

## تحلیل مقایسه‌ای ویژگی‌های اکوزئومورفولوژیکی نیکاهای سیرجان و شهربایک

مهران مقصودی، دانشیار ژئومورفولوژی - دانشگاه تهران

اسماعیل پاریزی\*، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی - دانشگاه تهران

عبدالکریم ویسی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی - دانشگاه تهران

### چکیده

در این پژوهش با توجه به روش‌های آماری و مطالعات میدانی نیکاهای مناطق سیرجان و شهربایک مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. در این راستا خصوصیات مورفومتری ۵۱ نیکا در سیرجان و ۵۵ نیکا در شهربایک در امتداد ۵ ترانسکت ۵۰۰ متری اندازه‌گیری و آنالیز شدند. جهت تعیین نوع رسوبات نیکاهای و بازسازی قدرت گذشته باد به وسیله‌ی اندازه‌گیری قطر ذرات رسوبات نیکاهای، یک پروفیل عمودی بر روی نیکاهای حفر گردید و نمونه‌برداری لازم انجام شد. در مرحله‌ی بعد نوع پوشش گیاهی در هر منطقه مشخص گردید و با توجه به نقش مهمی که جهت و سرعت باد و سطح آب زیرزمینی در تشکیل نیکا دارند، گلباد مناطق مورد مطالعه ترسیم و سپس داده‌های سطح آب زیرزمینی در بازه‌ی زمانی ۱۰ ساله مورد پایش قرار گرفتند. در نهایت نیز مرحله‌ی تکاملی نیکاهای در هر منطقه مشخص شد. نتایج نشان می‌دهد که بین اغلب پارامترهای مورفومتری نیکاهای همبستگی معنی‌داری وجود دارد. همچنین پوشش غالب نیکاهای در هر دو منطقه گز درختچه‌ای (*Tamarix macatensis*) است. آنالیز گلباد ایستگاه‌ها به همراه جهت یافتگی خاص نیکاهای نشان داد که عمده‌ترین بادهایی که باعث تشکیل نیکاهای شده‌اند، در سیرجان دارای جهت جنوب غرب و غرب و در شهربایک دارای جهت جنوب غرب هستند. تجزیه و تحلیل رسوبات نیکاهای مؤید آن است که رسوبات نیکاهای شهربایک در جهت ارتفاعی از نظر بافت هیچ تفاوتی ندارند، در صورتی که رسوبات نیکاهای سیرجان در یک دوره (دوره‌ای که ماسه ریز رسوب کرده) با بقیه‌ی دوره‌ها متفاوت است که نشان‌دهنده‌ی کاهش سرعت باد در دوره‌ی مورد نظر است. همچنین پایش آب زیرزمینی نشان داد که در محدوده‌ی نیکاهای در هر دو منطقه آب زیرزمینی در هر سال ۲۵ الی ۳۰ سانتیمتر افت داشته است. از نظر مراحل تکاملی نیز نیکاهای سیرجان در مرحله‌ی در حال رشد و نیکاهای شهربایک در مرحله‌ی تخریبی قرار دارند.

**واژگان کلیدی:** نیکه گز درختچه‌ای، آب زیرزمینی، سیرجان، شهربایک.

## ۱- مقدمه

نبکا<sup>۱</sup> به تپه‌های ماسه‌ای که در اطراف گیاهان شکل می‌گیرند، گفته می‌شود. این عوارض لندفرم‌های بادی تثبیت شده‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند که به علت ته‌نشست رسوبات در اطراف درختان، درختچه‌ها و بوته‌ها تشکیل می‌شوند (Cooke et al., 2006: 61). این اشکال نتیجه‌ای از فرسایش بادی هستند (Tengberg, 1995: 266; Wang et al., 2008, 361) و به طور کلی از نظر تکامل چهار مرحله‌ی اولیه، در حال رشد، پایدار و تخریبی را طی می‌کنند (Li et al., 2014: 268; Tengberg & Chen, 1998: 182). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که فرآیندهای پویا مسئول شکل‌گیری این عوارض هستند (Hesp, 1981: 102; Hesp & McLachlan, 2000: 155) و هم‌چنین اظهار می‌کنند که رسوباتی که این تپه‌ها را شکل می‌دهند بیشتر از مناطق مجاور منشأ می‌گیرند تا مناطق دور (Khalaf et al., 1995: 269; Langford, 2000: 27; Marston, 1986: 55).

نبکا در مناطق مختلفی از جمله در پلایاها، مراتع و مناطق ساحلی تشکیل می‌شوند (Wang et al., 2010: 698). به عبارتی نبکا عموماً در سطوح همواری که ماسه‌ی آن متوسط و سطح آب زیرزمینی بالا یا رطوبت موجود برای حیات گیاه کافی است ظاهر می‌شود (حسین‌زاده، ۱۳۸۶: ۳۲؛ موسوی و همکاران، ۱۳۸۹: ۸۸)؛ مانند مخروط افکنه‌ها، داخل مسیل‌ها و پادگانه‌های آبرفتی، در حاشیه و داخل حوضه‌های انتهایی و مناطقی که سطح آب زیرزمینی در مدتی از سال آن‌قدر بالا باشد که گیاه بتواند از آن استفاده کند (محمودی، ۱۳۵۶: ۳۰۲). از طرفی مدت زمان مورد نیاز برای تشکیل آن به تعادل پویا بین شرایط آب یک منطقه و عرضه ماسه بستگی دارد (Zhao et al., 2011: 151). نبکا دارای اشکال مختلفی می‌باشند که علت آن علاوه بر عوامل مربوط به پوشش گیاهی، عوامل دیگری نظیر زمان، فرم تعادلی، اندازه و دانه‌بندی رسوبات، آب‌وهوا و منبع تأمین‌کنندگی رسوبات است (Cooke et al., 2006: 81). در واقع مورفولوژی آن از فرسایش و تراکم رسوب در طول زمان نسبت به پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ناشی می‌شود (Dougill & Thomas, 2002: 413).

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 (Kocurek & Lancaster, 1999: 506; Melton, 1940: 113; Wang et al., 2010: 698; Wang et al., 2010: 129). این فرم‌ها ژئومورفیک در مناطقی که انرژی باد کم باشد به خوبی توسعه پیدا می‌کنند (Lang et al., 2013: 346; Wang et al., 2008: 363) و معمولاً به عنوان شاخص خوبی از تخریب زمین و وضعیت محیط زیست یک منطقه در نظر گرفته می‌شوند (Gile, 1975: 322; Tengberg & Chen, 1998: 183; Wang et al., 2006: 131). به عبارتی نبکاها با فرسایش بادی رابطه نزدیکی دارند و شاخص خوبی از بیابان‌زایی در مناطق انتقالی (مناطق حمل ماسه) در نظر گرفته می‌شوند (Tengberg, 1995: 268). از طرفی چون بسیاری از نبکاها موجود در اواخر هولوسن شکل گرفته‌اند (Li et al., 2014: 267; Wang et al., 2006: 135; Wang et al., 2008: 364)، مطالعه 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 (Li et al., 2014: 271; Wang et al., 2005: 352; Wolfe, 2000: 64). از طرفی دیگر این عوارض به دلیل نقش مهمی که در ثبات محیط زیست مناطق بیابانی دارند، مورد توجه محققین هستند (Du et al., 2010: 712).

