

مبانی تغییر آب و هوا (اقلیم) و پیامدهای آن

۲۰۵۶۵۳۸

تألیف:

دکتر منوچهر فرج زاده

استاد دانشگاه تربیت مدرس

دکتر الهام قاسمی

این اثر با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران
و فناوران کشور تألیف و انتشار یافته است.

■ سرشناسه: فرج زاده، منوچهر. ۱۳۴۴ - عنوان و نام پدیدآورنده: مبانی تغییر آب و هوا (اقلیم) و پیامدهای آن / منوچهر فرج زاده اصل، الهام قاسمی فر. ■ مشخصات نشر: تهران: نشر انتخاب، ۱۳۹۸. ■ مشخصات ۴۵۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 978-622-6079-79-2

■ وضعیت فهرست نویسی: فیبا. ■ موضوع: تغییرات اقلیمی -- جنبه های زیست محیطی ■ موضوع: Climatic changes – Environmental aspects ■ شناسه افزوده: قاسمی فر، الهام، ۱۳۶۵ - رده بندی کنگره: QC۹۸۱/۸ ■ رده بندی دیویی: ۵۵۱/۶ ■ شماره کتابشناسی ملی: ۵۸۵۰۲۳۲



نشر انتخاب

ناشر کتاب های دانشگاهی

مبانی تغییر آب و هوا (اقلیم) - پیامدهای آن

دکتر منوچهر فرج زاده اصل - دکتر الهام قاسمی فر

| حروفچینی: موسسه مهر | چاپ و صحافی: موسسه مهر

| چاپ اول: ۱۳۹۸ | شمارگان: ۱۰۰ جلد |

| شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۷۹-۷۹-۲ |

حق چاپ محفوظ است

خیابان ۱۲ فروردین، خیابان شهدای ژاندارمری، شماره ۱۲۶، طبقه چهارم

www.nashreentekhab.com

nashreentekhab@gmail.com

پیشگفتار

تغییر آب و هوا (اقلیم) از مهمترین پدیده‌های قرن حاضر محسوب می‌شود که مسایل و چالش‌های متعددی را چه در سطح جهانی و چه در سطح منطقه‌ای و ملی ایجاد کرده است. تغییرات آب و هوایی از مهمترین معضلات جامعه بشری محسوب می‌شود که بتدریج اثرهای خود را در جنبه‌های مختلف زندگی انسانها نمایان می‌سازد.

امروزه تغییرات آب و هوا و گرمایش جهانی به صورت یک عامل ناپایدار کننده وارد معادلات از پیش تعیین شده برنامه ریزی سرزمین شده و آنچکه بشر امروزی برای سالهای آتی برنامه ریزی نموده بود را دچار خدشه نموده است و این موضوع می‌رساند که با توجه به عواقب منفی گرمایش جهانی لازم است در برنامه ریزی‌های سرزمینی به این مهم نیز توجه نمود و آن را در برنامه ریزی‌ها لحاظ نمود. کشور ایران نیز به تبعیت از فضای جهانی در حال تجربه اثرهای مختلف گرمایش جهانی می‌باشد و ضرورت ایجاب می‌کند که قبل از رخداد وقایع ناگوار، آثار و پیامدهای آن بررسی شده و راهکارهای جلوگیری از صدمات زیان‌های ناشی از آن در نظر گرفته شود.

در همین راستا، آب حاضر سعی دارد با تبیین ویژگی‌های گرمایش جهانی، اثر آن را بر موضوعات مختلف کشور تشریح نماید و راهبردهای مناسب را برای گنجاندن در برنامه‌ها ارائه نماید. کتاب در ده فصل تدوین یافته است که فصل اول آن مفاهیم تغییر آب و هوا را تبیین نموده و فصول دوم تا دهم به ترتیب به پیامدهای جهانی و ایرانی تغییر آب و هوا در منابع آب، کشاورزی، سلامت، گردشگری، تنوع زیستی، انرژی، سکونتگاه‌های انسانی، مسائل انیستی و اجتماعی و اقتصاد تغییر آب و هوا پرداخته است. این کتاب هرچند که نقطه آغازین برای این بحث در کشور محسوب می‌شود ولی مطمئناً آخرین آن نخواهد بود و به مرور زمان با روشن شدن ابعاد موضوع، گسترش نیز پیدا خواهد کرد. با توجه به این موضوع از خوانندگان درخواست دارد برای تکمیل بحث، نظرات و نظرهای خود را به آدرس دانشگاه تربیت مدرس ارسال نمایند.

مناهی نرجزاده - الهام قاسمی فر

تابستان ۱۳۹۸

فهرست مطالب

فصل اول- مفاهیم پایه تغییر آب و هوا.....	۲۳
۱-۱- مقدمه.....	۲۳
۲-۱- مفهوم تغییر آب و هوا.....	۲۴
۳-۱- عوامل تغییر آب و هوا.....	۲۵
۴-۱- مدل های آب و هوایی و انواع آنها.....	۲۸
۵-۱- سناریوهای تغییر آب و هوایی.....	۳۴
۶-۱- ریزمقیاس سازی.....	۳۹
۷-۱- انواع داده ها در ارزیابی تغییر آب و هوایی.....	۴۱
۸-۱- عدم قطعیت ها و روند آمارهای داده های آب و هوایی.....	۴۴
۹-۱- پیمان های بین المللی در زمینه تغییر آب و هوا.....	۴۵
۱۰-۱- نرم افزارهای مدل سازی آب و هوا.....	۴۵
۱۱-۱- مفاهیم و چارچوب کاهش و سازگاری با تغییر آب و هوا.....	۴۹
۱۲-۱- انتشار گازهای گلخانه ای در ایران.....	۵۵
منابع فصل اول.....	۵۷
فصل دوم- تغییر آب و هوا و منابع آب.....	۶۱
۱-۲- مقدمه.....	۶۱
۲-۲- رخدادهای اصلی هیدرولوژیک تحت تاثیر تغییر آب و هوا.....	۶۲
۳-۲- تغییرات مشاهداتی و آیندهی مرتبط با آب و هوا در منابع آب.....	۶۲
۴-۲- اثرات و بازخوردهای تغییرات هیدرولوژیکی بر تغییر آب و هوا.....	۹۰
۵-۲- واداشت های تغییرات منابع آب شیرین.....	۹۱
۶-۲- پیش بینی پیامدهای جهانی تغییرات آب و هوا بر منابع آب.....	۹۴
۷-۲- روش سازگاری برای کاهش اثرهای تغییرات آب و هوا بر منابع آب.....	۱۰۲
۸-۲- روش های کاهش اثر تغییر آب و هوا بر منابع آب.....	۱۰۶
۹-۲- اثر تغییر آب و هوا بر ویژگی های دما و بارش های کشور.....	۱۰۷

