

بہ نام پروردگار ہمانیان



دانشگاه سیستان و بلوچستان

بیابان و بیابانزایی از نگاه آب و هواشناسی

دکتر تقی طاوسی

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی و آب و هواشناسی

دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی

دانشگاه سیستان و بلوچستان

زاهدان، ایران

بهار ۱۳۹۴

پیشکش بہ

بوستان زندگیم، ہمسر عزیزم فاطمہ

و

بہ نور چشمانم، فرزندانِ دلبندم علیرضا، محمدرضا و سمانہ

فهرست عنوان

- فهرست جدول‌ها ۲۰
- فهرست شکل‌ها ۲۱
- پیش‌گفتار ۱
- فصل اول: آشنایی با واژه بیابان** ۹
- ۱-۱. مقدمه ۹
- ۲-۱. سرزمین‌های ناگوار (Insalubrious) ۱۱
- ۱-۲-۱. جنگل‌های بارانی استوایی ۱۱
- ۲-۲-۱. مناطق سرد قطبی ۱۳
- ۳-۲-۱. مناطق خشک، نیمه خشک و نیمه نمناک ۱۴
- ۳-۱. اهمیت مناطق خشک و نیمه خشک ۱۵
- ۱-۳-۱. گستردگی ۱۵
- ۲-۳-۱. جمعیت فراوان و فزاینده ۱۶
- ۳-۳-۱. مخاطره زیست محیطی پدیده بیابانزایی ۱۶
- ۴-۱. پراکندگی جغرافیایی مناطق خشک ۱۷
- ۱-۴-۱. نوار بیابانی نیمکره شمالی ۱۹
- ۲-۴-۱. نوار بیابانی نیمکره جنوبی ۱۹
- ۵-۱. بیابان به مفهوم آب و هوای خشک ۲۲
- ۶-۱. «پلایا» بخش پست سرزمین‌های بیابانی ۲۴
- فصل دوم: خشکی آب و هوایی** ۲۹
- ۱-۲. مقدمه ۲۹

۳۰	۲-۲. آستانه خشکی در تراز آبی تورنت وایت
۳۱	۳-۲. آستانه خشکی در روش دمارتن
۳۲	۴-۲. آستانه خشکی در روش میلر
۳۲	۵-۲. آستانه خشکی در روش ارینچ
۳۳	۶-۲. آستانه خشکی در روش ایوانف
۳۳	۷-۲. آستانه خشکی در روش کوپن
۳۵	۸-۲. شاخص خشکی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)
۳۵	۱-۸-۲. منطقه فراخشک
۳۶	۲-۸-۲. منطقه خشک
۳۶	۳-۸-۲. منطقه نیمه خشک
۳۶	۹-۲. شاخص خشکی برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)
۳۷	۱۰-۲. آستانه چرخه سالانه خشکی در روش گوسن (نمودار آمبروترمیک)
۴۰	۱۱-۲. محاسبه ضریب قاره‌ای
۴۳	فصل سوم: بازیگران آب و هوای بیابان
۴۳	۱-۳. مقدمه
۴۴	۲-۳. فرونشینی هوا در کانون‌های پرفشار
۴۵	۱-۲-۳. واچرخندهای پویشی جنب استوایی
۵۷	۲-۲-۳. فراباره‌های قطبی
۵۸	۳-۳. دیوارهای کوهستانی
۵۹	۴-۳. جریان‌های دریایی سرد ساحلی
۶۴	۵-۳. نبودن هوای نمناک و باران آور
۶۷	فصل چهارم: دسته‌بندی بیابان‌ها بر پایه فاکتورهای آب و هوایی
۶۷	۱-۴. مقدمه
۶۸	۲-۴. بیابان‌های عرض‌های پایین
۶۸	۱-۲-۴. بیابان‌های پویشی جنب استوایی
۷۱	۲-۲-۴. بیابان‌های پویشی کرانه‌های خنک باختری

