

شماره، خداست
۱۵۷۴۸۷۸
۹۶، ۱۲، ۲۰

بسم الله الرحمن الرحيم

قابلیت اطمینان، خطا و فاکتورهای انسانی در صنعت برق

تألیف:

بالر اس. دیلون

ترجمه:

دکتر میر مهدی سید اصفهانی

استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دکتر محمدرضا نباتچیان

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

پژوهشگر دوره پسادکتری مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

زمستان ۱۳۹۶

سرشناسه	دیلون، بالبر، اس، ۱۹۴۷م	Dhillon, B. S.(Balbir S.)
عنوان و نام پدیدآور	قابلیت اطمینان، خطا و فاکتورهای انسانی در صنعت برق / تألیف بالبر دیلون	
مشخصات نشر	ترجمه میرمهدی سیداصفهانى - محمدرضا نباتچیان	
مشخصات ظاهری	تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، سال ۲۶۵ ص	
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۹۸-۱	
وضعیت فهرست‌نویسی	قیفا	
یادداشت	عنوان اصلی: Human Reliability, Error and Human Factors in Power-Genrration	
موضوع	مهندسی انسانی	Human Engineering
موضوع	سیستم‌های رابط انسان و ماشین	Human-machine systems
موضوع	اشتباه‌ها -- پیشگیری	Errors—Prevention
موضوع	اطمینان‌پذیری (مهندسی)	Reability(Engineering)
شناسه افزوده	سید ام نه‌ی، میرمهدی، مترجم	
شناسه افزوده	نباتچیان، محمدرضا، ۱۳۶۰، مترجم	
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)	
رده‌بندی کنگره	۱۶ / ۵۹، ۲ ۱۳۹۶	
رده‌بندی دیویی	۶۸۴۲۱/۳۱۲۱	
شماره کتابشناسی ملی	۵۰۱۷۹۳۴	

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۶/۷/۲۳ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به عنوان کتاب تخصصی - متن درسی به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	قابلیت اطمینان، خطا و فاکتورهای انسانی در صنعت برق
تألیف	بالبر اس. دیلون
ترجمه	دکتر میرمهدی سیداصفهانى - دکتر محمدرضا نباتچیان
ناشر	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	زمستان ۱۳۹۶
قیمت	۱۵۰۰۰ تومان
تیراژ	۱۰۰ نسخه
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۹۸-۱
	ISBN : 978-964-463-698-1

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱	پیش زمینه موضوع	۱
۲-۱	آمار و ارقامی در خصوص قابلیت اطمینان و خطای عامل انسانی در صنعت برق	۲
۳-۱	اصطلاحات و تعاریف	۴
۴-۱	اطلاعات مفید در خصوص قابلیت اطمینان و خطای انسانی در تأمین نیروی برق	۶
۵-۱	سامانه مطالعاتی این کتاب	۱۱
۶-۱	پرسش ها	۱۲
۱۳	فهرست منابع	۱۳

فصل دوم: مفاهیم پایه ریاضی

۱-۲	مقدمه	۱۷
۲-۲	مجموعه ها و قوانین جبر بولی	۱۸
۳-۲	تعریف و ویژگی های احتمال	۱۹
۴-۲	تعاریف ریاضی مفید	۲۱
۵-۲	توابع توزیع احتمال	۲۵
۶-۲	حل معادلات دیفرانسیل درجه اول با استفاده از تبدیل لاگرانژ	۲۹
۷-۲	پرسش ها	۳۰
۳۱	فهرست منابع	۳۱

فصل سوم: مفاهیم پایه ای قابلیت اطمینان، خطا و فاکتورهای انسانی

۱-۳	مقدمه	۳۳
۲-۳	مقایسه ویژگی های انسان و ماشین و انواع سامانه های انسان - ماشین	۳۴
۳-۳	رفتارهای عمومی افراد و ملاحظات متناظر با آنها در طراحی سامانه ها	۳۷
۴-۳	ظرفیت های حسی انسان	۳۸
۵-۳	روابط ریاضی مفید مرتبط با فاکتورهای انسانی	۴۱
۶-۳	چک لیست ها، راهنماها و منابع جمع آوری داده در زمینه فاکتورهای انسانی	۴۵

