



Shahrasood

انطباق تجهیزات | تضمین فنی | ایمنی پایدار

عنوان مقاله:

## معرفی و تحلیل روش Bow-Tie در مدیریت ریسک

## ۱. معرفی و تاریخچه روش Bow-Tie

روش Bow-Tie یکی از شناخته‌شده‌ترین و تأثیرگذارترین ابزارهای مدیریت ریسک در صنایع فرایندی، انرژی، نفت و گاز، حمل‌ونقل و صنایع زیرساختی است. نام این روش از شکل بصری آن گرفته شده؛ جایی که یک ریسک یا «رویداد مرکزی» در مرکز نمودار قرار دارد و تهدیدها در سمت چپ، پیامدها در سمت راست و موانع کنترلی بین آنها ترسیم می‌شوند. به شکلی شبیه پاپیون یا کراوات پروانه‌ای.

### ۱.۱ ریشه‌ها

نخستین کاربرد فلسفه Bow-Tie به دهه ۱۹۷۰ و تحقیقات Royal Dutch Shell بازمی‌گردد؛ جایی که ترکیبی از مفاهیم HAZOP، Fault Tree Analysis (FTA) و Event Tree Analysis (ETA) برای ایجاد یک مدل ساده، بصری و درعین‌حال ساختاریافته استفاده شد. در دهه ۱۹۹۰ این مدل در صنعت نفت و گاز فراگیر شد. زیرا مدیران عملیات در محیط‌های دریایی نیازمند یک ابزار شفاف و قابل درک برای نمایش رابطه میان تهدیدها، موانع و پیامدها بودند؛ ابزاری که بتواند در ارزیابی ریسک و مدیریت تغییرات (MOC) نیز مورد استفاده قرار گیرد.

### ۱.۲ ورود به استانداردها و نظام‌های مدیریتی

در دهه ۲۰۰۰، Bow-Tie وارد استانداردهای بین‌المللی مدیریت ریسک و سیستم‌های مدیریت شد؛ از جمله:

- ISO 31000
- API RP 754
- CCPS Risk Based Process Safety
- ICMC Critical Controls

و اکنون یکی از ابزارهای کلیدی مدیریت ریسک در سیستم‌های HSE، IMS و ارزیابی عملکرد موانع است.

## ۲. نحوه استفاده از روش Bow-Tie

روش Bow-Tie یک ابزار تحلیلی-بصری است که با هدف ایجاد «تصویر بزرگ» از معماری کنترل‌های یک ریسک طراحی شده است. نحوه استفاده از این روش در پنج گام اصلی خلاصه می‌شود:

### ۲.۱ تعریف رویداد مرکزی (Top Event)

رویداد مرکزی نقطه‌ای است که کنترل بر وضعیت از دست می‌رود؛ نه حادثه، و نه پیامد. برای مثال: «از دست رفتن کنترل فشار در مخزن»، «اشتغال‌زایی غیرقابل کنترل حریق»، «برخورد جرقه‌گیر با سازه». انتخاب درست Top Event مهم‌ترین قدم در طراحی یک Bow-Tie مؤثر است.

### ۲.۲ شناسایی تهدیدها (Threats)

در سمت چپ Bow-Tie تمام رخدادهایی نمایش داده می‌شود که می‌توانند رویداد مرکزی را ایجاد کنند. این تهدیدها باید:

- مشخص
- قابل اندازه‌گیری
- ریشه‌دار در داده‌های HAZOP، FMEA یا تجربه عملیاتی

باشند.

### ۲.۳ شناسایی پیامدها (Consequences)

در سمت راست، پیامدهایی قرار می‌گیرند که ممکن است پس از وقوع رویداد مرکزی رخ دهند. تحلیل این بخش معمولاً با سناریوهای LOPA و ماتریس ریسک همراه می‌شود.

### ۲.۴ تعریف موانع (Barriers / Controls)

موانع در دو بخش تعریف می‌شوند:

- موانع پیشگیرانه (Preventive Barriers): جلوگیری از تبدیل تهدید به رویداد مرکزی
- موانع کاهنده (Mitigative Barriers): کاهش شدت پیامدها پس از وقوع رویداد مرکزی

این بخش، قلب روش Bow-Tie است و معمولاً با معیارهای عملکرد (Performance Standards) مثل SIL، Availability، Response Time و Integrity همراه می‌شود.

## ۲.۵ تحلیل انحرافها، شکست موانع و معیارهای عملکرد

در نسخه‌های پیشرفته Bow-Tie، برای هر مانع:

- مکانیزم شکست (Degradation)
- فعالیت‌های بازیابی (Recovery Measures)
- معیارهای پایش و اثربخشی (KPIs)

تعریف می‌شود.

در آکادمی شهرآسود، این رویکرد برای آموزش تحلیل ریسک عملیاتی و توسعه دانش فنی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا مخاطبان ضمن شناخت ساختار کلی، با فلسفه کیفیت و قابلیت اطمینان موانع (Barrier Reliability) نیز آشنا شوند.

## ۳. مزایای روش Bow-Tie

Bow-Tie ویژگی‌های منحصر به فردی دارد که باعث شده در صنایع مختلف تبدیل به یک «زبان مشترک» در حوزه مدیریت ریسک شود.

۳.۱ وضوح بصری و جامعیت

نمودار Bow-Tie امکان مشاهده «تصویر وسیع» از یک ریسک را فراهم می‌کند. مدیران، کارشناسان و حتی پیمانکاران می‌توانند رابطه میان تهدیدها، پیامدها و کنترل‌ها را بدون نیاز به مدل‌های پیچیده مهندسی درک کنند.

