Studying the Spatial Distribution of Physiographic Gravity Centers in Dewatering Iran's Internal Holes

Gholamhassan Jafari [1*], Mina Avaji [2]

[1] Assistant Professor of Geomorphology, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[2] MA in Hydrogeomorphology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Abstract

Lakes act as a system. Climate, mathematical position, physiographic features (including basin area, perimeter, length, shape, slope, aspect and time of concentration), rugged topography and gravity center (geometric gravity center of basin, geometric gravity center of lake, hydrological gravity center and geomorphological gravity center) are among the affecting factors of lakes survival or destruction. With regard to the peaks, the topographic lines and waterways of the 14 Iranian basins (Urmia, Gavkhoni, Maharloo, Meighan, Qom, Duranjyr, Jazmurian, Abarkuh, Bafegh, Ardestān, Yazd, Qatruyeh, Sirjan and Lut) have been delineated according to the peaks, topography and drainage lines in 1/50000 topographic maps and by the use of Arc GIS software. Altitude of water and dry equilibrium line in some of lakes such as Urmia, Gavkhoni, Meighan, Qom and Maharloo was extracted from the source documents. For the rest of basin lakes, reflected evidence in topographic maps was used. In climatic calculations, temperature and precipitation of the database Asfezari with 50 years duration was used. Lake water volume was calculated according to the altitude of water and dry equilibrium line and the volume of annual rainfall was computed based on basin area in geographic information system. By dividing the volume of lake's water by the volume of precipitation, runoff coefficients have been estimated. Afterwards, geomorphological gravity center and lake and basin's geometric gravity center were determined. Hydrological gravity center was estimated based on river's discharge data. Analyzing the result of holes, runoff coefficient showed the fact that Lut, Dranjyr, Gavkhoni, Abarkuh and Qom basins have allocated the lowest runoff coefficient. The similar coefficients of Gavkhoni and Qom basin's with Lute basin, represent how distanse between basins' topographic center and geometric center can affect the amount of runoff coefficient. High runoff of Qatruyeh, Ardestān and Sirjan watersheds are as the result of complaining the lowest part of topography with geometric center of the basin. Gravity center of lake have located in the topographic center of Bafgh basin and, this affected the location of Meighan and Maharloo basins accordingly.

Key words: Geometric Characteristics, Gravity, Lake, Iran.

* jafarihas@yahoo.com

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سـال ۲۹، پیـاپی ۷۱، شـماره ۳، پـاییز ۱۳۹۷

نقش پراکندگی فضایی مراکز ثقل فیزیوگرافی در آبگیری چاله‌های داخلی ایران

غلامحسن جعفری *، استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
مینا آوجی، کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

وصـول: ۱۳۹۵/۱۰/۱۱ پـذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۸، صص ۹۰-۷۳

چکیده

دریاچه‌ها به‌صورت سیستمی عمل می‌کنند. اقلیم، موقعیت ریاضی، ویژگی‌های فیزیوگرافی (مساحت حوضه، محیط، طول، شکل، شیب، جهت شیب و زمان تمرکز)، ناهمواری‌ها و ثقل (ثقل هندسی حوضه، ثقل هندسی دریاچه، ثقل هیدرولوژی و ثقل ژئومورفولوژیکی)، ازجمله عوامل مؤثر در بقا یا نابودی دریاچه‌ها هستند. با توجه به قله‌ها، خطوط توپوگرافی و آبراهه‌ها، مرز ۱۴ حوضهٔ داخلی ایران (ارومیه، گاوخونی، مهارلو، میقان، قم، درانجیر، جازموریان، ابرکوه، بافق، اردستان، یزد، قطروئیه، سیرجان و لوت) در نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc GIS تعیین حدود شد. ارتفاع خط تعادل آب و خشکی دریاچه‌های ارومیه، گاوخونی، میقان، قم و مهارلو از منابع اسنادی و بقیهٔ حوضه‌ها از شواهد بازتاب‌دهندهٔ دریاچه‌ها در نقشه‌های توپوگرافی استخراج شد. در ادامه از پایگاه داده‌های اسفزاری با بازهٔ زمانی ۵۰سال برای بررسی دما و بارش حوضه‌ها استفاده و حجم آب دریاچه‌ها با توجه به خط تعادل آب و خشکی و حجم بارش سالانه براساس متوسط درازمدت بارش و مساحت حوضه در سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شد. سپس از تقسیم حجم آب دریاچه بر حجم بارش، ضریب آبگیری دریاچه‌ها برآورد و سپس مرکز ثقل ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها، ثقل هندسی دریاچه و حوضه و مرکز ثقل هیدرولوژیکی براساس داده‌های دبی رودخانه‌ها مشخص شد. بررسی ضریب آبگیری چاله‌ها بیان‌کنندهٔ این مطلب است که حوضه‌های لوت، درانجیر، گاوخونی، ابرکوه و قم کمترین ضریب آبگیری را به خود اختصاص داده‌اند. ضریب مشابه حوضهٔ گاوخونی و قم با لوت، بیان‌کنندهٔ اثرپذیری ضریب آبگیری از فاصلهٔ مرکز توپوگرافیکی از مرکز هندسی حوضه است. ضریب آبگیری زیاد حوضه‌های قطروئیه، اردستان و سیرجان مدیون انطباق پست‌ترین قسمت توپوگرافی با مرکز هندسی حوضه و هم‌ردیف‌شدن حوضهٔ بافق ازنظر ضریب آبگیری با حوضه‌های میقان و مهارلو ناشی از قرارگیری دریاچه در مرکز توپوگرافیکی حوضه است.

واژه‌های کلیدی: ویژگی‌های هندسی، ثقل، دریاچه، ایران.

*نویسنده مسؤول: jafarihas@yahoo.com

مقدمه

وجود پستی‌ها و بلندی‌ها در سطح زمین باعث می‌شود هنگام نزول باران و ایجاد جریان سطحی، آب از قله‌های مرتفع در امتداد شیب زمین جریان پیدا و به سمت نقاط پست زمین حرکت کند که در صورت بسته‌بودن حوضه، آب تجمع می‌یابد (علیزاده، ۱۳۹۱: ۴۷۷). دریاچه‌ها، سیستم‌های بازی‌اند که با تغذیه‌کننده‌ها و تخلیه‌کننده‌ها در ارتباط‌اند و از هر طرف با زمین احاطه شده‌اند. به‌طورکلی پهنه‌های بستهٔ پرآبی‌اند که از چشمه‌ها، رودخانه‌ها و ... تغذیه می‌شوند (kuusisto & hyrarinen, 2000: 3). تغییرات اقلیمی سبب تغییراتی در عملکرد سیستم‌های شکل‌زا به‌ویژه در نوار ساحلی دریاهای آزاد، دریاچه‌های بستهٔ داخلی، ارتفاع برف مرز دائمی و زبانه‌های یخچالی می‌شود و همین نوسانات به جابه‌جایی کانون‌های مدنی، تغییر معیشت انسانی و حتی فناوری و ابزارسازی آنها منجر شده است (رامشت، ۱۳۸۰: ۹۴).

در حاشیه یا مجاورت هر قله بیش از ۲۵۰۰ متر چاله قرار دارد که بیشتر آنها در گذشته دریاچه‌های کواترنری را به‌ویژه در دوره‌های شوک سرد تشکیل می‌داده‌اند (باباجمالی، ۱۳۹۳: ۱۷). نسبت بین تعداد روزهای آبگیری دریاچه به کل روزهای سال، نوع دریاچه را مشخص می‌کند. نسبت بیشتر از ۰/۶۶، دریاچهٔ دائمی و کمتر از ۰/۳۳، دریاچهٔ موقتی یا پلایا ایجاد می‌کند (ولایتی، ۱۳۷۴: ۷). سطح دریاچه‌های موقت مناطق گرم و خشک فقط در روزهای کوتاهی از سال با آب بسیار کم‌عمقی پوشیده می‌شود. پلایاها، یادگار دریاچه‌های پلیستوسن‌اند که طی دوران بین یخچالی و توأم با خشکی محیط به شکل کنونی درآمده‌اند. محدودهٔ کنونی پلایاهای امروزی، ساحل همان دریاچه‌هایی‌اند که به‌صورت یک تراس ساحلی با شیب بسیار کم بوده‌اند (فتاحی، ۱۳۹۱: ۲). شرایط آبگیری و سیکل هیدرولوژیکی در حوضه‌های آبی، علاوه بر اقلیم به شرایط فیزیوگرافی و زمین‌شناسی نیز وابسته است. ورودی یا دبی رودخانه‌ها فقط به اقلیم منطقه بستگی ندارد؛ بلکه موقعیت قرارگیری دریاچه است که اثر افزایش ورودی را معنا می‌بخشد؛ زیرا تغذیه و انرژی زمانی معنا پیدا می‌کند که حیاتی وجود داشته باشد (ولایتی، ۱۳۷۴: ۱۲).

موقعیت قرارگیری چالهٔ مرکزی هر حوضه یا مرکز ثقل در مدت آبگیری دریاچه یا پلایا بسیار مهم است. نقطهٔ ثقل، نقطه‌ای از هر جسم است که اگر جسمی را بی‌توجه به وضعیتش از آن مرکز آویزان کنند، وزن جسم حول آن نقطهٔ آویزان‌شده به‌صورت مساوی توزیع خواهد شد (علیزاده، ۱۳۹۱: ۵۰۰). دهخدا مرکز ثقل را در اصطلاح فیزیک، نقطهٔ منتجی می‌داند که سنگینی از همهٔ ذرات جسم بر آن وارد می‌آید و از مرکز ثقل به‌عنوان گرانیگاه نیز یاد می‌شود. در قیاس با آمار، مرکز جرم در محل میانگین توزیع جرم در فضاست. مرکز ثقل را نخستین بار ارشمیدس مطرح کرد. ثقل ژئومورفولوژیکی یک حوضه با درنظرگرفتن ژئوئید، مرکز جرم یا سنگینی حوضه مشخص می‌شود (Rashedi et al, 2009: 2233). در پهنه‌های طبیعی سه واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان، دشت‌سر و پلایا وجود دارد (احمدی، ۱۳۸۷: ۲۰۴). واحد کوهستان معمولاً با تمرکز شبکهٔ آبراهه، دشت‌سر با موازی‌بودن آبراهه و پلایا با ختم آبراهه‌ها مشخص می‌شود (رامشت، ۱۳۸۸: ۴۰). دبی رودخانه‌های داخلی ایران حتی در یک امتداد با افزایش طول مسیر در یک زمان واحد تغییر می‌کند.

