تشکیل تلماسه[1] در بیابان آتاکاما

نویسنده: مارک برواملی (مدرس دانشگاه مارکهام-کانادا)
ترجمه: شهرام بهرامی (دانشجوی دکترای جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران)

چکیده

مقالهٔ حاضر شرایطی را که باعث شکل گیری بیابان «آتاکاما» و انواع مختلف تلماسه های موجود در آن شده است، بررسی می کند. این مطالعه شامل مطالعه موردی یک ناحیهٔ بیابانی در جنوب «پرو» است، و شکل گیری تلماسه های «برخانی» (تپه های شنی هلالی شکل با شاخه هایی که در جهت باد قرار گرفته اند)

تعریف خشکی

زمین های خشک را می توان نواحی دچار کمبود دائمی در بیلان رطوبت تعریف کرد. در زمین های خشک، ورودی[2] (بارش) از خروجی[3] (تبخیر) کم تر است.

برای اندازه گیری شدت کمبود، از یک شاخص خشکی[4] بدین شرح استفاده می شود:

شاخص خشکی = PET/p

P برابر است با میانگین بارش سالانه و PET میانگین تبخیر و تعرق بالقوهٔ[5] سالانه است. با استفاده از این شاخص می توان ۴ نوع خشکی را مشخص کرد:

۱. نواحی بسیار خشک[6]. دارای شاخص کمتر از ۰٫۰۳

۲. نواحی خشک دارای شاخص ۰٫۰۳ تا ۰٫۲

۳. نواحی نیمه خشک از ۰٫۲ تا ۰٫۵

۴. نواحی نیمه مرطوب، دارای شاخص ۰٫۵ تا ۰٫۷۵

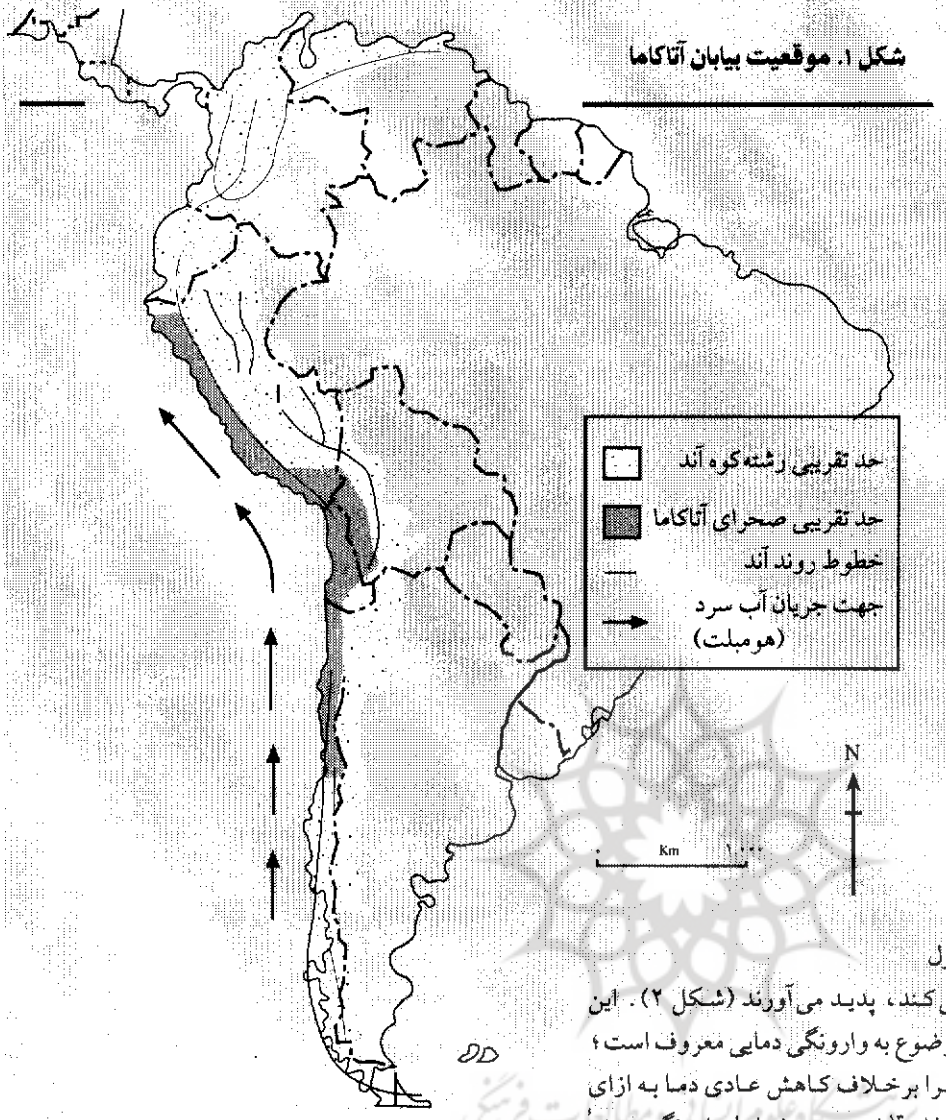
اغلب، نواحی خشک به عنوان نواحی کمتر از ۲۵۰ میلیمتر و نواحی نیمه خشک دارای بارندگی ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر تعریف می شوند. به هر جهت این ارقام کاملا مفید نیستند زیرا ورودی های بارش باید همیشه در رابطه با اتلاف تبخیر درنظر گرفته شوند.

