مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

سال ششم، شماره بیستم و دوم، زمستان ۱۳۹۴

دریافت مقاله: ۹۴/۰۵/۲۴ تأیید نهایی: ۹۴/۰۸/۲۹

صص ۱۲۰-۱۰۴

تحلیل مقایسه‌ای ویژگی‌های اکوژئومورفولوژیکی نبکاهای سیرجان و شهربابک

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

واژگان کلیدی: نبکا، گز درختچه‌ای، آب زیرزمینی، سیرجان، شهربابک.

نویسنده‌ی مسئول: * Email: parizi555@ut.ac.ir

۱- مقدمه

نبکا[1] 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 ته‌نشت 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 طورکلی 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 ماسه ی 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 علّت آن علاوه بر عوامل مربوط به پوشش گیاهی، عوامل دیگری نظیر زمان، فرم تعادلی، اندازه و دانه‌بندی رسوبات، آب‌وهوا و منبع تأمین‌کنندی 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., 2006: 129; Wang et al., 2010: 698). 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 نبکاهای 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 فعّالیّت 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 مهمّی که در ثبات محیط زیست مناطق بیابانی دارند، مورد توجّه 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

1- Nebkha

کرد که نبکاها 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 نبکاها می‌توان تغییرات اقلیمی و زیست‌محیطی را درک کرد. Wangو همکاران (۲۰۱۰) در مطالعاتی که در منطقه‌ی Ala Shan چین داشتند، چنین گزارش دادند که نبکاها به‌طور عمده توسط فرسایش بادی کنترل می‌شد و به دلیل این‌که این عوارض اثرات تغییرات زیست‌محیطی را نشان می‌دهند، می‌توان از آن‌ها جهت بازسازی آب‌وهوا و محیطی زیست گذشته با دقّت بالایی استفاده کرد. Li و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان ارتباط بین تشکیل نبکاها و توسعه و تغییرات محیطی بیابان چنین بیان کردند که تحقیقات آینده باید بر روی تبدیل کمی از شاخص‌های محیطی ارائه شده توسط نبکا به صورت عامل‌های محیطی متناظر متمرکز شود؛ مانند تعریف کمّی مراحل تکامل نبکا، افزایش دقّت در تعیین سن، تقویت مستمر پژوهش‌ها و مقایسه‌ی نتایج به‌دست‌آمده با سایر تحقیقات که در مجموع باعث نتیجه‌گیری دقیق‌تر و قابل اعتمادتری می‌شود.

