

## مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره هشتم، شماره ی سی ام، زمستان ۱۳۹۶

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۱۰/۲۶

صص ۷۶-۹۳

### تأثیر ویژگی‌های هیدروژئولوژی بر مورفومتری نبکاها (مطالعه‌ی موردی: چاله در آنجیر)

اسماعیل پاریزی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی-دانشگاه تهران

مجتبی یمانی\*، استاد ژئومورفولوژی-دانشگاه تهران

سید رضا مهرنیا، دانشیار زمین‌شناسی-دانشگاه پیام نور تهران

مهران مقصودی، دانشیار ژئومورفولوژی-دانشگاه تهران

سید موسی حسینی، دانشیار هیدروژئولوژی-دانشگاه تهران

#### چکیده

نبکاها تأثیر قابل توجهی در کنترل فرسایش بادی و ثبات محیط زیست مناطق بیابانی دارند. مورفومتری متفاوت نبکاها در دو سایت هم‌جوار در چاله در آنجیر، سؤال‌هایی را در مورد عوامل اصلی کنترل‌کننده‌ی این اشکال مطرح می‌کند. ویژگی خاص منطقه، تنوع ویژگی‌های آب زیرزمینی و تفاوت مکانی مورفومتری نبکاها این فرضیه را مطرح می‌کند که تفاوت خصوصیات هیدروژئولوژی تأثیر مستقیمی بر مورفومتری نبکاها داشته است. برای دستیابی به این هدف، تکنیک‌های سنجش‌از‌دور، داده‌های میدانی و آنالیزهای ژئوشیمی به کار گرفته شده‌اند. در این راستا، ابتدا دو سایت هم‌جوار که دارای گونه‌های متفاوت نبکا بودند، تفکیک شدند. در مرحله‌ی بعد مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها در هر سایت اندازه‌گیری شدند. سپس با مغزه‌گیری توسط اوگر دستی، ۸ گمانه تا عمق متوسط ۲/۶۰ متر حفاری و نمونه‌های رسوب در فواصل ۲۰ سانتی‌متر برداشت گردیدند. حفاری با اوگر تا سطح ایستایی (متوسط عمق ۲/۰۶ متر) انجام و عمق آب زیرزمینی برای هر گمانه اندازه‌گیری شد. همچنین در هر گمانه، ۳۰۰ میلی‌لیتر آب برای آنالیز شیمیایی توسط دستگاه نمونه‌بردار آب، برداشت گردید. در مجموع ۴۶ نمونه رسوب از سایت اول، ۵۸ نمونه رسوب از سایت دوم و ۸ نمونه آب از ۸ گمانه استخراج شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه ژئومورفولوژی، ابتدا آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر مدل HI9811-5 انجام گردید. سپس با تهیه‌ی عصاره‌ی اشباع نمونه‌های رسوب، مقادیر EC، TDS، pH و هر کدام از نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج مؤید آن است که در سایت اول میانگین سطح ایستایی، میانگین TDS و EC به ترتیب ۱/۶۹ متر، ۱۸۸۵۰ ppm و ۳۷۷۵۰  $\mu\text{S}/\text{cm}$  و در سایت دوم ۲/۴۴ متر، ۲۷۵۰۰ ppm و ۵۴۹۵۰  $\mu\text{S}/\text{cm}$  است. همچنین آنالیز شیمیایی نمونه‌های رسوب حاکی از آن است که میزان شوری رسوبات به ترتیب تحت تأثیر سطح ایستایی و کیفیت آب زیرزمینی است. در مجموع یافته‌ها نشان می‌دهند که شرایط هیدروژئولوژی در سایت‌های مورد مطالعه نه تنها مهم‌ترین عامل شکل‌گیری نبکاها است، بلکه ویژگی‌های مورفومتری نبکاها را نیز کنترل می‌کند.

**واژگان کلیدی:** نبکا، هیدروژئولوژی، مورفومتری، چاله در آنجیر.

\* Email: myamani@ut.ac.ir

نویسنده‌ی مسئول:

این مقاله برگرفته از رساله‌ی دکتری اسماعیل پاریزی به راهنمایی دکتر مجتبی یمانی و دکتر سیدرضا مهرنیا و مشاوره‌ی دکتر مهران مقصودی و دکتر سیدموسی حسینی است.

## ۱- مقدمه

فرسایش بادی و لندفرم‌های حاصل از آن چهره غالب دشت‌های هموار و پست مناطق خشک ایران است (یمانی، ۱۳۹۴: ۹۹). همواری نسبی، فقر پوشش گیاهی، وزش بادهای غالب، وجود سازندهای سست آبرفتی عوامل ایجاد این نوع فرسایش هستند (یمانی و کرمی، ۱۳۸۹: ۲۵). یکی از لندفرم‌های منتج از فرسایش بادی نبکاها هستند که در نتیجه انباشت رسوبات بادی در اطراف درختان، درختچه‌ها و بوته‌ها تشکیل می‌شوند (Cooke et al., 1993: 322). این عوارض به‌عنوان نتیجه‌ای از فرسایش بادی بوده (Tengberg, 1995: 266; Wang et al., 2008: 361) و تقریباً ۵ درصد از مساحت خشکی‌ها را پوشش می‌دهند (Li et al., 2014: 268; Thomas et al., 2005: 1219). مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که فرآیندهای پویا مسئول شکل‌گیری این عوارض هستند (Hesp, 1981: 102; Hesp and McLachlan, 2000: 155) و نیز اظهار می‌کنند که رسوباتی که این تپه‌ها را شکل می‌دهند، بیش‌تر از مناطق مجاور منشأ می‌گیرند تا مناطق دور (Marston, 1986: 273; Khalaf et al., 1995: 269; Langford, 2000: 27). در شکل‌گیری و توسعه‌ی این فرم‌ها علاوه بر رژیم باد، منابع ماسه و پوشش گیاهی، دیگر عوامل طبیعی نظیر توپوگرافی، بارش و عمق آب زیرزمینی دخالت دارند (Melton, 1940: 114; Kocurek and Lancaster, 1999: 506; Wang, 2006: 131; Wang, 2010: 698). گسترده در قسمت‌های پایینی مخروط‌افکنه‌ها؛ جایی که سطح آب زیرزمینی بین ۱-۳ متر قرار دارد، تشکیل می‌شوند (Parsons et al., 2003: 62; Wang et al., 2006: 133; King et al., 2006: 230; Li et al., 2014: 266). مطالعه‌ی نبکاها به‌عنوان یکی از لندفرم‌های بادی از چند نظر اهمیت فراوانی دارد: ۱. معمولاً شاخص خوبی از تخریب زمین و وضعیت محیط زیست یک منطقه در نظر گرفته می‌شوند (Zhu et al., 1981: 3; Tengberg and Chen, 1998: 182; Wang et al., 2006: 130). به عبارتی نبکاها با فرسایش بادی رابطه‌ی نزدیکی دارند و شاخص خوبی از بیابان‌زایی در مناطق انتقالی (مناطق حمل ماسه) در نظر گرفته می‌شوند (Tengberg, 1995: 266)؛ ۲. به سبب آنکه بسیاری از نبکاها موجود در اواخر هولوسن شکل گرفته‌اند (Wang et al., 2006: 130; Wang et al., 2008: 360; Li et al., 2014: 266). مطالعه‌ی رسوبات آن‌ها شرایط طبیعی گذشته حاکم بر منطقه مثل فعالیت بادی منطقه‌ای، تناوب بین شرایط خشک و مرطوب، ویژگی‌های هیدرولوژیکی، محیط زیست و نحوه‌ی تکامل این عوارض را برای ما نشان می‌دهند (Wolf et al., 2000: 62; Wang et al., 2004: 2; Li et al., 2014: 266). این عوارض به دلیل نقش مهمی که در ثبات محیط زیست مناطق بیابانی دارند، مورد توجه محققین می‌باشند (Jianhui et al., 2010: 712).

در مطالعات انجام‌شده تفاوت‌های مکانی مورفومتری نبکاها را به رسوب‌شناسی، تفاوت‌های اقلیمی و دینامیک باد نسبت داده‌اند؛ به عبارتی عوامل دینامیک سطحی مورد بررسی قرار گرفته و عوامل زیرسطحی به‌ویژه هیدروژئولوژی دخالت داده نشده است و این موضوع، مسئله‌ی اصلی پژوهش را تشکیل داده است. در واقع کیفیت آب زیرزمینی به این دلیل مهم است که در مناطقی که میزان شوری آب از میزان تحمل گیاهان و درختچه‌ها بیش‌تر باشد، تشکیل درختچه و به تبع آن شکل‌گیری نبکا امکان‌پذیر نیست؛ از طرفی با تغییر میزان شوری به‌صورت افزایشی (پیشروی آب شور کویرها به سمت آبخوان‌های نیکازار) و کاهش (تغذیه آب شیرین به آبخوان‌های نیکازار) نبکاها می‌توانند نابود یا تشکیل شوند. عمق سطح آب نیز از این لحاظ قابل توجه هست که زمانی که عمق آب از حد آستانه عبور کند، پوشش گیاهی نبکا شروع به خشک شدن می‌کند و ماسه‌های اطراف گیاه از وضعیت تثبیت خارج شده و شروع به حرکت می‌کنند (Peng et al., 2004: 628; Zheng et al., 2005: 161; Jianhui et al., 2010: 713).