مطالعات متعددی توسط محققین در سطح بین‌المللی بر روی نبکاها صورت گرفته است؛ برای نمونه: Tengberg (۱۹۹۵) در تحقیقی که با عنوان نبکاها به عنوان شاخصی از فرسایش بادی و تخریب زمین در بورکینافاسو انجام داد، چنین استنباط

کرد که نبکها در اثر فرسایش بادی به وجود آمده‌اند و می‌توان از آن‌ها به عنوان شاخص فرسایش بادی و تخریب زمین استفاده کرد. Xia و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی که در منطقه‌ی Lop Nor چین بر روی نبکای گونه *Tamarix ramosissima* داشتند نتیجه گرفتند که با استفاده از اندازه‌ی ذرات رسوبات و لاشبرگ نبکها می‌توان تغییرات اقلیمی و زیست‌محیطی را درک کرد. Wang و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعاتی که در منطقه‌ی Ala Shan چین داشتند، چنین گزارش دادند که نبکها به‌طور عمده توسط فرسایش بادی کنترل می‌شود و به دلیل این‌که این عوارض اثرات تغییرات زیست‌محیطی را نشان می‌دهند، می‌توان از آن‌ها جهت بازسازی آب‌وهوا و محیطی زیست گذشته با دقت بالایی استفاده کرد. Li و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان ارتباط بین تشکیل نبکها و توسعه و تغییرات محیطی بیابان چنین بیان کردند که تحقیقات آینده باید بر روی تبدیل کمی از شاخص‌های محیطی ارائه شده توسط نبکها به صورت عامل‌های محیطی متناظر متمرکز شود؛ مانند تعریف کمی مراحل تکامل نبکها، افزایش دقت در تعیین سن، تقویت مستمر پژوهش‌ها و مقایسه‌ی نتایج به‌دست‌آمده با سایر تحقیقات که در مجموع باعث نتیجه‌گیری دقیق‌تر و قابل اعتمادتری می‌شود.

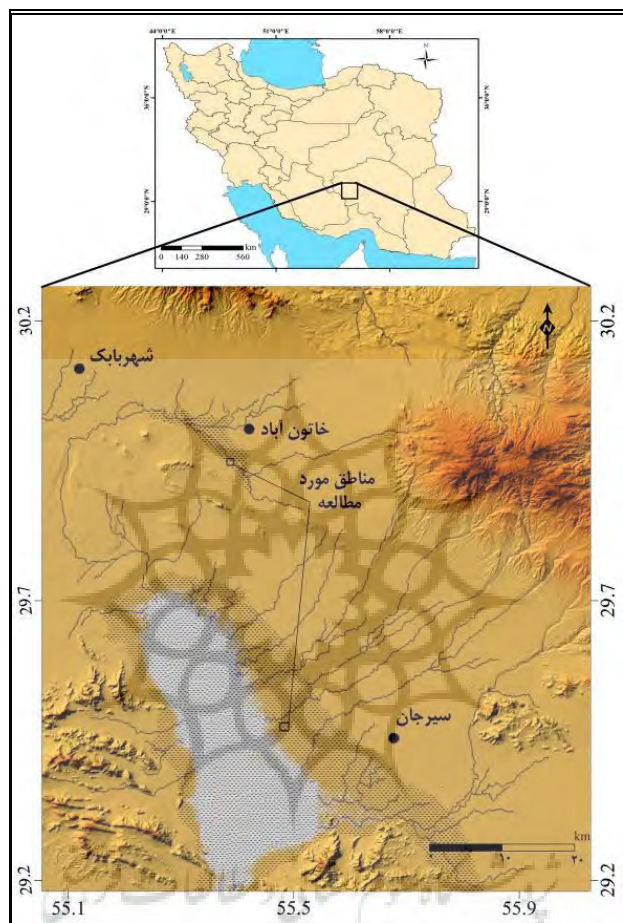
با وجود اهمیت زیادی که این لندفرم‌ها در ثبات محیط زیست مناطق بیابانی ایران دارند ولی تحقیقات اندکی در این باره صورت گرفته است که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: موسوی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی که با عنوان گروه‌بندی مقایسه‌ای نبکهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم TOPSIS در شمال شرق کویر سیرجان انجام دادند، بیان داشتند که نبکای گونه‌ی گز بیش‌ترین اهمیت را برای تثبیت ماسه‌های روان در این منطقه دارند. موسوی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی که بر روی نبکهای ریگ نجارآباد انجام دادند، چنین استنباط کردند که نبکهای گونه‌ی تاغ 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 اندازه، درشت‌دانه‌ترین رسوبات مربوط به گونه‌ی *Tamarix aphylla* بوده و گونه‌های دیگر در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. نگهبان و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی که بر روی نبکهای بیابان لوت انجام دادند، نتیجه گرفتند که نبکهای هر گونه 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.

در این پژوهش سعی شده با توجه به اهمیت نبکها در تعادل محیط زیست مناطق سیرجان و شهر بابک دارند، اولاً خصوصیات مورفومتری، رسوبی و اکولوژی نبکها در این مناطق مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی قرار گیرد، ثانیاً ارتباط تغییرات محیطی (برای مثال تغییرات سطح آب زیرزمینی) با تغییرات نبکها و مرحله‌ی تکاملی نبکها مورد بررسی قرار گیرد.

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه در این پژوهش، قسمتی از پلاهای سیرجان و پلاهای خاتون آباد شهر بابک هستند. هر دو منطقه بین دو زون سه‌د - بزمان و سندرچ - سیرجان در چاله اصفهان - سیرجان واقع شده‌اند. منطقه‌ی اول با موقعیت  $28^{\circ} 55'$  طول جغرافیایی و  $29^{\circ} 28'$  عرض جغرافیایی در غرب شهرستان سیرجان و حوالی روستای حافظ آباد واقع شده است. ارتفاع این منطقه ۱۷۰۰ متر و از نظر ژئومورفولوژی در رخساره‌ی دق با پوشش منظم قرار دارد. مقدار متوسط بارش در این منطقه حدود ۱۰۰ میلی‌متر و مقدار متوسط سالانه دما  $17/5$  درجه سانتی‌گراد می‌باشد. منطقه‌ی دوم با موقعیت  $23^{\circ} 55'$  طول

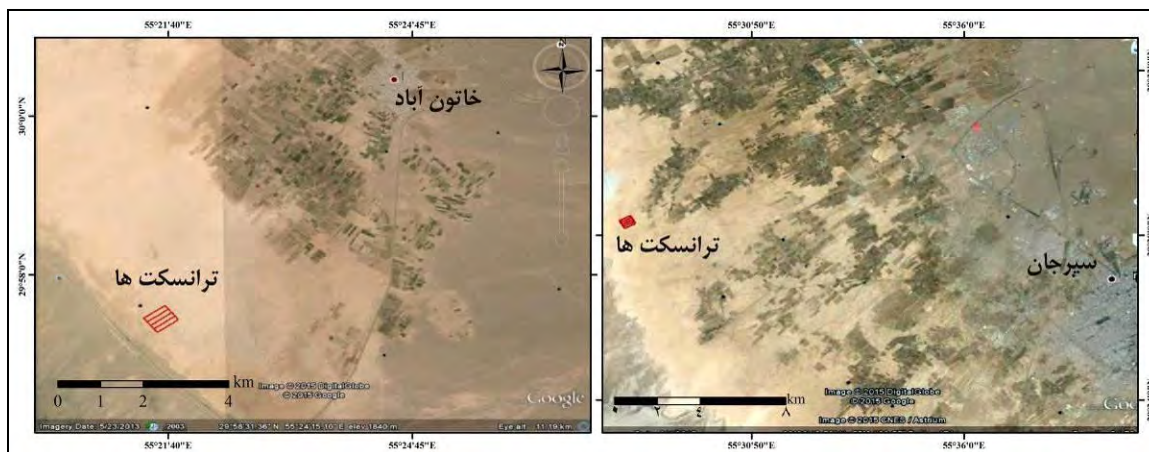
جغرافیایی و  $۲۹^{\circ}۵۶'$  عرض جغرافیایی در جنوب شرق شهرستان شهربایک و جنوب غرب خاتون آباد قرار گرفته است. ارتفاع این منطقه حدود ۱۸۴۰ متر و از نظر ژئومورفولوژی همانند منطقه‌ی اول در رخساره‌ی دق واقع شده است. مقدار متوسط بارش آن نسبت به منطقه اول بیشتر و به ۱۶۰ میلی‌متر می‌رسد. همچنین مقدار متوسط سالانه دمای آن  $۱۵/۴$  سانتی‌گراد است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