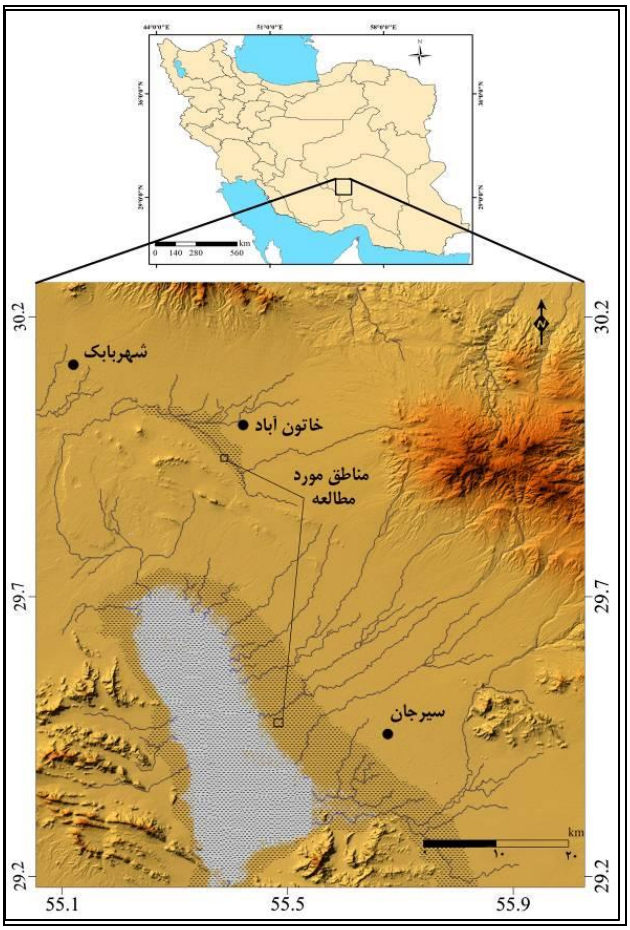
با وجود اهمّیّت زیادی که این لندفرم‌ها در ثبات محیط زیست مناطق بیابانی ایران دارند ولی تحقیقات اندکی در این باره صورت گرفته است که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: موسوی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی که با عنوان گروه‌بندی مقایسه‌ای نبکاهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم TOPSIS در شمال شرق کویر سیرجان انجام دادند، بیان داشتند که نبکای گونه‌ی گز بیش‌ترین اهمّیّت را برای تثبیت ماسه‌های روان در این منطقه دارند. موسوی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی که بر روی نبکاهای ریگ نجارآباد انجام دادند، چنین استنباط کردند که نبکاهای گونه‌ی تاغ بیش‌ترین اهمّیّت 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 نبکاهای چهار گونه‌ی گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد- دشت تکاب) انجام دادند، چنین گزارش دادند که بیش‌ترین میانگین ارتفاع نبکا 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 نبکاهای بیابان لوت انجام دادند، نتیجه گرفتند که نبکاهای هر گونه گیاهی در پلات‌های مجاور، ویژگی‌های متفاوتی دارند که این موضوع تأثیرات متفاوت عوامل تأثیرگذار نبکاها، از جمله اندازه‌ی پوشش گیاهی و فرآیندهای بادی بر قسمت‌های مختلف منطقه را نشان می‌دهد. همچنین آن‌ها گزارش دادند که پراکندگی نبکاهای 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 توجّه به اهمّیّتی که نبکاها در تعادل محیط زیست مناطق سیرجان و شهربابک دارند، اولاً خصوصیات مورفومتری، رسوبی و اکولوژی نبکاها در این مناطق مورد تجزیه‌وتحلیل و ارزیابی قرار گیرد، ثانیاً ارتباط تغییرات محیطی (برای مثال تغییرات سطح آب زیرزمینی) با تغییرات نبکاها و مرحله‌ی تکاملی نبکاها مورد بررسی قرار گیرد.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه در این پژوهش، قسمتی از پلایای سیرجان و پلایای خاتون آباد شهربابک هستند. هر دو منطقه بین دو زون سهند – بزمان و سنندج – سیرجان در چاله اصفهان – سیرجان واقع شده‌اند. منطقه‌ی اول با موقعیت ′۲۸ °۵۵ طول جغرافیایی و ′۲۸ °۲۹ عرض جغرافیایی در غرب شهرستان سیرجان و حوالی روستای حافظ آباد واقع‌شده 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 ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. منطقه‌ی دوم با موقعیت ′۲۳ °۵۵ طول

جغرافیایی و ′۵۶ °۲۹ عرض جغرافیایی در جنوب شرق شهرستان شهربابک 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 اوّل بیشتر و به ۱۶۰ میلی‌متر می‌رسد. هم‌چنین مقدار متوسط سالانه دمای آن ۱۵/۴ سانتی‌گراد است.



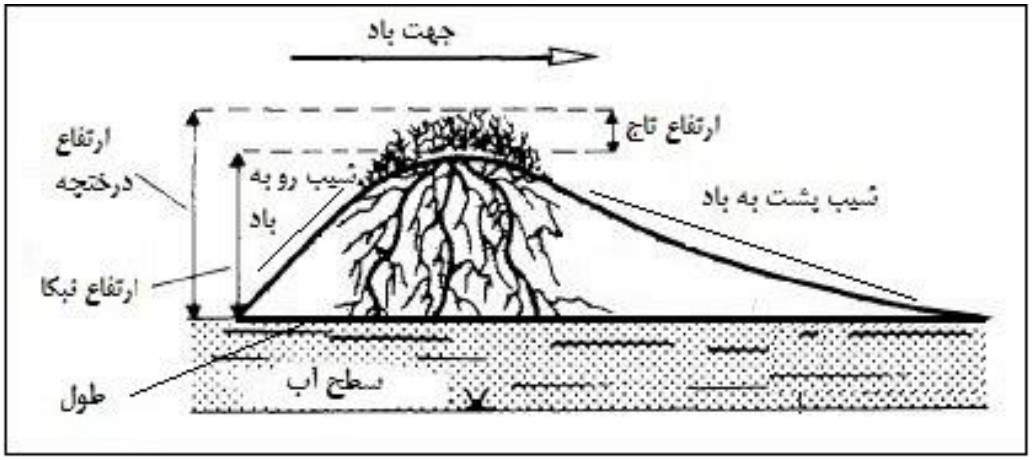
شکل ۱: موقعیّت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

