

مهندسی محیط زیست

جریان های انرژی، چرخه های مواد و توسعه جهانی

رویکردی از منظر مهندسی برای پند به سامانه کره زمین

جورج شوآب

توماس تورک

مترجمین:

دکتر بهناز دهرآزما

دکتر علی ابراهیمی

مهندس سیاوش داوودی

دکتر مجید احتشامی

ویرایش دوم



شماره ۵۳۵

سرشناسه: شوب، جورج، ۱۹۴۶ - م. Schaub, George

عنوان و نام پدیدآور: جریان‌های انرژی، چرخه‌های مواد و توسعه جهانی: رویکردی از منظر مهندسی فرایند به سامانه کره زمین/ جورج شواب، توماس تورک؛ مترجمین بهناز دهرآزما ... [و دیگران].

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۴۰۲.

مشخصات ظاهری: [۱۱]، ۲۹۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.

فروست: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ ۵۳۵.

ISBN: 978-622-5234-20-8

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۵۲۳۴-۲۰-۸

وضعیت فهرست نویسی: فیپا.

یادداشت: عنوان اصلی: Energy flows, material cycles and global development : a process engineering approach to the earth system, 2nd ed, 2016.

یادداشت: مترجمین بهناز دهرآزما، علی ابراهیمی، سیاوش داوودی، مجید احتشامی.

یادداشت: کتابنامه: ص. [۲۵۳] - ۲۶۳.

عنوان دیگر: رویکردی از منظر مهندسی فرایند به سامانه کره زمین.

عنوان دیگر: مهندسی محیط زیست.

موضوع: مهندسی محیط زیست / Environmental engineering

مهندسی سبز / Sustainable engineering

علوم زیست محیطی / Environmental sciences

تکنولوژی زیستی / Biotechnology

شناسه افزوده: تورک، تامس / Turek, Thomas

شناسه افزوده: دهرآزما، بهناز، ۱۳۴۷ - مترجم

رده‌بندی کنگره: TD1۴۵

رده‌بندی دیویی: ۶۲۸

شماره کتابشناسی ملی: ۹۲۵۲۰۲۶

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: جریان‌های انرژی، چرخه‌های مواد و توسعه جهانی: رویکردی از منظر مهندسی فرایند به سامانه کره زمین

مؤلفان: جورج شواب، توماس تورک

مترجمان: دکتر بهناز دهرآزما، دکتر علی ابراهیمی، مهندس سیاوش داوودی و دکتر مجید احتشامی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: دیماه ۱۴۰۲

شمارگان: ۲۰۰ جلد

چاپ و صحافی: سعید

قیمت: ۲۴۴,۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - شماره ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی عصر (ع) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۸۲۲۲۲۲ - پست الکترونیک: press@kntu.ac.ir - آدرس: تهران، خیابان شریعتی، پلاک ۱۰۰، پست کد ۱۹۸۴۱-۱۹۸۴۲

پیش گفتار

چرا ویرایش دوم؟

از زمان انتشار این کتاب برای اولین بار در سال ۲۰۰۹ پشرفتهای جدید و مهمی صورت گرفته است:

(۱) افزایش قابل توجه جریانهای ماده و انرژی بشر زاد، ناشی از رشد اقتصادی در بیشتر قسمت‌های جهان (۲) تغییر سیاست‌های مرتبط با انرژی در برخی کشورها به ویژه کشور آلمان (جنبش انرژی) که به دنبال وقوع حادثه نیروگاه اتمی فوکوشیما و با هدف تأمین انرژی بدون استفاده از منابع هسته‌ای و فسیلی صورت گرفته است.

(۳) منابع ارزان گاز طبیعی نظیر گاز شیل سبب ایجاد وسوسه برای فراموش کردن صرفه‌جویی در انرژی گردیده است.

علاوه بر این موارد، در ویرایش جدید به برخی جنبه‌های جدید که امروزه حائز اهمیت قلمداد می‌شوند نیز پرداخته شده است. آن‌ها می‌توان به منابع مواد مرتبط با فناوری‌های نوین انرژی (نظیر لیتیوم)، منابع حائز اهمیت به منظور تغذیه جمعیت روبه رشد جهان (مانند فسفر)، محدودیت‌ها برای فعالیت‌های بشرزاد بر روی زمین و همچنین منابع بالقوه انرژی‌های تجدیدپذیر اشاره نمود.

