

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# مدل‌ها و روش‌های تجزیه و تحلیل حوادث: مبانی نظری، کاربردها و مطالعات موردی

مؤلفین:

هانیه نیکومرام

محسن شنوفی

کوروش سلطانیپور

پیمان خالقی ده‌آبادی

|                     |                                                                                                                   |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| عنوان و نام پدیدآور | مدل‌ها و روش‌های تجزیه و تحلیل حوادث: مبانی نظری، کاربردها و مطالعات موردی/ مولفین هانیه نیکومرام... [ و دیگران]. |
| مشخصات نشر          | تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۹۷.                                                            |
| مشخصات ظاهری        | ۲۲۲ ص.: مصور، جدول.                                                                                               |
| شابک                | 978-964-10-5693-5                                                                                                 |
| وضعیت فهرست نویسی   | فیا                                                                                                               |
| یادداشت             | مولفین هانیه نیکومرام، محسن شنوفی، کوروش سلطانیپور، پیمان خالقی‌ده‌آبادی.                                         |
| موضوع               | ایمنی صنعتی                                                                                                       |
| موضوع               | Industrial safety                                                                                                 |
| موضوع               | حوادث کار -- پی‌جویی                                                                                              |
| موضوع               | Industrial accidents -- Investigation                                                                             |
| شناسه افزوده        | نیکومرام، هانیه، ۱۳۵۹ -                                                                                           |
| شناسه افزوده        | دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات                                                                          |
| رده بندی کنگره      | ۴۱۳۹۷ / ۲۵۵                                                                                                       |
| رده بندی دیویی      | ۳۶۱.۱۱                                                                                                            |
| شماره کتابشناسی ملی | ۵۵۹ ۴۳۷                                                                                                           |

نام کتاب: مدل‌ها و روش‌های تجزیه و تحلیل حوادث: مبانی نظری، کاربردها و مطالعات موردی

تألیف: هانیه نیکومرام، محسن شنوفی، کوروش سلطانیپور، پیمان خالقی‌ده‌آبادی.

چاپ اول: زمستان ۱۳۹۷

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات



لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی

ISBN: 978-964-10-5693-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۵۶۹۳-۵

تیراژ: ۲۰۰۰ جلد

قیمت: ۴۵۰۰۰۰ ریال

مرکز پخش: تهران، انتهای بزرگراه شهید ستاری، میدان دانشگاه آزاد اسلامی به سمت

حصارک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ساختمان علوم انسانی

تلفن: ۴۴۸۶۵۱۱۱

## فهرست

| عنوان                    | صفحه |
|--------------------------|------|
| پیشگفتار                 | ۱    |
| مقدمه:                   | ۳    |
| فصل اول: تعاریف و مفاهیم | ۵    |
| ۱. حادثه                 | ۵    |
| ۲. پیامدهای حادثه        | ۵    |
| ۳. تجزیه و تحلیل حادثه   | ۵    |
| ۴. پتانسیل ایجاد حادثه   | ۵    |
| ۵. پیشگیرانه از حادثه    | ۶    |
| ۶. منابع حادثه           | ۶    |
| ۷. ارزیابی ریسک حادثه    | ۶    |
| ۸. بیمه حادثه            | ۶    |
| ۹. حادثه مرگبار          | ۶    |
| ۱۰. ریسک                 | ۷    |
| ۱۱. ارزیابی ریسک         | ۷    |
| ۱۲. تجزیه و تحلیل ریسک   | ۷    |
| ۱۳. ارزشیابی ریسک        | ۷    |
| ۱۴. مدیریت ریسک          | ۷    |
| ۱۵. توصیف ریسک           | ۸    |
| ۱۶. ریسک قابل پذیرش      | ۸    |
| ۱۷. خطر هشدار دهنده      | ۸    |
| ۱۸. ناحیه خطر            | ۸    |
| ۱۹. منطقه خطر            | ۸    |
| ۲۰. خطرناک               | ۹    |
| ۲۱. وضعیت خطرناک         | ۹    |
| ۲۲. ابزار آلات خطرناک    | ۹    |
| ۲۳. ماشین آلات خطرناک    | ۹    |
| ۲۴. ایمنی                | ۹    |

