

## بررسی چینه‌شناسی نیکاهای برای تشخیص نوسان‌های اقلیمی

### مطالعه موردی: حوضه علاء در حاشیه کویر مرکزی

هایده آراء: \* استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

مریم قاسم نژاد: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

مریم ملاشاهی: استادیار گروه جنگلداری مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

وصول: ۱۳۹۳/۵/۲۲ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳، صص ۹۸-۸۳

#### چکیده

رسوبات بادی منبع عمده‌ای از اطلاعات دیرینه محیطی هستند و از چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی تپه‌های ماسه‌ای برای تفسیر رخداد‌های گذشته ناشی از افزایش فعالیت بادی استفاده می‌شود. عناصر چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی تپه‌های بادی مانند تراکم پالئوسل‌ها و رس‌ها، شاخص‌هایی از تغییرات و نوسان‌های اقلیمی هستند که شواهد مفیدی از بازسازی محیط‌های گذشته در مناطق خشک فراهم می‌کنند. با توجه به اینکه اطلاعات بسیار محدودی از ویژگی‌های اقلیم دیرینه مناطق خشک و بیابانی ایران موجود است، چینه‌شناسی رسوبات موجود در تپه‌ها و نیکاهای این مناطق، به شناخت اقلیم گذشته حاکم بر آنها کمک می‌کند؛ به همین دلیل، در این پژوهش با استفاده از شواهد چینه‌شناسی به بازسازی اقلیم دیرینه در نیکازارهای حوضه علاء در حاشیه کویر مرکزی پرداخته شده است. روش این پژوهش بر پایه مطالعات میدانی و آزمایشگاهی و نیز تحلیل داده‌های مربوط به چاه‌های مشاهده‌ای و داده‌های باد این حوضه است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد میزان ضخامت چینه‌های نیکاهای، رنگ، اندازه ذرات و چسبندگی ذرات متأثر از اقلیم زمان خود و به‌گونه‌ای است که در دوره‌های خشکسالی میزان ضخامت چینه‌ها در نیکا بیشتر و برعکس در دوره‌های مرطوب‌تر ضخامت چینه‌ها کمتر است. همچنین، چینه‌های نیکاهای با تأثیر از نوسانات سطح اساس آب زیرزمینی تغییراتی را در خود ثبت کرده‌اند؛ به‌گونه‌ای که با کاهش سطح آب زیرزمینی میزان چسبندگی ذرات رسوبی چینه‌ها به علت کاهش رطوبت در دسترس کاهش یافته است و در صورتی که این افت سطح آب زیرزمینی همچنان ادامه یابد، در سال‌های نه‌چندان دور محیط تراکمی این نیکاهای به محیطی فرسایشی تبدیل می‌شود و با توجه به جهت بادهای غالب و قوی‌ترین بادهای این حوضه، شهرهای حاشیه جنوب شرقی و جنوبی این نیکاهای در معرض توفان‌های گرد و خاک حاصل از فرسایش کاوشی این نیکاهای قرار می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: نیکا، چینه‌بندی، فرسایش بادی، حوضه علاء

## ۱- مقدمه

پورخسروانی، ۱۳۸۸، ۱۲). در طی فرایند رشد نیکاه‌ها، عوامل منطقه‌ای مانند بادهای غالب، سرعت باد، میکروکلیم، تنش‌های محیطی، وضعیت رسوب و شرایط انتقال آن، تغییر در چگالی خاک و نرخ رشد گیاهان، در شکل نیکا تأثیر می‌گذارند (امینی و همکاران، ۱۳۹۰، ۲۳۴).

در محیط‌های خشک تحت تسلط تپه‌های شنی بیابانی، رسوبات بادی منبع عمده‌ای از اطلاعات دیرینه محیطی هستند و از چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی تپه‌های ماسه‌ای برای تفسیر رخداد‌های گذشته ناشی از افزایش فعالیت بادی (از جمله در Bowler, 1976; Fitzsimmons et al., 2007b; 2003 Kocurek, 1998; Lomax et al., Fitzsimmons et al., ) گرفته شده است (2009,61; Telfer et al.,2010,195). برخی عناصر چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی تپه‌ماسه‌ای مانند تراکم پالئوسل‌ها و رس‌ها، می‌توانند شاخص‌هایی از تغییرات اقلیمی هستند و شواهد مفیدی را از بازسازی محیط‌های گذشته در مناطق خشک فراهم می‌کنند. خاک‌های مدفون شاهدهی از دوره‌های نسبتاً پایدار محیطی را ارائه می‌دهند که در مناطق خشک معمولاً دلیلی از شرایط بسیار مرطوب تفسیر می‌شوند (Fitzsimmons et al.,2009,61). با توجه به اینکه اطلاعات بسیار محدودی از ویژگی‌های اقلیم دیرینه مناطق خشک و بیابانی موجود است، چینه‌شناسی رسوبات موجود در تپه‌ها و نیکاه‌های این مناطق، به شناخت اقلیم گذشته حاکم بر آنها کمک می‌کند.

تاکنون مطالعات متعددی در سطح جهان بر روی نیکاه‌ها، یکی از اشکال فرسایش باد نهستی، انجام شده

نیکاه‌ها از اشکال تراکمی فرسایش بادی هستند و بر اثر رسوبگذاری نهشته‌های بادی در اطراف درختچه‌ها ایجاد می‌شوند ( Jianhui et al., 2010, 713; Bing et al., 2008, 1446; Tengberg & Chen,1998, 181). آنها معمولاً در زمین‌های مسطح با فرسایش بادی خاک شکل گرفته‌اند و عمدتاً از سیلت و رس با محتوای ماسه‌ای کمتر از ۵۰٪ تشکیل شده‌اند (Ardon et al.,2009,1014). اگرچه چشم‌اندازهای نیکایی به ظاهر یکسان و یکنواخت هستند، خصوصیات آنها به‌خوبی معماری درونی‌شان را تعیین می‌کند که آن نیز منعکس‌کننده تغییرات اندازه‌های ذرات شن در تپه‌هاست (Langford,2000,25). در مورد تشکیل نیکاه‌ها دیدگاه‌های مختلفی وجود دارد. عده‌ای نظیر زو و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۸۱)، نیک لینگ و ولف<sup>۲</sup> (۱۹۹۴)، تنگ برگ<sup>۳</sup> (۱۹۹۵) و وانگ و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) ایجاد نیکاه‌ها را متأثر از فعالیت‌های کاهنده قابلیت محیطی از سوی بشر بیان کرده‌اند، در مناطقی که پوشش گیاهی استقرار دارد؛ به طوری که افت قابلیت اراضی مناطق بیابانی و بیابان‌زایی در مناطق کانون تولید رسوب‌های بادی و حمل آنها منجر به ایجاد نیکا شده است و نیکا را شاخصی مناسب برای ارزیابی فرسایش، تخریب اراضی و آشفستگی چشم‌انداز معرفی کرده‌اند. دوگیل و توماس<sup>۵</sup> (۲۰۰۰)، بیان کرده‌اند شکل نیکا از حرکت رسوب در طی زمان و در مناطق با پوشش گیاهی کم بین تپه‌های ماسه‌ای ناشی می‌شود (ولسی و