۱۰-۲	اثر تغییر آب و هوا بر کمیت و کیفیت جریانهای سطحی کشور.....	۱۲۳
۱۱-۲	اثر تغییر آب و هوا بر کمیت و کیفیت آبهای زیرزمینی کشور.....	۱۳۰
۱۲-۲	اثر تغییر آب و هوا روی دریاچه‌های کشور.....	۱۳۱
۱۳-۲	اثر تغییر آب و هوا در افزایش سطح آب دریا‌های کشور.....	۱۳۴
۱۴-۲	اقدامات سازگاری در منابع آب در کشور.....	۱۳۶
	منابع فصل دوم.....	۱۳۸
	فصل سوم - تغییر آب و هوا و کشاورزی.....	۱۴۵
۱-۳	مقدمه.....	۱۴۵
۲-۳	روندهای توسعه بخش کشاورزی و پیامدهای آن.....	۱۴۶
۳-۳	روند انتشار گازهای گلخانه‌ای مشاهداتی و آینده از بخش کشاورزی.....	۱۵۰
۴-۳	تغییرات مشاهداتی و آینده‌ی بخش کشاورزی مرتبط با آب و هوا.....	۱۵۳
۵-۳	سازگاری و مدیریت ریسک در کشاورزی در مقیاس جهانی.....	۱۶۶
۶-۳	اثر تغییر آب و هوا بر فعالیتهای آب و باغی کشور.....	۱۶۸
۷-۳	تغییرات مشاهداتی و آینده‌ی آب و هوا بر بخش زراعت کشور.....	۱۷۶
۸-۳	اثر تغییرات آب و هوا بر شیلات کشور.....	۱۸۴
۹-۳	اثر تغییرات آب و هوا بر دامپروری کشور.....	۱۸۵
۱۰-۳	برنامه‌های سازگاری در بخش کشاورزی در کشور.....	۱۹۰
	منابع فصل سوم.....	۱۹۲
	فصل چهارم - تغییر آب و هوا و سلامت.....	۱۹۷
۱-۴	مقدمه.....	۱۹۷
۲-۴	چگونگی اثر گذاری تغییر آب و هوا بر سلامت.....	۱۹۸
۳-۴	اثرات مستقیم مشاهداتی و آینده‌ی آب و هوا روی سلامتی.....	۲۰۱
۴-۴	اثرات اکوسیستمی مشاهداتی و آینده‌ی تغییر آب و هوا بر سلامت.....	۲۰۴
۵-۴	اثرات مشاهداتی و آینده‌ی سلامتی متاثر از سیستم‌های انسانی.....	۲۱۱
۶-۴	سیاست‌های سازگاری در بخش سلامت در مقیاس جهانی.....	۲۱۳

۲۱۴	۴-۷- اثرات موج‌های گرمای ناشی از تغییرات آب و هوا بر سلامت کشور
۲۱۸	۴-۸- اثرات موج‌های سرمای ناشی از تغییرات آب و هوا بر سلامت کشور
۲۲۲	۴-۹- اثر تغییرات تابش‌های ماوراءبنفش خورشیدی ناشی از تغییرات آب و هوا بر سلامت کشور
۲۳۱	۴-۱۰- اثرهای بیماری‌های منتقله توسط ناقلین ناشی از تغییرات آب و هوا بر سلامت کشور
۲۳۴	۴-۱۱- اثرات آلودگی هوا ناشی از تغییرات آب و هوا بر سلامت کشور
۲۴۴	۴-۱۲- اثرات تغییر آب و هوا بر سلامت ذهنی و روحی کشور
۲۴۵	۴-۱۳- سازگاری اثر تغییرات آب و هوا در بخش سلامت در کشور
۲۴۷	منابع فصل چهارم
۲۵۵	فصل پنجم- تغییر آب و هوا و گردشگری
۲۵۵	۵-۱- مقدمه
۲۵۷	۵-۲- اثر تغییر آب و هوا در مقیاس گردشگری جهانی
۲۵۸	۵-۳- اثرهای متقابل گردشگری و آب و هوا بر گردشگری
۲۶۳	۵-۴- اثرات مشاهداتی و آینده‌ی تغییر آب و هوا بر گردشگری
۲۷۳	۵-۵- سازگاری در بخش گردشگری مرتبط با تغییر آب و هوا در مقیاس جهانی
۲۷۵	۵-۶- ویژگی‌های گردشگری در ایران
۲۷۶	۵-۷- تغییرات میزان شاخص آب و هواشناسی گردشگری در دوره مشاهداتی و آب و هوا کشور
۲۸۸	۵-۸- راههای سازگاری با تغییرات آب و هوا در بخش گردشگری کشور
۲۸۹	منابع فصل پنجم
۲۹۳	فصل ششم- تغییر آب و هوا و تنوع زیستی
۲۹۳	۶-۱- مقدمه
۲۹۴	۶-۲- اثرات مشاهداتی و آینده‌ی تغییر آب و هوا بر تنوع زیستی
۳۰۱	۶-۳- سازگاری و کاهش در بخش تنوع زیستی در مقیاس جهانی
۳۰۲	۶-۴- مشخصات جنگلها و مراتع کشور
۳۰۶	۶-۵- اثر تغییرات آب و هوا بر پوشش گیاهی در کشور
۳۱۱	۶-۶- اثر تغییر آب و هوا بر حیات جانوری کشور