یی و همکاران (۲۰۱۵) آثار و شواهد خط ساحل را در آخرین دورهٔ کواترنری در جنوب دریای بوهای چین بررسی و با توجه به رسوبات و گرده‌شناسی، سه سطح تراس را شناسایی کردند که ناشی از ۳ متر تغییر سطح دریا نسبت به شرایط کنونی است.

بلاس و همکاران (۲۰۰۰) با توجه به گرده‌شناسی و هسته‌های رسوبی، تحول هیدرولوژیکی پلایای سالادا در شمال شرقی اسپانیا را بررسی کردند و با توجه به شوری زیاد دریاچه، رسوبات را در تراس‌های مختلف تشخیص دادند.

بوبک (۱۹۳۷) و کرینسلی (۱۹۷۰-۱۹۷۲) در پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی به ترتیب شمال غرب ایران و دریاچه‌های داخلی ایران را بررسی کردند که بهترین و کامل‌ترین پژوهش درزمینهٔ پلایاهای ایران محسوب می‌شود. کرینسلی در پژوهش‌هایش تراس‌های دیرینهٔ ۶۰ دریاچهٔ داخلی را شناسایی کرد که در شرایط اقلیمی مرطوب‌تر در پلیستوسن ایجاد شده‌اند.

رامشت و سیف (۱۳۸۳) با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و با توجه به قلمرو دیرینهٔ تالاب گاوخونی، حجم آن را ۱۰۰ برابر بیش از حجم کنونی دانستند.

سیف و ابطحی (۱۳۹۱) با بررسی تحولات اقلیمی دریاچهٔ نمک در کواترنر پایانی، خشکی دریاچه را به افزایش ۵/۶ درجه‌ای دما و کاهش ۱/۵ برابری بارش نسبت دادند.

مرادی کوچی و ولی‌اللهی (۱۳۹۱) بی‌توجهی و نادیده‌گرفتن اصول استفاده از سد و صدمات و خسارات زیست‌محیطی حاصل از آن را دلیلی بر خشک‌شدن تالاب بختگان دانستند.

رحیمی بلوچی و ملک‌محمدی (۱۳۹۱) با استفاده از سنجش‌ازدور در حفاظت و مدیریت تالاب‌ها عنوان کردند وسعت تالاب شادگان طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۱، ۶ درصد کاهش یافته است.

میرزاخانی و عسکری (۱۳۹۱) براساس بازدیدهای میدانی و نرم‌افزارهای سنجش‌ازدور دریاچهٔ نمک، حوض سلطان و پلایای پل را مهم‌ترین پلایاهای قم عنوان کردند.

حجازی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی بارش و تبخیر و شواهد رسوبات تبخیری دریاچهٔ میقان عنوان کردند شرایط اقلیمی و شرایط زمین‌شناسی سبب شده است این دریاچه به شکل پلایا تحول یابد.

کیانی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی دریاچهٔ گاوخونی در کواترنری به این نتیجه رسیدند میزان رطوبت منطقه نسبت به زمان حاضر نزدیک به ۱/۵ برابر و دمای محیطی حدود ۵ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش داشته است.

روش پژوهش

دریاچه‌ها به‌صورت سیستمی عمل می‌کنند. سیستم، مجموعه‌رفتارها، کنش‌ها و واکنش‌های متقابل میان اجزایی است که هدف مشترکی را دنبال می‌کنند. اقلیم (به‌ویژه دما، بارش و تبخیر)، موقعیت ریاضی (طول و عرض جغرافیایی)، ویژگی‌های فیزیوگرافی (مساحت حوضه، محیط، طول، شکل، شیب، جهت شیب و زمان تمرکز)، ناهمواری‌ها و ثقل (ثقل هندسی حوضه، ثقل هندسی دریاچه، ثقل هیدرولوژی و ثقل ژئومورفولوژیکی)، ازجمله عوامل مؤثر در بقا یا فنای دریاچه‌ها هستند. با توجه به قله‌ها، خطوط توپوگرافی و آبراهه‌ها، مرز ۱۴ حوضهٔ

داخلی ایران (ارومیه، گاوخونی، مهارلو، میقان، قم، درانجیر، جازموریان، ابرکوه، بافق، اردستان، یزد، قطروئیه، سیرجان و لوت) در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc GIS تعیین حدود شد. سطح آب بیشتر دریاچه‌های دائمی، تعادل بین رواناب حاصل از حوضه‌های آبی و کاهش مقدار آب دریاچه (تبخیر) را نشان می‌دهد (رسولی و همکاران، ۱۳۸۸: ۸).

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه‌های آبی بررسی‌شده

در حوضه‌ای آبی ورودی‌های اصلی، انرژی خورشیدی و بارش و خروجی‌ها، رواناب، نفوذ، تبخیر و تعرق است. متوسط بارش سالیانه و حجم آب ناشی از آن با درنظرگرفتن وسعت هریک از حوضه‌ها برآورد و از نوسان حجم آب دریاچه‌های هر حوضه برای برآورد ضریب آبگیری استفاده شد. هرچند ضریب آبگیری با کمک داده‌های دبی ایستگاههای هیدرومتری برآورد می‌شود، ولی کاهش شدید دبی بیشتر رودخانه‌ها از سراب به پایاب و نبود ایستگاه‌های هیدرومتری در همهٔ آبراهه‌های یک حوضه، مانع از برآورد دقیق ضریب آبگیری می‌گردد. برآورد مساحت دریاچه‌ها نیازمند خط تعادل آب و خشکی آنهاست. بیلان مثبت آب در حوضه‌های داخلی ایران موجب تشکیل دریاچه‌هایی می‌شود که سواحل آنها را اصطلاحاً خط تعادل آب و خشکی می‌نامند (ابطحی، ۱۳۹۲: ۱۹۱). ضریب تغییرات زیاد بارش در مناطق خشک و داخلی ایران باعث نوسان سطح دریاچه در سال‌های مختلف می‌شود؛ به همین دلیل خط تعادل آب و خشکی سالیانه بسیار متغیر است. در مطالعات ژئومورفولوژیکی آنچه اهمیت بیشتری دارد، خط تعادل آب و خشکی در حداکثر وسعت دریاچه‌هاست که کمتر به زیر آب می‌رود و لندفرم‌های پایدارتری ایجاد می‌کند. ارتفاع خط تعادل آب و خشکی بعضی از دریاچه‌ها مانند ارومیه، گاوخونی، میقان، قم و مهارلو از منابع اسنادی استخراج و برای سایر حوضه‌ها از شواهد بازتاب‌دهندهٔ دریاچه‌ها در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده

شد؛ آبراهه‌های دوشاخه، نقاط ارتفاعی منفرد و منحنی میزان‌های بسته، هم‌ارتفاع و مجاور هم، ازجملهٔ این شواهد هستند (رامشت، ۱۳۸۸: ۲۱).

ارتفاعات استخراج‌شده با نتایج پژوهشی کرینسلی (۱۹۷۰)، احمدی (۱۳۸۷) و زمردیان (۱۳۹۲) مقایسه و بررسی دما و بارش حوضه‌ها با استفاده از داده‌های پیکسلی پایگاه اسفزاری در بازهٔ زمانی ۵۰ سال انجام و حجم آب دریاچه با توجه به خط تعادل آب و خشکی و حجم بارش سالیانه براساس میانگین درازمدت بارش و مساحت حوضه در سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شد. از تقسیم حجم آب دریاچه بر حجم بارش، سهم دریاچه‌ها از بارش مشخص می‌شود. سپس مرکز ثقل ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها و ثقل هندسی دریاچه و حوضه با استفاده از پلی‌گون حوضه‌ها و مدل رقومی ارتفاع با قابلیت تفکیک ۳۰*۳۰ متر مستخرج از سایت یواس‌جی‌اس[1] مشخص گردید. برای ثقل هندسی و ژئومورفولوژیکی در GIS مراحل زیر اجرا شد:

Arc tool box→ spatial statistic tools→ mean center (برای ثقل هندسی) → median center (برای ثقل ژئومورفولوژیکی)

با استفاده از داده‌های دبی رودخانه‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، مرکز ثقل هیدرولوژیکی تعیین شد. در تبدیل ثقل از نقطه‌ای به خطی، احتمال وقوع دو حالت متفاوت است؛ یکی اینکه ثقل به‌صورت خطی در نقشه نمایش داده می‌شود یا به‌صورت چندخطی که از آن با عنوان پهنه‌ای یاد می‌شود. این‌گونه مراکز برای حوضه‌ها و فاصله و ارتباط ثقل‌ها در بقا یا نابودی دریاچه‌ها بررسی گردید.

[1] United States Geological Survey

موقعیت جغرافیایی محدودهٔ پژوهش

ایران، سرزمینی است مرتفع که بین طول جغرافیایی ۴۴ تا ۶۴ درجهٔ شرقی و عرض ۲۵ تا ۴۰ درجهٔ شمالی قرار دارد. فاصلهٔ بین دو نقطهٔ شرقی و غربی در پهن‌ترین قسمت ایران، یعنی در ۳۶ درجهٔ شمالی نزدیک به ۱۴۰۰ کیلومتر و در کم‌عرض‌ترین مکان یعنی در ۲۶ درجهٔ شمالی فقط ۳۵۰ کیلومتر است. دورترین نقاط شمالی و جنوبی در ۵۸ درجهٔ طول شرقی قرار و نزدیک به ۱۳۴۰ کیلومتر طول دارد و کوتاه‌ترین آنها در ۵۰ درجهٔ طول شرقی واقع است که فاصلهٔ آنها تقریباً ۸۰۰ کیلومتر و فاصلهٔ بین دو گوشهٔ شمال غربی و جنوب شرقی حدود ۲۳۰۰ کیلومتر و بین گوشهٔ جنوب غربی تا شمال شرقی تقریباً ۱۳۵۰ کیلومتر است (علایی طالقانی، ۱۳۸۸: ۱۳؛ آزادبخت و نوروزی، ۱۳۸۷: ۱). در این پژوهش اطلاعات ۱۴ حوضهٔ آبریز داخلی ارومیه، گاوخونی، مهارلو، میقان، قم، درانجیر، جازموریان، ابرکوه، بافق، اردستان، یزد، قطروئیه، سیرجان و لوت استخراج و بررسی شد (شکل ۱).