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| ۲۵. ایمنی سیستم .....                        | ۱۰ |
| ۲۶. مدیریت ایمنی سیستم .....                 | ۱۰ |
| ۲۷. آموزش ایمنی .....                        | ۱۰ |
| ۲۸. استاندارد ایمنی .....                    | ۱۰ |
| ۲۹. شرایط ناایمن .....                       | ۱۰ |
| ۳۰. تجزیه و تحلیل ایمنی شغلی .....           | ۱۱ |
| ۳۱. علل ناایمن .....                         | ۱۱ |
| ۳۲. علل ناایمن .....                         | ۱۱ |
| ۳۳. خدای ایمنی .....                         | ۱۱ |
| ۳۴. پایش .....                               | ۱۲ |
| ۳۵. مجوز .....                               | ۱۲ |
| ۳۶. مصدومیت شدید .....                       | ۱۲ |
| ۳۷. خطر بالقوه .....                         | ۱۲ |
| ۳۸. علت غیر مستقیم .....                     | ۱۲ |
| ۳۹. رویداد ناگوار .....                      | ۱۳ |
| ۴۰. رویداد ناگوار بزرگ .....                 | ۱۳ |
| ۴۱. تحلیل علل ریشه ای .....                  | ۱۳ |
| ۴۲. وظیفه .....                              | ۱۳ |
| ۴۳. پاک سازی .....                           | ۱۳ |
| ۴۴. کاهش .....                               | ۱۳ |
| ۴۵. ریسک واقعه .....                         | ۱۴ |
| ۴۶. بازرسی .....                             | ۱۴ |
| ۴۷. احتمال خطر .....                         | ۱۴ |
| ۴۸. آسیب‌ها و بیماری‌های شغلی قابل ثبت ..... | ۱۴ |
| ۴۹. طرح برنامه‌ریزی ایمنی سیستم .....        | ۱۴ |
| ۵۰. شانس .....                               | ۱۴ |
| ۵۱. بازرسی حادثه .....                       | ۱۵ |
| ۵۲. نرخ رویداد و جراحت .....                 | ۱۵ |

|    |                                         |    |
|----|-----------------------------------------|----|
| ۵۳ | ..... حادثه منجر به اتلاف زمان          | ۱۵ |
| ۵۴ | ..... خطای سیستماتیک                    | ۱۵ |
| ۵۵ | ..... اولویت ایمنی سیستم                | ۱۵ |
| ۵۶ | ..... اصلاح خطر                         | ۱۶ |
| ۵۷ | ..... واکنشی                            | ۱۶ |
| ۵۸ | ..... موانع بازدارانه - موانع پیشگیرانه | ۱۶ |
| ۵۹ | ..... درک خطر                           | ۱۶ |
| ۶۰ | ..... نرخ ناموفق از صدمات ناتوان کننده  | ۱۶ |
| ۶۱ | ..... شکست ایمنی                        | ۱۶ |
| ۶۲ | ..... شکست غیرفعال / انفعالی            | ۱۷ |
| ۶۳ | ..... الزامات قرار د/پیمان              | ۱۷ |
| ۶۴ | ..... پردازش بر مبنای حتمال             | ۱۷ |
| ۶۵ | ..... اصول بنیادین از منظر ریسک         | ۱۷ |
| ۶۶ | ..... عوامل کاهش دهنده                  | ۱۷ |
| ۶۷ | ..... استاندارد تبادلات خطر             | ۱۷ |
| ۶۸ | ..... شناسایی مخاطرات                   | ۱۸ |
| ۶۹ | ..... مواد خطرناک                       | ۱۸ |
| ۷۰ | ..... سیستم رتبه بندی خطرات             | ۱۸ |
| ۷۱ | ..... عوامل رتبه بندی خطرات             | ۱۸ |
| ۷۲ | ..... سیستم رتبه بندی عوامل خطر         | ۱۸ |
| ۷۲ | ..... مراحل حادثه                       | ۱۸ |
| ۷۳ | ..... نرخ حادثه                         | ۱۹ |
| ۷۴ | ..... نرخ رویدادهای منجر به بیماری      | ۱۹ |
| ۷۵ | ..... نرخ رویداد                        | ۱۹ |
| ۷۶ | ..... شواهد از طریق بازرسی              | ۱۹ |
| ۷۷ | ..... واقعیت                            | ۱۹ |
| ۷۸ | ..... شکست عملیاتی، شکست ایمنی          | ۲۰ |
| ۷۹ | ..... شکست                              | ۲۰ |