<sup>۱</sup> - Zhu et al

<sup>۲</sup> - Nickling and Wolfe

<sup>۳</sup> - Tengberg

<sup>۴</sup> - Wang et al

<sup>۵</sup> - Dougill and Thomas

(۲۰۰۲)، به بررسی فرایند رشد و ساختار داخلی نیکا‌های گز در مناطق انتقالی بیابانی در بخش شمالی واحه هوتان در چین پرداخته‌اند. موتنتنی و راسل<sup>۸</sup> (۲۰۰۶) بیش از ۱۲۰۰ نیکا را در تپه‌های ماسه‌ای ساحلی جنوب ایسلند و همچنین مورفومتری و سایر شاخص‌های مؤثر در توزیع و پراکندگی نیکاها را بررسی کرده‌اند. وانگا و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۶)، در پژوهشی به بررسی و توسعه نیکاها، تأثیرات فرسایش بادی و تخریب زمین در مناطق نیمه‌بیابانی شمال چین پرداخته‌اند. فیتزسیمونس و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۷) به سن‌یابی تپه‌های ماسه‌ای طولی در بیابان‌های تیراری<sup>۱۱</sup> و استرزلکی<sup>۱۲</sup> در استرالیا و با روش<sup>۱۳</sup> OSL پرداختند. علاوه بر این، فیتزسیمونس و همکاران (۲۰۰۹) با توجه به ویژگی‌های رسوبات بادی به بازسازی شرایط دیرینه محیطی در بیابان‌های تیراری و استرزلکی در استرالیا با ترکیبی از شیوه‌های مشاهدات میدانی، برش مقاطع عرضی، آنالیز اندازه ذرات رسوبات بادی و پراش سنجی اشعه ایکس (XRD)<sup>۱۴</sup> پرداختند.

لی زیزونگ و همکاران<sup>۱۵</sup> (۲۰۱۰)، در مقاله خود به بررسی و تحلیل نیکا‌های گز در حوضه آبخیز رودخانه هوتان در چین پرداخته‌اند. همچنین، تلفر و همکاران<sup>۱۶</sup> (۲۰۱۰) بررسی محیط دیرینه و توالی زمانی تپه‌های شنی طولی با روش سن‌یابی OSL و

است. هسپ<sup>۱</sup> (۱۹۸۱) عوامل گوناگون در شکل‌گیری نیکاها و ارتباط ساختاری نیکاها را با خصوصیات مورفولوژیک آنها بررسی کرده است. زندا و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۸۱) به مطالعه نیکا‌های گز در امتداد رودخانه تاریم پرداخته‌اند و تکامل ژئومورفولوژیکی این عوارض را بررسی کرده‌اند. کک و همکاران<sup>۳</sup> (۱۹۹۳)، به معرفی عوامل مهم و مؤثر بر مورفولوژی نیکاها پرداخته‌اند و تأثیر عوامل زمان، فرم تعادلی تپه‌ها، اندازه و دانه‌بندی رسوبات، منبع تأمین رسوبات، آب و هوا و باد را حائز اهمیت دانسته‌اند. خلف و همکاران<sup>۴</sup> (۱۹۹۵)، ضمن بررسی خصوصیات رسوبگذاری و ویژگی‌های مورفولوژیک چند نوع نیکا در دشت ساحلی شمال کویت، به بررسی ارتباط موجود بین برخی صفات رویشی گیاهان با خصوصیات مورفومتری نیکا پرداخته‌اند. تنگبرگ و چن<sup>۵</sup> (۱۹۹۸)، به مقایسه مورفومتری نیکا‌های مرکز تونس و شمال بورکینافاسو پرداخته‌اند و ۴۷۳ نیکا را اندازه‌گیری کرده‌اند. دوگیل و توماس<sup>۶</sup> (۲۰۰۰)، به بررسی تپه‌های ماسه‌ای نیکا در حوضه آبخیز مولوپو در آفریقای جنوبی و بوتسوانا پرداخته‌اند. آنها در این پژوهش به بررسی شکل نیکاها به‌عنوان سند و شاخصی برای تخریب خاک در این منطقه پرداخته‌اند و بیان کرده‌اند که در قسمت‌هایی از این حوضه که شکل نیکاها کمتر دستخوش تغییرات شده، تخریب کمتری در خاک ایجاد شده است. کانگ و همکاران<sup>۷</sup>

8 - Mountney & Russell

9 - Wanga

10 - Fitzsimmons et al.

11 - Tirari

12 - Strzelecki

13 - optically stimulated luminescence dating

14 - X-ray Diffractometry

15 - Zhizhong

16 - Telfer et al.

1 - Hesp

2 - Zhenda

3 - Cooke et al

4 - Khalaf et al

5 - Tengberg & Chen

6 - Dougill & Thomas

7 - Qong et al.

یک مدل تجمعی پرداختند.

در رابطه با مطالعات انجام گرفته بر روی نبک‌ها در ایران، نخستین بار محمودی طی مقاله‌ای به بیان ویژگی‌های مورفولوژیک نبک‌ها پرداخت و سیر تحول آن را از پیدایش تا مرگ بررسی کرد (محمودی، ۱۳۵۶)؛ ولی و پورخسروانی (۱۳۸۸) با تکیه بر روش‌های کمی، خصوصیات ژئومورفولوژی موجود در چشم‌انداز نبک‌های حوضه آبریز کویر سیرجان را بررسی و ارتباط بین عوامل مؤثر در شکل‌زایی نبک‌ها را تعیین کرده‌اند. آنها با ثابت نگه داشتن برخی از عوامل مؤثر در شکل‌گیری نبک‌ها، میزان نقش عامل پوشش گیاهی را در شکل‌شناسی نبک‌ها بررسی کرده‌اند. پورخسروانی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با ویژگی‌های مورفومتری نبک‌های گونه روماریا تورکستانیکا پرداخته‌اند و چنین نتیجه گرفته‌اند که ارتباط معناداری میان ارتفاع نبک و قطر قاعده نبک در سطح احتمال کمتر از یک درصد با ضریب تبیین ۴۹٪ برای رابطه خطی درجه ۲ و ۵۰٪ برای رابطه درجه ۳ وجود دارد. پورخسروانی و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی و گروه‌بندی مقایسه‌ای نبک‌های سیدلینتزا فلوریدا، روماریا تورکستانیکا و الحاجی مانیفرا بر اساس عملکرد فرم‌های رویشی گیاهان در منطقه خیرآباد سیرجان پرداخته‌اند و نتیجه گرفته‌اند که حجم نبک‌ها متأثر از فرم رویشی و حجم گونه گیاهی تشکیل دهنده آن است. پورخسروانی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای به بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نبک‌های

گونه تاماریکس ماسکاتنسیس در منطقه خیرآباد سیرجان پرداخته‌اند و بهترین ارتباط بین خصوصیات گیاهی و حجم تپه نبک را به صورت چشم‌گیری مربوط به تاج پوشش گیاهی تاماریکس ماسکاتنسیس دانسته‌اند. موسوی و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از مؤلفه‌های مورفومتری نبک از طریق الگوریتم Topsis، نوعی گروه‌بندی مقایسه‌ای از نبک‌های شمال شرق کویر سیرجان ارائه کرده‌اند و مناسب‌ترین نوع آنها را برای تثبیت ماسه‌های روان معرفی کرده‌اند. امینی و همکاران (۱۳۹۰) در جنوب شرق دریای خزر، به شناسایی نبک‌های این منطقه پرداخته‌اند و وضعیت فرم و مورفومتری آنها را بررسی و نتایج را با سایر مناطق ایران به منظور اجرای طرح‌های مناسب برای کنترل فرسایش بادی در مناطق بحرانی با اولویت بالا مقایسه کرده‌اند. مقصودی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی ارتباط میان ویژگی‌های مورفومتری نبک‌ها با گونه‌های گیاهی مورد مطالعه خود در غرب دشت لوت (شرق شهداد - دشت تکاب) پرداخته‌اند. در پژوهش پیش رو، تلاش بر آن است تا با توجه به نوع چینه‌های نبک‌ها و ویژگی‌های آنها شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه مطالعاتی را در چینه‌ها بازآفرینی کرد. همچنین، ارتباط بین ویژگی‌ها و تغییرات سطح و میزان استخراج آب زیرزمینی بر ساختار نبک‌ها و تشدید فرسایش در آنها بررسی شود. بدین منظور حوضه علاء در استان سمنان واقع در حاشیه کویر مرکزی به علت سهولت دسترسی، منطقه مطالعاتی انتخاب شد (جدول ۱).

