

Investigation of evolution in Gavkhouni wetland muddy zones by using fractal model

Ladan Khedri Gharibvand ¹, Manijeh Ghahroudi Tali ^{2*}, Fatemeh Sabokkhiz ³, Adel Sepehr ⁴

¹ Ph.D of Geomorphology, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran

² Professor of Department of Physical Geography, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran

³ Ph.D of Geomorphology, Department of Geography, University of Isfahan, Isfahan, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Management of Arid and Desert Areas, University of Ferdowsi, Mashhad, Iran

Abstract

In recent years, Phenomena such as population growth, the expansion of large cities, the human activities and climate change, caused of a reduction in wetland's water, which causes temporary or permanent drying in some of them including Gavkhouni wetland. For investigation of the effects of drying on the Gavkhouni, Playa micro-forms situation was evaluated. By using fractal model perimeter - area, micro-landforms were evaluated in 2 consecutive years. The DAP values obtained, in 2013 showed a quantity of 1/27 to 1/40 and in 2014, values 1/27 to 1/44. For evaluating of the area's climate, monthly total precipitation and minimum and maximum monthly air temperature climate charts were drawn, related to the years 2013 and 2014 -Using data from the Varzaneh meteorological station. The climate charts indicated a decrease in rainfall from 120.6 in 2013 to 87.8 mm in 2014, an increase in the monthly minimum temperature from 3.23 in 2013 to 3.52 °C in 2014, and an increase in the maximum monthly temperature from 29.93 in 2013 to 30.47 °C in 2014. The obtained values from the fractal model showed that micro-landforms tend to increasing of chaos with the over of time. This chaos might have occurred because of the drying it. The results show that with the continuation of the Gavkhouni current trend, the desertification may be intensified and the increase of sedimentation of salt minerals on sedimentary deposits, also the expansion of the salt zone causes the conversion of the wetland to the desert.

Key words: Fractal, Gavkhuni wetland, Convention, Micolandform, Mud crack.

* m-ghahroudi@sbu.ac.ir

بررسی روند تکاملی پهنه‌های گلی باتلاق گاوخونی با استفاده از مدل فرکتال

لادن خدری غریبوند، دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

منیژه قهرودی تالی^{*}، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

فاطمه سبک‌خیز، دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

عادل سپهر، استادیار گروه منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

وصول: ۱۳۹۴/۱۲/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۳۰، صص ۱۲۸-۱۱۳

چکیده

در سال‌های اخیر پدیده‌هایی مانند افزایش جمعیت، گسترش شهرهای بزرگ، رشد فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی سبب کاهش آب ورودی به تالاب‌ها و در نتیجه، خشکی موقت یا همیشگی بعضی از آنها مانند گاوخونی شده است. به منظور بررسی آثار خشکی بر تالاب گاوخونی، وضعیت میکروفرم‌های پلایا با استفاده از مدل فرکتال محیط-مساحت در دو سال پیاپی ارزیابی شد. مقادیر DAP به دست آمده در سال ۱۳۹۲، مقادیری بین ۱/۲۷ تا ۱/۴۰ و در سال ۱۳۹۳، مقادیری بین ۱/۲۷ تا ۱/۴۴ را نشان داد. به منظور بررسی وضعیت اقلیم منطقه، نمودارهای اقلیمی مجموع بارش و کمینه و بیشینه دمای هوای ماهیانه سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی ورزنه ترسیم شد. نمودارهای اقلیمی نشان‌دهنده کاهش میزان بارش از ۱۲۰/۶ میلی‌متر در سال ۱۳۹۲ به ۸۷/۸ میلی‌متر در سال ۱۳۹۳، افزایش دمای کمینه ماهیانه از ۳/۲۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۲ به ۳/۵۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۳ و افزایش بیشینه دمای ماهیانه از ۲۹/۹۳ درجه در سال ۱۳۹۲ به ۳۰/۴۷ درجه در سال ۱۳۹۳ است. مقادیر به دست آمده از مدل فرکتال نیز، نشان از تمایل میکروفرم‌ها به افزایش میزان بی‌نظمی و آشفتگی با گذشت زمان دارد که در نتیجه تغییرات سیستمی تالاب در اثر خشک شدن روی داده است. نتایج نشان می‌دهد با ادامه روند فعلی تالاب گاوخونی ممکن است روند کویرزایی و تحول پلایاگونه در آن شدت یابد و افزایش رسوب کانی‌های نمکی روی نهشته‌های آواری و گسترش زون نمکی موجب تبدیل تالاب به کویر شود. **واژه‌های کلیدی:** فرکتال، تالاب گاوخونی، کنوانسیون، میکروفرم، ترک گلی.

مقدمه

بیان مسئله

در سال‌های اخیر محیط‌زیست، بستر حیات اجتماعی انسان‌ها، در معرض تخریب و آسیب‌های جدی فراوانی قرار گرفته است؛ به گونه‌ای که این امر، حیات و سلامتی انسان‌ها و طبیعت را نشانه رفته است. بی‌تردید باید ریشه تخریب گسترده محیط‌زیست را در فرایندهای فکری، سیاسی و اجتماعی قرن اخیر جست‌وجو کرد (فهیمی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۲). از جمله اکوسیستم‌های ارزشمند محیط‌زیست در کشور ما، تالاب‌ها هستند که بی‌توجهی زیادی به آنها شده است. تالاب‌ها در بین زیست‌بوم‌های طبیعی جهان کمتر از همه شناخته شده‌اند و بیش از همه در معرض بی‌مهری و سوءاستفاده انسان‌ها قرار گرفته‌اند. متأسفانه تالاب‌های بسیاری در اثر آلودگی و خشکاندن از بین رفته‌اند (بخشی خانیکی، ۱۳۹۱: ۹۱). در سال‌های اخیر پدیده‌هایی همچون افزایش جمعیت، گسترش شهرهای بزرگ و پیرو آن رشد فعالیت‌های انسانی و همچنین تغییرات اقلیمی سبب شده‌اند آب ورودی به این تالاب‌ها کاهش یابد و در بعضی از فصول قطع شود و در نتیجه خشکی همیشگی یا فصلی آنها پدید آید. خشک شدن تالاب‌های ایران سبب تجمع کانی‌های تبخیری به‌ویژه نمک‌ها و ایجاد روند کویرزایی در این تالاب‌ها شده و تحول پلایاگونه آنها را شدت بخشیده است؛ به طوری که در سال‌های اخیر افزایش رسوب کانی‌های نمکی روی نهشته‌های آواری سبب گسترش زون نمکی و تبدیل تالاب‌ها به کویر شده است (قهرودی تالی، ۱۳۹۱: ۴۳).

در حال حاضر به دلیل برداشت منابع معدنی و تخریب تالاب‌ها و همچنین بی‌نظمی در آب ورودی به این محیط‌ها، تحول جدیدی بر آنها حاکم شده است. این تحولات جدید سبب ایجاد تغییراتی در میکروفرم‌های آنها شده که شاهدهی بر بی‌نظمی یا آشوب در سیستم شکل‌زایی حاضر و گذر آن به سیستم دیگری است (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۸) و با هندسه فرکتالی یا برخالی مطالعه می‌شود. هندسه فرکتال، مناسب‌ترین ابزار ریاضی برای توصیف بی‌نظمی و آشفتگی پدیده‌های پیچیده طبیعی با استفاده از پارامترهای قابل اعتماد است؛ بنابراین مفاهیم فرکتالی برای مدل‌سازی و تعیین تغییرات هندسی نواحی در معرض خطر استفاده می‌شود (Martino et al, 2007: 65). در سال ۲۰۰۴ مندلبروت با معرفی هندسه فرکتالی به‌منزله هندسه طبیعت، توجه بسیاری از پژوهشگران را به این هندسه نوین جلب کرد (Mandelbrot, 2004: 308). از آن زمان تاکنون پژوهشگران توانسته‌اند هندسه پدیده‌های پیچیده طبیعی را به‌خوبی با این هندسه مدل کنند و از سویی رفتار فیزیکی بسیاری از فرایندهای طبیعی نیز با بهره‌گیری از روابط هندسه فرکتالی پیش‌بینی‌پذیر است. مخاطرات طبیعی زیادی از قانون توانی (فرکتال) آماره‌های اندازه-فراوانی پیروی می‌کنند (Malamud and Turcotte, 2006: 687).

یک مدل فرکتال، ابزاری را برای توصیف طبیعت مجموعه‌های فرکتالی مانند محاسبه بعد فرکتالی آن و مدل‌سازی ارتباطات بین مجموعه‌های فرکتال یا بین مجموعه‌های فرکتالی و غیرفرکتالی فراهم می‌کند (Cheng, 1994: 268).