۳-۴	بیابان‌های عرض‌های میانه.....	۷۲
۱-۳-۴	بیابان‌های بادپناه.....	۷۴
۲-۳-۴	بیابان‌های درون قاره‌ای.....	۷۶
۴-۴	بیابان‌های عرض‌های بالا.....	۷۷
۱-۴-۴	تایگا (جنگل سوزنی برگ) (Dfc).....	۷۷
۲-۴-۴	آب و هوای قطبی (E).....	۷۸
۱-۲-۴-۴	توندرای قطبی (ET).....	۷۸
۲-۲-۴-۴	کلاهک یخی (یخ پهنه‌های قطبی)، (EF).....	۷۹
فصل پنجم: پهنه بندی بیابان‌ها بر پایه ویژگی‌های آب و هوایی		
۱-۵	مقدمه.....	۸۳
۲-۵	پیکره دسته بندی آب و هوایی کوپن.....	۸۴
۳-۵	آب و هوای خشک و نیمه خشک (B).....	۸۸
۱-۳-۵	آب و هوای خشک و بیابانی (BW).....	۸۸
۲-۳-۵	آب و هوای نیمه خشک و استپی (BS).....	۹۶
۴-۵	ویژگی مشترک آب و هوای استپ و بیابان جنب استوایی.....	۱۰۳
۱-۴-۵	ویژگی مشترک آب و هوای استپ و بیابان عرض میانه.....	۱۰۳
۵-۵	سرزمین‌های نمناک و نیمه نمناک با یک دوره خشک.....	۱۰۵
۱-۵-۵	آب و هوای خشک و نمناک میان مداری.....	۱۰۵
۲-۵-۵	آب و هوای نمناک عرض‌های میانه با زمستان خشک.....	۱۰۵
۳-۵-۵	آب و هوای ملایم و نمناک عرض‌های میانه با تابستان خشک.....	۱۰۶
۶-۵	قلمرو سرزمین‌های خشک در الگوی میگز.....	۱۰۶
۷-۵	سخن پایانی فصل.....	۱۱۴
فصل ششم: ویژگی‌های زیست‌بوم‌های خشک و نیمه خشک (بیابان)		
۱-۶	مقدمه.....	۱۱۷
۲-۶	تفاوت‌های الگوهای آب و هوایی بیابان.....	۱۱۹
۳-۶	بارندگی.....	۱۲۰

۱۲۲	۴-۶. دمای هوا.....
۱۲۵	۵-۶. باد.....
۱۲۵	۶-۶. تبخیر و تعرق.....
۱۲۶	۷-۶. نمناکی هوا.....
۱۲۷	۸-۶. ویژگی خاک‌های مناطق خشک و اهمیت آن‌ها.....
۱۲۹	۹-۶. ویژگی گیاهان مناطق خشک.....
۱۳۱	۱۰-۶. دسته بندی گیاهان مناطق خشک.....
۱۳۵	۱۱-۶. جمع بندی زیست‌بوم‌های مناطق خشک.....
۱۳۹	فصل هفتم: بیابان‌های ایران
۱۳۹	۱-۷. مقدمه.....
۱۳۹	۲-۷. سازندگان آب و هوای بیابانی ایران.....
۱۴۰	۱-۲-۷. عرض جغرافیایی.....
۱۴۴	۲-۲-۷. گسترش هسته پرفشار جنب استوایی بر فراز ایران.....
۱۴۵	۳-۲-۷. ناهمواری‌ها.....
۱۴۷	۴-۲-۷. دوری و نزدیکی به دریا.....
۱۴۷	۳-۷. دسته‌بندی بیابان‌های ایران بر پایه نقش بازیگران آب و هوای بیابانی.....
۱۴۷	۱-۳-۷. بیابان‌های کرانه‌ای ایران.....
۱۴۸	۲-۳-۷. بیابان‌های داخلی ایران.....
۱۴۹	الف: بیابان‌های گرم.....
۱۴۹	ب: بیابان‌های با زمستان سرد.....
۱۵۲	۴-۷. دسته‌بندی بیابان‌های ایران بر پایه ویژگی‌های آب و هوای بیابانی.....
۱۵۳	۵-۷. دگرگونی قلمرو بیابان‌های ایران.....
۱۵۹	فصل هشتم: آشنایی با پدیده ویرانگر بیابانزایی
۱۵۹	۱-۸. مقدمه.....
۱۶۰	۲-۸. واژه بیابانزایی.....
۱۶۱	۳-۸. چهره بیابانزایی.....

