

سال اول، شماره اول، بهار و تابستان 1392
تاریخ دریافت: 1391/8/4 تاریخ تأیید نهایی: 1391/12/7
صص: 185-201

بررسی پالئوکلیمای حوضه آبخیز جاجرود به کمک شواهد

یخچالی

سید مرتضی ابطیحی¹ استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، اصفهان، ایران

چکیده

اقلیم با تغییرات تناوبی خود طی دوره کواترنر، منشا تحولات بسیاری در فرم‌های اراضی و شکل-گیری تمدن‌های بشری بوده است؛ لذا در این مطالعه در صدد ترسیم شرایط اقلیمی حاکم بر حوضه جاجرود در کواترنر پایانی با بهره‌گیری از شواهد ژئومورفیک هستیم. بدین منظور آثار و شواهد یخچالی بجا مانده از دوره‌های یخچالی در ارتفاعات حوضه جاجرود، به کمک نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی ردیابی گردید. این شواهد به صورت 440 سیرک در ارتفاعات شمالی حوضه، با حداقل ارتفاع 2500 متر و حداکثر 4300 متر شناسایی شد. به کمک روش رایست و موقعیت ارتفاعی سیرک‌ها، خط برف 3000 متر برای حوضه تعیین گردید. نقشه‌های هم‌دما و هم‌باران حوضه در شرایط کنونی و در کواترنر پایانی، به کمک آمار ایستگاه‌های سینوپتیک، رابطه سنجی بین دما، بارش، ارتفاع و همچنین با در نظر گرفتن ارتفاع خط برف، ترسیم گردید. نتایج حاکی از افزایش 4/4 درجه‌ای دما و کاهش 151/5 میلی‌متری بارش حال حاضر نسبت به گذشته است. وجود پادگانه-های رودخانه‌ای رودخانه‌های جاجرود و کرج، مخروط افکنه‌های گسترده در دامنه‌های جنوبی البرز، وجود آثار دریاچه‌ها و چاله‌های بجا مانده از گذشته و موقعیت تمدن‌ها و کانون‌های مدنی شکل گرفته در حوضه موید این تغییرات اقلیمی هستند.

کلمات کلیدی: کواترنر، دوره‌های یخچالی، تغییر اقلیم، کانون‌های مدنی، روش رایست.

1- مقدمه

از خصوصیات بارز کوتاه‌تر که موجب تمایز آن از بقیه دوران‌های زمین‌شناسی شده، یکی پیدایش انسان و دیگری پیشروی و پسروی یخچال‌های دائمی در عرض‌های بالا و ارتفاعات، طی دوره‌های یخچالی و بین یخچالی است (معمد، 1382). به طور کلی، یخچال‌ها را می‌توان به دو گروه بزرگ تقسیم کرد:

یخچال‌های قطبی - کلاهکی و یخچال‌های کوهستانی یا جریانی.

اکنون یخچال‌ها حدود 10 درصد (5/15 میلیون کیلومتر مربع) از سطح خشکی‌های زمین را پوشانیده‌اند. از این مقدار 86 درصد به صورت کلاهکی در قطب جنوب قرار دارد و 10 درصد آن را یخچال‌های گروئلند تشکیل می‌دهد و 4 درصد باقیمانده شامل هزاران کیلومتر مربع یخچال‌های کوه‌های مناطق معتدل است (فریگنو¹، 1988).

یخچال‌ها توده‌های یخی هستند که در اثر تبلور مجدد برف تشکیل می‌شوند و می‌توانند تحت تأثیر نیروی جاذبه از حرکت و جریان رو به جلو برخوردار شوند. یخچال‌ها در گذشته از گستردگی بیشتری برخوردار بوده‌اند، به طوری که نواحی که امروزه نواحی معتدل زمین را شامل می‌شوند در دوره‌های یخچالی گذشته، پوشیده از یخچال‌های طبیعی بوده‌اند. یخچال‌های طبیعی را به 4 دسته یخچال‌های دره‌ای²، یخچال‌های کوهپایه‌ای³، یخچال‌های پهنه‌ای⁴ و یخچال‌های قاره‌ای⁵ تقسیم نموده‌اند. یخچال‌های کنونی ایران در 5 نقطه شناسایی شده و شامل قله دماوند، تخت سلیمان، علم کوه، سبلان و زرد کوه می‌باشد (فریگنو، 1988).