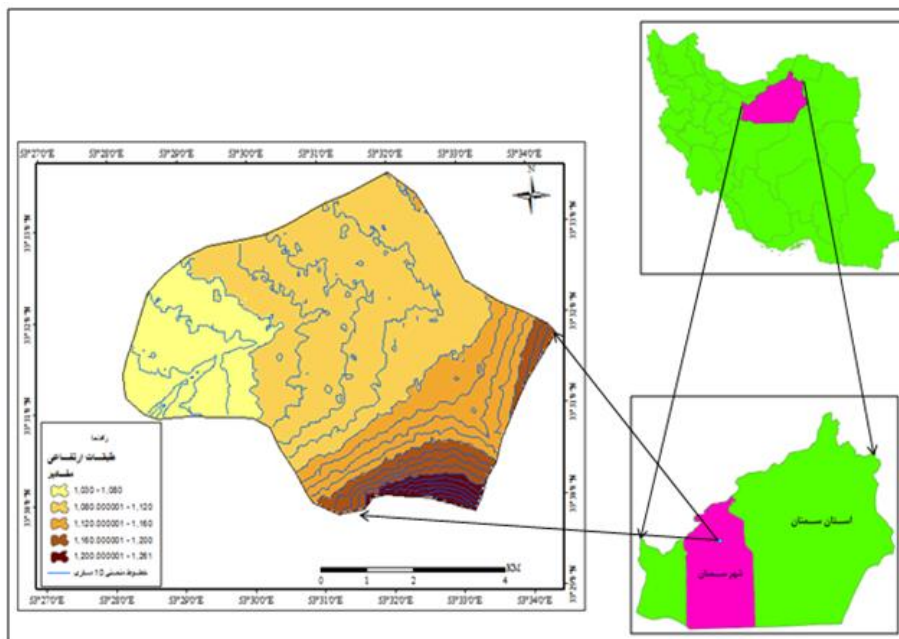
جدول ۱- پیشینه پژوهش در جهان و ایران

مؤلفه مورد مطالعه	پژوهشگران (خارج از)	سال	توضیح
خصوصیات مورفولوژیکی و تکامل ژئومورفولوژیکی نیکا	هسپ	۱۹۸۱	بررسی عوامل مؤثر در شکل‌گیری نیکاهای و ارتباط ساختاری آنها با خصوصیات مورفولوژیکی نیکاهای
	زندا و همکاران	۱۹۸۸	بررسی تکامل ژئومورفولوژیکی نیکاهای گز در امتداد رودخانه تاریم
	کک و همکاران	۱۹۹۹	بررسی عوامل مهم و مؤثر بر مورفولوژی نیکا
	خلف و همکاران	۱۹۹۹	بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و ارتباط آنها با ویژگی‌های رویش گیاهان و خصوصیات مورفومتری نیکا
	تنگبرگ و چن	۱۹۹۹	مقایسه مورفومتری نیکاهای مرکزی تونس و شمال بورکینافاسور
خصوصیات مورفومتری نیکا	دوگیل و گانگ و	۲۰۰۰	بررسی شکل نیکا به‌عنوان سند و شاخصی برای تخریب خاک
	مونتینی و راسل	۲۰۰۰	بررسی فرایند رشد و ساختار داخلی نیکاهای در مناطق بیابانی شمال هوتان چین
	وانگ و	۲۰۰۰	بررسی توسعه نیکاهای و تأثیرات فرسایش بادی و تخریب زمین بر نیکاهای
	فیتزسیمونس و	۲۰۰۰	سن‌یابی تپه‌های ماسه‌ای طولی در بیابان‌های استرالیا با روش OSL
	فیتزسیمونس و همکاران	۲۰۰۹	بازسازی شرایط دیرینه محیطی با توجه به ویژگی‌های رسوبات بادی در بیابان‌های استرالیا از طریق شیوه‌های مشاهدات میدانی، برش مقاطع عرضی،
مطالعات دیرینه محیطی و سن‌یابی	تلفر و همکاران	۲۰۰۱	بررسی محیط دیرینه و توالی زمانی تپه‌های شنی طولی با روش سن‌یابی OSL و یک مدل جمععی
	پژوهشگران در داخل ایران		
	ولسی و همکاران	۱۳۸۸	بررسی خصوصیات ژئومورفولوژیکی چشم انداز نیکاهای در کویر سیرجان
مورفومتری نیکا و ارتباط آن با مورفولوژی گونه گیاهی نیکا	پورخسروانی و همکاران	۱۳۸۸	بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با ویژگی‌های مورفومتری نیکاهای
	پورخسروانی و همکاران	۱۳۸۸	بررسی و گروه‌بندی مقایسه‌ای چند گونه گیاهی نیکا بر اساس فرم رویشی گیاهان در منطقه خیرآباد سیرجان
	پورخسروانی و همکاران	۱۳۸۸	بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نیکا در منطقه خیرآباد سیرجان
	موسوی و همکاران	۱۳۸۸	گروه‌بندی مقایسه‌ای نیکاهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از مؤلفه‌های مورفومتری نیکا از طریق الگوریتم Topsis
	امینی و همکاران	۱۳۹۰	شناسیابی و بررسی وضعیت فرم و مورفولوژی نیکاهای در جنوب شرقی دریای خزر و مقایسه آنها با نیکاهای سایر مناطق ایران
	مقصودی و همکاران	۱۳۹۰	بررسی ویژگی‌های مورفومتری نیکاهای با گونه‌های گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد- دشت تکاب)
	ولسی و همکاران	۱۳۸۸	بررسی ارتباط مورفولوژیکی چشم انداز نیکاهای در کویر سیرجان
	پورخسروانی و همکاران	۱۳۸۸	بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با ویژگی‌های مورفومتری نیکاهای

## ۱-۱- منطقه مطالعاتی

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش نیکازارهای حوضه علاء در محدوده سیاسی شهرستان سمنان. این حوضه در حاشیه کویر مرکزی قرار دارد و از شمال به مهدی‌شهر، از شرق به امیریه، از غرب به سرخه و از جنوب به شهر سمنان محدود شده است. حوضه علاء در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه و ۵۷ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۸ دقیقه و ۸ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۳۴ دقیقه و ۲۳ ثانیه شرقی قرار دارد (شکل ۱) و مساحت آن تقریباً  $39 \text{ km}^2$  است. از نظر زمین‌شناسی

