

انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

nstp.nstri.ir

آینده‌ی فنی و اقتصادی انرژی هسته‌ای

تألیف

راینهارد هاس، لوتز مز، آملا آجانوویک

ترجمه

حمزه فراتی‌راد

The Technological and Economic Future of Nuclear Power

عنوان اصلی:

آینده‌ی فنی و اقتصادی انرژی هسته‌ای

عنوان ترجمه:

حمزه فراتی‌راد،

نام مترجم:

تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای،

مشخصات نشر:

تأسیس سال ۱۳۸۹، پروانه نشر ۹۵۸۳

مشخصات ظاهری: ۴۰۴ ص.

(ISBN: 978-600-7414-72-9)

شابک:

وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا، چاپ اول سال ۱۴۰۲

موضوع: انرژی اتمی -- جنبه‌های اقتصادی، Nuclear Energy -- Economic aspects

رده‌بندی کنگره: TK 9145

رده‌بندی دیویی: ۳۳۳/۷۹۲۴

شماره‌ی کتابشناسی ملی: ۹۴۲۷۹۵۲



انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای
nstri.nstri.ir

آینده‌ی فنی و اقتصادی انرژی هسته‌ای

مترجم: حمزه فراتی‌راد

ویراستار علمی: میثم تراب‌مستعدی، مهدی اسداله‌زاده

ویراستار ادبی - فنی: مهدیه‌السادات عامل ابراهیمی

طراح جلد و صفحه‌آرایی: شادی معماری‌آذر

چاپ و صحافی: دیجیتال آبنوس

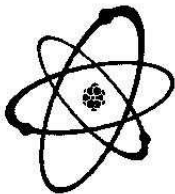
وزیری، ۴۰۴ صفحه، تیراژ ۵۰ جلد، چاپ اول، سال ۱۴۰۲

بها: ۱,۰۰۰,۰۰۰ ریال

کلیدی حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای است.

ISBN: 978-600-7414-72-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۷۲-۹



پیشگفتار ناشر

انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

یک ناشر تخصصی دولتی است که از سال ۱۳۸۶ فعالیت خود را آغاز کرده است و با توجه به تخصصی بودن موضوع، بیش‌تر کتب در حوزه‌ی علوم تنوری و تجربی، به‌ویژه آن‌هایی که به علوم و فنون هسته‌ای مربوط می‌شوند، منتشر می‌کند.

از سوی دیگر، انتشارات هم‌تس را بر انتشار کتب به زبان فارسی، اعم از ترجمه، تألیف و گردآوری و تدوین معطوف ساخته است تا از این راه هم دانش هسته‌ای برای فارسی زبان‌ها به آسانی در دسترس و قابل استفاده باشد. هم با نشر واژه‌های معادل فارسی برای واژگان لاتین حوزه‌ی علوم و فنون هسته‌ای به غنای این زبان کمک کند.

اهداف مهم انتشارات پژوهشگاه را می‌توان در چند محور بیان کرد:

- اعتلای دانش هسته‌ای کشور و ایجاد تعامل سازنده میان پژوهشگران، انتشار کتب تخصصی و ترویجی مرتبط با علوم و فنون هسته‌ای؛
- انتشار کتبی که از دیدگاه تاریخ علم اهمیت دارند؛
- انتشار کتب مشاهیر و دانشمندان بزرگ علوم و فنون هسته‌ای، از جمله برندگان جوایز نوبل و ...؛
- انتشار کتب در حوزه‌های مرتبطی که به هر دلیل در زبان فارسی مورد غفلت قرار گرفته است یا از آن‌ها یاد نشده است.

همچنین انتشارات در نظر دارد شماری از کتب را با حفظ حقوق مؤلفان و مترجمان، به صورت الکترونیکی، ارزان‌قیمت یا رایگان، در اختیار خوانندگان بگذارد. همه‌ی این اهداف تنها به‌کمک مؤلفان و مترجمان خبیره و علاقه‌مند ممکن است که انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای از همکاری ایشان استقبال می‌کند.