تاکنون محققین داخلی و خارجی مطالعاتی در خصوص یخچال‌ها و تغییرات ارتفاعی مرز آن‌ها در دوره‌های یخچالی و بین یخچالی در ارتفاعات ایران انجام داده و اعداد و ارقام مختلفی را در این خصوص ارائه کرده‌اند. بر اساس آثار نهستی و

-
- 1- Ferrigno
 - 2- Valley glaciers
 - 3- Pediment glaciers
 - 4- Ice sheets
 - 5- Continental glaciers

فرسایشی یخچال‌های گذشته، حد پایین توسعه آن‌ها تعیین و سپس خط برف زمان تشکیل یخچال مشخص گردیده است. خط برف عبارت از ارتفاعی است که بالاتر از آن برف‌های سالیان متمادی روی هم انباشته شده و به یخ تبدیل می‌گردد و بالاخره ضخامت یخ به حدی می‌رسد که سبب حرکت خمیری و لغزشی توده یخ نسبت به بستر آن می‌گردد. در واقع در این حال یخچال فعالی به وجود می‌آید که زبانه آن بسته به ارتفاع و وسعت منطقه تجمع برف، صدها و گاهی هزاران متر از خط برف پایین-ترمی‌رود (پدرامی، 1370). پدرامی پس از سال‌ها مطالعه در نقاط مختلف کشور خط برف آخرین عصر یخ (ورم) را در سطح کشور تعیین نموده است. بر اساس مطالعات پدرامی، خط برف در منطقه اراک و حوضه میقان، 2400 متر تعیین شده است. دمای متوسط تابستانی این ارتفاع در حال حاضر 22 درجه است. بنابراین اختلاف دمای تابستانی کنونی با دمای عصر یخبندان در حدود 18 درجه می‌باشد. دمای متوسط سالیانه در محل تشکیل گوه‌های یخی (Ice wedge casts) در حدود 5- درجه سانتیگراد است. بر اساس مشاهده این گوه‌ها در ارتفاع 1850 متری جنوب ازنا می‌توان دمای متوسط 5- را برای آن ارتفاع در عصر یخ در نظر گرفت. متوسط دمای کنونی در این ارتفاع 10 درجه سانتیگراد است. بنابراین اختلاف دمای 15 درجه محاسبه می‌گردد. با لحاظ اختلاف دمای تابستانی 18 درجه و اختلاف متوسط دمای 15 درجه، می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف دمای زمستان عصر یخ و دوره کنونی 12 درجه است. پدرامی اختلاف 6 درجه‌ای کاهش دمای تابستانی و زمستانی را به دلیل قطع بارندگی در تابستان و در واقع عدم نفوذ توده‌های مرطوب و خنک به داخل فلات ایران در تابستان می‌داند (پدرامی، 1370). محققین داخلی، کاهش مقدار دمای دوره کوآترنری ایران را بر اساس ارتفاع برف مرز به شرح زیر تعیین نموده‌اند: رامشت (1381) 9 درجه برای زفره اصفهان، نعمت الهی (1382) 10 درجه برای دشت نمدان اقلید، رامشت (1383) 14/25 درجه سانتیگراد برای سلفچگان، پوردهقان (1385) 10/5 درجه برای دهبکری بم و شاهزیدی (1385) 6 درجه برای کوه‌های چوپار کرمان.

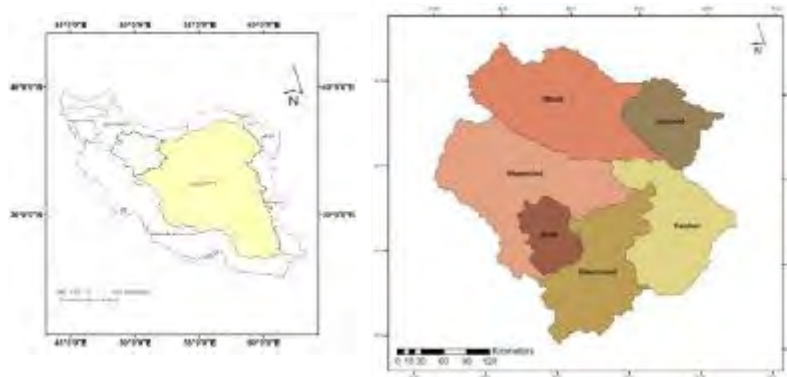
همان‌گونه که ملاحظه می‌شود اعدادی بین 6 تا 14 درجه کاهش دمای کواترنری نسبت به امروز برآورد کرده‌اند. یمانی (1386) با مبنا قرار دادن ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی (3000 متر) در دامنه‌های کوه‌های کرکس با میانگین دمای صفر درجه در دوره یخچالی به این نتیجه رسید که دمای آخرین دوره یخچالی در این منطقه بین 10 تا 12 درجه سانتیگراد سردتر از شرایط کنونی بوده است. رفیعی در سال 1388 یخچال‌های کهک قم را مطالعه و خط برف را 2672 متر در عصر یخ تعیین نمود. وی با مشخص کردن سیرک‌های منطقه و به کارگیری روش رایت به این ارتفاع دست یافت. مرز برف-های دائمی ایران مرکزی در حال حاضر از 4600 متر (Gruner) تا 5000 متر (Schweizer) و در دوره‌های سرد از 3200 متر (Kuhle)، 3500 متر (Hagedorn)، 3700 متر (Dresch)، 3800 متر (Gruner)، 4000 متر (Schweizer) متفاوت ارائه شده است.

هدف از اجرای این تحقیق، تعیین اقلیم گذشته حوضه جاجرود به کمک آثار و شواهد یخچالی موجود در ارتفاعات شمالی حوضه (البرز مرکزی) و مقایسه آن با شرایط کنونی است.