۴۷	۷-۳ مشخصه‌های تنش شغلی اپراتورها، عوامل تنش‌زای شغلی و عوامل تنش‌زا.....
۴۹	۸-۳ تابع قابلیت اطمینان عملکرد نیروی انسانی.....
۵۲	۹-۳ دلایل بروز خطای انسانی، حالات رایج، عواقب آنها و طبقه‌بندی خطاهای انسانی.....
۵۵	۱۰-۳ منابع داده مربوط به قابلیت اطمینان و خطای عامل انسانی و مقادیر عددی.....
۵۸	۱۱-۳ پرسش‌ها.....
۵۹	فهرست منابع.....

فصل چهارم: روش‌های عمومی تحلیل قابلیت اطمینان و خطای انسانی در

صنعت برق

۶۳	۱-۴ مقدمه.....
۶۴	۲-۴ روش حذف «علت - خطا».....
۶۶	۳-۴ تحلیل سامانه‌های انسان - ماشین.....
۶۶	۴-۴ روش تحلیل انواع خرابی‌ها و اثرات آنها.....
۶۹	۵-۴ روش درخت احتمالات.....
۷۱	۶-۴ روش مارکف.....
۷۴	۷-۴ روش تحلیل درخت خرابی.....
۸۰	۸-۴ پرسش‌ها.....
۸۱	فهرست منابع.....

فصل پنجم: روش‌های بررسی قابلیت اطمینان نیروی انسانی در نیروگاه‌های

هسته‌ای

۸۳	۱-۵ مقدمه.....
۸۴	۲-۵ لحاظ نمودن تحلیل قابلیت اطمینان نیروی انسانی در ارزیابی ریسک.....
۸۶	۳-۵ مراحل اجرایی فرآیند تحلیل قابلیت اطمینان عامل انسانی و نتایج نهایی آنها.....
۸۷	۴-۵ روش‌های تحلیل قابلیت اطمینان عامل انسانی.....
۱۰۳	۵-۵ پرسش‌ها.....
۱۰۴	فهرست منابع.....

فصل ششم: فاکتورهای انسانی در صنعت برق

۱-۶	مقدمه	۱۰۷
۲-۶	اهداف و آرمان‌های مهندسی فاکتورهای انسانی و وظایف آن	۱۰۸
۳-۶	موضوعات مربوط به فاکتورهای انسانی در نیروگاه‌های برق قدیمی	۱۰۹
۴-۶	فاکتورهای انسانی دارای تأثیر مثبت بر فرآیند برچیدن نیروگاه‌های برق هسته‌ای	۱۱۱
۵-۶	اصول راهنمای نیروی انسانی برای راکتورهای هسته‌ای نسل آینده	۱۱۴
۶-۶	آموزه‌های بالقوه جهت به‌کارگیری مهندسی فاکتورهای انسانی	۱۲۰
۷-۶	پرسش‌ها	۱۲۲
	فهرست منابع	۱۲۲

فصل هفتم: خطای انسانی در صنعت تولید برق

۱-۷	مقدمه	۱۲۵
۲-۷	آمار، ارقام و نمونه‌هایی از خطای عامل انسانی در نیروگاه‌های تولید برق	۱۲۶
۳-۷	دلایل تأثیرگذار بر وقوع خطاهای نیروی انسانی و راهکارهای پیشگیری از آنها	۱۲۷
۴-۷	برخی رویدادها و مشکلات ایجادشده به‌دلیل خطای انسانی	۱۲۸
۵-۷	پرسش‌هایی جهت حصول اطمینان از کارایی آموزش‌های ارائه شده	۱۲۹
۶-۷	شاخص‌های تأثیرگذار بر کارایی	۱۳۰
۷-۷	روش‌های تحلیل خطای عامل انسانی در تولید برق	۱۳۲
۸-۷	پرسش‌ها	۱۳۹
	فهرست منابع	۱۴۰