یافته‌های پژوهش

مرکز ثقل، نقطهٔ مشخصی است که در بسیاری از مسائل سیستم طوری رفتار می‌کند که گویی همهٔ جرم در آن نقطه متمرکز است. گرانیگاه فقط تابعی از جا و جرم ذراتی است که سامانه را تشکیل می‌دهند. در یک جسم کروی منظم، گرانیگاه در مرکز قرار دارد (فاولز و کسیدی، ۱۳۹۲: ۲۱۹). موقعیت مکانی و فضایی ثقل‌ها، بازتابی از پایداری یا ناپایداری آب دریاچه‌هاست. این ویژگی فیزیکی به دو گروه ثابت (ثقل‌های هندسی حوضه، دریاچه و ژئومورفولوژیکی)

و متغیر (ثقل‌های هیدرولوژیکی، دما و بارش) تقسیم می‌شود. ثقل‌های ثابت به ثقل‌هایی گفته می‌شود که موقعیت آنها مستقل از تغییرات اقلیمی است و نسبت به ثقل‌های متغیر در مقابل تحولات کواترنری، تغییرات مکانی یا ارزشی زیادی نداشته‌اند. اهمیت ثقل ژئومورفولوژی به دلیل تأثیر ارتفاع بر بارش یا دما (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۱۰) بیشتر شده است و ثقل دمایی و بارشی حوضه‌ها بر ثقل ژئومورفولوژی انطباق دارد.

جهت قرارگیری ثقل هندسی حوضه به دریاچه، چولگی شکل حوضه را از توپوگرافی نشان می‌دهد. دو ثقل هندسی دریاچه و حوضه به شرط آنکه دریاچه دقیقاً در مرکز حوضه قرار گرفته باشد، بر هم منطبق می‌شوند. نزدیکی ثقل هندسی دریاچه و حوضه در میقان، مهارلو، قطروئیه و بافق، حاکی از تمرکز و همگرایی آبراهه‌ها در مرکز هندسی حوضه است؛ به گونه‌ای که باعث همگنی در طول آبراهه‌ها از جهات مختلف می‌شود. در حوضه‌های گاوخونی، قم و درانجیر، ثقل هندسی حوضه از ثقل هندسی دریاچه بسیار فاصله دارد. فاصلهٔ ۱۰۹ کیلومتری ثقل هندسی حوضهٔ گاوخونی از ثقل دریاچه و واقع‌شدن دریاچه در منتهی‌الیه جنوب شرقی حوضه، بیان‌کنندهٔ سهم ناچیز حوضه در آبگیری دریاچه و ناتقارنی شدید در هیدرولوژی حوضه است. ثقل هندسی حوضه در سیرجان، اردستان، بافق و لوت از ثقل هندسی دریاچه فاصلهٔ کمی دارد. ثقل هندسی در سایر حوضه‌ها (جز لوت)، تقریباً روی خط تعادل آب و خشکی یا در نزدیکی آن قرار گرفته که ناشی از تعادل هندسی و ژئومورفولوژی حوضه است. متوازن و متعادل‌بودن حوضه ازنظر هندسی و ژئومورفولوژیکی سبب هدایت آبراهه‌ها و شکل‌گیری دریاچه‌ای متعادل در مرکز حوضه می‌شود. فاصلهٔ ثقل هندسی حوضه‌های جازموریان و یزد از ثقل هندسی دریاچه نسبتاً زیاد است؛ هرچند ثقل هندسی حوضهٔ جازموریان بر خط ساحلی منطبق است، ولی وسعت زیاد دریاچه با توجه به فلت‌بودن [1] آن باعث فاصلهٔ یکسان ثقل‌های هندسی در هر دو حوضه شده است (۴۰ کیلومتر). فاصله‌گرفتن ثقل هندسی دریاچه از ثقل هندسی حوضه به شرط آنکه دریاچه به نواحی تغذیه‌کننده نزدیک‌تر شود، شرایط مطلوبی برای آبگیری دریاچه‌ها فراهم می‌کند.

تغییرات دبی، رودخانه‌ها را به دو دستهٔ بومی و غیربومی تقسیم می‌کند. دبی رودخانه‌های بومی از سراب تا پایاب با افزایش مساحت حوضهٔ آبریز افزایش می‌یابد؛ درصورتی‌که در رودخانه‌های غیربومی، دبی تا جایی که رودخانه در ناحیهٔ مرطوب جریان دارد، افزایش و از آن به بعد کاهش می‌یابد (تریکار، ۱۳۶۹: ۱۸۱).

ثقل هیدرولوژیکی جایی است که تا آن نقطه، حوضه‌ها تغذیه‌کننده و از آن به بعد تحلیل‌رونده می‌شوند. در بیشتر مواقع منابع تغذیه‌کنندهٔ دریاچه‌ها به سوی کوهستان‌های مرتفع‌تر حوضه متمایل می‌شود. در حوضه‌های متقارن ازنظر توپوگرافی این انتظار می‌رود که ازنظر هیدرولوژیکی نیز تقارن وجود داشته باشد. این استدلال مبنی بر روابطی است که بین ارتفاع با پارامترهای اثرگذار بر رواناب (دما و بارش) وجود دارد؛ تمرکز قله‌های مرتفع در غرب، حوضهٔ ثقل هیدرولوژیکی را به غرب دریاچه منتقل می‌کند؛ در صورتی که تمرکز قله‌های مرتفع در شرق، به شرطی ثقل هیدرولوژیکی را به سمت خود متمایل می‌کند که تفاوت ارتفاعی بیشتری نسبت به ارتفاعات غرب

[1] Flat

حوضه داشته باشد. شرایط مطلوب‌تر دامنه‌های شمال شرقی ناهمواری‌های ایران برای شکل‌گیری سیرک‌های یخچالی طی کواترنری (ریچارد چورلی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۵۸؛ جعفری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳۵) بیان‌کنندهٔ آن است که این جهت، بهترین وضعیت را برای ماندگاری رطوبت فراهم می‌کند. مرکز ثقل ژئومورفولوژیکی (نقطه‌ای) حوضه‌ای که در غرب دریاچه باشد، شرایط تغذیهٔ مناسب‌تری برای دریاچه فراهم می‌کند (یزد، جازموریان و گاوخونی). توزیع ارتفاعی حوضهٔ ارومیه به گونه‌ای است که باید ثقل هیدرولوژیکی مانند ثقل ژئومورفولوژیکی آن در شرق دریاچه باشد؛ ولی با توجه به اثرگذاری جهت بر میزان تغذیهٔ دریاچه به قسمت جنوبی متمایل شده است که دامنه‌هایی به سمت شمال دارد. ثقل هیدرولوژیکی اگر با توجه به ارتفاع از نقطه‌ای به خطی تبدیل شود، امکان بررسی سطوح بالاتر و پایین‌تر آن فراهم می‌شود. نسبت سطوح بالاتر به سطوح پایین‌تر از ثقل هیدرولوژیکی مشخص‌کنندهٔ نسبتی از حوضه است که در احیای دریاچه نقش بیشتری دارد (رابطهٔ ۱).

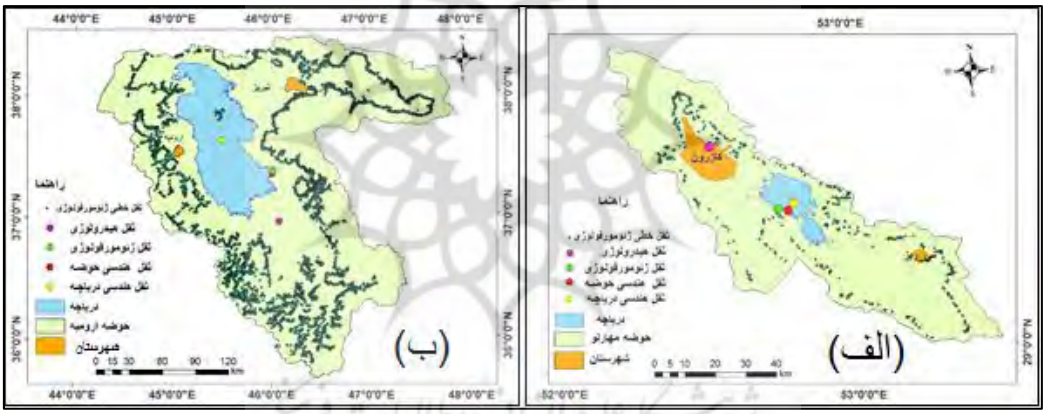
$$VL= (Ah/At)*۱۰۰ \qquad \text{رابطهٔ (۱)}$$

VL شاخص احیایی دریاچه، Ah مساحت بالاتر از خط هیدرولوژیکی حوضه و At مساحت کل حوضه است. شاخص احیایی دریاچه بین ۰–۱۰۰ متغیر است. برآورد نزدیک به ۵۰درصد این شاخص تعادل ژئومورفولوژیکی حوضه در آبگیری دریاچه را می‌رساند. به این صورت که دریاچه فقط موجودیت خود را حفظ می‌کند و چه بسا در طول فصول گرم سال به مرحلهٔ خشک‌شدن برسد. هرچه شاخص برآوردی به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، حجم آب دریاچه بیشتر و نوسانات سالیانهٔ آن کمتر و درنتیجه بقا و دوام دریاچه بیشتر خواهد شد. مقدار کمتر از ۵۰ این شاخص، بازتابی از شدت خشکی حوضه و دریاچه است. جدول (۱) فاصلهٔ مراکز ثقل حوضه‌های مطالعه‌شده از همدیگر است.

