



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران
۱۴۵۶۰
تجدیدنظر اول
۱۴۰۳

INSO
14560
1st Revision
2024

Identical with
IEC 31010:
2019

مدیریت ریسک –
فنون ارزیابی ریسک



Risk management –
Risk assessment techniques

ICS: 03.100.01

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روز رسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
«مدیریت ریسک - فنون ارزیابی ریسک»

رئیس:

ابلاغی، یاسر
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

دبیر:

کرمی، زهرا
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

سمت و/یا محل اشتغال:

وزارت نیرو- برق منطقه‌ای تهران

سازمان ملی استاندارد ایران
عضو کمیته متناظر مدیریت ریسک
INSO-ISO/TC262

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسماعیلی، سمیه
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

پژوهشکده ارزیابی کیفیت و سامانه‌های مدیریت- پژوهشگاه
استاندارد

آل علی، هدی
(دکتری فیزیک)

مدیر منابع انسانی شرکت بهمن موتور

بختیاری، مصطفی
(کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای)

انجمن مدیریت کیفیت ایران و مدیرعامل شرکت مهندسان
مشاور طرح سلمان

پورلک، مهیار
(دکتری مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد زنجان

تفویضی، نفیسه
(کارشناسی ارشد مدیریت آموزشی)

خودرو سازی سایپا

حق شناس، وحید
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

رئیس اداره تحقیقات حفاظت و بهداشت کار- مرکز تحقیقات و
تعاملات حفاظت فنی و بهداشت کار- دبیر کمیته متناظر مدیریت ریسک
INSO-ISO/TC262

حسینی، سید غلامحسین
(کارشناسی ارشد ایمنی، بهداشت و محیط زیست)

مدیر آکادمی مهندسی قابلیت اطمینان

راعی، جلال
(دکتری مدیریت استراتژیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سازمان ملی استاندارد ایران	روح‌بخشان، سامان (کارشناسی ارشد مدیریت تکنولوژی)
شرکت اکسون پایا دقت	رهی، حمیدرضا (کارشناسی ارشد مهندسی نفت)
اداره کل استاندارد استان هرمزگان	سایانی، نوشین (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)
شرکت اندیشه پردازان صنعت پرشیا	سعیدی بقا، وحید (کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی)
پژوهشکده ارزیابی کیفیت و سامانه‌های مدیریت - پژوهشگاه استاندارد	شهرودی، نرگس (کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی)
پژوهشکده ارزیابی کیفیت و سامانه‌های مدیریت - پژوهشگاه استاندارد	نقره علی‌پور، طاهره (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)
مدیر HSE و سرممیز سیستم‌های مدیریتی	علیاری، مجید (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)
مدیریت ارزیابی ریسک - پژوهشگاه استاندارد عضو کمیته متناظر مدیریت ریسک INSO-ISO/TC262	فرجی، رحیم (کارشناسی ارشد شیمی)
پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی	فقیه، حمیدرضا (دکتری مدیریت تکنولوژی)
خودروسازی سایپا	کرمی، لیلا (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)
بازرس کار اداره کل تعاون، کار و رفاه اجتماعی استان قزوین	محمدی، علی (کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای)
شرکت پایدار کیفیت پیروز	مفتخری نائینی‌نژاد، حمیدرضا (دکتری مدیریت صنعتی)
وزارت نیرو - برق منطقه‌ای تهران	موسوی خوئینی‌ها، سید مهدی (کارشناسی مهندسی مکانیک)
شرکت مشاوران بهمن تدبیر	موسوی، فائزه (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی و MBA)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

نوربخش، رویا
(دکتری سم‌شناسی)

ویراستار:

روح‌بخشان، سامان
(کارشناسی ارشد مدیریت تکنولوژی)

سمت و/یا محل اشتغال:

مدیر ارزیابی ریسک - پژوهشگاه استاندارد

سازمان ملی استاندارد ایران

مندرجات فهرست

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ مفاهیم اصلی
۳	۴-۱ عدم قطعیت
۴	۴-۲ ریسک
۴	۵ استفاده از فنون ارزیابی ریسک
۶	۶ اجرای ارزیابی ریسک
۶	۶-۱ طرح‌ریزی ارزیابی
۱۱	۶-۲ مدیریت اطلاعات و تدوین مدل‌ها
۱۵	۶-۳ کاربرد فنون ارزیابی ریسک
۲۴	۶-۴ بازنگری تجزیه و تحلیل
۲۶	۶-۵ کاربرد نتایج به منظور پشتیبانی تصمیم‌ها
۲۸	۶-۶ ثبت و گزارش فرایند و نتایج ارزیابی ریسک
۲۹	۷ انتخاب فنون ارزیابی ریسک
۲۹	۷-۱ کلیات
۲۹	۷-۲ انتخاب فنون
۳۲	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) طبقه‌بندی فنون
۴۹	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) تشریح فنون
۱۶۰	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «مدیریت ریسک- فنون ارزیابی ریسک» که نخستین بار در سال ۱۳۹۱ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در سیصد و پانزدهمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد سیستم مدیریت مورخ ۱۴۰۳/۰۸/۰۹ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۵۶۰: سال ۱۳۹۱ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

IEC 31010: 2019, Risk management- Risk assessment techniques

مقدمه

این استاندارد، راهنمایی‌هایی درخصوص انتخاب و به‌کارگیری فنون مختلف ارائه می‌دهد، که می‌تواند در کمک به بهبود مسیر توجه به عدم قطعیت‌ها و درک ریسک، مورد استفاده قرار گیرد.

این فنون در موارد زیر کاربرد دارند:

- جایی که درک مضاعف درخصوص وجود ریسک‌ها با یک ریسک خاص لازم است؛
 - درخصوص یک تصمیم، جایی که گستره‌ای از گزینه‌ها هر یک دارای ریسکی است که نیاز به مقایسه و بهینه‌سازی دارد؛
 - در فرایند مدیریت ریسک که منجر به اقداماتی برای برخورد با ریسک می‌شود.
- این فنون در گام‌های ارزیابی ریسک تشریح شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵ شامل شناسایی، تحلیل و ارزشیابی ریسک و به‌طور کلی هر جایی که نیاز به درک عدم قطعیت و اثرات آن است، کاربرد دارد.
- فنون تشریح شده در این استاندارد، می‌تواند در طیف گسترده‌ای از موضوعات مورد استفاده قرار گیرد، گرچه اکثریت آن‌ها از حوزه فنی نشأت گرفته‌اند. برخی فنون در مفهوم مشابه هستند، اما نام و روش‌های متفاوتی دارند که تاریخچه تدوین آن‌ها در بخش‌های مختلف را منعکس می‌کند. این فنون با گذشت زمان تکامل یافته و به تکامل خود ادامه می‌دهند و در بسیاری موارد می‌توانند در طیف وسیعی از موقعیت‌های خارج از کاربرد اصلی آن‌ها نیز مورد استفاده قرار گیرند.
- این استاندارد مقدمه‌ای بر فنون منتخب است و کاربردهای ممکن، منافع و محدودیت‌های آن‌ها را مقایسه می‌کند. این استاندارد همچنین ارجاعاتی به منابع اطلاعاتی با جزئیات بیشتر، فراهم می‌کند.
- مخاطبان بالقوه این استاندارد عبارتند از:
- هر فردی که در ارزیابی و مدیریت ریسک دخیل است؛
 - افرادی که در تهیه راهنما برای تعیین این‌که چه ریسک‌هایی در بافتارهای خاص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، دخیل هستند؛
 - افرادی که نیاز به اتخاذ تصمیم در جایی دارند که عدم قطعیت وجود دارد، شامل:
 - افرادی که ارزیابی‌های ریسک را ارزشیابی می‌کنند؛
 - افرادی که نیاز به درک دستاوردهای ارزیابی‌ها را دارند؛ و
 - افرادی که مجبور به انتخاب فنون ارزیابی به منظور برآورده شدن نیازهای خاص هستند.
- سازمان‌هایی که ملزم به انجام ارزیابی‌های ریسک برای انطباق با الزامات قانونی یا اختیاری هستند، از فنون متناسب استاندارد شده و رسمی ارزیابی ریسک بهره می‌برند.