فصل هشتم: فاکتورهای انسانی در سامانه‌های کنترل

۱-۸	مقدمه	۱۴۳
۲-۸	نقایص و کاستی‌های طراحی اتاق کنترل منجر به خطای انسانی	۱۴۴
۳-۸	مزایای لحاظ کردن فاکتورهای انسانی در به‌روزرسانی‌های اتاق کنترل دیجیتال	۱۴۵
۴-۸	مشکلات رایج مرتبط با کنترل‌ها و نمایشگرها و اقدامات اصلاحی متناظر با آنها	۱۴۸
۵-۸	مغایرت‌های موجود در تفاسیر نیروی انسانی از نمایشگرهای موجود در اتاق کنترل	۱۵۰
۶-۸	دستورالعمل‌هایی برای لحاظ کردن فاکتورهای انسانی در نمایشگرهای کنترل	۱۵۱

۷-۸	موضوعات مرتبط با عملکرد نیروی انسانی در اتاق کنترل پیشرفته.....	۱۵۹
۸-۸	ارزیابی سامانه‌های هشدار اتاق کنترل.....	۱۶۰
۹-۸	پرسش‌ها.....	۱۶۳
	فهرست منابع.....	۱۶۴

فصل نهم: فاکتورهای انسانی در نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های برق

۱-۹	مقدمه.....	۱۶۷
۲-۹	کمبودهای مهندسی فاکتورهای انسانی در نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها.....	۱۶۸
۳-۹	ویژگی‌های متناظر با فاکتورهای انسانی در نگهداری و تعمیر سامانه‌های تولید برق	۱۶۹
۴-۹	اهداف عملکردی یک واحد نیروگاهی مؤثر بر تصمیمات مرتبط با فاکتورهای انسانی	۱۷۱
۵-۹	مزایای به‌کارگیری مهندسی فاکتورهای انسانی در نیروگاه‌های تولید برق.....	۱۷۴
۶-۹	روش‌های مرتبط با فاکتورهای انسانی برای بهبود دسترسی‌پذیری نیروگاه‌ها.....	۱۷۶
۷-۹	پرسش‌ها.....	۱۸۰
	فهرست منابع.....	۱۸۱

فصل دهم: خطای انسانی در نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های برق

۱-۱۰	مقدمه.....	۱۸۳
۲-۱۰	آمار، ارقام و نمونه‌هایی از خطای انسانی در نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های برق.....	۱۸۴
۳-۱۰	فعالیت‌های نگهداری نیروگاه‌ها با بیشترین تأثیرپذیری نسبت به خطای انسانی.....	۱۸۵
۴-۱۰	عوامل مؤثر بر بروز سوانح خطرناک در نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های برق.....	۱۸۷
۵-۱۰	مراحل ارتقاء دستورالعمل‌های مرتبط با نگهداری و تعمیرات در نیروگاه‌های برق.....	۱۹۰
۶-۱۰	توصیه‌هایی جهت پیشگیری از خطای انسانی در نگهداری و تعمیرات نیروگاه.....	۱۹۲
۷-۱۰	روش‌های اجرای تحلیل خطای انسانی در فرآیند نگهداری و تعمیرات نیروگاه.....	۱۹۳
۸-۱۰	پرسش‌ها.....	۲۰۰
	فهرست منابع.....	۲۰۲

فصل یازدهم: مدل‌های ریاضی تحلیل قابلیت اطمینان و خطای انسانی در

نیروگاه‌های برق

۲۰۵	۱-۱۱ مقدمه.....
۲۰۶	۲-۱۱ مدل ۱: تابع احتمال تصحیح‌پذیری نیروی انسانی.....
۲۰۸	۳-۱۱ مدل ۲: پیش‌بینی احتمال خطاهای انسانی بحرانی و غیربحرانی.....
۲۱۰	۴-۱۱ مدل ۳: قابلیت اطمینان عملکرد نیروی انسانی در یک محیط نوسانی و بی‌ثبات.....
۲۱۴	۵-۱۱ مدل ۴: پیش‌بینی قابلیت اطمینان نیروی انسانی با خطاهای بحرانی و غیربحرانی.....
۲۱۷	۶-۱۱ مدل ۵: تحلیل دسترس‌پذیری سامانه نیروگاهی با لحاظ کردن خطای انسانی.....
۲۲۲	۷-۱۱ مدل ۶: تحلیل قابلیت اطمینان با ویژگی افزونگی و احتمال خطای انسانی.....
۲۲۵	۸-۱۱ پرسش.....
۲۲۶	فهرست منابع.....