2- مواد و روش‌ها

2-1- موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه جاجرود یکی از زیرحوضه‌های شش گانه دریاچه نمک است که در شمال آن واقع شده است (شکل 1). این زیر حوضه 9/73 درصد از کل حوضه دریاچه نمک را شامل می‌شود و دارای مساحتی حدود 9028 کیلومتر مربع است که از این مقدار، حدود 8833 کیلومتر مربع در استان تهران؛ 8 کیلومتر مربع در استان سمنان و 187 کیلومتر مربع در استان مازندران واقع شده است. از شهرهای مهم موجود در این زیر حوضه می‌توان به دماوند، ورامین، پاکدشت، تهران، کرج و شهریار و از رودخانه‌های اصلی، به جاجرود و کرج اشاره کرد.



شکل 1- موقعیت حوضه جاجرود در ایران و نمای 3 بعدی آن

2-2- روش تحقیق

در این تحقیق، شیوه تعیین دما در آخرین دوره یخچالی بر حد برف مرز استوار است. برف مرز خطی است که در بالاتر از آن برف تغییر حالت نمی دهد و به آب تبدیل نمی شود. برای تعیین برف مرز روش های مختلفی وجود دارد. پورتر¹ در مطالعه کوهستان های یخچالی عرض های پایین، از 5 روش برای بازسازی ارتفاع خط تعادل (خطی که در آن گسترش یخچال به وسیله انباشت بر ذوب یخ طی عمل برداشت برتری دارد) استفاده می کند. وی معتقد است از آنجا که این روش ها از نظر شیوه با

1-Porter

یکدیگر تفاوت دارند، بنابراین، نتایج حاصل از این روش‌ها با یکدیگر قابل مقایسه نیستند. این 5 روش عبارتند از: الف) روش ارتفاع کف سیرک ب) روش بررسی یخرفت‌های جانبی قسمت بالای دره ج) روش آستانه‌های یخبندان د) روش نسبت ارتفاع ه) روش نسبت انباشتگی - مساحت (زمانی 1388).

یکی دیگر از روش‌های تعیین خط برف مرز روش "رایت" است. در این روش با تعیین مکان سیرک‌ها و ارتفاع آن‌ها، ارتفاعی به عنوان خط برف مرز دائمی در نظر گرفته می‌شود که 60 درصد سیرک‌های منطقه بالاتر از آن باشند (رامشت 1384). هر سیرک یخچالی¹، حوضچه‌ای است که یخچال کوهستانی از آن جریان می‌یابد. به عبارت دیگر، نقطه کانونی تغذیه یخچال، سیرک نامیده می‌شود، که به شکل چاله‌هایی مدور و عمیق با کناره‌های شیب‌دار هستند و تحت فرسایش یخچالی ایجاد شده‌اند.

در این تحقیق به کمک نقشه‌های توپوگرافی 1/50000 و مدل رقومی ارتفاع (DEM)، موقعیت سیرک‌های حوضه جاجرود تعیین گردید (شکل 2). بازدیدهای میدانی تعدادی از سایت‌های یخچالی در مسیر جاده چالوس در کوهستان‌های مشرف به روستای گرماب و قله کهار در نزدیکی روستای کلوان و تعیین مختصات سیرک‌های موجود به کمک دستگاه GPS، این مکان‌یابی را تأیید کرد. سپس ارتفاع بالاتر از ارتفاع 60 درصد سیرک‌ها به عنوان ارتفاع برف مرز حوضه یعنی جایی که متوسط دمای سالانه معادل صفر درجه می‌باشد، مد نظر قرار گرفت.

یخ‌های جمع شده در سیرک‌ها و ارتفاعات بالا، پس از مدتی با سرعت 5 تا 10 متر در سال به سمت مناطق پایین دست شروع به حرکت می‌کنند و پس از عبور از خط برف دائمی و به رغم آن‌که دمای محیطی از صفر درجه بالاتر بوده، همچنان به حرکت ادامه می‌دهند. پایداری یخ تا ارتفاع مشخصی پایان می‌یابد، این ارتفاع را خط تعادل آب و یخ می‌نامند. در این تحقیق معادل ارتفاعی دمای 5 درجه بالای صفر دوره یخچالی به عنوان خط تعادل آب و یخ در نظر گرفته شد (رامشت، 1383). در دوره-

