

معرفی سازه های حفاظتی فعال و غیر فعال و مقابله با ریزش سنگ در دامنه های ناپایدار شهرستان سمنان

حمید خیرالدین ، مرضیه قمشیون، امیر حسین هاتفی و محمد نجیم چشمیدری¹

چکیده:

بررسی وضعیت دقیق زمین شناسی و زمین ساختی منطقه و تلفیق حاصل این بررسی ها با نتایج به دست آمده از مطالعات آماری و احتمالاتی در خصوص زمین لرزه های پیش از سده بیستم و نیز رویدادهای لرزه ای ثبت شده دستگامی در گستره، نقش بسزایی را در حفظ پایداری سازه های در حال احداث دارد. استفاده از ابزارهای جدید همانند داده های ماهواره ای و ژئوفیزیکی در مطالعات زمین ساختی و بکارگیری GIS در مراحل تلفیق و تفسیر داده ها نتایج را منطقی تر و دقیق تر می گرداند. مهمترین عامل در انواع گسیختگی دامنه جاذبه زمین است، هر چند عوامل دیگر مانند آب زیر زمینی، شیب و ارتفاع دامنه، آبهای سطحی، و وضعیت کلی زمین شناسی نیز از عوامل دیگر به شمار می آیند همچنین برای طراحی سازه های مقاوم در مقابل ناپایداریها ابتدا باید بررسی های اولیه زمین شناسی، ژئومکانیکی، ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی و محیط زیستی (دما و گیاهان) محل به خوبی انجام پذیرد. برای افزایش مقاومت و یا جلوگیری از ریزش سنگها دو روش وجود دارد. - سازه های حفاظتی فعال (Active) این گروه سازه ها اب هدف کاهش یا توقف جدا شدن احتمالی سنگ از دامنه، سقوط و یا غلطیدن قطعات طراحی می شوند. سازه های حفاظتی غیر فعال (Passive) هدف از طراحی این سازه ها کم کردن سرعت، تغییر مسیر قطعه و مانع از سقوط، غلطیدن و حرکت قطعات سنگ شدن است. اگر چه تغییرات عرض جغرافیایی در حوضه منطق شهمیرزاد نیست و یک متر تغییرات ارتفاعی برابر هزار متر حرکت روی نصفالنهار به سمت عرضهای بالاتر جغرافیایی در توسعه اشکال کارست مؤثر است.

واژگان کلیدی: پایداری دامنه ها، سازه ها، حفاظت ، فعال و غیر فعال

1: استاد بار و دانشجویان کارشناسی ارشد در دانشکده کویر شناسی دانشگاه سمنان

مقدمه

مهمترین عامل در حرکت یک ذره بر روی یک سطح شیبدار، نیروی گرانشی است. عوامل موثر اصلی در ناپایداری عبارت از شیب دامنه و مقادیر تنشهای عمودی و برشی است. در طبیعت عوامل دیگری نیز در جهت ناپایدار سازی دامنه‌ها عمل می‌کنند که می‌توان آنها را به دو گروه متفاوت تقسیم کرد:

آب زیر زمینی یکی از مهمترین عوامل تسریع کننده حرکات دامنه‌هاست. افزایش آب به معنی افزایش وزن دامنه یا چگالی ظاهری آن است که خود می‌تواند نقشی منفی در پایداری داشته باشد. هر زمان سطح آب یک مخزن به سرعت پایین بیاید، مثل پایین رفتن سطح آب دریا در زمان جزر و پایین رفتن سطح آب مخزن در زمان تخلیه سریع یک سد، ممکن است بخشهایی از دامنه که بیشتر از آب اشباع است، گسیخته شود. این پدیده بیشتر در مصالح ریزدانه (لای و رس) دیده می‌شود. در اینگونه موارد که از زهکشی ضعیف برخوردارند. پس از افت آب در مخزن، دامنه توسط آب اضافی، که در مناطق به تله افتاده‌اند، بارگذاری می‌شود. بطور کلی فشار آب منفذی باعث کاهش تنش عمودی موثر بر سطح گسیختگی و به زبان دیگر کاهش مقاومت برشی مواد دامنه می‌گردد. یکی از دلایل بالا رفتن فشار منفذی در خاکها، مخصوصاً در انواع ریزدانه که نفوذپذیری کم و قابلیت زهکشی ضعیفی دارند، بارگذاری ناگهانی به روی خاک است که در نتیجه آن خاک متراکم می‌شود. آبهای داخل خاک که این چنین تحت فشار قرار می‌گیرند، چون نمی‌توانند به سرعت از خاک خارج شوند، یک فشار منفی ایجاد می‌نمایند.