۳- مواد و روش‌ها

کار مطالعه و بررسی نبکاها 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: موقعیّت 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 ترانسکت های سیرجان و ۵۵ نبکای واقع در ترانسکت‌های شهربابک اندازه‌گیری شدند(شکل ۳).



شکل ۳: مؤلّفه‌های 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 تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. در مرحله‌ی بعد آمار توصیفی و تجزیه‌وتحلیل 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 شهربابک 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 پیزومتری ۷۰ حلقه چاه در سیرجان و ۶۱ حلقه چاه در شهربابک، میزان تغییرات سطح آب در بازه‌ی ۱۰ ساله ۱۳۹۰-۱۳۸۱ مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. در مرحله‌ی نهایی با توجّه به بررسی‌ها و مطالعات میدانی، ارزیابی‌های پایش سطح آب زیرزمینی و در نظر گرفتن مراحل تکاملی که هر نبکا در طی دوران تشکیل خود طی می‌کند، روند تکاملی نبکاها در منطقه‌ی سیرجان و شهربابک ترسیم و نتایج آن ارائه گردید.

۴- بحث و نتایج

۴-۱- ویژگی‌های مورفولوژی نبکاها

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

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

منطقه	پارامتر[۲]	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
شهربابک	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	۰/۰۱	۱/۵
	ارتفاع تاج	۲	۰/۵۵	۲/۶	۱/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۸۶

۲- واحد اندازه‌گیری مؤلّفه‌ی شیب درجه و مؤلّفه‌های دیگر متر می‌باشد.

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

آمار توصیفی مؤلّفه‌های مورفومتری نبکاها نشان می‌دهد که اولاً دامنه، حداقل، حداکثر و میانگین تمام پارامترهای نبکاها سیرجان به‌جز ارتفاع تاج از نبکاهای شهربابک بیش‌تر است (علّت این‌که ارتفاع تاج در نبکاهای شهربابک بیش‌تر از سیرجان است، این است که مقدار فرسایش بادی و منابع عرضه ماسه در شهربابک کمتر می‌باشد و این عوامل باعث می‌شود که ماسه‌ها نتوانند بخش‌های زیادی از پوشش گیاهی نبکا را در شهربابک احاطه کنند)، ثانیاً انحراف معیار و واریانس نبکاهای شهربابک کمتر از شهربابک است که مؤیّد این است که پراکندگی مؤلّفه‌های نبکاها نسبت به میانگین کم‌تر است.

جدول ۲: نتایج آنالیز همبستگی بین پارامترهای مورفولوژیکی نبکاها

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	۰/۰۲	۰/۴۵	۱	۰/۲۳	-۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۳۵
	ارتفاع تپه	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۸۴	۰/۸۸	۰/۶۵	۰/۲۳	۱	-۰/۰۵	۰/۸۲	۰/۷۷
	ارتفاع تاج	-۰/۰۲	-۰/۲	-۰/۰۵	-۰/۰۰۵	-۰/۱۷	-۰/۱۹	-۰/۰۵	۱	۰/۵۱	۰/۲۱
	ارتفاع گیاه	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۴۶	۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۵۱	۱	۰/۷۸
	قطر تاج	۰/۷۸	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۴	۰/۳۵	۰/۷۷	۰/۲۱	۰/۷۸	۱
شهربابک	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	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۰۷

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

با توجّه به هم‌بستگی‌های به‌دست‌آمده و سطح آزادی در آزمون پیرسون (N- 2)، می‌توان چنین بیان کرد که بین اغلب مؤلّفه‌های نبکاها رابطه‌ی معنایی‌داری وجود دارد. برای مثال: مؤلّفه‌ی 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: مؤلّفه‌ی 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 رابطه‌ای وجود ندارد و یا رابطه خیلی ضعیف است.