با این وجود، بیش‌تر تحقیقات انجام‌شده بر روی نبکاها در زمینه‌ی اکولوژی و مدل‌سازی نبکاها و نیز بررسی نقش آن‌ها در کنترل فرسایش بادی است. تحقیقات بسیار محدودی هم در زمینه‌ی نقش آب زیرزمینی بر تشکیل نبکاها آن‌هم در قالب طرح فرضیه انجام شده است. برای نمونه: تنگبرگ<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) در تحقیقی که با عنوان نبکاها به‌عنوان شاخصی از فرسایش بادی و تخریب زمین در بورکینافاسو انجام داد و چنین استنباط کرد که نبکاها در اثر فرسایش بادی به وجود آمده‌اند و

می‌توان از آن‌ها به‌عنوان شاخص فرسایش بادی و تخریب زمین استفاده کرد. خلف<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۹۵) در پژوهشی که بر روی ویژگی‌های مورفولوژی و رسوبی نیکها در ساحل کویت انجام دادند، چنین گزارش دادند که علیرغم اینکه نیکهای گونه‌ی *Nitraria* در جلوی مخروطافکنه، جایی که عمق آب بین ۵۰ الی ۱۱۰ سانتی‌متر هست، شکل گرفته‌اند، ولی عامل اصلی تشکیل آن‌ها با وجود شوری زیاد آب زیرزمینی، تغذیه‌ی آب شیرین توسط مخروطافکنه‌هاست که نتیجه‌ی آن رشد گونه‌ی *Nitraria* و تشکیل نیکا است. آن‌ها همچنین اذعان داشتند که یکی از عوامل تخریب نیکها در منطقه می‌تواند شرایط جزر و مدی آب دریا باشد که پیامد آن افزایش شوری آب زیرزمینی و به‌تبع آن نابودی پوشش گیاهی و تخریب نیکا است.

ژانگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی مدلی برای رشد گیاهان و سطح آب زیرزمینی ارائه داد و نشان داد که سطح آب زیرزمینی مناسب جهت رشد گیاهان در مناطق خشک ۴-۲ متر است. آن‌ها همچنین بیان کردند که هنگامی سطح آب زیرزمینی به ۶ الی ۱۰ متر می‌رسد، رطوبت رسوب به کوچک‌تر از نقطه‌ی پژمردگی می‌رسد و سرانجام پوشش گیاهی از بین می‌رود. چن<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی که بر روی نقش تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی در مناطق نیکازار انجام دادند، گزارش دادند که نیکهای گونه *Tamarix* در زمانی که عمق آب زیرزمینی کمتر از ۵ متر باشد، به‌خوبی رشد می‌کنند و زمانی که عمق آب به ۵ الی ۷ متر می‌رسد، نیکها شروع به تخریب شدن می‌کنند و در هنگامی که عمق آب به بیش از ۸ متر می‌رسد، ممکن است به‌طور کامل نابود شوند. زی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی که در منطقه‌ی لُپ نور<sup>۶</sup> چین بر روی نیکای گونه *Tamarix Ramosissima* داشتند، نتیجه گرفتند که با استفاده از اندازه ذرات رسوبات و لاشبرگ نیکها می‌توان تغییرات اقلیمی و زیست‌محیطی را درک کرد. وانگ<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعاتی که در منطقه‌ی آلاشان<sup>۸</sup> چین داشتند، چنین گزارش دادند که نیکها به‌طور عمده توسط فرسایش بادی کنترل می‌شد و چون این عوارض اثرات تغییرات زیست‌محیطی را نشان می‌دهند، می‌توان از آن‌ها جهت بازسازی آب‌وهوا و محیطی زیست گذشته با دقت بالایی استفاده کرد. خلف و ال‌اوادی<sup>۹</sup> (۲۰۱۲) در پژوهشی که بر روی نیکهای ژپیس در کویت انجام دادند، چنین بیان کردند میانگین عمق آب زیرزمینی نیکها در منطقه‌ی مورد مطالعه کمتر از ۱/۵ متر است و در فصول خشک که سطح ایستابی آب زیرزمینی افت می‌کند، رطوبت رسوبات بالای نیکا از بین می‌رود و فرسایش رسوبات مذکور افزایش پیدا می‌کند. لی<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان ارتباط بین تشکیل نیکها و توسعه و تغییرات محیطی بیابان چنین بیان کردند که تحقیقات آینده باید بر روی تبدیل کمی شاخص‌های محیطی ارائه‌شده توسط نیکا به‌صورت عامل‌های محیطی متناظر متمرکز شود؛ مانند تعریف کمی مراحل تکامل نیکا، افزایش دقت در تعیین سن، تقویت مستمر پژوهش‌ها و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده با سایر تحقیقات که در مجموع باعث نتیجه‌گیری دقیق‌تر و قابل‌اعتمادتری می‌شود. ژو<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۸)، همچنین زو<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۱۶) در بیان اهمیت سطح آب زیرزمینی بر نیکها، چنین بیان داشتند که مناسب‌ترین سطح آب زیرزمینی برای پوشش گیاهی نیکای *Tangut Nitraria* ۱-۵ متر و برای نیکای *Tamarix ramosissima* ۱-۴ متر است و زمانی که عمق آب برای گونه *Tangut Nitraria* از ۱۵ متر و برای گونه *Tamarix ramosissima* از ۱۰ متر تجاوز می‌کند، پوشش گیاهی مزبور شروع به خشک شدن می‌کنند و ماسه‌های اطراف آن فعال می‌شوند.

2- Khalaf

3- Zhang

4- Chen

5- Xia

6. Lop Nor

7- Wang

8- Ala Shan

9- Khalaf &amp; Al-Awadhi

10- Li

11- Xu

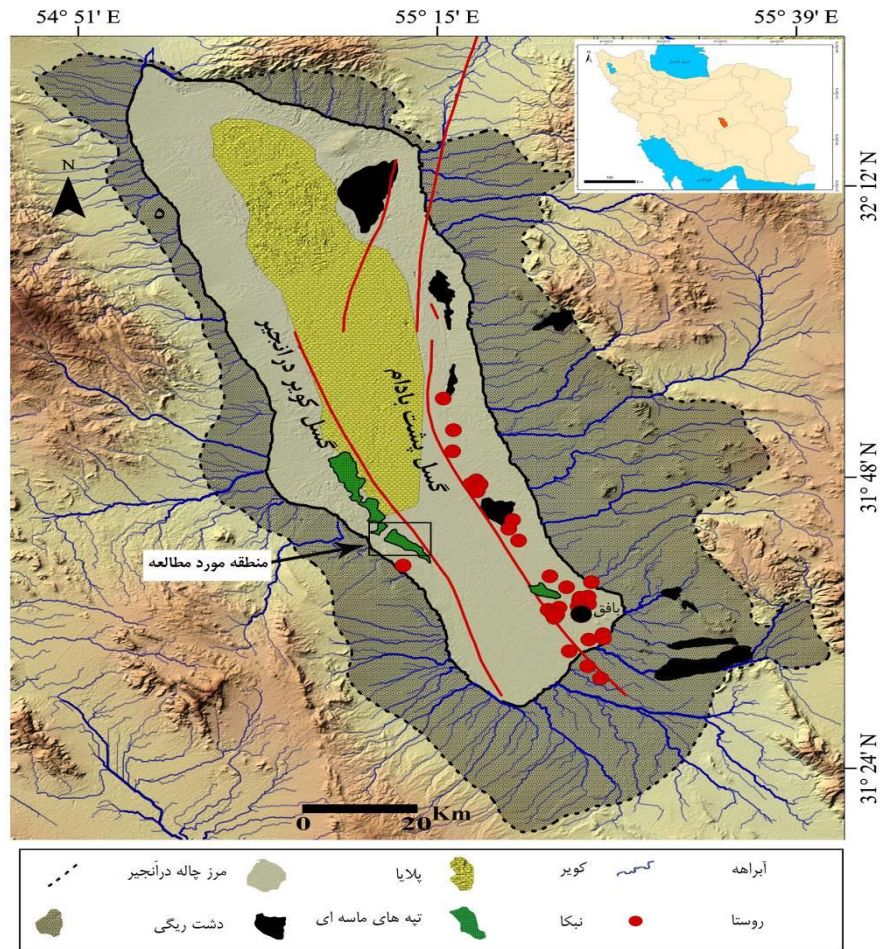
12- Zou

موسوی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی که با عنوان گروه‌بندی مقایسه‌ای نبک‌های شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم تاپسیس در شمال شرق کویر سیرجان انجام دادند بیان داشتند که نبک‌های گونه گز بیش‌ترین اهمیت را برای تثبیت ماسه‌های روان در این منطقه دارند. مقصودی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی که در دشت تکاب در غرب لوت با عنوان مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نبک‌های چهار گونه‌ی گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد- دشت تکاب) انجام دادند، چنین گزارش دادند که بیش‌ترین میانگین ارتفاع نبک‌ها مربوط به گونه‌ی *Tamarix Aphylla* ۷/۸ متر و میانگین ارتفاع تاج ۱۱ متر است. همچنین نتایج گرانولومتری رسوبات نشان داد که از دید درستی، درشت‌دانه‌ترین رسوبات مربوط به گونه‌ی *Tamarix Aphylla* بوده و گونه‌های دیگر در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. موسوی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی که بر روی نبک‌های ریگ نجار آباد انجام دادند چنین استنباط کردند که نبک‌های گونه‌ی تاغ بیش‌ترین اهمیت را برای تثبیت ماسه‌های روان در این منطقه دارند. نگهبان و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی که بر روی نبک‌های بیابان لوت انجام دادند، نتیجه گرفتند که نبک‌های هرگونه گیاهی در پلات‌های مجاور، ویژگی‌های متفاوتی دارند که این موضوع تأثیرات متفاوت عوامل تأثیرگذار نبک‌ها، از جمله اندازه‌ی پوشش گیاهی و فرآیندهای بادی بر قسمت‌های مختلف منطقه را نشان می‌دهد. همچنین آن‌ها گزارش دادند که پراکندگی نبک‌های هر یک از گونه‌های گیاهی از الگوی خاصی پیروی می‌کند، بدین صورت که بعضی گونه‌ها مانند خارشتر، فقط در قسمت‌های جنوبی منطقه مشاهده شدند. مقصودی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان تحلیل مقایسه‌ای ویژگی‌های اکوزئومورفولوژیکی نبک‌های سیرجان و شهربابک، چنین گزارش دادند که تجزیه و تحلیل رسوبات نبک‌ها مؤید آن است که رسوبات نبک‌های شهربابک در جهت ارتفاعی از نظر بافت هیچ تفاوتی ندارند، در صورتی که رسوبات نبک‌های سیرجان در یک دوره (دوره‌ای که ماسه‌ی ریز رسوب کرده) با بقیه دوره‌ها متفاوت است که نشان‌دهنده‌ی کاهش سرعت باد در دوره‌ی موردنظر است. همچنین پایش آب زیرزمینی در محدوده‌ی نبک‌ها نشان داد که در هر دو منطقه آب زیرزمینی در هر سال ۲۵ الی ۳۰ سانتی‌متر افت داشته است. آن‌ها همچنین بر اساس شواهد موجود چنین بیان نمودند که از نظر مراحل تکاملی نبک‌های سیرجان در مرحله‌ی در حال رشد و نبک‌های شهربابک در مرحله‌ی تخریبی قرار دارند.

