

برف و اقلیم

فرآیندهای فیزیکی، تبادل انرژی سطحی و مدل سازی

ویراستاران:
، پیچارد ال. آرمسترانگ
ایریک بران

ترجمه:
علی اکبر سبزی پرور
جلیل هلالی
مهدی پناهی

مرکز نشر دانشگاه
زمستان ۱۳۹۳

QC	سبزی پرور، علی اکبر
۹۲۶/۳۲	برف و اقلیم: فرآیندهای فیزیکی، تبادل انرژی سطحی و مدلسازی / تألیف: ریچارد ال.
۴۵ ب/	آرامسترانگ، اریک بران؛ ترجمه: علی اکبر سبزی پرور، جلیل هلالی، مهدی پناهی
۱۳۹۳	همدان: انتشارات دانشگاه بوعلی سینا ۱۳۹۳.
	۲۵۰ ص. مصور، نقشه ها
	شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۸-۱۸۳-۹
	۱. برف.الف. آرامسترانگ، ریچارد ال. ب. برون، اریک ج. سبزی پرور، علی اکبر، مترجم
	۵۵۱/۵۷

عنوان:	برف و اقلیم: فرآیندهای فیزیکی، تبادل انرژی سطحی و مدلسازی
مولفان:	ریچارد ال. آرامسترانگ، اریک بران
مترجمان:	علی اکبر سبزی پرور، جلیل هلالی، دکتر مهدی پناهی
داوران علمی:	دکتر محمد موسوی بایگی، دکتر عبدالله طاهری تیزرو
طراح جلد:	سارا آری
صفحه آرا:	مژگان حمیدی
ناشر:	مرکز نشر دانشگاه بوعلی سینا
مدیر مرکز نشر:	محمد جواد یحیی
چاپخانه:	روشن
صفحه و قطع:	۲۵۰- وزیر
نوبت چاپ:	اول
تیراژ:	۱۰۰۰
قیمت:	۱۴۰۰۰ تومان
تاریخ انتشار:	زمستان ۱۳۹۳
شماره کتاب:	۳/۳۰۳ ک
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۱۲۸-۱۸۳-۹

کلیه حقوق برای مرکز نشر دانشگاه بوعلی سینا محفوظ است

مراکز فروش در همدان: ۱. دانشگاه بوعلی سینا، اداره انتشارات، تلفکس: ۳۸۲۹۱۲۷۶-۸۱

۲. خیابان شهید حسین فهمیده، روبروی پارک مردم، فروشگاه اداره انتشارات

۳. خیابان مهدیه، روبروی خانه معلم، انتشارات دانشجو

نمایندگی فروش در تهران: ۱. موسسه کتابیران، میدان انقلاب، خیابان لبافی نژاد غربی (بعد از چهار راه کارگر جنوبی)،

بعد از فروشگاه شبيلات، پلاک ۲۳۷ تلفن: ۶۶۴۲۳۴۱۶-۶۶۹۲۶۸۷

۲. نوپردازان، میدان انقلاب، خیابان لبافی نژاد، بین ۱۲ فروردین و اردیبهشت، پلاک ۲۰۶ تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۱۱۱۷۳

صفحه	عنوان
I	فهرست
I	پیشگفتار ناشر
A	پیشگفتار مترجمان
	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- ویژگی‌های بنیادی برف
۴	۲-۱- اهمیت برف در سامانه اقلیمی
۶	۳-۱- اهمیت برف در سامانه های طبیعی و انسانی
۷	۴-۱- برف و تغییر اقلیم
۹	۵-۱- معرفی کتاب
	فصل دوم: فرایندهای فیزیکی درون برف و پارامتره سازی آن‌ها
۱۱	۱-۲- مقدمه
۱۲	۱-۱-۲- تشکیل ابر و بارندگی
۱۴	۲-۱-۲- تشکیل برف و انواع بلورهای آن
۱۸	۳-۱-۲- ته نشست یا نهشت برف
۱۹	۲-۲- ویژگی‌های عمومی برف
۱۹	۱-۲-۲- مفاهیم عمومی و کلی یک ماده متخلخل
۲۲	۲-۲-۲- ترمودینامیک مرحله تعادل در برف
۲۷	۳-۲-۲- تغییر ساختار برف
۲۹	۴-۲-۲- اندازه دانه و رابط آن با سرعت رشد برف دانه
۳۲	۵-۲-۲- فشردگی برف
۳۵	۳-۲- رفتار حرارتی برف
۳۶	۱-۳-۲- خصوصیات حرارتی
۳۸	۲-۳-۲- انتقال فرارفتی - انتشاری حرارت
۴۱	۴-۲- رفتار جریان یک سیال در برف
۴۲	۱-۴-۲- جریان تک فاز یا اشباع شده
۴۶	۲-۴-۲- جریان دو فاز یا اشباع نشده
۵۴	۵-۲- خواص تابشی برف
۵۴	۱-۵-۲- بازتاب و قابلیت بازتابش دو سویه برف
۵۶	۲-۵-۲- آلودگی برف
۵۹	۳-۵-۲- گسیلندگی حرارتی برف
۶۰	۴-۵-۲- گرمایش زیر سطحی برف
۶۰	۶-۲- خلاصه یافته ها و دستورالعمل‌هایی برای آینده