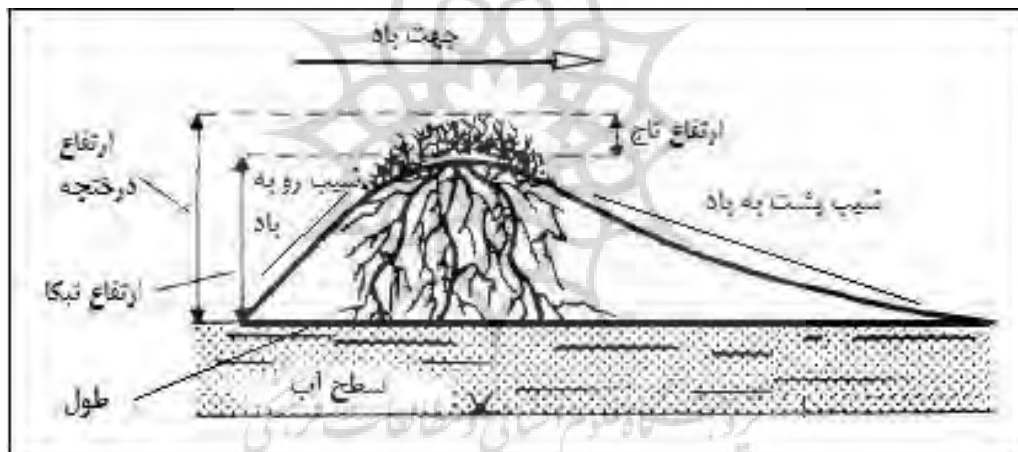
### ۳- مواد و روش‌ها

کار مطالعه و بررسی نیکاهای با تعیین حدود مناطق مطالعاتی بر اساس تصاویر گوگل ارث آغاز گردید. در این راستا در وهله‌ی اول در فرودین ماه ۱۳۹۴ در محدوده‌ای به ابعاد ۵۰۰ در ۴۰۰ متر، ۵ ترانسکت ۵۰۰ متری با فواصل ۱۰۰ متر بر روی مناطق مورد مطالعه توسط GPS زده شد (شکل ۲).



شکل ۲: موقعیت ترانسکت‌های در مناطق مورد مطالعه

سپس خصوصیات مورفومتری نبکاها مانند: ارتفاع، طول، عرض، طول رو به باد، طول پشت به باد، شیب رو به باد، شیب پشت به باد، ارتفاع تپه، قطر تاج پوشش، ارتفاع تاج و ارتفاع گیاه ۵۱ نبکای واقع در ترانسکت‌های سیرجان و ۵۵ نبکای واقع در ترانسکت‌های شهرباک اندازه‌گیری شدند (شکل ۳).



شکل ۳: مؤلفه‌های مورفومتری نبکا (منبع: Khalaf et al., 1995: 275)

در مرحله‌ی بعد در هر منطقه یک نبکا جهت نمونه‌برداری انتخاب شد و بعد از حفر یک پروفیل عمودی بر روی نبکا، ۴ نمونه رسوب با فاصله‌ی مشخص از نبکا برداشت شد. سپس نمونه‌های برداشت‌شده به آزمایشگاه انتقال پیدا کردند و ۱۰۰ گرم از آنها جدا شد و بعد از خشک‌کردن نمونه‌ها، هر نمونه توسط الک‌های ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۹۵، ۲۵۰، ۱۲۵ و ۷۰ میکرون در دستگاه شیکر غربال شدند، سپس وزن رسوبات به جامانده روی هر الک توسط ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد و در نهایت این داده‌ها در نرم‌افزار GRADISTAT4.0 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در مرحله‌ی بعد آمار توصیفی و تجزیه و تحلیل رگرسیون داده‌های مورفومتری نبکاها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. سپس جهت تعیین جهت و سرعت باد در مناطق مورد مطالعه، داده‌های جهت و سرعت ۲۶ سال ایستگاه‌های هواشناسی سیرجان و شهرباک تهیه شد و نقشه‌های گلباد مناطق در نرم‌افزار WRPLOT ترسیم گردید. جهت پایش سطح آب‌های زیرزمینی و ارتباط آن با تغییرات نبکاها بعد از تهیه‌ی

داده‌های پیژومتری ۷۰ حلقه چاه در سیرجان و ۶۱ حلقه چاه در شهربک، میزان تغییرات سطح آب در بازه‌ی ۱۰ ساله ۱۳۸۱-۱۳۹۰ مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. در مرحله‌ی نهایی با توجه به بررسی‌ها و مطالعات میدانی، ارزیابی‌های پایش سطح آب زیرزمینی و در نظر گرفتن مراحل تکاملی که هر نیکا در طی دوران تشکیل خود طی می‌کند، روند تکاملی نیکاهای در منطقه‌ی سیرجان و شهربک ترسیم و نتایج آن ارائه گردید.

#### ۴- بحث و نتایج

##### ۴-۱- ویژگی‌های مورفولوژی نیکاهای

در این پژوهش، جهت نیل به اهداف موردنظر ابتدا آمار توصیفی داده‌ها محاسبه شدند (جدول ۱)، سپس جهت تجزیه و تحلیل ویژگی‌های مورفولوژیکی نیکاهای از روش‌های آماری نظیر تحلیل رگرسیون در نرم‌افزار SPSS استفاده شد و نتایج آن ارائه گردید (جدول ۲).

جدول ۱: آمار توصیفی مؤلفه‌های مورفومتری نیکاهای در مناطق مورد مطالعه

منطقه	پارامتر <sup>۲</sup>	دامنه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی
سیرجان	طول	۱۵	۲/۲۰	۱۷/۲۰	۶/۹	۴	۱۶/۵	۱
	عرض	۱۲/۵	۱/۵	۱۴	۴/۶	۲/۹	۸/۶	۱/۶
	طول رو به باد	۶/۸۰	۱	۷/۸۰	۲/۵	۱/۸	۳/۳	۱/۳
	طول پشت به باد	۱۰	۱	۱۱	۴/۳	۲/۴	۶	۰/۷۸
	شیب رو به باد	۳۳	۱۵	۴۸	۲۶/۳	۶/۳	۴۰/۷	۰/۷۶
	شیب پشت به باد	۲۸	۵	۳۳	۱۵	۷/۱	۵۱/۷	۰/۶۸
	ارتفاع تپه	۲/۶	۰/۳۷	۳	۱/۲	۰/۶۳	۰/۴۰	۰/۹۲
	ارتفاع تاج	۱/۹۸	۰/۲۷	۲/۲۵	۰/۷۴	۰/۴۱	۰/۱۷	۱/۱
	ارتفاع گیاه	۲/۸	۰/۷۱	۳/۶	۱/۹	۰/۷۴	۰/۵۵	۰/۲۹
	قطر تاج	۱۰/۳	۱/۲	۱۱/۵	۴/۴	۲/۸	۸/۳	۰/۹۷
شهربک	طول	۶/۱۰	۱/۴۰	۷/۵	۳/۳	۱/۴	۲	۱/۱
	عرض	۶/۳۰	۱/۲۰	۷/۵	۲/۷	۱/۲	۱/۵	۱/۴
	طول رو به باد	۳/۶۰	۰/۴	۴	۱/۳	۰/۷	۰/۴	۱/۶
	طول پشت به باد	۴/۱۰	۰/۸	۴/۹	۲	۰/۸	۰/۷۶	۱/۱
	شیب رو به باد	۱۹	۹	۲۸	۱۸	۳/۷	۱۴/۳	۰/۶۴
	شیب پشت به باد	۱۶	۲	۱۸	۱۱	۴	۱۶/۲	-۰/۱۹
	ارتفاع تپه	۰/۵۶	۰/۱۹	۰/۷۵	۰/۳۴	۰/۱	۰/۱	۱/۵
	ارتفاع تاج	۲	۰/۵۵	۲/۶	۱/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۸۶

۲- واحد اندازه‌گیری مؤلفه‌ی شیب درجه و مؤلفه‌های دیگر متر می‌باشد.