هدف از این پژوهش، ارزیابی نقش ویژگی‌های هیدروژئولوژی بر مورفومتری نبک‌ها و شناسایی مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده‌ی این لندفرم‌ها در چاله در آنجیر است. به عبارتی در این پژوهش سعی شده با بهره‌گیری از داده‌های میدانی و آنالیزهای ژئوشیمی نحوه‌ی تأثیر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی بر مورفولوژی نبک‌ها بررسی گردد. نتایج این پژوهش در مدیریت مناطق بیابانی به‌ویژه مناطقی که دچار مشکلات فرسایش بادی هستند، از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه بخشی از چاله گرانی شکل در آنجیر است که با وسعت ۴۶۸۷/۱۱ کیلومتر مربع و موقعیت ۵۹° ۵۴' تا ۳۷° ۳۷' طول جغرافیایی و ۱۸' ۳۱° تا ۲۲' ۳۲° عرض جغرافیایی در مرکز استان یزد واقع شده است. از دیدگاه زمین‌شناسی، چاله‌ی مذکور توسط رسوبات کواترنری پوشش یافته و پلاپای آن توسط گسل‌های بافق- پشت بادام و کویر در آنجیر محصور شده است. حداکثر ارتفاع این دره به ترتیب ۸۱۱ و ۱۷۷۲ متر از سطح دریا بوده، میانگین بارش و دمای سالانه (بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۰ میلادی)، به ترتیب ۵۱ میلی‌متر و ۲۱/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد و جزو مناطق خشک ایران محسوب می‌شود. همچنین قوی‌ترین بادهای این چاله در فصل تابستان از سمت شمال و شمال غرب می‌وزند. بارش بسیار کم، فقر پوشش گیاهی، توپوگرافی نسبتاً هموار، استمرار و طول محیط در معرض باد و رسوبات سطحی منفصل موجب شده که دینامیک باد به‌عنوان فرآیند اصلی فرسایش جلوه‌گر باشد. این مهم سبب تشکیل مجموعه‌ای از لندفرم‌های بادی به‌خصوص نبک‌ها در این منطقه شده است. نبک‌های مورد مطالعه در این تحقیق تقریباً در قسمت مرکزی چاله در واحد ژئومورفیک پنه پلین واقع شده‌اند (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه ی مورد مطالعه

### ۳- مواد و روش ها

#### ۳-۱- داده ها و روش گردآوری

داده های پژوهش به طور مستقیم و از طریق کارهای میدانی تفصیلی برداشت شده اند. این داده ها در پنج گروه اصلی قابل تفکیک هستند، شامل داده های مورفومتری (نکاهای طول، عرض، ارتفاع، ارتفاع تاج و ارتفاع درختچه) که به وسیله ابزارهایی نظیر متر و شیب سنج از طریق ترانسکت های از قبل تعیین شده به دست آمده اند. داده های نمونه ی رسوب که از طریق مغزه گیری توسط دستگاه اوگر دستی برداشت شده اند. داده های کمی و کیفی آب زیرزمینی که ابتدا توسط حفاری به وسیله اوگر و برداشت نمونه ی آب به وسیله دستگاه نمونه بردار آب و همزمان اندازه گیری عمق آب توسط متر و در مرحله ی بعد انجام کارهای ژئوشیمی بر روی نمونه ها و بالاخره داده های اکولوژی که از طریق روش شبکه بندی ۵۰۰ متری روی زمین برداشت شده و همزمان عکس گرفته شده و خصوصیات پوشش گیاهی اعم از ارتفاع، تاج سطح پوشش نیز برداشت شده اند. لازم به یادآوری است که موقعیت جغرافیایی و ارتفاعی گمانه ها و نیز تعیین مختصات مکان های نمونه برداری توسط دستگاه GPS در تمام مراحل کار میدانی ثبت شده و بر روی نقشه های پایه انتقال داده شده است.

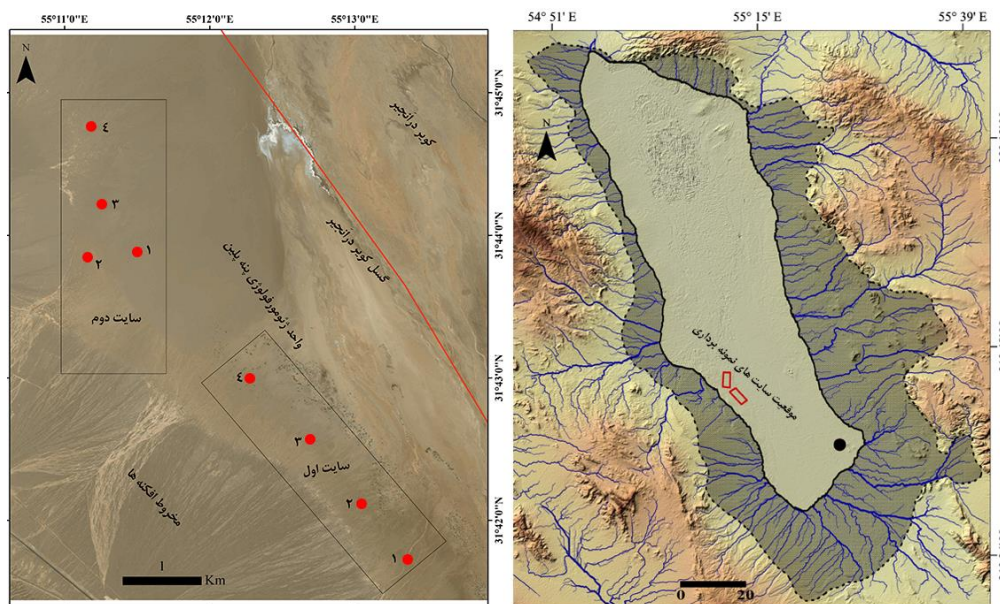
#### ۳-۲- ابزارهای پژوهش

ابزارهای فیزیکی پژوهش را نقشه های توپوگرافی و نیز نقشه های زمین شناسی رقومی بزرگ مقیاس مربوط به مناطق بافق، آریز، سیریز، فهرج، اسفوردی، شمش، خرائق تشکیل داده اند. از طریق این نقشه ها ضمن تعیین قلمرو مطالعاتی، داده های لیتولوژی و گسل ها استخراج شده اند. همچنین از تصاویر ماهواره ای برای تعیین حدود نیکازارها استفاده شده است.

برای تهیه‌ی داده‌های تکمیلی و تحلیل نمونه‌های رسوبی ابزارهای آزمایشگاهی مانند دستگاه مولتی پارامتر مدل HI9811-5، پمپ خلأ، مغزه بردار نوع اوگر، دستگاه نمونه‌بردار آب زیرزمینی و سایر ابزارهای آزمایشگاهی به کار گرفته شده‌اند. در تمامی مراحل کار میدانی نیز از دستگاه GPS برای مارک کردن نقاط نمونه‌گیری و ثبت موقعیت محل گمانه‌ها و نظایر آن بهره‌گیری شده است. ابزارهای مفهومی را عمدتاً نرم‌افزارهای GIS، Surfer، Global Mapper و Google Earth تشکیل داده‌اند. از این نرم‌افزارها برای آنالیزهای مکانی و تهیه‌ی نقشه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده شده است. علاوه بر این از نرم‌افزار RockWorks برای ترسیم نیمرخ‌های طولی نمونه‌های رسوب و سطح ایستابی آب زیرزمینی و در نهایت از نرم‌افزار SPSS برای آنالیز و تحلیل رگرسیون داده‌ها استفاده شده است.

### ۳-۳- روش تجزیه و تحلیل

در نخستین گام بر اساس تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و بازدیدهای میدانی دو سایت هم‌جوار که دارای مورفومتری متفاوت نبکاها بودند، انتخاب شدند (شکل ۲). در مرحله‌ی بعد مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها نظیر ارتفاع، طول، عرض، ارتفاع تاج و ارتفاع درختچه در هر دو سایت با استفاده از ابزارهایی نظیر متر و شیب‌سنج اندازه‌گیری شدند. سپس با توجه به پراکندگی نامنظم نبکاها، در هر سایت در مکان‌هایی که تجمع فراوانی از نبکاها مورد نظر بود ۴ نقطه جهت گمانه‌برداری انتخاب و موقعیت و ارتفاع گمانه‌ها توسط دستگاه GPS تعیین شد (شکل ۲).