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| ۲۰ | ۸۰ شکست در کشف علت                    |
| ۲۰ | ۸۱ کد ارزیابی ریسک                    |
| ۲۰ | ۸۲ ارتباطات ریسک                      |
| ۲۰ | ۸۳ عامل ریسک حادثه                    |
| ۲۰ | ۸۴ ضریب شدت حادثه                     |
| ۲۱ | ۸۵ ضریب تکرار حادثه                   |
| ۲۱ | ۸۶ انواع محافظ                        |
| ۲۱ | ۸۷ شرایط بحرانی                       |
| ۲۲ | ۸۸ عملکرد بحران                       |
| ۲۲ | ۸۹ تجزیه تحلیل بل رایج شکست           |
| ۲۲ | ۹۰ هزینه مستقیم                       |
| ۲۲ | ۹۱ مواجهه                             |
| ۲۲ | ۹۲ واقعه                              |
| ۲۳ | ۹۳ درخت واقعه                         |
| ۲۳ | ۹۴ تجزیه و تحلیل درخت واقعه           |
| ۲۳ | ۹۵ واقعه مواجهه                       |
| ۲۳ | ۹۶ نقص/خطا                            |
| ۲۳ | ۹۷ شکست تجهیزاتی                      |
| ۲۳ | ۹۸ شرایط شکست تجهیزاتی                |
| ۲۴ | ۹۹ مدیریت شکست تجهیزاتی               |
| ۲۴ | ۱۰۰ ارزیابی شکست تجهیزاتی             |
| ۲۴ | ۱۰۱ تجزیه و تحلیل حالات شکست تجهیزاتی |
| ۲۴ | ۱۱۲ خطر                               |
| ۲۴ | ۱۰۲ مطالعه خطر و عملیات               |
| ۲۴ | ۱۰۳ شناسایی خطرات                     |
| ۲۵ | ۱۰۴ شدت خطر                           |
| ۲۵ | ۱۰۵ ارزیابی مخاطرات                   |
| ۲۵ | ۱۰۶ طبقه‌بندی خطرات                   |

|    |                                     |
|----|-------------------------------------|
| ۲۵ | ۱۰۷. علایم هشدار خطر                |
| ۲۵ | ۱۰۸. شرایط مخاطرات                  |
| ۲۵ | ۱۰۹. سیستم‌های تحت فشار پرخطر       |
| ۲۵ | ۱۱۰. تجزیه و تحلیل خطرات            |
| ۲۶ | ۱۱۱. رویداد                         |
| ۲۶ | ۱۱۲. اینترلاک (قفل بینایی)          |
| ۲۶ | ۱۱۳. آسیب اتفاقی                    |
| ۲۶ | ۱۱۴. عذر رویداد                     |
| ۲۶ | ۱۱۵. مدل گری/برچسب گذاری            |
| ۲۷ | ۱۱۶. فقدان (از دست دادن)            |
| ۲۷ | ۱۱۷. برگه اطلاعات ایمنی             |
| ۲۷ | ۱۱۸. شبه حادثه                      |
| ۲۷ | ۱۱۹. تجزیه و تحلیل مقدماتی خطر      |
| ۲۷ | ۱۲۰. لیست مقدماتی خطر               |
| ۲۸ | ۱۲۱. قابلیت اطمینان                 |
| ۲۸ | ۱۲۲. تجزیه و تحلیل هزینه و سود ریسک |
| ۲۸ | ۱۲۳. سطح ریسک                       |
| ۲۸ | ۱۲۴. برنامه ایمنی سیستم             |
| ۲۸ | ۱۲۵. هدف                            |
| ۲۹ | ۱۲۶. رویداد اصلی                    |
| ۲۹ | ۱۲۷. هشدار                          |
| ۲۹ | ۱۲۸. برچسب هشدار                    |
| ۲۹ | ۱۲۹. جانمایی محل کار                |
| ۲۹ | ۱۳۰. طراحی محل کار                  |
| ۲۹ | منابع:                              |