جدول ۱. فاصلهٔ مراکز ثقل از یکدیگر برحسب کیلومتر

نام	هندسی دریاچه از حوضه	هیدرولوژی از خط ساحل	هیدرولوژی از دریاچه	ژئومورفولوژی از دریاچه	حوضه از هیدرولوژی	حوضه‌ای از ژئومورفولوژی	هیدرولوژی از ژئومورفولوژی
ابرکوه	۴۲	–	–	۱۰۲/۴۸	–	۶۲/۵۹	–
اردستان	۱۳/۳۵	–	–	۱۹/۱۳	–	۷/۶	–
ارومیه	۶۰/۲۶	۳۱/۵۴	۹۰/۱۲	۵۴/۴۷	۴۳/۶۷	۲/۵	۴۵/۹۴
بافق	۱۴/۳۱	–	–	۱۲/۱	–	۲/۲۷	–
جازموریان	۳۹/۶۰	۱۴۸/۵۹	۲۰۶	۲۲۷/۵	۱۹۴/۴۹	۲۱۲/۱۶	۲۶/۳۰
درانجیر	۱۵۰/۹۲	۲۶۱	۲۹۸/۸۹	۱۷۰/۱۷	۱۴۷/۹۸	۲۲/۹۸	۱۲۸/۷۶
سیرجان	۲۶/۲۴	۱۶/۲۵	۲۸/۳۲	۳۱/۵۱	۵۱/۹۱	۶	۵۷/۸۲
قطروئیه	۹/۷	–	–	۹/۳	–	۲/۷	–
قم	۱۳۳/۱۹	۱۰۶/۳۶	۱۳۱/۹۹	۲۰۳/۵۶	۹۳/۲۱	۷۳/۱۷	۱۵۳/۱۵
گاوخونی	۱۰۹/۴۳	۱۰۸/۸۵	۱۰۸/۳۹	۱۲۱/۸۱	۸۱/۴۴	۱۲/۵۳	۷۰/۱۹
لوت	۳۶/۸۲	۲۲۳/۵	۲۳۶/۵	۹۶/۶۱	۲۶۵/۶۷	۷۵/۱۲	۳۳۲/۹۱
مهارلو	۳/۹	۲۳/۶۸	۳۳/۲۴	۵/۷	۳۳/۳۹	۳/۶۷	۲۹/۹۲
میقان	۸/۶۸	۲۲/۸۸	–	۸/۸	–	۰/۲۶	–
یزد	۴۰/۵۷	۱۰۲/۲۲	۱۲۰/۸۳	۴۹/۱۶۰	۸۳	۸/۸۶	۷۶/۶۸

با دخالت متغیر ارتفاع در ثقل هندسی، ثقل ژئومورفولوژیکی مشخص می‌شود. در یک حوضه با توزیع ارتفاعی همگن، مرکز هندسی بر مرکز ثقل ژئومورفولوژیکی منطبق است. مرکز ثقل ژئومورفولوژیکی در حوضه‌های ناهمگن ازنظر ارتفاع، به سمت سطوح مرتفع‌تر تمایل دارد. هرچه تعداد خطوط ثقل ژئومورفولوژیکی بیشتر باشد، گذر از مناطق بیشتر از میانگین ارتفاعی حوضه به کمتر از آن، تدریجی‌تر اتفاق می‌افتد (حوضهٔ ارومیه). هرچه مساحت بالاتر از مرکز ثقل ژئومورفولوژیکی بیشتر یا ثقل وزنی به دریاچه نزدیک‌تر باشد، ازنظر اقلیمی نواحی مرتفع، تسلط بیشتری به حوضه دارد و جریان‌های ناشی از نزولات جوی و ذوب برف با طی مسافت کمتری از ثقل ژئومورفولوژیکی به دریاچه می‌رسد. البته اگر تمرکز قله‌های بسیار مرتفع در مرز حوضه‌ها باعث نزدیکی ثقل ژئومورفولوژیکی به مرز حوضه شده باشد، اثر مثبت در آبگیری دریاچه خواهد داشت (حوضهٔ ارومیه). نزدیکی ثقل ژئومورفولوژیکی به دریاچه منجر به کاهش تلفات آب می‌شود. ثقل ارتفاعی حوضهٔ ارومیه از سمت شرق و غرب به‌صورت خطی است و در شرق از دریاچه فاصلهٔ بیشتری می‌گیرد. مرتفع‌تربودن قسمت شرقی به واسطهٔ قله‌های سهند و سبلان باعث نوعی توازن ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی شده است (شکل ۲- ب).



شکل ۲. مراکز ثقل حوضه‌های آبی ارومیه و مهارلو

ثقل ژئومورفولوژیکی حوضهٔ مهارلو به‌صورت خطی دورتادور حوضه را دربرگرفته است و از سمت شمال غرب فاصلهٔ کمتری با خط ساحل دارد. با توجه به وجود بلندترین قله‌های حوضه و مساحت بیشتر نواحی بالاتر از ارتفاع متوسط در این بخش، دریاچه از این قسمت بیشتر تغذیه می‌شود؛ ثقل هیدرولوژیکی حوضه نیز در همین قسمت روی رودخانهٔ خشک قرار دارد. انطباق مرکز هندسی و توپوگرافیکی و توزیع همگن ناهمواری‌ها باعث نزدیکی ثقل ژئومورفولوژیکی به ثقل هندسی حوضه و دریاچه می‌شود (شکل ۲- الف).

ارتفاع خط تقسیم آب در شرق دریاچهٔ قم ۸۲۰ متر است که از خط تعادل آب و خشکی (۸۰۰ متر) اختلاف چندانی ندارد. در شرق حوضهٔ ثقل ژئومورفولوژیکی خطی منقطع است. تمرکز قله‌های مرتفع در شمال و شمال شرق حوضه، ثقل ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی را به این سمت متمایل کرده است. هرچند رودخانه‌های غربی دریاچه،

حوضهٔ آبی وسیع‌تری دارند، ولی به دلیل موقعیت دریاچه، قلهٔ دماوند نقش بیشتری در تغذیهٔ دریاچه دارد. وجود دریاچهٔ حوض سلطان در غرب دریاچهٔ قم نیز باعث ایزوله‌شدن آب رودخانه‌های سرچشمه‌گرفته از غرب و شمال غربی حوضه می‌شود. شواهد خط تعادل آب و خشکی دریاچه در دورهٔ کواترنری بازتاب‌یافته در نقشه‌های توپوگرافی، بیان‌کنندهٔ تغذیهٔ دریاچه از غرب و شمال غرب است که با بلوکه‌شدن منابع آب در ارتفاعات دماوند و سرریزشدن آب دریاچهٔ حوض سلطان توجیه‌پذیر است (شکل ۳- الف).

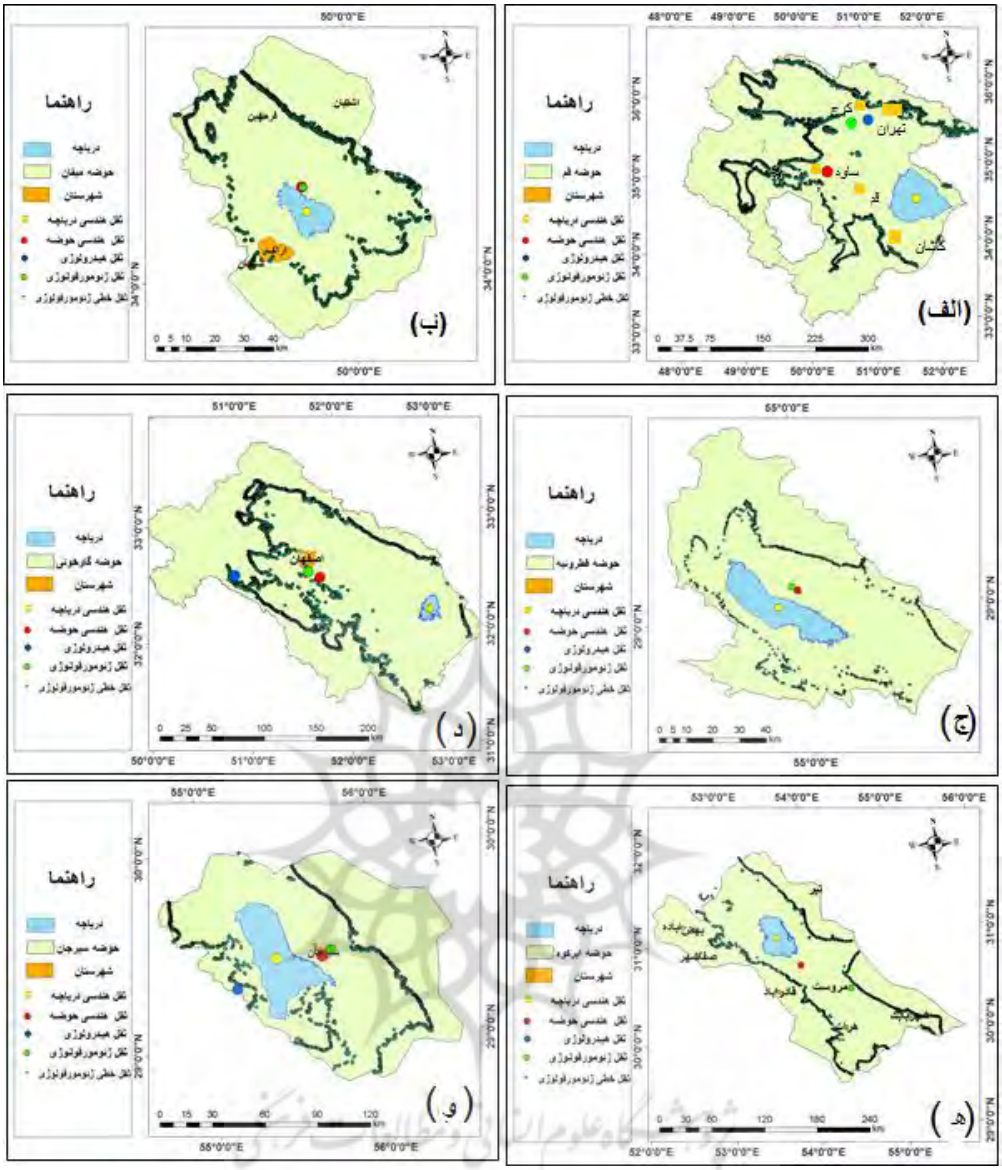
با توجه به شکل نزدیک به دایره‌ای، ثقل هندسی حوضه و دریاچهٔ میقان در مرکز قرار گرفته است. ثقل خطی حوضه در ارتفاع ۱۸۰۰ متری به‌صورت پیوسته دورتادور حوضه را دربرگرفته و توزیع متعادل و متوازن ارتفاعات سبب شده است ثقل ژئومورفولوژیکی و ثقل حوضه بر هم منطبق شوند. وجود مرتفع‌ترین قله‌ها در شمال شرقی و جنوب حوضه باعث تغذیهٔ بیشتر دریاچه از این جهت شده است. حوضهٔ میقان ازنظر موقعیت قرارگیری ثقل‌ها، بهترین حالت را در بین دریاچه‌ها دارد؛ ولی به دلیل کوچک‌بودن حوضهٔ آبی و نداشتن ارتفاعات زیاد و مساحت برف‌گیر، دریاچه فقط در ماه‌های مرطوب آبگیری می‌شود (شکل ۳- ب).