مدیریت ریسک - فنون ارزیابی ریسک

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی‌هایی به منظور انتخاب و کاربرد فنون ارزیابی ریسک در طیف گسترده‌ای از موقعیت‌ها است. این فنون به منظور کمک به تصمیم‌گیری در جایی است که عدم قطعیت وجود دارد و اطلاعاتی درباره ریسک‌های خاص و بخشی از فرایند مدیریت ریسک ارائه می‌شود. این استاندارد با ارجاع به سایر استانداردها که در آن‌ها این فنون با جزئیات بیشتری شرح داده شده‌اند، خلاصه‌ای از گستره‌ای از فنون را ارائه می‌نماید.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۶: سال ۱۳۸۹، مدیریت ریسک - واژگان

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵: سال ۱۳۹۸، مدیریت ریسک - رهنمودها

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵ و ۱۳۲۴۵، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود^۱:

۱-۳

محتمل‌گزینی

likelihood

شانس اتفاق افتادن یک مورد است.

^۱ - اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های <https://www.iso.org/obp> و <http://www.electropedia.org/> قابل‌دسترس است.

یادآوری ۱- در اصطلاح‌شناسی مدیریت ریسک، واژه «محتمل‌گزینی» برای اشاره به شانس وقوع موردی به‌کار می‌رود، خواه به‌صورت عینی یا ذهنی، کیفی یا کمی، تعریف، اندازه‌گیری یا تعیین‌شده باشد و با استفاده از اصطلاحات عمومی یا به صورت ریاضیاتی (مانند احتمال یا فراوانی در سراسر دوره زمانی معین) توصیف شده‌باشد.

یادآوری ۲- اصطلاح انگلیسی «likelihood»، در برخی زبان‌ها معادل مستقیم ندارد؛ در عوض، اغلب معادل اصطلاح «probability» استفاده می‌شود. با این حال، در زبان انگلیسی «probability» اغلب سرسختانه به عنوان یک اصطلاح ریاضی تعبیر می‌شود. بنابراین، در اصطلاح‌شناسی مدیریت ریسک «likelihood»، با این منظور به‌کار می‌رود که توصیه می‌شود همان تعبیر گسترده مانند اصطلاح «probability» را داشته باشد که در بسیاری از زبان‌ها، غیر از زبان انگلیسی دارد.

۲-۳

فرصت

opportunity

ترکیبی از شرایط مورد انتظار مطلوب برای اهداف است.

یادآوری ۱- یک فرصت، موقعیتی مثبت است که در آن سود محتمل است و بر آن یک سطح واپایش مساعد وجود دارد.

یادآوری ۲- ممکن است فرصت برای یک طرف، تهدیدی برای طرف دیگر باشد.

یادآوری ۳- استفاده کردن یا نکردن از فرصت، هر دو منابع ریسک هستند.

۳-۳

احتمال

probability

اندازه‌ای از شانس وقوع که با عددی بین ۰ و ۱ بیان شده است، ۰ نشان دهنده غیرممکن و ۱ قطعیت مطلق است.

یادآوری- به یادآوری ۲ در تعریف ۱-۳ مراجعه شود.

۴-۳

پیشران ریسک

risk driver

driver of risk

عاملی که تاثیر عمده‌ای بر ریسک دارد.

۵-۳

تهدید

threat

منبع بالقوه خطر، آسیب یا سایر پیامدهای نامطلوب است.

یادآوری ۱- تهدید، یک موقعیت منفی است که در آن زیان محتمل است و بر آن یک سطح واپایش نسبی وجود دارد.

یادآوری ۲- ممکن است تهدیدی برای یک طرف، فرصتی برای طرف دیگر باشد.

۴ مفاهیم اصلی

۱-۴ عدم قطعیت

عدم قطعیت، اصطلاحی است که بسیاری از مفاهیم اساسی را در بردارد. تلاش‌های بسیاری به منظور دسته‌بندی انواع عدم قطعیت به وجود آمده و توسعه آن نیز ادامه دارد که شامل موارد زیر است:

- عدم قطعیتی که تغییرپذیری ذاتی برخی پدیده‌ها را به رسمیت شناخته و نمی‌تواند توسط تحقیق بیشتر کاهش یابد؛ برای نمونه پرتاب تاس (که در برخی مواقع به عنوان «عدم قطعیت تصادفی» اشاره می‌شود).

- عدم قطعیتی که به طور کلی از فقدان دانش ناشی می‌شود و در نتیجه می‌تواند از طریق جمع‌آوری داده‌های بیشتر، بررسی الگوهای بهتر، بهبود فنون نمونه‌برداری و غیره کاهش یابد. (که در برخی مواقع تحت عنوان عدم قطعیت ریشه‌ای اشاره می‌شود).

سایر حالات معمول شناخته شده از عدم قطعیت شامل موارد زیر است:

- «عدم قطعیت زبانی» که به عنوان ابهام و ابهام ذاتی در زبان‌هایی که صحبت می‌شود، شناخته می‌شود؛

- «عدم قطعیت در تصمیم» که اختصاصاً مربوط به راهبردهای مدیریت ریسک می‌شود و تحت عنوان عدم قطعیت وابسته به سیستم‌های ارزشی، قضاوت حرفه‌ای، ارزش‌های شرکت و هنجارهای اجتماعی شناسایی می‌شوند.

نمونه‌هایی از عدم قطعیت شامل موارد زیر است:

- عدم قطعیت در درستی یک فرضیه، شامل پیش فرض‌ها در خصوص نحوه رفتار ممکن انسان‌ها و سیستم‌ها؛

- تنوع در مؤلفه‌هایی که مبنی بر آن یک تصمیم گرفته می‌شود؛

- عدم قطعیت در صحنه‌گذاری یا صحت مدل‌هایی که به منظور پیش‌بینی درباره آینده ایجاد می‌شوند؛

- رخدادهایی (از قبیل تغییرات در شرایط یا وضعیت‌ها) که وقوع، ویژگی یا پیامدهای آنها، غیرقطعی است؛

- عدم قطعیت‌های وابسته به رخداد‌های منقطع؛

- دستاوردهای غیرقطعی مسائل نظام‌مند، همچون کمبود کارکنان شایسته وقتی که می‌تواند اثراتی در طیف گسترده داشته باشد که به وضوح قابل تعریف نیست؛

- فقدان دانش نشات گرفته از زمانی که عدم قطعیت شناخته شده، ولی به طور کامل درک نشده است؛

- عدم پیش‌بینی‌پذیری؛

- عدم قطعیت ناشی از محدودیت‌های ذهن انسان، به عنوان نمونه در درک داده‌های پیچیده، پیش‌بینی وضعیت‌هایی با پیامدهای طولانی مدت یا قضاوت‌های به دور از تعصب و سوگیری.

تمامی عدم قطعیت‌ها قابل درک نیستند و تعریف و تاثیر عدم قطعیت‌های بارز ممکن است مشکل یا غیر ممکن باشد. هر چند شناخت اینکه عدم قطعیت در یک بافت معین وجود دارد، امکان ایجاد سیستم‌های هشدار زودهنگام به منظور تشخیص تغییر به موقع و فعال و تمهیداتی برای تاب‌آوری در مقابله با شرایط غیر منتظره را ایجاد می‌کند.

۲-۴ ریسک

ریسک شامل اثرات هر کدام از اشکال عدم قطعیت تشریح شده در بند ۴-۱، بر روی اهداف است. این عدم قطعیت ممکن است به پیامدهای مثبت یا منفی یا هردوی آنها منجر شود.