۳۱۵	۶-۷- سازگاری در برابر تغییر آب و هوا در بخش تنوع زیستی کشور
۳۱۶	منابع فصل ششم
۳۱۹	فصل هفتم- تغییر آب و هوا و انرژی
۳۱۹	۱-۷- مقدمه
۳۱۹	۲-۷- مروری بر منابع انرژی جهانی
۳۲۲	۳-۷- تولید، تبدیل، انتقال و توزیع انرژی طی دوره مشاهداتی و آینده در مقیاس جهانی
۳۲۸	۴-۷- روندهای مشاهداتی و آینده محرک‌های انتشار
۳۳۳	۵-۷- کاهش و سازگاری در بخش انرژی در مقیاس جهانی
۳۳۶	۶-۷- وضعیت، تولید انرژی در کشور
۳۴۴	۷-۷- تحلیل نیازهای گرمایشی، گرمایشی کشور
۳۵۷	۸-۷- تحلیل ارتباط مصرف انرژی با تغییرات دمای کشور
۳۶۱	۹-۷- تاثیر تغییر آب و هوا بر بار مصرف بخش خانگی ایران
۳۶۲	۱۰-۷- انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش انرژی در دوره مشاهداتی و آینده در کشور
۳۶۶	۱۱-۷- سازگاری با تغییر آب و هوا در بخش انرژی کشور
۳۷۱	منابع فصل هفتم
۳۷۵	فصل هشتم- تغییر آب و هوا و سکونتگاه‌های انسانی
۳۷۵	۱-۸- مقدمه
۳۷۷	۲-۸- اثرات مشاهداتی و آینده تغییر آب و هوا بر سکونتگاه‌های انسانی
۳۸۴	۳-۸- سازگاری سکونتگاه‌ها در برابر تغییرات آب و هوایی در مقیاس جهانی
۳۸۴	۴-۸- وضعیت سکونتگاه‌های انسانی در کشور
۳۸۵	۵-۸- افزایش مخاطرات جوی و تهدید سکونتگاه‌ها در کشور
۳۸۹	۶-۸- روش‌های سازگاری سکونتگاه‌ها و زیر ساخت‌ها با تغییر آب و هوایی در کشور
۳۹۹	منابع فصل هشتم
۴۰۱	فصل نهم- تغییر آب و هوا و مسائل اجتماعی و امنیتی
۴۰۱	۱-۹- مقدمه

۴۰۲.....	۲-۹- اثرهای تغییر آب و هوا در مسائل اجتماعی طی دوره مشاهداتی و آینده.....
۴۰۹.....	۳-۹- سازگاری در بخش امنیت اجتماعی در مقیاس جهانی.....
۴۱۰.....	۴-۹- اثر تغییر آب و هوا بر مهاجرت در کشور.....
۴۱۱.....	۵-۹- اثر تغییر آب و هوا بر امنیت کشور.....
۴۱۴.....	۶-۹- تغییر آب و هوایی و تغییر سبک زندگی در کشور.....
۴۱۴.....	۷-۹- روش‌های سازگاری در مسائل اجتماعی تغییر آب و هوا در کشور.....
۴۱۵.....	منابع فصل نهم.....
۴۱۷.....	فصل دهم- اقتصاد تغییر آب و هوا.....
۴۱۷.....	۱-۱۰- مقدمه.....
۴۱۷.....	۲-۱۰- ابعاد اقتصادی تغییر آب و هوا.....
۴۲۰.....	۳-۱۰- تأثیرات اقتصادی تغییر آب و هوا طی دوره مشاهداتی و آینده.....
۴۲۷.....	۴-۱۰- سازگاری با اقتصاد تغییر آب و هوا در مقیاس جهانی.....
۴۲۸.....	۵-۱۰- ابعاد اقتصادی خسارت‌های تغییر آب و هوا در کشور.....
۴۲۸.....	۶-۱۰- خسارت‌های مالی مخاطرات آب و هوایی ناشی از تغییر آب و هوا در کشور.....
۴۳۲.....	۷-۱۰- سازگاری در اقتصاد تغییر آب و هوا در کشور.....
۴۳۳.....	منابع فصل دهم.....

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: اجزای سیستم آب و هوایی ۲۵
- شکل ۲-۱: میانگین دمای سطح زمین طی دوره‌ی ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۲ ۲۶
- شکل ۳-۱: نمودارها نشان‌دهنده و تأیید کننده تغییرات دمایی نشان داده شده در شکل ۱-۲ می‌باشند ۲۷
- شکل ۴-۱: توسعه‌ی تاریخی مدل‌های آب و هوایی ۳۰
- شکل ۵-۱: مدل مفهومی از AOGCM ۳۲
- شکل ۶-۱: سری زمانی شبیه‌سازی شده چندمدله از پروژه‌ی CMIP5 طی دوره‌ی ۱۹۵۰ تا ۲۱۰۰ ۳۷
- شکل ۷-۱: پنج میانگین چندمدله از پروژه‌ی CMIP5 برای سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 طی دوره‌ی ۲۰۸۱-۲۱۰۰ ۳۸
- شکل ۸-۱: محیط گرافیکی مدل LARS_WG ۴۶
- شکل ۹-۱: نمایی از محیط گرافیکی مدل SDSM و پنجره‌ی داده‌های آسیا برای سناریوهای گزارش سوم (SRES) ۴۷
- شکل ۱-۲: الگوی فضایی شاخص خشکسالی پالمیر در دوره‌ی ۲۰۰۲-۱۹۰۰ ۶۵
- شکل ۲-۲: طول فصول خشک طی دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ ۶۶
- شکل ۳-۲: میانگین تغییرات ۱۵ مدل در بارش در استان (چپ) و تابستان (راست) طی دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ ۶۷
- شکل ۴-۲: تغییرات احتمالی بارش (چپ) و تبخیر (راست) که تحت شرایط تغییر آب و هوایی پیش‌بینی شده است ۶۸
- شکل ۵-۲: درصد تغییرات احتمالی رطوبت خاک (الف)، بارش (ب)، تبخیر (ج) و رواناب (د) که تحت شرایط تغییر آب و هوایی در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ پیش‌بینی شده است ۶۸
- شکل ۶-۲: رودخانه‌های اصلی جهان (URL 2-1) ۷۰
- شکل ۷-۲: حوضه‌های آبریز اصلی جهان ۷۱
- شکل ۸-۲: تغییر در رواناب سالانه تا سال ۲۰۵۰ ۷۳
- شکل ۹-۲: تغییر در حداکثر رواناب ماهانه با دوره بازگشت ده ساله ۷۴
- شکل ۱۰-۲: درصد تغییرات میانگین سالانه‌ی جریانها با توجه به افزایش ۲ درجه‌ی سانتیگراد در میانگین دما ۷۵
- شکل ۱۱-۲: درصد تغییرات میانگین سالانه‌ی رواناب با استفاده از هفت مدل آب و هوایی در هفت حوضه ۷۶
- شکل ۱۲-۲: تغییرات دما (بالا) و بارش (پایین) که توسط مدل‌های آب و هوایی در دو فصل تابستان (JJA) و زمستان (DJF) مدل شده است (قاره آفریقا) ۷۷