پیشینه پژوهش

در زمینه مدل‌های فرکتالی در جهان مطالعات زیادی شده است. نخستین مدل محیط - مساحت را مندلیبروت در سال ۱۹۷۷ برای ارزیابی محیط‌ها و مساحت‌های درون مجموعه‌ای از پدیده‌های شکل‌یافته منظم ایجاد کرد که برای مشخص کردن درجه پیچیدگی اشکال ابرها استفاده شد (Lovejoy, 1982: 318)؛ همچنین برای اندازه‌گیری سطوح شکستگی روی قطعات فلز به کار رفت (Mandelbrot, 1984: 721-722). با توجه به اینکه مدل گاهی در آزمایش‌های مشابه نتایج متناقض ارائه می‌داد (Schertzer و Lovejoy, 1998: 448)، در سال ۱۹۹۱ مدلی توسعه‌یافته را از نظر مولتی فرکتالی ایجاد کردند. یک مدل عمومی فرکتالی را نیز در ارتباط با محیط‌ها و مساحت‌های مجموعه‌های شکل‌یافته منظم فرکتالی با مساحت فرکتالی (A) و محیط فرکتالی (P) بعدها Cheng (1995) پیشنهاد کرد. این مدل عمومی برای جداکردن آنومالی‌های ژئوشیمیایی از زمینه (Cheng, 1995: 76) با مشخص کردن توزیع اثر عناصر بر سطوح کانی‌ها (Zhang et al, 2001: 223) و با الگوهای مدل آبراهه‌ای (Cheng et al, 2001: 518) به کار برده شد؛ علاوه بر این مدلی برای مشخص کردن تغییر شکل دانه‌های کوارتز در انواع مختلف میلونیت‌های دارای درجات مختلف متامورفیسم (Wang et al, 2006: 53) و تعیین کمیت توزیع فراوانی و بی‌نظمی دانه‌های اسفالریت در زون‌بندی‌ها به کار برده شد (Wang et al, 2008). مدل‌های فرکتالی برای تفکیک بین فازهای مختلف کانی‌های کاسیتیریت در نمونه‌های سنگی نیز استفاده شده است (Zuo et al, 2009: 79).

در ایران نیز مطالعات فرکتالی انجام شده است. قهرودی تالی و همکاران (۱۳۹۲، ۱۳۹۳) میکرولفریم‌های گیاهی و میکرولفریم‌های ترک گلی موجود در بخشی از پلایای گاوخونی را بررسی کردند. بررسی فرکتالی میکروفرم‌ها و بررسی نتایج به‌دست‌آمده نشان داد به دلیل فشارهای وارد شده بر سیستم، منطقه آشفته شده و در حال گذر به سیستم دیگری است (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۳۴ و ۱۳۹۲: ۵۰). همچنین قهرودی تالی و همکاران با بهره‌گیری از مدل فرکتالی محیط - مساحت، میزان آشفستگی در میکروفرم‌های موجود در پلایای حوض سلطان را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند میکروفرم‌های این منطقه نیز وضعیت آشفته‌ای دارند و بی‌نظم‌اند (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۴۶)؛ همچنین مطالعات فرکتالی صورت‌گرفته در زون‌های مختلف پلایای گاوخونی نشان‌دهنده آشفستگی‌های صورت‌گرفته در این مناطق است (Ghahroudi Tali et al, 2018: 12).

هدف پژوهش

هدف این پژوهش، بررسی روند تغییرات ایجادشده در میکرولفریم‌های پلایای گاوخونی و تعیین بی‌نظمی‌های رخ داده در آنها با گذشت زمان و در اثر خشک شدن بخش زیادی از تالاب است. برای این منظور از مدل فرکتال محیط - مساحت استفاده و تغییرات ایجادشده در یک بازه زمانی دوساله در محدوده زون مرطوب پلایای گاوخونی بررسی شده است.

روش‌شناسی پژوهش

$$\log P = C + \frac{1}{2} D_{AP} \log A \quad (3)$$

در این پژوهش به منظور ارزیابی تغییرات ایجاد شده در میکروکلندفرم‌های زون مرطوب در محدوده پلاپای گاوخونی، از مدل فرکتالی محیط - مساحت استفاده و ابعاد فرکتالی محیط و مساحت هرکدام از میکروفرم‌ها به دقت اندازه‌گیری شد. از تعداد ۱۱۲ نمونه میکروفرم در سال ۱۳۹۲، تعداد ۶۴ نمونه و از ۱۰۹ نمونه میکروفرم در سال ۱۳۹۳، تعداد ۶۱ نمونه انتخاب و ابعاد فرکتالی محیط - مساحت و مقادیر D_{AP} هرکدام از آنها به‌طور دقیق محاسبه شد. مدل فرکتال محیط - مساحت، یک مدل ریاضی است. این مدل به‌صورت رابطه ۱ بیان شده است (Cheng, 1995: 76).

محدوده پژوهش

از جمله مهم‌ترین تالاب‌های ایران که با وجود وسعت زیاد، در نتیجه تغییر اقلیم و تأثیر خشکسالی و از سوی دیگر سوءمدیریت در معرض نابودی کامل قرار گرفته است، تالاب گاوخونی است. تالاب گاوخونی، یکی از ۱۳۲۸ تالاب جهان است که در کنوانسیون بین‌المللی ۱۹۷۵ رامسر، قدیمی‌ترین معاهده بین‌المللی با تأکید بر حفاظت از طبیعت در جهان، تالابی بین‌المللی شناخته شد. این منطقه در جنوب شرق اصفهان بین عرض جغرافیایی $32^{\circ} 00'$ و $33^{\circ} 23'$ شمالی و طول جغرافیایی $49^{\circ} 52'$ و $49^{\circ} 52'$ شرقی قرار دارد (شکل ۱). منبع اصلی تغذیه‌کننده این منطقه، رودخانه زاینده‌رود است. این رودخانه از منطقه کوه‌رنگ واقع در کوه‌های زاگرس سرچشمه گرفته و پس از طی مسافتی حدود ۴۴۰ کیلومتری در حاشیه شمال شرقی ماسه‌های بادی به پلاپای گاوخونی می‌ریزد (Pakzad and Fayazi, 2007: 93). گاوخونی در حوزه‌ای بین کوهستانی در

در این پژوهش به منظور ارزیابی تغییرات ایجاد شده در میکروکلندفرم‌های زون مرطوب در محدوده پلاپای گاوخونی، از مدل فرکتالی محیط - مساحت استفاده و ابعاد فرکتالی محیط و مساحت هرکدام از میکروفرم‌ها به دقت اندازه‌گیری شد. از تعداد ۱۱۲ نمونه میکروفرم در سال ۱۳۹۲، تعداد ۶۴ نمونه و از ۱۰۹ نمونه میکروفرم در سال ۱۳۹۳، تعداد ۶۱ نمونه انتخاب و ابعاد فرکتالی محیط - مساحت و مقادیر D_{AP} هرکدام از آنها به‌طور دقیق محاسبه شد. مدل فرکتال محیط - مساحت، یک مدل ریاضی است. این مدل به‌صورت رابطه ۱ بیان شده است (Cheng, 1995: 76).

