گیری‌های بعدی در این زیر حوضه‌ها متمرکز شد. در عملیات صحرائی برای برآورد زمان تمرکز واقعی از روش صحرائی مبتنی بر اندازه‌گیری زمان پیمایش آب توسط محلول نمک، استفاده گردید. در این روش مقداری نمک معمولی به صورت محلول و غلیظ تهیه شده و در نقطه‌ای از بالا دست رودخانه بصورت یکباره در آب ریخته می‌شود، نمک با آب مخلوط شده و با سرعتی معادل سرعت متوسط حرکت آب به جلو می‌رود و باعث بالا رفتن EC آب رودخانه می‌شود و در پایین دست به وسیله دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی میزان آن اندازه‌گیری و تغییرات آن نشان داده می‌شود. زمان پیمایش بین دو نقطه، برابر با زمان تمرکز در آن بازه است. (علیزاده، ۱۳۷۴ و مقدم نیا، ۱۳۷۶)



شکل ۳- اندازه‌گیری زمان پیمایش با استفاده از محلول نمک

جدول ۱- اندازه‌گیری زمان تمرکز به روش صحرائی در بازه‌های هر یک زیر حوضه‌های حوضه میمه استان ایلام

زیرحوضه	شماره	اختلاف ارتفاع (m)	فاصله افقی (m)	سرعت (m/s)	طول آبراهه (km)	شیب (%)	زمان تمرکز (min)
M1	۱	۲۶	۷۳۰	۲/۱	۱/۲۱	۳/۵۶	۹/۶
	۲	۴۰	۱۳۵۰	۲/۳	۲/۲۴	۳/۹۶	۱۶/۲
	۳	۴۰	۱۱۳۰	۲/۴	۱/۸۸	۳/۵۴	۱۳/۲
	۴	۴۰	۱۷۶۰	۲/۲	۲/۹۲	۲/۲۷	۲۲/۲
	۵	۴۰	۷۰۰	۲/۷	۱/۱۶	۵/۷۱	۷/۲
	۶	۴۰	۷۰۰	۲/۷	۱/۱۷	۵/۷۱	۷/۲
	۷	۸۰	۴۰۰	۳/۲	۰/۶۸	۲۰/۰۰	۳/۵