ریسک اغلب با اصطلاحاتی چون منابع ریسک، رخدادهای بالقوه، پیامدها و محتمل‌گزینی آن تشریح می‌شود. یک رخداد می‌تواند چندین علت داشته و منجر به چندین پیامد شود. پیامدها می‌توانند چندین مقدار گسسته داشته، متغیرهای پیوسته یا ناشناخته باشند. پیامدها ممکن است در ابتدا قابل تشخیص یا قابل اندازه‌گیری نباشند، اما ممکن است در طول زمان انباشته شوند. منابع ریسک می‌توانند شامل تغییری ذاتی یا عدم قطعیت‌های مرتبط با طیفی از عوامل از قبیل رفتار انسانی و ساختار سازمانی یا تاثیرات اجتماعی باشند، که می‌تواند پیش‌بینی هر رخداد خاصی که ممکن است به وقوع بپیوندد را مشکل کند. در نتیجه، ریسک همیشه نمی‌تواند به راحتی به عنوان مجموعه‌ای از رخدادها، پیامدها و محتمل‌گزینی‌های آن فهرست شود.

فنون ارزیابی ریسک به افراد در درک عدم قطعیت و ریسک‌های مرتبط با این حوزه و بافت متنوع و پیچیده به منظور پشتیبانی از تصمیمات و اقدامات آگاهانه کمک می‌کند.

۵ استفاده از فنون ارزیابی ریسک

فنون تشریح شده در این استاندارد، ابزارهایی را برای بهبود درک عدم قطعیت و عواقب آن در تصمیمات و اقدامات ارائه می‌دهد.

استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵ اصول مدیریت ریسک و مبانی و ترتیبات سازمانی که ریسک را قادر به مدیریت می‌کند، تشریح می‌کند. این استاندارد فرایندی را مشخص می‌کند که ریسک مطابق با معیارهای ایجاد شده به عنوان بخشی از فرایند؛ شناخت، درک و تا حد ضرورت اصلاح نماید. فنون ارزیابی ریسک را می‌توان در این رویکرد ساختار یافته به کار برد، که این رویکرد شامل ایجاد بافتار، ارزیابی و برخورد با ریسک، همراه با پایش مداوم، بازنگری، ارتباطات و مشاوره، ثبت و گزارش دهی است. این فرآیند در شکل الف-۱

نشان داده شده است که همچنین نمونه‌هایی از محل‌هایی که فنون فرآیند را می‌توان اعمال کرد نشان می‌دهد.

در استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵ فرایند ارزیابی ریسک شامل شناسایی ریسک‌ها، تحلیل آنها و استفاده از درک حاصل از این تحلیل می‌شود؛ تا از طریق نتیجه‌گیری در خصوص اهمیت مقایسه آنها با حدود اهداف و عملکرد سازمان، ریسک ارزشیابی شود. این فرایند ورودهایی برای تصمیمات در خصوص اینکه چه برخوردی لازم است، اولویت‌های برخورد و اقدامات مورد انتظار برای برخورد ریسک فراهم می‌کند. در این رویه یک رویکرد تکرار شونده به کار می‌رود.

فنون ارزیابی ریسک تشریح شده در این استاندارد برای موارد زیر استفاده می‌شوند:

- در جایی که درک بیشتر در خصوص ریسک‌های موجود یا درباره ریسک‌های خاص لازم است؛
- وقتی یک فرایند مدیریت ریسک به اقداماتی برای برخورد با ریسک منجر می‌شود؛
- وقتی که تصمیمی با طیف وسیعی از گزینه‌های شامل ریسک که باید مقایسه یا بهینه شود، وجود دارد. به‌طور اختصاصی، این فنون می‌توانند برای موارد زیر بکار رود:
- ارائه اطلاعات ساختار یافته به‌منظور پشتیبانی از تصمیمات و اقداماتی که در آنها عدم قطعیت وجود دارد؛
- شفاف‌سازی عواقب مفروضات در خصوص دستیابی به اهداف؛
- مقایسه چند گزینه، سیستم، فناوری یا رویکرد و غیره، در جایی که عدم قطعیت چند وجهی در هر گزینه وجود دارد؛
- کمک به تعریف اهداف واقع‌بینانه راهبردی و عملیاتی؛
- کمک به تعیین معیارهای ریسک سازمان، از قبیل محدوده‌های ریسک، ریسک‌پذیری یا ظرفیت تحمل ریسک؛
- توجه به ریسک در تنظیم و بازنگری اولویت‌ها؛
- شناخت و درک ریسک، شامل ریسک‌هایی که می‌توانند دست‌آوردهای وسیعی داشته باشند؛
- درک موضوعاتی که عدم قطعیت‌های بیشتر بر اهداف سازمانی دارند و ارائه دلیل منطقی در خصوص اینکه چه کاری درباره آنها بهتر است انجام داد؛
- شناخت و بهره‌برداری موفق‌تر از فرصت‌ها؛
- بیان عواملی که به ریسک منجر می‌شوند و اینکه چرا اهمیت دارند؛
- شناسایی گزینه‌های اثربخش و کارآمد برخورد با ریسک؛
- تعیین اثر اصلاح برخوردهای پیشنهادی ریسک، شامل هرگونه تغییر در ماهیت یا بزرگی ریسک؛

- اطلاع‌رسانی در خصوص ریسک و عواقب آن؛
 - یادگیری از خطاها و موفقیت‌ها به منظور بهبود روشی که ریسک مدیریت می‌شود؛
 - اثبات اینکه الزامات مقرراتی و سایر الزامات برآورده شده است.
- روشی که ریسک با آن ارزیابی می‌شود، به پیچیدگی و نوظهور بودن موقعیت و سطح دانش و درک مرتبط به آن بستگی دارد.
- در ساده‌ترین حالت، زمانی که هیچ چیز جدید غیر معمولی در خصوص یک موقعیت وجود ندارد، ریسک بدون عواقب عمده با ذی‌نفعان یا پیامدهای غیر بارز به‌درستی درک شده و سپس در خصوص اقدامات، احتمالاً مطابق با قوانین و روش‌های ایجاد شده و ارزیابی‌های قبلی ریسک، تصمیم گرفته می‌شود.
 - برای بسیاری از مسائل نوظهور، پیچیده یا چالش برانگیز، وقتی عدم قطعیت بالا و تجربه کم است، اطلاعات کمی برای مبنای ارزیابی وجود دارد و ممکن است فنون مرسوم تحلیل، قابل استفاده و معنادار نباشند. این موضوع همچنین در شرایطی که ذی‌نفعان محکم بر نظرات مختلف خود پافشاری دارند، کاربرد دارد. در این موارد، ممکن است تکنیک‌های متعدد برای حصول درک جزئی از ریسک، همراه با قضاوت‌های بعدی به‌وجود آمده در بافت سازمانی، ارزش‌های اجتماعی و نظرات ذی‌نفعان به کار گرفته شود.
- فنون تشریح شده در این استاندارد، بیشترین کاربرد را در موقعیت‌های بین این دو حالت دارد، جایی که دارای پیچیدگی متوسط است و برخی اطلاعات مبنای ارزیابی در دسترس باشد.

۶ اجرای ارزیابی ریسک

۱-۶ طرح‌ریزی ارزیابی

۱-۱-۶ مقصود و دامنه کاربرد ارزیابی را تعریف کنید

مقصود از ارزیابی شامل شناسایی تصمیمات یا اقدامات مربوط به آن، تصمیم‌گیران، ذی‌نفعان، زمان و ماهیت برون‌دادهای لازم بهتر است مشخص شود (برای مثال چه اطلاعات کیفی، نیمه کمی یا کمی لازم است). دامنه کاربرد، عمق و سطح جزئیات ارزیابی همراه با توصیفی از آنچه شامل می‌شود و موارد کنارگذاری بهتر است تعریف شود. انواع پیامد موجود در ارزیابی بهتر است تعریف شود. هرگونه شرایط، فرضیه‌ها، محدودیت‌ها یا منابع ضروری مرتبط با فعالیت ارزیابی نیز بهتر است مشخص شود.