۴-۲- خصوصیات اکولوژی نبکاها

پوشش گیاهی یک بخش مهم برای تشکیل نبکا است، به نحوی‌که پوشش گیاهی با به دام انداختن ذرات ماسه باعث تشکیل نبکا شده و از طرف دیگر با نابودی پوشش گیاهی نبکا 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 نبکاهای خیلی کوچک که اطراف بوته‌ها کوچک تشکیل شده‌اند، تمام نبکاها در دو منطقه‌ی مورد مطالعه در اطراف درختچه‌های گز[۳] تشکیل شده‌اند با این تفاوت که اولاً نبکاهای شهربابک اغلب به‌صورت تجمعی (شکل ۴) و نبکاهای سیرجان اغلب به شکل پراکنده (شکل ۵) مشاهده می‌شوند، ثانیاً ارتفاع و قطر تاج این نوع پوشش گیاهی در سیرجان به علّت مناسب‌تر بودن شرایط محیطی یا تقدم در ایجاد آن‌ها نسبت به شهربابک بیش‌تر است.

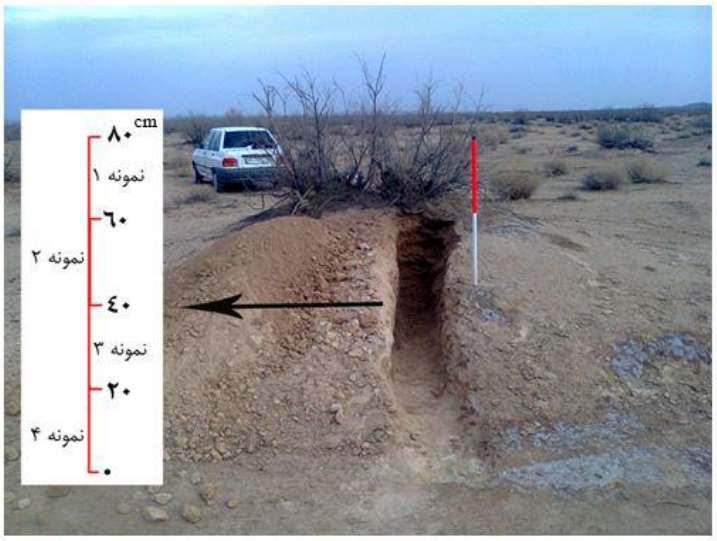
شکل ۴: پوشش تجمعی گونه گز در شهربابک

شکل ۵: پوشش پراکنده گونه گز در سیرجان

3- Tamarix macatensis

۴-۳- رسوب‌شناسی نبکاها

اندازه‌ی ذرات خاک در نیمرخ نبکاها می‌تواند ویژگی‌های باد و فراوانی مناطق برداشت ماسه را در طی فرآیندهای تشکیل نبکا نشان دهد (Dougill & Thomas, 2002: 420; Du et al., 2010: 718; Khalaf et al., 1995: 271; Langford, 2000: 27 Mountney & Russell, 2006: 174; Zhang et al., 2008: 931). از طرفی اندازه‌ی ذرات در دو طرف نبکاها متفاوت است؛ به عبارتی در دامنه‌ی رو به باد، اندازه‌ی ذرات درشت‌تر از دامنه‌ی پشت به باد هستند(Langford, 2000: 25; Wu et al., 2008: 314). در همین راستا جهت تعیین نوع رسوبات نبکاها در مناطق مورد مطالعه ابتدا در هر منطقه یک نبکا 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 نبکا در مناطق مورد مطالعه