					۱۱/۲۶		۷۹/۱۰
M2	۱	۲۶	۶۷۰	۲/۲	۰/۶۷	۳/۸۸	۵/۱۷
	۲	۴۰	۵۴۰	۲/۹	۰/۵۹	۷/۴۱	۳/۳۴
	۳	۶۰	۷۲۰	۳/۰	۰/۷۲	۸/۳۳	۳/۹۵
	۴	۱۰۰	۷۸۰	۳/۶	۰/۷۹	۱۲/۸۲	۳/۶۵
	۵	۶۰	۶۸۰	۲/۹	۰/۶۸	۸/۸۲	۳/۹۵
	۶	۸۰	۷۷۰	۳/۲	۰/۷۷	۱۰/۳۹	۳/۹۵
	۷	۱۰۰	۶۰۰	۴/۱	۰/۶۷	۱۶/۶۷	۲/۷۴
	۸	۲۰۰	۶۱۰	۵/۰	۰/۶۴	۳۲/۷۹	۲/۱۳
	۹	۱۴۰	۳۹۰	۷/۱	۰/۶۵	۳۵/۹۰	۱/۵۲
					۶/۱۸		۳۰/۴۰
M3	۱	۴۲	۸۳۰	۲/۵	۰/۸۳	۵/۶۰	۵/۶۲
	۲	۴۰	۷۱۰	۲/۴	۰/۷۱	۵/۶۳	۴/۹۴
	۳	۸۰	۷۸۰	۳/۰	۰/۷۸	۱۰/۲۶	۴/۲۸
	۴	۸۰	۷۰۰	۳/۰	۰/۷۱	۱۱/۴۳	۳/۹۵
	۵	۱۰۰	۸۶۰	۳/۱	۰/۸۷	۱۱/۶۳	۴/۶۱
	۶	۸۰	۸۷۰	۳/۰	۰/۸۸	۹/۲۰	۴/۹۴
	۷	۸۰	۷۱۰	۳/۰	۰/۷۱	۱۱/۲۷	۳/۹۵
	۸	۶۰	۷۸۰	۲/۶	۰/۷۸	۷/۶۹	۴/۹۴
	۹	۱۴۰	۷۶۰	۳/۵	۰/۷۷	۱۸/۴۲	۳/۶۲
	۱۰	۱۲۰	۳۵۰	۶/۰	۰/۵۹	۳۴/۲۹	۱/۶۵
					۷/۶۳		۴۲/۵
M4	۱	۴۴	۸۰۰	۲/۶	۰/۸۳	۵/۵۰	۵/۲۴
	۲	۶۰	۸۵۰	۲/۹	۰/۸۵	۷/۰۶	۴/۹۳
	۳	۸۰	۹۴۰	۳/۲	۰/۹۴	۸/۵۱	۴/۹۳
	۴	۸۰	۷۳۰	۳/۳	۰/۷۳	۱۰/۹۶	۳/۷۱
	۵	۱۲۰	۶۸۰	۳/۴	۰/۶۹	۱۷/۶۵	۳/۳۸
	۶	۱۸۰	۷۳۰	۴/۵	۰/۷۵	۲۴/۶۶	۲/۷۷
	۷	۴۰	۶۴۰	۲/۵	۰/۶۵	۶/۲۵	۴/۳۱
	۸	۴۰	۷۱۰	۲/۶	۰/۷۳	۵/۶۳	۴/۶۲
	۹	۸۰	۷۹۰	۳/۰	۰/۷۹	۱۰/۱۳	۴/۳۲
	۱۰	۱۸۰	۸۴۰	۴/۲	۰/۸۶	۲۱/۴۳	۳/۳۹
					۷/۸۲		۴۱/۶۰
M5	۱	۴۱	۶۵۰	۲/۵	۰/۴۳	۶/۳۱	۲/۸۴
	۲	۴۰	۵۷۰	۲/۶	۰/۳۸	۷/۰۲	۲/۴۳
	۳	۴۰	۷۸۰	۲/۵	۰/۵۲	۵/۱۳	۳/۴۵
	۴	۴۰	۷۰۰	۲/۵	۰/۴۶	۵/۷۱	۳/۰۴
	۵	۸۰	۶۳۰	۳/۵	۰/۴۳	۱۲/۷۰	۲/۰۳