فصل سوم: توازن جرم و انرژی بین جو و برف

۶۵	۱-۳- مقدمه
۶۶	۲-۳- معادلات توازن انرژی و جرم
۶۸	۳-۳- شارهای مداخله کننده در توازن انرژی
۶۸	۱-۳-۳ تابش موج کوتاه
۶۹	۲-۳-۳ تابش موج بلند
۷۰	۳-۳-۳ تابش خالص
۷۱	۴-۳-۳ شار تلاطمی حرارت
۷۶	۵-۳-۳ شارهای حرارت روی پوشش برفی غیریکنواخت
۷۷	۴-۲- انبساط برف
۷۸	۱-۴-۳ برف: پیش به وسیله پوشش گیاهی
۸۰	۲-۴-۳ باد برف
۸۶	۳-۴-۳ انبساط برف در توپوگرافی کوهستان های مرتفع
۸۷	۵-۳- مثال هایی از بیلان های انرژی و جرم
۸۸	۱-۵-۳ پوشش برف در ارتفاعات کوهستان
۹۲	۲-۵-۳ پوشش برف در ارتفاعات متوسط
۹۳	۳-۵-۳ پوشش برفی یخ های دریایی جریان یخ
۹۸	۴-۵-۳ مراتع و چراگاه های کانادا
۱۰۳	۵-۵-۳ جنگل سوزنی برگ قطب شمال

فصل چهارم: پارامترهای مدل سازی پوشش برف

۱۱۱	۱-۴- تاریخچه الگوسازی عددی پوشش برف
۱۱۱	۱-۱-۴ مقدمه
۱۱۱	۲-۱-۴ الگوهای شبیه سازی پوشش برف
۱۱۵	۲-۴- معرفی مدل های فعلی ذوب برف
۱۱۵	۱-۲-۴ مقدمه
۱۱۵	۲-۲-۴ توصیف برخی مدل های ذوب برف
۱۱۹	۳-۲-۴ چکیده یافته ها و جهت گیری های آینده
۱۲۰	۲-۴- حساسیت شارهای انرژی و جرم در سطح مشترک برف-جو به پارامترهای درونی و سطح مشترک برف-جو
۱۲۰	۱-۳-۴ مقدمه
۱۲۱	۲-۳-۴ حساسیت مدل ها به پارامتره سازی آلبیدو
۱۲۳	۳-۳-۴ حساسیت مدل ها به پارامتره سازی نگهداشت آب
۱۲۴	۴-۳-۴ حساسیت مدل ها به پارامتره سازی شارهای تلاطمی
۱۲۷	۵-۳-۴ حساسیت به معیار برف-باران
۱۲۸	۶-۳-۴ نتیجه گیری
۱۲۹	۴-۴- پارامتره نمودن برف در مدل های گردش عمومی جو (GCM)
۱۲۹	۱-۴-۴ مقدمه
۱۳۲	۲-۴-۴ خواص هیدرولیکی و حرارتی برف
۱۳۶	۳-۴-۴ آلبیدوی برف
۱۳۹	۴-۴-۴ بیلان های انرژی و جرم در برف
۱۴۰	۵-۴-۴ پوشش برف ناهمگن

۱۴۱	۴-۴-۶- برف و پوشش گیاهی
۱۴۲	۴-۵- پوشش جهانی برف در سناریوهای تغییر اقلیم
۱۴۴	۴-۵-۱- تغییرپذیری پوشش برف
۱۴۸	۴-۵-۲- پستخورد بین برف-اقلیم
۱۵۰	۴-۵-۳- سناریوهای تغییر اقلیم
۱۵۷	۴-۵-۴- نتیجه گیری