۲۲۹	فهرست مراجع تکمینی.....
-----	-------------------------

۲۴۵	واژه‌نامه.....
-----	----------------

۲۵۳	نمایه.....
-----	------------

پیش‌گفتار مؤلف

سالانه در سراسر جهان میلیاردها دلار در زمینه‌های طراحی، تأسیس، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات انواع سامانه‌های مربوط به نیروگاه‌های تولید برق هزینه می‌شود. در برخی موارد، این سامانه‌ها به دلیل خطای عامل انسانی دچار خرابی می‌شوند. به عنوان مثال در طی دوره زمانی از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ میلادی، ۲۵ درصد از قطعی برق رخ داده در نیروگاه‌های آمریکا به دلیل خطای انسانی بوده است.

در طی سال‌های اخیر، توجه فراوانی به موضوع قابلیت اطمینان، خطا و فاکتورهای انسانی در زمینه تولید برق شده است. اگرچه در این سال‌ها، مقالات پژوهشی متعددی در این خصوص ارائه و کنفرانس‌های متعددی برگزار شده‌اند، لیکن (برحسب اطلاع مؤلف این اثر) کتاب مرجع مناسبی در این زمینه نگاشته نشده است. این موضوع، موجب زحمت و سردرگمی محققان این حوزه شده است؛ چرا که آنها مجبورند از منابع گوناگون و متعددی جهت کسب اطلاعات مورد نیاز خود استفاده نمایند.

هدف اصلی از نگارش این کتاب، بر مبنای مطالب گراکنده ارائه شده در منابع گوناگون در قالب یک مرجع واحد برای تسهیل تحقیقات پژوهشگران علاقه‌مند به این موضوع می‌باشد. در انتهای هر فصل از کتاب، فهرست مراجع به کار رفته در آن فصل ارائه شده است. این فهرست می‌تواند پژوهشگران را در دستیابی به اطلاعات تکمیلی یاری رساند.

این کتاب شامل دو فصل مقدماتی است؛ فصلی در خصوص مفاهیم پایه‌ای مرتبط با موضوع قابلیت اطمینان و خطای انسانی و فصل دیگری در خصوص معرفی فاکتورهای انسانی و قابلیت اطمینان و خطای انسانی است که مطالعه این فصل‌ها برای درک بهتر سایر فصل‌های کتاب مفید می‌باشد.

نحوه ارائه مطالب در این کتاب به صورتی است که خوانندگان آن نیازی به داشتن اطلاعات پیشین در خصوص مطالب ارائه شده نداشته باشند. در مواقع ضروری، مثال‌های عینی با جواب تشریحی جهت تسهیل یادگیری مطالب ارائه شده‌اند و در پایان هر فصل از کتاب، پرسش‌هایی جهت ارزیابی میزان درک خواننده از مطالب آن فصل، ارائه شده‌اند. نهایتاً در انتهای کتاب، فهرست جامعی از مطالب منتشره در طی سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۲ میلادی (که به طور مستقیم یا غیر مستقیم به مطالب کتاب مرتبط می‌باشند)، برای خوانندگان علاقه‌مند به تحقیق

بیشتر، ارائه شده است.

این کتاب شامل یازده فصل به شرح زیر می‌باشد:

در فصل اول به ارائه مطالب مقدماتی، آمار و ارقام مرتبط با موضوع کتاب و منابع مختلف جمع‌آوری اطلاعات در خصوص نقش نیروی انسانی در صنعت برق پرداخته شده است.

در فصل دوم به مرور مفاهیم ریاضی (نظیر مجموعه‌ها، جبر بولی، احتمالات و نظایر آنها) که برای فهم بهتر سایر فصل‌ها لازم می‌باشد، اشاره شده است.