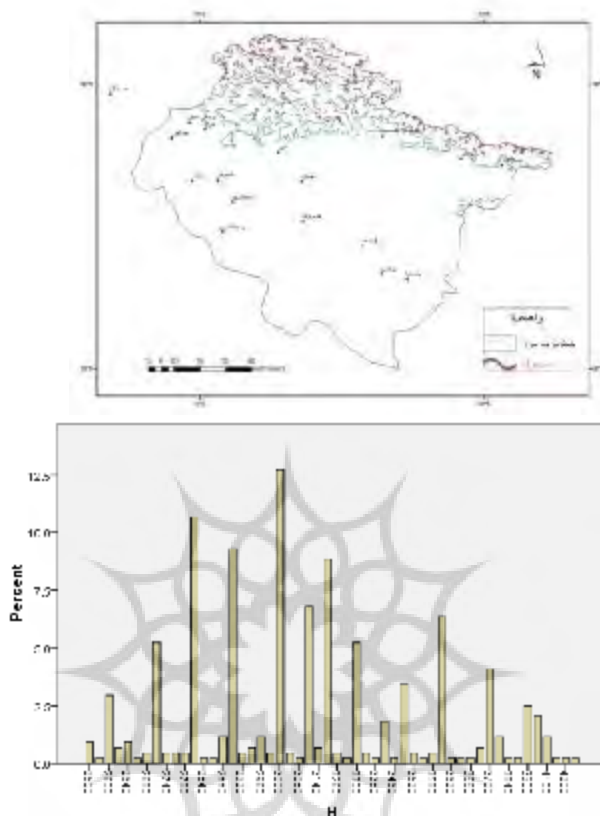
های یخچالی، مناطق پایین دست، از بارش بالا و دمای پایین تری نسبت به شرایط کنونی برخوردار بوده‌اند؛ لذا این بیلان مثبت آب و آب ناشی از ذوب یخ‌های بالادست، موجب تشکیل دریاچه‌هایی می‌شده‌اند که سواحل آن‌ها را اصطلاحاً خط تعادل آب و خشکی می‌نامند. برای تعیین این خط، به مطالعات قبلی نگارنده در خصوص تعیین خطوط تراز ساحلی دریاچه نمک به کمک شواهد ژئومورفیک استناد گردید. در تحقیق مذکور 4 خط تراز کنونی، 820، 900 و 950 متر به دست آمد؛ بنابراین در این مقاله خط ارتفاعی 950 متر به عنوان خط تعادل آب و خشکی لحاظ شد (ابطحی، 1391). به منظور بررسی وضعیت اقلیم کنونی این حوضه، ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در حوضه و اطراف آن که از آمار دقیق و طولانی تری برخوردار بودند، انتخاب گردید. پس از جمع‌آوری آمار مورد نیاز و بازسازی آن‌ها، میزان و نوع همبستگی این متغیرها با عامل ارتفاع در محیط آماری اس پی اس اس¹ محاسبه و مدل‌های مورد نیاز برای برآورد دما و بارش در ارتفاع‌های مختلف استخراج شد. جهت ترسیم نقشه‌های هم‌دما و هم‌باران از مدل ارتفاعی رقومی حوضه که به کمک خطوط تراز نقشه‌های توپوگرافی در محیط آرک مپ² تهیه شده بود، استفاده گردید. با بهره‌گیری از مدل‌های بالا و ارتفاع برف مرز، دمای آخرین دوره یخچالی حوضه و در نهایت میزان بارش محاسبه شد.

3- نتایج

سیرک‌های شناسایی شده در ارتفاعات شمالی حوضه، 440 سیرک با حداقل ارتفاع 2500 متر و حداکثر 4300 متر بود. میانگین ارتفاع سیرک‌ها 3152 متر، بیشترین فراوانی مربوط به ارتفاع 3000 متر (شکل 2 و جدول 1) و خط برف مرز به روش رایت 3000 متر تعیین شد.

1-SPSS

2-Arc Map



شکل 2- موقعیت و نمودار فراوانی سیرک‌های حوضه جاجرود

جدول 1- مشخصات ارتفاعی سیرک های حوضه جاجرود

حوضه	تعداد سیرک	میانگین ارتفاع (متر)	حداقل ارتفاع (متر)	حداکثر ارتفاع (متر)	مد (نما) (متر)	برف مرز (رایت) (متر)
جاجرود	440	3152	2500	4300	3000	3000

رابطه ارتفاع و دما به صورت معادله خطی زیر با ضریب همبستگی $0/92$ به دست آمد. با اعمال رابطه مذکور در مدل ارتفاعی حوضه، نقشه دمای کنونی حوضه ترسیم

شد (شکل 3). بر این اساس دمای حداقل، حداکثر و میانگین حوضه دریاچه نمک به ترتیب برابر $-3/6$ ، $17/9$ و $7/3$ درجه سانتیگراد می‌باشد.

$$T=22.43 - 0.006H$$

رابطه سنجی بین ارتفاع و بارش نشان داد که بین این دو پارامتر رابطه‌ای خطی با ضریب همبستگی $0/95$ به صورت زیر برقرار است:

$$P = 40/88+0/135H$$

نقشه میانگین بارش سالانه حوضه به کمک رابطه بالا و مدل ارتفاعی حوضه تهیه شد (شکل 3). بارش حداقل، حداکثر و میانگین بارش حوضه به ترتیب برابر $142/5$ ، $627/2$ و $380/3$ میلیمتر می‌باشد.