۲-۱-۶ بافتار را درک کنید

هنگام اجرای ارزیابی ریسک، افراد دخیل در آن بهتر است به شرایط گسترده در تصمیمات و اقداماتی که مبتنی بر آنها ارزیابی می‌شود، آگاه باشند. این موضوع شامل درک مسائل درونی و بیرونی که به بافت سازمان

منجر می‌شود و همین‌طور ابعاد اجتماعی و محیطی است. هرگونه بیانیه در ارتباط با بافت بهتر است به‌منظور مشاهده وضعیت جاری و تناسب آن، بازنگری و بررسی شود.

درک از منظر کلان در جایی که پیچیدگی بارز وجود دارد، به‌طور خاص مورد اهمیت است.

۳-۱-۶ با ذی‌نفعان تعامل کنید

ذی‌نفعان و افرادی که به‌احتمال زیاد قادر به ارائه دانش مفید یا نظرات مرتبط هستند، بهتر است شناسایی شده و نظرات آنها، چه در ارزیابی مشارکت داشته یا نداشته باشند، مد نظر قرار گیرد. مشارکت مناسب ذی‌نفعان کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود اطلاعاتی که مبنای ارزیابی ریسک هستند، معتبر و کاربردی بوده و ذی‌نفعان دلایل تصمیمات را درک می‌کنند. مشارکت ذی‌نفعان می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- ارائه اطلاعاتی که بافت ارزیابی را قابل درک کند؛
- حوزه‌های مختلف دانشی و خبرگی به‌منظور شناسایی و درک ریسک با اثربخشی بیشتر گردآوری شود؛
- خبرگی مرتبط در استفاده از تکنیک‌ها ارائه شود؛
- علایق ذی‌نفعان درک و مد نظر قرار گیرد؛
- ارائه ورودی به فرایند تعیین اینکه چه ریسکی قابل پذیرش است، مخصوصاً وقتی که ذی‌نفعان اثر گذارند؛
- برآوردن تمامی الزاماتی که نیاز است به افراد اطلاع‌رسانی یا مشاوره شود؛
- از خروجی‌ها و تصمیمات ناشی از ارزیابی ریسک پشتیبانی شود؛
- شناسایی فاصله دانشی که نیاز است پیش از ارزیابی ریسک و/یا حین ارزیابی ریسک در نظر گرفته شود.

بهتر است در خصوص نحوه اینکه خروجی‌ها و دستاوردهای ارزیابی ریسک به‌طور قابل اعتماد، صحیح و شفاف به ذی‌نفعان مرتبط اطلاع‌رسانی گردد، تصمیم‌گیری شود (به زیر بند ب-۱ مراجعه شود).

۴-۱-۶ اهداف را تعریف کنید

اهداف سیستم یا فرایند خاصی که ریسک آنها قرار است ارزیابی شود، بهتر است تعریف و تا آنجا که امکان‌پذیر است، مدون شود. این امر شناسایی ریسک، درک و عواقب آن را تسهیل می‌کند.

تا حدی که قابل اجرا است، اهداف بهتر است:

- خاص موضوع ارزیابی باشد؛
- قابل اندازه‌گیری کمی یا کیفی باشند؛
- در محدودیت‌های تحمیلی ناشی از بافت، قابل دستیابی باشند؛

- با اهداف کلان یا بافت سازمان مرتبط باشند؛

- در یک چارچوب زمانی معین قابل دستیابی باشند.

۵-۱-۶ عوامل انسانی، سازمانی و اجتماعی را در نظر بگیرید

عوامل انسانی، سازمانی و اجتماعی بهتر است به وضوح در نظر گرفته شوند و به طور مقتضی مورد توجه قرار گیرند. ابعاد انسانی از طرق زیر به ارزیابی ریسک مرتبط می شوند؛

- به عنوان منبع عدم قطعیت؛

- از طریق تاثیرات بر رویه‌ای که فنون انتخاب و به کار بسته می شوند؛

- در رویه‌ی تفسیر و استفاده از اطلاعات (برای مثال دلیل تفاوت در دیدگاه‌ها نسبت به ریسک).

عملکرد انسانی (چه بالاتر یا پایین تر از انتظارات) یکی از منابع ریسک است و می تواند بر اثربخشی و پایش‌ها نیز اثرگذار باشد. ظرفیت بالقوه انحراف از رفتارهای مورد انتظار یا مفروض، بهتر است به طور خاص در زمان ارزیابی ریسک مد نظر قرار گیرد. اغلب، ملاحظات عملکرد انسانی پیچیده هستند و امکان دارد مشاور خبره در شناسایی و تحلیل ابعاد انسانی ریسک لازم باشد.

عوامل انسانی همچنین در انتخاب و استفاده از فنون، مخصوصاً جای که قرار است قضاوت شود یا رویکردهای گروهی به کار گرفته شوند، موثر است. تسهیل‌گری ماهرانه‌ای به منظور به حداقل رساندن این تاثیرات مورد نیاز است. سوگیری‌هایی همچون تمایل به افکار سایر افراد در یک گروه و اعتماد به نفس بیش از حد (برای نمونه در برآوردها یا دیدگاه‌ها) بهتر است در نظر گرفته شود. در هر جایی که امکان پذیر است، نظرات متخصصین بهتر است توسط شواهد و داده‌ها اطلاع‌رسانی شده و برای جلوگیری یا به حداقل رساندن تعصبات دانشی تلاش شود.

اهداف و ارزش‌های شخصی افراد می‌تواند متفاوت و متنوع از اهداف و ارزش‌های سازمان باشد. این امر می‌تواند منتج به دیدگاه‌های متفاوت در خصوص سطح ریسک و معیارهای مختلف که افراد از طریق آنها تصمیم‌های خود را اتخاذ می‌کنند، شود. سازمان بهتر است در دستیابی به درک مشترک از ریسک‌های داخلی و توجه به دیدگاه‌های متفاوت ذی‌نفعان تلاش کند.

جنبه‌های اجتماعی، شامل وضعیت اقتصادی- اجتماعی، قومیت نژادی و فرهنگ، جنسیت، ارتباطات اجتماعی و بافت محل سکونت جامعه می‌توانند هم مستقیم و هم غیرمستقیم بر ریسک اثرگذار باشند.

اثرات ممکن است طولانی مدت بوده و بلافاصله قابل رویت نباشند و می‌توانند مستلزم یک چشم‌انداز طرح ریزی بلند مدت باشند.

۶-۱-۶ معیارهای تصمیم‌گیری را بازنگری کنید

۱-۶-۱-۶ کلیات

معیارها، از قبیل معیارهای ریسک که باید در زمان تصمیم‌گیری مورد توجه واقع شوند، بهتر است قبل از انجام ارزیابی مورد بازنگری قرار گیرد. معیارها می‌توانند کیفی، نیمه کمی یا کمی باشند. در برخی موارد ممکن است معیار صریحی مشخص نشده باشد و ذی‌نفعان از قضاوت‌های خودشان برای پاسخ به نتایج تحلیل‌ها استفاده کنند.