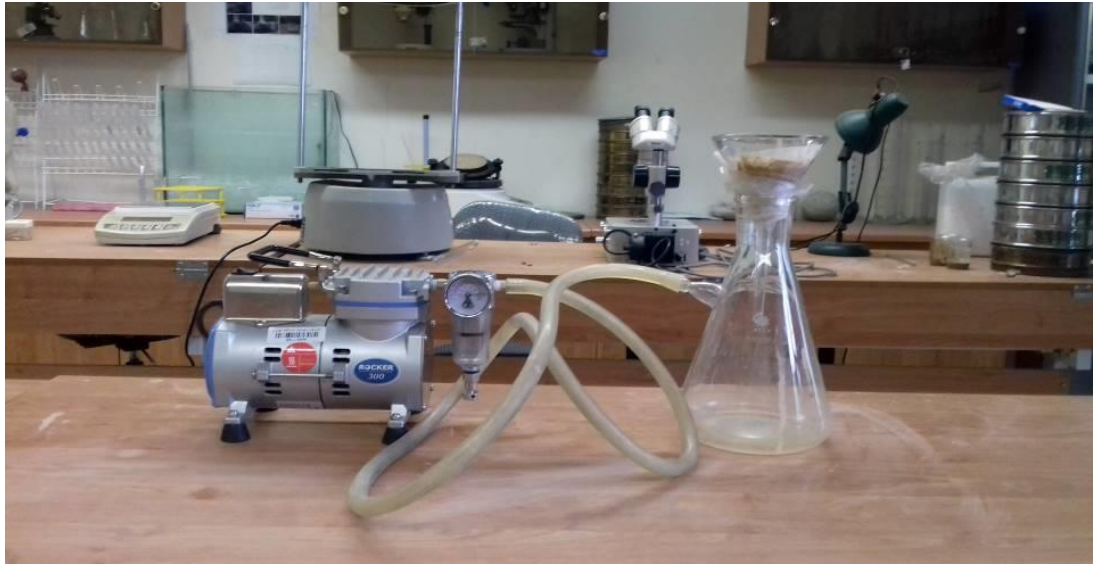
شکل ۲: موقعیت مناطق گمانه‌برداری شده

سپس با استفاده از یک دستگاه اوگر به طول دهانه‌ی ۲۰ سانتی‌متر و قطر ۷/۵ سانتی‌متر اقدام به مغزه‌گیری در هر سایت شد (شکل ۳). به این صورت که نمونه‌گیری در هر گمانه با فواصل ۲۰ سانتی‌متر انجام گردید. در مرحله‌ی بعد هر نمونه به‌خوبی مخلوط و ۱۰۰ گرم از هر کدام از نمونه‌ها جهت آنالیزهای شیمیایی برداشته شد. همچنین پس از عبور از سطح ایستابی، در وهله‌ی اول سطح آب به‌وسیله‌ی متر در هر گمانه اندازه‌گیری و سپس با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار آب، ۳۰۰ میلی‌لیتر آب جهت انجام آزمایش برداشت شد. در مجموع ۸ نمونه آب و ۱۰۴ نمونه رسوب از ۸ گمانه در دو سایت برداشت گردید.



شکل ۳: تصاویری از روش و ابزار نمونه برداری میدانی در عرصه ی طبیعی

بعد از انتقال نمونه های برداشت شده به آزمایشگاه ژئومورفولوژی، ابتدا مقادیر TDS، EC و pH نمونه های آب با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر مدل HI9811-5 اندازه گیری شدند. سپس با بهره گیری از نرم افزار SPSS تحلیل رگرسیون بین مؤلفه های مورفومتری نبکاها و ویژگی های هیدروژئولوژی ایجاد گردید و مناسب ترین مدل ها خطی چندگانه به روش درجا بین خصوصیات مورفومتری نبکاها و ویژگی های هیدروژئولوژی استخراج شد. جهت محاسبه ی مقادیر EC، pH و TDS نمونه های رسوب، از روش عصاره ی اشباع استفاده شد. بدین صورت که ابتدا نمونه های مورد نظر در دستگاه خشک کن خشک شدند، سپس ۵۰ گرم از هر نمونه با ترازوی دقیق وزن و با ۵۰ میلی لیتر آب مقطر ترکیب شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت و آماده شدن عصاره ی اشباع، با استفاده از ابزارهایی نظیر پمپ خلأ، بشر، قیف، پیپت، پووار و کاغذ صافی، آب حاوی ترکیب شیمیایی نمونه های رسوب استخراج شد (شکل ۴) و مانند نمونه های آب، با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر مقادیر TDS، EC و pH نمونه ها اندازه گیری شدند. در مرحله ی پایانی نیز نیمرخ طولی تغییرات شوری رسوب به وسیله ی نرم افزار RockWorks16 ترسیم و به تجزیه و تحلیل داده ها پرداخته شد.



شکل ۴: استفاده از پمپ خلأ در آزمایشگاه برای تهیه‌ی عصاره اشباع از نمونه‌های برداشت‌شده

#### ۴- یافته‌ها و بحث

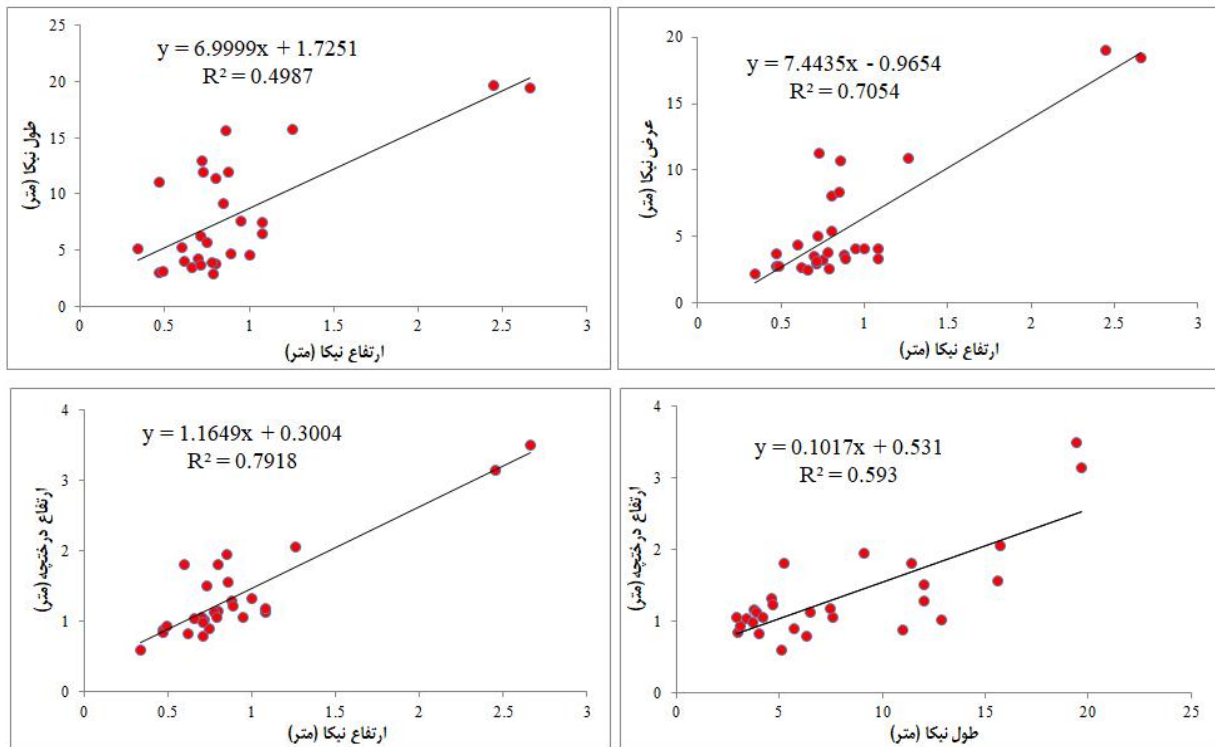
##### ۴-۱- تجزیه و تحلیل توصیفی و آنالیز رگرسیون مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های توصیفی نبکاها در مناطق مورد مطالعه به شرح جدول ۱ است. جدول ۱ مؤید آن است که نبکاهای سایت اول به ترتیب با میانگین ارتفاع، طول، عرض، ارتفاع تاج و ارتفاع گیاه ۱/۲۷، ۱۳/۵۱، ۱۱/۳۸، ۰/۸۸ و ۲/۱۶ متر نسبت به نبکاهای سایت دوم مورفومتری بزرگ‌تری دارند. همچنین نتایج تحلیل رگرسیون ساده‌ی خطی بین پارامترهای مورفومتری نبکاها نشان‌دهنده‌ی ارتباط معنی‌دار مؤلفه‌های مورفومتری نبکاهاست که حداکثر آن مربوط به پارامترهای ارتفاع نبکا و ارتفاع درختچه با ضریب تبیین ۰/۷۹۱ است (شکل ۵).

جدول ۱: آنالیز توصیفی مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها

منطقه	نوع پوشش گیاهی	شاخص‌های آماری	ارتفاع (متر)	طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع تاج (متر)	ارتفاع گیاه (متر)
سایت ۱	گز درختچه‌ای	دامنه	۲/۰۶	۱۴/۵۰	۱۴/۶۰	۰/۵۰	۲
		حداقل	۰/۶۰	۵/۲۰	۴/۴۰	۰/۷۰	۱/۵۰
		حداکثر	۲/۶۶	۱۹/۷۰	۱۹	۱/۲۰	۳/۵۰
		میانگین	۱/۲۷	۱۳/۵۱	۱۱/۳۸	۰/۸۸	۲/۱۶
		انحراف معیار	۰/۸۱	۵/۰۳	۵/۰۴	۰/۱۸	۰/۷۴
		چولگی	۱/۲۵	-۰/۳۱۷	-۰/۵۷۲	-۰/۷۰۸	۱/۲۴
سایت ۲	آشنان	دامنه	۰/۶۶	۹/۱۰	۳/۲۰	۰/۳۷	۰/۷۳
		حداقل	۰/۳۴	۲/۹۰	۲/۲۰	۰/۰۷	۰/۵۹
		حداکثر	۱	۱۲	۵/۴۰	۰/۴۴	۱/۳۲
		میانگین	۰/۶۹	۵/۰۸	۳/۲۶	۰/۳۰	۰/۹۹
		انحراف معیار	۰/۱۷	۲/۶۸	۰/۷۷	۰/۰۹	۰/۱۹
		چولگی	-۰/۳۶۰	۱/۹۶	۱/۳۶	-۱/۰۱	-۰/۱۶۳





شکل ۵: نتایج تحلیل رگرسیون ساده‌ی خطی بین پارامترهای مورفومتری نیکاه‌ها

#### ۴-۲- اکولوژی نیکاه‌ها

پوشش گیاهی یک بخش مهم برای تشکیل نیکا است؛ به‌نحوی که پوشش گیاهی با به دام انداختن ذرات ماسه باعث تشکیل نیکا شده و از طرف دیگر با نابودی پوشش گیاهی، نیکا نیز از بین می‌رود (رن<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۳: ۵۷۲؛ جیان هو و همکاران، ۲۰۱۰: ۷۱۴). بررسی‌های صورت گرفته در منطقه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد که نیکاه‌های موجود در سایت اول از نوع گز درختچه‌ای<sup>۱۴</sup> و در سایت دوم از نوع آشنان<sup>۱۵</sup> هستند (شکل ۶). عمر طولانی‌تر و ارتفاع بیش‌تر گز درختچه‌ای نسبت به آشنان در منطقه‌ی مطالعاتی باعث گردیده که گز درختچه‌ای با میانگین ارتفاع ۲/۱۶ متر نسبت به آشنان با میانگین ارتفاع ۰/۷۰ متر نقش بیش‌تری در ترسیب رسوبات بادی داشته باشد.