سازندهای این حوضه عمدتاً از رسوبات کواترنری است و شامل رسوبات تراس‌های کواترنری و رسوبات سطح دشت‌سرها و نیز پهنه‌های رسی است که حدود  $20 \text{ km}^2$  از مساحت حوضه را این رسوبات رسی در بر می‌گیرد. همچنین، متوسط بارندگی در این حوضه  $141,3$  میلی‌متر در سال و متوسط دما  $18,4$  درجه سانتی‌گراد و میانگین سالانه تبخیر بالقوه  $2500$  میلی‌متر است. همچنین، بر طبق روش دومارتن این حوضه دارای اقلیم خشک، بر طبق روش آمبرژه دارای اقلیم خشک و سرد و نیز بر طبق روش کوپن اقلیم این حوضه بیابانی است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه علاء

## ۲-۱- داده و روش پژوهش

داده‌های پژوهش: در این پژوهش داده‌های مورد استفاده شامل تصاویر ماهواره‌ای  $\text{ETM}^+$  مربوط به سال ۲۰۰۲، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ اورق سمنان، آمار باد ایستگاه سینوپتیک سمنان (سال‌های آماری

۱۳۷۸-۱۳۸۷) و داده‌های مربوط به منابع آب زیرزمینی و تعداد چاههای منطقه (از سال آماری ۷۲-۷۳ تا ۸۹-۹۰) استفاده شده است. همچنین، برای بررسی ویژگی‌های مورفومتری نیکاهای از متر، GPS و نیز برای گرانومتری و دانه‌سنجی رسوبات از دستگاه

شیکر و الک‌های مختلف استفاده شده است.

روش پژوهش طی مراحل زیر دسته‌بندی است :  
 مشخص کردن محدوده مورد نظر از روی تصاویر ماهواره‌ای  $ETM^+$  و نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و سپس بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه. بازدید کلی چشم‌انداز منطقه و انتخاب ۵ نیکا در سطح محدوده برای نمونه‌برداری. بدین منظور در نیکاهای انتخاب شده ویژگی‌های مورفومتری نیکاها شامل قطر قاعده، ارتفاع، طول و عرض نیکاها و نیز به منظور بررسی خصوصیات گونه گیاهی تشکیل‌دهنده نیکا، عوامل مورفولوژیکی چون قطر تاج گیاه و ارتفاع گیاه اندازه‌گیری و موقعیت جغرافیایی نیکاهای انتخابی با استفاده از GPS ثبت شد. درخور ذکر است در اندازه‌گیری ارتفاع گیاه بلندترین شاخه گیاه ملاک اندازه‌گیری بوده است.

در نیکاهای انتخابی مقاطعی طولی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر برش داده شد (مقاطع ۳۰ سانتی‌متری با توجه به ابعاد نیکاهای مورد بررسی انتخاب شد). در ادامه لایه‌های مختلف تشکیل‌دهنده نیکا شمارش و ویژگی‌های هر لایه از لحاظ رنگ، ضخامت، میزان چسبندگی ذرات، وجود یا نبود آسفنگی در هر لایه (که نشان‌دهنده تغییر جهت وزش باد است) ثبت شد. در گام بعدی نمونه رسوب‌هایی به میزان ۲۵۰ گرم از بالاترین لایه، لایه وسط و پایین‌ترین لایه به‌منظور انجام گرانومتری برداشت شد.

گرانومتری و دانه‌سنجی نمونه‌های رسوب برداشت شده در آزمایشگاه: به این منظور نمونه‌ها در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه شیکر و الک‌های شماره ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۳ میکرون و کمتر از ۶۳ میکرون غربال و سپس با استفاده از نتایج

به دست آمده از گرانومتری، هیستوگرام (بارگراف) و منحنی تجمعی رسوبات ترسیم شد. برای رسم هیستوگرام اندازه ذرات را بر روی محور X رسم شده است، به نحوی که از چپ به راست اندازه ذرات کاهش می‌یابد؛ ذرات درشت در طرف چپ و ذرات ریز در طرف راست و مقدار وزنی ذرات یا درصد وزنی آنها روی محور Y قرار گرفت. بالاترین نقطه تجمع در این هیستوگرام‌ها را نما یا مد می‌گویند و اگر هیستوگرام دارای یک مرکز تجمع باشد، آن را یونی مدال<sup>۱</sup> و اگر دارای دو مرکز تجمع باشد، آن را بایمدال<sup>۲</sup> و در صورتی که دارای چندین مرکز تجمع باشد، آن را مولتی مدال<sup>۳</sup> می‌نامند. این مراکز تجمع نشان‌دهنده ناجوری رسوبات و منعکس‌کننده منشأ آنهاست؛ مثلاً اگر هیستوگرام بایمدال باشد، ممکن است رسوب از دو منشأ سرچشمه گرفته باشد (موسوی حرمی، ۱۳۸۹، ۶۲). همچنین، منحنی‌های تجمعی با مقیاس احتمالی برای نمونه‌های گرانومتری شده نیز ترسیم شد، در این منحنی‌ها نیز نحوه قراگیری اندازه ذرات و مقدار وزنی ذرات همانند نحوه قرارگیری آنها در هیستوگرام است. شیب خط در این منحنی‌ها تابعی از انحراف معیار یا جورشدگی ذرات رسوبی است؛ هر چه شیب خط بیشتر باشد، انحراف معیار کمتر و جورشدگی بهتر است و هر قدر شیب خط کمتر باشد، میزان انحراف معیار بیشتر و جورشدگی بدتر است. همچنین، زمانی که ذرات از نظر اندازه در گروه‌های مختلفی قرار گیرند، در روی این منحنی‌ها به وسیله خط‌های مستقیم شکسته مشخص می‌شوند که این نیز منعکس‌کننده سازوکارهای مختلف رسوبگذاری ذرات

<sup>1</sup> - unimodal

<sup>2</sup> - bimodal

<sup>3</sup> - multimodal

یکنواخت هستند، ساختمان قوسی و تناوبی از لایه‌های ماسه، نهشته بادی ریز و برگ گیاهان در هر نبکا بیانگر شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی حاکم در دوره شکل‌گیری چینه‌ها و رشد آن است. در دوره‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی مختلف اندازه ذرات، جنس و رنگ ذرات تشکیل‌دهنده نبکا و حتی میزان چسبندگی آنها در هر چینه متفاوت است و با توجه به این خصوصیات می‌توان به بازسازی شرایط حاکم بر تکامل نبکا پرداخت. ویژگی‌های مورفومتری ۵ نبکای نمونه مطالعه در جدول ۲ نمایش داده شده است. درخور ذکر است درختچه تشکیل‌دهنده نبکاهای محدوده مطالعاتی این پژوهش عمدتاً از گونه Haloxylon است.

است (همان : ۶۶).

علاوه بر موارد بالا، آمار باد ایستگاه سینوپتیک سمنان از سال آماری ۱۳۸۷-۱۳۷۸ برای ترسیم گلباد حوضه علا استفاده شد. در نهایت به منظور برقراری ارتباط بین ویژگی‌های لایه‌های نبکا و افزایش استخراج از آب‌های زیرزمینی (به‌ویژه از طریق چاههای عمیق و نیمه‌عمیق) داده‌های مربوط به منابع آب زیرزمینی و تعداد چاههای منطقه از سال آماری ۷۲-۷۳ تا سال ۸۹-۹۰ در محیط نرم‌افزاری Excel تجزیه و تحلیل شد.