معیارهای مرتبط برای بازنگری شامل موارد زیر هستند:

- چگونه تصمیم گرفته خواهد شد، هرچند ریسک قابل پذیرش باشد؛
- چگونه اهمیت ریسک‌های مرتبط تعیین خواهد شد؛
- چگونه در تصمیمات، ریسک در خصوص گزینه‌ها مورد توجه قرار خواهد گرفت، درجای که چندین ریسک مرتبط دارد که ممکن است پیامدهای مثبت یا منفی داشته باشند؛
- چگونه ارتباط بین ریسک‌ها مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۲-۶-۱-۶ معیارهایی برای تصمیم‌گیری در خصوص ریسک‌های مورد پذیرش

معیارها برای تعریف ماهیت و گستره ریسک‌هایی که می‌توانند در دستیابی اهداف پذیرفته شوند- که در برخی مواقع تحت عنوان ریسک‌پذیری اشاره می‌شود، می‌تواند از طریق مشخص کردن یک تکنیک برای تعیین بزرگی ریسک یا مقدار مرتبط با ریسک، همچنین فراتر از آن، اینکه چه ریسکی غیرقابل قبول شود، تعریف شود. حد تنظیم شده برای ریسک نامطلوب غیر قابل پذیرش، می‌تواند به پاداش‌های بالقوه بستگی داشته باشد.

قابلیت پذیرش ریسک همچنین می‌تواند از طریق مشخص کردن متغیرهای قابل پذیرش در اندازه‌گیری‌های عملکرد معین متصل به اهداف، تعریف شود.

معیارهای متفاوتی ممکن است مطابق با نوع پیامد مشخص شود. برای نمونه، معیارهای سازمانی در پذیرش ریسک مالی، ممکن است با تعریف این معیارها برای ریسک مربوط به جان انسان متفاوت باشد. موارد زیر از ملاحظات مورد استفاده در مواقعی است که ریسکی می‌تواند پذیرفته شود:

- ظرفیت تحمل ریسک (RBC)^۱ (که ظرفیت ریسک نیز نامیده می‌شود): ظرفیت تحمل ریسک سازمانی معمولاً از منظر سرمایه ریسک که برای جذب اثرات منفی ناشی از ریسک‌ها در دسترس است، تعریف می‌شود. برای یک شرکت بازرگانی، ظرفیت ممکن است از لحاظ حداکثر ظرفیت نگهداری تحت پوشش دارایی‌ها، یا بیشترین خسارت مالی که می‌تواند بدون اظهار ورشکستگی تحمل کند، مشخص شود. ظرفیت تحمل ریسک تقریبی، بهتر است به‌طور منطقی از طریق سناریوهای آزمایش استرس برای ارائه

یک سطح اطمینان قابل اعتماد آزموده شود. ریسک‌پذیری سازمان، اشتیاق مدیریت در کاربرد ظرفیت تحمل ریسک‌های سازمان را منعکس می‌کند.

– ALARA/^۱ALARP و SFAIRP^۲: برخی معیارها برای تصمیم‌گیری با استفاده از قانون‌گذار قضایی در خصوص ریسک مرتبط با ایمنی درمانی شامل حصول اطمینان از اینکه ریسک صدمه و بیماری «به طور منطقی در حدی پایین که قابل اجرا باشد» (ALARP)، «به طور منطقی در حدی پایین که قابل دستیابی باشد» (ALARA) بوده یا اثبات اینکه واپایش‌ها، ریسک را «به طور منطقی تا آنجا که قابل اجرا باشد» (SFAIRP) به حداقل رسانده‌است (به زیر بند ب-۸-۲ مراجعه شود).

– «معادل حداقل سطح جهانی» (GALE)^۴: این معیار درباره ریسک‌هایی با پیامدهای منفی که از یک منبع خاص در حال افزایش است، چنانچه بتواند ریسک‌های سایر منابع را از طریق یک میزان برابر یا بیشتر کاهش دهد، مورد پذیرش است.

– معیارهای هزینه/سود مانند قیمت حفظ حیات یا بازگشت سرمایه (ROI)^۵.

۳-۶-۱-۶ معیارهایی برای ارزشیابی اهمیت ریسک

معیار ریسک (واژه‌ای که به تعیین اهمیت ریسک اشاره دارد) می‌تواند در قالب تعاریفی که شامل تمامی مشخصات و سنجه‌های ریسک تشریح شده در بندهای ۵-۳-۶ و ۷-۳-۶ است، بیان شود. همچنین ملاحظات اخلاقی، فرهنگی، قانونی، اجتماعی، اعتباری، محیطی، مقطعی، اقتصادی و سایر ملاحظات می‌تواند مرتبط باشند.

ارزشیابی اهمیت ریسک در مقایسه با سایر ریسک‌ها، اغلب مبتنی بر برآوردی از بزرگی ریسک است در قیاس با معیارهایی که به‌طور مستقیم به حدود تنظیم شده بر اهداف سازمان مربوط می‌شود. مقایسه با این معیارها، می‌تواند به سازمان در خصوص اینکه در برخورد با چه ریسک‌هایی مبتنی بر پتانسیل آنها بر دور کردن اهداف در دستیابی به دستاوردها، بهتر است تمرکز کرد؛ آگاهی دهد.

بزرگی ریسک به‌ندرت تنها معیار مربوطه برای تصمیم‌گیری در خصوص اهمیت ریسک است. سایر عوامل مرتبط می‌تواند شامل پایداری (مثلاً خط پایین سه‌گانه) و تاب‌آوری، معیارهای اخلاقی و قانونی، اثربخشی واپایش‌ها، حداکثر اثر چنانچه واپایش‌ها نباشند یا به خطا بروند، زمان‌بندی پیامدها، هزینه واپایش‌ها و نظرات ذی‌نفعان باشد.

فنون ارزشیابی اهمیت ریسک در بند ب-۸ توضیح داده شده است.

1- As Low as is Reasonably Practicable
2- As Low as Reasonably Achievable
3- So Far as is Reasonably Practicable
4- Globally at Least Equivalent
5- Return on Investment

۴-۶-۱-۶ معیارهایی برای تصمیم بین گزینه‌ها

یک سازمان با تصمیمات زیادی روبرو خواهد بود که اغلب در رقابت باهم، چندین هدف را به صورت بالقوه تحت تاثیر قرار داده که هم دستاوردهای منفی بالقوه و هم منافع بالقوه به منظور مد نظر قرار گرفتن، دارند. برای این چنین تصمیمانی ممکن است چندین معیار نیازمند برآورده شدن بوده و بین اهداف در حال رقابت، لازم به مقایسه کردن باشد. معیارهای مرتبط با تصمیم بهتر است شناسایی شده و در خصوص رویه‌ای که معیارها و وزن‌دهی یا از تمامی جهات مقایسه می‌شوند، تصمیم‌گیری و محاسبه صورت پذیرد و این اطلاعات ثبت و اشتراک گذاری شوند. در تنظیم معیارها، امکان اینکه هزینه‌ها و منافع برای ذی‌نفعان مختلف ممکن است متفاوت باشد، بهتر است مد نظر قرار گیرد. بهتر است در خصوص رویه‌ای که اشکال مختلف عدم قطعیت را مورد توجه قرار می‌دهد، تصمیم‌گیری شود.

فنون موجود در بند ب-۹ به انتخاب بین گزینه‌ها می‌پردازد.

۲-۶ مدیریت اطلاعات و تدوین مدل‌ها

۱-۲-۶ کلیات

اطلاعات مرتبط، بهتر است قبل و در حین ارزیابی ریسک گردآوری شود. این اطلاعات، ورودی تحلیل آماری مدل‌ها و فنون شرح داده شده در پیوست‌های الف و ب را فراهم می‌کند. در برخی موارد، این اطلاعات می‌توانند توسط تصمیم‌گیران، بدون تحلیل مضاعف، مورد استفاده قرار گیرند.

اطلاعات مورد نیاز در هر مرحله به نتایج اطلاعاتی که قبلاً جمع‌آوری شده، مقصود و دامنه کاربرد ارزیابی و روش یا روش‌های مورد استفاده برای تحلیل بستگی دارد. در خصوص رویه جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و دسترس‌پذیری اطلاعات، بهتر است تصمیم‌گیری شود.

بهتر است در خصوص نگهداری سوابق خروجی‌های ارزیابی تصمیم‌گیری شود. به علاوه اینکه چه سوابقی باید ایجاد، ذخیره و بروزرسانی شده و به افرادی که ممکن است به آنها نیاز داشته باشند، ارائه شوند. منابع اطلاعاتی بهتر است همواره نشان داده شوند.