$$P \propto A^{1/2 D_{AP}} \quad (1)$$

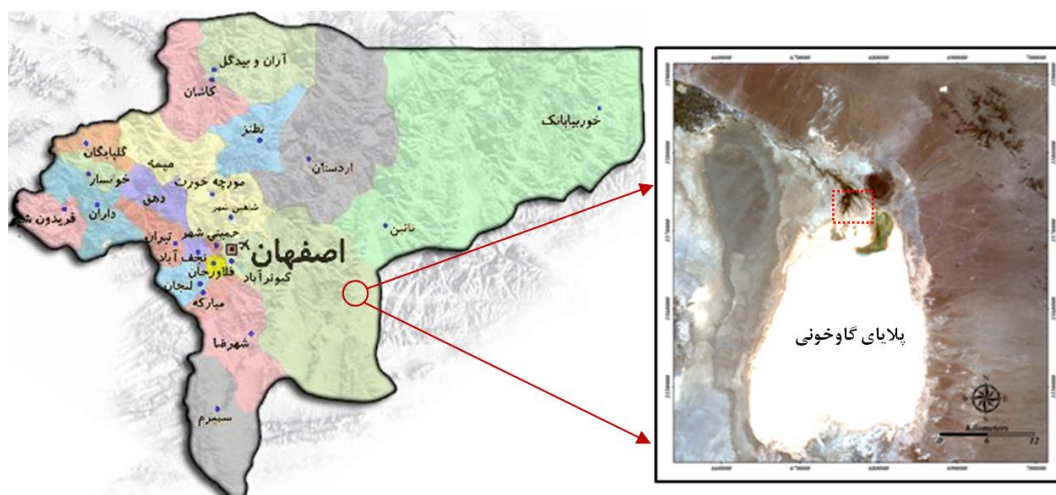
در این مدل، P محیط ترک‌های گلی، A مساحت ترک‌های گلی و α نشان‌دهنده تناسب است. D_{AP} توان محیط - مساحت است که به‌صورت رابطه ۲ نشان داده شده است:

$$2D_P/D_A = D_{AP} \quad (2)$$

در آن D_P و D_A به ترتیب ابعاد فرکتالی محیط (P) و مساحت (A) هستند. اگر مجموعه‌ای با «مساحت نرمال» با $D_A = 2$ بررسی شود، $D_{AP} = D_P$ خواهد شد؛ بنابراین مدل (۱) شکل اصلی توسعه‌یافته مندلبروت (Mandelbrot, 1984: 721) است. اگر $D_A > 2$ باشد، در این حالت $D_{AP} > D_P$ خواهد شد. برای تعیین توان محیط - مساحت، مجموعه داده‌های P و A ترسیم شده به‌صورت مقیاس $\log - \log$ ، رابطه خطی بین $\log A$ و $\log P$ را نشان می‌دهد که با یک خط راست یا دست‌کم مربعات برازش داده می‌شود. شیب رگرسیون خطی به‌منزله D_{AP} بر پایه رابطه ۳ تخمین زده می‌شود:

روران‌دگی زاگرس قرار دارد (Stoecklin, 1968: 1231؛ 625: Berberian, 1983).

ایران مرکزی واقع شده است. فرورفتگی گاوخونی از جمله گودال‌های جداکننده زون زمین‌ساختی سندج - سیرجان از ایران مرکزی است که به موازات



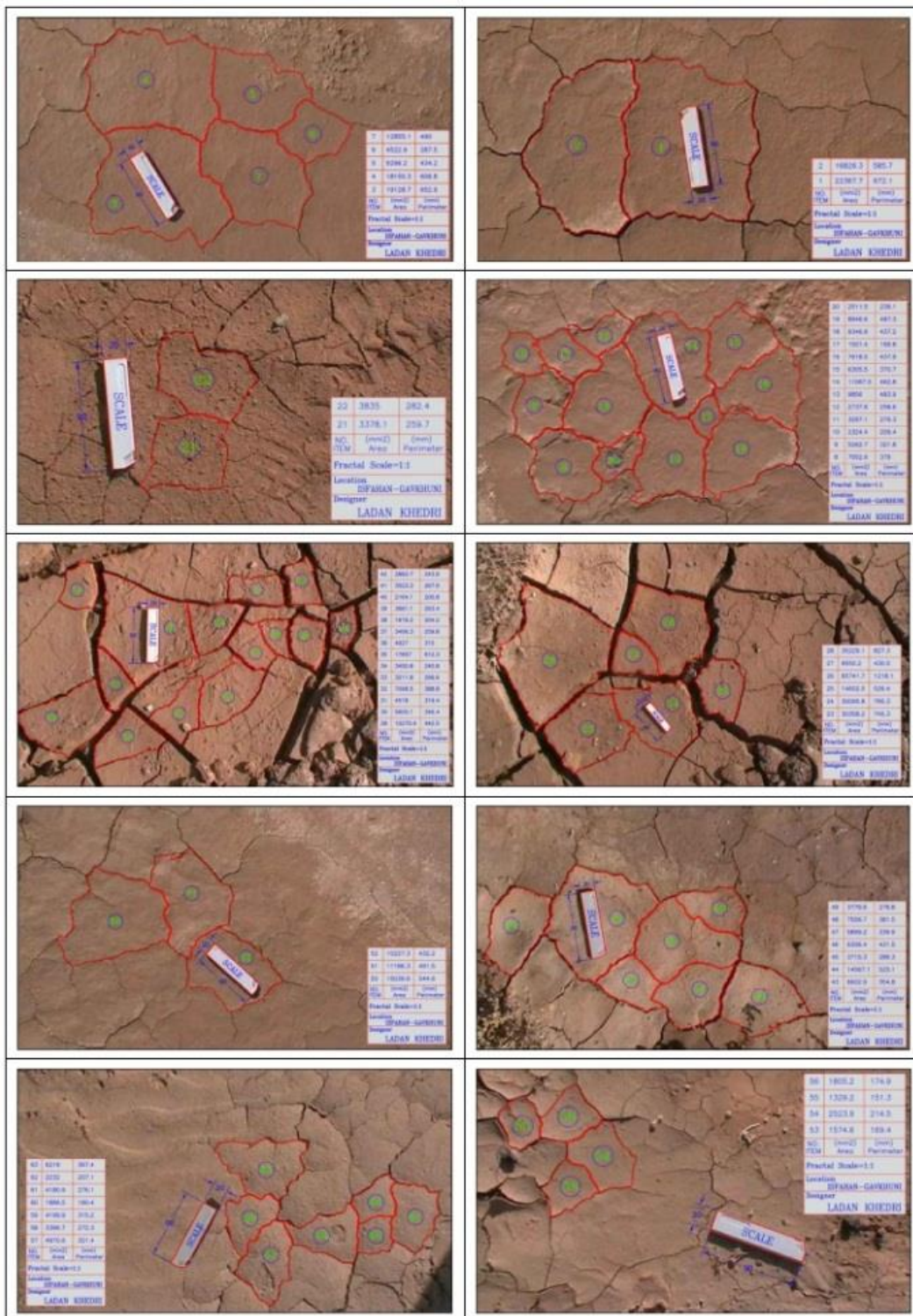
شکل ۱. موقعیت منطقه و محدوده مطالعه‌شده در پلایای گاوخونی

شسته و مطالعه راحت‌تر می‌شود. برای تعیین وضعیت میکرولندفرم‌ها در این بازه زمانی از مدل فرکتالی محیط - مساحت استفاده و ابعاد فرکتالی محیط و مساحت هرکدام از میکرولندفرم‌ها به دقت اندازه‌گیری شد. از کل ۱۱۲ نمونه برداشت‌شده در سال ۱۳۹۲، تعداد ۶۴ عدد از میکروفرم‌ها (شکل ۲) و از ۱۰۹ نمونه برداشت‌شده در سال ۱۳۹۳، تعداد ۶۱ عدد از آنها (شکل ۳) با ابعاد به‌خوبی توسعه‌یافته انتخاب و ابعاد فرکتالی محیط، مساحت و مقادیر D_{AP} هرکدام از آنها به‌طور دقیق محاسبه شد (جداول ۱ و ۲). درنهایت مقادیر D_{AP} محاسبه‌شده، در سال ۱۳۹۲ مقادیری بین ۱/۲۷ تا ۱/۴۰ و در سال ۱۳۹۳ نیز مقادیری بین ۱/۲۷ تا ۱/۴۴ را شامل شد که گویای افزایش میزان تغییرات و آشفتگی میکروفرم‌ها با گذشت زمان است.