خشک و مرطوب شدن برخی از مواد تغییر حجم زیادی را به همراه دارد. ایجاد ترک بر اثر انقباض مصالح، مقاومت را کاهش می‌دهد، در مقابل، انبساط ناشی از آبیگری ممکن است تاثیر نامطلوبی بر لایه‌ها و سازه‌های اطراف داشته باشد. آب از طرفی عامل موثری در هوازگی فیزیکی و شیمیایی مواد است. با پیشرفت هوازگی مقاومت مواد کاهش می‌یابد. علاوه بر آن ترکها و شکافها، که محلولهایی برای ورود آب‌اند، فراختر می‌شوند. قطعاتی از سنگ که بر اثر هوازگی از دیواره جدا می‌شوند به شدت مستعد ریزش‌اند.

دشت مشهد با برداشت سالیانه یک میلیارد متر مکعب از منابع آب زیر زمینی، اصلی ترین و مهمترین منبع آب شرب شهر مشهد و همچنین یکی از قطب‌های مهم کشاورزی و صنعتی استان خراسان رضوی می‌باشد. استفاده بیش از ظرفیت از منابع آب زیر زمینی دشت، باعث بروز مشکلات فرونشستی شده است. در حال حاضر در بین 35 دشت ممنوعه استان، 12 دشت در شرایط بحرانی و دشت مشهد در شرایط فوق بحرانی به سر می‌برند، زیر این دشت به طور کلی نمی‌تواند جمعیت استان و سالانه 14 میلیون زائر حضرت رضا (ع) را در خود گنجاند. این دشت در طی 30، 40 سال اخیر 40-60 متر افت سطح آب زیر زمینی داشته، باعث خشک شدن لایه اشباع آبخوان آن و همچنین باعث پدیده فرونشست و متعاقباً شکستگی‌های عمقی و طولی در مزارع کشاورزی، جاده‌ها و راه‌های ارتباطی شده است.

عامل مهم دیگر در حرکات دامنه‌ها، نقش ساختهای زمین‌شناسی نامناسب است. در شرایطی که در توالی از سنگهای رسوبی شیبدار، لایه‌ها به سمت داخل شیب داشته باشند، دامنه پایدارتر از حالتی است که شیب لایه‌ها به سمت خارج دامنه است. در حالت اول گسیختگی احتمالی با توجه به مقاومت سنگ یکپارچه و درزهای موجود در سنگ انجام می‌شود. در واقع در اینجا جنس سنگ نقش موثری در پایداری دارد. در صورتی که در حالت دوم، عامل موثر در ناپایداری مقاومت برشی سطوح لایه‌بندی است و مقاومت سنگ یکپارچه در اینجا نقشی ندارد. برخی مواد استعداد بیشتری در ناپایدار سازی دامنه‌ها دارند. وجود یک لایه رسی نفوذ ناپذیر که به سمت خارج دامنه شیب داشته باشد، از آنجمله است.