۲-۲-۶ جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات می‌توانند از منابعی همچون بررسی موضوع، مشاهدات و نظرات خبرگان گردآوری شوند. داده‌ها می‌توانند برای نمونه از اندازه‌گیری‌ها، آزمایش‌ها، مصاحبه‌ها یا بازرسی نشات گرفته یا جمع‌آوری شوند.

به طور معمول، داده‌ها به صورت مستقیم یا غیر مستقیم نشان‌دهنده ضررها یا منافع گذشته هستند. نمونه‌های این امر شامل شکست‌ها یا موفقیت‌های پروژه، تعداد شکایات، عایدی یا ضررهای مالی، اثرات سلامتی، صدمات، مرگومیر و غیره می‌شود. همچنین ممکن است اطلاعات اضافی همچون دلایل شکست‌ها و موفقیت‌ها، منابع شکایات، ماهیت صدمات و غیره در دسترس باشد. همچنین داده‌ها ممکن است شامل خروجی حاصل از مدل‌ها یا سایر فنون تحلیلی باشد.

در خصوص موارد زیر بهتر است تصمیم‌گیری شود:

- منابع اطلاعاتی و قابلیت اطمینان آن؛
 - انواع اطلاعات (به‌عنوان مثال کیفی، کمی یا هردوی آن باشند) (به زیربند ۶-۳-۷-۱ مراجعه شود)؛
 - سطح اطلاعات (به‌عنوان مثال راهبردی، تاکتیکی و عملیاتی)؛
 - کمیت و کیفیت داده‌های مورد نیاز؛
 - روش جمع‌آوری؛
 - سطح محرمانگی.
- زمانی که داده‌هایی که باید تحلیل شود از نمونه‌برداری حاصل شود. لازم است با سطح اطمینان آماری بیان شود که داده‌های کافی جمع‌آوری شده است. در جایی که تحلیل‌های آماری مورد نیاز نیست، این امر بهتر است بیان شود.
- چنانچه داده‌ها یا نتایج حاصل از ارزیابی‌های قبلی در دسترس باشند، ابتدا بهتر است هرگونه تغییری که در بافت به‌وجود آمده تعیین شود و در این صورت هر چه زودتر داده‌ها و نتایج مرتبط باقی بمانند.
- صحت، اعتبار و محدودیت‌های تمامی اطلاعاتی که در ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهتر است ارزیابی شده و به موارد زیر در خصوص آنها توجه شود:
- قدمت و ارتباط اطلاعات؛
 - منبع اطلاعات و روش‌های مورد استفاده در جمع‌آوری آن؛
 - عدم قطعیت و نقص در اطلاعات؛
 - اعتبار و اصالت اطلاعات، مجموعه داده‌ها، الگوریتم‌ها و مدل‌ها.

۶-۲-۳ تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌ها می‌تواند موارد ذیل را فراهم کند:

- درک پیامدهای گذشته و محتمل‌گزینی آنها به منظور یادگیری از تجربه؛
 - روندها و الگوها، از جمله موارد فراوانی، که نشانه‌ای از آنچه ممکن است در آینده تاثیرگذار باشد، ارائه می‌دهند.
 - همبستگی‌ها که می‌توانند نشانه‌ای از روابط علی ممکن برای صحنه‌گذاری آتی ارائه دهند.
- محدودیت‌ها و عدم قطعیت‌ها در داده‌ها بهتر است شناسایی و درک شوند.
- نمی‌توان فرض کرد که داده‌های گذشته همچنان در مورد آینده نیز صادق هستند، اما می‌توانند نشانه‌ای از آنچه در آینده کم‌وبیش اتفاق می‌افتد، به تصمیم‌گیران ارائه دهند.

۴-۲-۶ تدوین و به کارگیری مدل‌ها

۱-۴-۲-۶ کلیات

مدل، یک نمایش تقریبی از واقعیت است. مقصود آن، تبدیل چیزی که ممکن است یک وضعیت ذاتاً پیچیده باشد به جملات ساده‌تری است که راحت‌تر قابل تحلیل باشد. از آن می‌توان برای کمک به درک معنی داده‌ها و شبیه‌سازی آنچه تحت شرایط مختلف ممکن است در عمل اتفاق بیفتد، استفاده کرد. یک مدل ممکن است فیزیکی باشد، در نرم‌افزار نمایش داده شود و یا مجموعه‌ای از روابط ریاضی باشد.

مدل سازی به‌طور کلی شامل مراحل زیر است:

- تشریح مسئله؛
 - تشریح مقصود از ساخت مدل و نتایج مطلوب؛
 - تدوین مدل مفهومی مسئله؛
 - ساخت یک نمایش فیزیکی، نرم‌افزاری یا ریاضی از مدل مفهومی؛
 - توسعه نرم‌افزار یا سایر ابزارها به منظور تحلیل نحوه رفتار مدل؛
 - پردازش داده‌ها؛
 - صحت‌گذاری یا واسنجی مدل از طریق بازنگری خروجی‌ها در موقعیت‌های معلوم؛
 - استنتاج از مدل درباره مشکلات در دنیای واقعی.
- هر یک از این مراحل می‌تواند شامل تقریب‌ها، فرضیات و قضاوت تخصصی باشد و (در صورت امکان) بهتر است توسط افرادی مستقل از طراحان، صحت‌گذاری شود. به‌منظور ارزیابی اعتبار آنها، بهتر است فرضیات حیاتی در برابر اطلاعات موجود بازنگری شود.
- به‌منظور دستیابی به نتایج قابل اطمینان هنگام استفاده از مدل‌ها، موارد زیر بهتر است صحت‌گذاری شوند:
- مدل مفهومی به‌حد کافی نشان دهنده وضعیت مورد ارزیابی است؛
 - این مدل در محدوده بافتاری که برای آن طراحی شده، استفاده می‌شود؛
 - مفاهیم نظری اساسی این مدل و محاسبات مربوطه کاملاً درک شده‌اند؛
 - انتخاب مقادیر و بازنمایی‌های ریاضی مفاهیم منطقی است؛
 - استنتاج‌های اصولی ریاضی کاملاً درک شده است؛
 - داده‌های ورودی صحیح و قابل اطمینان هستند، و یا ماهیت مدل، قابلیت اطمینان داده‌های ورودی مورد استفاده را مورد توجه قرار می‌دهد؛
 - مدل، طبق آنچه طرح‌ریزی شده، بدون هیچ خطا یا اشکال داخلی عمل می‌کند؛

- مدل پایدار بوده و به تغییرات کوچک در ورودی‌های کلیدی بیش از حد حساس نیست.

این امر می‌تواند از طریق موارد زیر قابل دستیابی باشد:

- انجام تحلیل حساسیت، جهت بررسی نحوه حساسیت مدل به تغییرات مولفه‌های ورودی؛
- آزمون استرس مدل با سناریوهای خاص، و اغلب سناریوهای شدید؛
- مقایسه خروجی‌ها با داده‌های گذشته (غیر از داده‌هایی که براساس آنها توسعه یافته است)؛
- تصدیق اینکه هنگام اجرای مدل توسط افراد مختلف، نتایج مشابهی حاصل می‌شود؛
- بررسی خروجی‌ها در برابر عملکرد واقعی.

مستندات جامع مدل و نظریه‌ها و فرضیاتی که بر اساس آن بنا شده، بهتر است حفظ شود، تا حد امکان صحه‌گذاری مدل فراهم آید.