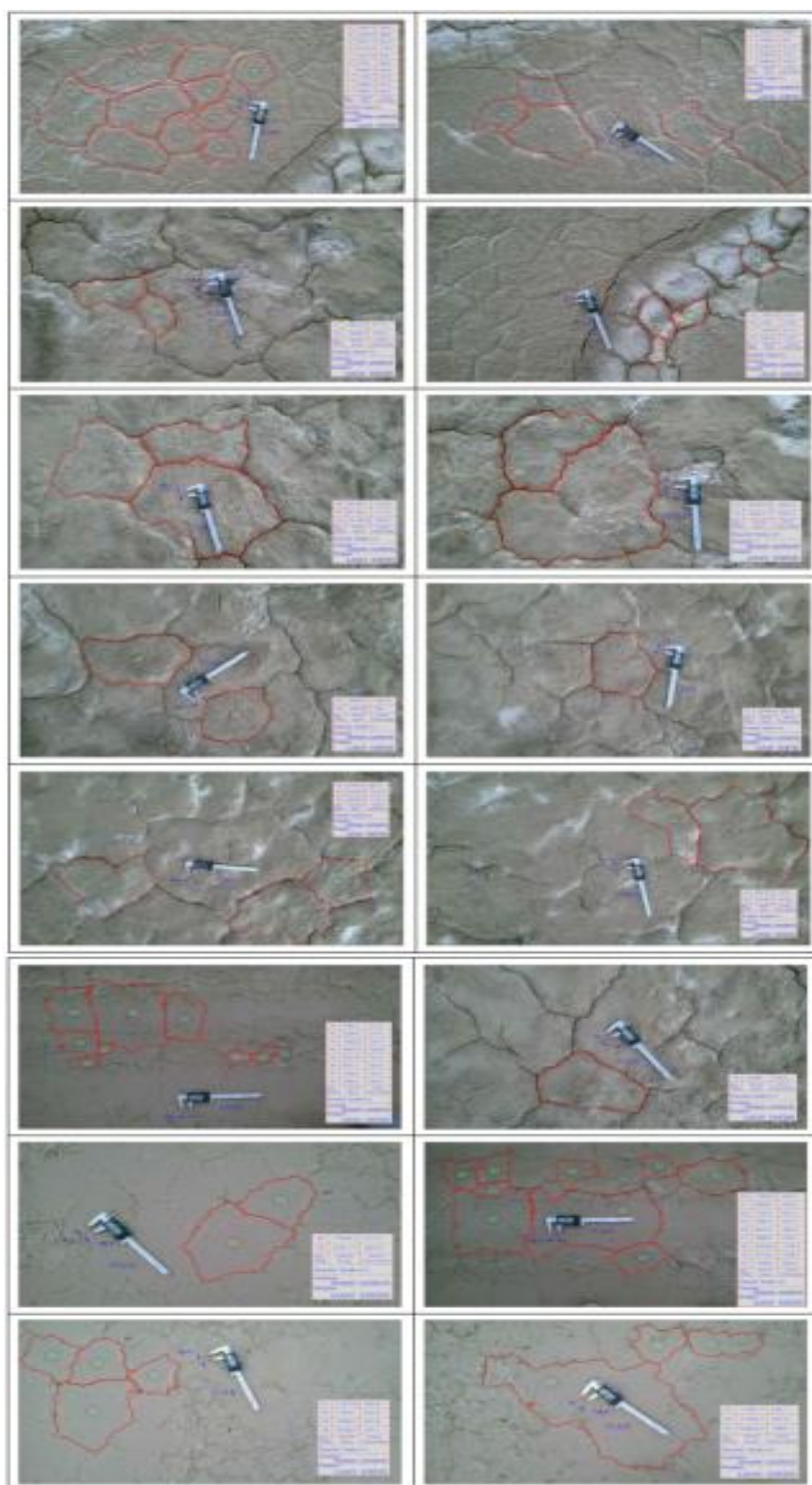
این منطقه آب‌وهوایی خشک دارد و دامنه درجه‌حرارت آن از حدود 17°C - در زمستان تا 43°C + در تابستان تغییر می‌کند. باد از تمام جهات می‌وزد، ولی جهت غالب از جنوب - جنوب غرب است که در اواخر زمستان و اوایل بهار بیشترین فراوانی را دارد (Pakzad, 2003: 23).

یافته‌های پژوهش

به‌منظور ارزیابی تغییرات ایجادشده در میکرولندفرم‌های زون مرطوب پلایای گاوخونی، در دو سال متوالی یعنی روز ۶ آذرماه سال ۱۳۹۲ و روز ۱۳ دی‌ماه سال ۱۳۹۳، مطالعات میدانی در منطقه انجام پذیرفت و داده‌های لازم جمع‌آوری شد. انتخاب فصل پاییز و زمستان به این دلیل بوده است که پس از وقوع بارندگی، املاح موجود روی میکرولندفرم‌های گلی



شکل ۲. میکروفرم‌های ترک گلی زون مرطوب پلایای گاوخونی: آذرماه ۱۳۹۲



شکل ۳. میکروفرم‌های ترک گلی زون مرطوب پلایای گاوخونی؛ دی‌ماه ۱۳۹۳

جدول ۱. مقادیر DAP حاصل از مدل فرکتال روی میکروفرم‌ها؛ سال ۱۳۹۲

| مقادیر محیط، مساحت و DAP به‌دست‌آمده از میکروفرم‌های زون مرطوب پلاای گاوخونی؛ سال ۱۳۹۲ | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|-------|-------|--------------------------|--------------------|-------|
| DAP | مساحت (میلی‌متر مربع) | محیط (میلی‌متر) | نمونه | DAP | مساحت (میلی‌متر مربع) | محیط (میلی‌متر) | نمونه |
| ۱/۳۸۴ | ۳۲۱۱/۸ | ۲۶۶/۶ | ۳۳ | ۱/۳ | ۲۲۳۶۷/۷ | ۶۷۲/۱ | ۱ |
| ۱/۳۴۹ | ۳۴۰۰/۸ | ۲۴۰/۸ | ۳۴ | ۱/۳۱ | ۱۶۸۲۶/۳ | ۵۸۵/۷ | ۲ |
| ۱/۳۱۲ | ۱۷۶۵۷ | ۶۱۲/۳ | ۳۵ | ۱/۳۱۵ | ۱۹۱۲۸/۷ | ۶۵۲/۹ | ۳ |
| ۱/۳۵۳ | ۴۹۲۷ | ۳۱۵ | ۳۶ | ۱/۳۰۷ | ۱۸۱۵۰/۳ | ۶۰۶/۸ | ۴ |
| ۱/۳۶۷ | ۳۴۰۶/۳ | ۲۵۹/۸ | ۳۷ | ۱/۳۳ | ۹۲۹۶/۲ | ۴۳۴/۲ | ۵ |
| ۱/۴۰۲ | ۱۹۷۹/۲ | ۲۰۴/۲ | ۳۸ | ۱/۳۴۵ | ۴۵۲۲/۹ | ۲۸۷/۵ | ۶ |
| ۱/۳۵۹ | ۳۶۶۱/۱ | ۲۶۳/۴ | ۳۹ | ۱/۳۰۹ | ۱۲۸۵۵/۱ | ۴۹۰ | ۷ |
| ۱/۳۸۱ | ۲۱۶۴/۱ | ۲۰۰/۸ | ۴۰ | ۱/۳۳۸ | ۷۰۵۲/۶ | ۳۷۶ | ۸ |
| ۱/۳۶۹ | ۳۵۲۳/۳ | ۲۶۷/۹ | ۴۱ | ۱/۳۴۸ | ۵۲۶۲/۷ | ۳۲۱/۸ | ۹ |
| ۱/۳۸۰ | ۲۸۸۳/۷ | ۲۴۳/۹ | ۴۲ | ۱/۳۷۹ | ۲۳۲۴/۴ | ۲۰۹/۴ | ۱۰ |
| ۱/۳۳۵ | ۶۶۰۲/۹ | ۳۵۴/۸ | ۴۳ | ۱/۳۸۸ | ۳۲۹۷/۱ | ۲۷۶/۳ | ۱۱ |
| ۱/۳۰۷ | ۱۴۵۶۷/۱ | ۵۲۵/۱ | ۴۴ | ۱/۴۰۴ | ۲۷۳۷/۶ | ۲۵۸/۶ | ۱۲ |
| ۱/۳۷۹ | ۳۷۱۵/۳ | ۲۸۹/۳ | ۴۵ | ۱/۳۴۴ | ۹۸۵۶ | ۴۸۳/۹ | ۱۳ |
| ۱/۳۲۸ | ۹۳۰۶/۴ | ۴۳۱/۵ | ۴۶ | ۱/۳۱۸ | ۱۱۰۶۷/۵ | ۴۶۲/۸ | ۱۴ |
| ۱/۳۴۳ | ۵۸۹۹/۲ | ۳۳۹/۹ | ۴۷ | ۱/۳۵۲ | ۶۳۰۵/۵ | ۳۷۰/۷ | ۱۵ |
| ۱/۳۳۱ | ۷۵۵۶/۷ | ۳۸۱/۵ | ۴۸ | ۱/۳۶۱ | ۷۶۱۸/۵ | ۴۳۷/۹ | ۱۶ |
| ۱/۳۶۵ | ۳۷۷۹/۶ | ۲۷۶/۸ | ۴۹ | ۱/۴۰۴ | ۱۵۰۱/۴ | ۱۶۹/۸ | ۱۷ |
| ۱/۳۱۰ | ۱۵۰۳۹/۶ | ۵۴۴/۶ | ۵۰ | ۱/۳۳۰ | ۹۳۴۶/۹ | ۴۳۷/۲ | ۱۸ |
| ۱/۳۳۰ | ۱۱۱۸۶/۳ | ۴۹۱/۵ | ۵۱ | ۱/۳۶۰ | ۸۹۴۶/۶ | ۴۸۷/۳ | ۱۹ |
| ۱/۳۱۵ | ۱۰۲۲۷/۳ | ۴۳۲/۲ | ۵۲ | ۱/۳۹۶ | ۲۵۱۱/۵ | ۲۳۶/۱ | ۲۰ |
| ۱/۳۹۴ | ۱۵۷۴/۶ | ۱۶۹/۴ | ۵۳ | ۱/۳۶۸ | ۳۳۷۸/۱ | ۲۵۹/۷ | ۲۱ |
| ۱/۳۷۱ | ۲۵۲۳/۹ | ۲۱۴/۵ | ۵۴ | ۱/۳۶۸ | ۳۸۳۵ | ۲۸۲/۴ | ۲۲ |
| ۱/۳۹۶ | ۱۳۲۹/۲ | ۱۵۱/۳ | ۵۵ | ۱/۲۸۲ | ۳۰۳۵۸/۲ | ۷۴۵/۳ | ۲۳ |
| ۱/۳۷۷ | ۱۸۰۵/۲ | ۱۷۴/۹ | ۵۶ | ۱/۲۹۵ | ۳۰۰۹۵/۸ | ۷۹۵/۳ | ۲۴ |
| ۱/۳۵۶ | ۴۹۷۰/۶ | ۳۲۱/۴ | ۵۷ | ۱/۳۰۷ | ۱۴۶۰۲/۵ | ۵۲۶/۴ | ۲۵ |
| ۱/۳۷۹ | ۳۳۹۶/۷ | ۲۷۲/۳ | ۵۸ | ۱/۲۸۱ | ۶۵۷۴۱/۷ | ۱۲۱۸/۱ | ۲۶ |
| ۱/۳۷۹ | ۴۱۹۹/۹ | ۳۱۵/۲ | ۵۹ | ۱/۳۲۴ | ۹۵۵۰/۲ | ۴۳۰/۵ | ۲۷ |
| ۱/۳۷۸ | ۱۸۸۶/۵ | ۱۸۰/۴ | ۶۰ | ۱/۲۸۳ | ۳۵۲۲۹/۱ | ۸۲۷/۳ | ۲۸ |
| ۱/۳۴۸ | ۴۱۸۰/۹ | ۲۷۶/۱ | ۶۱ | ۱/۳۱۹ | ۱۰۲۷۰/۴ | ۴۴۲/۵ | ۲۹ |
| ۱/۳۸۳ | ۲۲۳۲ | ۲۰۷/۱ | ۶۲ | ۱/۳۵۵ | ۵۶۰۵/۱ | ۳۴۶/۴ | ۳۰ |
| ۱/۳۵۲ | ۶۲۱۶ | ۳۶۷/۴ | ۶۳ | ۱/۳۷۰ | ۴۵۱۸ | ۳۱۹/۴ | ۳۱ |
| ۱/۲۷۹ | ۳۲۶۶۵/۱ | ۷۶۹/۵ | ۶۴ | ۱/۳۵۰ | ۷۰۹۸/۵ | ۳۸۸/۸ | ۳۲ |