فصل ۵. داده‌های پوشش برف: اندازه‌گیری‌ها و منابع داده‌ها

۱۵۹	۵-۱- مقدمه
۱۶۰	۵-۲- داده‌های برف در مکان طبیعی
۱۶۱	۵-۲-۱- داده‌های برف پیش از توسعه ادوات
۱۶۱	۵-۲-۲- عمق برف
۱۶۵	۵-۲-۳- آب معادل برف
۱۶۸	۵-۲-۴- چینه‌شناسی توده برف
۱۶۸	۵-۲-۵- برف بارش - بارش جامد
۱۷۰	۵-۳- داده‌های سنجش از دور
۱۷۱	۵-۳-۱- داده‌های ماهواره‌ای طیف مرئی
۱۷۳	۵-۳-۲- داده‌های چند طیفی با طول موج کوتاه
۱۷۴	۵-۳-۳- سایر خروجی‌های طیف مرئی برف: معیاس منطقه‌ای
۱۷۵	۵-۳-۴- داده‌های مایکروویو ماهواره‌ای غیر فعال
۱۷۹	۵-۳-۵- سامانه‌های ماهواره‌ای مایکروویو فعال
۱۸۱	۵-۳-۶- سامانه‌هایی با حسگر جدید
۱۸۲	۵-۴- خروجی‌های عملیاتی پوشش برف
۱۸۲	۵-۴-۱- عمق برف
۱۸۳	۵-۴-۲- وسعت و گستره برف
۱۸۴	۵-۴-۳- آب معادل برف
۱۸۵	۵-۵- داده‌های اقلیمی پوشش برف در مقیاس قاره‌ای - جهانی: اندازه‌گیری‌ها و مدل
۱۸۷	۵-۱- پیوست ۱- معرفی علائم و اختصارات
۱۹۲	۵-۲- پیوست ۲- نمایه‌ها
۱۹۳	۵-۳- پیوست ۳- واژه‌نامه دوسویه (اضافه شده توسط مترجمان)
۲۰۷	منابع

پیشگفتار ناشر

وسعت و تغییرپذیری پوشش فصلی برف از پارامترهای مهم سامانه اقلیمی است که به علت تأثیر آن بر ترازمندی انرژی و رطوبت و همچنین به دلیل وابستگی دمای سطحی به وجود و عدم وجود پوشش برف اهمیت فراوان دارد. در عین حال امروزه روند تغییرات پوشش برف به عنوان شاخص کلیدی در تغییر اقلیم مطرح است.

در دو دهه اخیر روش‌های نوین و تکنیک‌های جدید متعددی برای مطالعه روابط بین محیط اقلیم و برف وجود آمده‌اند. ماهواره‌ها اولین قابلیت را برای پایش گستره پوشش برف در مقیاس‌های مکانی و قاره‌ای مهیا نمودند. این امر توانست بررسی‌های پیوند زنجیره‌ای بین اقلیم و برف را در مقیاس سینوپتیکی ممکن سازد. این نگرش جهانی و گسترده از پوشش برف به همراه پیشرفت سریع در مدلسازی فیزیک برف، بررسی فرآیندهای برف، لحاظ نمودن آن‌ها در مدل‌های گردش عمومی جو (GCMs) ممکن ساخته است. این پیشرفت‌ها مسیر ما را در نگاه کردن به پوشش برف تغییر داده است. بنابراین، هدف اصلی این کتاب بیان ساختن ترکیب و وضعیت کنونی علم برف-اقلیم است. امید است که این کتاب مجموعه‌ای سودمند برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی و پژوهشگران باشد.

ریچارد آرمسترانگ. پژوهشگر ارشد در مرکز ملی داده‌های سطح برف، مرکز داده‌های جهانی یخچال‌شناسی و عضو موسسه تحقیقاتی در علوم محیطی در دانشگاه کلرادو می‌باشد. کارهای اخیر وی در زمینه سنجش از دور و ارزیابی نهانات پوشش برف و یخچال‌هاست که به عنوان شاخص‌هایی برای مطالعه تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ایریک بران. رئیس مرکز تحقیقات سازمان هواشناسی فرانسه و سرپرست مرکز ملی مطالعات هواشناسی است. وی متخصص در زمینه برف و بهمن و روش‌های اولیه توسعه یافته برای ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر روی پوشش برفی و رودخانه‌های کوهستانی است.