## ادامه جدول ۱

زیرحوضه	شماره	اختلاف ارتفاع (m)	فاصله افقی (m)	سرعت (m/s)	طول آبراهه (km)	شیب (%)	زمان تمرکز (min)	
M5	۶	۱۲۰	۶۱۰	۳/۸	۰/۴۱	۱۹/۶۷	۱/۸۲	
	۷	۱۴۰	۶۵۰	۴/۲	۰/۴۴	۲۱/۵۴	۱/۷۴	
	۸	۱۴۰	۶۴۰	۴/۲	۰/۴۳	۲۱/۸۸	۱/۷۲	
	۹	۸۰	۸۵۰	۳/۱	۰/۵۷	۹/۴۱	۳/۰۴	
	۱۰	۸۰	۹۴۰	۳/۲	۰/۶۳	۸/۵۱	۳/۲۵	
	۱۱	۸۰	۵۰۰	۳/۵	۰/۳۴	۱۶/۰۰	۱/۶۲	
	۱۲	۱۴۰	۴۲۰	۴/۰	۰/۲۹	۳۳/۳۳	۱/۲۲	
					۵/۳۳		۲۸/۲۰	
	M6	۱	۲۲	۶۳۰	۲/۲	۰/۵۱	۳/۴۹	۳/۸
		۲	۴۰	۹۳۰	۲/۷	۰/۷۵	۴/۳۰	۴/۶۸
		۳	۴۰	۷۵۰	۲/۸	۰/۶۱	۵/۳۳	۳/۵۷
		۴	۴۰	۶۹۰	۲/۸	۰/۵۶	۵/۸۰	۳/۳۴
۵		۴۰	۶۹۰	۲/۸	۰/۵۶	۵/۸۰	۳/۳۴	
۶		۱۰۰	۶۶۰	۴/۰	۰/۵۴	۱۵/۱۵	۲/۲۳	
۷		۸۰	۷۱۰	۳/۶	۰/۵۸	۱۱/۲۷	۲/۶۷	
۸		۱۰۰	۷۰۰	۳/۹	۰/۵۷	۱۴/۲۹	۲/۴۵	
۹		۲۰۰	۷۶۰	۴/۷	۰/۶۴	۲۶/۳۲	۲/۲۷	
۱۰		۸۰	۷۸۰	۳/۶	۰/۶۳	۱۰/۲۶	۲/۹۰	
۱۱		۶۰	۶۵۰	۳/۳	۰/۵۳	۹/۲۳	۲/۶۸	
۱۲		۸۰	۷۳۰	۳/۷	۰/۵۹	۱۰/۹۶	۲/۶۷	
۱۳	۱۶۰	۷۲۰	۴/۵	۰/۱۶	۲۲/۲۲	۲/۲۰		
				۷/۶۷		۳۸/۸۰		
M7	۱	۵	۶۰۰	۱/۴	۰/۴۱	۰/۸۳	۴/۸	
	۲	۲۰	۹۳۰	۲/۳	۰/۶۵	۲/۱۵	۴/۸	
	۳	۲۰	۹۳۰	۲/۲	۰/۶۴	۲/۱۵	۴/۸	
	۴	۲۰	۸۸۰	۲/۳	۰/۶۱	۲/۲۷	۴/۴	
	۵	۲۰	۹۵۰	۲/۰	۰/۶۶	۲/۱	۵/۴	
	۶	۲۰	۱۰۷۰	۲/۲	۰/۷۴	۱/۸۷	۵/۵	
	۷	۲۰	۸۷۰	۲/۳	۰/۱۶	۲/۳	۴/۴	
	۸	۲۰	۷۵۰	۲/۱	۰/۵۲	۲/۶۷	۴/۲	
	۹	۲۰	۱۱۵۰	۲/۲	۰/۷۹	۱/۷۴	۶/۰	
	۱۰	۲۰	۷۶۰	۲/۲	۰/۵۲	۲/۶۳	۳/۹	
	۱۱	۴۰	۱۰۷۰	۲/۹	۰/۷۴	۳/۷۴	۴/۲	
	۱۲	۲۰	۶۵۰	۲/۰	۰/۴۵	۳/۰۸	۳/۷	
	۱۳	۴۰	۱۱۳۰	۲/۹	۰/۷۸	۳/۵۴	۴/۵	
	۱۴	۲۰	۱۰۶۰	۲/۳	۰/۷۳	۱/۸۹	۵/۴	
	۱۵	۴۰	۱۱۰۰	۲/۹	۰/۷۶	۳/۶۴	۴/۴	
	۱۶	۴۰	۷۸۰	۳/۱	۰/۵۴	۵/۱۳	۲/۹	
	۱۷	۱۰۰	۶۲۰	۲/۸	۰/۴۳	۱۶/۱۳	۲/۶	
				۱۰/۵۷		۷۵/۹۰		

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی در زیر حوضه‌های حوضه میمه استان ایلام