- شکل ۲-۱۳: تغییرات دما (بالا) و بارش (پایین) که توسط مدل های آب و هوایی در دو فصل تابستان (JJA) و زمستان (DJF) مدل شده است (قاره آسیا)..... ۷۸
- شکل ۲-۱۴: تغییرات پیش بینی شده در رواناب سالانه برای دوره آینده ۲۰۹۹-۲۰۹۰ در مقایسه با دوره ی ۱۹۹۹-۱۹۸۰..... ۷۹
- شکل ۲-۱۵: شبیه سازی اثر تغییر آب و هوا بر تغذیه آب های زیرزمینی (دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دوره آینده (۲۰۷۰-۲۰۴۱) با مرکزیت دهه ی ۲۰۵۰..... ۸۱
- شکل ۲-۱۶: مجموع منابع آب های شیرین تجدیدپذیر و موقعیت مناطق مورد مطالعه در مورد کیفیت آب..... ۸۳
- شکل ۲-۱۷: دوره بازگشت خشکسالی (سال) دوره ی آینده با مرکزیت دهه ۲۰۲۰ با استفاده از دو مدل آب و هوایی و تغییر در فراوانی آینده ی سیل های صدساله در پرتغال، اسپانیا، غرب فرانسه، حوضه ی ویستولای لهستان و غرب ترکیه..... ۸۵
- شکل ۲-۱۸: دوره بازگشت خشکسالی (سال) طی دوره آینده با مرکزیت دهه ۲۰۷۰ با استفاده از دو مدل آب و هوایی و تغییر در فراوانی آینده ی سیل های صدساله در پرتغال، اسپانیا، غرب فرانسه، حوضه ی ویستولای لهستان و غرب ترکیه..... ۸۶
- شکل ۲-۱۹: تغییرات حوادث حادی مبتنی بر رانج چین مدل مزدوج طی دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ نسبت به دوره ی ۱۹۹۹-۱۹۸۰ تحت سناریوی A1B..... ۸۷
- شکل ۲-۲۰: الف- دوره بازگشت (سال) چندین مدل در دهه ۲۰۸۰، بی سیل های ۱۰۰ ساله قرن بیستم..... ۸۸
- شکل ۲-۲۱: توزیع جمعیت در سال ۱۹۸۰ در ارتباط با آستانه تنش نسبی آب $DIA/Q = 0.4$ که مشخص کننده کمبود آب شدید است..... ۹۳
- شکل ۲-۲۲: تغییر در شاخص استفاده ی مجدد از آب ($\Sigma DIA/Q$)..... ۹۳
- شکل ۲-۲۳: آسیب پذیری انسان به تغییر آب و هوا استنتاج شده از کاهش منابع آب های زیرزمینی سال ۲۰۵۰..... ۹۸
- شکل ۲-۲۴: توزیع کشورها را در ۴ طبقه بر اساس تنش منابع آب طی سال های مختلف..... ۹۹
- شکل ۲-۲۵: الف- درصد تغییرات پیش بینی شده متوسط سالانه رواناب بین دوره پایه ۱۹۹۹-۱۹۸۰ و دوره آینده ۲۰۹۹-۲۰۹۰، ب- مکانهای مناسب کشت دیم با استفاده از شاخص تناسب..... ۱۰۰
- شکل ۲-۲۶: نقشه توزیع میانگین دمای سالانه کشور (۲۰۰۶-۱۹۷۶)..... ۱۰۸
- شکل ۲-۲۷: روند افزایش میانگین دمای سالانه کشور در دوره ۱۳۹۵-۱۳۴۷..... ۱۰۹
- شکل ۲-۲۸: طبقه بندی دمایی بصورت ماهانه طی سه دوره ۱۹۹۰-۱۹۸۱، ۲۰۰۰-۱۹۹۱، و ۲۰۱۰-۲۰۰۱ در ایران..... ۱۱۲