۱۶۷.....	۴-۸. محل رخداد بیابانزایی.....
۱۶۸.....	۵-۸. بیابانزایی پدیده ناگوار جهان گستر.....
۱۷۳.....	۶-۸. بازیگران پدیده ویرانگر بیابانزایی.....
۱۷۴.....	۱-۶-۸. پدیده بیابانزایی و تغییرپذیری آب و هوا.....
۱۷۵.....	۱-۱-۶-۸. سازوکارهای بازخورد درونی.....
۱۷۷.....	۲-۱-۶-۸. وادشتهای بیرونی.....
۱۸۰.....	۲-۶-۸. کارکردهای انسانی.....
۱۸۰.....	۱-۲-۶-۸. گسترش کشتزارها و تغییر الگوی کشت.....
۱۸۵.....	۲-۲-۶-۸. چرای بی رویه.....
۱۸۶.....	۳-۲-۶-۸. جنگل تراشی.....
۱۸۸.....	۴-۲-۶-۸. شیوه‌های سنتی آبیاری.....
۱۸۹.....	۵-۲-۶-۸. کارکردهای صنعتی و شهرنشینی انسان.....
۱۹۴.....	۷-۸. کارکردهای انسانی و تغییرپذیری آب و هوا.....

فصل نهم: مرگ خاموش پهنه‌های آبی و پیامدهای آن در مناطق خشک ۲۰۱

۲۰۱.....	۱-۹. مقدمه.....
۲۰۲.....	۲-۹. تالاب‌ها، پایانه زنجیره غذایی زیست‌بوم‌ها.....
۲۰۵.....	۳-۹. مرگ دریاچه آرال، چهره وحشتناک بیابانزایی قرن ۲۰ میلادی.....
۲۱۰.....	۴-۹. دریاچه ارومیه، چهره وحشتناک بیابانزایی در کشور ایران.....
۲۱۳.....	۱-۴-۹. زمینه‌های خشک شدن دریاچه ارومیه.....
۲۱۴.....	۱-۱-۴-۹. تغییرپذیری آب و هوا.....
۲۱۹.....	۲-۱-۴-۹. کارکردهای انسانی.....
۲۲۱.....	۲-۴-۹. پیامدهای خشک شدن دریاچه ارومیه.....
۲۲۵.....	۵-۹. پیامدهای ناگوار آب و هوایی خشکیدن تالاب گاوخونی در اصفهان.....
۲۲۷.....	۱-۵-۹. نقش کارکردهای انسانی در خشکاندن پایین دست زاینده رود.....
۲۳۰.....	۲-۵-۹. نقش کارکردهای انسانی در آلودگی زاینده رود.....
۲۳۰.....	۳-۵-۹. برداشت بی حساب از سفره‌های آبی زیر زمینی.....