سپاسگزاری

در آماده‌سازی پیش‌نویس ویرایش دوم، کمک‌هایی از منابع مختلف صورت گرفت. استفان پینو^۱ مجدداً پردازش ماهرانه این کتاب را با استفاده از نرم‌افزار LATEX را انجام داد، ماریون بینویت^۲ وظیفه تایپ را به عهده گرفت و ایمی کوچ^۳ در بهبود متن و افزایش درک‌پذیری آن برای خواننده عمومی کمک نمود. همچنین یورن براونس^۴ شکل‌های جدید را آماده نمود. ما از همه این افراد سپاسگزاریم.

کارلسروهه^۵، جورج شوآب^۶

کلاوستال-زلفلد^۸، توماس تورک^۹

ژانویه ۲۰۱۶

1 Energiewende
2 Stefan Pinnow
3 Marion Benoit
4 Amy Koch

5 Jorn Brauns
6 Karlsruhe
7 Georg Schaub

8 Clausthal-
Zellerfeld
9 Thomas Turek

چرا رویکرد مهندسی فرایند در قبال سامانه زمین انتخاب شد؟

مهندسين فعال در زمينه‌های مدیریت، فراوری و بهره‌برداری از مواد و انرژی، به‌طور پیوسته با اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی فعالیت‌های خود مواجه هستند. ازجمله این اثرات می‌توان به تغییرات زیست‌محیطی در مقیاس‌های محلی، ناحیه‌ای و جهانی و همچنین فرسایش منابع و جستجو برای مواد خام و منابع جدید انرژی اشاره نمود. این تجربه‌ای است که نویسندگان کتاب در طول فعالیت حرفه‌ای خود به‌عنوان مهندسين شیمی در تحقیق و توسعه صنایع و همچنین در پژوهش و تدریس دانشگاهی در زمینه‌های مختلف شیمی سوخت و مهندسي واکنش کسب نموده‌اند. این کتاب بر پایه موضوعی درسی با بیش از ۱۰ سال سابقه است که برای دانشجویان رشته مهندسي برگزار می‌شود. نویسندگان در تألیف این کتاب، سؤالات زیر را دنبال می‌کردند:

از منظر کلان، عوامل تعیین‌کننده جریان‌های ماده و انرژی در زمین‌زیست‌کره چیست؟ رویکرد مناسب به‌منظور درک اختلال‌ها و نحوه در چرخه‌های طبیعی ناشی از فعالیت‌های انسانی و همچنین ارزیابی شرایط قابل توجه زیست‌کره چیست؟

آیا جوامع انسانی در حال حاضر و در آینده قابل‌پیش‌بینی، در بحث استفاده از مواد و انرژی، بیشتر از نظر فرسایش منابع محدود می‌شوند و یا اینکه این محدودیت به‌وسیله تغییرات زیست‌محیطی جهانی رخ خواهد داد؟ به‌عنوان مثال، آیا کشف منابع عظیم و قابل‌استفاده‌ی هیدرات‌های گازی به‌عنوان یک منبع انرژی فسیلی یک اتفاق خوب است یا نوعی مصیبت محسوب می‌شود؟

با توجه به نوآوری‌های فناورانه و فعالیت‌های پژوهشی قابل‌توجهی که در سراسر جهان در جریان است، چگونه باید با فقدان واضح رویکردی ترکیبی و یکپارچه کنار آمد؟ کشورهای صنعتی تا چه اندازه‌ای می‌توانند نقش نمونه را برای کشورهای کمتر توسعه‌یافته ایفا کنند؟ گزینه‌های مناسب فناوری برای توسعه پایدار چیست؟

کتاب ما برای درک و جهت‌گیری اساسی و ایجاد بحث در مورد این سؤالات ارائه شده است. مخاطبان این کتاب دانشجویان رشته‌های مهندسي فرایند (شیمیایی و زیست‌فناوری) و سایر رشته‌ها و همچنین افراد علاقه‌مند دارای دانش پایه در علوم