شکل ۶. الف: پوشش گیاهی گز درختچه‌ای، ب: پوشش گیاهی آشنان

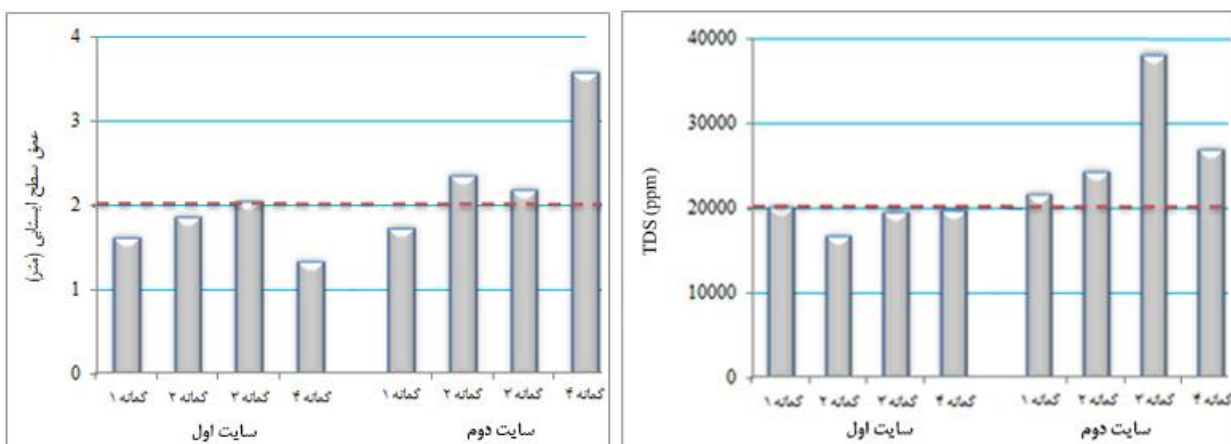
- 13- Ren
- 14- Tamarix mascatensis
- 15- Seidlitzia rosmarinus

## ۳-۴- ویژگی‌های هیدروژئولوژی

نتایج بررسی‌های صورت گرفته بر روی خصوصیات کمی و کیفی آب زیرزمینی در منطقه‌ی مطالعاتی به شرح جدول ۲ و شکل ۷ است (جدول ۲). این نتایج حاکی از آن است که در سایت اول میانگین سطح ایستابی، میانگین TDS و EC به ترتیب ۱/۶۹ متر، ۱۸۸۵۰ ppm و  $۳۷۷۵۰ \mu\text{S/cm}$  و در سایت دوم ۲/۴۴ متر، ۲۷۵۰۰ ppm و  $۵۴۹۵۰ \mu\text{S/cm}$  است. به عبارتی نه تنها شوری آب زیرزمینی در سایت دوم بیش تر است، بلکه میانگین سطح ایستابی نیز حدود ۷۰ سانتی‌متر پایین تر است. در این میان حداقل و حداکثر سطح ایستابی ۱/۳۱ و ۳/۵۵ متر به ترتیب مربوط به گمانه‌ی ۴ سایت ۱ و گمانه‌ی ۴ سایت ۲ است. همچنین از منظر مقدار شوری، حداقل آن متعلق به گمانه‌ی ۳ سایت اول با مقادیر ۱۹۴۰۰ ppm و  $۱۹۴۰۰ \mu\text{S/cm}$  و حداکثر نیز مربوط به گمانه‌ی ۳ سایت دوم با مقادیر ۳۷۹۰۰ ppm و  $۷۵۷۰۰ \mu\text{S/cm}$  است. لازم به ذکر است دلیل زیاد نبودن مقدار pH با وجود شوری زیاد نمونه‌های آب، مربوط به محل گمانه‌برداری است. به عبارتی به سبب آنکه محل گمانه‌برداری‌ها نزدیک نبکاها بوده است، ریشه‌ی درختچه‌ها با ترشح اسید، مقدار pH را کاهش داده‌اند.

جدول ۲: نتایج آنالیز ویژگی‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی در نمونه‌های برداشت‌شده از سایت‌های تحت بررسی

منطقه	شماره‌ی گمانه	سطح ایستابی (متر)	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	TDS (ppm)
سایت ۱	۱	۱/۶۰	۷/۱	۴۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
	۲	۱/۸۴	۷/۱	۳۳۰۰۰	۱۶۵۰۰
	۳	۲/۰۲	۷	۳۹۰۰۰	۱۹۴۰۰
	۴	۱/۳۱	۶/۹	۳۹۰۰۰	۱۹۵۰۰
	میانگین	۱/۶۹	۷/۰۲	۳۷۷۵۰	۱۸۸۵۰
سایت ۲	۱	۱/۷۱	۶/۸	۴۳۰۰۰	۲۱۴۰۰
	۲	۲/۳۳	۶/۶	۴۸۰۰۰	۲۴۰۰۰
	۳	۲/۱۷	۶/۹	۷۵۷۰۰	۳۷۹۰۰
	۴	۳/۵۵	۶/۷	۵۳۱۰۰	۲۶۷۰۰
	میانگین	۲/۴۴	۶/۷۵	۵۴۹۵۰	۲۷۵۰۰



شکل ۷: سمت راست تغییرات میزان TDS و سمت چپ تغییرات عمق سطح ایستابی در گمانه‌های برداشت‌شده

## ۴-۴-۱- تحلیل رگرسیون مورفومتری نیکاه‌ها و مشخصات هیدروژئولوژی

نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه‌ی درجه‌ی ۱۶ بین مؤلفه‌های مورفومتری نیکاه‌ها و مشخصات هیدروژئولوژی به شرح جدول ۳ است. در جدول ۳ مناسب‌ترین مدل‌ها برای هر مؤلفه تشریح شده است. یافته‌های حاصل از این مدل‌سازی نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان همبستگی بین طول نیکاه با مؤلفه‌های TDS و عمق آب، با ضریب تبیین ۰/۶۶، ضریب تعدیلی ۰/۵۳۶ و خطای برآورد ۴/۶۷ است. این نتایج همچنین مؤید آن است که نه‌تنها رابطه‌ی معنی‌داری بین مؤلفه‌های مورفومتری نیکاه‌ها و مقدار TDS و عمق آب وجود دارد، بلکه این رابطه از نوع معکوس است. به عبارتی هر چه میزان TDS یا EC و عمق آب بیش‌تر باشد، مورفومتری نیکاه‌ها کوچک‌تر می‌شود. در این میان در گمانه‌ی ۴ سایت ۱ که سطح آب نسبت به دیگر گمانه‌ها بالاتر و مقدار شوری تقریباً کمتر از بقیه مناطق هست، نه‌تنها شاهد درختچه‌های بزرگ‌تر و به تبع مورفومتری بزرگ‌تر نیکاه‌ها هستیم، بلکه تعداد نیکاه‌ها و تجمع آن‌ها به بالاترین حد خود می‌رسد (شکل ۲). همچنین در گمانه‌ی ۴ سایت ۲ که سطح آب به پایین مقدار خود نسبت به دیگر مناطق می‌رسد و شوری آن زیاد می‌شود، پراکندگی نیکاه‌ها بیش‌تر و مورفومتری آن‌ها کوچک‌تر است.

جدول ۳: خلاصه مدل‌های آنالیز رگرسیون خطی چندگانه به روش درجا بین خصوصیات مورفومتری نیکاه‌ها و ویژگی‌های

هیدروژئولوژی

متغیر وابسته	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تعدیلی	خطای برآورد	متغیر مستقل	ضرایب غیراستاندارد		مقدار Beta	سطح معناداری
						مقدار B	خطای استاندارد		
ارتفاع	۰/۵۷۳	۰/۳۲۸	۰/۰۵۹	۰/۸۳۴	عمق آب	-۰/۴۲۰	۰/۵۱۱	-۰/۳۳۳	۰/۴۴۸
					مقدار TDS	E-۵ -۴/۴۳۸	۰/۰۰۰	-۰/۳۴۶	۰/۴۳۱
					مقدار ثابت	۳/۱۰	۱/۲۵	-	۰/۰۵۶
طول	۰/۸۱۸	۰/۶۶۹	۰/۵۳۶	۴/۶۷	عمق آب	-۵/۲۱	۲/۸۵	-۰/۵۱۸	۰/۱۲۸
					مقدار TDS	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۱/۵۸۴	۰/۱۷۴
					مقدار ثابت	۳۲/۴۶	۷/۰۱	-	۰/۰۰۶
عرض	۰/۶۷۷	۰/۴۵۸	۰/۲۴۱	۶/۰۲	عمق آب	-۳/۵۵	۳/۶۸	-۰/۳۵۰	۰/۳۷۹
					مقدار TDS	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۴۴۹	۰/۲۷۱
					مقدار ثابت	۲۶/۷۰	۹/۰۵	-	۰/۰۳۲
تاج	۰/۸۵۶	۰/۷۳۴	۰/۶۲۷	۰/۱۷۸	عمق آب	-۰/۱۴۹	۰/۱۰۹	-۰/۳۴۶	۰/۲۳۲
					مقدار TDS	E-۵ -۲/۸۳۷	۰/۰۰۰	-۰/۶۵۰	۰/۰۵۱
					مقدار ثابت	۱/۵۲۹	۰/۲۶۹	-	۰/۰۰۲
ارتفاع گیاه	۰/۷۰۱	۰/۴۹۲	۰/۲۸۹	۰/۸۹۱	عمق آب	-۰/۵۶۹	۰/۵۴۶	-۰/۳۴۷	۰/۳۴۵
					مقدار TDS	E-۵ -۷/۲۷۵	۰/۰۰۰	-۰/۴۶۲	۰/۲۴۶
					مقدار ثابت	۴/۶۳	۱/۳۳	-	۰/۰۱۸