۲-۴-۲-۶ استفاده از نرم افزار برای تحلیل

از برنامه‌های نرم‌افزاری می‌توان برای نمایش و سازمان‌دهی داده‌ها یا تحلیل آن استفاده کرد. برنامه‌های نرم‌افزاری مورد استفاده برای مدل‌سازی و تحلیل، اغلب یک رابط کاربری ساده و یک خروجی سریع در اختیار کاربر می‌گذارد، اما این خصوصیات ممکن است به نتایج نامعتبری منجر شود، طوری که کاربر متوجه آن نشود.

نتایج نامعتبر می‌تواند ناشی از دلایل زیر باشد:

- نامناسب بودن الگوریتم‌های مورد استفاده برای نمایش وضعیت؛
- مفروضات اعمال‌شده در طراحی و استفاده از مدل اصلی نرم‌افزار؛
- خطاها در ورود داده‌ها، شامل درک ناصحیح معنای آنها؛
- مشکلات مربوط به تبدیل داده‌ها در هنگام استفاده از نرم‌افزار جدید؛
- تفسیر ضعیف خروجی‌ها؛

نرم‌افزار تجاری، غالباً جعبه سیاه (محرمانگی تجاری) است و ممکن است حاوی هر یک از این خطاها باشد.

قبل از رفتن به سمت آزمایش مدل‌های پیچیده‌تر، نرم‌افزار جدید بهتر است با استفاده از یک مدل ساده با ورودی‌هایی با خروجی معلوم آزمایش شوند. جزئیات این آزمایش بهتر است برای استفاده در به‌روزرسانی‌های نسخه بعدی یا برنامه‌های جدید تحلیل نرم‌افزار حفظ شود.

خطاهای مدل ساخته شده را می‌توان از طریق افزایش یا کاهش مقدار ورودی بررسی کرد، تا معین شود آیا خروجی مطابق انتظار پاسخ می‌دهد یا خیر. این شیوه را می‌توان برای هر یک از ورودی‌های مختلف به کار برد. خطاهای ورودی داده اغلب هنگام تغییر ورودی داده شناسایی می‌شوند. این رویکرد همچنین اطلاعاتی درباره حساسیت مدل به تغییرات داده‌ها را فراهم می‌کند.

برای جلوگیری از نتیجه‌گیری‌های اشتباه، درک مناسب از ریاضیات مربوط به تحلیل خاص توصیه می‌شود. نه تنها خطاهای فوق محتمل است، بلکه شاید انتخاب یک برنامه خاص نیز مناسب نباشد. به راحتی می‌توان از یک برنامه پیروی کرد و فرض کرد که جواب درست خواهد بود. برای بررسی مستدل بودن نتایج خروجی، بهتر است شواهد جمع‌آوری شود.

۳-۶ کاربرد فنون ارزیابی ریسک

۱-۳-۶ مرور کلی

از فنون شرح داده شده، برای توسعه درک ریسک به عنوان ورودی تصمیماتی که در آنها عدم قطعیت وجود دارد، از جمله تصمیم‌گیری درباره ریسک و نحوه برخورد با آن استفاده می‌شود.

فنون ارزیابی می‌توانند در موارد زیر مورد استفاده قرار گیرند:

- شناسایی ریسک (به زیربند ۲-۳-۶ مراجعه شود)؛
- تعیین دلایل، منابع و عوامل ریسک و میزان مواجهه با آنها (به زیربند ۳-۳-۶ مراجعه شود)؛
- بررسی اثربخشی کلی واپایش‌ها و تاثیرات اصلاحات پیشنهادی در برخورد با ریسک مورد نظر (به زیربند ۴-۳-۶ مراجعه شود)؛
- درک پیامدها و محتمل‌گزینی آن (به زیربند ۵-۳-۶ مراجعه شود)؛
- تحلیل تعاملات متقابل و وابستگی آنها (به زیربند ۶-۳-۶ مراجعه شود)؛
- ارائه سنج‌های ریسک (به زیربند ۷-۳-۶ مراجعه شود)؛

عوامل مد نظر هنگام انتخاب یک فن خاص برای این فعالیت‌ها، در بند ۷ تشریح شده است.

به طور کلی، تحلیل می‌تواند توصیفی باشد (مانند گزارش مرور ادبیات، تحلیل سناریو یا شرحی از پیامدها) یا کمی، که در آن داده‌ها تحلیل می‌شوند تا مقادیر عددی تولید شود. در برخی موارد، می‌توان از مقیاس‌های رتبه‌بندی شده برای مقایسه ریسک‌های خاص استفاده کرد.

روشی که ریسک ارزیابی می‌شود و شکل خروجی، بهتر است با معیارهای تعریف شده سازگار باشد. برای مثال، معیارهای کمی به یک روش تحلیل کمی نیاز دارد که خروجی را با واحدهای مناسب تولید می‌کند.

فقط زمانی بهتر است از عملیات ریاضی استفاده کرد که معیارهای انتخاب شده اجازه این کار را بدهند. به طور کلی، در مورد مقیاس‌های ترتیبی بهتر است از عملیات ریاضی استفاده نشود. حتی در مورد تحلیل کاملاً کمی، مقادیر ورودی معمولاً تقریب زده می‌شوند. بهتر است سطح صحت و دقتی بیش از آنچه با داده‌ها و روش‌های به کار رفته مطابقت دارد، به نتایج نسبت داده نشود.

۶-۳-۲ شناسایی ریسک

شناسایی ریسک منجر به این می‌شود که عدم قطعیت به طور صریح در نظر گرفته شود. بسته به زمینه و دامنه ارزیابی، همه منابع عدم قطعیت و آثار سودمند و زیان‌بخش ممکن است مرتبط باشند.

در فنون شناسایی ریسک معمولاً از دانش و تجربه ذی‌نفعان مختلف استفاده می‌شود (به زیربند ب-۱-۱ مراجعه شود). این موضوعات شامل مد نظر قراردادن موارد زیر است:

- چه عدم قطعیتی وجود دارد و چه آثاری ممکن است داشته باشد؛
- چه شرایط یا مسائلی (ملموس یا ناملموس) دارای پیامدهای آتی بالقوه است؛
- چه منابع ریسکی وجود دارد و یا ممکن است توسعه یابد؛
- چه واپایش‌هایی وجود دارند و آیا آنها موثرند؛
- چه طور، چگونه، چه موقع، کجا و چرا رخ داده‌ها و پیامدها ممکن است رخ دهند؛
- در گذشته چه رخ داده و ارتباط منطقی احتمالی آن با وقایع آینده چگونه است؛
- کدام جنبه‌های انسانی و عوامل سازمانی ممکن است اعمال شود.

بازرسی‌های فیزیکی همچنین می‌توانند در شناسایی منابع ریسک یا علائم هشدار دهنده اولیه پیامدهای بالقوه مفید باشند.

خروجی شناسایی ریسک را می‌توان به صورت فهرستی از ریسک‌ها با رخ داده‌ها، دلایل و پیامدهای مشخص شده و یا با استفاده از سایر قالب‌های مناسب ثبت کرد.

بهتر است، در شناسایی ریسک از هر فناوری استفاده شود، به طور نظام‌مند و مکرر انجام شود تا کامل و کارآمد باشد. بهتر است، شناسایی ریسک زودهنگام انجام شود تا در هر زمان ممکن اجازه انجام اقدامات مناسب را بدهد. اما مواردی وجود دارد که در جریان ارزیابی ریسک، برخی ریسک‌ها را نمی‌توان شناسایی کرد. بنابراین بهتر است سازوکاری برای دریافت ریسک‌های در حال ظهور و شناخت علائم هشدار دهنده اولیه برای موفقیت یا عدم موفقیت احتمالی ایجاد شود.

فنون شناسایی ریسک در بند ب-۲ توضیح داده شده است.