## فصل دوم: نظریه‌های مربوط به حوادث

|    |                         |
|----|-------------------------|
| ۳۱ | مقدمه                   |
| ۳۲ | ۲- نظریه‌های بروز حادثه |

- ۳۲-۲ نظریه خطر ..... ۳۲
- ۳۶-۲ نظریه عوامل علی خطر / عامل‌های سببی خطر (HCFs): ..... ۳۶
- ۳۹-۲ نظریه احتمال خطر - رویداد ناگوار: ..... ۳۹
- ۳۹-۲ نظریه تک علتی (SFT): ..... ۳۹
- ۴۰-۲ مدل حادثه اولیه (EAM): ..... ۴۰
- ۴۱-۲ نظریه اپیدمیولوژیکی (ET): ..... ۴۱
- ۴۱-۲ مدل انتقال نیرو (DF): ..... ۴۱
- ۴۲-۲ نظریه انرژی (ET): ..... ۴۲
- ۴۳-۲ نظریه حادثه پذیری (APT): ..... ۴۳
- ۴۳-۲ نظریه سامحه (N): ..... ۴۳
- ۴۳-۲ نظریه تعهد، پیمان، تلا (PL): ..... ۴۳
- ۴۳-۲ نظریه‌های چند علتی MFT ..... ۴۳
- ۴۵-۲ مدل پنیر سویسی (SFM): ..... ۴۵
- ۴۶-۲ نظریه دومینو (DT): ..... ۴۶
- ۴۷-۲ نظریه دومینو - برد (BDT): ..... ۴۷
- ۴۸-۲ نظریه دومینو - ویور (WDT): ..... ۴۸
- ۴۹-۲ مدل چهار M ایمنی (4M): ..... ۴۹
- ۴۹-۲ مدل سه E ایمنی (3E): ..... ۴۹
- ۵۰-۲ مدل علل ریشه‌ای سه گانه (TBCM): ..... ۵۰
- ۵۱-۲ مدل موانع (BM): ..... ۵۱
- ۵۱-۲ مدل زائیتا کس (ZM): ..... ۵۱
- ۵۲-۲ مدل علت و معلول مدرن: ..... ۵۲
- ۵۵-۲ نظریه تلفیقی (CT): ..... ۵۵
- ۵۵-۲ نظریه سامانه‌ها (ST): ..... ۵۵
- ۵۶-۲ روش تجزیه و تحلیل علت سیستماتیک (SCAT): ..... ۵۶
- ۵۶-۲ مدل فرآیند و مدل حادثه نظری سامانه (STAMP): ..... ۵۶
- ۵۷-۲ تجزیه و تحلیل فرایند نظری سیستم (STPA): ..... ۵۷
- ۵۷-۲ روش درخت مخاطرات (MORT): ..... ۵۷