با توجه به این که خط برف مرز حوضه در دوره سرد، ارتفاعی برابر 3000 متر داشته است، با بهره‌گیری از رابطه زیر، نقشه میانگین دما در دوره سرد ترسیم گردید (شکل 3).

$$T_w = (H_s - H) * 0.6/100 \quad (2)$$

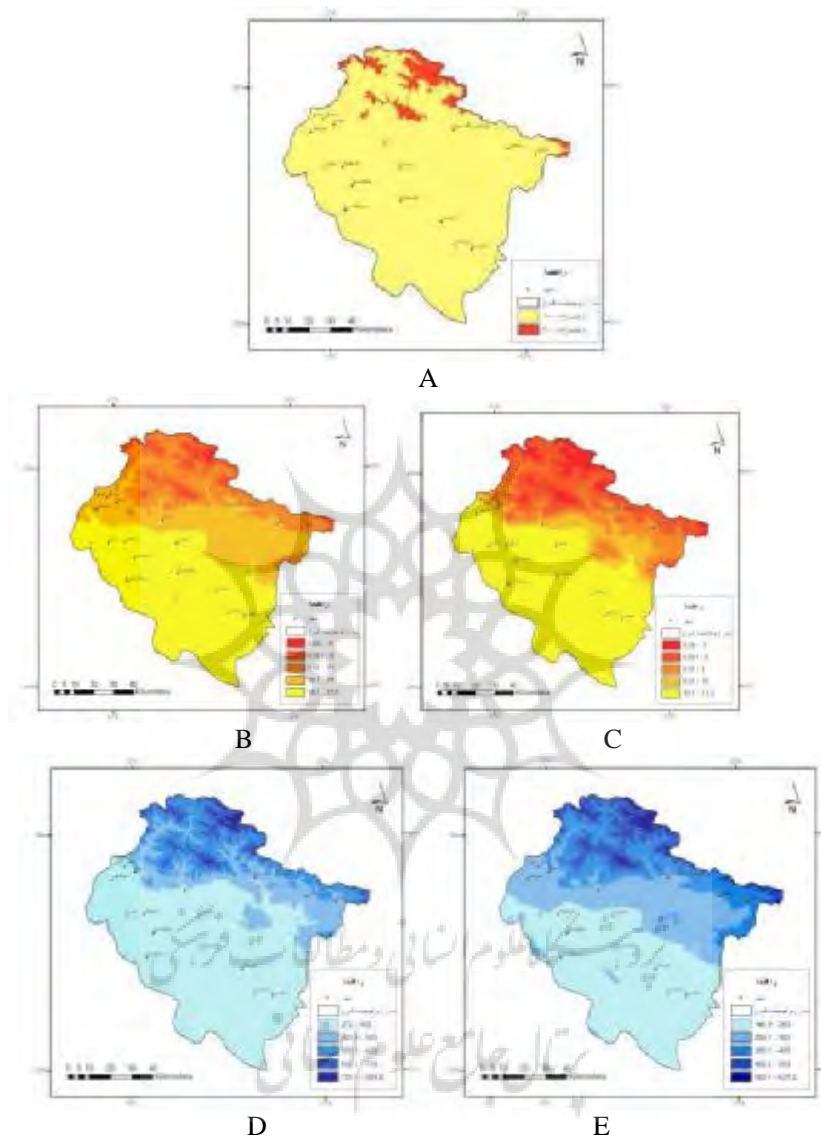
که T_w دمای ورم، H_s ارتفاع خط برف و H ارتفاع منطقه به متر را نشان می‌دهد. رابطه دما با بارش در این حوضه به صورت خطی با ضریب همبستگی $0/85$ و به صورت زیر است:

$$P = -25/24T + 605/2$$

از آنجایی که این رابطه با گذر زمان تغییر نمی‌کند و ثابت است، به منظور تهیه نقشه بارش دوره سرد از آن استفاده گردید (شکل 3). پارامترهای اقلیمی حوضه جاجرود در جدول 2 نشان داده شده است.

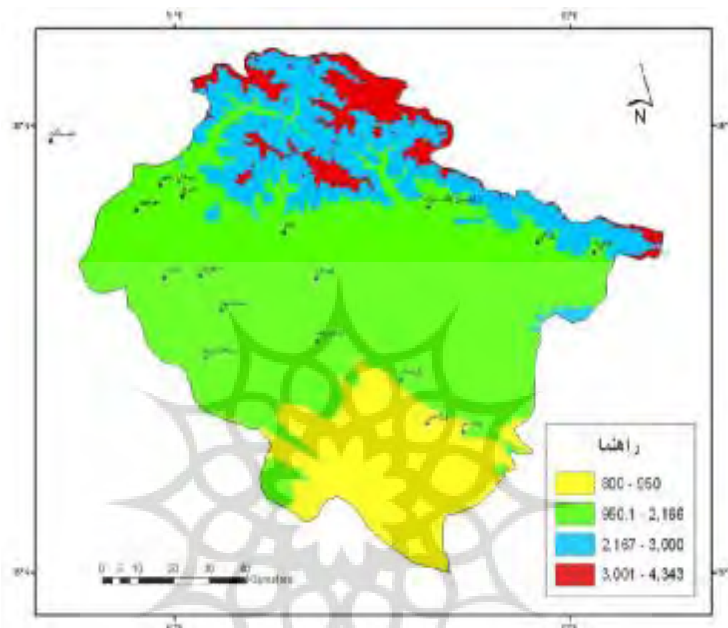
جدول 2- پارامترهای اقلیمی حوضه جاجرود

مشخصات	حداقل	حداکثر	میانگین
ارتفاع	800	4343	2534
دما	-3/6	17/6	7/2
دمای ورم	-8/1	13/2	2/8
باران	149	627	383
باران ورم	272	809	534/5