را مورد توجه قرار می‌دهد. بسیاری از برنامه‌های درسی شامل مطالعهٔ شکل‌های گوناگون پدیده‌های بیابانی هستند. به علاوه، شکل‌گیری تلماسه‌ها موضوعی جالب توجه برای ژئومرفولوژیست‌ها است.

«آتاکاما»[7] بیابانی بسیار خشک در طول ساحل غربی آمریکای جنوبی است (به تعریف خشکی و شکل ۱ مراجعه کنید). این بیابان که در کشور شیلی[8] واقع است، با فقدان تقریباً کامل پوشش گیاهی و یک رشته کوه مرتفع، مشخص می‌شود که ارتفاع متوسط آن ۲۴۰۰ متر است. بیابان از ساحل به طرف بالای دامنه‌های غربی کوه‌های «آند»[9] امتداد دارد. کوه‌های آند از ورود بادهای باران‌آور که به طرف شرق می‌آیند، جلوگیری می‌کنند و توسعهٔ رو به شرق بیابان را به خط باریک ساحلی محدود می‌سازند. محدودهٔ عرضی بیابان، در نتیجهٔ وجود یک جریان ساحلی، توسط ناحیه‌ای که «وارونگی دمایی»[10] روی آن توسعه یافته است، تحت تأثیر قرار می‌گیرد (شکل ۲). شرایط جغرافیایی، یک بیابان بسیار طولانی و کم‌عرض را ایجاد کرده است که از شمال شیلی تا اکوادر[11] و حاشیهٔ شمالی پرو امتداد دارد.

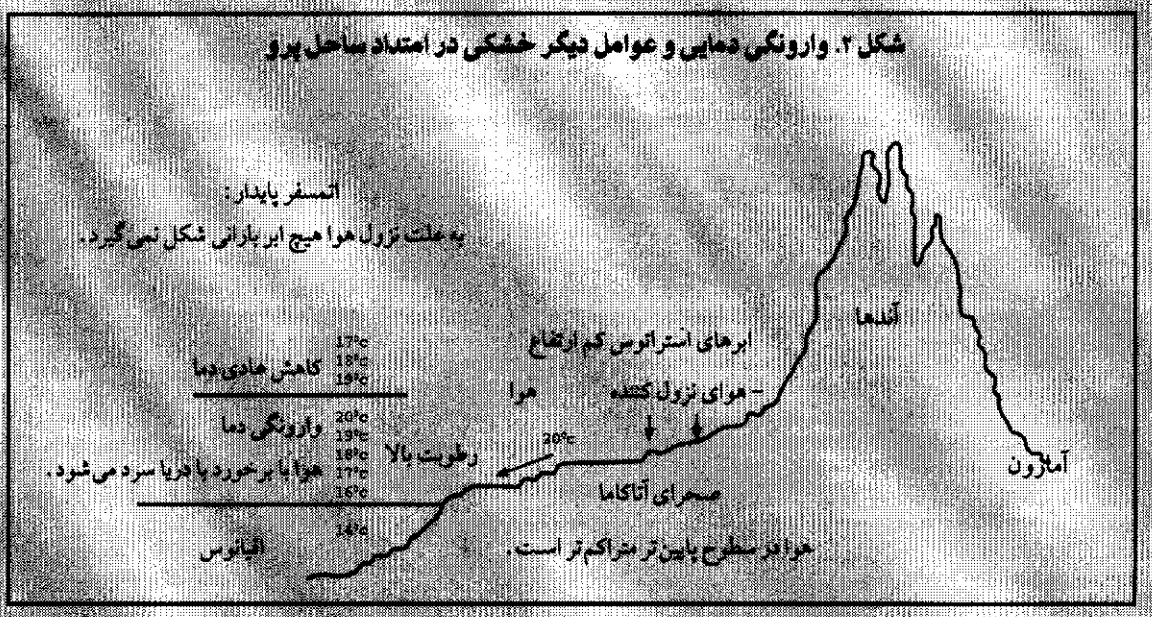
دماهای اقیانوسی سردتری که به وسیلهٔ جریان اقیانوسی «هومبلت»[12] ایجاد می‌شوند و از ساحل غربی آمریکای جنوبی بالا می‌روند، درجهٔ حرارت را در امتداد ساحل کاهش می‌دهند و وضعیتی را که درآن هوای گرم روی هوای سردتر