## ۲- یافته‌های پژوهش

### ۱-۲- چینه‌شناسی

اگرچه چشم‌اندازهای نبکایی به ظاهر یکسان و

جدول ۲- ویژگی‌های مورفومتری گونه گیاهی نبکاهای مورد مطالعه

شماره نمونه	قطر تاج گیاه (متر)	ارتفاع گیاه (متر)	ارتفاع نبکا (متر)	قطر قاعده نبکا (متر)	طول نبکا (متر)	عرض نبکا (متر)
نبکا ۱	۲	۱/۹۰	۰/۵۰	۲	۲	۱/۵
نبکا ۲	۲/۳۰	۱/۷۵	۰/۵۰	۱/۸۰	۱/۷۵	۱/۳۰
نبکا ۳	۲/۷۰	۲/۷۵	۰/۵۰	۱/۵۰	۲/۵۰	۱/۵۰
نبکا ۴	۲/۱۰	۲/۱۵	۰/۵۵	۱/۹۰	۱/۹۰	۱/۸۰
نبکا ۵	۲/۲۰	۲/۲۰	۰/۵۰	۲	۲/۲۰	۱/۵۰

است که نشان از وقوع یک دوره سیلابی در سطح منطقه دارد. ترکیبات رسی و آهکی بر اثر چسبندگی مواد و کوبیدگی به‌ویژه در قسمت‌های پای درختچه و پیرامون نبکاها سبب تشکیل قشری سخت شده که بخش‌هایی از این قشر سخت بعدها و به‌دنبال وزش بادهای منطقه به‌وسیله ماسه پوشیده شده است (شکل ۲).

با توجه به مقاطع ۳۰ سانتی‌متری که در ۵ مورد از نبکاها برش داده شد، به بررسی چینه‌ها پرداخته و مشخص شد چینه‌های زیرین این نبکاها که در زمان دورتری شکل گرفته‌اند، عمدتاً از ماسه‌های در حد سیلت و رس هستند که رسوبات نمکی ندارند. چینه‌های بالایی آنها عمدتاً همراه با ترکیبات کلسیتی





شکل ۲- قشر سخت آهکی - رسی ایجادشده در سطح نیکا

مواد به‌وسیله باد و رسوبگذاری آنها در محل نیکاهاست. رنگ این چینه‌ها روشن و ترکیبات آنها عمدتاً از رس، سیلت و ماسه همراه با مواد حل‌شده کلسیتی با چسبندگی بیشتر مواد است، به گونه‌ای که در قسمت‌های سطحی نیکا و پای درختچه آن قشری سخت تشکیل شده است. تشخیص تعداد قابل توجه لایه‌ها که در یکی از نمونه‌های مورد بررسی به ۱۱ لایه نیز می‌رسد، نشان از فعالیت باد در دوره‌های مکرر، اما با قدرت و طول مدت وزش متفاوت در سطح منطقه است. از سوی دیگر، نبودن ترکیبات دیگر در چینه‌های مورد بررسی، مانند نبودن قشر نمک، نشان از تشکیل لایه‌های نیکا از کانی‌های محلی منطقه است. همچنین، تراکم زیاد ریشه‌های گیاه و گسترش درخور توجه این ریشه‌ها حتی تا اعماق زیاد نشان از فعال بودن گیاهان تشکیل‌دهنده نیکاها و پایین رفتن مداوم سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه است. در پاره‌ای موارد شاخه‌هایی از تاغ‌های تشکیل‌دهنده

در نمونه‌های بررسی شده ضخامت لایه‌های زیرین که در دوره‌های گذشته تشکیل شده‌اند، در مقایسه با لایه‌های بالایی کمتر است که به علت کوتاه‌تر بودن دوره خشکی است و عمدتاً شامل ذرات ریز همگن سیلت و رس با رنگی روشن و چسبندگی کم هستند. لایه‌های میانی در نمونه‌های مورد بررسی در برخی نمونه‌ها دارای چینه‌بندی متقاطع هستند که این چینه‌بندی متقاطع بیانگر دوره‌های آشفستگی در جهت وزش بادهای منطقه است. این لایه‌ها بسیار نازک و فشرده و متشکل از دانه‌های تقریباً درشت‌تر ماسه‌های شفاف با قطر یک تا دو میلی‌متر بوده که بیانگر حمل ماسه‌های شسته‌شده در دوره‌های بارانی منطقه به‌وسیله توفان‌های ماسه‌ای و نه بادهای غالب منطقه است. چینه‌های جدیدتر نیکاها بررسی شده ضخامت بیشتری دارند (شکل ۳) که دلالت بر رسوبگذاری بیشتر در دوره‌های جدیدتر به علت افزایش خشکی و طول دوره خشکسالی در منطقه و نیز برداشت بیشتر

نبکاهای حوضه مورد بررسی نگذشته، آثار فرسایش بادی و حفر حفره‌های کوچک و بزرگ به وسیله جاندران حفار که عمدتاً به دنبال جست‌وجوی سایه یا استفاده از آب ریشه گیاهان و لانه‌سازی انجام می‌پذیرد، به خوبی بر سطح نبکاها مشاهده می‌شود.

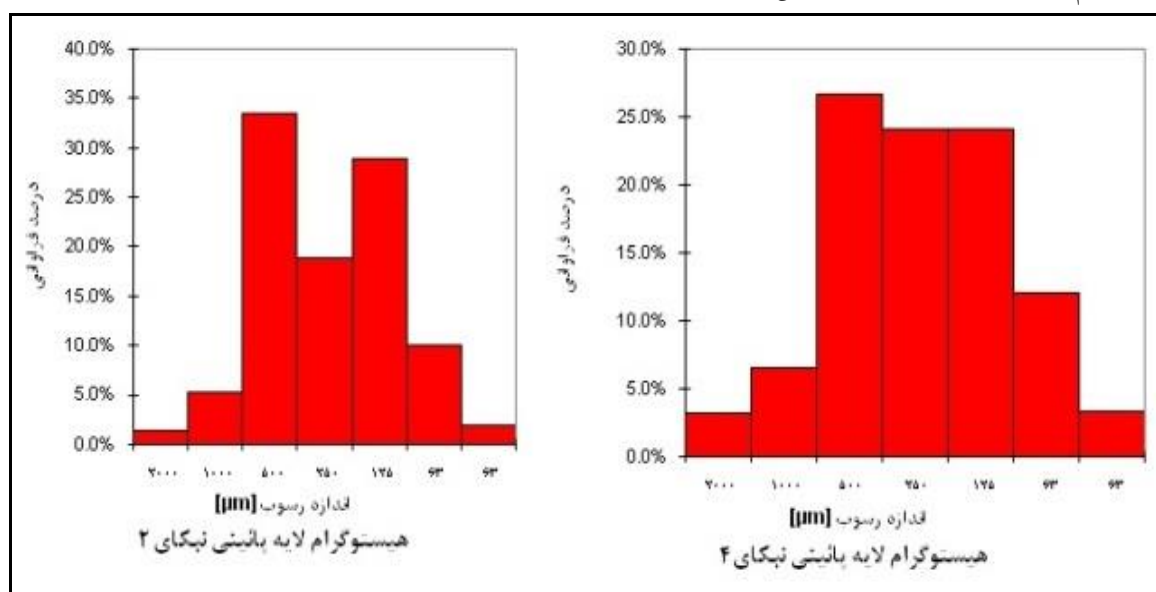
نبکاها شکسته و در قسمت‌های پای گیاه زیر ماسه‌های بادی مدفون شده که آثار آنها به دنبال حفر مقاطع در نبکاها برای نمونه برداری به خوبی مشهود است و باید توجه داشت که این شاخه‌ها با ریشه‌های گیاه اشتباه گرفته نشود. هر چند عمر چندان از



شکل ۳- تعداد لایه‌ها و ضخامت و جنس رسوبات آنها در یکی از نبکاهای مورد مطالعه

هیستوگرام‌های ترسیم‌شده یونی مدال است. بایمدال بودن این دو نمونه نشان می‌دهد که رسوبات دارای بی‌نظمی و ناجوری هستند و این ناجوری منعکس‌کننده منشأ آنهاست و در این حالت احتمالاً رسوبات از دو منشأ سرچشمه گرفته باشند، اما هیستوگرام‌های یونی مدال بیانگر نظم و جورشدگی رسوباتی است که از یک منشأ سرچشمه گرفته‌اند.