ثقل ژئومورفولوژی خطی حوضهٔ قطروئیه در قسمت جنوب منقطع می‌شود. فاصلهٔ بیشتر ثقل خطی از مرز حوضه در شمال، تغذیهٔ بیشتر دریاچه را از این قسمت میسر می‌سازد. حوضه از طرف جنوب، غرب و شرق بدون نواحی مرتفع مؤثر در تأمین آب دریاچه است. به دلیل انطباق پست‌ترین قسمت حوضه با مرکز حوضه، ثقل هندسی حوضه و دریاچه در مرکز قرار دارند و با توزیع متناسب ارتفاع، ثقل ژئومورفولوژیکی نیز به ثقل هندسی نزدیک است (شکل ۳- ج).

ثقل ژئومورفولوژیکی خطی حوضهٔ گاوخونی در جنوب و جنوب شرقی منقطع می‌شود. فاصله‌گرفتن خط تقسیم آب از خط تعادل آب و خشکی و بیشترشدن مساحت شمال غرب حوضه ناشی از تمرکز قله‌های مرتفع در این قسمت است و ثقل هیدرولوژیکی را به این قسمت متمایل کرده است. سرچشمهٔ رودخانهٔ زاینده‌رود به‌منزلهٔ منبع اصلی تغذیه‌کنندهٔ دریاچه در همین قسمت واقع شده است (شکل ۳- د).

نواحی شمال و جنوب حوضهٔ ابرکوه به دلیل منقطع‌شدن ثقل ژئومورفولوژیکی در تغذیهٔ دریاچه تأثیر زیادی ندارد. ناهمواری‌های غربی با داشتن قله‌های مرتفع به‌ویژه در بل اقلید فارس با ارتفاع ۳۹۶۵ متر نقش بیشتری در تغذیهٔ دریاچه دارند. کشیدگی شکل حوضه در امتداد شمال غرب - جنوب شرق به همراه دو قلهٔ مرتفع ۴۰۰۰ متری شیرکوه یزد در شرق و بل در غرب سبب شده است ثقل ژئومورفولوژی بر ثقل حوضه منطبق باشد (شکل ۳- ه).

ثقل ژئومورفولوژی خطی حوضهٔ سیرجان از سمت شرق به دریاچه نزدیک است. مساحت بیشتر و مرتفع‌بودن این قسمت از حوضه، ثقل ژئومورفولوژیکی را به این بخش از حوضه متمایل کرده و توزیع ارتفاعی حوضه باعث نزدیکی ثقل ژئومورفولوژیکی به ثقل هندسی حوضه شده است (شکل ۳- و).



شکل ۳. ثقل حوضه‌های آبی قم، میقان، قطروئیه، گاوخونی، ابرکوه و سیرجان

مراکز ثقل ژئومورفولوژی خطی حوضهٔ یزد به استثنای شمال و شمال شرق، دور حوضه را دربرگرفته و مساحت بالاتر از ثقل ژئومورفولوژی در جنوب غرب حوضه، ناشی از وجود قلهٔ شیرکوه با ارتفاع ۴۰۶۵ متر است و بیشترین تغذیه از ارتفاعات همین بخش انجام می‌شود. ثقل هیدرولوژیکی بر رودخانهٔ تفت از ارتفاعات شیرکوه سرچشمه می‌گیرد (شکل ۴- الف).

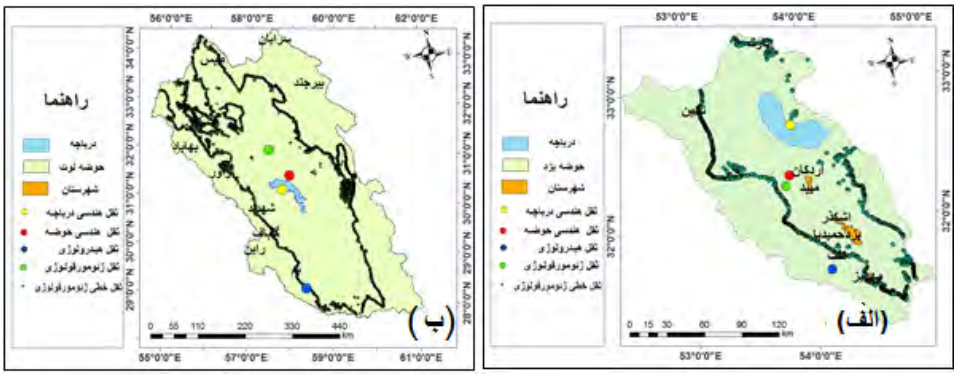
ثقل ژئومورفولوژیکی خطی در شمال حوضهٔ لوت عریض‌تر از سایر قسمت‌هاست. پهنه‌ای‌بودن ثقل ژئومورفولوژیکی و نداشتن قلل مرتفع در شمال لوت، به دلیل کاهش تدریجی ارتفاع، در آبگیری چالهٔ مرکزی نقش مؤثری ندارد. فاصلهٔ زیاد ثقل ژئومورفولوژیکی از مرز حوضه در بخش جنوب غربی و در امتداد کوه‌های سیرچ، موجب تغذیهٔ بیشتر حوضه از این بخش می‌شود (شکل ۴- ب).

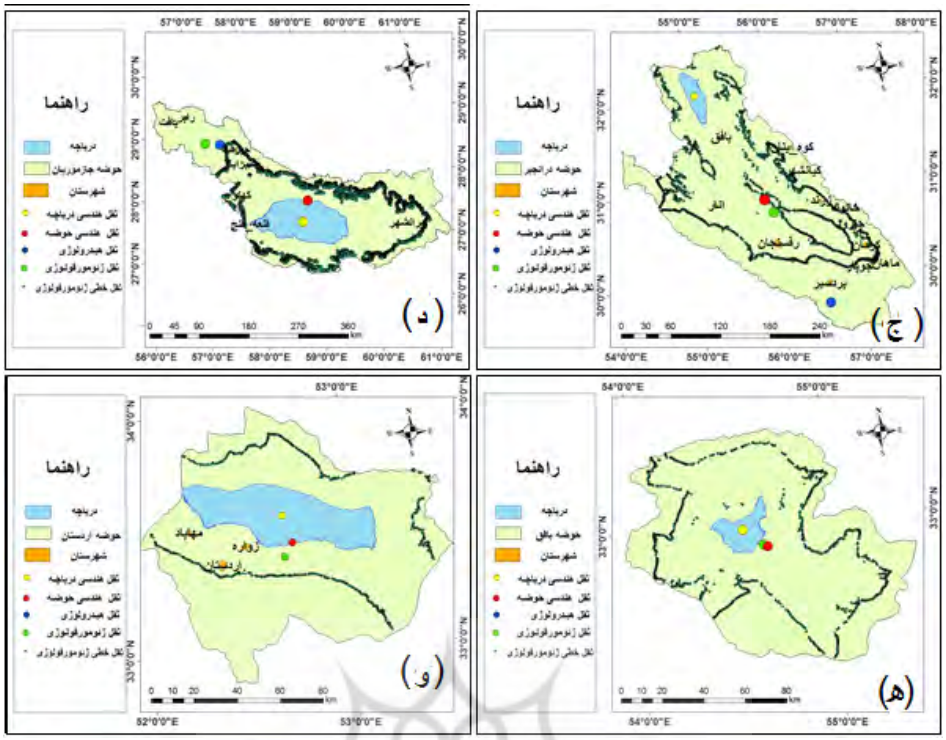
بخش تغذیه‌کننده و ثقل هیدرولوژیکی حوضهٔ درانجیر به دلیل اختلاف ارتفاع زیاد ثقل خطی ژئومورفولوژیکی (۱۷۹۹ متر) با مرتفع‌ترین قله‌ها (۲۴۰۰ متر)، در جنوب حوضه قرار دارد. فاصلهٔ ۱۴۸ کیلومتری ثقل هیدرولوژیکی از دریاچه و وجود توپونرون‌ها در مسیر جریان رواناب باعث شده است دریاچه به‌خوبی تغذیه نشود. قسمت‌های پست و کم‌ارتفاع شمال دریاچه بیان‌کنندهٔ این مطلب است که طی دوره‌های سرد کواترنری احتمال سرریزشدن آب به چاله‌های مجاور زیاد بوده است (شکل ۴- ج).

ثقل ژئومورفولوژی خطی حوضهٔ جازموریان دورتادور دریاچه را دربرگرفته و ارتفاعات به‌جز در قسمت شمال غرب نقش چندانی در تغذیه‌کنندهٔ دریاچه ندارد؛ زیرا در بسیاری از قسمت‌ها ثقل ارتفاعی منطبق بر خط تقسیم آب حوضه است. به دلیل نامتوازن‌بودن توزیع ارتفاعی حوضه، ثقل ارتفاعی ۲۰۷ کیلومتر از ثقل هندسی حوضه و دریاچه دور بوده و امکان تغذیهٔ دریاچه را بیشتر از یک‌جهت میسر ساخته است. چنین وضعیتی منجر به کشیدگی دریاچه به سمت منبع تغذیه‌کننده شده است (شکل ۴- د).