شکل ۱. موقعیت بیابان آتاکاما



نزول می‌کند، پدید می‌آورند (شکل ۲). این موضوع به وارونگی دمایی معروف است؛ زیرا برخلاف کاهش عادی دما به ازای ارتفاع[13] است. در شرایط وارونگی درجهٔ حرارت، ریزش باران تقریباً غیرممکن است. هوای گرم‌تری که با هوای سرد نزدیک دریا تماس حاصل می‌کند، سرد می‌شود و تراکم زیادی را که به ایجاد مه و رطوبت زیاد منتهی می‌شود، به وجود می‌آورد. در اوضاع بیابان نیز، اغلب حالت «ابرناکی» همراه با ابرهای زیاد استراتوس کم‌ارتفاع که به ایجاد مه و رطوبت زیاد منتهی می‌شوند، به وجود می‌آورد. بارش در آتاکاما عمدتاً از مه، و بسیار ناچیز است. باران واقعی در آتاکاما، تنها در طول یک حادثهٔ «ال‌نینو»[14]، آن هم هنگامی که جریان اقیانوسی هومبلت به وسیله آب‌های مداری گرم‌تر جایگزین می‌شود، امکان‌پذیر است. حادثهٔ ال‌نینو، وارونگی دمایی را از میان برمی‌دارد و ابرهای بارانی می‌توانند، راحت‌تر شکل بگیرند. آتاکاما یک صحرای ماسه‌ای نیست اما دارای نواحی متعددی با ذرات دارای اندازه‌های مختلف است.

بارندگی در ارتفاعات رشته کوه‌های آند، رودخانه‌ها را به طرف ساحل هدایت می‌کند. بسیاری از این رودخانه‌ها موقتی هستند و پشت سر خود ذرات ریزی را که منبعی برای شکل‌گیری تلماسه فراهم



می‌کنند، باقی می‌گذارند. بسترهای دریاچه‌ای خشک که اغلب از نمک پوشیده شده‌اند، شرایط تغییرات آب و هوا را متمکن می‌کند و هم‌چنین یک منبع ماسه‌ای برای تلماسه‌ها هستند. (شکل ۱ و ۲)

تفاوت در انواع تلماسه‌ها

در نواحی دارای ذخیرهٔ ماسهٔ فراوان که شرایط برای توسعهٔ تلماسه‌ها مساعد است، تلماسه‌ای شکل می‌گیرد که تحت تأثیر توپوگرافی قرار دارد. این حالت در نواحی بسیار خشک مثل صحرای آتاکاما، جایی که ناهمواری‌های مختلف از توسعهٔ نواحی بسیار بزرگ تلماسه‌های «شمشیری شکل طولی»[15] یا «دریاهای ماسه‌ای مرکب»[16] (پهنه‌های وسیع ماسه‌ای به هم پیوسته) جلوگیری می‌کنند، قابل توجه است. درواقع در مقیاس جهانی، دریاهای ماسه‌ای، تنها حدود ۲۰ درصد از پوشش سطحی را در نواحی بیابانی دربر می‌گیرند. در صحرای آتاکاما، تلماسه‌ها به نواحی هموار نسبتاً کوچکی محدود هستند. در این جا تلماسه‌های برخانی می‌توانند شکل بگیرند. هنگامی که این تلماسه‌ها تحت تأثیر تغییرات توپوگرافی قرار گیرند، ممکن است به تلماسه‌های «عرضی»[17] و به هم پیوسته تغییر یابند.

انواع تلماسه

تلماسه‌ها ممکن است به عنوان تپه‌های کوچک، رشته‌ها، پشته‌ها یا تپه‌هایی از مواد دانه‌ای «بادرفتی» منفصل که معمولاً از ماسه هستند، تعریف شوند. به طور کلی، تلماسه‌ها تنها در جایی که منابع ماسه، مثل دریاچهٔ خشک و بسترهای رودخانه‌ای در بیابان یا سواحل ماسه‌ای کنار دریا وجود دارد، توسعه می‌یابند. البته بادهایی با سرعت کافی برای حمل دانه‌های ماسه نیز لازم است. اگرچه، اندازهٔ ذرهٔ حمل شده به سرعت باد مربوط می‌شود، اما درواقع برداشت ذرات سیلت و رس‌های ریزدانه توسط باد بسیار مشکل است.

این موضوع بدان علت است که ذرات سیلت و رس، محکم به هم می‌چسبند و سطح هموارتری را شکل می‌دهند. بنابراین، وضعیتی ایجاد می‌شود که در آن، ذرات درشت‌تر ماسه به عنوان تلماسه، روی سطوح بیابانی متشکل از ذرات بسیار ریز آمیخته با سنگ‌ها و صخره‌های درشت‌تر قرار می‌گیرند.

۶ نوع عمدهٔ تلماسه به شرح زیر وجود دارد:

۱. «تلماسه‌های مسطح»[18] یا «تلماسه‌های به هم پیوسته»[19] در اندازه‌های متفاوت که توسط باد در پناه بوته‌ها، سنگ‌ها یا تپه‌های منفرد قرار گرفته‌اند.