تفسیر گرانومتری رسوبات نیکاها از طریق هیستوگرام‌ها و منحنی‌های تجمعی با مقیاس احتمالی بیانگر آن است که از مجموع ۱۵ نمونه رسوبی گرانومتری شده تنها در دو مورد از نمونه‌های رسوبی هیستوگرام آنها دارای دو مرکز تجمع یا مد است، به عبارتی، فقط در دو نمونه رسوبی مربوط به لایه پایینی نیکای شماره ۲ و لایه پایینی نیکای شماره ۴ هیستوگرام بایمدال است (شکل ۴) و بقیه

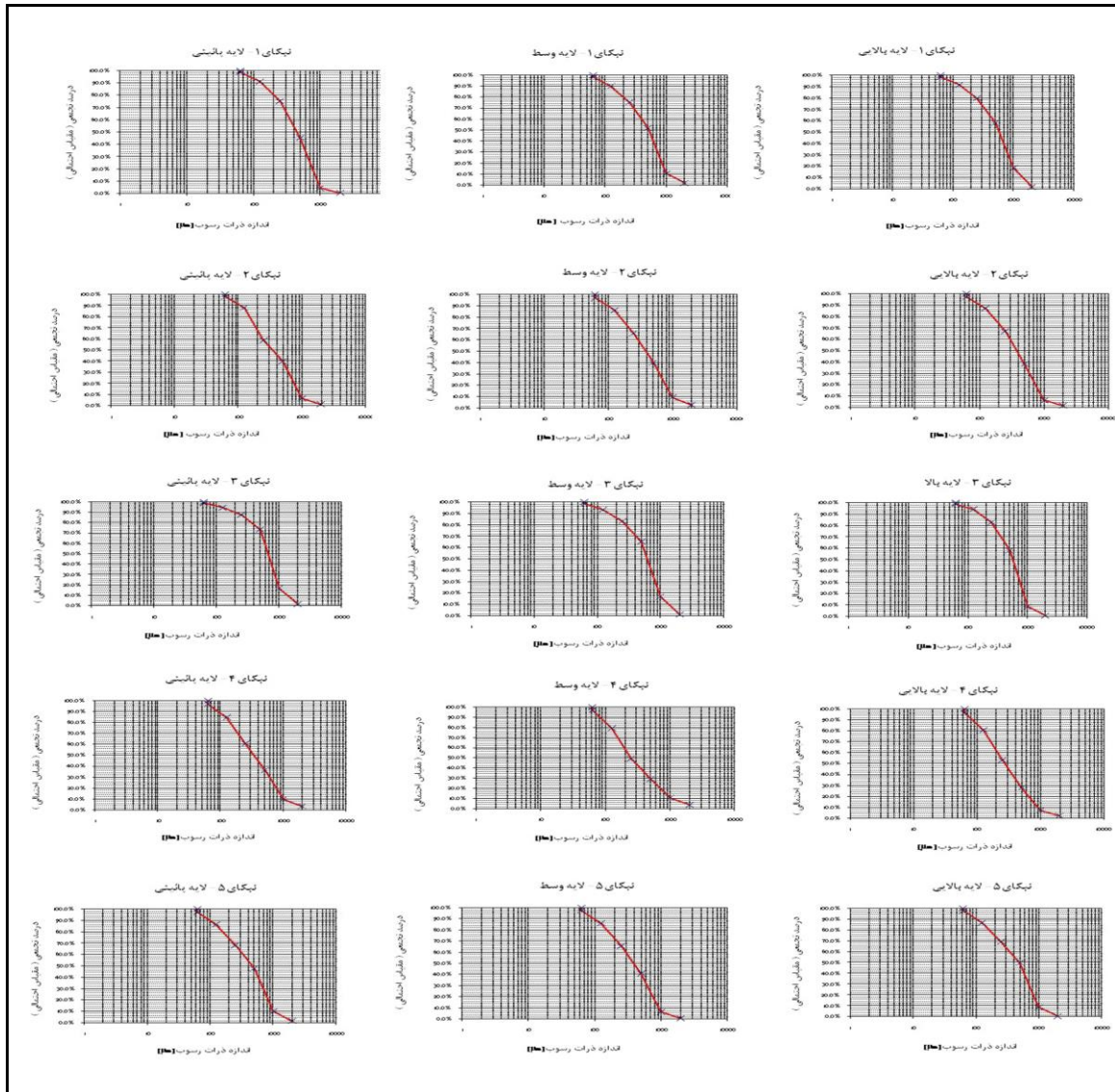


شکل ۴- هیستوگرام‌های بایمدال نمونه‌های رسوبی نیکاها که بیانگر بی‌نظمی و ناجور بودن رسوبات نیکا و از دو منشأ بودن آنها در این نمونه‌هاست.

بالایی نیکای ۴ و لایه پایینی نیکای ۲) دارای شیب کم، انحراف معیار بیشتر و جورشدگی بدتر است و منحنی بقیه نمونه‌های نیکاها دارای شیب زیاد، انحراف معیار کم و نیز جورشدگی بهتر هستند. در مجموع می‌توان گفت در بیشتر نمونه‌ها جورشدگی ذرات رسوبی نیکاها بهتر بوده که این جورشدگی بهتر سبب شده تا تجمع ذرات در اطراف مرکز تمایل منحنی بیشتر باشد، اما در جورشدگی بدتر توزیع ذرات در اطراف مرکز تمایل

همچنین، منحنی‌های تجمعی با مقیاس احتمالی بیانگر آن است که تمام منحنی‌های ترسیم‌شده دارای ۵ خط مستقیم شکسته هستند. این شکستگی‌ها دال بر این است که ذرات رسوبی نیکاها در گروه‌های مختلفی قرار دارند و سازوکارهای مختلفی از رسوبگذاری در نیکاها تأثیرگذار بوده است. همچنین، بررسی شیب منحنی نشان می‌دهد تعداد کمی از نمونه‌ها (فقط ۳ مورد، یعنی لایه پایینی نیکای ۴، لایه

منحنی کمتر است (شکل ۵).