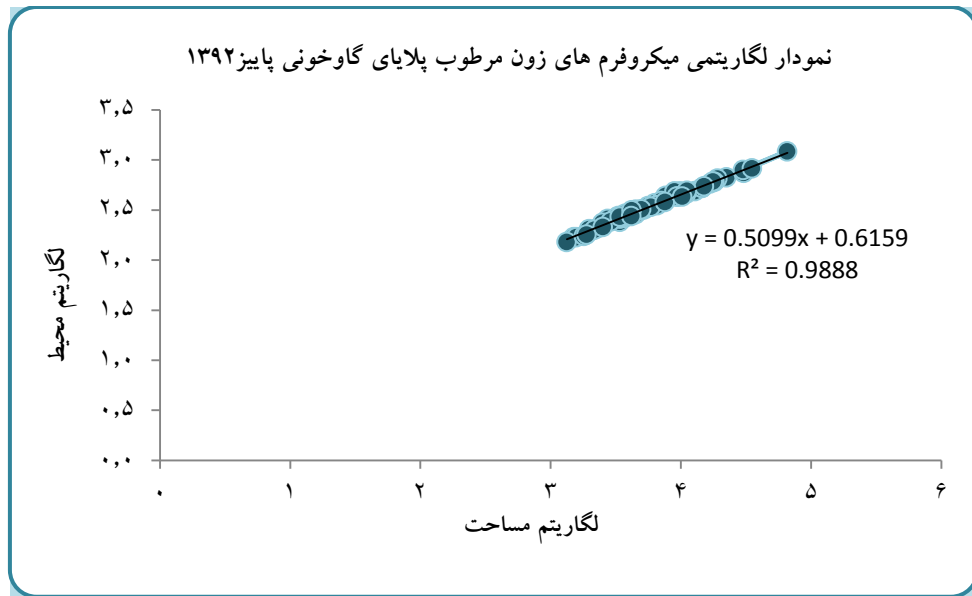
جدول ۲. مقادیر D_{AP} حاصل از مدل فرکتال روی میکروفرم‌ها؛ سال ۱۳۹۳

مقادیر محیط، مساحت و D_{AP} به دست آمده از میکروفرم‌های زون مرطوب پلايای گاوخونی؛ سال ۱۳۹۳