- شکل ۲-۲۹: میانگین دمای سالانه کشور در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۹۰ ۱۱۴
- شکل ۲-۳۰: نقشه توزیع میانگین بارش سالانه کشور (۲۰۰۶-۱۹۷۶) ۱۱۵
- شکل ۲-۳۱: بارش سالانه به میلیمتر طی سالهای ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵ برای چهل و پنج ایستگاه ۱۱۶
- شکل ۲-۳۲: روند کاهشی بارش و افزایش تبخیر و تعرق بالقوه در کشور در دوره ۱۳۹۵-۱۳۴۷ ۱۱۶
- شکل ۲-۳۳: درصد پوشش سالانه ی برف طی سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ ۱۱۷
- شکل ۲-۳۴: ضریب تغییرات (%) برف در دو ماه ژانویه و فوریه طی دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ بر اساس منطقه ی برف خیر کشور در سال ۲۰۰۸ و در دوره های هشت روزه مختلف ۱۱۷
- شکل ۲-۳۵: طاقه بندی بارش بصورت ماهانه طی سه دوره ۱۹۹۰-۱۹۸۱، ۲۰۰۰-۱۹۹۱، و ۲۰۱۰-۲۰۰۱ در ایران ۱۲۲
- شکل ۲-۳۶: میانگین بارش سالانه کشور در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۹۰ ۱۲۳
- شکل ۲-۳۷: تغییرات ریزش های سطحی ایران طی سالهای ۱۳۴۸-۱۳۴۷ تا ۱۳۹۲-۱۳۹۱ ۱۲۵
- شکل ۲-۳۸: دبی رودخانه ای سلی در حوضه های آبریز ۱۲۶
- شکل ۲-۳۹: حجم رواناب ماهانه ی در مدت ۱۲۷
- شکل ۲-۴۰: تغییرات درصد جمعیت با اشتغال به آب، آشامیدنی سالم طی بازه ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۷ (کل جمعیت با خط آبی، جمعیت روستایی با خط قرمز و جمعیت سبز با خط خاکستری مشخص است) ۱۲۸
- شکل ۲-۴۱: کاهش حجم مخازن آبهای زیرزمینی طی سالهای ۱۳۴۴-۱۳۴۳ تا ۱۳۸۹-۱۳۹۰ ۱۳۱
- شکل ۲-۴۲: تغییرات دریاچه ارومیه طی سالهای ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۱ ۱۳۴
- شکل ۳-۱: شاخص جهانی گرمسنگی ۱۴۷
- شکل ۳-۲: متان و دی نیتروژن مونوکسید مشاهداتی و پیش بینی شده در بخش کشاورزی از نواحی جهان طی دوره ی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ ۱۵۰
- شکل ۳-۳: انتشار گازهای گلخانه ای از بخش کشاورزی، جنگل و دیگر کاربری های اراضی در آمریکای لاتین و کارایب (LAM)، خاورمیانه و آفریقا (MAF)، کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) (۱۹۹۰ و اقتصاد در حال گذار (EIT) و آسیا) ۱۵۱
- شکل ۳-۴: مقایسه ی بین پایگاه های داده ای مختلف از انتشار گازهای گلخانه ای در بخش های مختلف در سال ۲۰۰۵ ۱۵۲
- شکل ۳-۵: روند جهانی کاربری اراضی و مقدار استفاده از کود نیتروژن (بالا) و تعداد دام ها از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ (پایین) ۱۵۲

- شکل ۳-۶: خلاصه‌ای از اثرات روندهای آب و هوایی اخیر بر بازدهی محصولات خاص (گندم، برنج، ذرت و سویا) با استفاده از نتایج مطالعات مختلف در یک میانگین ۲۹ ساله ۱۵۳
- شکل ۳-۷: تغییرات پیش‌بینی شده در بازدهی محصول به دلیل تغییر آب و هوایی قرن بیست و یکم ۱۵۴
- شکل ۳-۸: اثرات آب و هوا و دی‌اکسید کربن بر بازدهی محصول ۱۵۵
- شکل ۳-۹: درصد تغییرات بازدهی محصولات بین دوره حال حاضر تا سال ۲۰۵۰ را نمایش می‌دهد ۱۵۵
- شکل ۳-۱۰: از گزارش چهارم IPCC روند قیمت‌ها نسبت به دوره مشاهداتی قبلی معکوس شده است ۱۶۵
- شکل ۳-۱۱: ارزیابی قابلیت اراضی کشور برای کشاورزی بر مبنای ویژگی‌های خاک و توپوگرافی ۱۶۹
- شکل ۳-۱۲: نقشه قابلیت زمین‌های ایران برای کشت غلات بر اساس ویژگی‌های خاک، توپوگرافی و عناصر آب و هوایی ۱۷۱
- شکل ۳-۱۳: ارزیابی قابلیت زمین برای قابلیت کشت دیم بر اساس ویژگی‌های خاک، توپوگرافی و استاندارد بارش ۲۵۰ میلی‌متر در سال ۱۷۱
- شکل ۳-۱۴: توزیع زمین‌های کسب‌وکار کشاورزی ایران با قابلیت‌های مختلف ۱۷۲
- جدول ۳-۵: توزیع مشخصات آماری عملکرد نول (کیلوگرم در هکتار در سال) برای دوره ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۶؛ آبی و دیم در کشور ۱۷۴
- شکل ۳-۱۵: میزان کل تولیدات محصولات زراعی در سال ۸۱-۸۴ تا ۹۳-۹۴ به میلیون تن ۱۷۳
- شکل ۳-۱۶: توزیع جغرافیایی میانگین عملکرد تولید گندم (کیلوگرم در هکتار در سال) برای دوره ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۶؛ آبی (سمت راست) و دیم (سمت چپ) در کشور ۱۷۶
- شکل ۳-۱۷: روند در تولید و عملکرد گندم آبی و دیمی طی ۳۰ سال گذشته ۱۷۷
- شکل ۳-۱۸: تغییرات عملکرد ۵ محصول زراعی آبی ۱۷۸
- شکل ۳-۱۹: تغییرات عملکرد ۵ محصول زراعی دیمی ۱۷۸
- شکل ۳-۲۰: تغییرات عملکرد ۴ محصول باغی ۱۷۹
- شکل ۳-۲۱: درصد کاهش عملکرد محصولات (گندم، ذرت، نخود و چغندر قند) تا سال ۲۰۵۰ ۱۸۱
- شکل ۳-۲۲: طول دوره رشد گیاهان در کشور ۱۸۳
- شکل ۳-۲۳: میانگین فعلی و پیش‌بینی شده طول فصل رشد برای سال ۲۰۵۰ در مناطق مختلف کشور به وسیله مدل گردش عمومی GFDL؛ خطوط عمودی انحراف معیار درون هر منطقه را نشان می‌دهند ۱۸۳
- شکل ۳-۲۴: میزان تولید آبریان کشور به هزار تن ۱۸۴
- شکل ۳-۲۵: روند تولید گوشت قرمز طی سالهای ۵۳ تا ۹۲ ۱۸۵