شکل ۵- منحنی‌های تجمعی با مقیاس احتمالی از نمونه‌های رسوبی نیکاهای مورد بررسی

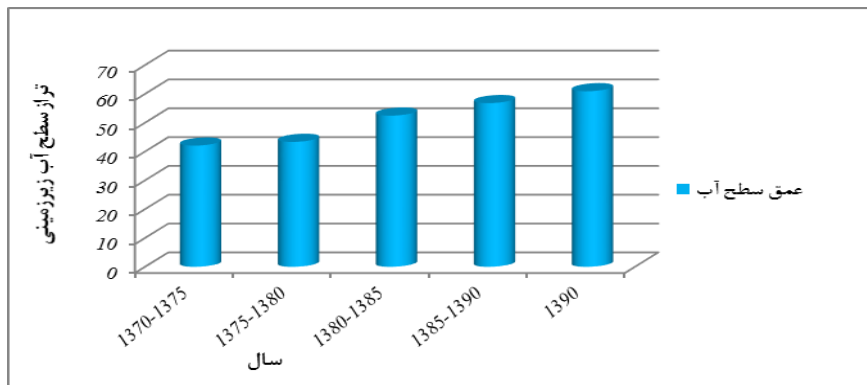
## ۲-۲- بررسی سطح آب‌های زیرزمینی منطقه

تحلیل سطح آب زیرزمینی با استفاده از آمار چاههای پیزومتری سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ صورت گرفته است. آنالیز این داده‌ها نشان داد سطح آب‌های زیرزمینی این حوضه به مقدار ۱۸,۸۷ متر در بازه زمانی مورد مطالعه افت داشته است. به گونه‌ای که در سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۷۵ سطح آب به طور میانگین در

عمق ۴۲,۰۵ متری قرار داشته، اما در سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۸۵ سطح آب به شدت و حدود ۱۰ متر افت کرده و به عمق ۵۲,۴۲ متری رسیده است و در سال ۱۳۹۰ سطح آب به طور میانگین در عمق ۶۰,۹۲ متری از سطح زمین قرار گرفته است (شکل ۶). همچنین، این کاهش و افت سطح آب را در بررسی عمق چاههای حفاری شده نیز می‌توان مشاهده کرد، به گونه‌ای که

ریشه‌های عمیقی هستند و در صورت افت بیشتر سطح آب این درختچه‌ها خشک و محیط فعلی رسوبگذاری آنها به محیطی کاوشی برای فعالیت باد تبدیل می‌شود و فرایند بادبردگی بر سطح و حاشیه نیکاهای تسلط می‌یابد.

عمق چاهها از ۱۶,۵ متر در دهه ۷۰ به حدود ۴۵,۸۲ متر در دهه ۸۰ رسیده است که این افزایش عمق ناشی از افت سطح آب زیرزمینی است. حال، تأثیر این کاهش سطح آب زیرزمین بر روی نیکاهای معلوم می‌شود، به نحوی که درختچه‌های نیکاهای حوضه مطالعاتی برای تأمین و دستیابی به آب دارای

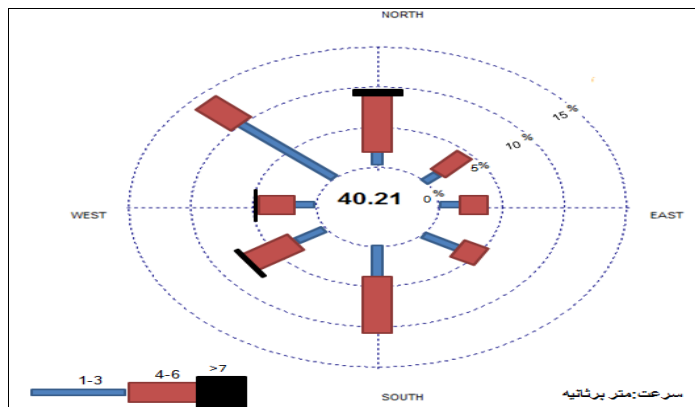


شکل ۶- نمودار تغییرات میانگین عمق سطح آب زیرزمینی در حوضه علاء در دوره آماری ۱۳۷۰-۱۳۹۰

ملازم است و باد شمالی نیز قوی‌ترین و شدیدترین بادهای حوضه هستند (شکل ۷). بر طبق این گلباد در صورتی که محیط تراکمی نیکاهای به علت افت مداوم سطح آب زیرزمینی به محیطی با فرسایش کاوشی تبدیل شود، شهرهای حاشیه جنوب شرقی و جنوبی این نیکاهای در معرض توفان‌های گرد و خاک حاصل از بادبردگی رسوبات سطح و پهلوی این نیکاهای قرار می‌گیرند.

### ۳-۲- بررسی وضعیت بادهای منطقه

گلباد در حقیقت تحلیل سینوپتیک و هواشناسی باد است که از طریق آن، جهت و فراوانی شدیدترین بادهای موجود در منطقه به دست می‌آید. برای بررسی خصوصیات بادهای منطقه آمار ۱۰ ساله از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ تجزیه و تحلیل شد. بر این اساس، در حوضه علاء باد شمال غربی بیشترین فراوانی را دارد که بادی



شکل ۷- گلباد حوضه علاء از سال آماری ۱۳۷۸-۱۳۸۷

### ۳- نتیجه‌گیری

نبکاها از اشکال تراکمی فرسایش بادی هستند و بر اثر رسوبگذاری نهشته‌های بادی در اطراف درختچه‌ها ایجاد می‌شوند. اگرچه چشم‌اندازهای نبکایی به ظاهر یکسان و یکنواخت هستند، اما خصوصیات آنها به خوبی معماری درونی‌شان را تعیین می‌کند که آن نیز منعکس‌کننده تغییرات اندازه‌های ذرات شن در تپه‌هاست. ساختمان قوسی و تناوبی از لایه‌های ماسه، نهشته بادی ریز و برگ گیاهان در هر نبکا بیانگر شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی حاکم در دوره شکل‌گیری چینه‌ها و رشد آن است. در دوره‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی مختلف اندازه ذرات، جنس و رنگ ذرات تشکیل‌دهنده نبکا و حتی میزان چسبندگی آنها در هر چینه متفاوت است و با توجه به این خصوصیات می‌توان به بازسازی شرایط حاکم بر تکامل نبکا پرداخت. با توجه به مقاطع برش داده شده در نبکاهای مورد مطالعه، مشخص شد چینه‌های زیرین این نبکاها که در زمان دورتری شکل گرفته‌اند، عمدتاً از ماسه‌های در حد سیلت و رس و فاقد وجود قشر نمکی هستند. چینه‌های بالایی آنها عمدتاً همراه با ترکیبات کلسیتی بوده که نشان از وقوع یک دوره سیلابی در سطح منطقه است. همچنین، ضخامت لایه‌های زیرین در مقایسه با لایه‌های بالایی کمتر بوده که به علت کوتاه‌تر بودن دوره خشکی است و عمدتاً شامل ذرات ریز همگن سیلت و رس با رنگ روشن و چسبندگی کم هستند. لایه‌های میانی در نمونه‌های مورد بررسی در برخی نمونه‌ها دارای چینه‌بندی متقاطع هستند که این چینه‌بندی متقاطع بیانگر دوره‌های آشفستگی در جهت وزش بادهای منطقه

است. این لایه‌ها بسیار نازک و فشرده و متشکل از دانه‌های تقریباً درشت‌تر ماسه‌های شفاف با قطر یک تا دو میلی‌متر و بیانگر حمل ماسه‌های شسته‌شده در دوره‌های بارانی منطقه به وسیله توفان‌های ماسه‌ای و نه بادهای غالب منطقه است. چینه‌های جدیدتر نبکاهای مورد بررسی دارای ضخامت بیشتری هستند که دلالت بر رسوبگذاری بیشتر در دوره‌های جدیدتر به علت افزایش خشکی و طول دوره خشکسالی در منطقه و نیز برداشت بیشتر مواد به وسیله باد و رسوبگذاری آنها در محل نبکاهاست. همچنین، تمام منحنی‌های تجمعی ترسیم‌شده از داده‌های گرانومتری دارای ۵ خط مستقیم شکسته هستند که این شکستگی‌ها دال بر این است که ذرات رسوبی نبکاها در گروه‌های مختلفی قرار دارند و سازوکارهای مختلفی از رسوبگذاری در نبکاها تأثیرگذار بوده است. علاوه بر این آنالیز این داده‌های چاههای پیزومتری حوضه علاء نشان داد که سطح آب‌های زیرزمینی این حوضه به مقدار ۱۸٫۸۷ متر در بازه زمانی مورد مطالعه افت داشته است که این کاهش سطح آب نقش مؤثری در چینه‌های نبکاها داشته است و در صورت تداوم این افت سطح آب، محیط تراکمی نبکاها به محیطی با فرسایش کاوشی تبدیل می‌شود و شهرهای حاشیه جنوب شرقی و جنوبی این نبکاها را در معرض توفان‌های گرد و خاک حاصل از باد بردگی رسوبات سطح و پهلوی نبکاها قرار می‌دهد.