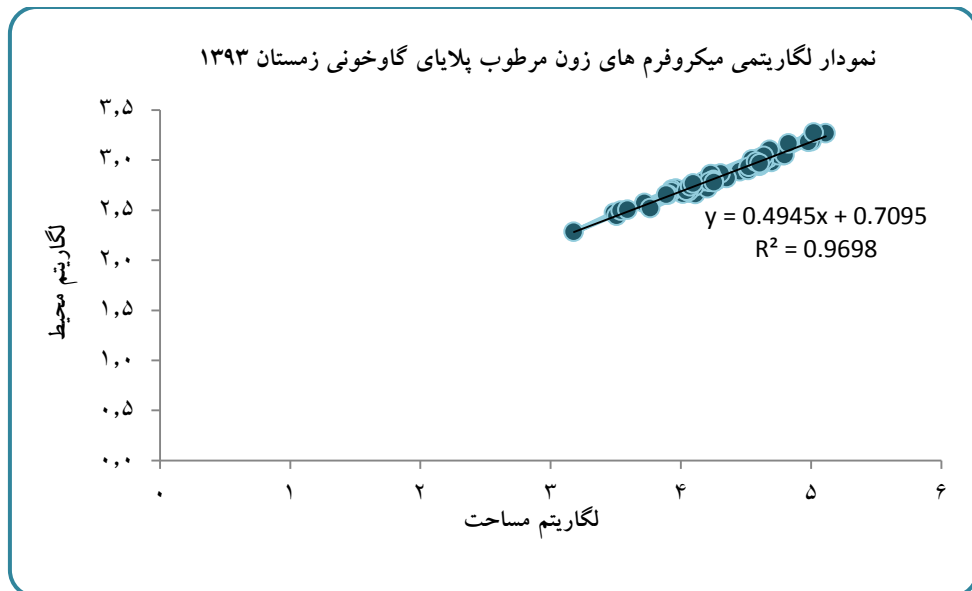
| D_{AP} | مساحت (میلیمتر مربع) | محیط (میلیمتر) | نمونه | D_{AP} | مساحت (میلیمتر مربع) | محیط (میلیمتر) | نمونه |
|----------|-------------------------|-------------------|-------|----------|-------------------------|-------------------|-------|
| ۱/۲۸۳ | ۵۶۲۳۰/۹ | ۱۱۱۵/۴ | ۳۲ | ۱/۲۹۱ | ۳۸۹۵۶/۶ | ۹۱۹/۶ | ۱ |
| ۱/۲۷۱ | ۶۲۷۵۶/۶ | ۱۱۲۳/۸ | ۳۳ | ۱/۲۹۶ | ۲۸۳۵۵/۸ | ۷۷۰/۳ | ۲ |
| ۱/۲۹۷ | ۳۳۲۴۳/۴ | ۸۵۷/۶ | ۳۴ | ۱/۲۸۴ | ۴۷۵۹۱/۳ | ۱۰۱۱/۸ | ۳ |
| ۱/۲۸۹ | ۴۳۴۹۸ | ۹۷۸/۲ | ۳۵ | ۱/۳۴۰ | ۱۶۳۹۶/۴ | ۶۶۷ | ۴ |
| ۱/۴۱۷ | ۳۰۶۹/۲ | ۲۹۵/۶ | ۳۶ | ۱/۳۰۰ | ۱۶۲۷۰/۱ | ۵۴۸/۵ | ۵ |
| ۱/۴۳۵ | ۱۵۰۹/۲ | ۱۹۱/۵ | ۳۷ | ۱/۲۷۷ | ۴۰۴۵۱/۷ | ۸۷۴/۵ | ۶ |
| ۱/۳۷۴ | ۸۵۷۷/۱ | ۵۰۵/۸ | ۳۸ | ۱/۳۰۸ | ۱۸۸۸۳/۲ | ۶۲۷/۴ | ۷ |
| ۱/۳۳۰ | ۲۰۷۳/۴ | ۷۳۱/۸ | ۳۹ | ۱/۳۱۱ | ۱۱۷۷۸/۴ | ۴۷۱/۹ | ۸ |
| ۱/۳۲۵ | ۴۸۰۷۲/۴ | ۱۲۶۶/۶ | ۴۰ | ۱/۲۹۶ | ۴۹۶۵۳/۶ | ۹۵۴/۵ | ۹ |
| ۱/۳۵۱ | ۱۶۹۳۲/۴ | ۷۲۱/۶ | ۴۱ | ۱/۲۸۰ | ۴۱۷۹۷ | ۹۰۸/۲ | ۱۰ |
| ۱/۳۹۳ | ۳۲۰۹/۸ | ۲۷۷/۴ | ۴۲ | ۱/۲۹۴ | ۱۲۹۱۷/۹ | ۴۵۹/۱ | ۱۱ |
| ۱/۴۱۰ | ۳۴۶۳/۳ | ۳۱۲/۹ | ۴۳ | ۱/۲۹۶ | ۵۱۱۳۳/۵ | ۱۱۲۷/۷ | ۱۲ |
| ۱/۳۲۳ | ۱۱۴۸۰/۱ | ۴۸۶/۳ | ۴۴ | ۱/۲۹۶ | ۲۲۵۱۱/۵ | ۶۶۱/۸ | ۱۳ |
| ۱/۳۱۱ | ۶۷۱۲۰/۱ | ۱۴۶۶/۷ | ۴۵ | ۱/۳۳۳ | ۱۴۲۹۳/۵ | ۵۸۸/۸ | ۱۴ |
| ۱/۳۱۱ | ۴۳۵۳۵/۶ | ۱۱۰۲/۶ | ۴۶ | ۱/۲۹۳ | ۱۶۰۵۱/۵ | ۵۲۴/۴ | ۱۵ |
| ۱/۳۹۴ | ۳۸۸۸/۵ | ۳۱۸/۱ | ۴۷ | ۱/۳۸۲ | ۵۲۵۳/۲ | ۳۷۳/۳ | ۱۶ |
| ۱/۳۶۷ | ۸۵۱۵/۴ | ۴۸۵/۹ | ۴۸ | ۱/۳۳۴ | ۱۵۰۹/۶ | ۶۱۳/۲ | ۱۷ |
| ۱/۳۶۰ | ۷۹۸۱/۴ | ۴۵۱/۴ | ۴۹ | ۱/۳۷۰ | ۹۱۶۰ | ۵۱۸/۶ | ۱۸ |
| ۱/۳۶۵ | ۷۷۰۵/۷ | ۴۵۱/۲ | ۵۰ | ۱/۳۲۶ | ۱۰۳۵۳/۸ | ۴۵۹/۷ | ۱۹ |
| ۱/۳۳۸ | ۵۸۰۹/۹ | ۳۳۰/۹ | ۵۱ | ۱/۳۳۰ | ۱۲۶۶۹/۲ | ۵۳۶/۵ | ۲۰ |
| ۱/۳۱۸ | ۱۷۸۵۵/۹ | ۶۳۴/۵ | ۵۲ | ۱/۳۳۷ | ۱۸۴۱۵/۲ | ۷۱۱/۴ | ۲۱ |
| ۱/۳۰۳ | ۳۷۸۱۱/۷ | ۹۶۴/۳ | ۵۳ | ۱/۲۹۲ | ۴۶۹۰۱/۷ | ۱۰۴۲/۲ | ۲۲ |
| ۱/۳۱۱ | ۱۷۸۳۶/۲ | ۶۱۳/۷ | ۵۴ | ۱/۲۷۸ | ۱۲۹۴۷۵/۵ | ۱۸۵۳/۵ | ۲۳ |
| ۱/۳۰۴ | ۱۰۴۸۲۹/۵ | ۱۸۸۰/۷ | ۵۵ | ۱/۲۷۴ | ۱۰۱۱۸۰/۹ | ۱۵۴۵/۷ | ۲۴ |
| ۱/۳۳۱ | ۱۱۰۴۸/۷ | ۴۹۱/۸ | ۵۶ | ۱/۲۷۲ | ۶۱۱۹۸/۴ | ۱۱۱۲/۶ | ۲۵ |
| ۱/۳۴۴ | ۱۱۸۲۷/۷ | ۵۴۶/۱ | ۵۷ | ۱/۳۱۱ | ۳۹۴۳۵/۶ | ۱۰۳۳/۹ | ۲۶ |
| ۱/۲۸۹ | ۴۰۳۶۹/۷ | ۹۳۱/۱ | ۵۸ | ۱/۲۸۳ | ۳۹۷۵۸/۳ | ۸۹۲/۵ | ۲۷ |
| ۱/۳۱۹ | ۱۶۵۴۹/۷ | ۶۰۷/۹ | ۵۹ | ۱/۲۸۴ | ۳۲۸۷۸/۸ | ۷۹۶ | ۲۸ |
| ۱/۳۰۷ | ۱۷۹۴۰ | ۶۰۳/۳ | ۶۰ | ۱/۲۹۱ | ۴۹۶۶۷/۶ | ۱۰۴۱/۹ | ۲۹ |
| ۱/۳۵۱ | ۱۲۴۱۷/۸ | ۵۴۸/۸ | ۶۱ | ۱,۳۲۲/۱ | ۳۵۱۱۶/۴ | ۱۰۱۰/۸ | ۳۰ |
| | | | | ۱/۲۷۷ | ۹۵۴۱۰/۵ | ۱۵۱۹ | ۳۱ |

مساحت میکروفورم‌های گلی است و نشان می‌دهد ضریب همبستگی R^2 به‌دست‌آمده در سال ۱۳۹۲ بیشتر از ۰/۹۸ و در سال ۱۳۹۳ بیشتر از ۰/۹۶ است.

سپس نمودار لگاریتمی محیط - مساحت برای هریک از مجموعه داده‌های محیط - مساحت در هر سال ترسیم شد (دو شکل ۴ و ۵). این نمودارها بیان‌کننده ارتباط خطی بین لگاریتم محیط و لگاریتم



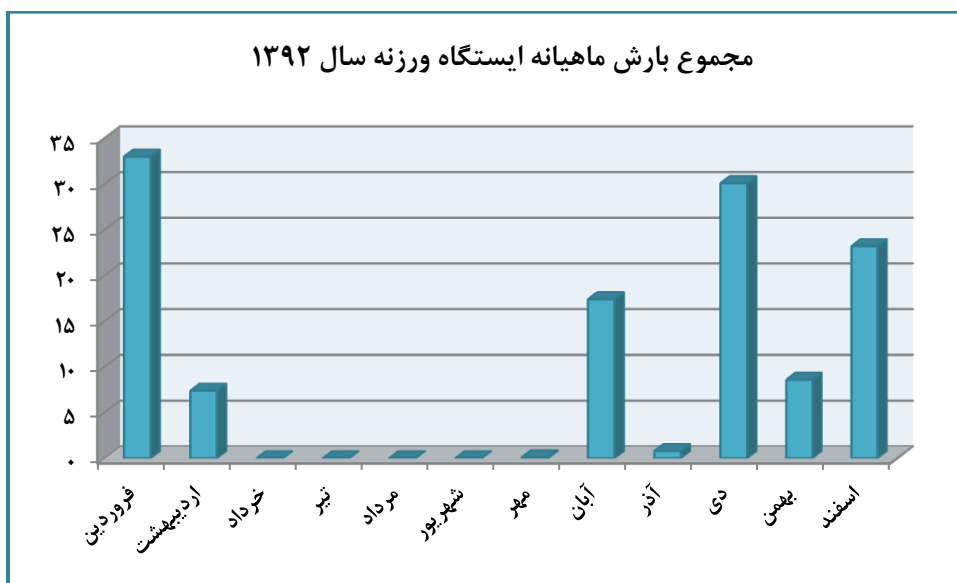
شکل ۴. نمودار لگاریتمی محیط - مساحت میکروفورم‌های گلی پلاپای گاوخونی؛ پاییز ۱۳۹۲