طبیعی می‌باشند. انتظار می‌رود که این کتاب موجبات بحث در زمینه جنبه‌های علمی، فناوری و سیاسی توسعه جهانی را فراهم بیاورد. نویسندگان بر این باورند که «توسعه» نسبت به «تغییرات جهانی» با تفکر مهندسی همراهی مناسب‌تری دارد؛ زیرا علاوه بر «تحلیل مشکلات»، بازتاب‌دهنده «حل مشکلات» نیز است.

www.ketab.ir

سپاسگزاری

وجود این کتاب مدیون یک واحد درسی، تحت عنوان «جریان‌های انرژی، چرخه‌های مواد و توسعه جهانی» است که در دانشگاه کارلسروهه (که امروزه بانام انستیتو صنعتی کارلسروهه یا KIT شناخته می‌شود) تدریس می‌شود. تدریس این درس در سال ۱۹۹۰ توسط لوثر رایکرت آغاز شد و توسط توماس تورک و پس از وی توسط جورج شوآب ادامه و گسترش یافت. ما به‌طور ویژه می‌خواهیم از لوثر رایکرت که در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ در دانشگاه استاد ما بود به دلیل الهام‌بخشی وی تشکر نماییم. ما همچنین بابت معرفی اصول مهندسی واکنش و نقطه نظری که در زمینه سامانه‌های مهندسی فرایند داریم، خود را مدیون هانس گونتر لینتس^۱ و کرت هدن^۲ می‌دانیم. افراد بسیاری در دانشگاه‌های کارلسروهه و کلاوستال-زلفلد^۴ (از همکاران و دانشجویان) با ایده‌های خلاقانه خود الهام‌بخش ما بودند و یا در زمینه‌های فنی ما را یاری نمودند. در اوایل ارائه این کتاب، به‌طور خاص دومینیک انورا^۵ و مارتین رود^۶ دید مفهومی سامانه کره زمین را با ما به اشتراک گذاشته و در ایده‌پردازی پیرامون چگونگی ارائه مباحث مشارکت نمودند. کریستین مید^۷ به‌طور حرفه‌ای بیشتر شکل‌ها را آماده نمود و استفان پینو پردازش ماهرانه این کتاب با استفاده از نرم‌افزار LATEX را انجام داد. ینس راید^۸ و کریستین ولسکو^۹ نیز بخش مربوط به شبیه‌سازی‌های عددی را انجام دادند. ماریون بینویت و کیرا پابست^{۱۰} در آماده‌سازی بخش‌هایی از متن و شکل‌ها مشارکت نمودند. امی امسی دنیل کوچ^{۱۱} در بهبود زبان نوشتار و همچنین افزایش درک‌پذیری متن برای خواننده عمومی کمک نمود. ما از همه این افراد سپاسگزاریم. این کتاب را به همسرانمان که با یاری و صبرشان ما را در زمان تفکر و نوشتار کمک نمودند و همچنین به تونیو^{۱۲} و آنا-شیارا^{۱۳} که علاقه شدیدی به توسعه جهانی نشان دادند تقدیم می‌کنیم.