### منابع

امینی، آرش، موسوی‌خرمی، رضا، لاهیجانی، حمید، محبوبی، اسداله، (۱۳۹۰). تجزیه و تحلیل مکانی و فرم نبکاها به منظور بررسی فرسایش بادی و حفاظت

مطالعات الگوریتم TOPSIS، پژوهش‌های جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره اول، صفحات ۱۰۵ - ۸۷.

موسوی حرمی، رضا، (۱۳۸۹). رسوب‌شناسی، چاپ دوازدهم، انتشارات آستان قدس رضوی، ص ۴۷۴. ولی، عباسعلی، پورخسروانی، محسن، (۱۳۸۸). تحلیل مقایسه‌ای ارتباط بین مؤلفه‌های مورفومتری نیکا و مورفولوژی گیاهی گونه‌های *Alhagimannifera* و *Tamarixmascatensis* ، *Reaumuriaturkestanica* در کفه خیرآباد سیرجان، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره ۳، صفحات ۱۳۴-۱۱۹.

Ardon, k., Tsoar, H., Blumberg, D.G., (2009), Dynamics of nebkhas superimposed on a parabolic dune and their effect on the dune dynamics, *Journal of Arid Environments* 73 pp. 1014-1022

Bing, L., wenzhi, Z., Rong, Y., (2008), Characteristics and Spatial heterogeneity of *Tamarix Ramosissima* Nebkhas in desert-oasis Ecotones, *Journal of Acta Ecologica Sinica*, 28 (4), pp. 1446-1455.

Cooke, R.u, warren, A., Goudie, A., (1993), *Desert Geomorphology*, ucl press, London, 256 pp.

Dougill, A. J., Thomas, A.D., (2002), Nebkha dunes in the Molopo Basin, SouthAfrica and Botswana: formation controls andtheir validity as indicators of soil degradation, *Journal of arid environments* 50, pp. 413-428.

Hesp, P. 1981, Foredunes and blowouts: Initiation, geomorphology and dynamics, *Geomorphology* 48: 245-268.

Fitzsimmons, K. E., Rhodes, E. J., Magee, J. W., Barrows, T. T., (2007), The timing of linear dune activity in the Strzelecki and Tirari Deserts, Australia, *Quaternary Science Reviews*, No. 26, pp. 2598-2616

Fitzsimmons, K. E., Magee, J. W., Amos, K. J., (2009), Characterisation of aeolian sediments from the Strzelecki and Tirari Deserts, Australia: Implications for reconstructing palaeoenvironmental

خاک (مطالعه موردی: میانکاله در جنوب شرقی خزر)، مجله پژوهش حفاظت آب و خاک، جلد هجدهم، شماره ۴، صفحات ۲۴۰-۲۳۳.

پورخسروانی، محسن، ولی، عباسعلی، موحدی، سعید، (۱۳۸۹). گروه‌بندی مقایسه‌ای نیکاهای سیدلیتیزیا فلوریدا، روماریاتورکستانیکا و الحاجی مانیفرا بر اساس عملکرد فرم‌های رویشی گیاهان در منطقه خیرآباد سیرجان، فصلنامه فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۱، صفحات ۱۵۸-۱۳۷.

پورخسروانی، محسن، ولی، عباسعلی، معیری، مسعود، (۱۳۸۸). بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نیکاهای گونه روماریا تورکستانیکا، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۹، صفحات ۱۱۳-۹۹.

پورخسروانی، محسن، ولی، عباسعلی، معیری، مسعود، (۱۳۸۹). بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نیکاهای گونه *Tamarix mascatensis* در منطقه خیرآباد سیرجان، جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱۵، شماره ۳۲، صفحات ۲۳۷-۲۱۹.

محمودی، فرج‌الله، (۱۳۵۶). تولد و مرگ یک نیکا، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران، بهار و تابستان، شماره ۹۷ و ۹۸، صفحات ۳۱۴-۲۹۹.

مقصودی، مهران، نگهبان، سعید، باقری سید شگری، سجاد، چزغه، سمیرا، (۱۳۹۱). مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نیکاهای چهار گونه گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد - دشت تکاب)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۹، صفحات ۷۶-۵۵.

موسوی، سید حجت، پورخسروانی، محسن، محمودی محمدآبادی، طیبیه، (۱۳۸۹). گروه‌بندی مقایسه‌ای نیکاهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از

Process of Tamarix Nabkhas in Hotan River Basin, Xinjiang, Journal of Geographical Sciences, Vol. 20, No. 2, PP. 205-218.

- conditions, Sedimentary Geology, No. 218, pp. 61-73.
- Langford, R.P., (2000), Nabkha (Coppice Dune) Fields of South-central New Mexico, U S A, Journal of Arid Environments, V. 46, pp. 25-41.
- Jianhui, D., Ping, Y., yuxiang, D., (2010), The progress and prospects of nebkhas in arid areas, Journal of Geography Science, 20(5), pp.712-728.
- Khalaf, f.I., Miska, R., Al-Douseri, A., (1995), Sedimentological and Morphological characteristics of some nebkhas deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia, Journal of Arid Environments.29, pp.267-292.
- Mountney, N.P., Russell, A.J., (2006), Coastal aeolian dune development, Solheimasandur, Southern Iceland, Sedimentary Geology, No. 192, pp.167-181.
- Qong, M., Takamura, H., Hudaberdi, M., (2002), Formation and Internal Structure of Tamarix Cones in the Taklimakan Desert, Journal of Arid Environments, Vol. 50, PP. 81-97.
- Telfer, M.W., Bailey, R.M., Burrough, S.L., Stone, A.E.S., Thomas, D.S.G., Wiggs, G.S.F., 2010, Understanding linear dune chronologies: Insights from a simple accumulation model, Geomorphology, No. 120, pp. 195-208.
- Tengberg, A., Chen, D. (1998), A comparative analysis of nebkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso, Geomorphology, 22, PP. 181-192.
- Wanga, B., Wanga, X. T., Donga, Z., Liuc, B. X., Qiana, G., (2006), Nebka Development and its Significance to Wind Erosion and Land Degradation in Semi-arid Northern China, Journal of Arid Environments, Vol. 65, PP. 129-141.
- Zhenda, Z., Zhiping, CH., Zheng, W., Chen, D., (1981), The Study of Taklimakan Desert Landforms, Beijing, Science Press, China.
- Zhizhong, L., Shengli, W., Chen, Sh., Chen, X., Jianhui, J., QI, L., (2010), Bio-geomorphologic Features and Growth