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

جدول ۳: توزیع ارتفاعی نوع خاک نبکاهای سیرجان و شهربابک

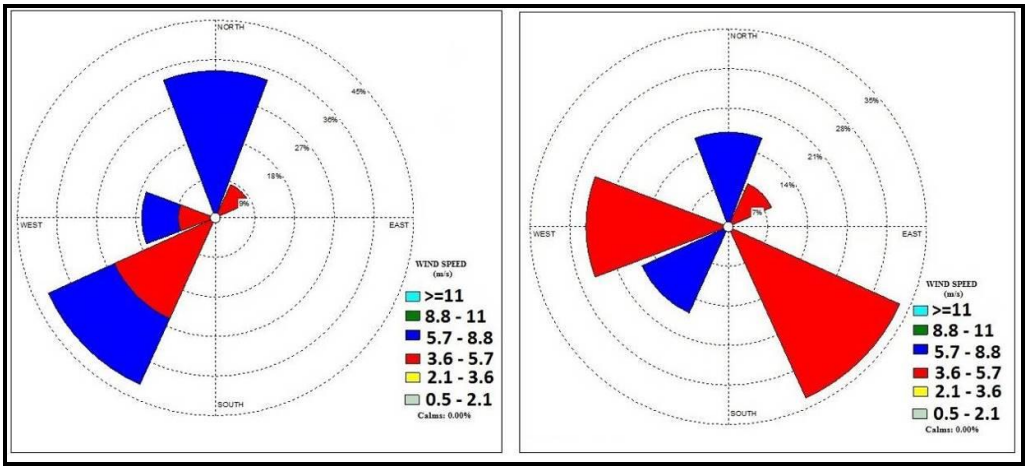
ارتفاع (سانتیمتر)	نوع خاک سیرجان	نوع خاک شهربابک
۲۰	ماسه‌ای – لومی (نزدیک به ماسه خیلی ریز)	ماسه‌ای – لومی
۴۰	ماسه ریز	ماسه‌ای – لومی
۶۰	ماسه‌ای – لومی (نزدیک به ماسه خیلی ریز)	ماسه‌ای – لومی
۸۰	ماسه‌ای – لومی (نزدیک به ماسه خیلی ریز)	ماسه‌ای – لومی

جدول ۳ نشان می‌دهد که نبکاهای شهربابک در جهت ارتفاعی از نظر بافت خاک هیچ تفاوتی ندارند و این می‌تواند دلالت بر یکنواختی سرعت باد در طی فرآیند تشکیل نبکا باشد؛ درصورتی‌که رسوبات نبکاهای سیرجان مؤیّد این هستند که در یک دوره (دوره‌ای که ماسه ریز رسوب‌کرده) سرعت باد کاهش یافته و دوباره افزایش پیدا کرده است. به‌بیان‌دیگر، به دلیل این‌که 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 نبکاهای سیرجان) بوده است. در مجموع با توجّه به جدول بالا و تجزیه‌وتحلیل رسوبات دو منطقه می‌توان چنین بیان کرد که بادهایی که مسئول ته‌نشت رسوبات نبکاهای شهربابک بوده‌اند، دارای قدرت بیشتری نسبت بادهای سیرجان بوده‌اند.

۴-۴- گلباد مناطق مورد مطالعه

در مطالعات اخیر، محققان به عملکرد فعّالیّت باد در تشکیل نبکاها تأکید داشتند. به عنوان مثال: این محققین معتقدند: نبکاها 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 نبکاها بعد از جمع‌آوری دادهای ۲۶ ساله سرعت و جهت ایستگاه‌های سیرجان و شهربابک نقشه‌های گلباد این مناطق در نرم‌افزار WRPLOT ترسیم شد(شکل‌های ۹ و ۱۰).



شکل ۹: گلباد ایستگاه سیرجان

شکل ۱۰: گلباد ایستگاه شهربابک

گلباد ایستگاه سیرجان نشان می‌دهد که بادهای جنوب شرقی با ۳۶ درصد بیش‌ترین فراوانی را دارند؛ ولی نکته‌ی حائز اهمّیّت این است که جهت‌یافتگی خاص نبکاها 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 نبکاهای سیرجان دارند. این می‌تواند به این دلیل باشد که قرارگیری باغ‌های پسته در قسمت جنوب شرق نبکاها، عملاً تأثیر باد در تشکیل آن‌ها را خنثی کرده است. گلباد ایستگاه شهربابک نیز بیانگر این است که بادهای جنوب غربی با ۴۲ درصد بیش‌ترین فراوانی را دارند و نقش عمده را در تشکیل نبکاها در این منطقه به عهده داشته‌اند. نکته‌ی دیگر در این مورد، سرعت بیش‌تر بادها در شهربابک نسبت به سیرجان است. در مجموع می‌توان چنین استنباط کرد که چون نبکاها در سرعت‌های کم‌تر باد بهتر شکل می‌گیرند، بنابراین سیرجان از نظر ویژگی‌های بادی شرایط بهتری نسبت به شهربابک جهت ایجاد نبکا دارد.