شکل 3- خط برف دائمی در دوره یخبچالی ورم (A)، دمای میانگین سالانه در ورم (B) و حال حاضر (C) بر حسب درجه سانتیگراد، میانگین بارش سالانه در ورم (D) و حال حاضر (E) بر حسب میلیمتر حوضه جاجرود

با لحاظ نمودن متوسط دمای سالیانه 5 درجه در دوره یخچالی، خط ارتفاعی 2166 متر به عنوان خط تعادل آب و یخ تعیین گردید. شکل 4 محدوده خطوط مرز برف، تعادل آب و یخ و تعادل آب و خشکی را نشان می‌دهد.



شکل 4- نقشه خطوط برف مرز، تعادل آب و یخ، آب و خشکی حوضه جاجرود

4- نتیجه گیری

بررسی نقشه‌های دمای حوضه جاجرود در دوره یخچالی و حال حاضر نشان می‌دهد که دما متوسط سالانه از $2/8$ به $7/2$ درجه یعنی افزایش دمایی معادل $4/4$ درجه در حوضه رخ داده است. این در حالی است که متوسط بارش حوضه از $534/5$ به 383 میلیمتر برابر $151/5$ میلیمتر کاهش را نشان می‌دهد. افزایش دما و پیرو آن افزایش تبخیر به همراه کاهش 40 درصدی بارش بیلان منفی آب در حوضه جاجرود را در پی داشته است. از آنجایی که رواناب ناشی از بارش و ذوب برف و یخ این حوضه توسط دو رودخانه کرج و جاجرود به دریاچه نمک تخلیه می‌شود، کاهش آب و پسروری

ساحل دریاچه نمک که روزگاری از آب برخوردار بوده و شواهد ژئومورفیک موجود، خط ساحلی 950 متر را به اثبات رسانده را باعث شده است. علاوه بر عوامل طبیعی، دخالت‌های بیشمار انسان در حوضه مانند احداث سد و بهره‌برداری از آب در بالادست بر شدت آن افزوده است. با مطالعه و تحقیق در حوضه، شواهد دیگری نیز که موید این تغییرات است به چشم می‌خورد که به شرح زیر بیان می‌گردد:

4-1- پادگانه های رودخانه‌ای

پادگانه‌های رودخانه‌ای یکی از مناظر مشخص ژئومورفولوژیکی است که در ابعاد و تعداد مختلف در حاشیه تقریباً تمام رودهای بزرگ و متوسط ایران دیده می‌شود. در حوضه رودخانه جاجرود 3 پادگانه آبرفتی به شرح زیر وجود دارد (جداری عیوضی، 1389):

- در کند بالا ارتفاع راس پادگانه از سطح دریا 2150 متر و ارتفاع پادگانه از بستر رود 200 متر است. ارتفاع سطح پادگانه شرقی 2150 متر و ارتفاع آن از کف بستر رود 200 متر می‌باشد. با وجود فرسایش، ارتفاع سطوح پادگانه‌ها در دو طرف رود یکسان نیست.

- در پل جاجرود ارتفاع راس پادگانه از سطح دریا 1669 متر و ارتفاع از بستر رود 219 متر است.

- در شرق پارچین ارتفاع از سطح دریا 1350 متر و ارتفاع از بستر رود 40 متر است.

همچنین 2 پادگانه در مسیر رودخانه کرج یکی در ارتفاع 1460 متر و دیگری در ارتفاع 1420 متر وجود دارد. این دو پادگانه از شمال وردآورد تا شرق کرج و کلاک دیده می‌شود. دهکده کلاک بر روی این پادگانه واقع شده است.