جورج شوآب - توماس تورک ژوئن ۲۰۱۰

1 Lothar Rieker
2 Hans-Gunther
Lintz
3 Kurt Hedden
4 Claus Thal-
Zellerfeld

5 Dominic Unrah
6 Martin Ruhde
7 Christine Minke
8 Jens Riede
9 Kristian
Voelskow

1 Kyra Pabst
1 Amy McDaniel
Koch
1 Tonio
1 Anna-Chiara

0
1
2
3

مخفف‌ها

ADP	آدنوزین دی فسفات
API	مؤسسه نفت آمریکا
ATP	آدنوزین تری فسفات
BCE	پیش از عصر حاضر
BTL	زیست توده به مایع
CAM	متابولیسم کراسولاسیون
CCS	ضبط و ذخیره سازی کربن
CE	موتور احتراقی
CFC	کلروفلوئوروکربن
CHP	حرارت و انرژی ترکیب شده
CSP	انرژی خورشیدی متمرکز
GCM	مدل اقلیم عمومی
DC	جریان مستقیم
DDT	دی کلرو دی فنیل تری کلرو اتان (ددت)
DNA	دئوکسی ریبونوکلئیک اسید
DU	واحد دابسون
EUR	باز یافت نهایی تخمینی
FAME	متیل استر اسیدهای چرب
FAO	سازمان غذا و کشاورزی (فائو)
GAP	شیوه مناسب کشاورزی
GNI	درآمد ناخالص ملی
GPCC	مرکز اقلیم شناسی بارش جهانی
GPP	بهره وری ناخالص اولیه
HDI	شاخص توسعه انسانی
HHV	ارزش حرارتی بالاتر
HVO	روغن های گیاهی هیدروژنه
IEA	آژانس بین المللی انرژی

IPCC	مجمع بین‌المللی تغییرات اقلیمی
IUGS	انجمن بین‌المللی علوم زمین‌شناسی
LHV	ارزش حرارتی پایین‌تر
LPG	گاز مایع نفتی
NASA	اداره کل ملی هوانوردی و فضا
NPP	تولید خالص اولیه
PCDD	دی بنزودویکسین‌های پلی‌کلرینه
PCDF	دی بنزو فوران‌های پلی‌کلرینه
PEM	غشای الکترولیتی پلیمر
PGM	فلزات گروه پلاتین
POP	آلاینده‌های آلی پایدار
PPFD	چگالی جریان فوتون فتوسنتزی
PV	فتوولتائیک
PVC	پلی‌وینیل کلراید
RNA	ریبونوکلئیک‌اسید
RF	نیروی تابشی
TGV	سامانه قطارهای تندرو فرانسه
WCED	انجمن جهانی محیط‌زیست و توسعه

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و اصول	۱
۱-۱- نقطه آغاز: پایداری و تغییرات جهانی	۱
۱-۲- سامانه‌ها و تعادل‌ها	۶
۱-۲-۱- انواع سامانه‌ها و موازنه‌های معمول	۷
عملکرد چنین سامانه پویایی را می‌توان مشابه با یک کشور در نظر گرفت که جمعیت آن با زمان در حال تغییر است و اختلاف بین نرخ تولد و نرخ مرگ‌ومیر به واسطه مهاجرت به داخل یا خارج جبران نگردد.	۱۰
۱-۲-۲- مثال: تاریکچه انتشار غلظت CO ₂ اتمسفری	۱۰
۱-۲-۳- ویژگی‌های یک سامانه پویا	۱۳
۱-۳- ترمودینامیک: شکل‌های متفاوت از انرژی	۲۳
۱-۳-۱- قانون اول ترمودینامیک	۲۴
۱-۳-۲- قانون دوم ترمودینامیک	۲۷
۱-۳-۳- ترمودینامیک غیرتعادلی: رفتار پیچیده و شکل‌گیری یک ساختار	۳۱
مراجع:	۳۵
فصل دوم: زمین‌زیست‌کره به‌عنوان محیطی برای زندگی	۳۷
۲-۱- کره زمین و زمین‌زیست‌کره حاضر	۳۷
۲-۲- توسعه تاریخی زمین‌زیست‌کره	۴۵
۲-۲-۱- شکل‌گیری زمین و نیروهای محرک تغییر	۴۶
۲-۲-۲- اتمسفر	۴۹
۲-۲-۳- اقلیم	۵۵
۲-۲-۴- حیات	۶۰