نظر به اینکه وجود هر نوع گسستگی در دامنه باعث ناپایداری است ، پس هر عاملی که گسستگیهای جدیدی بوجود آورد، نیز از عوامل ناپایدار کننده به حساب می آید . بر اثر یخ زدن آب در ترکهای مویی یا فشار ناشی از ریشه گیاهان و سرانجام حل شدن مواد توسط هوازگی شیمیایی و عوامل متعدد دیگر ، گسستگیها گسترش بیشتری می یابند. علاوه بر آن با افزایش فشار ناشی از یخ یا عملکرد ریشه گیاهان ، ممکن است نوعی جابجایی برشی در راستای گسستگی ایجاد شود که می تواند مقاومت برشی را کاهش دهد و آن را به حد «مقاومت پس ماند» برساند .

افزایش ارتفاع دامنه توسط خاکریزی بر روی دامنه یا حفاری پاشنه آن و همچنین افزایش شیب دامنه که ممکن است بطور طبیعی یا مصنوعی انجام شود، بر ناپایداری می افزاید. تغییر شیب و ارتفاع ممکن است بر اثر نیروهای تکتونیکی نیز انجام شود. آبهای جاری و امواج مهمترین عوامل فرسایش زیر دامنه اند . در دامنه های مصنوعی ، مخصوصا در سدهای خاکی ، پدیده «رکاب» باعث شسته شدن ذرات ریز از میان ذرات درشتتر می شود. در صورتی که رگاب به سطح دامنه کشیده شود، عملکردی مشابه خالی شدن زیر دامنه راه به همراه خواهد داشت .

یکی از عواملی که می تواند باعث افزایش تنش برشی در امتداد یک سطح بالقوه گسیختگی شود، افزایش وزن مواد دامنه ، یا به عبارتی بارگذاری بر روی آن است. بارگذاری می تواند بر اثر عوامل طبیعی مثل تجمع آب یا برف در سطح دامنه یا مواد حمل شده از زمین لرزه دیگری ، که در بخشهای بالاتر دامنه اتفاق افتاده است، صورت گیرد . فعالیتهای بشر مانند انبار کردن کانه ها یا باطله های معدنی یا ریختن زباله و مواد اضافی به روی دامنه ، خاکریزی برای ایجاد راه و ساختمان سازی ، همه به دلیل بارگذاری به روی دامنه ، تنش برشی را افزایش می دهند. نفوذ آب باران و برف به داخل دامنه باعث افزایش وزن واحد حجم مواد و به زبانی بارگذاری داخلی می شود. در دامنه های کم شیب افزایش وزن، گرچه بر مقدار تنش برشی می افزاید، ولی بیشتر از آن مولفه تنش عمودی را ، که عامل پایداری است، تقویت می کند .

ایجاد لرزشهای طبیعی یا مصنوعی ، مثل زمین لرزه ، لرزشهای ناشی از آتشبازی یا فعالیتهای ساختمانی می تواند تنش برشی را در طول یک سطح بالقوه گسیختگی افزایش دهد. بطور کلی مواد داخل دامنه در حالت تعادل پایدار قرار دارند. در زمان ایجاد زمین لرزه طیفی نوسانات ایجاد می شود که می تواند باعث بارگذاری چرخه ای شود که در نتیجه تنش برشی افزایش می یابد. در مواد ناپیوسته دانه ای ، بر اثر لرزش ممکن است بخشی از چسبندگی ذرات از بین برود. از طرف دیگر لرزشها ممکن است تراکم مواد را به همراه داشته باشند. در چنین مواردی اگر آب داخل دامنه نتواند به سرعت زهکشی شود، فشار منفذی به سرعت بالا خواهد رفت که ممکن است به آبگونی مصالح ریزدانه ماسه ای یا گسیخته شدن مواد پرکننده شگستگیها منجر شود .