۰/۸۸	۰/۲۸	۰/۵۳	۱/۶	۳/۱	۰/۸۲	۲/۲	ارتفاع گیاه
۰/۹۶	۰/۷۹	۰/۸۸	۲/۵	۵/۵	۱/۱	۴/۴	قطر تاج

آمار توصیفی مؤلفه‌های مورفومتری نیکاه‌ها نشان می‌دهد که اولاً دامنه، حداقل، حداکثر و میانگین تمام پارامترهای نیکاه سیرجان به جز ارتفاع تاج از نیکاه‌های شهرباک بیشتر است (علت این که ارتفاع تاج در نیکاه‌های شهرباک بیشتر از سیرجان است، این است که مقدار فرسایش بادی و منابع عرضه ماسه در شهرباک کمتر می‌باشد و این عوامل باعث می‌شود که ماسه‌ها نتوانند بخش‌های زیادی از پوشش گیاهی نیکا را در شهرباک احاطه کنند)، ثانیاً انحراف معیار و واریانس نیکاه‌های شهرباک کمتر از شهرباک است که مؤید این است که پراکندگی مؤلفه‌های نیکاه‌ها نسبت به میانگین کم‌تر است.

جدول ۲: نتایج آنالیز همبستگی بین پارامترهای مورفولوژیکی نیکاه‌ها

منطقه	پارامتر	طول	عرض	طول رو به باد	طول پشت به باد	شیب رو به باد	شیب پشت به باد	ارتفاع تپه	ارتفاع تاج	ارتفاع گیاه	قطر تاج
سیرجان	طول	۱	۰/۸۴	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۵۲	۰/۰۶	۰/۹۱	-۰/۰۲	۰/۷۶	۰/۷۸
	عرض	۰/۸۴	۱	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۵۸	۰/۳۵	۰/۸۸	-۰/۰۲	۰/۷۴	۰/۸۰
	طول رو به باد	۰/۹۳	۰/۸۲	۱	۰/۸۰	۰/۴۷	۰/۱۸	۰/۸۴	-۰/۰۵	۰/۶۹	۰/۸۳
	طول پشت به باد	۰/۹۶	۰/۷۹	۰/۸۰	۱	۰/۵۱	-۰/۰۲	۰/۸۸	۰	۰/۷۵	۰/۶۷
	شیب رو به باد	۰/۵۲	۰/۵۸	۰/۴۷	۰/۵۱	۱	۰/۴۵	۰/۶۵	-۰/۱۷	۰/۴۶	۰/۴۰
	شیب پشت به باد	۰/۰۶	۰/۳۵	۰/۱۸	۰/۴۵	۰/۰۲	۱	۰/۲۳	-۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۳۵
	ارتفاع تپه	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۸۰	۰/۸۴	۰/۸۸	۰/۶۵	۱	-۰/۰۵	۰/۸۲	۰/۷۷
	ارتفاع تاج	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۱۷	-۰/۰۵	۱	۰/۵۱	۰/۲۱
	ارتفاع گیاه	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۴۶	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۵۱	۰/۷۸
	قطر تاج	۰/۷۸	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۴	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۲۱	۰/۷۸
شهرباک	طول	۱	۰/۸۴	۰/۷۷	۰/۸۵	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۵۵	۰/۳۸	۰/۴۸	۰/۴۰
	عرض	۰/۸۴	۱	۰/۵۶	۰/۷۹	۰/۰۵	۰/۰۰۸	۰/۶۰	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۳۴
	طول رو به باد	۰/۷۷	۰/۵۶	۱	۰/۳۹	۰/۰۹	۰	۰/۴۷	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۲۶
	طول پشت به باد	۰/۸۵	۰/۷۹	۰/۳۹	۱	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۴۴	۰/۳۹
	شیب رو به باد	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۳	۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۰۷



۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۰	۰/۰۰۸	۰/۰۲	شیب پشت به باد
۰/۲۱	۰/۴۱	۰/۲۵	۱	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۶۰	۰/۵۵	ارتفاع تپه
۰/۶۵	۰/۹۷	۱	۰/۲۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۳۸	ارتفاع تاج
۰/۶۵	۱	۰/۹۷	۰/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۴۴	۰/۳۴	۰/۴۲	۰/۴۸	ارتفاع گیاه
۱	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۰۰۷	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۳۴	۰/۴۰	قطر تاج

با توجه به هم‌بستگی‌های به‌دست‌آمده و سطح آزادی در آزمون پیرسون ( $N-2$ )، می‌توان چنین بیان کرد که بین اغلب مؤلفه‌های نیکاهای رابطه‌ی معنایی داری وجود دارد. برای مثال: مؤلفه‌ی طول با طول رو به باد، طول پشت به باد، عرض، ارتفاع تپه، ارتفاع گیاه و قطر تاج در هر دو منطقه‌ی مورد مطالعه در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. هم‌چنین بین بعضی پارامترها رابطه‌ی نسبتاً قوی وجود دارد برای مثال: مؤلفه‌ی عرض با شیب پشت به باد در منطقه‌ی سیرجان در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است و بالاخره بین بعضی از پارامترها مثل ارتفاع تاج با شیب رو به باد و شیب پشت به باد یا رابطه‌ی وجود ندارد و یا رابطه خیلی ضعیف است.

#### ۴-۲- خصوصیات اکولوژی نیکاهای

پوشش گیاهی یک بخش مهم برای تشکیل نیکا است، به نحوی 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 (Du et al., 2010: 715; Jun & Tao, 2003: 581). بررسی‌های صورت گرفته در دو منطقه‌ی مورد مطالعه بیانگر این است که به جز نیکاهای خیلی کوچک که اطراف بوته‌ها کوچک تشکیل شده‌اند، تمام نیکاهای در دو منطقه‌ی مورد مطالعه در اطراف درختچه‌های گز<sup>۳</sup> تشکیل شده‌اند با این تفاوت که اولاً نیکاهای شهرابک اغلب به‌صورت تجمعی (شکل ۴) و نیکاهای سیرجان اغلب به شکل پراکنده (شکل ۵) مشاهده می‌شوند، ثانیاً ارتفاع و قطر تاج این نوع پوشش گیاهی در سیرجان به علت مناسب‌تر بودن شرایط محیطی یا تقدم در ایجاد آن‌ها نسبت به شهرابک بیش‌تر است.



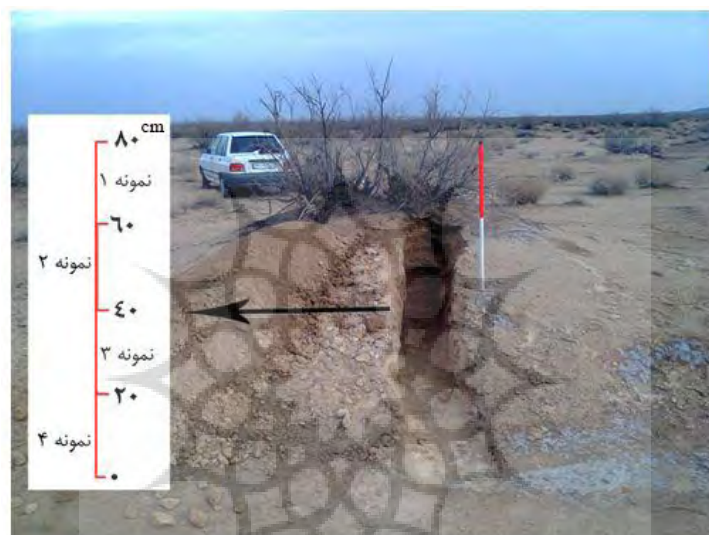
شکل ۵: پوشش پراکنده گونه گز در سیرجان

شکل ۴: پوشش تجمعی گونه گز در شهرابک



## ۴-۳- رسوب‌شناسی نیکاه

اندازه‌ی ذرات خاک در نیمرخ نیکاه می‌تواند ویژگی‌های باد و فراوانی مناطق برداشت ماسه را در طی فرآیندهای تشکیل نیکا نشان دهد (Langford, 1995: 271; Khalaf et al., 2010: 718; Du et al., 2002: 420; Dougill & Thomas, 2002: 420; Zhang et al., 2008: 931; Mounney & Russell, 2006: 174; 27: 2000). از طرفی اندازه‌ی ذرات در دو طرف نیکاه متفاوت است؛ به عبارتی در دامنه‌ی رو به باد، اندازه‌ی ذرات درشت‌تر از دامنه‌ی پشت به باد هستند (Langford, 2000: 314; Wu et al., 2008: 25). در همین راستا جهت تعیین نوع رسوبات نیکاه در مناطق مورد مطالعه ابتدا در هر منطقه یک نیکا انتخاب شد و یک پروفیل عمودی بر روی آن حفر شد، سپس رسوبات در جهت عمودی در فواصل مشخص نمونه‌برداری شدند (شکل ۶).