- شکل ۳-۲۶: روند تولید گوشت مرغ طی سالهای ۵۳ تا ۹۲..... ۱۸۶
- شکل ۳-۲۷: روند تولید شیر طی سالهای ۵۳ تا ۹۲..... ۱۸۶
- شکل ۴-۱: افزایش وقایع حدی گرمایی که با افزایش تعداد افراد مسن که در شهرها زندگی می کنند، ترکیب خواهد شد. این افراد به طور ویژه‌ای از این وقایع آسیب پذیرند..... ۲۰۱
- شکل ۴-۲: اثر افزایش دما در انتقال شیستوزومیازی..... ۲۰۸
- شکل ۴-۳: مرگ و میر ناشی از ازن در همه سناریوهای RCP در سه دوره آینده..... ۲۱۰
- شکل ۴-۴: مرگ و میر ناشی از PM2.5 در همه سناریوهای RCP در سه دوره آینده..... ۲۱۰
- شکل ۴-۵: میانگین ماههای گرم طی سالهای ۲۰۰۹-۱۹۸۰..... ۲۱۲
- شکل ۴-۶: پراکندگی شدت امواج گرما در کشور بر درصد روزهای ایام سال (۲۰۰۷-۱۹۷۴)..... ۲۱۵
- شکل ۴-۷: دمای مرگ و میر برای شهر تهران..... ۲۱۷
- شکل ۴-۸: رابطه بین رگرسیون دماهای حداکثر در طی تابستان در شهر تهران..... ۲۱۷
- شکل ۴-۹: (الف) - دوره‌ها، خشک بر بیش از ۱۲۰ روز متوالی، با بارش کمتر از ۲ میلیمتر و حداکثر دمای بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد..... ۲۱۸
- شکل ۴-۱۰: میانگین فراوانی روزهای بختان..... ۲۲۰
- شکل ۴-۱۱: (الف) - دوره‌های تر برای کمتر از ۲ روز متوالی، با بارش بیش از ۱۱۰ میلیمتر (راست)؛ دوره مشاهداتی ۲ و ۳؛ دوره آینده تحت دو سناریوی RCP4.5, 8.5 (ب) - روزهای جدی سرد با صدک ۵ صدم طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۴ (۱) و روزهای جدی سرد تحت سناریوهای RCP4.5, 8.5 طی دوره ۲۰۲۵ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۳۰..... ۲۲۱
- شکل ۴-۱۲: مقادیر تغییرات ستون کلی ازن روی ایستگاه اصفهان طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۷۸..... ۲۲۶
- شکل ۴-۱۳: نرخ کاهش ازن به دایسون بر هر دهه روی اصفهان، فلات مرکزی ایران (محور سمت راست) و سطح معنی داری تغییرات ازن (محور سمت چپ)..... ۲۲۷
- شکل ۴-۱۴: متوسط حداکثر و حداقل سالانه ازن و تعداد وقوع رخداد LOEs همزمان با تغییر روند دراز مدت..... ۲۲۸
- شکل ۴-۱۵: طبقه‌بندی جهانی شاخص تابش فرابنفش خورشیدی..... ۲۲۸
- شکل ۴-۱۶: متوسط تابش فرابنفش مرداد ماه (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰)..... ۲۲۹
- شکل ۴-۱۷: فراوانی سرطان پوست در هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در شش ناحیه جغرافیایی کشور در طی سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۰..... ۲۳۱
- شکل ۴-۱۸: روند ابتلا به مالاریا طی دوره آینده: ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ (سمت راست) و ۲۰۲۶ تا ۲۰۳۰ (سمت چپ)..... ۲۳۲

- شکل ۴-۱۹: روند ابتلا به لشمائی جلدی طی دوره آینده: ۱۵ تا ۲۰۲۰ (سمت راست) و ۲۰۲۶ تا ۲۰۳۰ (سمت چپ)..... ۲۳۳
- شکل ۴-۲۰: روند ابتلا به لشمائی احشایی طی دوره آینده: ۱۵ تا ۲۰۲۰ (سمت راست) و ۲۰۲۶ تا ۲۰۳۰ (سمت چپ)..... ۲۳۳
- شکل ۴-۲۱: روند ابتلا به تب کریمه کنگو طی دوره آینده: ۱۵ تا ۲۰۲۰ (سمت راست) و ۲۰۲۶ تا ۲۰۳۰ (سمت چپ)..... ۲۳۴
- شکل ۴-۲۲: میانگین فراوانی روزهای گرد و غبار بر اساس کدهای نه گانه هواشناسی..... ۲۳۵
- شکل ۴-۲۳: روند فراوانی سالانه توفانها (کدهای ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵) طی دوره آماری (۲۰۰۶-۱۹۸۷)..... ۲۳۷
- شکل ۴-۲۴: رند فوریتهای پزشکی در بیماریهای قلبی-عروقی و ب) در بیماریهای تنفسی..... ۲۴۴
- شکل ۵-۱: ورود تورست به بیرالهی و مشارکت قاره‌های مختلف در این بخش در سال ۲۰۱۶..... ۲۵۶
- شکل ۵-۲: انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش گردشگری طبق سناریوی "کسب و کار طبق معمول"..... ۲۵۸
- شکل ۵-۳: انتشار گاز گلخانه‌ای بخش گردشگری به تفکیک نواحی در حال توسعه و توسعه یافته در بین سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۳۵..... ۲۵۹
- شکل ۵-۴: توزیع جغرافیایی تأثیرات عمده ته‌ر آب‌ها بر مقاصد گردشگری..... ۲۶۳
- شکل ۵-۵: توفانهای اطلس شمالی با افزایش دمای سطح دریا افزایش یافته‌اند..... ۲۶۷
- شکل ۵-۶: تغییر آب و هوایی پیش بینی شده..... ۲۶۹
- شکل ۵-۷: مرگ مرجانها به دلیل قرار گرفتن طولانی مدت در معرض افزایش درجه حرارت که موجب گچی شدن مرجان به دلیل اسیدی شدن اقیانوس می‌شود..... ۲۷۰
- شکل ۵-۸: عقب‌نشینی یخچال‌های Muir و Riggs در پارک ملی Glacier Bay (آلاسکا، ایالات متحده آمریکا)..... ۲۷۲
- شکل ۵-۹: سازگاری ورزش اسکی با تغییر آب و هوا..... ۲۷۲
- شکل ۵-۱۰: ورود گردشگران بین‌المللی به ایران در سالهای ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۳..... ۲۷۵
- شکل ۵-۱۱: شاخص اقلیم گردشگری در ماه‌های مختلف در ایران..... ۲۷۹
- شکل ۵-۱۲: شاخص آب و هواشناسی گردشگری برای سه دوره مشاهداتی ۱۹۹۰-۱۹۸۱، ۲۰۰۰-۱۹۹۱ و ۲۰۱۰-۲۰۰۱ در ایران طی ماه‌های مختلف سال..... ۲۸۵
- شکل ۵-۱۳: مقایسه میانگین شاخص آب و هواشناسی گردشگری طی دوره مشاهداتی ۲۰۱۰-۱۹۶۱ و دوره آینده ۲۰۴۰-۲۰۲۰ برای چند ایستگاه منتخب..... ۲۸۸