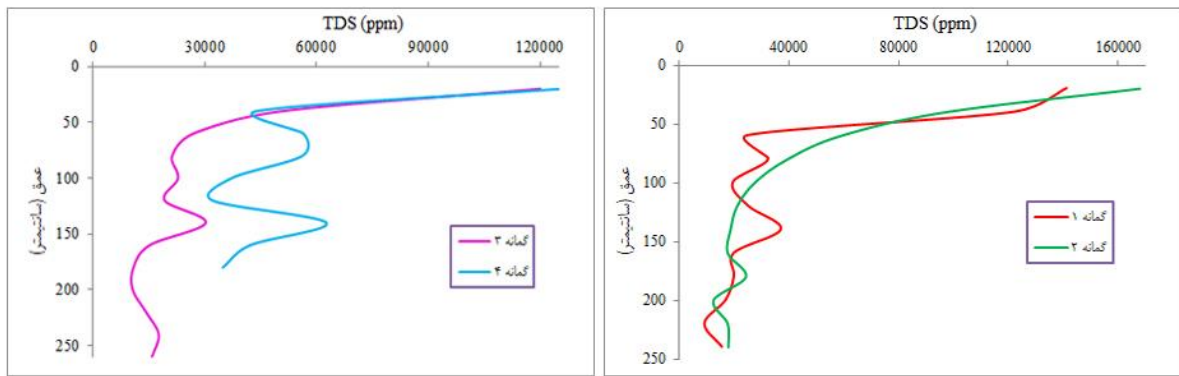
## ۴-۵- تجزیه و تحلیل شیمیایی رسوبات

یافته‌های حاصل از آنالیز نمونه‌های رسوب گمانه‌های مورد مطالعه به شرح جدول ۴ و اشکال ۸ و ۹ است. جدول ۴ نشان می‌دهد که حداقل شوری نمونه‌های رسوب مربوط به عمق ۲۴۰-۲۲۰ گمانه‌ی ۱ سایت ۱ با مقدار ۹۰۰۰ ppm و  $\mu\text{S/cm}$  ۱۸۸۰۰ و حداکثر ۱۹۲۶۰۰ ppm و  $\mu\text{S/cm}$  ۳۹۰۶۰۰ متعلق به عمق ۲۰-۰ گمانه‌ی ۳ سایت ۲ است. همچنین این نتایج حاکی از آن است که به دلیل سطح بالا آب زیرزمینی در تمام گمانه‌ها نمونه‌ی ۲۰-۰ سانتی‌متری رسوب نسبت به دیگر اعماق شورتر است. در واقع به دلیل نیروی موئینگی<sup>۱۷</sup> آب به همراه املاح به بالا حرکت می‌کند و بعد از تبخیر آب، املاح در لایه‌ی سطحی رسوب باقی می‌مانند و این عمل به صورت مکرر تکرار و سبب شوری بیش‌تر لایه‌ی سطحی رسوب می‌شود. در این مورد یک استثنا وجود دارد و آن گمانه‌ی ۸ سایت ۲ است که به سبب سطح پایین‌تر ایستابی (۳/۵۵ متر)، شورترین لایه با مقدار ۱۳۱۲۰۰ ppm و  $\mu\text{S/cm}$  ۲۶۰۴۰۰ در عمق ۶۰-۴۰ قرار دارد (جدول ۴ و شکل ۹).

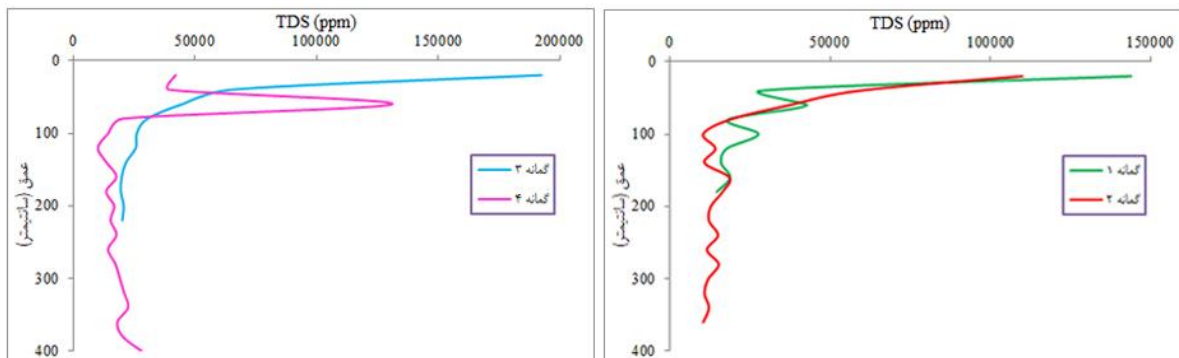
جدول ۴: نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های رسوب

سایت ۲				سایت ۱				پارامتر اندازه‌گیری شده	عمق (سانتی- متر)
گمانه‌ی ۴	گمانه‌ی ۳	گمانه‌ی ۲	گمانه‌ی ۱	گمانه‌ی ۴	گمانه‌ی ۳	گمانه‌ی ۲	گمانه‌ی ۱		
۷/۷	۷/۴	۷/۲	۷/۲	۷/۹	۷/۴	۷/۴	۷/۴	PH	۰-۲۰
۸۴۰۰۰	۳۹۰۶۰۰	۲۲۰۸۰۰	۲۹۴۴۰۰	۲۲۸۸۰۰	۲۴۲۴۰۰	۳۳۷۲۰۰	۲۸۲۰۰۰	EC	
۴۲۰۰۰	۱۹۲۶۰۰	۱۱۰۰۰۰	۱۴۴۰۰۰	۱۲۵۸۰۰	۱۲۰۰۰۰	۱۶۸۰۰۰	۱۴۱۲۰۰	TDS	
۷/۷	۷/۹	۷/۷	۷/۶	۷/۷	۷/۴	۷/۹	۸/۴	PH	۴۰-۲۰
۷۹۰۰۰	۱۳۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰	۵۷۰۰۰	۹۴۲۰۰	۱۰۱۴۰۰	۱۹۶۰۰۰	۲۴۴۰۰۰	EC	
۳۹۴۰۰	۶۵۲۰۰	۵۹۴۰۰	۲۸۸۰۰	۴۴۰۰۰	۵۰۸۰۰	۹۷۲۰۰	۱۲۲۴۰۰	TDS	
۷/۹	۷/۹	۷/۸	۷/۵	۷/۵	۷/۶	۷/۹	۸	PH	۶۰-۴۰
۲۶۰۴۰۰	۸۹۲۰۰	۷۴۲۰۰	۸۵۴۰۰	۱۱۲۲۰۰	۵۳۴۰۰	۱۱۴۸۰۰	۵۰۰۰۰	EC	
۱۳۱۲۰۰	۴۴۸۰۰	۳۷۴۰۰	۴۲۸۰۰	۵۶۴۰۰	۲۷۰۰۰	۵۹۲۰۰	۲۴۸۰۰	TDS	
۸	۷/۸	۷/۸	۷/۶	۷/۷	۷/۵	۷/۸	۷/۹	PH	۸۰-۶۰
۳۹۶۰۰	۶۰۸۰۰	۳۷۲۰۰	۳۵۸۰۰	۱۲۲۰۰	۴۳۰۰۰	۷۹۰۰۰	۶۴۸۰۰	EC	
۲۰۲۰۰	۳۰۴۰۰	۱۸۸۰۰	۱۸۲۰۰	۵۶۲۰۰	۲۱۲۰۰	۳۹۶۰۰	۳۲۴۰۰	TDS	
۷/۹	۷/۸	۷/۸	۷/۵	۷/۶	۷/۵	۷/۸	۸	PH	۱۰۰-۸۰
۲۹۰۰۰	۵۲۶۰۰	۲۱۲۰۰	۵۵۸۰۰	۷۸۲۰۰	۴۵۰۰۰	۵۵۰۰۰	۳۹۰۰۰	EC	
۱۴۳۰۰	۲۶۰۰۰	۱۰۴۰۰	۲۷۶۰۰	۳۷۲۰۰	۲۲۸۰۰	۲۷۶۰۰	۱۹۴۰۰	TDS	
۷/۸	۷/۷	۷/۶	۷/۵	۷/۶	۷/۴	۷/۷	۷/۸	PH	۱۲۰-۱۰۰
۲۰۶۰۰	۵۱۶۰۰	۲۸۰۰۰	۳۵۴۰۰	۶۴۰۰۰	۳۹۰۰۰	۴۲۰۰۰	۴۹۸۰۰	EC	
۱۰۰۰۰	۲۵۶۰۰	۱۴۲۰۰	۱۷۸۰۰	۳۲۰۰۰	۱۹۲۰۰	۲۱۲۰۰	۲۵۰۰۰	TDS	
۷/۵	۷/۷	۷/۷	۷/۵	۷/۴	۷/۴	۷/۷	۷/۹	PH	۱۴۰-۱۲۰
۲۷۲۰۰	۴۳۸۰۰	۲۱۸۰۰	۳۲۸۰۰	۱۲۸۴۰۰	۶۳۲۰۰	۳۷۸۰۰	۷۴۲۰۰	EC	
۱۳۴۰۰	۲۱۶۰۰	۱۰۸۰۰	۱۶۰۰۰	۶۲۶۰۰	۳۰۲۰۰	۱۸۸۰۰	۳۷۰۰۰	TDS	
۷/۵	۷/۶	۷/۵	۷/۴	۷/۶	۷/۴	۷/۶	۷/۸	PH	۱۶۰-۱۴۰
۳۵۴۰۰	۴۰۰۰۰	۳۷۰۰۰	۳۷۴۰۰	۸۳۴۰۰	۳۰۸۰۰	۳۶۲۰۰	۳۹۸۰۰	EC	
۱۷۶۰۰	۱۹۸۰۰	۱۸۶۰۰	۱۸۸۰۰	۴۲۲۰۰	۱۵۲۰۰	۱۷۸۰۰	۱۹۸۰۰	TDS	