۲. «تلماسه‌های بادرفتی شلجمی»[20]، با یک رشتهٔ ماسه‌ای که در جهت رو به باد دامنهٔ بادرفتی واقع شده‌اند و بازوها خلاف جهت باد را نشان می‌دهند.

۳. رشته‌ها یا تلماسه‌های عرضی که عمود بر جهت باد غالب حرکت می‌کنند و جایی که میدان‌های برخانی به هم می‌رسند، شکل می‌گیرند.

۴. تلماسه‌های شمشیری شکل طولی متشکل از رشته‌های موجی شکل که موازی با جهت باد غالب حرکت می‌کنند.

۵. «برخان‌های هلالی شکل»[21] با شاخه‌هایی که در جهت باد قرار گرفته‌اند.

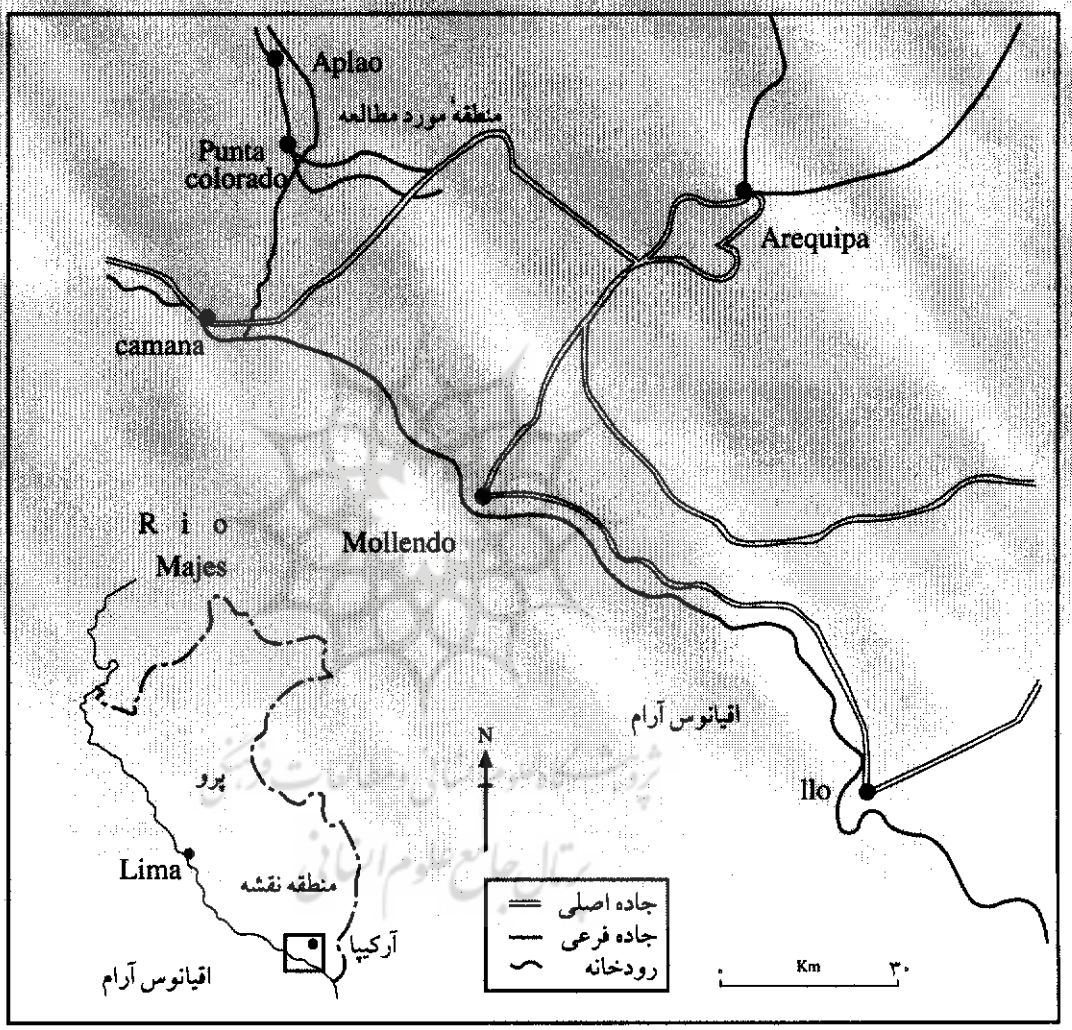
۶. پهنه‌های ماسه‌ای با منشأ پیچیده و چندین دورهٔ تحمیل اشکال تلماسه‌ای

ختلف که اغلب توسط رسوبات هرمی
کل یا عرضی مشخص می‌شوند.
به علت این که توسعه رو به شرق بیابان
اکاما محدود است، این صحرا دارای
پنه‌های ماسه‌ای وسیع یا تلماسه‌های
مشیری شکل بیابان‌های قاره‌ای مثل
یابان «صحرا»[۲] (در شمال آفریقا)
ست.