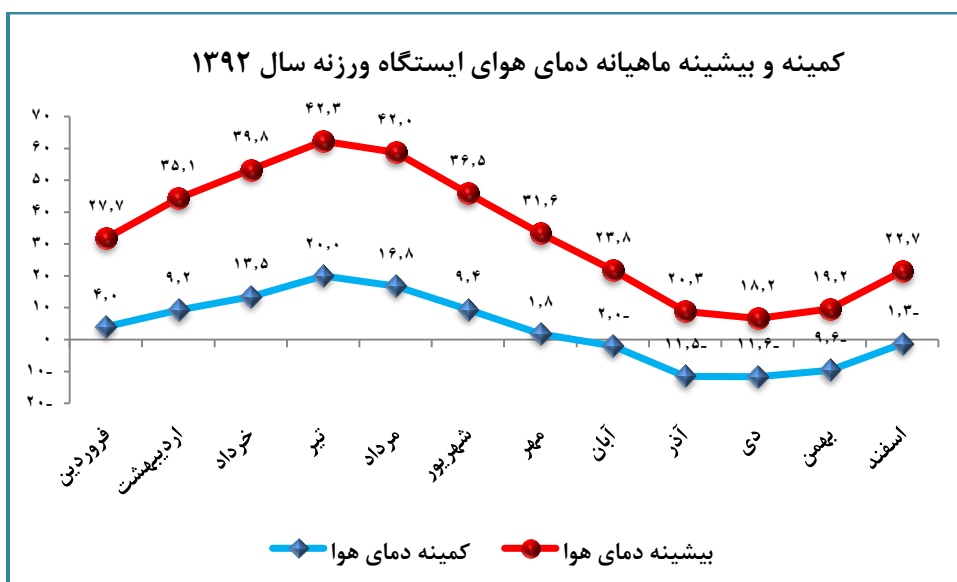
شکل ۵. نمودار لگاریتمی محیط - مساحت میکروفورم‌های گلی پلاپای گاوخونی؛ زمستان ۱۳۹۳

نمودارهای اقلیمی مجموع بارش ماهیانه و کمینه و بیشینه دمای هوای ماهیانه برای هر سال ترسیم شد (شکل‌های ۶، ۷، ۸، ۹).

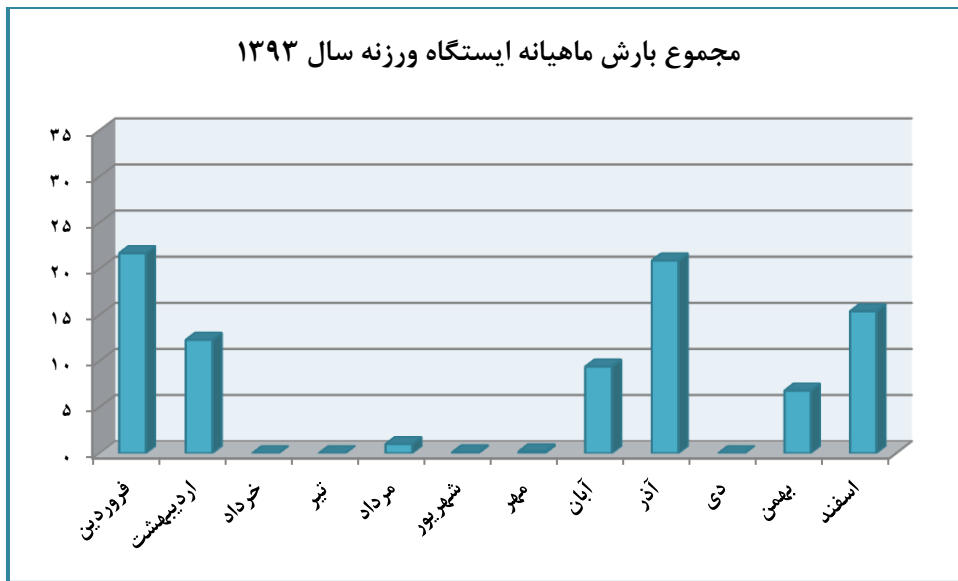
به‌منظور بررسی وضعیت اقلیمی منطقه در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ و مقایسه آنها نیز، داده‌های هواشناسی ایستگاه ورزنه به کار رفت که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به پلایای گاوخونی است و



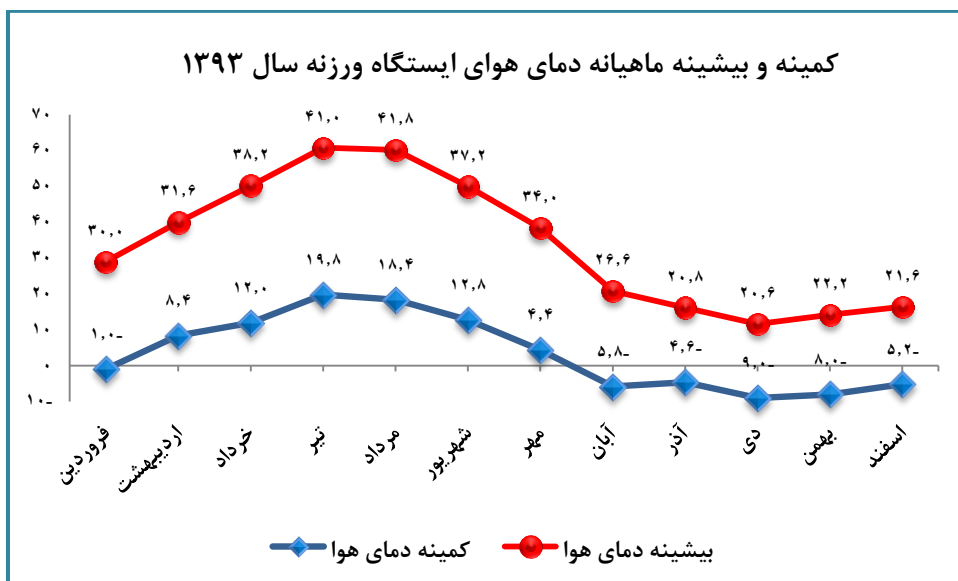
شکل ۶. نمودار مجموع بارش ماهیانه ایستگاه ورزنه؛ سال ۱۳۹۲



شکل ۷. کمینه و بیشینه دمای هوای ایستگاه ورزنه؛ سال ۱۳۹۲



شکل ۸. نمودار مجموع بارش ماهیانه ایستگاه ورزنه؛ سال ۱۳۹۳



شکل ۹. کمینه و بیشینه دمای ماهیانه دمای هوای ایستگاه ورزنه؛ سال ۱۳۹۳

و جمع‌آوری داده‌های لازم در زون مرطوب پلائیای گاوخونی، محاسبه مدل فرکتال روی میکروفرم‌های گلی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ و همچنین تعیین مقادیر D_{AP} به‌دست‌آمده از مدل برای هرکدام از داده‌ها، مشخص شد D_{AP} در سال ۱۳۹۲، مقادیری بین

نتیجه‌گیری

از مدل‌های فرکتالی برای نشان‌دادن طبیعت پیچیده پدیده‌های شکل‌یافته نامنظم و تعیین الگوریتم میکروفرم‌ها و بررسی تغییرات شکل و درجات بی‌نظمی آنها استفاده می‌شود. با انجام مطالعات میدانی

اجتماعی فراوانی برای مردم منطقه ایجاد کند. از جمله مهم‌ترین این مشکلات که با ادامه روند کویری شدن سیستم رخ خواهد داد، کاهش مقاومت خاک منطقه در برابر فرسایش بادی است که با ازدست‌رفتن رطوبت خاک، بافت نرم و ریزدانه بستر خشک و انباشته از انواع آلاینده‌های زیست‌محیطی پلایا در اثر وزش باد به هوا بلند و به ایجاد گردوغبارهای شدید منجر خواهد شد. متأسفانه در صورت وقوع چنین پدیده‌ای، علاوه بر نابسامانی‌های اقتصادی ایجاد شده در جهت کنترل آلودگی‌ها، به دلیل آلوده‌بودن رسوبات پلایا به فلزات سنگین و عوامل بیماری‌زا، سلامت مردم منطقه و حتی ساکنان شهرهای اصفهان و نواحی مجاور نیز در معرض تهدید قرار می‌گیرد.