-
- ۲۳۸ ۴-۵-۹. ریزگردهای نمک، پیامد ناگوار آب و هوایی شوره‌زار گاوخونی
 - ۲۴۵ ۶-۹. سرنوشت و پیامد هولناک هورهای شمال خلیج فارس و جلگه عراق
 - ۲۵۷ • کتاب شناسی
 - ۲۷۵ • واژه‌ها، نام‌ها و نشانه‌ها
 - Appendix, Words, names and Abbreviations (English to Persian)..... I

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱: سه آب و هوای ناگوار برای رونق زندگانی..... ۱۱
- جدول ۲-۱: دسته بندی بیابان‌های جهان در دو نوار بیابانی زمین..... ۲۰
- جدول ۳-۱: درصد گستره سرزمین‌های خشک با دمای زمستانی متفاوت..... ۲۰
- جدول ۴-۱: گونه و مساحت بیابان‌های کلان جهان به میلیون مایل مربع..... ۲۱
- جدول ۵-۱: نام‌های محلی پلاهای شور (شوره‌زار) و غیر شور (رسی)..... ۲۸
- جدول ۱-۲: آستانه خشکی بر پایه روش تورنت وایت..... ۳۱
- جدول ۲-۲: طبقه بندی مناطق خشک بر اساس ضریب خشکی دمارتن..... ۳۲
- جدول ۳-۲: طبقه بندی مناطق خشک بر اساس شاخص خشکی ارینچ..... ۳۲
- جدول ۴-۲: آستانه خشکی و مرز میان مناطق خشک و نیمه خشک در رابطه کوپن..... ۳۵
- جدول ۵-۲: طبقه بندی مناطق خشک بر اساس شاخص خشکی یونیپ (UNEP)..... ۳۷
- جدول ۶-۲: میانگین بارندگی و دمای هوا در شهر شیراز..... ۳۹
- جدول ۷-۲: آستانه‌های درجه قاره‌ای بودن هر آب و هوا در روش ایوانف..... ۴۲
- جدول ۱-۳: دسته بندی کانون‌های فشار..... ۴۶
- جدول ۲-۳: مقایسه کناره‌های کمربند بیابانی در دو نیمکره شمالی و جنوبی..... ۴۹
- جدول ۱-۴: دسته بندی بیابان‌ها بر پایه نقش بازیگران آب و هوایی..... ۶۸
- جدول ۲-۴: بررسی دگرگون شدن ویژگی‌های یک توده هوا در (شکل ۴-۳)..... ۷۵
- جدول ۳-۴: میانگین دما و بارندگی پایگاه هواشناسی قاره قطب جنوب (EF)..... ۸۰
- جدول ۴-۴: میانگین دما و بارندگی پایگاه هواشناسی اسمیت (Eismitte)، گرینلند (EF)..... ۸۰
- جدول ۱-۵: پنج گروه کلان آب و هوایی در روش کوپن..... ۸۵
- جدول ۲-۵: حرف دوم نشانه رژیم بارندگی آب و هوایی در روش کوپن..... ۸۵
- جدول ۳-۵: حرف سوم نشانه ویژگی‌های دمایی آب و هوا در روش کوپن..... ۸۶