- ۵۷..... ۲۷-۲ مدل پردازش داینامیکی حادثه (DPA):
- ۶۱..... ۲۸-۲ مدل (TMEPM):
- ۶۳..... ۲۹-۲ مدل گلاسکوک (Glasscock):
- ۶۴..... ۳۰-۲ مدل رفتار سازمانی (OBM):
- ۶۵..... ۳۱-۲ مدل فیرنز (FM):
- ۶۶..... ۳۲-۲ نظریه عوامل انسانی (HFT):
- ۶۷..... ۳۳-۲ نظریه حواس پرتی (DT):
- ۶۷..... ۳۴-۲ نظریه رفتار پس زده (RBT):
- ۶۷..... ۳۵-۲ نظریه یاد/ حادثه پترسون (PAT):
- ۷۰..... ۳۶-۲ نظریه تعدیل است (AST):
- ۷۰..... ۳۷-۲ نظریه هوشیاری، آگاهی عمل، اهداف (GFAT):
- ۷۰..... ۳۸-۲ مدل ساری (SM):
- ۷۱..... ۳۹-۲ مدل WEF (WM):
- ۷۲..... ۴۰-۲ مدل مالمو (MM):
- ۷۲..... ۴۱-۲ رویکرد ایمنی مبتنی بر رفتار (P+S):
- ۷۳..... ۴۲-۲ مدل رفتار ایمن / جوامع صنعتی براون (S1/SBM):
- ۷۴..... ۴۳-۲ مدل باور کارگر بر ایمنی (CESAM):
- ۷۵..... ۴۴-۲ نظریه‌های جامعه شناسی (ST):
- ۷۶..... ۴۵-۲ مدل کاتاستروفی (CT):
- ۷۶..... ۴۶-۲ مدل واکاوی حادثه مبتنی بر تشدید عملکرد (FRAM):
- ۷۸..... ۴۷-۲ مدل وانگ (WC):
- ۷۸..... ۴۸-۲ مدل بل (BMC-BM):
- ۷۹..... ۴۹-۲ مدل ماشین امیری (EMM):
- ۸۱..... ۵۰-۲ تحلیل مقایسه‌ای کچلن (MK):
- ۸۱..... ۵۱-۲ مدل تامپسون (MT):
- ۸۲..... ۵۲-۲ مدل ساختاری توماس (TSEM):
- ۸۴..... ۵۳-۲ تحلیل بر مبنای تغییر (CBA):
- ۸۴..... ۵۴-۲ مدل (AEB):

|    |                                      |
|----|--------------------------------------|
| ۸۴ | ..... مدل (3CA):                     |
| ۸۵ | ..... مدل تجزیه و تحلیل حادثه (MTO): |
| ۸۵ | ..... مدل (SOL):                     |
| ۸۵ | ..... روش (HSG245):                  |
| ۸۶ | ..... مدل (Acci Map):                |
| ۸۶ | ..... شبکه پتری (PN):                |
| ۸۶ | ..... مدل خطای انسانی ریزن (RHEM):   |
| ۸۸ | ..... روش‌های رویداد:                |
| ۸۸ | ..... ۱-۱ نسبت، بداد-آسیب (IIR):     |
| ۸۸ | ..... ۲-۳ نسبت رویداد-هزینه (ICR):   |
| ۸۹ | ..... ۴-۲ استراتژی‌ها:               |
| ۸۹ | ..... ۱-۴ استراتژی‌های شگرفی (S):    |
| ۹۱ | ..... ۲-۴ استراتژی ترکیب (CS):       |
| ۹۱ | ..... منابع                          |

## فصل سوم: مدل‌ها و روش‌های تجزیه و تحلیل حادثه

|     |                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------|
| ۹۵  | ..... مقدمه                                            |
| ۹۵  | ..... ۱-۳ تجزیه و تحلیل درخت خطا (FTA):                |
| ۱۰۱ | ..... ۲-۳ تجزیه و تحلیل درخت واقعه (ETA):              |
| ۱۰۵ | ..... ۳-۳ تحلیل مارکوف (MA):                           |
| ۱۰۸ | ..... ۴-۳ تحلیل علل ریشه‌ای استخوان ماهی:              |
| ۱۱۱ | ..... ۵-۳ معرفی مدل ترایادیتا:                         |
| ۱۱۷ | ..... ۶-۳ مدل SHELL:                                   |
| ۱۲۱ | ..... ۷-۳ روش تحلیل آینده نگر خطاهای شناختی (TRACer):  |
| ۱۲۲ | ..... ۱-۷-۳ روش و اطلاعات تحلیل آینده نگر:             |
| ۱۲۹ | ..... ۸-۳ روش تحلیل خطا و قابلیت اطمینان شناختی CREAM: |
| ۱۳۴ | ..... منابع                                            |