۶۶	۵-۲-۲- تمدن
۷۵	مراجع:
۷۷	فصل سوم: توازن انرژی در زمین
۷۸	۱-۳- مبادله انرژی به واسطه تابش
۸۱	۲-۳- نقش اتمسفر و اثر گلخانه‌ای
۸۸	۳-۳- تغییرات زمانی - مکانی
۹۲	۴-۳- فتوسنتز
۱۰۴	۵-۳- توازن انرژی و اقلیم
	۱-۵-۳- زمین به عنوان یک گلوله برفی: بازخورد ضریب انعکاس یخ و حالت‌های
۱۰۵	آب و هوایی مختلف
۱۱۰	۲-۵-۳- مدل‌های ساده برای رفتار خودتنظیم‌کنندگی سامانه زمین
۱۱۴	۳-۵-۳- مدل‌های جهانی آب و هوا
۱۱۷	مراجع
۱۲۰	فصل چهارم: چرخه جهانی مواد
۱۲۱	۱-۴- چرخه کربن
۱۲۸	۲-۴- چرخه اکسیژن
۱۳۱	۳-۴- چرخه آب
۱۳۸	۴-۴- چرخه نیتروژن
۱۴۳	۵-۴- چرخه گوگرد
۱۴۶	۶-۴- چرخه فسفر
۱۴۸	۷-۴- چرخه کلر
۱۵۵	۸-۴- اندرکنش و اثر متقابل چرخه‌های مواد
۱۵۹	مراجع
۱۶۲	فصل پنجم: جریان‌های بشر زاد ماده و انرژی
۱۶۲	۱-۵- تغییرات در چرخه طبیعی کربن

۱۶۲	۵-۱-۱- بررسی اجمالی عوامل و فازها.....
۱۶۶	۵-۱-۲- فاز ۱۰۰۰۰ تا ۲۵۰ سال پیش.....
۱۶۸	۵-۱-۳- فاز ۲۵۰ سال قبل تا اکنون.....
۱۷۳	۵-۲- سایر جریان‌های بشر زاد ماده.....
۱۷۶	۵-۳- مصرف جهانی انرژی اولیه.....
۱۷۹	۵-۴- جریان انرژی در آلمان.....
۱۷۹	۵-۴-۱- نمای کلی.....
۱۸۵	۵-۴-۲- جریان‌های انرژی مرتبط با جابه‌جایی و حمل‌ونقل.....
۱۹۰	۵-۴-۳- جریان انرژی وابسته به صنعت.....
۱۹۴	۵-۴-۴- جریان‌های انرژی مرتبط با ساختمان‌ها و مصارف خانگی.....
۱۹۶	۵-۵- ارتباط و همبستگی بین جریان‌های انرژی و جریان‌های کربنی.....
۲۰۱	مراجع.....
۲۰۵	فصل ششم: محدودیت‌ها برای جریان‌های بشر زاد مواد و انرژی.....
۲۰۵	۶-۱- ذخایر و منابع مواد خام.....
۲۰۶	۶-۱-۱- منابع انرژی فسیلی.....
۲۱۳	۶-۱-۲- سایر مواد بااهمیت.....
۲۱۸	۶-۲- تولید خالص اولیه فتوسنتز (NPP).....
۲۲۰	۶-۳- منابع انرژی تجدیدپذیر.....
۲۲۳	۶-۴- زیست‌بوم‌های محلی و منطقه‌ای.....
۲۲۵	۶-۵- تأثیر بر سامانه اقلیمی.....
۲۲۸	مراجع.....
۲۳۱	فصل هفتم: رویکردهایی به‌سوی توسعه جهانی.....
۲۳۱	۷-۱- معیارها و اهداف توسعه آینده.....
۲۳۶	۷-۲- نمونه‌هایی از فناوری‌های پایدار.....

۲۳۶	۷-۲-۱- تولید انرژی الکتریکی
۲۴۲	۷-۲-۲- تولید گرما
۲۵۰	۷-۲-۳- تأمین انرژی برای حمل و نقل
۲۵۴	۷-۲-۴- انرژی زیستی
۲۶۱	۷-۲-۵- هیدروژن
۲۶۳	۷-۲-۶- تولید سوخت‌های شیمیایی از الکتریسیته
۲۶۶	۷-۳- مهندسی اقلیم
۲۶۹	۷-۴- شرایط زندگی فردی و سبک زندگی
۲۷۸	۷-۵- سناریوهای انتشار جهانی CO ₂ و محتوای کربن اتمسفری
۲۸۵	۷-۶- تحول سامانه انرژی - مثال آلمان
۲۸۸	مراجع
۲۹۲	فصل هشتم: نتیجه‌گیری