4-2- مخروط افکنه‌ها

مخرو افکنه‌های وسیعی که شهرهای بزرگ و مهمی چون تهران، کرج و غیره روی آن شکل گرفته است، بدون شک حاصل عملکرد توده‌های حجیمی از آب‌های روان

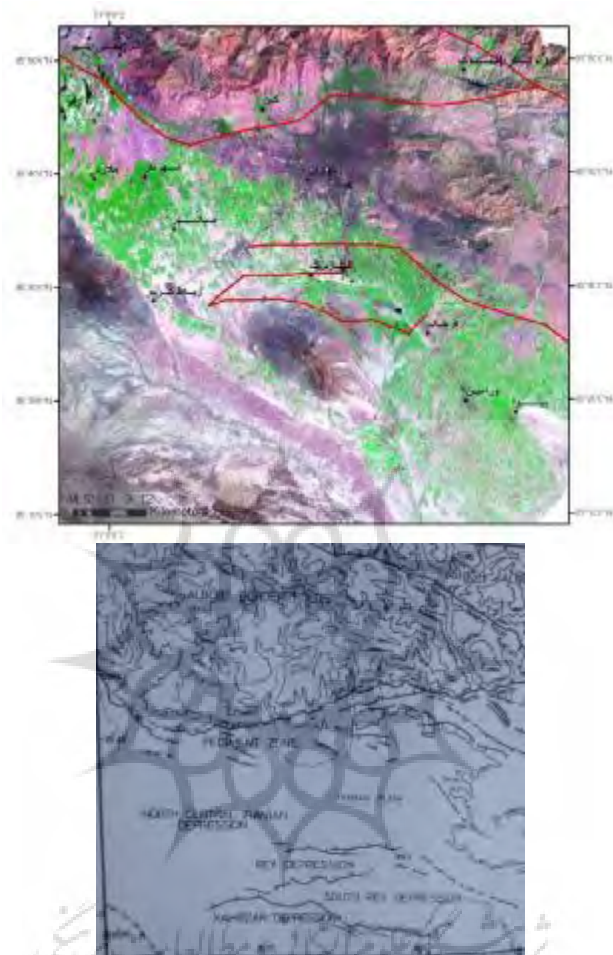
هستند. بیومنت¹ در سال 1972 با مطالعه مورفومتری مخروط افکنه‌های دامنه‌های البرز جنوبی، آن‌ها را محصول شرایطی می‌داند که حداقل در 750 سال اخیر در ایران وجود ندارد. مقصودی (1387) با اشاره به مطالعه بیومنت تحولات مخروط افکنه جاجرود را ناشی از 3 عامل حرکات تکتونیکی، تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی می‌داند. مخروط افکنه‌ها با داشتن خاک و منابع آب زیرزمینی مناسب محل مناسبی برای شکل‌گیری مناطق روستایی وزراعی می‌باشد.

4-3- دریاچه‌ها و چاله

شواهد رسوبی‌شناسی و مورفولوژیک نشان می‌دهد چاله‌ای به نام چاله تهران - ری، قسمت‌های مرکزی و جنوبی شهر تهران، شهر ری و جنوب آن را فرا می‌گیرد که از نهشته‌های آبرفتی جوان و کمی قدیمی‌تر پوشیده شده است و مخروط افکنه‌های رودخانه‌های کن، کرج و جاجرود قسمت‌های جنوبی آن را می‌پوشاند. در گذشته حوضه جاجرود به صورت حوضه‌ای مستقل بوده که آب مازاد آن به این دریاچه واریز می‌شده است. در نهایت بر اثر پارگی دریاچه به دلیل عوامل تکتونیکی یا بروز سیل‌های عظیم، این حوضه از حالت استقلال خارج شده و به حوضه بزرگ دریاچه نمک پیوسته است (شکل 5).

4-4- کانون‌های مدنی

از شواهد دیگر که موقعیت خط برف مرز را تأیید می‌کند، موقعیت شهرها و روستاهای ایجاد شده در هر منطقه می‌باشد. خط تعادل آب و یخ عامل اصلی در ایجاد کانون‌های مدنی غیرروان روستایی و بعضاً شهرهای کوچک بوده است (بابا جمالی، 1386). جریان یخ در دوره‌های یخچالی که از برفخانه‌های بالادست تغذیه می‌شده‌اند قادر بوده صدها متر پایین‌تر از خط برف دائمی جریان یابند.



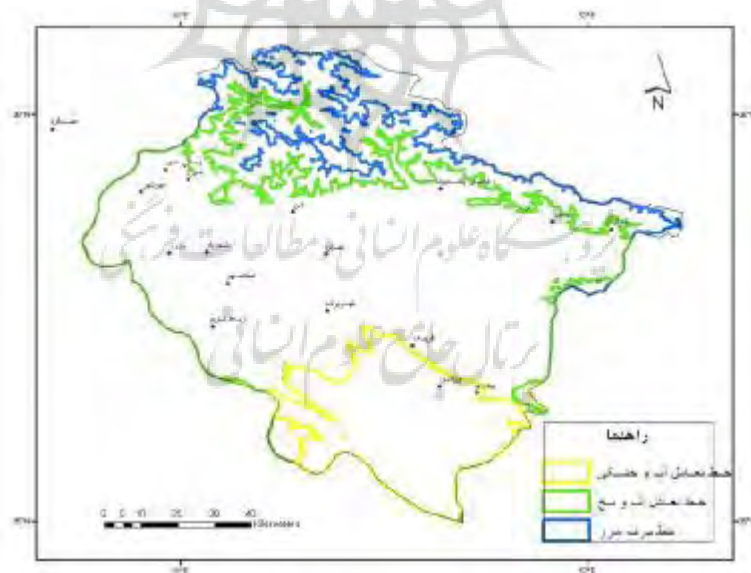
شکل 5- موقعیت چاله تهران - ری و بخش‌های 4 گانه آن (سازمان زمین‌شناسی)