فصل سوم به ارائه مفاهیم مقدماتی در خصوص فاکتورهای انسانی و قابلیت اطمینان و خطای انسانی اختصاص داده شده است.

در فصل چهارم، تشریح شش روش عمومی که برای تحلیل قابلیت اطمینان و خطای انسانی در صنعت برق مفید می‌باشند، پرداخته شده است.

فصل پنجم به تشریح روش‌های تحلیل قابلیت اطمینان نیروی انسانی در صنعت برق اختصاص داده شده است.

در فصل‌های ششم و هفتم به ترتیب به ارائه فاکتورهای انسانی و خطای انسانی در نیروگاه‌های برق اشاره شده است.

در فصل هشتم به بررسی فاکتورهای انسانی در سامانه‌های کنترل پرداخته شده است.

در فصل نهم به جنبه‌های مهم مهندسی فاکتورهای انسانی در نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها اشاره شده است.

در فصل دهم به بررسی خطای انسانی در نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها پرداخته شده است. نهایتاً در فصل یازدهم، شش مدل ریاضی برای تحلیل قابلیت اطمینان و خطای انسانی در زمینه صنعت برق ارائه شده‌اند.

مطالعه این کتاب، برای کارشناسان و محققان شاغل در صنعت برق، سرپرستان نیروگاه‌ها، دانشجویان رشته‌های مهندسی، کارشناسان رشته مهندسی برق قدرت، پژوهشگران قابلیت اطمینان، ایمنی و فاکتورهای انسانی، متخصصان روانشناسی، مهندسان طراحی و سایر افراد مرتبط با این موضوعات، مفید به نظر می‌رسد.

B.S. Dhillon **بالبر دیلون**

پیش‌گفتار مترجمین

امروزه اهمیت نیروی برق بر کسی پوشیده نیست. از روشنایی خیابان‌های شلوغ و پر تردد شهرها تا روشنایی جاده‌ها و روستاهای دورافتاده، از روشنایی ادارات تا منازل، از روشنایی مجالس جشن تا روشنایی بیمارستان‌ها، از نیروی پمپ آب کشاورزی تا سامانه‌های سرمایش و گرمایش، همه از نیروی برق می‌باشند. وابستگی بشر امروز به این انرژی به حدی است که حتی تحمل چند لحظه قطعی برق برای او دشوار است و لذا همواره در پی آن است که ضمن شناسایی دلایل بالاتر و روش‌های تولید برق، آنها را رفع نماید.

نیروی انسانی به عنوان عنصر ثابت تمامی سامانه‌ها، در صنعت تولید برق نیز حضور فعالی دارد و لذا در بررسی عوامل اثر بر تولید برق می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. حضور نیروی انسانی در یک سامانه، در کنار مزایای فراوان، مشکلاتی را هم به همراه خواهد داشت؛ چرا که انسان‌ها ممکن‌الخطا می‌باشند و ممکن است در اجرای وظایف محوله دچار اشتباه و خطا شوند.

هدف از ترجمه این کتاب، معرفی مفاهیم قابلیت اطمینان و خطای انسانی در نیروگاه‌های تولید برق می‌باشد. در این کتاب، ضمن ارائه مفاهیم مقدماتی در خصوص مدل‌های بررسی قابلیت اطمینان فرآیندها، به بررسی موشکافانه موضوع قابلیت اطمینان و خطای انسانی در نیروگاه‌های تولید برق پرداخته شده است.

تمامی روابط ریاضی به کار رفته در کتاب، دقیقاً از متن اصلی کتاب با نهایت دقت و با نهایت امانتداری درج شده‌اند.

با توجه به آن‌که چاپ اول کتاب به صورت فعلی ارائه می‌شود، یقیناً به دور از اشکالات چاپی و محتوایی نیست، لذا از اساتید، دانشجویان و مطالعه‌کنندگان عزیز درخواست می‌شود که نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود را از طریق پست الکترونیکی ارسال فرمایند.

mrnabatchian@aut.ac.ir