در مواردی که در منطقه مورد مطالعه نیروهای افقی جهتدار ، نیروهای تکتونیکی ، فعال راستای آن در ارتباط با سطح دامنه از جهت یابی مناسبی برخوردار باشد، ممکن است مسایلی را بوجود آورد. در صورت حفاری عمیق در چنین دامنه هایی ، اگر مصالح قابلیت خمیر ماندنی خوبی داشته باشند متورم شده و در مواردی که ترد و شکننده باشند ترکهایی به موازات سطح دامنه در آنها ایجاد خواهد شد که « درز رهایی » نامیده می شوند. از مقدار ، فاصله و ابعاد این درزها به سمت داخل دامنه به سرعت کاسته می شود. این درزها باعث رها شدن قطعات و ورقه هایی از سنگ و ریزش آنها به پای دامنه می شود. این پدیده با فراوانی و اهمیت بیشتری در زمان حفر تونلها و فضاهای زیر زمینی دیده می شود.

پرتگاهها و دامنه هایی که بر اثر فرسایش سریع دیواره رود و ساحل دریا تشکیل می شوند یا آنهایی که توسط انسان در سنگ حفاری می شوند، معمولا تغییراتی در وضعیت تنش زمین ، مخصوصا در بخشهای نزدیک به سطح دامنه ایجاد

می‌کنند. این تغییرات علاوه بر وضعیت تنش زمین در قبل از حفاری به جهت یابی و شکل دامنه نیز ارتباط دارد. بطور کلی در بخشهای مقعر دامنه معمولاً تنشهای فشاری و در بخشهای محدب پیش آمده تنشهای کششی ایجاد می‌شود. سیستم به هم پیچیده ریشه درختان باعث افزایش چسبندگی و استحکام خاک می‌شود. درختان علاوه بر محکم نگاهداشتن طبقات لغزنده سطحی توسط ریشه‌هایشان، مقدار زیادی از آب ورودی به خاک را جذب و مصرف کرده و در نتیجه دامنه را سبکتر می‌کنند. البته در مواردی درختان می‌توانند نقش ناپایدار کننده داشته باشند. درختانی که در شکاف سنگها می‌رویند، بر اثر رشد ریشه‌هایشان، شکافها را به تدریج فراختر می‌کنند. از طرفی، کاشتن درختان جدید بر روی یک دامنه باید با احتیاط صورت گیرد، چون ممکن است وزن آنها عامل برای افزایش ناپایداری شود.



شکل 1: نتایج لغزش زمین را در یک دامنه نشان می‌دهد.

بیشترین لغزشها در دامنه‌هایی اتفاق افتاده است که قطع یکسره جنگل وجود داشته است. این قطع جنگل به منظور عبور دکل‌های برق فشار قوی و احداث جاده صورت گرفته است. خاکدانه‌ها به علت اینکه تحت تاثیر ریشه گیاهان قرار می‌گیرند خواص چسبندگی آنها تغییر می‌کند. که یکی از عوامل مهم در فرونشست و ریزش دامنه‌ها می‌شوند.

نتایج و بحث:

تثبیت دامنه‌هایی که شروع به گسیختگی کرده‌اند، معمولاً با محدودیت‌هایی زمانی همراه است. البته باید توجه داشت که وجود ترکهای کششی در سطح دامنه الزاماً به معنی قریب الوقوع بودن گسیختگی کلی نیست. گسیختگی کلی بیشتر در فصول پر باران، که حرکات دامنه نسبتاً زیاد و معمولاً شتابدار است، صورت می‌گیرد. تجربه نشان داده است که بسیاری از توده‌های لغزنده می‌توانند تا 2 سانتیمتر در روز جابجا شوند، بدون آنکه گسیختگی کلی در آنها اتفاق بیافتد.