شکل ۶: نحوه‌ی نمونه‌برداری از نیکا در مناطق مورد مطالعه

در مجموع ۴ نمونه رسوب از نیکای سیرجان و ۴ نمونه رسوب از نیکای شهراباک برداشت شد و سپس جهت آزمایش گرانولومتری به آزمایشگاه انتقال پیدا کردند. در مرحله‌ی بعد داده‌های به‌دست‌آمده در نرم‌افزار GRADISTAT مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و در نهایت نوع خاک هر طبقه ارتفاعی مشخص گردید (جدول ۳).

جدول ۳: توزیع ارتفاعی نوع خاک نیکاهای سیرجان و شهراباک

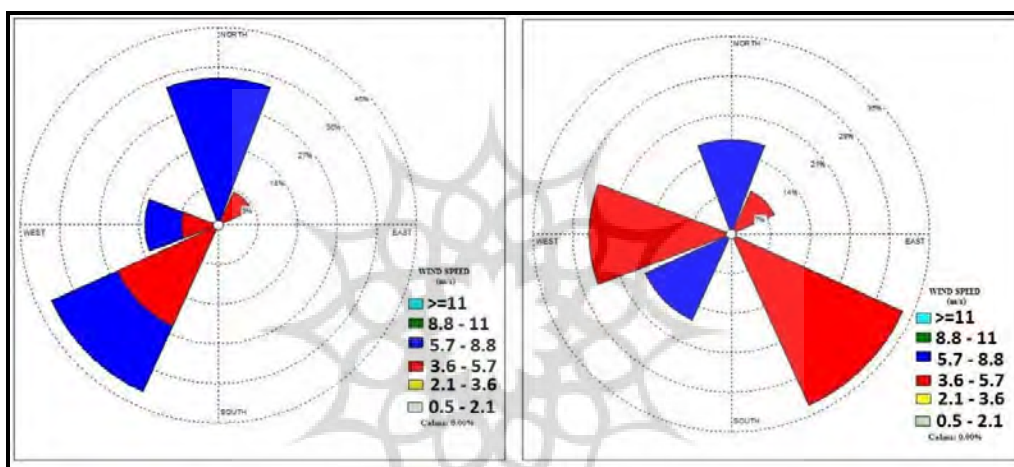
ارتفاع (سانتیمتر)	نوع خاک سیرجان	نوع خاک شهراباک
۲۰	ماسه‌ای - لومی (نزدیک به ماسه خیلی ریز)	ماسه‌ای - لومی
۴۰	ماسه ریز	ماسه‌ای - لومی
۶۰	ماسه‌ای - لومی (نزدیک به ماسه خیلی ریز)	ماسه‌ای - لومی
۸۰	ماسه‌ای - لومی (نزدیک به ماسه خیلی ریز)	ماسه‌ای - لومی

جدول ۳ نشان می‌دهد که نیکاهای شهراباک در جهت ارتفاعی از نظر بافت خاک هیچ تفاوتی ندارند و این می‌تواند دلالت بر یکنواختی سرعت باد در طی فرآیند تشکیل نیکا باشد؛ در صورتی که رسوبات نیکاهای سیرجان مؤید این هستند که در یک دوره (دوره‌ای که ماسه ریز رسوب کرده) سرعت باد کاهش یافته و دوباره افزایش پیدا کرده است. به بیان دیگر، به دلیل این که ذرات ماسه ریز (۱۰۰ الی ۲۵۰ میکرون) دارای آسیب‌پذیری بیش‌تر و سرعت آستانه‌ی فرسایش کم‌تر نسبت به ذراتی هم‌چون

رس، سیلت و ماسه درشت هستند (احمدی، ۱۳۸۷)، بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که در دوره‌ای که سرعت باد کاهش پیدا کرده است، باد فقط قادر به حمل ذرات ماسه ریز (ارتفاع ۴۰ سانتیمتری در رسوبات نیکاهای سیرجان) بوده است. در مجموع با توجه به جدول بالا و تجزیه و تحلیل رسوبات دو منطقه می‌توان چنین بیان کرد که بادهایی که مسئول ته‌نشست رسوبات نیکاهای شهر بابک بوده‌اند، دارای قدرت بیشتری نسبت بادهای سیرجان بوده‌اند.

#### ۴-۴- گلباد مناطق مورد مطالعه

در مطالعات اخیر، محققان به عملکرد فعالیت باد در تشکیل نیکاهای تأکید داشتند. به عنوان مثال: این محققین معتقدند: نیکاهای در مناطقی که انرژی باد کم باشد به خوبی توسعه پیدا می‌کنند (Lang et al., 2013: 345; Wang et al., 2008: 362). بنابراین جهت بررسی نقش سرعت و جهت باد در تشکیل نیکاهای بعد از جمع‌آوری داده‌های ۲۶ ساله سرعت و جهت ایستگاه‌های سیرجان و شهر بابک نقشه‌های گلباد این مناطق در نرم‌افزار WRPLOT ترسیم شد (شکل‌های ۹ و ۱۰).



شکل ۱۰: گلباد ایستگاه شهر بابک

شکل ۹: گلباد ایستگاه سیرجان

گلباد ایستگاه سیرجان نشان می‌دهد که بادهای جنوب شرقی با ۳۶ درصد بیش‌ترین فراوانی را دارند؛ ولی نکته‌ی حائز اهمیت این است که جهت یافتگی خاص نیکاهای که توسط باد تعیین می‌شود، نشان می‌دهد که بادهای جنوب غربی و غربی با مجموع ۴۲ درصد که از روی کویر سیرجان می‌گذرند و حاوی ذرات نمک و گچ هستند، نقش اصلی را در تشکیل نیکاهای سیرجان دارند. این می‌تواند به این دلیل باشد که قرارگیری باغ‌های پسته در قسمت جنوب شرق نیکاهای، عملاً تأثیر باد در تشکیل آن‌ها را خنثی کرده است. گلباد ایستگاه شهر بابک نیز بیانگر این است که بادهای جنوب غربی با ۴۲ درصد بیش‌ترین فراوانی را دارند و نقش عمده را در تشکیل نیکاهای در این منطقه به عهده داشته‌اند. نکته‌ی دیگر در این مورد، سرعت بیش‌تر بادهای در شهر بابک نسبت به سیرجان است. در مجموع می‌توان چنین استنباط کرد که چون نیکاهای در سرعت‌های کم‌تر باد بهتر شکل می‌گیرند، بنابراین سیرجان از نظر ویژگی‌های بادی شرایط بهتری نسبت به شهر بابک جهت ایجاد نیکا دارد.