۴-۵- تعیین مرحله‌ی تکاملی نبکاها

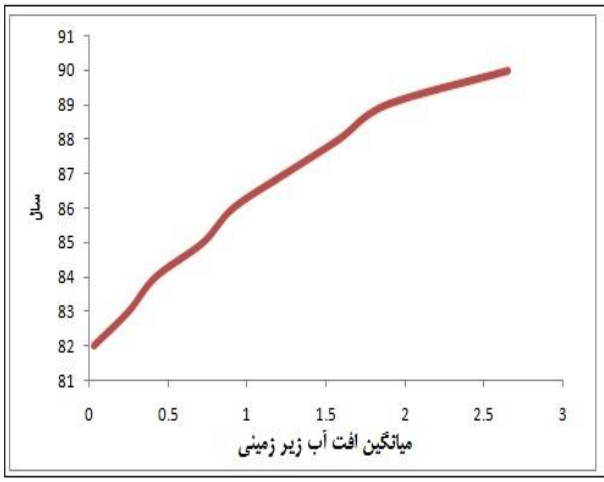
همان‌طور که قبلاً ذکر شد هر نبکا در طی فرآیند تکاملی خود چهار مرحله را طی می‌کند(جدول ۴).

جدول ۴. مراحل تکامل نبکاها و ویژگی‌های هر مرحله

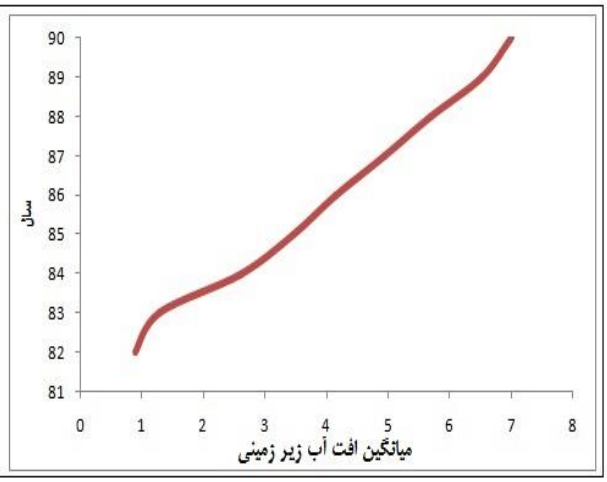
مرحله	ویژگی‌ها
اولیه	در این مرحله درختچه‌هایی که سازگار با شرایط محیط هستند، به وجود می‌آیند و رسوبات شروع به رسوب‌گذاری در اطراف گیاهان می‌کند (Tengberg, 1995: 266).
در حال رشد	از جمله ویژگی‌های این دوره این است که حمل‌ونقل فراوان ماسه باعث می‌شود که ارتفاع نبکا نسبت به طول و عرض افزایش می‌یابد (Du 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).
ثبات	هنگامی‌که 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).
تخریب	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).

منبع: (Li et al., 2014: 267)

به دلیل این‌که از طرفی یکی از مهم‌ترین عوامل تشکیل‌دهنده‌ی نبکاهای سیرجان و شهربابک سطح آب زیرزمینی بالا در حاشیه‌ی کویر است و از طرف دیگر تغییرات سطح آب زیرزمینی تأثیر مستقیمی بر روی پوشش گیاهی نبکا و به‌تبع 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 نبکاها، تغییرات این عامل را در دهه‌ی گذشته بررسی کنیم. در این راستا بعد از تهیه‌ی داده‌های پیزومتری ۷۰ حلقه چاه در سیرجان و ۶۱ چاه در شهربابک میزان افت آب‌های زیرزمینی در بازه‌ی ۱۰ ساله (۱۳۹۰-۱۳۸۱) محاسبه گردید(اشکال ۱۱ و ۱۲).