فهرست

فصل اول

مقدمه: چرا امروز درباره‌ی انرژی هسته‌ای بحث می‌شود؟

۱-۱ مقدمه ۱

فصل دوم

از کاربردهای نظامی تا کاربردهای غیرنظامی

چکیده ۷

۱-۲ مقدمه ۷

۲-۲ کاربردهای اولیه‌ی نظامی و غیرنظامی در ایالات متحده ۹

۳-۲ سرریز دانش نظامی: رآکتورهای آب سبک محصول جانبی تحقیقات زیردریایی ۱۵

۴-۲ تأسیس چهارچوب بین‌المللی اتمی ۱۷

۵-۲ دیگر چهارچوب‌های ملی ۲۰

۶-۲ عوامل موفقیت برای نفوذ بازار رآکتور آب سبک ۳۰

۷-۲ جمع‌بندی ۳۶

مرجع‌ها ۴۰

فصل سوم

وضعیت جاری صنعت هسته‌ای جهان

چکیده ۴۳

۱-۳ مقدمه ۴۳

۲-۳ مرور کلی در سراسر جهان ۴۹

۳-۳ بهره‌برداری، تولید برق و توزیع سنی ۵۲

۴-۳ مروری بر ساخت‌های جدید جاری ۵۷

۵-۳ زمان‌های ساخت ۵۹

۶-۳ آغاز و لغو احداث رآکتورهای هسته‌ای ۶۲

۶۵	.....	۷-۳ عمر بهره‌برداری.....
۶۹	.....	۸-۳ کشورهای تازه وارد بالقوه.....
۸۲	.....	۹-۳ نتیجه‌گیری.....
۸۴	.....	مرجع‌ها.....

فصل چهارم

اقتصاد رویارویی انرژی اتمی و جریان انرژی‌های تجدیدپذیر

۹۳	.....	چکیده.....
۹۳	.....	۱-۴ مقدمه.....
۹۵	.....	۲-۴ برنده‌ها و بازنده‌های توافق پاریس.....
۹۷	.....	۳-۴ حق آلودگی CO ₂ یا اعمال اصل «آلوده‌کننده جبران می‌کند».....
۹۸	.....	۴-۴ سیاست آب و هوایی کشور با حذف سریع انتشار CO ₂ مربوط به انرژی.....
۱۰۱	.....	۵-۴ چند گزینه‌ی کم‌کربن برای تامین انرژی.....
۱۰۳	.....	۶-۴ تغییرات اقلیمی ترغیب‌کننده‌ی گذار به انرژی پایدار.....
۱۰۶	.....	۷-۴ ناسازگاری منابع جریان انرژی تجدیدپذیر و انرژی اتمی.....
۱۰۹	.....	۸-۴ نتیجه‌گیری.....
۱۱۱	.....	مرجع‌ها.....

فصل پنجم

سیر تاریخی هزینه‌های انرژی هسته‌ای

۱۱۵	.....	چکیده.....
۱۱۵	.....	۱-۵ مقدمه.....
۱۲۱	.....	۲-۵ ساختار هزینه‌ی نیروگاه‌های هسته‌ای.....
۱۲۳	.....	۳-۵ رشد تاریخی هزینه‌های سرمایه‌گذاری.....
۱۳۰	.....	۴-۵ یادگیری فناوری.....
۱۳۱	.....	۵-۵ تحولات تاریخی زمان‌های ساخت‌وساز.....
۱۳۲	.....	۶-۵ درس‌هایی از تحولات فلمن ویل و اولکلیوتو.....
۱۳۳	.....	۷-۵ خلاصه دلایل عمده برای افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری نیروگاه هسته‌ای.....