- جدول ۴-۵: دسته بندی آب و هوا در روش کوپن ۸۷
- جدول ۵-۵: میانگین دما، بارش و نم نسبی بیابان گرم (BWh)، (In Salah)، الجزایر ۹۰
- جدول ۶-۵: میانگین دما، بارش و نم نسبی بیابان گرم (BWh)، (Berbera)، سومالی ۹۱
- جدول ۷-۵: میانگین دما، ... بیابان خنک ساحلی (BWk)، (Antofagasta)، شیلی ۹۲
- جدول ۸-۵: دما، ... بیابان خنک ساحلی (BWk)، (Walvis Bay)، نامیبیا ۹۴
- جدول ۹-۵: دما، ... بیابان با زمستان سرد (BWk)، کاشغر (Kashgar) چین ۹۵
- جدول ۱۰-۵: میانگین دما، ... بیابان با زمستان سرد (BWk)، ورزنه اصفهان، ایران ۹۶
- جدول ۱۱-۵: میانگین دما، ... آب و هوای (BSHs)، بندر بن قاضی، لیبی ۹۸
- جدول ۱۲-۵: میانگین دما، ... آب و هوای (BSHs)، بندر بوشهر، ایران ۹۹
- جدول ۱۳-۵: میانگین دما، ... آب و هوای (BShw)، بندر موگادیشو، سومالی ۱۰۰
- جدول ۱۴-۵: میانگین دما، بارش و نم نسبی آب و هوای (BSk)، دنور، کلرادو، آمریکا ۱۰۲
- جدول ۱۵-۵: میانگین دما، بارش و نم نسبی آب و هوای (BSk)، تربت حیدریه، ایران ۱۰۲
- جدول ۱۶-۵: گسترش سرزمین‌های خشک در هر قاره به میلیون کیلومتر مربع ۱۰۷
- جدول ۱۷-۵: گسترش مجموع آب و هوای فراخشک و خشک در هر قاره ۱۰۷
- جدول ۱۸-۵: نماد درجه خشکی هوا و پراکندگی فصلی بارندگی در الگوی میگز ۱۰۹
- جدول ۱۹-۵: نماد عددی گویای ویژگی‌های دمای هوا در الگوی میگز ۱۰۹
- جدول ۲۰-۵: میانگین دما و بارش ماهانه شهرهای سراوان و گلپایگان، ایران ۱۱۶
- جدول ۱-۶: نمونه‌هایی از بیشینه رگبار شدید باران در مناطق خشک ۱۲۲
- جدول ۲-۶: نمونه‌هایی از شرایط گرمای شدید هوا در بیابان ۱۲۳
- جدول ۳-۶: نمونه‌هایی از دامنه بیشترین تغییر روزانه دمای هوا در بیابان ۱۲۳
- جدول ۴-۶: نمونه‌هایی از دامنه دمای مطلق هوا در بیابان ۱۲۴
- جدول ۵-۶: نمونه‌هایی از شرایط گرمای شدید سطح زمین در بیابان ۱۲۴
- جدول ۶-۶: مقایسه میانگین دامنه نوسان روزانه و سالانه دمای هوا ۱۲۵
- جدول ۱-۷: مقایسه تغییر زاویه تابش و طول روز در عرض ۲۵ تا ۴۰ درجه جغرافیایی ۱۴۲
- جدول ۲-۷: دسته‌بندی بیابان‌های ایران ۱۴۹
- جدول ۱-۸: جایگاه جغرافیایی، مساحت و درصد سرزمین‌های مورد تهدید بیابانزایی ۱۶۸

- جدول ۸-۲: سرچشمه رهاسازی گازهای آلاینده به ۱۰ میلیون تن در سال ۱۹۱
- جدول ۹-۱: مقایسه میانگین بارندگی، تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه و شاخص یونیپ ۲۱۵
- جدول ۹-۲: فراوانی روزهای غباری چند ایستگاه شمال غرب بر پایه میدان دید ۲۲۲
- جدول ۹-۳: سرعت آستانه باد در برخی از سطوح برای بر پا کردن گرد و غبار در هوا ۲۲۲
- جدول ۹-۴: میانگین سالانه افت ایستابی و ضریب همبستگی آن با بارش سالانه ۲۳۳
- جدول ۹-۵: شمار چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های دشت‌های چاله گاوخونی ۲۳۴
- جدول ۹-۶: بیشینه حجم و شیوه برداشت آب زیر زمینی در چاله گاوخونی ۲۳۵
- جدول ۹-۷: شرایط آب‌های زیر زمینی در دشت‌های چاله گاوخونی ۲۳۶
- جدول ۹-۸: میانگین سمت و سرعت باد در شهر اصفهان ۲۴۲
- جدول ۹-۹: رخداد سریع‌ترین تندباد و میانگین شمار روزهای توفانی شهر اصفهان ۲۴۳