شیب آبراهه اصلی (متر بر متر)	شیب حوضه (متر بر متر)	اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای آبراهه اصلی (متر)	اختلاف ارتفاع بین بالاترین و پایین ترین نقطه حوضه (متر)	طول آبراهه اصلی تا نقطه زمان تمرکز (کیلومتر)	مساحت (کیلومتر مربع)	زیر حوضه
۰/۰۲۶	۰/۰۶	۲۹۲	۶۸۱	۱۱/۲۶	۱۶/۲۶	M1
۰/۱۳	۰/۱۳۴	۸۰۶	۸۳۱	۶/۱۸	۱۲/۰۱	M2
۰/۱	۰/۱۰۹	۸۲۲	۸۳۴	۷/۶۳	۸/۸۲	M3
۰/۱۱	۰/۱۱۶	۸۹۲	۹۰۷	۷/۸۲	۱۰/۲۲	M4
۰/۱۹۱	۰/۱۹۳	۱۰۲۱	۱۰۲۹	۵/۳۳	۹/۶۲	M5
۰/۱۳۴	۰/۱۴۶	۱۰۳۲	۱۱۲۶	۷/۶۷	۱۳/۸۳	M6
۰/۰۴	۰/۰۵	۵۰۶	۵۷۸	۱۰/۵۷	۱۳/۱۶	M7

جدول ۳- روابط تجربی مورد استفاده در تحقیق

پارامتر	فرمول	رابطه تجربی	ردیف
$L$ : طول آبراهه به فوت $S$ : شیب حوضه به فوت بر فوت $T_c$ : زمان تمرکز به دقیقه	$T_c = \frac{0.00013L^{0.77}}{S^{0.385}}$	کریج	۱
$H$ : اختلاف ارتفاع بر حسب متر $L$ : طول آبراهه به متر $T_c$ : زمان تمرکز به ساعت	$T_c = 0.00032L^{1.15}H^{-0.385}$	چاو	۲
$A$ : مساحت به مایل مربع $D$ : قطر دایره معادل حوضه به مایل $S$ : شیب متوسط آبراهه به فوت بر فوت $L$ : طول آبراهه به متر $T_c$ : زمان تمرکز به ساعت	$T_c = \frac{L A^{0.4}}{DS^{0.2}}$	برانسی ویلیامز	۳
$n$ : ضریب زبری مانینگ $L_c$ : طول جریان سطحی به فوت $S$ : شیب حوضه به فوت بر فوت $T_c$ : زمان تمرکز به دقیقه	$T_c = \left[ \frac{0.67nL_c}{\sqrt{S}} \right]^{0.467}$	کربای هات وی	۴
$L$ : طول آبراهه به مایل $S$ : شیب متوسط آبراهه به فوت بر مایل $T_c$ : زمان تمرکز به ساعت	$T_c = 2.833L^{0.6}S^{-0.3}$	کارتر	۵
$A$ : مساحت به کیلومتر مربع $L$ : طول آبراهه به کیلومتر $H$ : ارتفاع متوسط بر حسب کیلومتر $T_c$ : زمان تمرکز به ساعت	$T_c = \frac{(4\sqrt{A}) + (1.5L)}{0.8\sqrt{H}}$	جیاندوتی	۶
$L$ : طول آبراهه به متر یا فوت $S$ : شیب حوضه به متر بر متر یا فوت بر فوت $M$ : مقدار ثابت برابر ۰/۰۵۷ برای سیستم متریک و ۰/۰۲۶ برای سیستم انگلیسی می‌باشد. $T_c$ : زمان تمرکز بر حسب دقیقه	$T_c = M \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.66}$	هیدروگراف استدلالی	۷

(مبارکی، ۱۳۸۵). در جدول ۵ نتایج بدست آمده (مقادیر برآوردی) آورده شده است.

برای مقایسه داده‌های مشاهده‌ای (زمان تمرکز با استفاده از روش صحرایی) و داده‌های برآوردی (معادلات تجربی برآورد زمان تمرکز) از دو پارامتر آماری درصد خطای نسبی (RE) و ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) استفاده شد. نتایج بدست آمده از این مقایسه‌ها در جداول ۶ و ۷ به صورت خلاصه آمده است.

با توجه به جداول ۶ و ۷ می‌توان بیان کرد روابط تجربی کریبیچ، چاو و هیدروگراف استدلالی روابطی هستند که RE و RMSE آنها پایین بوده و اختلاف کمی با داده‌ها و مشاهدات واقعی دارند. همچنین رابطه کربای - هات وی در زیر حوضه‌هایی که شیب کمتری دارند (M1 و M7) دارای خطای نسبی کمتر از ۵۰٪ بوده و می‌توان نتیجه گرفت که این رابطه تجربی می‌تواند در مناطق کم شیب و مسطح مورد استفاده قرار گیرد.