ثقل ژئومورفولوژی خطی حوضهٔ بافق به‌صورت منقطع و از دریاچه بسیار دور و در بسیاری از قسمت‌ها نزدیک به خط تقسیم آب حوضه است. این ویژگی باعث نداشتن منطقهٔ تغذیهٔ مناسب حوضه می‌شود. قرارگیری مرکز توپوگرافیکی در مرکز هندسی حوضه و توزیع ارتفاعی همگن، موجب نزدیکی ثقل ژئومورفولوژیکی به ثقل هندسی شده است. نداشتن نواحی مرتفع تغذیه‌کنندهٔ دریاچه در تمامی بخش‌های حوضه باعث تسلط اقلیم خشک در بیشتر ماههای سال شده و حوضه را به‌صورت پلایایی خشک درآورده است که کمتر آبگیری می‌شود (شکل ۴- ه).

توازن توپوگرافی اردستان باعث نزدیکی ثقل هندسی حوضه و دریاچه به ثقل ژئومورفولوژیکی شده و همواری حوضه به گونه‌ای است که اگر دریاچه کاملاً آبگیری شود، از ارتفاع ۱۷۰۰ متری شمال حوضه، آب به حوضهٔ بالادست (قم) سرریز می‌شود. بین بلندترین و پست‌ترین ارتفاع در حوضهٔ اردستان ۱۰۰۰ متر اختلاف ارتفاع وجود دارد. ثقل خطی ژئومورفولوژی در جنوب به‌صورت خطی پیوسته و در شمال، شرق و غرب به‌وسیلهٔ مرز حوضه قطع می‌شود (شکل ۴- و).





شکل ۴. مراکز ثقل حوضه‌های یزد، لوت، درانجیر، جازموریان، بافق و اردستان

تفاوت‌های ارتفاعی حوضه‌های مطالعه‌شده به‌صورت خلاصه در جدول (۲) آمده است. با توجه به تأثیرگذاری ارتفاع بر دما و بارش، ارتفاع بیشتر ثقل ژئومورفولوژیکی وضعیت مطلوب‌تری برای آبگیری دریاچه فراهم می‌کند. از این جهت سیرجان با ارتفاع ثقل وزنی ۱۹۶۴ متر، مرتفع‌ترین حوضه و جازموریان با ۹۳۳ متر پست‌ترین حوضه‌ها هستند.

جدول ۲. تفاوت‌های ارتفاعی مراکز ثقل برحسب متر

نام	ارتفاع ثقل ژئومورفولوژی	بیشترین ارتفاع	کمترین ارتفاع	تفاوت ارتفاع حداکثر از ثقل	میانگین ارتفاع بالاتر از ارتفاع ثقل	میانگین ارتفاع پایین‌تر از ارتفاع ثقل
ابرکوه	۱۸۸۴	۳۷۱۰	۱۴۴۱	۱۸۲۶	۲۷۴۷	۱۶۶۴
قطروئیه	۱۸۲۳	۲۸۴۰	۱۵۵۷	۱۰۱۷	۲۲۹۸	۱۶۸۹
سیرجان	۱۹۶۴	۳۵۵۴	۱۶۶۴	۱۵۹۰	۲۷۳۳	۱۸۱۵
درانجیر	۱۷۹۹	۴۲۰۲	۹۱۰	۲۴۰۳	۲۹۵۱	۱۳۵۶
گاوخونی	۱۹۲۴	۳۹۲۵	۱۴۱۴	۲۰۰۱	۲۸۷۸	۱۶۶۷
جازموریان	۹۳۳	۴۳۵۹	۳۵۳	۳۴۲۶	۲۶۱۹	۶۴۳
لوت	۱۰۸۴	۴۴۷۳	۱۰۰	۳۳۸۹	۲۷۲۰	۵۹۸
مهارلو	۱۷۶۳	۲۹۸۴	۱۳۶۶	۱۲۲۱	۲۳۴۸	۱۵۶۴
میقان	۱۹۰۳	۳۰۸۲	۱۶۳۵	۱۱۷۹	۲۴۷۳	۱۷۶۹
ارومیه	۱۷۲۲	۳۷۳۳	۱۱۷۴	۲۰۱۱	۲۷۱۳	۱۴۵۳
یزد	۱۵۰۴	۴۰۳۱	۹۵۰	۲۵۲۷	۲۷۳۱	۱۲۲۷
بافق	۱۰۶۳	۲۸۰۸	۷۶۵	۱۷۴۵	۱۸۷۰	۹۱۴
اردستان	۱۳۲۲	۳۱۷۳	۹۲۴	۱۸۵۱	۲۲۱۰	۱۱۲۳
قم	۱۶۴۹	۴۳۳۴	۷۵۶	۲۶۸۵	۲۹۷۸	۱۲۰۲

مرتفع‌ترین قله‌های حوضه‌های ارومیه، لوت، جازموریان، قم، درانجیر، یزد و گاوخونی بیشتر از ۴۰۰۰ متر است؛ اما آنچه آنها را از هم متمایز می‌سازد، ارتفاع پست‌ترین قسمت آنهاست. هرچه ارتفاع پست‌ترین قسمت حوضه کمتر باشد، آبگیری دریاچه وضعیت بدتری خواهد داشت. ۴۳۷۳ متر تفاوت ارتفاع پست‌ترین و مرتفع‌ترین قسمت حوضهٔ لوت باید بهترین وضعیت را برای آبگیری فراهم کرده باشد؛ ولی ارتفاع بسیار پایین پست‌ترین قسمت لوت (۱۰۰ متر) مانع از آبگیری دریاچه می‌شود. جازموریان با ارتفاع دست‌کم ۳۵۲ متر، پس از لوت پست‌ترین ارتفاع کف حوضه را دارد. ۱۲۸۳ متر تفاوت ارتفاع پست‌ترین و بلندترین قلهٔ حوضهٔ قطروئیه، نامطلوب‌ترین شرایط آبگیری را برای حوضه فراهم کرده است. سیرجان و میقان به ترتیب با داشتن ارتفاع ۱۶۶۴ و ۱۶۳۵ متر در پست‌ترین قسمت، مرتفع‌ترین حوضه‌ها هستند. بین ثقل ژئومورفولوژیکی و بلندترین قله در جازموریان ۳۴۲۶ متر و لوت ۳۳۸۹ متر اختلاف ارتفاع وجود دارد و بهترین وضعیت آبگیری را از این نظر دارند؛ ولی پست‌بودن قسمت مرکزی مانع از آبگیری آنها می‌شود.

با توجه به اقلیم‌های ایران، تراز آب دریاچه‌های داخلی از ابتدای ماه آبگیری روند افزایشی و در طول فصل خشک روند کاهشی دارد و تراز آب دریاچه یا مانند دریاچهٔ ارومیه به کمترین حد می‌رسد یا مانند گاوخونی کاملاً خشک می‌شود. برای محاسبهٔ حجم آب دریاچه‌ها در محاسبات بعدی، حجم برآوردی براساس تراز کنونی بر دو تقسیم، حجم بارش سالیانه براساس مساحت حوضه محاسبه و از تقسیم حجم آب دریاچه بر حجم بارش حوضه، ضریب آبگیری دریاچه برآورد شد (جدول ۳).

جدول ۳. ویژگی‌های فیزیکی و اقلیمی چاله‌های داخلی

نام حوضه	بارش (میلیمتر)	مساحت دریاچه (کیلومترمربع)	مساحت حوضه (کیلومترمربع)	حجم بارش (مترمکعب)	حجم دریاچه (مترمکعب)	ضریب آبگیری
ابرکوه	۱۵۳/۰۶	۱۲۸۴	۳۵۴۷۰	۵۴۲۹۲۳۵۲۴۱	۶۸۱۷۷۰۳۶۸/۹	۰/۱۲۵
اردستان	۱۱۴/۶۲	۱۷۰۶	۱۰۵۶۷/۴۱	۱۲۱۱۳۰۲۵۲۵	۲۷۲۰۰۲۶۵۴	۰/۲۲۴
ارومیه	۳۷۲/۴۵	۶۴۳۷	۵۱۸۲۷/۱۳	۱۹۳۰۳۰۳۹۷۹۰	۱۳۳۱۷۲۱۰۶۰۰	۰/۶۸۹
بافق	۹۵/۲۱	۳۴۵	۱۰۰۱۷/۴۱	۹۵۳۷۵۴۸۷۸/۵	۲۸۵۱۷۴۶۸۸	۰/۲۹۹
جازموریان	۱۷۱/۳۸	۹۶۳۷	۷۲۷۵۹	۱۲۴۷۰۱۰۱۳۳۰	۲۰۱۶۳۸۱۳۴۹	۰/۱۶۱
درانجیر	۱۴۱/۲۱	۱۰۰۹	۵۱۸۷۲	۷۳۲۵۰۷۶۳۴۲	۶۴۰۳۲۰۷۲۷	۰/۰۸۷۴
سیرجان	۱۸۱/۷۸	۴۸۴	۱۴۱۲۷	۲۵۶۸۱۲۹۰۷۶	۵۸۱۱۳۲۱۴۰/۶	۰/۲۲۶
قطروئیه	۲۱۵/۲۶	۴۸۴	۶۳۰۴	۱۳۵۷۰۴۶۴۸۴	۲۳۹۴۸۸۵۷۴	۰/۱۷۶
قم	۲۶۳	۴۱۰۸	۹۰۳۶۶/۱۴	۲۳۷۶۶۲۹۳۷۹۴	۳۲۶۲۳۴۸۳۲۷	۰/۱۳۷
گاوخونی	۱۹۳/۵۷	۳۱۱	۴۰۷۹۴	۷۸۹۶۵۷۷۳۲۷	۸۴۹۶۲۶۸۶۸/۱	۰/۱۰۷
لوت	۱۱۴/۶۴	۱۵۱۷/۱۵۹	۲۱۴۶۸۸	۲۴۶۱۲۲۳۱۲۴۱	۳۶۷۸۵۶۳۰۹	۰/۰۱۴۹
مهارلو	۳۷۵/۵۱	۲۰۵	۴۲۴۱/۳۳	۱۵۹۲۶۶۸۵۷۲	۶۱۱۱۲۶۵۸۵/۷	۰/۳۸۳
میقان	۳۱۲/۲۱	۱۸۳	۵۴۹۱/۵۶	۱۷۱۴۵۰۸۹۳۴	۵۴۵۹۲۵۴۱۴	۰/۳۱۸
یزد	۹۲/۹۸	۱۱۶۰	۲۴۸۲۳/۵۴	۲۳۰۸۱۳۰۰۹۵	۶۲۰۴۴۲۹۸۲/۵	۰/۲۶۸

براساس قاعدهٔ اصلاح‌شدهٔ استورجس[1] (وحیدی اصل، ۱۳۹۲: ۲۲) (رابطهٔ ۲) ضریب آبگیری دریاچه‌ها در چهار رده طبقه‌بندی شد.