۱۳۵	..... ۸-۵ نتیجه گیری
۱۳۷	..... مرجع‌ها

فصل ششم

انرژی‌های تجدیدپذیر در مقابل انرژی هسته‌ای

۱۳۹	..... چکیده
۱۴۰	..... ۱-۶ مقدمه
۱۴۰	..... ۲-۶ پیشینه - پشتیبانی موجود و برنامه‌ریزی شده برای انرژی هسته‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر
۱۴۱	..... ۱-۲-۶ نقطه‌ی عطف جدید در کمک هسته‌ای دولتی: هینکلی پوینت
۱۴۳	..... ۲-۲-۶ حمایت اتحادیه‌ی اروپا از انرژی‌های تجدیدپذیر
۱۴۷	..... ۳-۶ شیوه‌ی پیاده‌سازی رویکرد
۱۴۸	..... ۱-۳-۶ رویکرد ایستا: مقایسه‌ی پشتیبانی برنامه‌ریزی شده برای هسته‌ای با پشتیبانی
۱۴۹	..... ۲-۳-۶ رویکرد پویا: یک ارزیابی مبتنی بر مدل آینده‌نگر از پشتیبانی برنامه‌ریزی شده
۱۵۲	..... ۴-۶ نتایج
۱۵۸	..... ۵-۶ نتیجه‌گیری
۱۶۲	..... مرجع‌ها

فصل هفتم

تأمین مالی برجش هسته‌ای

۱۶۳	..... چکیده
۱۶۴	..... ۱-۷ مقدمه
۱۶۶	..... ۲-۷ اصول اساسی مسئولیت
۱۷۰	..... ۳-۷ استراتژی‌های فنی برجش و برنامه‌های زمانی
۱۷۳	..... ۴-۷ شناسایی و تخمین هزینه‌های برجش
۱۷۶	..... ۵-۷ جمع‌آوری وجوه برجش
۱۷۹	..... ۶-۷ مدیریت و سرمایه‌گذاری صندوق (وجوه جمع‌آوری شده)
۱۸۴	..... ۷-۷ استفاده از صندوق برجش هسته‌ای
۱۸۶	..... ۸-۷ مقایسه‌ی مفاهیم منتخب تأمین منابع مالی برجش

۱۹۱	..... ۷-۹ نتیجه‌گیری و توصیه
۱۹۲	..... مرجع‌ها

فصل هشتم

مدیریت اقتصادی حوادث هسته‌ای آینده

۱۹۵	..... چکیده
۱۹۶	..... ۸-۱ ایجاد مشکل
۱۹۹	..... ۸-۲ تجربه
۲۰۱	..... ۸-۳ مدیریت خطر هسته‌ای
۲۰۳	..... ۸-۴ عواقب احتمالی و معایب
۲۰۴	..... ۸-۵ نتیجه‌گیری
۲۰۶	..... مرجع‌ها

فصل نهم

خط‌مشی‌های شرکت‌های فروشنده‌ی انرژی هسته‌ای

۲۰۷	..... چکیده
۲۰۷	..... ۹-۱ مقدمه
۲۰۹	..... ۹-۲ ساختار تاریخی
۲۱۱	..... ۹-۳ فروشندگان
۲۲۱	..... ۹-۴ مقایسه‌ی موقعیت‌های رقابتی فروشندگان
۲۳۱	..... مرجع‌ها

فصل دهم

فنی / توسعه‌ی فنی نسل‌های مختلف و مفاهیم راکتوری

۲۳۳	..... چکیده
۲۳۳	..... ۱۰-۱ مقدمه
۲۳۴	..... ۱۰-۲ توسعه‌ی تاریخی مفاهیم راکتور
۲۳۹	..... ۱۰-۳ نسل III و نسل III+