در هولوسن (عصر حاضر)، ویژگیهای مورفوننتیک منطقه از پریگلسیر به نیمه خشک تغییر نمود. آب و هوای ناحیه، کوهستانی نیمه خشک، تا نیمه مرطوب با زمستانهای سرد و تابستانهای تقریباً خنک می‌باشد. متوسط دمای سالانه منطقه، $10/8$ درجه سانتیگراد، متوسط ژانویه (سردترین ماه سال) $1/1-$ درجه سانتیگراد و متوسط دمای ژوئیه (گرم‌ترین ماه سال) $22/8$ درجه سانتیگراد است. میانگین بارش سالانه برای حوضه آبی اخلمد 386 میلی‌متر برآورد شده است. در فرسایش کارستی شاخص‌های مرکزی و میانگین داده‌های عناصر اقلیمی، از اهمیت بیشتری نسبت به شاخص‌های پراکندگی عناصر اقلیمی برخوردارند.

در عصر حاضر، هوازگی فیزیکی از مهمترین فرایندهای آغازین ژئومورفولوژی منطقه محسوب می‌گردد که همراه با سایر فرایندهای شکل‌زا، از قبیل آبهای جاری و آبهای نفوذی نقش اساسی را در تغییرات سیمای ژئومورفولوژیکی محیط، به عهده دارند. از این رو روان آبها در سطح حوضه آبی اخلمد، قادر به ایجاد پنج حوضه توپوگرافی بزرگ و کوچک مستقل گشته‌اند به عبارت دقیق‌تر، روان آبها 129 دره و آبراهه به طول $195/65$ کیلومتر را در وسعت 130 کیلومتر مربع حفر نموده‌اند، که گویای یک تراکم زهکشی بسیار کم ($1/5$ کیلومتر در کیلومتر مربع)، بافت و چهره کاملاً خشن ناهمواری

تغییر حالت فیزیکی آب در نتیجه نوسانات درجه حرارت و انرژی گرمایی، منجر به پیدایش فرایندها و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی - هیدرولوژیکی خاصی نظیر کریوکلاستی، هیدروکلاستی، باروکلاستی (پیدایش اشکال بلوکی ماکروژلی فرکسیون آهکی)، انحلال ناشی از بخار آب و رطوبت هوا (تشکیل حفره‌های سطحی کارست و تافونی‌ها). تجزیه شیمیایی ناشی از رطوبت هوا به صورت کربناتاسیون و پیدایش گل سنگ بر سطح سنگها (تولید رسوبات ریزدانه) و اکسیداسیون (پیدایش ورنی و زنگار بر سطح سنگها) و امثال آن شده است.

در زمره مهمترین عوامل داخلی، ساختار زمین شناسی، اعم از ساختمان و تکتونیک شکننده و لیتولوژی عمومی یا شرایط سنگ شناسی است. مؤثرترین عوامل خارجی اقلیم، پوشش گیاهی، ارتفاع، عرض جغرافیایی و زمان است. پیدایش و توسعه پدیده‌های کارست با درجه تکنونیزه شدن، میزان خلوص ضخامت سنگ آهک، برودت هوا و آب، رطوبت و میزان ریزشهای جوی، تراکم پوشش گیاهی، میزان ارتفاع، عرض جغرافیایی و طول زمان در منطقه مورد مطالعه رابطه مستقیم دارد.

یکی از رایجترین روشهای غیر قابل نفوذ کردن سطح زمین، پاشیدن مواد نفتی (مالچ) به سطح دامنه است. مالچ به انواعی از مواد نفتی سنگین مایع اطلاق می‌شود که معمولاً جزء محصولات زاید پالایشگاه یا کارخانه‌های پتروشیمی است. این روش ضمن جلوگیری از نفوذ آب به داخل دامنه، با چسباندن ذرات خاک به یکدیگر، سطح دامنه را در برابر آثار فرسایشی باد و تا حدی آب جاری محفوظ نگاه می‌دارد.