رابطهٔ (۲) $K=1+3/3*\log n$

ضریب آبگیری زیاد دریاچهٔ ارومیه به‌منزلهٔ دریاچه‌ای زنده در این چهار رده ناشی از شرایط مطلوب آن ازنظر اقلیمی و ژئومورفولوژیکی نسبت به سایر دریاچه‌هاست. هرچند حوضه‌های مهارلو و میقان ازنظر اقلیم و ژئومورفولوژی شرایطی مشابه ارومیه دارند، ولی همیشگی‌بودن دریاچهٔ ارومیه علاوه بر عرض جغرافیایی بیشتر، به دلیل تقارن توپوگرافیکی و داشتن قله‌های مرتفع‌تر از ۳۰۰۰ متر است. ضریب آبگیری زیاد حوضه‌هایی مانند بافق ناشی از شرایط توپوگرافیکی و انطباق مرکز هندسی حوضه و دریاچه بر هم است. شرایط متناسب ژئومورفولوژی این‌گونه چاله‌ها باعث تجمع همزمان آب ناشی از بارش‌های موقت و شدید می‌شود و به همین دلیل وسعت و حجم دریاچه بیان‌کنندهٔ ضریب زیاد رواناب است؛ در صورتی که به دلیل کمبود بارش و توزیع نامناسب آن، چالهٔ مرکزی حوضه توان آبگیری و نگهداری آب را برای مدت طولانی ندارد و درنتیجه دریاچه به شمار نمی‌آید.

حوضهٔ یزد نسبت به سایر حوضه‌های رده سوم ضریب آبگیری بیشتری دارد که بیشترین رواناب آن از ارتفاعات شیرکوه نشئت می‌گیرد؛ ولی به دلیل شرایط نامناسب اقلیمی و دوری ثقل هیدرولوژی از ثقل هندسی دریاچه، طول مدت آبگیری این چاله به یک ماه نمی‌رسد و کاملاً خشک است.

حوضهٔ سیرجان هرچند ازنظر ضریب آبگیری و فاصلهٔ ثقل‌ها از یکدیگر شرایط مناسبی برای دریاچه‌شدن دارد و دریاچه‌ای موقتی معرفی شده است (احمدی، ۱۳۸۷: ۲۰۶)، ولی واقع‌شدن این حوضه در مناطق خشک و مسطح و پلاتی‌بودن مرکز آن سبب شده است دریاچه در ماه‌های مرطوب توان آبگیری داشته باشد.

حوضه‌های قم، گاوخونی و درانجیر در ردهٔ اول، کمترین ضریب آبگیری را دارند. حوضه‌های قم و گاوخونی با وجود بارش زیاد و قله‌های مرتفع در اطراف دریاچه، به دلیل فاصلهٔ بسیار زیاد ثقل ژئومورفولوژی و ثقل هیدرولوژی از دریاچه، کمترین ضریب آبگیری را دارند. براساس یافته‌های علیزاده (۱۳۹۱) حوضه‌های دایره‌ای شکل اوج دبی هیدروگراف تیزتری دارند؛ اوج تیز هیدروگراف در حوضه‌های سیرجان، میقان، بافق و اردستان با ضریب گراولیوس کمتر از ۱/۳ در حجم بیشتر آب دریاچه و ضریب زیاد آبگیری بازتاب یافته است؛ هرچند ممکن است آب تجمع‌یافته دوام زیادی نداشته باشد.

نتیجه‌گیری

برای حفظ و پایداری یک دریاچه و رسیدن به حالت تعادل، مجموع شرایط و مؤلفه‌هایی لازم است که تغییر در یک یا چند مؤلفه موجب نامتعادلی در دریاچه‌ها می‌شود. حیات و آبگیری دریاچه‌ها علاوه بر اقلیم به ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه‌ها بستگی دارد. بسیاری از مناطق ایران ازنظر اقلیمی شرایط ایجاد دریاچه را دارند، ولی شرایط ژئومورفولوژیکی اجازهٔ دریاچه‌شدن را به آنها نمی‌دهد. تلفیق و آرایش فضایی – زمانی بهینهٔ اقلیم و ژئومورفولوژی

[1] Sturges rule

(مورفوکلیما)، شرط اولیه برای شکل‌گیری دریاچه است. معمولاً ثقل هندسی برای سطوح فلت یا هموار در نظر گرفته می‌شود. با دخالت بعد سوم (ارتفاع) باید ثقل وزنی مشخص شود.

در سطوح ناهموار، مقایسهٔ ثقل هندسی و ثقل ژئومورفولوژیکی اهمیت فراوانی دارد. در صورتی که ثقل هندسی بر ثقل ژئومورفولوژیکی حوضه منطبق باشد، حوضه ازنظر توپوگرافی تقارن دارد؛ یعنی ناهمواری‌ها در همهٔ قسمت‌های سراب حوضه یکسان توزیع شده‌اند و اگر توزیع ارتفاعات ناهمگن باشد، ثقل هندسی حوضه به سمتی متمایل می‌شود که سطوح ارتفاع بیشتری دارد.

منقطع‌شدن ثقل ژئومورفولوژیکی خطی بیان‌کنندهٔ این مطلب است که حوضه از قسمت منقطع، بدون ارتفاع اثرگذار بر آبگیری دریاچه است و هیدرولوژی نامتقارنی دارد. هرچه ثقل هیدرولوژیکی از ثقل ژئومورفولوژیکی دورتر باشد، شرایط بقای دریاچه نامطلوب‌تر می‌شود. پهنه‌ای‌بودن ثقل وزنی همانند دریاچهٔ ارومیه، یکی از شرایط مطلوب برای دریاچه محسوب می‌شود؛ در صورتی که برای حوضه‌هایی که به دلیل کاهش تدریجی ارتفاع ثقل ژئومورفولوژیکی پهنه‌ای است و قله‌های مرتفع در آن قسمت وجود ندارد (مانند لوت) در آبگیری چالهٔ مرکزی تأثیر منفی می‌گذارد. انطباق ثقل ژئومورفولوژی خطی بر خط تقسیم آب بخشی از حوضه‌ها، بیان‌کنندهٔ نبود نواحی مرتفع مناسب برای تغذیهٔ آب دریاچه است. به دلیل توزیع ناهمگن ارتفاع چنین حوضه‌هایی، ثقل ارتفاعی از ثقل هندسی حوضه و دریاچه فاصلهٔ زیادی می‌گیرد و مانع از آبگیری دریاچه از تمام جهات می‌شود. با توجه به اثر زیاد ارتفاع بر بارش یا دما، ثقل دمایی و بارشی حوضه بر ثقل ژئومورفولوژیکی آن منطبق است. در کواترنری هرچند با تغییرات اقلیمی، ثقل ژئومورفولوژیکی حوضه و پیرو آن ثقل‌های دمایی و بارشی جابه‌جایی مکانی نداشته، ولی مقدار عددی یا ارزش ثقل‌های دمایی و بارشی برخلاف ثقل ژئومورفولوژیکی نوسان داشته است. دمای ثقل ژئومورفولوژیکی در دوره‌های یخچالی کمتر و بارش آن بیشتر از امروز بوده است. ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر بلندترین قله و ارتفاع کمتر از هزار متر پست‌ترین قسمت حوضه است و اختلاف ارتفاع آنها نقش مثبتی در آبگیری دریاچه‌ها دارد. افزایش ارتفاع پست‌ترین قسمت حوضه، کاهش ارتفاع بالاترین قله اثرگذار بر دریاچه را جبران می‌کند؛ برای نمونه پست‌ترین قسمت حوضهٔ میقان ۱۶۳۵ و بلندترین قلهٔ آن ۳۰۸۲ متر ارتفاع دارد که در مقایسه با بسیاری از حوضه‌ها قلهٔ مرتفعی ندارد، ولی جزو مرتفع‌ترین حوضه‌ها ازنظر ارتفاع خط تعادل آب و خشکی است و شرایط مساعدی برای آبگیری طی ماه‌هایی از سال برای آن فراهم می‌شود.