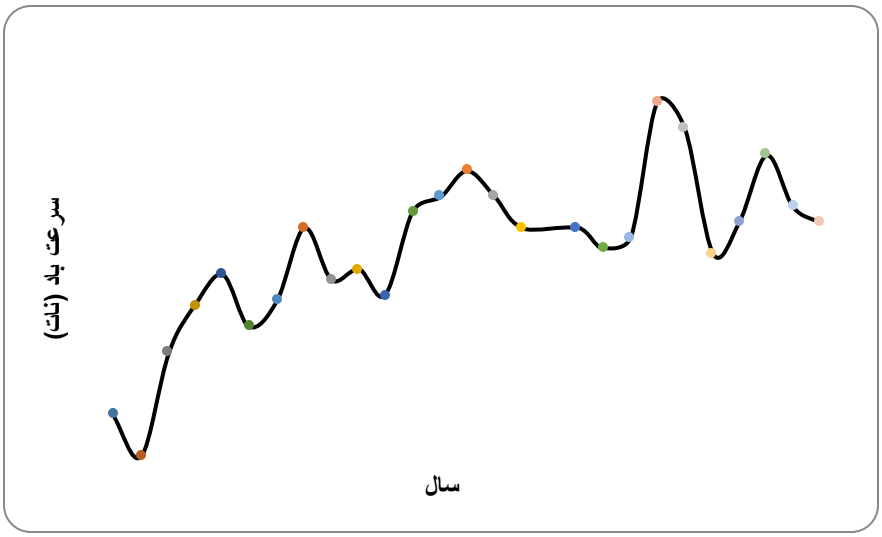
شکل۱۱: میانگین افت آب زیرزمینی در سیرجان



شکل ۱۲: میانگین افت آب زیرزمینی در شهربابک

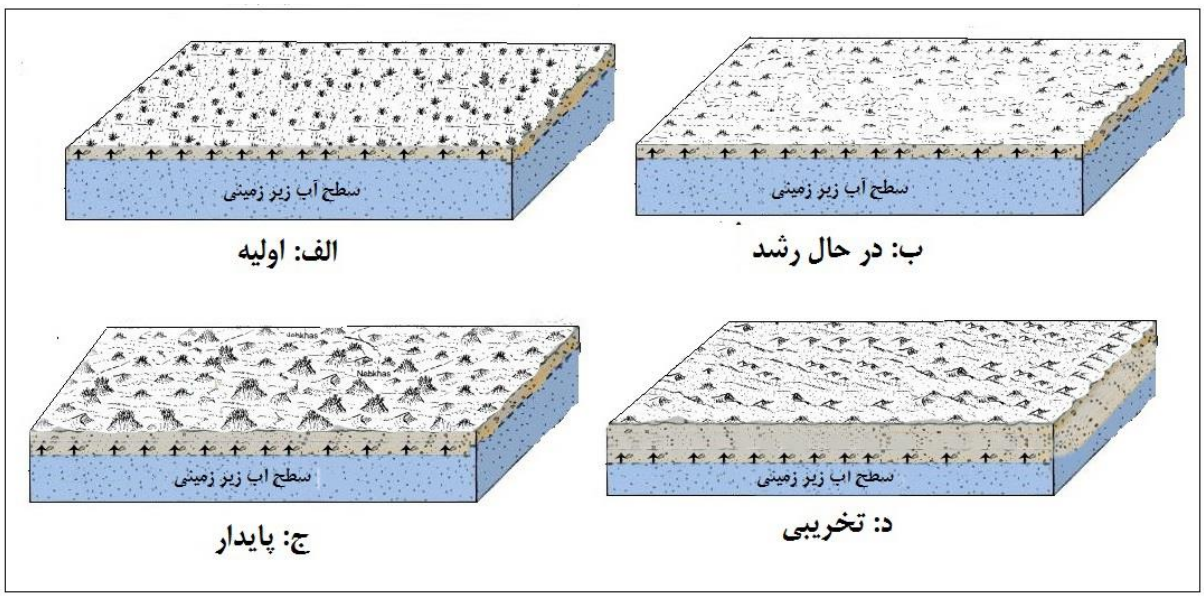
شکل ۱۱ و ۱۲ بیانگر این است که میانگین افت آب در سیرجان ۷۰ سانتیمتر در سال است، درصورتی‌که این مقدار در شهربابک برابر با ۲۶ سانتیمتر می‌باشد؛ اما آن‌چه در مورد نبکاها جالب است این است که چاه‌هایی که نزدیک نبکاهای سیرجان قرار داشتند در مدت ۱۰ سال حدود ۳ متر افت داشتند و چاه‌هایی که نزدیک نبکاهای شهربابک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