منابع

بخشی خانیکی، غلامرضا، (۱۳۹۱). *تنوع زیستی*، جلد اول، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۲۷ صفحه.

فهیمی، عزیزالله و مشهدی، علی، (۱۳۹۳). *اندیشه‌های حقوق محیط‌زیست*، جلد اول، چاپ اول، قم، انتشارات دانشگاه قم، ۱۲ صفحه.

قهرودی تالی، منیژه، (۱۳۹۱). *مطالعه تطبیقی تحولات اقلیمی و ژئومورفولوژی در پلایای میقان*، تهران، طرح پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی، ۴۳ صفحه.

قهرودی تالی، منیژه و خدری غریبوند، لادن، (۱۳۹۳). *بررسی آشفته‌گی میکروکلندفرم‌های تالاب*

۱/۲۷ تا ۱/۴۰ و در سال ۱۳۹۳، مقادیری بین ۱/۲۷ تا ۱/۴۴ را شامل می‌شود. بررسی روند تغییرات میکروفرم‌ها، نشان از تمایل آنها به افزایش میزان بی‌نظمی و آشفته‌گی در وضعیت آنها با گذشت زمان دارد که این افزایش آشفته‌گی‌های اخیر در تالاب گاوخونی، احتمالاً به علت خشکسالی و کاهش جریان آب بوده است؛ به گونه‌ای که بررسی نمودارهای اقلیمی بارش مربوط به ایستگاه هواشناسی ورزنه در این دو سال نیز، نشان‌دهنده کاهش مجموع بارش از ۱۲۰/۶ میلی‌متر در سال ۱۳۹۲ به ۸۷/۸ میلی‌متر در سال ۱۳۹۳ بوده است؛ همچنین نمودارهای کمینه و بیشینه ماهیانه دمای هوای ایستگاه ورزنه نشان می‌دهد متوسط دمای کمینه ماهیانه هوا از ۳/۲۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۲ به ۳/۵۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۳ و متوسط دمای بیشینه ماهیانه هوا از ۲۹/۹۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۲ به ۳۰/۴۷ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است. در نتیجه روند تغییرات این نمودارها نیز مبین میزان کاهش بارش و افزایش دما از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳ و افزایش وضعیت خشکی در منطقه است.

بررسی تحولات اخیر کواترنر در حوضه‌های انتهایی نشان می‌دهد تحول سیستم شکل‌زایی آنها به پلایا به علت تغییرات ژئوشیمیایی کانی‌های محلول در آنها بوده است که آن هم به علت کاهش منابع ورودی آب رخ می‌دهد (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۲). تغییرات کانی‌های محلول به نوبه خود سبب به هم خوردن نظم بیولوژیکی شده است که نتیجه آن، تحول سیستم شکل‌زایی حاضر و تبدیل تالاب به اکوسیستمی جدید است. تغییرات اکوسیستم ممکن است در آینده مشکلات زیست‌محیطی، اقتصادی و

- Cheng, Q., H.S., Russell, D.F., Kenny, and P. Qin., (2001). **GIS-based statistical and fractal/ multifractal analysis of surface stream patterns in the Oak Ridge's Moraine**, *ComputGeosci*, Vol 27 (5), 513–526.
- Cheng, Q., (1995). **The perimeter–area fractal model and its application to geology**, *Math Geology*, Vol 27 (1), 69– 82.
- Cheng, Q., (1994). **Multifractal modeling and spatial analysis with GIS: Gold potential estimation in the Mitchell-Sulphurets area, northwestern British Columbia**, unpublished doctoral dissertation, the School of Graduate Studies and Research of Univ. Ottawa, 268 p.
- Ghahroudi Tali, M., Khedri Gharibvand, L., (2018). **Environmental Evolutions in Endorheic Basins of Iran, Case Study: Gavkouni Wetland, south-East Isfahan, Iran**, 20th International Conference on Geography, Environment and Anthropology, Vancouver, Canada. September 17-18 [accepted].
- Goodchild, M. F., (1998). **Lake on fractal surfaces: a null hypothesis for lake-rich landscapes**, *Math Geol*, Vol 20 (6), 15– 630.
- Lovejoy, S., D. Schertzer., (1991). **Multifractal analysis techniques and the rain and cloud fields from 10–3 Dordrecht**, 318 p.
- Lovejoy, S., (1982). **Area–perimeter relation for rain and cloud areas**, *Science*, Vol 216 (4542), 185– 187.
- Malamud, B.D., D.L., Turcotte, F.F., Guzzetti and P.Reichenbach., (2006). **Landslide inventories and their statistical properties**, *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol 29 (6), 687 p.
- Mandelbrot, B.B., (2004). **Fractals and chaos, the Mandelbrot set and beyond**, Springer, Selecta, v. c: 308.
- Mandelbrot, B.B., Passoja, D.E., Paullay, and J. Alvin., (1984). **Fractal character of fracture surfaces of metals**, *Nature*, Vol 308 (5961), 721– 722.
- گاوخونی، مجله پژوهشی زمین پویا، دوره ۲، شماره ۲، ۴۴–۵۱.
- قهرودی تالی، منیژه و خدری غریبوند، لادن، (۱۳۹۲). دیدگاه بیژئومورفیک در مطالعه تالاب‌ها (مطالعه موردی: تالاب گاوخونی)، دومین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی (ژئومورفولوژی و پایش تغییرات محیطی)، تهران، دانشگاه تهران، ۳۳۱–۳۳۴.
- قهرودی تالی، منیژه و علی‌نوری، خدیجه، (۱۳۹۳). ردیابی مخاطرات پلایای حوض سلطان با بررسی آشفستگی در میکرولندفرم‌ها، مجله دانش مخاطرات، دوره ۱، شماره ۲، ۲۵۲–۲۴۱.
- قهرودی تالی، منیژه، لشکری، حسن و حسینی، زهرا، (۱۳۹۰). کاربرد تکنیک PCA و شاخص OIF در شناسایی کانی‌های تبخیری در پلایاها (مطالعه موردی: دریاچه مهارلو)، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۱، شماره ۳، ۳۶–۲۱.
- قهرودی تالی، منیژه، میرزاخانی، بهاره و عسکری، آتنا، (۱۳۹۱). پدیده کویرزایی در تالاب‌های ایران (مطالعه موردی: تالاب میقان)، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۱، شماره ۴، ۹۷–۱۱۱.
- یوجین پلزنس، اودوم، (۱۳۷۷). **شالوده بوم‌شناسی**، ترجمه محمدجواد میمندی‌نژاد، جلد اول، چاپ ۴، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۸۲۴ صفحه.
- Berberian, M., (1983). **Continental Deformation in the Iranian Plateau**, Geological Survey of Iran, Report, No 52, 625 p.

- Yunnan**, Southwestern China, *J China Univ Geosci*, Vol 19 (1), 77– 84.
- Wang, Z., Q. Cheng, and L. Cao et al., (2006). **Fractal modelling of the microstructure property of quartz mylonite during deformation process**, *Math Geol Journal*, Vol 39 (1), 53 p.
- Zhang, Z., H. Mao, Q. Cheng., (2001). **Fractal geometry of element distribution on mineral surface**, *Math Geol*, Vol 33 (2), 217– 228.
- Zuo, R., Q.Cheng, and Q. Xia., (2009). **Application of Fractal Models to Distinguish between Different Mineral Phases**, *Math Geosci*, Vol 41, Pp 71–80.
- www.doe.ir 07/08/1393
- www.irimo.ir 11/02/1393
- www.esfahanmet.ir 12/02/1394
- Martin, D.G., D.Riccio., (2007). **A Novel Approach for Disaster Monitoring: Fractal Models and Tools**, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol 45 (6), 65 p.
- Pakzad, H.R., F. Fayazi., (2007). **Sedimentology and Stratigraphic Sequence of The Gavkhoni Playa Lake**, SE Esfahan, Iran, *Carbonates and Evaporites*, Vol 22 (2), 93 p.
- Pakzad, H.R., (2003). **Sedimentary facies association of the lower reaches of the Zayandeh River and the Gavkhoni playa lake basin**, Isfahan, 23 p.
- Stocklin, J., (1968). **Structural history and tectonic of iran**, A review, *AAPG, Bull*, Tulsa. Oklanoma, Vol 52 (7), 1231 p.
- Wang, Z., Q. Cheng, D.Xu, and Y. Dong., (2008). **Fractal modeling of sphalerite banding in Jinding Pb–Zn deposit**,