پیشگفتار مترجمان

برف در حوضه‌های کوهستانی و مرتفع عامل کنترل کننده رفتار جریان آبراه‌ها محسوب شده و بعنوان منبع اصلی تامین و ذخیره آب، نقش بسیار مهمی را در چرخه آبشناسی ایفا می نماید. آشنایی با برف و رژیم ذوب برف، تخمین و شبیه سازی آن و پیش بینی جریان ناشی از ذوب برف دارای اهمیت و کاربرد فراوانی در مناطق برف خیز همچون گستره غربی و شمال غربی ایران می باشد. بررسی جزییات این مقوله در: تامین آب شرب، کشاورزی، صنعت، تغذیه منابع آب زیرزمینی، تنظیم آب رودخانه‌ها، مدیریت تاسیسات آبی و منابع آب، هشدار سیلاب، برآورد و پیش بینی حداکثر بارش محتمل (PMP) و حداکثر سیل محتمل (PMF) از اهمیت بسزایی برخوردار است. پیشرفت روزافزون دانش در جهان، مقوله برف و ذوب برف را نیز در بر می گیرد. امروزه تعاریف علمی متعددی از ویژگی‌های فیزیکی برف وجود دارد و مدل‌های شبیه سازی کوچک مقیاس و بزرگ مقیاس فراوانی بر مبنای ذوب برف تعریف شده است. همچنین، مراکز جهانی گوناگونی در گستره آسیا، اروپا و امریکای شمالی به ارائه برداری برف و ویژگی‌های آن پرداخته و یافته‌های خود را در معرض استفاده عموم قرار داده اند. این موضوع اهمیت جهانی توجه به فیزیک ذوب برف را برای پژوهشگران علوم هواشناسی، اقلیم‌شناسی، هواشناسی کشاورزی، منابع آب و هیدرولوژی آشکار می سازد.

تاکنون در سطح کشور بجز معدود پژوهش‌های محدودی که غالباً محدود به برآورد پهنه پوشش برف (Snow cover) و سرعت ذوب برف (Snow melt) می باشند، تلاش علمی گسترده و منسجمی انجام نگرفته است. این امر خود می تواند افزون بر کاهش سطح برف سنجی، ناشی از کمبود دانش و منابع علمی فارسی برای پژوهشگران داخل کشور باشد. همچنین، توجه اندکی به اهمیت برف در هواشناسی و اقلیم شناسی شده است؛ بطوری که تاکنون در مورد تغییرات ریزش و ماندگاری برف در نقاط برف خیز کشور و تاثیر مستقیم و غیر مستقیم آن بر اقلیم کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

کتاب حاضر مشتمل بر پنج فصل می باشد که فصل اول آن به مقدمه و فصل دوم آن به معرفی فرآیندهای فیزیکی و خرد مقیاس درون برف اختصاص دارد. در فصل سوم توازن جرم و انرژی بین دو محیط برف و جو (نیوار) با تاکید بر مولفه تابش خالص، تابش بلند و تابش طول موجهای کوتاه مورد بحث قرار می گیرد. در فصل چهارم به مدلسازی پوشش برف پرداخته می شود و در نهایت در

فصل انتهایی وضعیت موجود اندازه گیری های زمینی و ماهواره ای پوشش برف گزارش خواهد شد. لازم به توضیح است که علاوه بر پاورقی ها، در بخش انتهایی کتاب، واژه نامه دوسویه انگلیسی به فارسی و فارسی به انگلیسی به منظور آشنایی خوانندگان با اصل واژه ها و معادل های بکار رفته اضافه گردیده است. ضمناً به منظور سهولت در خواندن اسامی و اصطلاحات، صداگذاری حروف تا حد امکان انجام شده است.

انگیزه مترجمان از ترجمه کتاب حاضر برطرف نمودن بخشی از کمبود منابع فارسی و ارائه مجموعه ای از ویژگی های فیزیکی، ترمودینامیکی، مدلهای ذوب برف و معرفی داده ها و پایگاههای مربوط به برف سنجی است. این مجموعه در واقع به عنوان اولین تلاش در کشور در راستای عرضه علمی و جامع فرآوردهای مرتبط با ذوب برف و تاثیر آن بر اقلیم، تغییر اقلیم، روند بارش و دما محسوب می شود. کتاب حاضر مجموعه مفیدی برای دانشجویان و پژوهشگران علوم هواشناسی، اقلیم شناسی، هیدرولوژی، جغرافیا، جنگلداری، منابع آب و هواشناسی کشاورزی با تاکید بر مقوله تغییر اقلیم می باشد و افق های جدیدی را پیش روی دانش پژوهان قرار می دهد.

در پایان، ضمن تشکر از جناب آقای دکتر پرویز/ایران نژاد استاد محترم هواشناسی دانشگاه تهران که با دقت عمل و ظرافت علمی خود کیفیت ترجمه این کتاب را بهبود بخشیدند، بیان این نکته لازم است که نوشتار و ترجمه این کتاب خالی از اشکال نیست. لذا از همه دوستان و مخاطبان کتاب درخواست می شود ما را از نظرات، پیشنهادات و انتقادات خود در جهت بهبود ویرایش های بعدی بی بهره نگذارند.

علی اکبر سبزی پرور و همکاران
E-mail: swsabzi@basu.ac.ir