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
24.3	23.7	23.2	21.6	19.6	17.1	16.1	16.6	18.8	20.5	21.7	22.6
2.1	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	tr	0.0	tr	0.0

عرض جغرافیایی: "16'05 جنوبی (°C) درجهٔ حرارت
(mm) بارش ناچیز غربی tr=
ارتفاع ۵۱۰ متر طول جغرافیایی: 72°30
منبع: سرویس ملی هواشناسی و هیدرولوژی پرو

جدول ۱. آمار آب و هوایی ایستگاه آپلائو (Aplao)، در آرکیپا (پرو)، ۱۹۹۵

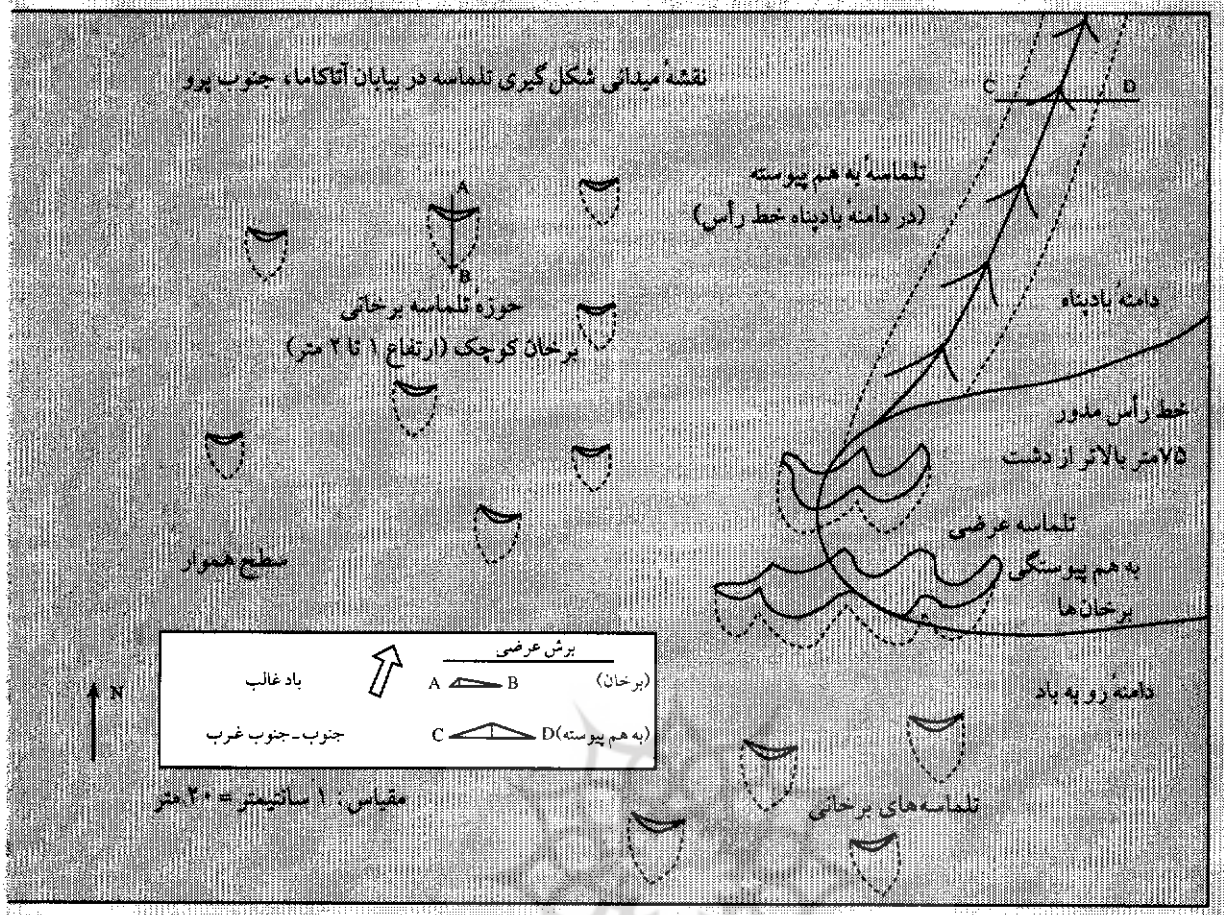


شکل ۲. موقعیت ناحیهٔ مورد مطالعه در جنوب پرو

وجود ناهمواری‌های نامنظم
شته کوه‌های آند به معنی آن است که
سعت نواحی، هموار محدود است. این
واحی که در طول ساحل غربی آمریکای
جنوبی امتداد یافته‌اند، به علت وجود
دوره‌های طولانی بدون هیچ بارندگی،
مورد توجه قرار می‌گیرند (به جدول ۱ نگاه کنید). محیط‌های بسیار خشک، براساس فقدان پوشش گیاهی که به توسعهٔ تلماسه کمک می‌کنند، مشخص می‌شوند.