۳.۲ ادغام پذیری با ابزارهای مهندسی

این روش می‌تواند به‌طور هم‌زمان با:

- HAZOP
- LOPA
- FTA
- PHA
- ISO 45001 Clause 6

ادغام شود و نقشه‌ای از ارتباط تحلیل‌های فنی ایجاد کند.

## ۳.۳ مناسب برای ارزیابی موانع حیاتی (Critical Controls)

Bow-Tie یکی از بهترین ابزارها برای مدیریت «Critical Barriers» است؛ کنترل‌هایی که اگر از کار بیفتند، ریسک‌های فاجعه‌آمیز (Major Accident Events) رخ می‌دهند.

## ۳.۴ ارزش افزوده در آموزش و فرهنگ ایمنی

این نمودار چون ساده و قابل ارتباط است، در:

- جلسات Toolbox Meeting
- فرآیند Permit to Work
- آموزش پیمانکاران

بسیار مؤثر عمل می‌کند و انسجام مفهومی در سازمان ایجاد می‌کند.

۳.۵ پشتیبانی از تصمیم‌گیری مدیریتی

ریسک‌ها و کنترل‌ها در قالب نقشه‌ای دقیق و درعین حال قابل ارائه به مدیرعامل یا مدیر پروژه نمایش داده می‌شوند. این ویژگی کمک می‌کند تصمیمات بر پایه داده‌های قابل تفسیر اتخاذ شوند.

#### ۴. معایب و محدودیت‌های روش Bow-Tie

با وجود ارزش بالا، این روش محدودیت‌هایی نیز دارد که باید با رویکرد مهندسی و دقت تحلیل شوند.

##### ۴.۱ احتمال ساده‌سازی بیش از حد

اگرچه سادگی یک مزیت است، اما می‌تواند منجر به از دست‌دادن جزئیات مهم شود؛ به‌ویژه در سناریوهای پیچیده با چندین مسیر شکست.

##### ۴.۲ محدودیت در خطاهای انسانی و سازمانی

این روش ماهیتاً طراحی شده تا «موانع» را نمایش دهد و نه ریشه‌های عمیق خطای انسانی. بنابراین برای تحلیل دقیق‌تر، معمولاً نیاز است با روش‌هایی مانند:

- Tripod Beta
- HFACS
- MORT

ترکیب شود.

##### ۴.۳ وابستگی شدید به کیفیت داده‌های اولیه

اگر داده‌های HAZOP، تجربیات عملیاتی و تاریخچه حوادث به‌روز نباشند، خروجی Bow-Tie سطحی و غیرقابل‌اتکا خواهد شد.

##### ۴.۴ دشواری مدیریت نسخه‌ها و نگهداری Bow-Tie های متعدد

در سازمان‌های با چندین واحد عملیاتی و چندین ریسک عمده، ممکن است ده‌ها Bow-Tie تولید شود. نگهداری، بازنگری و یکپارچگی این نمودارها می‌تواند چالش‌برانگیز باشد و نیازمند نظام مدیریت مستندات دقیق است.

#### ۵. جمع‌بندی

روش Bow-Tie یکی از کارآمدترین ابزارهای مدیریت ریسک در صنایع مختلف است؛ ابزاری که به واسطه‌ی سادگی، دید سیستماتیک و قدرت بصری خود توانسته جایگاه مهمی در سیستم‌های HSE و مدیریت عملیات پیدا کند.

در این مقاله، آکادمی ایمنی شهرآسود تلاش کرد تا مفاهیم بنیادین Bow-Tie را با رویکرد تفسیری علمی و مهندسی ارائه دهد و زمینه‌ای برای توسعه دانش و رشد مهارتی متخصصان فراهم آورد.

Bow-Tie نه تنها برای تحلیل ریسک، بلکه برای ارتباطات سازمانی، آموزش کارکنان، تدوین Performance Standards و مدیریت موانع حیاتی کاربرد دارد. البته محدودیت‌هایی همچون ساده‌سازی بیش از حد یا ضعف در تحلیل ریشه‌ای نیز وجود دارد، که باید با ترکیب ابزارهای تکمیلی جبران شود.

##### در نهایت، Bow-Tie زمانی بیشترین اثر را دارد که:

- داده‌های ورودی معتبر باشند.
  - کارشناسان آموزش‌دیده آن را مدل‌سازی کنند.
  - و نتایج آن در چرخه بهبود مستمر سیستم مدیریت ایمنی به کار گرفته شود.
- آکادمی شهرآسود این روش را به عنوان یکی از «ابزارهای بنیادین تفکر ایمنی» در دوره‌های آموزشی خود ارائه می‌کند و از آن برای توانمندسازی تخصصی و ارتقای بینش مهندسی استفاده می‌نماید.

درباره شهرآسود

شرکت فن‌آوران ایمنی شهرآسود با هدف ارائه خدمات تخصصی در حوزه بازرسی فنی، ایمنی صنعتی و ارزیابی انطباق فعالیت می‌کند. ما با تکیه بر اصول Technical Assurance، رعایت استانداردهای بین‌المللی و رویکرد مستقل و شفاف، تلاش می‌کنیم از مرحله طراحی تا راه‌اندازی و بهره‌برداری، انطباق تجهیزات و فرآیندهای صنعتی را تأیید و تضمین کنیم. این شرکت با بهره‌گیری از نیروهای متخصص، روش‌های مبتنی بر شواهد و داده‌های قابل‌رهگیری، خود را متعهد به ارتقای ایمنی، کاهش ریسک و حمایت از صنعت در اتخاذ تصمیم‌های دقیق و پایدار می‌داند.



Compliance Evaluation | Technical Assurance | Sustainable Safety

# Technical & Safety Inspection

Enhancing sustainable safety in industry through environmental protection and technical knowledge development.