با وجود کوششی که برای جلوگیری از نفوذ آب به داخل دامنه صورت می‌گیرد باز هم ممکن است قسمتی از آبها از سطح دامنه نفوذ از محلی دورتر توسط آب زیرزمینی به داخل دامنه حمل شود. این آبها قبل از هر چیز با افزودن به وزن نیروهای رانشی را زیاد می‌کنند. ایجاد زهکشهای تقریباً افقی می‌تواند نقش موثری در کاهش فشار آب داخل دامنه‌های سنگی و خاکی داشته باشد. از اینرو می‌توان از این روش هم برای پیشگیری از حرکت و هم جلوگیری از

تحرك يك زمين لغزه در حال تشكيل استفاده كرد . به اين منظور در بخشهاي پاييني دامنه افقي ، با شيب ناچيزي به سمت خارج براي ايجاد جريان ثقلي آب ، حفر مي شود .

حفر نقب يا گالريهاي زهكش در دامنه هاي سنگي و خاكي ، مخصوصا در جاهايي كه زهكشي عميق بخشهاي داخلي دامنه مورد نظر است، مفيد واقع مي شود. چنين گالريهايي مي توانند هم نقش پيش گيرنده داشته و هم در مراحل اوليه حركت دامنه جهت جلوگيري از حركات بيشتري آن بكار روند. كارايي گالريهاي زهكش را مي توان با حفر گمانه هاي شعاعي از داخل گالري افزايش داد .

اين نوع زهكشي بيش از همه براي تخليه آب سفره هاي معلق كه بر روي يك بخش غير قابل نفوذ تشكيل شده و در زير آن لايه هاي نفوذپذير و بازكشي آزاد وجود دارد، بكار برده مي شود .

حفر چاههاي عميق و پمپاژ آنها مي تواند بطور موقت در بهبود وضعيت دامنه ناپايدار موثر باشد. اين روش عمدتا در مورد دامنه هاي سنگي بكار مي رود .

حفر چاه ، چاهك يا خندق (تراشه) در پاي دامنه ، براي جلوگيري از افزايش بيش از حد فشار آب و بالا رانديگيهاي ناشي از آن در بخشهاي مجاور پاي دامنه ، اغلب مفيد واقع مي شود. اين روش منحصر در مورد دامنه هاي خاكي و معمولا در مجاورت دامنه پاياب سدهاي خاكي ايجاد مي شود . اين روش ، در مورد دامنه هاي خاكي حفاري شده و يا خاكريزها ، مخصوصا خاكريزهايي كه در دامنه ايجاد مي شود، به كار گرفته مي شود و علاوه بر پيشگيري از تفرش مي تواند در مراحل اوليه ناپايداري نقش ترميمي نيز داشته باشد . اين روش ، همانگونه كه از نام آن پيدااست، به صورت يك لايه زهكش عمل مي كند. در خاكريزها ، مخصوصا خاكريزهايي كه در دامنه ايجاد مي شود، وجود لايه اي از مواد نفوذپذير در زير خاكريز ، ضمن زهكشي آبهاي محلي دامنه و داخل خاكريز ، از افزايش بيش از حد فشار آب در خاكريز ، جلوگيري به عمل مي آورد . اين روش عمدتا در دامنه هاي خاكي كه از لاي درست شده باشند بكار گرفته مي شود و ضمن تسهيل تخليه آب بر مقاومت خاك مي افزايد. به اين منظور الكترودهايي را در عمقي كه مايليم آب آن تخليه شود، قرار مي دهيم و جريان مستقيم به آنها وصل مي كنيم. جريان باعث مي گردد كه آب بين ذره اي از قطب مثبت به سمت قطب منفي حركت كرده و در آنجا توسط پمپاژ به خارج هدايت شود .

تكنولوژي جديد سنجش از دور InSAR مي تواند با دقت بسيار بالايي تغييرات ارتفاعي بوجود آمده در سطح زمين را نمايش دهد. در اين زمينه مي توان از تصاوير ماهواره اي RADARSAT, FRS, JERS استفاده كرد. استفاده از سيستم هاي اطلاعات جغرافيايي GIS براي طبقه بندي تصوير، همپوشاني با عكس هوايي ژئورفرنس شده و نهايتا تعيين موقعيت مكاني دقيق مناطق در حال فرونشست مي تواند كمك زيادي داشته باشد.