شهرهایی که در مرز مذکور شکل گرفته‌اند وسعت چندانی ندارند و دارای ویژگی‌های هویتی خاصی هستند. جهت کوهستان‌ها و ارتفاع آن‌ها در نحوه توزیع چنین کانون‌هایی نقش مهمی به عهده دارند. برای مثال خط تعادل آب و یخ در دامنه برفتاب ایران مرکزی نزدیک به 2100 متر است؛ از این رو شهرها و روستاهایی که بر اساس چنین قانونی شکل گرفته‌اند در حول و حوش این خط مستقر شده‌اند. حال آن‌که در

دامنه نِسار این ارتفاع به حدود 1600 متر هم می‌رسد. ارتفاع شکل‌گیری چنین کانون-هایی در کوهستان‌های به جهت شرقی و غربی تفاوت دارد (باباجمالی، 1386).

شکل 6 موقعیت کانون‌های مدنی حوضه دریاچه نمک را که در حدود خط تعادل آب و یخ شکل گرفته‌اند را نشان می‌دهد. متوسط دمای سالانه در خط تعادل آب و یخ 5 درجه در نظر گرفته شده است. در حوضه جاجرود تمدن‌ها و تپه‌های باستانی در دو قسمت رصد شد.

یکی در حاشیه چاله تهران-ری و دیگری در خط ساحلی دریاچه نمک در ارتفاع 950 متر. وجود تپه‌های باستانی در دشت تهران به عنوان محلی برای سکونت که در آن‌ها آثار استخوان و سفال دیده می‌شود، شاهدی بر وجود مدنیت در این دشت می‌باشد. از تپه‌های معروف در این دشت می‌توان به تپه‌های باستانی قیطریه، دروس، سلطنت آباد، عباس آباد و ایوانکی اشاره کرد. شکل‌گیری تمدن پیشوا در کنار ساحل دریاچه نمک در ارتفاع 950 متری شاهدی بر حدود و گستره این دریاچه است که خط تعادل آب و خشکی حوضه را تأیید می‌کند (شکل 6).



شکل 6- خطوط تعادل سه گانه و موقعیت کانون‌های مدنی

منابع

- ابطحی، سید مرتضی، (1391)، روند تغییرات کویرهای حوضه دریاچه نمک در کوتاه‌تر پایانی و هولوسن، پایان نامه دکترا ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان.
- باباجمالی، فرهاد، (1386)، فرایندهای شکل‌زا و نقش آن در شکل‌گیری کانون‌های مدنی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد.
- پدرامی، منوچهر، (1370)، زمین‌شناسی کوتاه‌تر و پارینه اقلیم منطقه اراک-کویر میقان، گزارش داخلی سازمان زمین‌شناسی ایران.
- پوردهقان، داوود، (1385)، ردیابی آثار ژئومورفیک تحولات اقلیمی کوتاه‌تر در دهبکری بم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد نجف‌آباد.
- جداری عیوضی، جمشید، (1389)، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- رامشت، محمد حسین، (1381)، آثار یخچالی زفره، طرح پژوهشی شماره 80035، دانشگاه اصفهان.
- رامشت، محمد حسین، شوستری، ن، (1383)، آثار یخساری و یخچالی در سلفچگان قم، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره 73: 119-132.
- رامشت، محمد حسین، (1384)، نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)، انتشارات سمت.
- معتمد، احمد، (1382)، جغرافیای کوتاه‌تر، انتشارات سمت.
- رفیعی، غلام رضا، (1388)، آثار یخچال‌های طبیعی کهک، پایان نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان.
- زمانی، حمزه، (1388)، شواهد و حدود گسترش یخچال‌های کوتاه‌تر در البرز مرکزی، پایان نامه دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تهران.
- شاهزیدی، سمیه السادات، (1385)، ویژگی‌های ژئومورفیک مخروط افکنه حوضه آبریز رودخانه درختگان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد نجف‌آباد.

مقصودی، مهران، (1387)، بررسی عوامل مؤثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط افکنه‌ها، مطالعه موردی: مخروط افکنه جاجرود، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره 65: 73-92.

نعمت الهی، فاطمه، (1382)، ردیابی آثار عملکرد کلاهک‌های یخی دوران چهارم در دشت نمدان فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد نجف آباد، 94 ص.
یمانی، مجتبی، (1386)، شواهد ژئومورفولوژیکی مرزهای یخچالی در دامنه‌های کرکس، فصل نامه مدرس علوم انسانی، شماره 50، ص 207.

Beaumont, P. (1972), Alluvial fans along the foothills of the Elburz Mountains, Iran. *Paleogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 12, 251-273.

Ferrigno, J. (1988), *Glaciers of the Middle East and Africa- Glaciers of Iran. Satellite image atlas of glaciers of the world.*