مطالعهٔ موردی: آرکیپا[۳]، جنوب پرو

ناحیه‌ای در جنوب پرو تا جنوب شهر مهم آرکیپا مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۳). این منطقه دارای ۳ نوع متفاوت تلماسه در مجاورت هم است. منطقه در ارتفاع حدود ۷۰۰ متر واقع شده و دارای یک حوضهٔ تلماسه‌های برخانی روی یک ناحیهٔ مسطح کوچک است. باد غالب با سرعت



شکل ۴. نقشهٔ سادهٔ میدانی انواع تلماسه

۷ تا ۸ متر در ثانیه در بعدازظهر، ازجنوب می‌وزد. تلماسه‌ها از دانه‌های ماسهٔ کوارتزی سفید که به وسیلهٔ عمل باد به خوبی جور شده‌اند، تشکیل شده‌اند. بستر بیابان از قطعات نامنظم کانی‌های دیگر، بدون جورشدگی با رنگ پرتقالی تشکیل شده است. ماسه‌های کوارتزی به راحتی توسط باد حمل می‌شوند. ماسه‌های برخانی، دارای یک ناحیهٔ منبع، در خلاف جهت باد روی بستر بیابانی هستند که روی آن حرکت داده می‌شوند. جایی که دشت توسط یک تپهٔ منفرد به ارتفاع حدود ۷۵ متر قطع شود، دامنهٔ برخان‌ها ملایم می‌شود تا یک تلماسهٔ عرضی را، هم‌چنان که حاشیهٔ تلماسه‌ها با هم پیوند می‌خورد، شکل دهد. هنگامی که ماسه به رأس این تلماسه‌ها می‌رسد، روی دامنه حرکت می‌کند تا این که در خط تند دامنهٔ بادپناه، که مرز «سایهٔ باد»[24] را مشخص می‌کند، به جا گذاشته می‌شود. بنابراین، تغییرات سریع ناهمواری، سه نوع مختلف تلماسه را، همان‌گونه که در نقشهٔ سادهٔ میدانی نشان داده شده است (شکل ۴)، ایجاد می‌کند. (جدول ۱) و (شکل ۳)

تاثیر جریان هوا

می‌توان توزیع تلماسه‌ها را با بررسی جریان هوا توضیح داد. هرچه سطح ناهموارتر و نامنظم‌تر باشد، جریان هوایی که در سطح بیابان می‌وزد، متلاطم‌تر خواهد بود. در نواحی که جریان هوا به شکل موجی است، تلماسه‌ها گرایش دارند که جریان هوا را مایل (در زوایای راست) کنند. پیچش‌هایی[25] (آشفتگی‌هایی) که در بادپناه قلهٔ تلماسه ایجاد می‌شود، در ادامهٔ این جهت‌یابی اهمیت دارد (شکل ۵). در ساده‌ترین حالت، یک تلماسه نامتقارن متحرک شکل می‌گیرد (شکل ۶). سپس این موضوع شرایطی را ایجاد می‌کند که تحت آن، مجموعه‌ای از تموج‌ها، که در آن اشکال دائمی تثبیت می‌شوند، ظاهر می‌شوند. در آن نواحی که ذخایر ماسه‌ای برای پوشاندن کل سطح کافی نیست، تلماسه‌های برخانی غالب هستند. در نواحی ناهموار، آشفتگی[26] جریان هوا زیادتر است و امکان دارد، جریان‌های مارپیچی[27] یا حلزونی[28] تکامل یابند تا تلماسه‌های شمشیری موازی با جهت باد را ایجاد کنند. تلماسه‌های برخانی بررسی شده در این مقاله، حاصل دو جریان مارپیچی و موجی هستند که در شکل ۷ نشان داده شده‌اند. همچنان که ناهمواری با الگوی جریان هوا برخورد می‌کند، تلماسه‌ها به

شکل‌های مختلفی تکامل می‌یابند. (شکل ۴. شکل ۵. شکل ۶. شکل ۷).

منبع: Bishop and Prosser, Landform Systems.