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



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

مراحل تکاملی نبکاها در این دو منطقه به صورت شماتیک در شکل ۱۵ نشان داده شده است. نکته‌ی مهم و قابل‌توجّه این است که نبکاهای شهربابک مانند نبکاهای سیرجان می‌بایست در مرحله‌ی در حال رشد باشند، ولی به علّت این‌که سطح آب زیرزمینی نبکاها در این منطقه در حد آستانه بوده، با افت سطح آب زیرزمینی و به تبع آن قطع ارتباط آب با گیاه این نبکاها بدون طی مرحله ثبات از مرحله رشد به مرحله تخریبی رسیده‌اند.



شکل ۱۵: نمایش شماتیک مراحل تکامل نبکاهای سیرجان و شهربابک (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 نبکاهای در خیرآباد سیرجان انجام داده‌اند، به این نتیجه رسیدند که بین پارامترهای قطر تاج و ارتفاع نبکا، ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا، قطر تاج و طول نبکا، طول نبکا و ارتفاع

گیاه ارتباط معنی‌دارای وجود دارد و بین پارامترهای شیب و قطر تاج پوشش، شیب و ارتفاع گیاه، ارتباطی وجود ندارد. اولاً برخلاف این‌که در تحقیق ذکرشده 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) نبکاهای واقع در تونس و بورکینافاسو را مورد بررسی و مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که نبکاهای تونس از نظر مرحله تکاملی در سه مرحله‌ی: در حال رشد، ثبات و در حال تخریب شدن هستند، در صورتی‌که تمام نبکاهای واقع در بورکینافاسو در مرحله‌ی در حال رشد هستند. پژوهش حاضر نشان داد که نبکاهای سیرجان در مرحله‌ی در حال رشد و نبکاهای شهربابک در مرحله تخریبی قرار دارند. در مورد رسوبات نبکاها، امینی و همکاران (۱۳۹۰) تحقیقی در ۴ منطقه‌ی جزیره‌ی میانکاله انجام دادند و چنین استنباط کردند که رسوبات نبکاها در هر ۴ منطقه، اختلاف قابل توجّهی با هم ندارند و رسوبات در تمام این مناطق در اندازه‌ی میانگین ماسه متوسط و ریز می‌باشند؛ امّا در تحقیق حاضر مشخص شد به غیر از یک طبقه در سیرجان که از رسوب ماسه‌ریز تشکیل شده، در بقیه‌ی طبقات و تمام طبقات نبکاهای شهربابک نوع رسوب ماسه‌ای-لومی است.

۵- نتیجه‌گیری

وجود ارتباط معنی‌دار بین اغلب پارامترهای مورفومتری نبکاها نشان‌دهنده‌ی این است که در صورت داشتن داده‌های دقیق و کافی می‌توان این اشکال ژئومورفیک را با دق،ت بالایی مدل‌سازی کرد. سرعت کم‌تر باد، وجود منابع کافی عرضه‌ی ماسه و سطح آب زیرزمینی مناسب در سیرجان نسبت به شهربابک، موید آن است نبکاها در سیرجان شرایط مناسبی جهت توسعه دارند. نتایج حاکی از آن است که خشک شدن نبکاهای شهربابک 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 می کرد، نبکاها می‌بایست به جای مرحله‌ی تخریبی در مرحله‌ی ثبات قرار گیرند. نبکاهای 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 نبکاها نیز تغییر خواهد کرد. در مجموع می‌توان چنین بیان کرد که با توجّه به اهمّیّتی که نبکاها در ثبات محیط زیست مناطق بیابانی دارند، یکی از اقدامات لازم و اساسی در زمینه‌ی بیابان‌زدایی در منطقه‌ی حمل(منطقه‌ی تشکیل نبکاها) تعیین مرحله‌ی تکاملی نبکاها است تا با توجّه به آن بتوان برنامه‌ریزی‌های دقیقی انجام داد.

۶- قدردانی

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

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)، تجزیه‌وتحلیل 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 تورسستانیکا"، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره‌ی ۴۱، شماره‌ی ۶۹، صص ۱۱۳-۹۹.

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 ادبیّات 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 کمّی، 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 nebkha 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 nebkhas 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.