- شکل ۶-۱: جنگلهای حوضه آمازون که از طریق خشکسالیهای شدید، کاربری اراضی و افزایش فراوانی آتش سوزی جنگلها تغییر یافته اند..... ۳۹۶
- شکل ۶-۲: تغییرات پیش بینی شده، احتمال و فراوانی خطر آتش سوزیهای جوی در جنگل با استفاده از روشها و مدلهای مختلف آب و هوایی..... ۳۹۷
- شکل ۶-۳: میزان تغییرات آب و هوایی تا سال ۲۱۰۰ (سمت چپ) و جابجایی گونه های مختلف گیاهی و جانوری (سمت راست) باندهای صورتی افقی و عمودی تفسیر این شکل را بیان می کنند..... ۳۰۱
- شکل ۶-۴: جنگل های ایران به تفکیک مقدار تراکم..... ۳۰۴
- شکل ۶-۵: مراتع ایران به تفکیک مقدار تراکم..... ۳۰۵
- شکل ۶-۶: نمودار میانگین NDVI سالیانه..... ۳۰۷
- شکل ۶-۷: نمودار مایه ای سالیانه..... ۳۰۸
- شکل ۶-۸: نمودار بارش سالانه..... ۳۰۸
- شکل ۶-۹: نمودار رطوبت سببی میانگین سالیانه..... ۳۰۹
- شکل ۶-۱۰: نمودار رطوبت نسبی حداکثر سالیانه..... ۳۰۹
- شکل ۶-۱۱: نمودار ضریب همبستگی مایه ای میانگین و NDVI سالیانه..... ۳۱۰
- شکل ۶-۱۲: نمودار ضریب همبستگی بارش و NDVI سالیانه..... ۳۱۰
- شکل ۶-۱۳: نمودار ضریب همبستگی رطوبت نسبی میانگین و NDVI سالیانه..... ۳۱۱
- شکل ۶-۱۴: موقعیت جغرافیایی پناهگاههای حیات وحش ایران..... ۳۱۳
- شکل ۷-۱: سهم ناحیه ای تولید گاز طبیعی در سال ۲۰۱۵..... ۳۲۰
- شکل ۷-۲: مصرف جهانی انرژی در سال ۲۰۱۳..... ۳۲۴
- شکل ۷-۳: مشارکت منابع انرژی در افزایش مصرف انرژی اولیه جهانی و منطقه..... ۳۲۶
- شکل ۷-۴: عرضه اولیه انرژی سالانه (EJ) در سه سناریوی پایه (ستون سمت چپ)، مسیر عرضه ای انرژی اولیه در مقایسه با مقادیر پایه برای رسیدن به اهداف بلندمدت با غلظت بین ۴۳۰ تا ۵۳۰ ppm CO₂eq (ستون سمت راست)..... ۳۲۷
- شکل ۷-۵: مقایسه پتانسیل فنی جهانی منابع انرژی تجدید پذیر و توسعه ای فناوریهای انرژیهای تجدید پذیر تا سال ۲۰۵۰..... ۳۲۸
- شکل ۷-۶: انتشار گازهای گلخانه ای توسط زیرمجموعه های مختلف بخش انرژی..... ۳۲۹
- شکل ۷-۷: عرضه گازهای گلخانه ای از بخش انرژی توسط مناطق مختلف..... ۳۳۱