#### نتیجه‌گیری

همان‌طور که در بخش نتایج بیان شد برای مقایسه داده‌های مشاهده‌ای (زمان تمرکز با استفاده از روش صحرایی) و داده‌های برآوردی (معادلات تجربی برآورد زمان تمرکز) از دو پارامتر آماری درصد خطای نسبی و ریشه میانگین مربع خطا استفاده شده است. به طور قراردادی رابطه‌ای مناسب تر تشخیص داده می‌شود که میانگین خطای نسبی آن کمتر از ۲۵٪ و ریشه میانگین مربع خطا کمترین مقدار باشد و رابطه‌ای که دارای میانگین خطای نسبی کمتر از ۵۰٪ و ریشه میانگین مربع خطا کمتر باشد، مناسب خواهد بود. (مبارکی، ۱۳۸۵)

#### نتایج و بحث

برای اندازه‌گیری زمان تمرکز در هر یک از زیر حوضه‌ها، آبراهه اصلی مربوطه بدقت مورد ارزیابی قرار گرفت و براساس پارامترهایی نظیر شیب، عمق جریان، سرعت و... به بازه‌های همگن تقسیم شد سپس زمان تمرکز مطابق با روش بیان شده در بخش روش تحقیق، در هر بازه بدست آمد. از مجموع زمان تمرکز بدست آمده در هر یک از بازه‌های زیر حوضه، زمان تمرکز زیر حوضه بدست می‌آید. خلاصه مقادیر اندازه‌گیری شد در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- اندازه‌گیری زمان تمرکز به روش صحرایی در زیر حوضه‌های حوضه میمه استان ایلام

کد زیرحوضه	زمان تمرکز صحرایی (دقیقه)
M1	۷۹/۱
M2	۳۰/۴
M3	۴۲/۵
M4	۴۱/۶
M5	۲۸/۲
M6	۳۸/۸
M7	۷۵/۹

برای بدست آوردن زمان تمرکز روابط تجربی زیادی وجود دارد در این تحقیق سعی بر آن شده تا از روابطی استفاده شود که پارامترهای مورد نیاز آنها وجود داشته یا به سهولت قابل اندازه‌گیری باشند به همین منظور هفت رابطه متداول ( کریبیچ، چاو، برانسی و ویلیامز، کربای - هات وی، کارتر، جیاندوتی و هیدروگراف استدلالی ) انتخاب گردیدند

جدول ۵- برآورد زمان تمرکز (به دقیقه) با استفاده از روابط تجربی در زیر حوضه‌های حوضه میمه استان ایلام

کد زیرحوضه	کریبیچ	چاو	برانسی و ویلیامز	کربای هات وی	کارتر	جیاندوتی	هیدروگراف استدلالی
M1	۷۵/۶	۷۲	۲۵۶/۲	۱۴۱	۱۴۶۱/۶	۱۰۱۵/۸	۶۸/۱
M2	۳۴/۸	۳۳/۶	۱۰۵	۸۸/۲	۶۳۲/۴	۸۵۵/۶	۳۵/۱۵
M3	۴۴/۴	۴۲/۶	۱۳۸/۶	۱۰۲	۸۴۴/۲	۷۴۲/۲	۴۳/۲۵
M4	۴۴/۴	۴۲/۶	۱۳۸/۶	۱۰۲	۸۰۸/۲	۷۹۶/۲	۴۳/۸۲
M5	۲۷	۲۵/۸	۸۵/۸	۷۵	۴۵۸/۴	۷۶۸/۶	۲۸/۳۶
M6	۴۰/۲	۳۸/۴	۱۲۷/۲	۹۶	۷۲۱/۲	۹۱۸	۴۰/۵۴
M7	۷۴/۹	۷۱/۴	۲۱۱/۳	۱۴۲/۸	۱۸۰۱/۲	۹۱۹/۸	۶۹/۳۶