#### ۴-۵- تعیین مرحله‌ی تکاملی نیکاهای

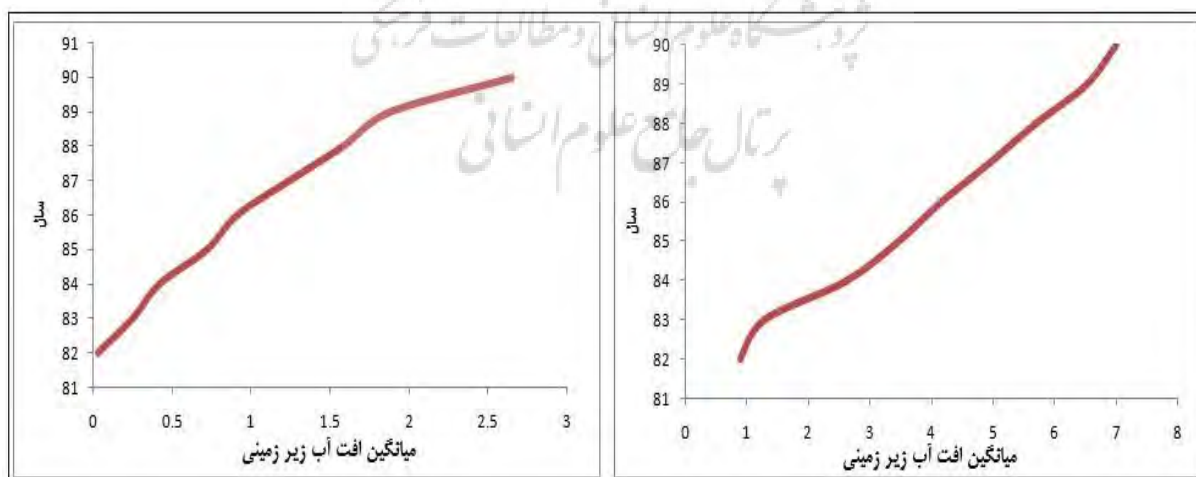
همان‌طور که قبلاً ذکر شد هر نیکا در طی فرآیند تکاملی خود چهار مرحله را طی می‌کند (جدول ۴).

جدول ۴. مراحل تکامل نبکاها و ویژگی‌های هر مرحله

ویژگی‌ها	مرحله
در این مرحله درختچه‌هایی که سازگار با شرایط محیط هستند، به وجود می‌آیند و رسوبات شروع به رسوب‌گذاری در اطراف گیاهان می‌کند (Tengberg, 1995: 266).	اولیه
از جمله ویژگی‌های این دوره این است که حمل‌ونقل فراوان ماسه باعث می‌شود که ارتفاع نبکا نسبت به طول و عرض افزایش می‌یابد (Du et al., 2010: 715; Tengberg & Chen, 1998: 184). در واقع ارتفاع رشد در این دوره به فراوانی ماسه و قدرت باد بستگی دارد (Wang et al, 2006: 132).	در حال رشد
هنگامی که نبکا به این مرحله می‌رسد، محدودیت در عرضه شن و ماسه و تقویت جریان آشفته در میدان جریان در بالا و اطراف نبکا منجر به یک توازن بین فرسایش تپه و تجمع رسوب در اطراف درختچه می‌شود. در این حالت طول و عرض نبکا هم‌چنان افزایش یابد، اما ارتفاع آن به حالت پایدار می‌رسد. هم‌چنین این مرحله می‌تواند به روش دیگری رخ دهد و آن این است که سرعت بادها کاهش یابد، اما به محض افزایش دوباره سرعت باد از این مرحله خارج می‌شود (Tengberg, 1995: 266).	ثبات
در مرحله‌ی نهایی با پایین رفتن سطح آب زیرزمینی درختچه خشک می‌شود و با نابودی درختچه، نبکا در معرض فرسایش قرار می‌گیرند و در نهایت از بین می‌رود (Tengberg, 1995: 266).	تخریب

منبع: (Li et al., 2014: 267)

به دلیل این‌که از طرفی یکی از مهم‌ترین عوامل تشکیل‌دهنده‌ی نبکاهای سیرجان و شهرابک سطح آب زیرزمینی بالا در حاشیه‌ی کویر است و از طرف دیگر تغییرات سطح آب زیرزمینی تأثیر مستقیمی بر روی پوشش گیاهی نبکا و به تبع آن بر روی خود نبکا دارد، برای مثال وقتی سطح آب زیرزمینی از یک حد مشخصی پایین‌تر برود، پوشش گیاهی خشک شده و نبکا از بین می‌رود (Dan et al., 2005: 161; Peng et al., 2004: 629)؛ بنابراین لازم به نظر می‌رسد قبل از بحث در مورد مراحل تکاملی این نبکاهای، تغییرات این عامل را در دهه‌ی گذشته بررسی کنیم. در این راستا بعد از تهیه‌ی داده‌های پیژومتری ۷۰ حلقه چاه در سیرجان و ۶۱ چاه در شهرابک میزان افت آب‌های زیرزمینی در بازه‌ی ۱۰ ساله (۱۳۹۰-۱۳۸۱) محاسبه گردید (اشکال ۱۱ و ۱۲).



شکل ۱۲: میانگین افت آب زیرزمینی در شهرابک

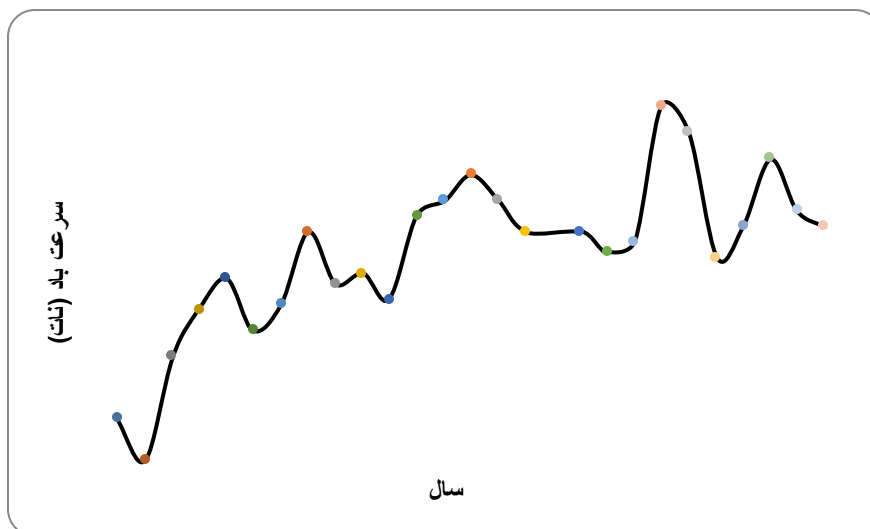
شکل ۱۱: میانگین افت آب زیرزمینی در سیرجان

شکل ۱۱ و ۱۲ بیانگر این است که میانگین افت آب در سیرجان ۷۰ سانتیمتر در سال است، در صورتی که این مقدار در شهرابک برابر با ۲۶ سانتیمتر می‌باشد؛ اما آن چه در مورد نبک‌ها جالب است این است که چاه‌هایی که نزدیک نبک‌های سیرجان قرار داشتند در مدت ۱۰ سال حدود ۳ متر افت داشتند و چاه‌هایی که نزدیک نبک‌های شهرابک بودند، حدود ۲/۷ متر افت داشتند. نکته‌ی قابل توجه این است که با وجود این که میانگین افت در سیرجان چند برابر شهرابک است ولی مقدار افت در هر دو منطقه در نزدیکی نبک‌ها ۲/۵ الی ۳ متر افت داشته است. علاوه بر پایش آب زیرزمینی، مطالعات میدانی حاکی از وجود نبک‌های مرده زیاد (۱۳: ج) و خشک شدن اغلب پوشش گیاهی نبک‌ها (۱۳: د) در شهرابک است. این مطالعات همچنین در سیرجان نشان داد که در این منطقه نه تنها هیچ محدودیتی در عرضه‌ی ماسه و منابع آب تأمین‌کننده‌ی نبک‌ها در زمان فعلی وجود ندارد، بلکه در مجموع سرعت باد در سیرجان در دوره‌ی اخیر طبق تجزیه و تحلیل‌های به عمل آمده، دارای یک روند افزایشی است (شکل ۱۴)، بنابراین با توجه به مراحل تکاملی نبک‌ها می‌توان چنین بیان کرد که نبک‌های شهرابک در مرحله‌ی تخریبی و نبک‌های سیرجان در مرحله‌ی در حال رشد (شکل ۱۳) قرار دارند.