- شکل ۷-۸: انتشار دی اکسید کربن از دو بخش برق و غیر برق ۳۳۲
- شکل ۹-۹: شاخص های انتخاب شده از رشد جهانی انرژی های تجدید پذیر، شکل سمت چپ، ظرفیت مخازن را به گیگاوات و شکل سمت راست تولید را در واحد میلیارد در سال نشان می دهد ۳۳۴
- شکل ۷-۱۰: ظرفیت تولید انرژی های پاک در کشور در سال ۱۳۹۷ ۳۳۷
- شکل ۷-۱۱: مصرف انرژی در کشور از سال ۵۸ تا ۹۴ برحسب بشکه نفت (هزار بشکه در روز) ۳۳۷
- شکل ۷-۱۲: مصرف گاز طبیعی از سال ۵۸ تا ۹۴ برحسب میلیون متر مکعب ۳۳۸
- شکل ۷-۱۳: تولید انرژی اولیه به تفکیک منابع ۳۳۹
- شکل ۷-۱۴: سرانه مصرف نهایی انرژی در ایران به تفکیک انرژی ها در مقایسه با سایر کشورها ۳۴۰
- شکل ۷-۱۵: عرضه انرژی اولیه و مصرف آن طی سالهای مختلف (میلیون بشکه معادل نفت خام) ۳۴۰
- شکل ۷-۱۶: عملکرد انتقال، فراورده های نفتی طی سالهای مختلف ۳۴۱
- شکل ۷-۱۷: طول خطوط انتقال برق طی سالهای مختلف ۳۴۱
- شکل ۷-۱۸: سهم انواع نیروگاه ها در تولید ناوی برق ۳۴۲
- شکل ۷-۱۹: ظرفیت نیروگاه های کشور (به تفکیک نیروگاه) در تولید برق ۳۴۲
- شکل ۷-۲۰: جریان منابع و مصارف برق کشور در سال ۱۳۹۱ ۳۴۳
- شکل ۷-۲۱: روند افزایش نیازهای سرمایه گذاری کشور در ماه ژانویه ۳۴۸
- شکل ۷-۲۲: روند افزایش نیازهای سرمایه گذاری کشور در ماه ژوئن ۳۴۸
- شکل ۷-۲۳: روند افزایش نیازهای سرمایه گذاری کشور در ژوئیه ۳۴۹
- شکل ۷-۲۴: روند افزایش نیازهای سرمایه گذاری کشور در ماه اوت ۳۵۰
- شکل ۷-۲۵: روند افزایش نیازهای سرمایه گذاری کشور سپتامبر ۳۵۰
- شکل ۷-۲۶: روند افزایشی تعداد درجه روزهای با میانگین دمای بالای ۲۱ درجه ۳۵۱
- شکل ۷-۲۷: روند کاهشی نیازهای گرمایشی کشور در فصل سرد ۳۵۲
- شکل ۷-۲۸: روند کاهشی نیازهای گرمایشی کشور در ماه دسامبر ۳۵۲
- شکل ۷-۲۹: نمودار نشان دهنده روند کاهشی نیازهای گرمایشی کشور در ماه ژانویه ۳۵۳
- شکل ۷-۳۰: نمودار نشان دهنده روند کاهشی نیازهای گرمایشی کشور در ماه فوریه ۳۵۳
- شکل ۷-۳۱: نمودار نشان دهنده روند کاهشی نیازهای گرمایشی کشور در ماه مارس ۳۵۴
- شکل ۷-۳۲: روند کاهشی تعداد روزهای با میانگین دمای کمتر از ۱۸ درجه سلسیوس در ایران ۳۵۴
- شکل ۷-۳۳: مقادیر دمای افزایش یافته هر یک از ماه های فصل گرم و سرد (مقادیر افزایش دما هم مقیاس شده اند) ۳۵۵

- شکل ۷-۳۴: پهنه بندی نیازهای سرمایه‌ی کشور ۳۵۷
- شکل ۷-۳۵: پهنه بندی نیازهای گرمایشی کشور ۳۵۷
- ۳۵۹
- شکل ۷-۳۷: پیش بینی تولید و مصرف فراورده‌های نفتی (هزار بشکه در روز) تا سال ۱۴۰۰ ۳۶۵
- شکل ۷-۳۸: پتانسیل میزان انرژی خورشیدی و باد در ایران ۳۷۰
- شکل ۸-۱: نقشه جهانی از موقعیت تراکم‌های شهری با جمعیت بیش از ۷۵۰۰۰۰ نفر و بیشتر در سال ۱۹۵۰ ۳۷۶
- شکل ۸-۲: تراکم‌های بزرگ شهری سال ۲۰۱۰ با تغییر آب و هوایی مشاهداتی دوره ۲۰۱۲-۱۹۰۱ ۳۷۸
- شکل ۸-۳: موقعیت تراکم‌های بزرگ شهری و تغییرات دمایی پیش بینی شده با RCP2.6 ۳۷۹
- شکل ۸-۴: موقعیت تراکم‌های بزرگ شهری و تغییرات دمایی پیش بینی شده با RCP8.5 ۳۷۹
- شکل ۸-۵: تغییر دمای حداکثر روزانه در روزهای طبقه بندی شده به عنوان روزهای همراه با امواج گرما (الف) و درصد تیرات در مناطقی همراه با امواج گرما (ب)، در سه سناریوی با تأثیر پایین، متوسط و بالا ۳۸۱
- شکل ۸-۶: تغییر در دبی‌ها، با دوره بازگشت ده ساله که از طریق نسبت Q10 آینده بر Q10 دوره مشاهداتی برای شهرهای مورد بررسی در سناریوی با تأثیر پایین (الف)، متوسط (ب) و بالا (ج) بدست آمده است ۳۸۲
- شکل ۸-۷: چادر ساده عشایر بیرانوند در فصل گرما گرم است و در زمان گرما خنک است ۳۹۱
- شکل ۸-۸: نمودار برآورد دمای داخل چادر عشایر بیرانوند در ماه‌های مختلف سال و در مکانهای مختلف ۳۹۱
- شکل ۸-۹: (الف) بیانگر ویژگی‌های یک خانه سنتی سرد و کز کردهای هر بخش از خانه که نمایانگر مهاجرت درون خانه در فصول مختلف است ۳۹۴
- شکل ۹-۱: تعداد جمعیت در معرض سیکلوتنهای حاره‌ای ۴۰۴
- شکل ۹-۲: سالهای باقی مانده از تولید محصولات مختلف انرژی بر اساس داده‌های سال ۲۰۱۲ ۴۰۷
- شکل ۹-۳: درصد افزایش ظرفیت تولید انرژی بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۵ ۴۰۸
- شکل ۹-۴: درصد برداشت آب شیرین در مواجه با تقاضای فعلی آب ۴۰۹
- شکل ۹-۵: روند مهاجرت داخلی در کشور از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۹۰ ۴۱۱
- شکل ۱۰-۱: خسارات (برحسب میلیارد دلار امریکا) تغییر آب و هوایی شهری ناشی از سیلابها تا سال ۲۰۸۰ ۴۲۴
- شکل ۱۰-۲: نقشه میزان خسارت‌های مالی مخاطره‌های رخ داده در کشور ۴۳۱