## فصل چهارم: درس آموزی از حوادث بزرگ



## بسمه تعالی

### پیشگفتار

خوشبختانه در چند سال اخیر کتاب‌های متعددی در زمینه ایمنی صنعتی توسط متخصصان ذیربط از دانشگاه‌های مختلف سراسر کشور به رشته تحریر درآمده است، ولی با توجه به این که اینجانب در مقاطع مختلف بهداشت حرفه‌ای و ایمنی صنعتی تدریس می‌نمایم و از این‌رو کمبودهایی احساس می‌شود که لازم است منبعی جامع که پاسخ‌گوی نیازهای دانشجویان باشد، تهیه گردد. لذا در کتاب حاضر مولفان به منبع معتبر این رشته‌ها در دنیا مراجعه و بهترین مطالبی را که کمبود آن وجود داشت به بهترین شکل تدوین نموده‌اند. کتاب مشتمل بر پنج فصل است که جوابگوی دانشجویان رشته‌های یاد شده، خواهد بود.

در فصل اول کتاب به معرفی و معنای واژگان پرداخته شده است، با توجه به این که دانشجویان کارشناسان در تمایز بین واژگان دچار تردید می‌باشند، در این فصل به تشریح این گونه موارد پرداخته شده است.

فصل دوم این کتاب در خصوص مدل‌ها و روش‌های بروز حادثه است. این موضوع نیز از نیازهای بسیار ضروری متخصصان بوده و مطالبی در این بخش بیان شده است که تا حدودی برطرف کننده نیازهای دانشجویان تحصیلات تکمیلی خواهد بود.

همان‌گونه که مستحضریذ یکی از نیازهای اساسی کارشناسان و متخصصان این رشته، تجزیه و تحلیل حوادث می‌باشد که در این باب در فصل سه به صورت تفصیلی به بیان مدل‌ها و روش‌های تجزیه و تحلیل پرداخته شده است.

در ادامه این موضوع در فصل چهار نویسندگان برخی از حوادث را به عنوان مثال را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند، همچنین در این راستا در فصل پنج به مهم‌ترین اصل در روش تجزیه و تحلیل حوادث پرداخته شده است. در این فصل از کتاب روش گزارش‌گیری حادثه با نمونه‌های اجرایی بیان شده است.

با توجه به شناختی که از نویسندگان این کتاب دارم، یقیناً کتاب حاضر هم مورد استقبال جوامع علمی قرار خواهد گرفت. هر چند که هیچ کوششی بدون عیب و نقص نخواهد بود و ارسال نظرات خوانندگان به مولفان می‌تواند در ارتقای کیفیت آن موثر واقع شود.

### با تشکر

### هومن حمصی

استاد گروه ..... و رئیس دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست

## مقدمه:

نگرانی عمده بشریت در مورد ایمنی در محل کار، پیشگیری از حوادث است. حوادث را در محل کار می‌توان به روش‌های مختلفی، بسته به زمینه‌ای که در آن استفاده می‌شود، تعریف کرد. اغلب واژه "رخداد" مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بعضی از موارد به جای واژه حادثه از اصطلاح رویداد استفاده می‌شود، اما گاهی اوقات حوادث و رویداد به دو واژه مختلف اشاره می‌کنند.

پیشگیری از حوادث در محل کار بر روی علل حوادث تمرکز دارد. مدل‌های علی حوادث، مبانی نظری را برای توضیح چگونگی وقوع حوادث ارائه می‌دهند. اطلاعات آماری بعضی از جزئیات در مورد حوادث که در محل کار رخ می‌دهد می‌تواند به رخداد، میزان قربانیان و علل حوادث مربوط باشد. تعاریف متعددی از حوادث و رخداد در محل کار وجود دارد. ماهیت تعاریف اغلب به زمینه و اهداف، مانند پیشگیری از حوادث، جبران خسارت و آمار بستگی دارد. تعریف حادثه در محل کار در رسانه‌ها پیشگیری از حوادث می‌باشد. پدیده حوادث و رخداد اغلب به سبب بررسی و تحلیل حادثه دیده می‌دهد. در این فصل سعی بر آن است، تعاریف واژگان و اصطلاحات لازم در خصوص بررسی و تجزیه و تحلیل حوادث، بیان شود، تا تعاریف مشترکی در این زمینه به دست آید.