بررسی ضریب آبگیری چاله‌ها بیان‌کنندهٔ این مطلب است که حوضه‌های لوت، درانجیر، گاوخونی، ابرکوه و قم کمترین ضریب را به خود اختصاص داده‌اند. قرارگیری دریاچه‌های فصلی گاوخونی و قم هم‌گروه با لوت با ضریب آبگیری کم، بیان‌کنندهٔ تأثیرگذاری عواملی غیر از اقلیم بر ضریب آبگیری است. با وجود اینکه در غرب حوضهٔ ابرکوه قله‌های ۴۰۰۰ متری جنوب شرق زاگرس مرتفع قرار دارد، ولی نبود نواحی بالاتر از ارتفاع متوسط حوضه در جنوب و شمال دریاچه، ضریب آبگیری آن را تا حد حوضهٔ خشک در انجیر کاهش داده است. بر اثر توزیع

ناهمگن ارتفاعات و تجمع قله‌های مرتفع در بخشی از حوضه، چنین وضعیتی علاوه بر ابرکوه در قم، یزد، گاوخونی، بافق و قطروئیه نیز به وجود آمده است. ضریب آبگیری بیشتر حوضه‌های قطروئیه، اردستان و سیرجان ناشی از انطباق پست‌ترین قسمت توپوگرافی با مرکز هندسی حوضه است که موجب همپوشانی ثقل هندسی حوضه و دریاچه و با توزیع متناسب ارتفاعی، ثقل ژئومورفولوژیکی نیز به ثقل هندسی نزدیک شده است. چنین وضعیتی باعث می‌شود تلفات آبی تقریباً در تمام جهات دریاچه مساوی و در صورت داشتن قله‌های مرتفع قابلیت مطلوب‌تری برای آبگیری داشته باشد. حوضه‌های بافق، سیرجان، قطروئیه، میقان، اردستان و ارومیه چنین وضعیتی دارند. قرارگیری دریاچه در مرکز توپوگرافیکی حوضهٔ بافق باعث هم‌ردیف‌شدن این حوضه با میقان و مهارلو شده است که هرچند ازنظر اقلیمی قادر به آبگیری نیست، ولی چالهٔ مرکزی آن ازنظر دریافت رواناب شبیه به میقان و مهارلو عمل کرده است. اوج تیز هیدروگراف در حوضه‌های سیرجان، میقان، بافق و اردستان با ضریب گراولیوس کمتر از ۱/۳ در حجم بیشتر آب دریاچه و ضریب زیاد آبگیری بازتاب یافته است؛ هرچند ممکن است آب تجمع‌یافته دوام زیادی نداشته باشد.

منابع

آزادبخت، بهرام، نوروزی، غلامرضا، (۱۳۸۷). **جغرافیای آب‌های ایران**، جلد اول، چاپ اول، تهران، انتشارات سازمان جغرافیایی و نیروهای مسلح، ۳۰۲ ص.

ابطحی، مرتضی، (۱۳۹۲). **بررسی پایش پالئوکلیمای حوضهٔ آبخیز جاجرود به کمک شواهد یخچالی**، کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، دورهٔ ۱، شمارهٔ ۱، ۲۰۱-۱۸۵.

احمدی، حسن، (۱۳۸۷). **ژئومورفولوژی کاربردی**، جلد ۲ (بیابان، فرسایش بادی)، چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۰۵ ص.

باباجمالی، فرهاد، (۱۳۹۳). **آلومتری تولید یخ و هویت مکانی زیستگاه‌های ایران مرکزی (ایده‌ای در حوزهٔ دانش ژئومورفولوژی ایران)**، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه اصفهان، دورهٔ ۲۵، شمارهٔ ۱، ۲۴-۱۱.

تریکار، ژان، (۱۳۶۹). **اشکال ناهمواری در نواحی خشک**، مترجمان: مهدی صدیقی‌پور و محسن پورکرمانی، جلد اول، چاپ اول، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی، ۶۶۴ ص.

جعفری، غلامحسن، فیض‌الله‌پور، مهدی و براتی، زینب، (۱۳۹۴). **بازسازی ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری الوند همدان (با سه روش رایت، شیب- جهت و ضریب خمیدگی)**، فصل‌نامهٔ تحقیقات جغرافیایی، دورهٔ ۳۰، شمارهٔ ۱۱۹، ۱۳۵-۱۵۳.

حجازی، اسدالله، عسکری، آتنا و میرزاخانی، بهاره، (۱۳۹۵). **تحولات ژئومورفولوژیکی پلایای میقان در کواترنر**، پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی کمی، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱، ۸۸-۷۵.

رامشت، محمدحسین، (۱۳۸۰). **دریاچه‌های دوران چهارم بستر تبلور و گسترش مدنیت در ایران**، مجلهٔ پژوهشی علوم انسانی، دانشگاه اصفهان، دورهٔ ۱-۲، شمارهٔ ۱۵، ۱۱۱-۹۰.

رامشت، محمدحسین، (۱۳۸۸). **نقشه‌های ژئومورفولوژی، نمادها و مجازها**، جلد اول، چاپ دوم، تهران، انتشارات سمت، ۱۹۰ ص.

رامشت، محمدحسین و سیف، عبدالله، (۱۳۸۳). **کاربرد تصاویر ETM لندست و تکنیک GIS در بررسی قلمروهای دیرینهٔ پلایای گاوخونی**، مجلهٔ جغرافیا و توسعه، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۴، ۱۹۰-۱۷۱.

رحیمی بلوچی، لیلا و ملک‌محمدی، بهرام، (۱۳۹۱). **کاربرد سنجش‌ازدور در حفاظت و مدیریت تالاب‌ها**، مجموعه مقالات سومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعهٔ پایدار تالاب‌های کویری ایران، ۸-۱، https://www.civilica.com/ Paper-DESERTWETLAND03-DESERTWETLAND03_678.html, 17/Oct/2016.

رسولی، علی‌اکبر، عباسیان، شیرزاد و جهان‌بخش، سعید، (۱۳۸۸). **پایش نوسان‌های سطح آب دریاچهٔ ارومیه با پردازش تصاویر ماهواره‌ای چندسنجنده‌ای و چندزمانه‌ای**، مدرس علوم انسانی، دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۲، ۷۱-۵۴.

ریچارد جی، چورلی، استانلی ای، شوم و دیوید ای، سودن، (۱۳۸۸). **ژئومورفولوژی**، ترجمهٔ احمد معتمد و ابراهیم مقیمی، جلد ۴، چاپ ۴، تهران، انتشارات سمت، ۲۶۸ ص.

زمردیان، محمدجعفر، (۱۳۹۲). **ژئومورفولوژی ایران، فرایندهای ساختمانی و دینامیک‌های درونی**، جلد ۲، چاپ هفتم، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۵۴ ص.

سیف، عبدالله و ابطحی، مرتضی، (۱۳۹۱). **بررسی تحولات اقلیمی حوضهٔ دریاچهٔ نمک در کواترنر پایانی**، نشریهٔ علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دورهٔ ۱۷، شمارهٔ ۴۶، ۹۱-۱۱۱.

علایی طالقانی، محمود، (۱۳۸۸). **ژئومورفولوژی ایران**، جلد اول، چاپ ششم، تهران، انتشارات قومس، ۳۶۰ ص.

علیزاده، امین، (۱۳۹۱). **اصول هیدرولوژی کاربردی**، جلد اول، چاپ سی‌ام، مشهد، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۹۱۲ ص.

فاولز، گرانت و کسیدی، جورج، (۱۳۹۲). **مکانیک تحلیلی**، ترجمهٔ جعفر قیصری، جلد اول، چاپ سوم، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، ۷۳۴ ص.

فتاحی، محمدمهدی، (۱۳۹۱). **ویژگی‌های پلایاهای منطقهٔ قم و اشکال ژئومورفولوژیکی بیابانی موجود در آنها**، مجموعه مقالات سومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعهٔ پایدار تالاب‌های کویری ایران، ۱۰-۱، https://www.civilica.com/ Paper-DESERTWETLAND03-DESERTWETLAND03_l.096, 17/Oct/2017.

کیانی، طیبه، رامشت، محمدحسین، ملکی، امجد و صفاکیش، فریده، (۱۳۹۵). **بررسی تغییر اقلیم حوضهٔ گاوخونی در فاز پایانی کواترنری**، مجلهٔ

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۲، ۲۲۹-۲۱۳.

مرادی کوچی، اسماعیل و ولی‌اللهی، جلال، (۱۳۹۱). **بررسی علل خشک‌شدن تالاب بختگان**، مجموعه مقالات سومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعهٔ پایدار تالاب‌های کویری ایران، ۶۴۲-۶۳۵.

مسعودیان، ابوالفضل، (۱۳۹۰). **آب‌وهوای ایران**، تک‌جلد، چاپ اول، مشهد، انتشارات توس، ۲۷۷ ص.

میرزاخانی، بهاره و عسکری، آتنا، (۱۳۹۱). **کاربرد تکنیک PCA در شناسایی سطوح تبخیری دریاچهٔ حوض سلطان**، مجموعه مقالات سومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعهٔ پایدار تالاب‌های کویری ایران، ۱۰-۱، دانشگاه خوارزمی، ۵۳۲-۵۲۶.

وحیدی اصل، محمدقاسم، (۱۳۹۲). **آمار و احتمال در جغرافیا ۲**، تک‌جلد، چاپ ششم، تهران، انتشارات پیام نور، ۲۳۹ ص.

ولایتی، سعدالله، (۱۳۷۴). **جغرافیای آب‌ها و مدیریت منابع آب**، جلد اول، چاپ اول، مشهد، انتشارات خراسان، ۳۵۸ ص.

Blas, L., Garsea, V., Delgado -Huertas, A., Navasa, A., Machiana, J., GonzaaLezSampe, p., Riz, A., and Kelts, K., (2000). **Quaternary palaeohydrological evolution of a playa lake: SaladaMediana, central Ebro Basin, Spain**, Journal of Sedimentology, Vol 47 (6), 1135-1156.

Bobek, H., (1937). **Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran**, Zeitschr. f. Gletscherkunde, Berlin, Vol 25, 130-183.

Krinsley, D. B., (1970). **A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran**, Part II. Uncertainty, Ph.D Thesis, Washington: Geological Survey, U.S. Dept. of the Interior.

Kuusisto, E., V. E. L. I. Hyvarinen., (2000). **Hydrology of lakes**, In Hydrological and limnological aspects of lake monitoring (pp. 3-12), John Wiley & Sons Chicheste Press, First Edition, 370 p.

Rashedi, E., Nezamabadi pour, H., Saryazdi, S., (2009). **GSA: a gravitational search algorithm. Information sciences**, Vol 179 (13), 2232- 2248.

Yi, L., Deng, CH., Xu, X.,Yu, H., Qiang, X., Jiang, X., Chen, Y., Su, Q., Chen, G., Li, P., Ge, J., Li,Y., (2015). **Paleo-megalake termination in the Quaternary: Paleomagnetic and water-level evidence from south Bohai Sea**, China, Sedimentary Geology, Vol 319, 1-12.