۲۴۲	.....۴-۱۰ رآکتورهای مدولار کوچک (SMR)
۲۴۳	.....۵-۱۰ نسل چهارم
۲۴۴	.....۱-۵-۱۰ سیستم رآکتور سریع خنک‌شده با سدیم (SFR)
۲۴۵	.....۲-۵-۱۰ سیستم رآکتور دما بسیار بالا (VHTR)
۲۴۶	.....۳-۵-۱۰ سیستم رآکتور خنک‌شونده با آب فوق‌بحرانی (SCWR)
۲۴۷	.....۴-۵-۱۰ سیستم رآکتور سریع خنک‌شونده با سرب (LFR)
۲۴۸	.....۵-۵-۱۰ سیستم رآکتور سریع خنک‌شونده با گاز (GFR)
۲۴۹	.....۶-۵-۱۰ سیستم رآکتور نمک مذاب (MSR)
۲۴۹	.....۷-۵-۱۰ بحث در مورد مفاهیم نسل IV
۲۵۰	.....۶-۱۰ نتیجه‌گیری
۲۵۲	.....مرجع‌ها

فصل یازدهم

پسماند هسته‌ای، منع اشاعه‌ی برچینش نیروگاه‌های انرژی هسته‌ای و ذخیره‌ی پسماند هسته‌ای

۲۵۳	.....چکیده
۲۵۴	.....۱-۱۱ مقدمه
۲۵۶	.....۲-۱۱ فرانسه
۲۵۸	.....۱-۲-۱۱ تولید
۲۵۸	.....۱-۱-۲-۱۱ برچینش نیروگاه‌های هسته‌ای
۲۶۰	.....۲-۱-۲-۱۱ ذخیره‌سازی پسماندهای سطح بالا
۲۶۱	.....۲-۲-۱۱ تأمین مالی
۲۶۳	.....۳-۲-۱۱ نتیجه‌گیری برای فرانسه
۲۶۴	.....۳-۱۱ بریتانیا
۲۶۴	.....۱-۳-۱۱ تولید
۲۶۴	.....۱-۱-۳-۱۱ برچینش نیروگاه‌های برق هسته‌ای
۲۶۷	.....۲-۳-۱۱ ذخیره‌سازی پسماندهای سطح بالا
۲۶۸	.....۳-۳-۱۱ تأمین مالی
۲۷۱	.....۴-۳-۱۱ نتیجه‌گیری برای انگلیس

۲۷۲	..... ۴-۱۱ آلمان
۲۷۲	..... ۴-۱۱ تولید
۲۷۲	..... ۱-۱-۴-۱۱ برجیش نیروگاه‌های برق هسته‌ای
۲۷۵	..... ۲-۴-۱۱ ذخیره‌سازی پسماندهای سطح بالا
۲۷۶	..... ۲-۴-۱۱ تأمین مالی
۲۷۹	..... ۳-۴-۱۱ نتیجه‌گیری برای آلمان
۲۷۹	..... ۵-۱۱ نتیجه‌گیری‌ها
۲۸۱	..... مرجع‌ها

فصل دوازدهم

چشم‌اندازهای آینده در مقابله با پسماند هسته‌ای

۲۸۳	..... چکیده
۲۸۳	..... ۱-۱۲ مقدمه
۲۸۴	..... ۲-۱۲ پسماندها
۲۸۶	..... ۳-۱۲ راه‌حل‌های فنی پیشنهادی
۲۸۷	..... ۴-۱۲ مسائل طراحی مخزن و ایمنی طولانی‌مدت
۲۹۰	..... ۵-۱۲ اصول اخلاقی
۲۹۱	..... ۶-۱۲ سیاست پسماندهای هسته‌ای
۲۹۵	..... ۷-۱۲ نتیجه‌گیری
۲۹۶	..... مرجع‌ها

فصل سیزدهم

آیا مسیر چین انرژی هسته‌ای را نجات می‌دهد؟

۲۹۹	..... چکیده
۲۹۹	..... ۱-۱۳ معرفی
۳۰۱	..... ۲-۱۳ وضعیت فعلی
۳۰۲	..... ۳-۱۳ اهداف بلند پروازانه
۳۰۳	..... ۴-۱۳ علاقه به بازار چین