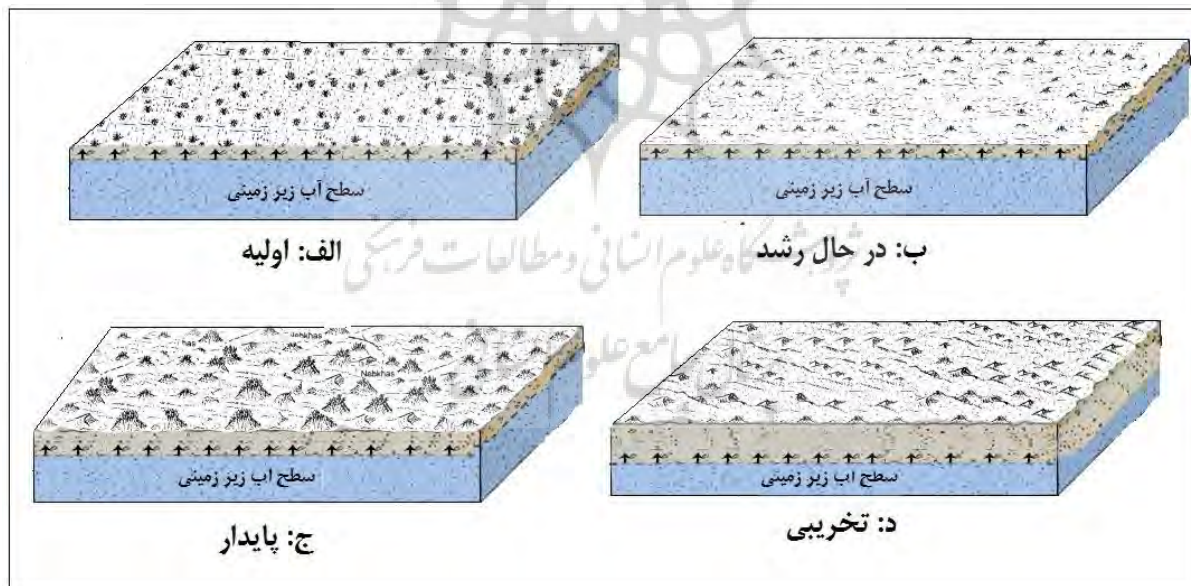
شکل ۱۳. الف و ب: نمونه‌ای از نبک‌های سیرجان که در مرحله‌ی در حال رشد قرار دارند. ج: نمونه‌ای از نبک‌های مرده در شهرابک د: نمونه‌ای از پوشش گیاهی خشک شده نبک در شهرابک را نشان می‌دهد.





شکل ۱۴: تغییرات سرعت باد در منطقه‌ی سیرجان طی دوره‌ی زمانی ۱۳۶۳ الی ۱۳۸۹

مراحل تکاملی نیکاه‌ها در این دو منطقه به صورت شماتیک در شکل ۱۵ نشان داده شده است. نکته‌ی مهم و قابل توجه این است که نیکاه‌های شهر بابک مانند نیکاه‌های سیرجان می‌بایست در مرحله‌ی در حال رشد باشند، ولی به علت این که سطح آب زیرزمینی نیکاه‌ها در این منطقه در حد آستانه بوده، با افت سطح آب زیرزمینی و به تبع آن قطع ارتباط آب با گیاه این نیکاه‌ها بدون طی مرحله ثبات از مرحله رشد به مرحله تخریبی رسیده‌اند.



شکل ۱۵: نمایش شماتیک مراحل تکامل نیکاه‌های سیرجان و شهر بابک (منبع: نویسندگان)

از مقایسه‌ی پژوهش حاضر با پژوهش‌های دیگر می‌توان چنین استنباط کرد که پورخسروانی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی‌ای که به منظور ارتباط مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نیکاه‌های در خیابان سیرجان انجام داده‌اند، به این نتیجه رسیدند که بین پارامترهای قطر تاج و ارتفاع نیکا، ارتفاع گیاه و ارتفاع نیکا، قطر تاج و طول نیکا، طول نیکا و ارتفاع

گیاه ارتباط معنی‌دارای وجود دارد و بین پارامترهای شیب و قطر تاج پوشش، شیب و ارتفاع گیاه، ارتباطی وجود ندارد. اولاً برخلاف این که در تحقیق ذکر شده ارتباطی بین شیب و قطر تاج پوشش وجود نداشت، تحقیق حاضر چنین استنباط می‌کند که بین تاج پوشش و شیب رو به باد هم‌بستگی در سطح ۹۵ درصد و بین تاج پوشش و شیب پشت به باد هم‌بستگی در سطح ۹۹ درصد در سیرجان وجود دارد. ثانیاً بین شیب رو به باد و ارتفاع گیاه برخلاف منطقه خیرآباد سیرجان هم‌بستگی در سطح ۹۹ درصد در منطقه‌ی مورد مطالعه در سیرجان وجود دارد. Tengberg و Chen (۱۹۹۸) نیکاهای واقع در تونس و بورکینافاسو را مورد بررسی و مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که نیکاهای تونس از نظر مرحله تکاملی در سه مرحله‌ی: در حال رشد، ثبات و در حال تخریب شدن هستند، در صورتی که تمام نیکاهای واقع در بورکینافاسو در مرحله‌ی در حال رشد هستند. پژوهش حاضر نشان داد که نیکاهای سیرجان در مرحله‌ی در حال رشد و نیکاهای شهرابک در مرحله تخریبی قرار دارند. در مورد رسوبات نیکاهای امینی و همکاران (۱۳۹۰) تحقیقی در ۴ منطقه‌ی جزیره‌ی میانکاله انجام دادند و چنین استنباط کردند که رسوبات نیکاهای در هر ۴ منطقه، اختلاف قابل توجهی با هم ندارند و رسوبات در تمام این مناطق در اندازه‌ی میانگین ماسه متوسط و ریز می‌باشند؛ اما در تحقیق حاضر مشخص شد به غیر از یک طبقه در سیرجان که از رسوب ماسه‌ریز تشکیل شده، در بقیه‌ی طبقات و تمام طبقات نیکاهای شهرابک نوع رسوب ماسه‌ای-لومی است.

##### ۵- نتیجه‌گیری

وجود ارتباط معنی‌دار بین اغلب پارامترهای مورفومتری نیکاهای نشان‌دهنده‌ی این است که در صورت داشتن داده‌های دقیق و کافی می‌توان این اشکال ژئومورفیک را با دقت بالایی مدل‌سازی کرد. سرعت کم‌تر باد، وجود منابع کافی عرضه‌ی ماسه و سطح آب زیرزمینی مناسب در سیرجان نسبت به شهرابک، موید آن است نیکاهای در سیرجان شرایط مناسبی جهت توسعه دارند. نتایج حاکی از آن است که خشک شدن نیکاهای شهرابک و انتقال از مرحله‌ی در حال رشد به مرحله‌ی تخریبی، به دلیل محدودیت منابع آبی بوده است و اگر منابع عرضه‌ی ماسه محدود می‌شدند و یا سرعت باد کاهش پیدا می‌کرد، نیکاهای می‌بایست به جای مرحله‌ی تخریبی در مرحله‌ی ثبات قرار گیرند. نیکاهای واقع در محدوده‌ی سیرجان به دلایلی که ذکر آن به میان آمد، در مرحله‌ی رشد قرار دارند و با تغییر هر یک از عوامل، روند تکامل نیکاهای نیز تغییر خواهد کرد. در مجموع می‌توان چنین بیان کرد که با توجه به اهمیت نیکاهای در ثبات محیط زیست مناطق بیابانی دارند، یکی از اقدامات لازم و اساسی در زمینه‌ی بیابان‌زدایی در منطقه‌ی حمل (منطقه‌ی تشکیل نیکاهای) تعیین مرحله‌ی تکاملی نیکاهای است تا با توجه به آن بتوان برنامه‌ریزی‌های دقیقی انجام داد.