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: درصد گستره مناطق خشک در جهان ۱۶
- شکل ۱-۲: پراکندگی جغرافیایی مناطق خشک بیابانی در قاره‌ها و دریاها ۱۸
- شکل ۳-۱: میانگین بارندگی سالانه کمتر از ۵۵۰ میلی‌متر بر روی اقیانوس‌ها ۱۸
- شکل ۴-۱: پراکندگی جغرافیایی بیابانی مناطق خشک در قاره‌های جهان ۲۲
- شکل ۵-۱: چشم انداز یک پلایا ۲۸
- شکل ۱-۲: نمودار آمبروترمیک شهر شیراز ۳۹
- شکل ۱-۳: سلول‌های گردش عمومی هوا ۴۵
- شکل ۲-۳: جابجایی کمربندهای فشار به عرض‌های شمالی‌تر در انقلاب تابستانی ۴۸
- شکل ۳-۳: جابجایی کمربندهای فشار به عرض‌های جنوبی‌تر در انقلاب زمستانی ۴۸
- شکل ۴-۳: برآیند نوسان گهواره‌ای واچرخندهای جنب استوایی در طول سال ۴۹
- شکل ۵-۳: هنجار جایگاه جغرافیایی پرفشار جنب استوایی، ژوئن و ژوئیه (۲۰۱۰-۱۹۸۱) ... ۵۱
- شکل ۶-۳: هنجار جایگاه جغرافیایی پرفشار جنب استوایی دسامبر و ژانویه (۲۰۱۰-۱۹۸۱) ۵۲
- شکل ۷-۳: میانگین جایگاه جغرافیایی پرفشار جنب استوایی در انقلاب زمستانی ۵۵
- شکل ۸-۳: میانگین جایگاه جغرافیایی پرفشار جنب استوایی در انقلاب تابستانی ۵۵
- شکل ۹-۳: جایگاه جغرافیایی منطقه همگرایی استوایی قاره آفریقا در انقلاب زمستانی ۵۶
- شکل ۱۰-۳: جایگاه جغرافیایی منطقه همگرایی استوایی قاره آفریقا در انقلاب تابستانی ۵۶
- شکل ۱۱-۳: پراکندگی فصلی بارندگی در مناطق استوایی و جنب استوایی ۵۷
- شکل ۱۲-۳: فصل بارندگی در مناطق خشک ۵۷
- شکل ۱۳-۳: بیابان‌های بادپناه قاره پهناور آسیا ۵۹
- شکل ۱۴-۳: نام و جایگاه جغرافیایی جریان‌های سرد ساحلی ۶۳
- شکل ۱۵-۳: جایگاه جغرافیایی سرزمین‌های خشک در آسیای میانه ۶۵
- شکل ۱۶-۳: میانگین بارندگی سالانه در قاره پهناور آسیا ۶۶