دشت سمنان در طي 30، 40 سال اخير 60-100 متر افت سطح آب زير زميني داشته، باعث خشك شدن لايه اشباع آبخوان آن و همچنين باعث پديده فرونشست و متعاقبا شكستگي هاي عمقي و طولی در مزارع كشاورزي، جاده ها و راه هاي ارتباطی شده است. جلوگيري از برداشت بی رويه از آبهاي زير زميني مي تواند از فرونشست شهر سمنان و بالا بردن پايداري دامنه ها داشته باشد.

سپاسگزارى: بدینوسیله از ریاست محترم دانشكده كوير شناسی كه با حمايت مالی شرايط اعتلای اين تحقيق را فراهم ساخت كمال تشكر و از همكاري پرسنل محترم دانشكده كوير شناسی تشكر مي گردد.

منابع قابل استفاده:

منابع:

1. احمدی، حسن، 1375، معیار های شناخت بیابان های ایران، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابان زایی و روش های مختلف بیابان زدایی، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.
2. اختصاصی، محمد رضا و سعید مهاجری، روش طبقه بندی بیابان زایی اراضی در ایران، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابان زایی و روش های مختلف بیابان زدایی، شهریور 1375.
3. آی - آرنون اصول زراعت در مناطق خشک (برگردان عوض کوچکی و امین علیزاده 1365) انتشارات آستان قدس رضوی.
4. تریکار، ژان، ناهمواری های مناطق خشک، ترجمه دکتر مهدی صدیقی - محسن پور کرمانی (1369) انتشارات آستان قدس رضوی.
5. جزیره ای، محمدحسین 1371. پدیده خشکی، مجله جنگل و مرتع، شماره 13 و 14 و 15، سازمان جنگلها و مراتع.
6. جعفرپور، ابراهیم و معتمد، احمد 1370. محیط بیابانی گرم. نشریه بیابان، شماره 31، انتشارات مرکز مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، دانشگاه تهران.
7. حسین زاده، سیدرضا 1378. تعیین قلمرو طیس با تکیه بر مطالعات تفصیلی ژئومرفولوژی و نقش فرایندهای دینامیک بیرونی و انسان در تشدید پدیده بیابان و بیابان زایی، رساله دکتری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران.
8. خسرو شاهی، محمد 1380، دستور العمل تکمیلی اجرای طرح ملی تعیین قلمرو جغرافیایی محدوده بیابان های ایران، موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.
9. خسرو شاهی، محمد وهمکاران، 1382، مقایسه تطبیقی قلمرو بیابان های استان تهران از دیدگاههای مختلف، مجله بیابان، موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.
10. درش، ژان، 1982، جغرافیای نواحی خشک، ترجمه شهریار خالدی (1373)، نشر قومس
11. علیجانی بهلول و کاویانی محمدرضا، 1372. مبانی آب و هواشناسی انتشارات سمت (چاپ دوم)
12. فاموری، جلال و م.ل. دیوان، 1349: خاکهای ایران. تهران. موسسه تحقیقات خاک اک و آب، نشریه شماره 240 (چاپ دوم، 1358)، 383 صفحه + 35 ضمیمه.
13. کردوانی، پرویز، 1367، مناطق خشک (جلد اول)، انتشارات دانشگاه تهران.
14. گزارش نهایی تعیین قلمرو جغرافیایی محدوده های بیابانی ایران (استان اصفهان)، 1382، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.
15. مرید، سعید و هوشنگ قائمی، 1376، شبیه سازی بارندگی - رواناب، ضرورتی برای برنامه ریزی مدیریت منابع آب، مجله نیوار، جلد 35.