##### ۶- قدردانی

از آقای مهندس رسول فخرآبادی به دلیل همکاری‌های ارزشمندشان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

## ۷- منابع

۱. احمدی، حسن (۱۳۸۷)، ژئومورفولوژی کاربردی - فرسایش بادی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۲. امینی، آرش، موسوی حرمی، رضا، لاهیجانی، حمید، محبوبی، اسدالله (۱۳۹۰)، تجزیه و تحلیل مکانی و فرم نبکاها به منظور بررسی فرسایش بادی و حفاظت خاک (مطالعه موردی: میانکاله در جنوب شرقی خزر)، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دوره ۱۸، شماره ۴، صص ۲۴۰-۲۳۳.
۳. پورخسروانی، محسن (۱۳۸۸)، بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نبکاهای گونه " روماریا تورستانیکا"، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره‌ی ۴۱، شماره‌ی ۶۹، صص ۹۹-۱۱۳.
۴. حسین‌زاده، مهدی (۱۳۸۶)، ژئو پارک و ظرفیت‌های مرتبط با آن در ایران، مجله‌ی رشد آموزش جغرافیا، شماره‌ی ۸۰، صص ۲۷-۲۳.
۵. محمودی، فرج‌الله (۱۳۵۶)، تولد و مرگ نبکا، دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران، شماره‌ی ۹۷، صص ۳۱۴-۲۹۹.
۶. مقصودی، مهران، نگهبان، سعید، باقری، سجاد، چزغه، سمیرا (۱۳۹۰)، مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نبکاهای چهار گونه‌ی گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد- دشت تکاب)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره‌ی ۴۴، شماره‌ی ۱، صص ۷۶-۵۵.
۷. موسوی، سید حجت، پورخسروانی، محسن، محمودی محمدآبادی، طیبه (۱۳۸۹)، گروه‌بندی نبکاهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم TOPSIS، مطالعات مناطق خشک، دوره‌ی ۱، شماره‌ی ۱، صص ۱۰۵-۸۷.
۸. موسوی، سید حجت، معیری، مسعود، سیف، عبدالله، ولی، عباسعلی (۱۳۹۱)، انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نبکا جهت تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از مدل AHP (مطالعه موردی: ریگ نجارآباد- شمال شرق طرود)، محیط‌شناسی، دوره ۳۸، شماره ۶۱، صص ۱۱۶-۱۰۵.
۹. نگهبان، سعید، یمانی، مجتبی، مقصودی، مهران، عزیزی، قاسم (۱۳۹۲)، بررسی تراکم، ژئومورفولوژی و پهنه‌بندی ارتفاعی نبکاهای حاشیه غربی دشت لوت و تأثیرات پوشش گیاهی بر مورفولوژی آن‌ها، مجله‌ی ژئومورفولوژی کمی، دوره‌ی ۱، شماره‌ی ۴، صص ۴۲-۱۷.
10. Cooke, R. U., Warren, A., & Goudie, A. S. (2006). Desert geomorphology. London: CRC Press.
11. Dan, Z., Weihong, L., Yapeng, C., & Jiazhen, L. (2005). Relations between groundwater and natural vegetation in the arid zone. *Journal of Resources Science*, Volume 27, Issue 4, pp 160-167.
12. Dougill, A. J., & Thomas, A. D. (2002). Nebkha dunes in the Molopo Basin, South Africa and Botswana: formation controls and their validity as indicators of soil degradation. *Journal of Arid Environments*, Volume 50, Issue 3, pp 413-428.
13. Du, J., Yan, P., & Dong, Y. (2010). The progress and prospects of nebkhas in arid areas. *Journal of Geographical Sciences*, Volume 20, Issue 5, pp 712-728.
14. Gile, L. H. (1975). Holocene soils and soil-geomorphic relations in an arid region of southern New Mexico. *Journal of Quaternary Research*, Volume 5, Issue 3, pp 321-360.
15. Hesp, P. A. (1981). The formation of shadow dunes. *Journal of Sedimentary Research*, Volume 51, Issue 1, pp 101-112.
16. Hesp, P., & McLachlan, A. (2000). Morphology, dynamics, ecology and fauna of *Arctotheca populifolia* and *Gazania rigens* nabkha dunes. *Journal of Arid Environments*, Volume 44, Issue 2, pp 155-172.



17. Jun, R., & Lin, Tao. (2003). A numerical taxonomy of the genus *Nitraria* from Gansu Province, China. *Journal of Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, Volume 23, Issue 4, pp 572–576.
18. 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. *Journal of Arid Environments*, Volume 29, Issue 3, pp 267–292.
19. Kocurek, G., & Lancaster, N. (1999). Aeolian system sediment state: theory and Mojave Desert Kelso dune field example. *Journal of Sedimentology*, Volume 46, Issue 3, pp 505–515.
20. Lang, L., Wang, X., Hasi, E., & Hua, T. (2013). Nebkha (coppice dune) formation and significance to environmental change reconstructions in arid and semiarid areas. *Journal of Geographical Sciences*, Volume 23, Issue 2, pp 344–358.
21. Langford, R. P. (2000). Nabkha (coppice dune) fields of south-central New Mexico, USA. *Journal of Arid Environments*, Volume 46, Issue 1, pp 25–41.
22. Li, J., Gao, J., Zou, X., & Kang, X. (2014). The relationship between nabkha formation and development and desert environmental changes. *Journal of Acta Ecologica Sinica*, Volume 34, Issue 5, pp 266–270.
23. Marston, R. A. (1986). Maneuver-caused wind erosion impacts, south central New Mexico. *Aeolian Geomorphology*. Boston: Allen and Unwin.
24. Melton, F. A. (1940). A tentative classification of sand dunes its application to dune history in the southern High Plains. *Journal of Geology*, Volume 48, Issue 2, pp.113–174.
25. Mountney, N. P., & Russell, A. J. (2006). Coastal aeolian dune development, Sólheimasandur, southern Iceland. *Journal of Sedimentary Geology*, Volume 192, Issue 3, pp 167–181.
26. Peng, H. J., Fu, B. J., Chen, L., & Yang, Z. H. (2004). Study on features of vegetation succession and its driving force in Gansu desert areas—a case study at Minqin County. *Journal of Desert Res*, Volume 24, Issue 5, pp 628–633.
27. Tengberg, A. (1995). Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burkina Faso. *Journal of Arid Environments*, Volume 30, Issue 3, pp 265–282.
28. Tengberg, A., & Chen, D. (1998). A comparative analysis of nabkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso. *Journal of Geomorphology*, Volume 22, Issue 2, pp 181–192.
29. Wang, X., Chen, F., Dong, Z., & Xia, D. (2005). Evolution of the southern Mu Us Desert in North China over the past 50 years: an analysis using proxies of human activity and climate parameters. *Journal of Land Degradation and Development*, Volume 16, Issue 4, pp 351- 366.
30. Wang, X., Wang, T., Dong, Z., Liu, X., & Qian, G. (2006). Nebkha development and its significance to wind erosion and land degradation in semi-arid northern China. *Journal of Arid Environments*, Volume 65, Issue 1, pp 129–141.
31. Wang, X., Xiao, H., Li, J., Qiang, M., & Su, Z. (2008). Nebkha development and its relationship to environmental change in the Alaxa Plateau, China. *Journal of Environmental Geology*, Volume 56, Issue 2, pp 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. *Journal of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Volume 297, Issue 3, pp 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. *Journal of Quaternary International*, Volume 67, Issue 1, pp 61–74.
34. Wu, S., Li, Z., Hui, J., GE, L., & HE, M. (2008). The morphological characteristics and growth mode of nabkha in the basin of Hotan River, Xinjiang. *Journal of Geographical Research*, Volume 27, Issue 2, pp 314–322.
35. Xia, X., Zhao, Y., Wang, F. (2004). Stratification features of *Tamarix* cone and its possible age significance, *Journal of Chinese Science Bulletin*, Volume 49, Issue 13, pp1337–1338.

36. Zhang, P., Hasi, E., Yue, X., & ZHUANG, Y. (2008). Nitaria nebkhas: Morphology and sediments. *Journal of Arid Land Geography*, Volume 31, Issue 6, pp 926–932.
37. Zhao, Y., Li, X., Xia, X., & Wang, X. (2011). C and N contents in organic matter of Tamarix dune sedimentary veins and environmental change in Lop Nur region. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, Volume 25, Issue 4, pp 149–154.