- شکل ۴-۱: گسترش کم فشار خلیج فارس در روز ۳۱ تیرماه سال ۱۳۷۴ ۷۱
- شکل ۴-۲: نقش سدهای کوهستانی در پیدایش بیابان‌های بادپناه ۷۵
- شکل ۴-۳: آب و هوای کره زمین ۸۱
- شکل ۴-۴: پراکندگی جغرافیایی بیابان‌های سرد، گرم و مه آلود کرانه‌های خنک باختری ۸۲
- شکل ۵-۱: جایگاه جغرافیایی سه ایستگاه بیابانی (BWh) و (BWk) در قاره آفریقا ۹۳
- شکل ۵-۲: پراکندگی جغرافیایی سرزمین‌های فراخشک، خشک و نیمه خشک در آفریقا ... ۱۱۰
- شکل ۵-۳: پراکندگی جغرافیایی سرزمین‌های فراخشک، خشک و نیمه خشک در آسیا ۱۱۱
- شکل ۵-۴: پراکندگی جغرافیایی سرزمین‌های فراخشک، خشک و نیمه خشک در استرالیا ۱۱۲
- شکل ۵-۵: پراکندگی جغرافیایی سرزمین‌های فراخشک، ... در آمریکای شمالی ۱۱۳
- شکل ۵-۶: پراکندگی جغرافیایی سرزمین‌های فراخشک، ... در آمریکای جنوبی ۱۱۴
- شکل ۶-۱: نقشه پوشش گیاهی جهان ۱۳۸
- شکل ۷-۱: گسترش چتر پرفشار جنب استوایی بر فراز ایران (ژوئیه ۲۰۱۳) ۱۴۴
- شکل ۷-۲: دسته بندی بیابان‌های ایران ۱۵۰
- شکل ۷-۳: پیشروی توده هوای سرد سیبری روی فلات ایران ۱۵۱
- شکل ۷-۴: پراکندگی آب و هوای بیابانی در ایران ۱۵۲
- شکل ۷-۵: پهنه بندی آب و هوای ایران بر پایه شاخص یونیپ (۱۹۸۵ - ۱۹۷۶) ۱۵۵
- شکل ۷-۶: پهنه بندی آب و هوای ایران بر پایه شاخص یونیپ (۲۰۰۵ - ۱۹۹۶) ۱۵۵
- شکل ۷-۷: تغییر شاخص یونیپ ایران در دو دهه (۲۰۰۵ - ۱۹۸۶) ۱۵۶
- شکل ۷-۸: روند معنادار تغییر شاخص یونیپ در ایران ۱۵۷
- شکل ۸-۱: پهنه گرفتار شده به پدیده ویرانگر بیابانزایی در جهان تا سال ۱۹۸۳ میلادی ۱۶۹
- شکل ۹-۱: مرگ خاموش آبگیرها برجسته‌ترین چهره وحشتناک بیابانزایی ۲۰۴
- شکل ۹-۲: تصویر ماهواره‌ای از دریاچه آرال در اکتبر ۲۰۰۸ میلادی ۲۰۸
- شکل ۹-۳: شش نمای پیاپی از روند خشکیدن دریاچه آرال ۲۰۹
- شکل ۹-۴: کوچک شدن پهنه آبی دریاچه ارومیه (۱۳۸۹ - ۱۳۶۴) ۲۱۳
- شکل ۹-۵: جابجایی مرز آب و هوایی غرب و شمال غرب ایران با استفاده از مدل یونیپ ۲۱۶
- شکل ۹-۶: تغییر شاخص یونیپ در غرب و شمال غرب ایران در دوره (۲۰۰۵ - ۱۹۷۶) ۲۱۷

- شکل ۹-۷: مرگ خاموش دریاچه ارومیه..... ۲۲۳
- شکل ۹-۸: شوره زار بجای مانده از دریاچه ارومیه و قایق به گل نشسته..... ۲۲۴
- شکل ۹-۹: پیدایش توفان‌های ریزگردهای نمک برخاسته از بستر خشک ارومیه..... ۲۲۴
- شکل ۹-۱۰: شمار چاه و تخلیه آب‌های زیرزمینی و پیوند آن با بیابانزایی هیدرولوژیکی..... ۲۳۴
- شکل ۹-۱۱: سرعت و جهت باد شهر اصفهان، در ژوئیه و آگوست..... ۲۴۲
- شکل ۹-۱۲: سرعت و جهت باد شهر اصفهان، در سپتامبر و تابستان..... ۲۴۳
- شکل ۹-۱۳: میانگین سالانه سرعت و جهت باد، اصفهان..... ۲۴۴
- شکل ۹-۱۴: فراوانی روزهای غبار آلود با دید کمتر از ۵۰۰ متر، حاشیه باختری ایران..... ۲۵۱
- شکل ۹-۱۵: خاستگاه گرد و غبار در جهان..... ۲۵۳
- شکل ۹-۱۶: جنس دانه‌های خاک و ماسه در خاورمیانه..... ۲۵۳
- شکل ۹-۱۷: پیشروی غبارهای برخاسته از کشورهای عربی روی ایران و ترکمنستان..... ۲۵۴
- شکل ۹-۱۸: درجه خطر بیابانزایی در جهان بر پایه گزارش سازمان ملل متحد (۱۹۷۷)..... ۲۵۵