۳۰۴	.....	۵-۱۳ تجربه‌ی اخیر در ساخت رآکتور
۳۱۰	.....	۶-۱۳ طرح‌های جدید رآکتور
۳۱۴	.....	۷-۱۳ محرک‌ها برای کاهش
۳۱۵	.....	۸-۱۳ تأثیر بر چشم‌انداز جهانی انرژی هسته‌ای
۳۱۷	.....	۹-۱۳ جمع‌بندی
۳۱۹	.....	مرجع‌ها

فصل چهاردهم

حادثه‌های بزرگ سه دهه پس از چرنوبیل: علل فنی یا انسانی

۳۲۵	.....	چکیده
۳۲۵	.....	۱-۱۴ معرفی
۳۲۸	.....	۲-۱۴ رآکتور چرنوبیل
۳۳۷	.....	۳-۱۴ حادثه‌ی چرنوبیل
۳۴۰	.....	۴-۱۴ نتیجه‌گیری و دلیل حادثه
۳۴۴	.....	مرجع‌ها

فصل پانزدهم

واقعیت بعد از فوکوشیما در ژاپن

۳۴۵	.....	چکیده
۳۴۶	.....	۱-۱۵ مقدمه
۳۴۶	.....	۲-۱۵ آرزوها و واقعیت پنج سال پس از حادثه‌ی فوکوشیما
۳۴۶	.....	۱-۲-۱۵ برنامه‌ی تخلیه
۳۴۹	.....	۲-۲-۱۵ جبران خسارت وارده
۳۵۰	.....	۳-۲-۱۵ تشخیص سرطان تیروئید
۳۵۲	.....	۳-۱۵ چالش‌های مشخص شده با واقعیت
۳۵۲	.....	۱-۳-۱۵ مشکلات اقدامات واکنش به حادثه
۳۵۳	.....	۲-۳-۱۵ عوامل مشترک
۳۵۴	.....	۴-۱۵ نتیجه‌گیری

مرجع‌ها..... ۳۵۵

فصل شانزدهم

توزیع هزینه‌های ذوب قلب هسته‌ای

چکیده..... ۳۵۷

۱-۱۶ پیش‌زمینه..... ۳۵۷

۲-۱۶ برنامه‌های تجاری ویژه شرکت نیروی برق توکیو..... ۳۶۰

۱-۲-۱۶ برنامه‌ی تجاری ویژه‌ی سال ۲۰۱۲ در شرکت نیروی برق توکیو..... ۳۶۱

۲-۲-۱۶ برنامه‌ی ویژه‌ی تجاری شرکت نیروی برق توکیو در سال ۲۰۱۴..... ۳۶۴

۳-۲-۱۶ برنامه‌ی تجاری ویژه‌ی شرکت نیروی برق توکیو در سال ۲۰۱۷..... ۳۶۶

۳-۱۶ بحث..... ۳۶۸

۴-۱۶ نتیجه‌گیری..... ۳۶۹

مرجع‌ها..... ۳۷۱

فصل هفدهم

جایگزین‌ها

چکیده..... ۳۷۳

۱-۱۷ مقدمه..... ۳۷۳

۲-۱۷ قیمت‌ها در بازارهای نقدی برق چگونه ایجاد می‌شوند..... ۳۷۷

۳-۱۷ تأثیر منابع متغیر انرژی تجدیدپذیر بر قیمت در بازارهای نقدی برق..... ۳۷۸

۴-۱۷ پایان اسطوره بار پایه..... ۳۷۹

۵-۱۷ مشکلات اصلی پرداخت‌های ظرفیتی تنظیم‌شده..... ۳۸۳

۶-۱۷ یک رویکرد طراحی بازار برای امنیت عرضه..... ۳۸۴

۷-۱۷ انعطاف‌پذیری: اصطلاح کلیدی آینده..... ۳۸۵

۸-۱۷ تفکر جدید در مقابل قدیمی: توسعه‌ی بیشتر طراحی بازار عمده فروشی برق..... ۳۸۷

۹-۱۷ نتیجه‌گیری..... ۳۸۸

مرجع‌ها..... ۳۹۰