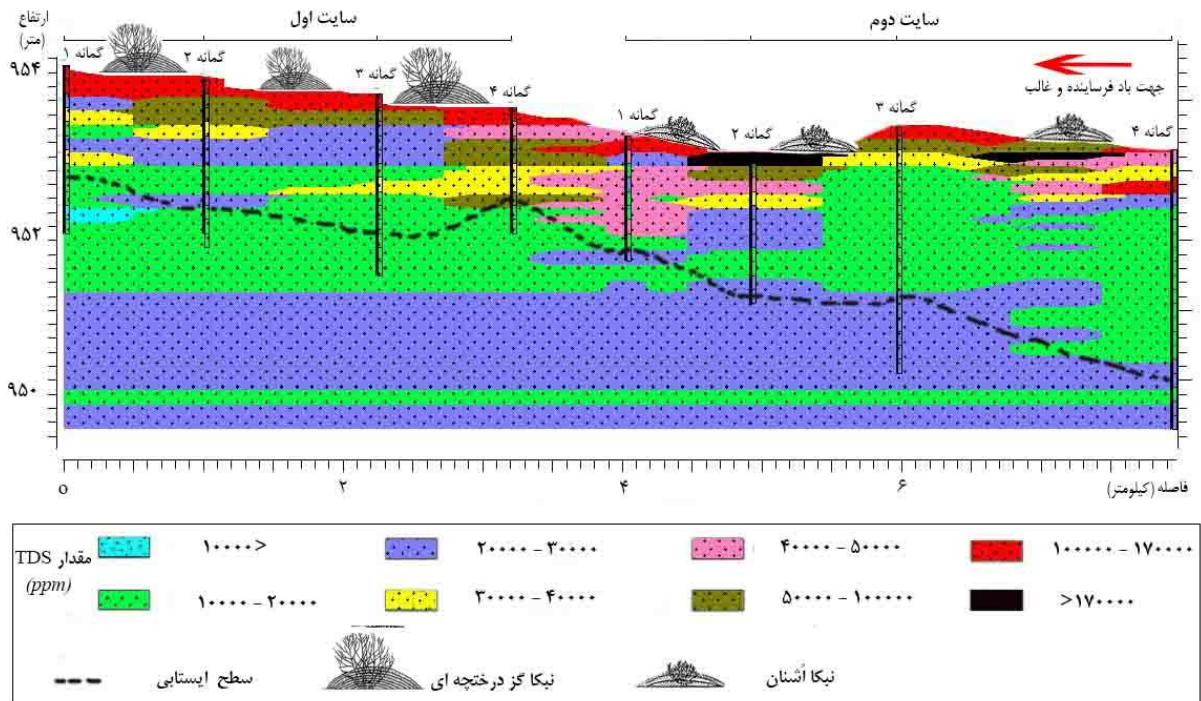


شکل ۸: تغییرات عمودی شوری رسوبات در سایت اول



شکل ۹: تغییرات عمودی شوری رسوبات در سایت دوم

اشکال ۸ و ۹ تغییرات شوری را در لایه‌های متفاوت رسوب منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد. در تمام گمانه‌ها لایه‌ی سطحی نسبت به دیگر لایه‌ها شوری بیش‌تری دارد که همان‌طور که ذکر آن به میان آمد به سبب قدرت موئینگی آب زیرزمینی است. یکی از نتایج قابل‌توجه این است که در گمانه‌ی ۴ سایت ۱ که عمق آب به کمینه‌ی خود (۱/۳۱ متر) در منطقه‌ی مطالعاتی می‌رسد، اختلاف بین شوری لایه‌ی سطحی با دیگر لایه‌ها زیاد نیست که دلیلی بر تجمع املاح تقریباً به صورت یکسان در همه‌ی لایه‌ها باشد. در واقع کمیت و کیفیت متنوع آب زیرزمینی نه تنها سبب تنوع پوشش گیاهی و به تبع مورفومتری متفاوت نبکاها در منطقه‌ی مطالعاتی شده‌اند، بلکه مقدار و توزیع شوری رسوب را نیز تحت کنترل خود درآورده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. مقطع طولی تغییرات سطح ایستابی و میزان شوری رسوبات در منطقه ی مورد مطالعه

ذکر این نکته لازم است که در بخش هایی از مناطق نیکازارها، میزان شوری آب زیرزمینی به سبب تغییر مسیر آبراهه های واقع بر سطح مخروط افکنه یا کاهش بارندگی افزایش یافته است. نتیجه ی چنین تغییری باعث شده تا نیکاهایی که در شرایط آستانه ای قرار داشتند، شروع به تخریب شدن کنند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. تخریب نیکا به دلیل کاهش تغذیه ی آب شیرین به آبخوان در سایت دوم منطقه ی مطالعاتی

## ۵- بحث و نتیجه گیری

با وجود اینکه از آغاز مطالعات ژئومورفولوژی بادی محققین تلاش کرده اند که عوامل اصلی کنترل کننده ی انواع لندفرم های بادی را شناسایی کنند، اما نقش آب زیرزمینی بر مورفولوژی لندفرم های بادی به جز تحقیقی که در زمینه ی نقش آب

زیرزمینی بر تشکیل تپه‌های پارابولیک و برخان در منطقه‌ی نیومکزیکو صورت گرفته است (لانگفرد و همکاران، ۲۰۰۹)، پژوهشی دیگر در این زمینه انجام نشده است.

در این پژوهش سعی گردید که برای اولین بار نقش ویژگی‌های هیدروژئولوژی بر مورفومتری نیکاه‌ها به صورت حفر گمانه و نمونه‌برداری از نمونه‌های آب و رسوب در چاله در آنجیر انجام شود. تجزیه و تحلیل نتایج حاکی از آن است که ارتفاع درختچه به‌عنوان مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده‌ی شکل و اندازه‌ی نیکاه عمل می‌کند. در این زمینه‌ی خلف و همکاران (۱۹۹۵) در پژوهشی که بر روی نیکاه‌های گونه‌ی *Nitraria* در ساحلی کویت انجام دادند، چنین استنباط کردند که مورفولوژی نیکاه‌ها به‌وسیله‌ی الگوی رشد درختچه‌ها *Nitraria*، شرایط باد و در دسترس بودن رسوبات کنترل می‌شود. نتایج بررسی‌های صورت گرفته بر روی خصوصیات کمی و کیفی آب زیرزمینی در منطقه‌ی مطالعاتی حاکی از آن است که نه تنها شوری آب زیرزمینی در سایت دوم (پوشش گیاهی‌اشنان) بیش‌تر است، بلکه میانگین سطح ایستابی نیز حدود ۷۰ سانتی‌متر نسبت به سایت اول (پوشش گیاهی گز درختچه‌ای) پایین‌تر است. خلف و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی نیکاه‌های ساحل کویت نشان دادند که پوشش گیاهی در زمین‌های شور ساحلی کویت از نوع اشنان و سیاه‌شور<sup>۱۸</sup> است. ژو (۲۰۰۸)، همچنین زو و همکاران (۲۰۱۶) در بیان اهمیت سطح آب زیرزمینی بر نیکاه‌ها، چنین بیان داشتند که مناسب‌ترین سطح آب زیرزمینی برای پوشش گیاهی نیکای گز (*Tamarix ramosissima*) ۱-۴ متر است و زمانی که عمق آب از ۱۰ متر تجاوز می‌کند، پوشش گیاهی مزبور شروع به خشک شدن می‌کنند و ماسه‌های اطراف آن فعال می‌شوند. چن و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی که بر روی نقش تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی در مناطق نیکازار انجام دادند، گزارش دادند که نیکاه‌های گونه *Tamarix* در زمانی که عمق آب زیرزمینی کم‌تر از ۵ متر باشد به‌خوبی رشد می‌کنند.

نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه‌ی درجا بین مؤلفه‌های مورفومتری نیکاه‌ها و مشخصات هیدروژئولوژی نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان همبستگی بین طول نیکاه با مؤلفه‌های TDS و عمق آب، با ضریب تبیین ۰/۶۶، ضریب تعدیلی ۰/۵۳۶ و خطای برآورد ۴/۶۷ است. این نتایج همچنین مؤید آن است که هر چه میزان TDS یا EC و عمق آب بیش‌تر باشد، مورفومتری نیکاه کوچک‌تر می‌شود. یافته‌های حاصل از آنالیز نمونه‌های رسوب گمانه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که به دلیل سطح بالا آب زیرزمینی در تمام گمانه‌ها نمونه‌ی ۲۰-۰ سانتی‌متری رسوب نسبت به دیگر اعماق شورتر است. این نتایج همچنین مؤید آن است که شوری رسوب به ترتیب تحت تأثیر عمق سطح ایستابی و میزان شوری آب است.

نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که شکل‌گیری و ویژگی‌های مورفومتری نیکاه‌های واقع در قسمت مرکزی چاله در آنجیر متأثر از شرایط هیدروژئولوژی منطقه‌ی مورد مطالعه است. به عبارتی در این منطقه، شوری زیاد آب زیرزمینی باعث شده که در اکثر منطقه‌ی مورد مطالعه شرایط تشکیل پوشش گیاهی به‌جز در بخش‌هایی که به دلیل تغذیه‌ی آب شیرین توسط مخروط‌افکنه‌ها به آبخوان که سبب کاهش شوری آب زیرزمینی شده، وجود نداشته باشد. افزایش قابل توجه در اندازه و تراکم درختچه‌ها در مناطقی که محل تلاقی مخروط‌افکنه‌ها با کویر در آنجیر است، تأییدی بر نظر فوق است. به عبارتی در این مناطق در فصول بارندگی، آب شیرین توسط مخروط‌افکنه‌ها به قسمت پنه پلین حاشیه‌ی کویر تغذیه می‌شود و در نتیجه‌ی شوری کاهش یافته و شرایط تشکیل دو گونه درختچه را فراهم می‌کند. با این تفاوت که در مناطقی که سطح آب زیرزمینی پایین‌تر و شوری بیش‌تر است، گونه‌ی اشنان و در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالا و آب شیرین‌تر است، گونه‌ی گز درختچه‌ای شکل گرفته است.

## ۶- تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت فنی و همکاری مهندس کمال کریمی، رئیس سازمان منابع طبیعی شهرستان بافق، کارکنان منابع طبیعی بافق و نیز رئیس سازمان منابع طبیعی استان یزد به انجام رسیده است که بدین‌وسیله از زحمات ایشان قدردانی می‌شود.



## ۷- منابع

۱. مقصودی، مهران، پاریزی، اسماعیل، ویسی، عبدالکریم (۱۳۹۴). تحلیل مقایسه‌ای ویژگی‌های اکوزئومورفولوژیکی نیکاهای سیرجان و شهر بابک، فصلنامه‌ی مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ی ۲۲، صص ۱۲۰-۱۰۴.
۲. مقصودی، مهران، نگهبان، سعید، باقری، سجاد، چزغه، سمیرا (۱۳۹۱). مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نیکاهای چهار گونه‌ی گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد- دشت تکاب)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ی ۷۹، صص ۷۶-۵۵.
۳. موسوی، سیدحجت، پورخسروانی، محسن، محمودی محمدآبادی، طیبه (۱۳۸۹). گروه‌بندی نیکاهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم TOPSIS، مطالعات مناطق خشک، شماره ی ۱، صص ۸۷-۱۰۵.
۴. موسوی، سیدحجت، معیری، مسعود، سیف، عبدالله، ولی عباسعلی (۱۳۹۱). انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه‌ی گیاهی نیکا جهت تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از مدل AHP (مطالعه‌ی موردی: ریگ نجارآباد- شمال شرق طرود)، محیط‌شناسی، شماره ی ۶۱، صص ۱۱۶-۱۰۵.
۵. نگهبان، سعید، یمانی، مجتبی، مقصودی، مهران، عزیزی، قاسم (۱۳۹۲). بررسی تراکم، ژئومورفولوژی و پهنه‌بندی ارتفاعی نیکاهای حاشیه غربی دشت لوت و تأثیرات پوشش گیاهی بر مورفولوژی آن‌ها، مجله‌ی ژئومورفولوژی کمی، شماره ی ۴، صص ۴۲-۱۷.
۶. یمانی، مجتبی (۱۳۹۴). تأثیر وزش همگرای بادها در مورفولوژی و استقرار ریگ‌های پیرامون دشت کویر، فصلنامه‌ی کوتاه‌تری ایران، دوره ی ۱، شماره ی ۲، صص ۹۹-۱۱۲.
۷. یمانی، مجتبی، کرمی، فریبا (۱۳۸۹). فرآیندهای غالب در تشکیل و تحول مورفولوژی توده‌های ماسه‌ای جلگه‌ی خوزستان (مطالعه-ی موردی: ریگ شمال اهواز)، فصلنامه‌ی مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ی ۲، صص ۴۲-۲۵.
8. Chen, G., Xiao, H., Zhao, W., (2009). Water-ecology-economic Systems in Heihe Drainage Basin. Science Press, Beijing.
9. Cooke, R., Warren, A., Goudie, A., (1993). Desert Geomorphology. UCL Press, London.
10. Gile, L. H., 1975. Holocene soils and soil-geomorphic relations in an arid region of southern New Mexico. Quaternary Research 5, 321-360.
11. Hesp, P. A., (1981). The formation of shadow dunes. Sedimentary Petrology 51, 101-111.
12. Hesp, P., McLachlan, A., (2000). Morphology, dynamics, ecology and fauna of *Arctotheca populifolia* and *Gazania rigens nabkha* dunes. Arid Environments 44, 155-172.
13. Jianhui, D., Ping, Y., Yuxiang, D., (2010). The progress and prospects of nebkhas in arid areas. Geography Sci 20(5), 712-728.
14. Khalaf, F. I., Al-Awadhi, J. M., (2012). Sedimentological and morphological characteristics of gypseous coastal nabkhas on Bubiyan Island, Kuwait, Arabian Gulf. Arid Environments 82, 31-43.
15. Khalaf, F. I., Misak, R., Al-Dousari, A., (1995). Sedimentological and morphological characteristics of some nabkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia. Arid Environments 29, 267-292.
16. King, J., Nickling, W. G., & Gillies, J. A. (2006). Aeolian shear stress ratio measurements within mesquite-dominated landscapes of the Chihuahuan Desert, New Mexico, USA. Geomorphology, 82(3-4), 229-244.
17. Kocurek, G., Lancaster, N., (1999). Aeolian system sediment state: Theory and Mojave Desert Kelso dune field example. Sedimentology 46(3), 505-515.
18. Langford, R. P., (2000). Nabkha (coppice dune) fields of south-central New Mexico, U.S.A., Arid Environments 46, 25-41.
19. Langford, R. P., Rose, J. M., & White, D. E. (2009). Groundwater salinity as a control on development of eolian landscape: An example from the White Sands of New Mexico. Geomorphology, 105(1), 39-49.
20. Li, J., Gao, J., Zou, X., & Kang, X. (2014). The relationship between nebkha formation, development, and desert environmental changes. Acta Ecologica Sinica, 34(5), 266-270.
21. Marston, R. A., (1986). Maneuver-caused wind erosion impacts, south central New Mexico, In: Nickling WG (ed) Aeolian geomorphology. Allen and Unwin, Boston, 273-290.
22. Melton, F. A., (1940). A tentative classification of sand dunes its application to dune history in the southern High Plains. Geology, 48(2), 113-174.

23. Parsons, A. J., Wainwright, J., Schlesinger, W. H., & Abrahams, A. D. (2003). The role of overland flow in sediment and nitrogen budgets of mesquite dunefields, southern New Mexico. *Journal of Arid Environments*, 53(1), 61–71.
24. Peng, Hongjia., Fu, Bojie., Chen, L., (2004). Study on features of vegetation succession and its driving force in Gansu desert areas: A case study at Minqin County. *Desert Research* 24(5), 628–633.
25. Ren, Jun., Tao, Lin., (2003). A numerical taxonomy of the genus *Nitraria* from Gansu Province, China. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 23(4), 572–576.
26. Tengberg, A., (1995). Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burkina Faso. *Arid Environments* 30, 265–282.
27. Tengberg, A., Chen, D., (1998). A comparative analysis of nebkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso. *Geomorphology* 22, 181-192.
28. Thomas, D. S. G., Knight, M., Wiggs, G. F. S., (2005). Remobilization of southern Africa desert dune systems by twenty-first century global warming, *Nature* 435, 1218–1221.
29. Wang, X. M., Chen, F. H., Dong, Z. B., Xia D. S., (2004). Evolution of the southern Mu Us Desert in north China over past 50 years: an analysis using proxies of human activity and climate parameters. *Land Degrad* 15, 1–16.
30. Wang, X., Wang, T., Dong, Z., (2006). Nebkha development and its significance to wind erosion and land degradation in semi-arid northern China. *Arid Environments* 65, 129–141.
31. Wang, X., Xiao, H., (2008). Nebkha development and its relationship to environmental change in the Alaxa Plateau, China. *Environmental Geology* 56, 359–365.
32. Wang, X., Zhang, C., Zhang, J., Hua, T., Lang, L., Zhang, X., Wang, L., (2010). Nebkha formation: Implications for reconstructing environmental changes over the past several centuries in the Ala Shan Plateau, China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 297, 697-706.
33. Wolfe, S. A., Muhs, D. R., David, P.P., McGeehin, J. P., (2000). Chronology and geochemistry of late Holocene eolian deposits in the Brandon Sand Hills. Manitoba, Canada, *Quat. Int* 67, 61–74.
34. Xia, X., Zhao, Y., Wang, F., (2004). Stratification features of *Tamarix* cone and its possible age significance. *Chinese Science Bulletin* 49(13), 1337–1338.
35. Xu, x., (2008). Eco-hydrological responses on dominated sand-fixing vegetations in the transitional zone from oasis to desert in the lower reaches of Shiyang River, Beijing Forestry University.
36. Zhang, P., Hasi, E., Yue, X., (2008). *Nitaria* nebkhas: Morphology and sediments. *Arid Land Geography* 31(6), 926–932.
37. Zheng, Dan., Li, Weihong, Chen, Y., (2005). Relations between groundwater and natural vegetation in the arid zone. *Resource Science* 27(4), 160–167.
38. Zhu, Z., Liu, S., Xiao, L., (1981). Desertification and its control in grasslands—a case study in Wulanchabu. *Desert Research* 1, 2–12.
39. Zou, X., Li, J., Liu, B., Zhang, C., Cheng, H., Wu, X., Wang, R. (2016). The protective effects of nebkhas on an oasis. *Aeolian Research*, 20, 71–79.