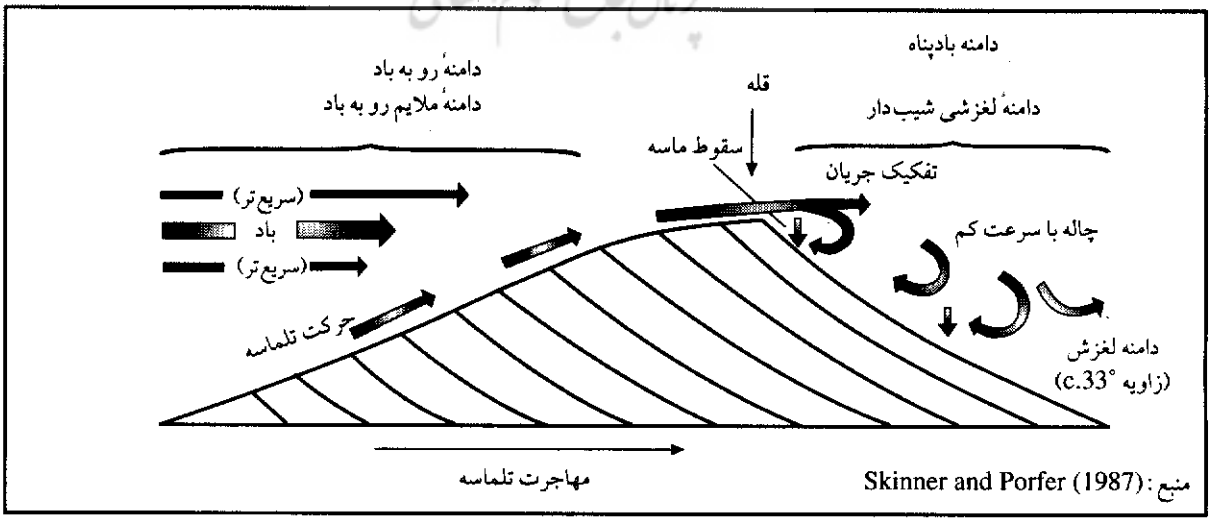
شکل ۵. تکامل تلماسه‌های عرضی

تلماسه‌های برخانی

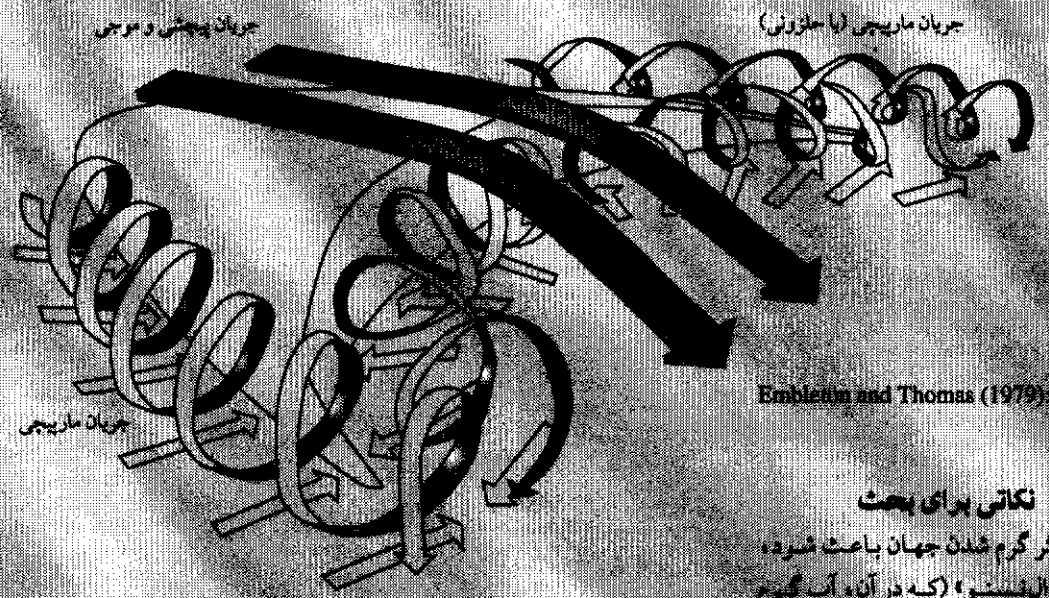
با نگاه از بالا، مشخص می‌شود که تلماسه‌های برخانی هلالی شکل با شاخه‌های در امتداد باد، در جهت باد حرکت می‌کنند. دامنهٔ بادپناه[۲۹] پرشیب‌تر از دامنه رو به باد است زیرا ماسه‌ها در مجموعه حرکاتی به نام جهش[۳۰] به طرف بالای دامنهٔ کم‌عمق طولانی، حرکت می‌کنند. همچنان که ماسه از رأس قله پائین می‌افتد، در بادپناه قرار می‌گیرد و بنابراین، دامنهٔ شیب‌دار ایجاد می‌شود. شاخه‌های تلماسه، شیب کم‌تری دارند. برهمین اساس، ماسه در این قسمت‌ها سریع‌تر از بدنهٔ اصلی تلماسه حرکت می‌کند. هنگامی که برخان را در جهت باد نگاه کنیم، مانند یک تپهٔ کوچک به نظر می‌رسد. با نگاه در خلاف جهت باد، تلماسه دارای قلهٔ تیز کلاسیک است. توسعهٔ حوزه‌های بزرگ تلماسه‌های برخانی، نیازمند فواصل یکسان طولانی و ذخایر ماسه‌ای فراوان از رودخانه‌های خشک یا بسترهای دریاچه‌ای است. برخان‌ها در نواحی هموار کم‌وسعت، به اندازهٔ نواحی هموار وسیع‌تر، توسعه نمی‌یابند. به عنوان مثال، در ناحیهٔ ذکر شده در بالا، ارتفاع قلهٔ برخان‌ها، ۱ تا ۲ متر بود، دامنهٔ رو به باد، با میانگین شیب ۴٫۲ درجه، بسیار وسیع و کم‌ضخامت بود و دامنهٔ پشت به باد با ۲۸ درجه، پرشیب‌تر بود، و به طور متوسط، فاصلهٔ بین شاخه‌ها ۲۵ متر بود. اندازه‌گیری یک حوضهٔ تلماسه بسیار وسیع، حدود ۱۰ کیلومتر دورتر نشان داد که برخان‌ها، هنگامی که شرایط مهیا باشد، بهتر توسعه می‌یابند و به ارتفاعی بین ۳ تا ۴ متر می‌رسند. دامنهٔ رو به باد[۳۱] یک شیب متوسط ۱۱٫۳ درجه و دامنهٔ پشت به باد، ۳۹ درجه داشت.