جدول ۶- درصد خطای نسبی بین مقادیر واقعی و مقادیر برآوردی از روابط تجربی

کد زیرحوضه	کریچ	چاو	برانسبی ویلیامز	کربای هات وی	کارتز	جیاندوتی	هیدروگراف استدلالی
M1	۴/۶۲	۹/۸۶	۶۹/۱۲	۴۳/۹	۹۴/۵۸	۹۲/۲۱	۱۶/۱۵
M2	۱۲/۶۴	۹/۵۲	۷۱/۰۴	۶۵/۵۳	۹۵/۲	۹۶/۴۴	۱۳/۵
M3	۴/۴۷	۰/۲۳	۶۹/۳۳	۵۸/۳۳	۹۴/۹۶	۹۴/۲۷	۱/۷
M4	۶/۷	۲/۳۴	۷۰/۰۰	۵۹/۲۱	۹۴/۸	۹۴/۷۷	۵
M5	۴/۴۴	۹/۳	۶۷/۱۳	۶۲/۴	۹۳/۸	۹۶/۳	۰/۵۶
M6	۳/۴۸	۱/۰۴	۶۹/۴	۵۹/۶	۹۴/۶	۹۵/۷	۴/۳
M7	۱/۳	۶/۳	۶۴	۴۶/۸	۹۵/۷	۹۱/۷	۹/۴۳

جدول ۷- درصد خطای نسبی بین مقادیر واقعی و مقادیر

## برآوردی از روابط تجربی

ردیف	روابط تجربی برآورد زمان تمرکز	RMSE
۱	کریچ	۲/۶۲
۲	چاو	۳/۵۳
۳	برانسبی ویلیامز	۱۱۰/۲۲
۴	کربای هات وی	۵۸/۹۱
۵	کارتز	۹۷۱/۱۸
۶	جیاندوتی	۸۱۵/۱
۷	هیدروگراف استدلالی	۵/۲۷

۴- مبارکی ج. ۱۳۸۵. بررسی میزان دقت روابط تجربی در برآورد زمان متمرکز و زمان تا اوج آب‌نمودها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

۵- معتمد وزیری ب. ۱۳۸۳. برخی از روابط تجربی در برآورد زمان تمرکز در حوضه آبخیز شهرستانک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

۶- مقدم نیا ع.ر. ۱۳۷۶. بررسی مقایسه‌ای زمان تمرکز، زمان تأخیر و زمان رسیدن تا اوج سیلاب براساس روش‌های تجربی و تجزیه هیدروگراف در دو منطقه آب و هوایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

۷- مهدوی م. ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربری. جلد دوم، دانشگاه تهران.

۸- نجمایی م. ۱۳۶۸. هیدرولوژی مهندسی، جلد دوم، انتشارات سارا.

9- Goitom T.G. 1989. Evaluation of tc methods in a small Rural watershed. Channel flow and catchment run off: Centennial of Manning's Formula and Kuichling's Rational Formula B.C. Yen (Ed.) University of Virginia, U.S. National Weather Service and University of Virginia.

10- Xing F. Asquith W.H. Garcia C.A. Cleveland T. Thompson D. and Malla R. 2004. Literature Review on Time Parameters for Hydrographs. Project Report 0-4696-1, Department of Civil Engineering, Lamar University, Beaumont, TX.

## منابع

- ۱- عباسی ع.ا. ۱۳۷۰. گزارش نهایی پروژه تهیه کالیبراسیون مدل برآمده رواناب برای حوضه‌های آبخیز کوچک. وزارت جهاد سازندگی و مرکز تحقیقات آب.
- ۲- علیزاده ا. ۱۳۷۴. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۳- کرامت خانی. ۱۳۷۵. روش‌های تعیین زمان تمرکز حوضه. وزارت جهاد سازندگی. گروه مطالعه و ارزیابی سیل.