به طور میانگین، فواصل بین شاخه‌های تلماسه‌ها، ۳۴ متر بود. بنابراین، عدم دخالت ناهمواری‌ها، به برخان‌های تعریف شده اجازه داده است که به مقدار زیادی توسعه یابند. هنگامی که تلماسه‌ها در عرض جاده‌ها یا مزرعه‌ها حرکت می‌کنند، مورد تهدید قرار می‌گیرند. در بزرگراه «پان آمریکن»[۳۲] مجبور بودند، دائماً ماسه‌ها را جارو کنند؛ زیرا برخان‌های درحال حرکت، عمود بر مسیر جاده حرکت می‌کردند. منظرهٔ بیابان، که در نگاه اول بی‌اهمیت می‌نماید، به وضوح فراورده‌های هوازدگی و انتقال را نشان می‌دهد. آتاکاما با ناهمواری‌های مختلف آن مشخص می‌کند که چگونه انواع تلماسه‌ها می‌توانند در فواصل کوتاهی عوض شوند.

شکل ۶. جریان موجی شکل و شکل‌گیری یک تلماسهٔ نامتقارن



منبع: Skinner and Porfer (1987)



منبع: Embleton and Thomas (1979)

شکل ۲. جریان هوا و توسعهٔ برخان‌ها

نکاتی برای بحث

۱. اگر گرم شدن جهان باعث شود، حوادث «ال‌نینو» (که در آن، آب گرم جایگزین آب سرد جریان دریایی هومبولت می‌شود) بیش‌تر تکرار شوند، این موضوع چه تأثیری روی منابع رسوبی بادی توسعهٔ تلماسه در صحرای آتاکاما خواهد داشت؟

۲. چرا رشته کوه‌های بزرگ مثل «آند»، باران‌پناه[۳۳] ایجاد می‌کنند؟

نکات کلیدی

● شرایط بسیار خشک بیابان آتاکاما، به وسیلهٔ شرایط وارونگی دمایی ایجاد شده توسط جریان آب سرد که به طرف شمال در امتداد آمریکای جنوبی جریان می‌یابد، به وجود می‌آید. به علاوه، رشته کوه آند به طرف شرق یک اثر باران‌پناه ایجاد می‌کند.

● فقدان دریاهای ماسه‌ای در آتاکاما به این معنی است که این بیابان در گروه «بیابان‌های سنگی»[۳۴] طبقه‌بندی می‌شود و با وجود ناهمواری نامنظم، تلماسه‌ها در نواحی معدودی می‌توانند شکل گیرند.

● در آن نواحی که ذخیرهٔ ماسه محدود است، شرایط برای توسعهٔ برخان مساعد است.

● برخان‌هایی که به داخل اشکال تلماسه‌ای دیگر وارد می‌شوند، مربوط به ناهمواری‌های محلی هستند که باعث تغییرات جریان هوا در سطح زمین می‌شوند. همچنین، شکل و مقیاس برخان‌ها، به وسیلهٔ ناحیه‌ای که باد روی آن می‌وزد، تعیین می‌شود؛ به طوری که تلماسه‌های برخانیِ بزرگ‌تر و بیش‌تر توسعه یافته، در نواحی هموار و وسیع یافت می‌شوند.

واژه‌نویسی

1. dune
2. input
3. output
4. aridity index
5. Potential evapotranspiration
6. hyper- arid
7. Atacama
8. chile
9. Andes
10. temperature inversion
11. Ecuador
12. Humboldt current
13. normal adiabatic lapse rates
14. El Nion
15. longitudinal Seif dunes
16. complex sand seas
17. transverse
18. sand drifts
19. tied dunes
20. parabolic blow - out dunes
21. crescent - shaped barchans
22. Sahara
23. Arequipa
24. wind shadow
25. eddies
26. turbulence
27. helical
28. spiral
29. leeward slope
30. saltation
31. wind ward slope
32. pan - American
33. rain shadows
34. stony desert

منبع

مقالهٔ حاضر (Dune formation in the Atacama) از مجلهٔ Geography Review، شمارهٔ ۵، می ۲۰۰۰، صفحهٔ ۴۱-۳۶ ترجمه شده است.