۶-۳-۳ تعیین منابع، دلایل و پیشران‌های ریسک

شناسایی دلایل، منابع و پیشران‌های ریسک می‌تواند در موارد زیر موثر باشد:

- مشارکت در برآورد محتمل‌گزینی یک رخداد یا پیامد؛
- کمک به شناسایی اقدامات مقابله‌ای که به اصلاح ریسک می‌انجامد؛
- کمک به تعیین شاخص‌های هشدار دهنده اولیه و حد کشف آنها؛

- تعیین دلایل معمول که می‌تواند به تدوین اولویت‌ها برای برخورد به ریسک کمک کند.
- منابع ریسک می‌تواند شامل رخدادها، تصمیمات، اقدامات و فرایندهای مختلف، خواه مطلوب و یا نامطلوب و همچنین موقعیت‌هایی باشند که می‌دانیم وجود ندارند، اما خروجی‌ها غیرقطعی است. هر نوع عدم قطعیت تشریح شده در بند ۴-۱ می‌تواند منبع ریسک باشد.
- رخدادها و پیامدها می‌توانند دلایل یا زنجیره‌های علی متعددی داشته باشند.
- ریسک اغلب فقط با اصلاح پیشران‌های آن قابل واپایش است. این پیشران‌ها بر وضعیت و توسعه مواجهه با ریسک تاثیر می‌گذارند و اغلب بر بیش از یک ریسک تاثیر گذارند. در نتیجه، پیشران‌های ریسک اغلب در مقایسه با منابع ریسک‌های مجزا، به توجه بیشتر و دقیق‌تری نیاز دارند.
- فنون تعیین منابع، دلایل و پیشران‌های ریسک در بند ب-۳ توضیح داده شده است.

۴-۳-۶ بررسی اثربخشی واپایش‌های موجود

ریسک تحت تاثیر اثربخشی کلی واپایش‌های موجود است. جنبه‌های واپایش‌ها که در زیر عنوان شده‌اند، بهتر است مد نظر قرار گیرد:

- سازوکاری که واپایش‌ها براساس آن برای اصلاح ریسک در نظر گرفته می‌شوند؛
- آیا واپایش‌هایی وجود دارد، آیا قادرند مطابق انتظار عمل کنند، و آیا به نتایج مورد انتظار می‌رسند؛
- چه کاستی‌هایی در طراحی واپایش‌ها و یا روش به‌کارگیری آنها وجود دارد؛
- آیا در واپایش‌ها نارسایی وجود دارد؛
- آیا واپایش‌ها به‌طور مستقل عمل می‌کنند یا اثربخشی آنها، نیازمند اقدام به شکل جمعی است؛
- آیا عوامل، شرایط، آسیب‌پذیری یا ترتیباتی از جمله خرابی‌های معمول وجود دارند که بتوانند اثربخشی واپایش را کاهش داده یا از بین ببرند؛
- آیا واپایش‌های تعیین شده ریسک‌های دیگری ایجاد می‌کنند.

یادآوری- یک ریسک می‌تواند بیش از یک واپایش داشته باشد و واپایش‌ها می‌توانند بر بیش از یک ریسک تاثیر بگذارند.

بین واپایش‌هایی که محتمل‌گزینی، پیامدها یا هر دو را تغییر می‌دهند و واپایش‌هایی که توزیع وزن ریسک بین ذی‌نفعان را تغییر می‌دهند، بهتر است تمایز قائل شد. برای مثال، بیمه و سایر اشکال تامین مالی ریسک تاثیر مستقیمی بر محتمل‌گزینی وقوع یک رخداد یا نتایج آن ندارند، اما می‌تواند با کاهش گستره آنها یا روان‌سازی جریان نقدی، برخی پیامدها را برای یک ذی‌نفع خاص قابل تحمل‌تر سازند.

همه مفروضات مطرح شده در هنگام تحلیل ریسک در خصوص تاثیر واقعی و قابلیت اطمینان واپایش‌ها، با تاکید ویژه بر یک واپایش یا ترکیبی از آنها که فرض می‌شوند دارای اثر اصلاحی قابل توجهی هستند، بهتر

است در صورت امکان صحه‌گذاری شوند. در این کار بهتر است اطلاعات کسب شده از طریق نظارت مستمر و بررسی واپایش‌ها را مورد توجه قرار داد.

فنون تجزیه و تحلیل واپایش‌ها در بند ب-۴ توضیح داده شده است.

۵-۳-۶ درک پیامدها و محتمل‌گزینی آن

۱-۵-۳-۶ تحلیل نوع، بزرگی و زمان‌بندی پیامدها

تحلیل پیامدها می‌تواند از توصیف دستاوردها تا مدل‌سازی کمی دقیق یا تحلیل آسیب‌پذیری، متنوع باشد. تاثیرات پی‌درپی (اثرات دومینویی یا ضربه‌ای) که در آن یک پیامد به پیامدی دیگر منجر می‌شود، بهتر است در جای مقتضی مد نظر قرار گیرد.

ریسک می‌تواند با شماری از انواع مختلف پیامدها مرتبط باشد و اهداف مختلفی را تحت تاثیر قرار دهد. هنگام طرح‌ریزی ارزیابی، بهتر است در مورد انواع پیامدهایی که قرار است تحلیل گردد، تصمیم‌گیری شود. بهتر است بیانیه بافتار بررسی شود تا از همسویی پیامدهای مورد تحلیل با هدف ارزیابی و تصمیماتی که قرار است اتخاذ گردد، اطمینان حاصل شود این بیانیه می‌تواند در طی ارزیابی، همانطور که بیشتر آموخته می‌شود، مورد بازبینی قرار گیرد.

بزرگی پیامدها را می‌توان به‌طور کمی به‌صورت یک مقدار نقطه‌ای یا یک توزیع آماری بیان کرد. در موارد زیر، توزیع آماری می‌تواند گزینه مناسب باشد:

- غیرقطعی بودن مقدار پیامد؛
 - متغیر بودن پیامدها بسته به شرایط؛
 - متغیر بودن مولفه‌های تاثیرگذار بر پیامدها.
- مدنظر قرار دادن توزیع آماری کامل مرتبط با پیامد، اطلاعات کامل را فراهم می‌سازد. این توزیع آماری را می‌توان به شکل یک مقدار نقطه‌ای از قبیل مقدار مورد انتظار (میانگین)، تغییر (واریانس) یا درصد متعاقب (درصد در دنباله) یا بخش‌های مرتبط دیگر توزیع آماری (صدک) خلاصه کرد.
- برای هر روش، به‌دست آوردن مقدار یا مقادیر نقطه‌ای جهت بازنمایی توزیع آماری پیامدها، فرضیات و عدم قطعیت‌های اساسی در موارد زیر وجود دارد:
- شکل توزیع آماری منتخب جهت تناسب داده‌ها (مثلاً پیوسته و یا گسسته، نرمال و یا دارای چولگی)؛
 - مناسب‌ترین راه نمایش توزیع آماری به شکل یک مقدار نقطه‌ای؛
 - مقدار تقریب نقطه‌ای به‌دلیل عدم قطعیت ذاتی در داده‌هایی که توزیع آماری براساس آن تولید شده است.

بهتر است فرض نشود که داده‌های مربوط به ریسک لزوماً از توزیع آماری نرمال پیروی می‌کنند.

در برخی موارد، می‌توان اطلاعات را به شکل دسته‌بندی کیفی یا نیمه‌کمی خلاصه کرد که هنگام مقایسه ریسک‌ها قابل استفاده است.

بزرگی پیامدها نیز ممکن است بسته به سایر مولفه‌ها متفاوت باشد. برای مثال، پیامدهای قرارگرفتن در معرض یک ماده شیمیایی برای سلامتی معمولاً به میزانی که فرد یا سایر گونه‌ها در معرض آن قرار گرفته‌اند، بستگی دارد. در مورد مثال، ریسک معمولاً توسط یک منحنی پاسخ به مقدار^۱ نشان داده می‌شود که احتمال یک نقطه پایان مشخص (مثلاً مرگ) را به شکل تابعی از میزان نمونه یا انباشته نشان می‌دهد.

پیامدها ممکن است در طول زمان تغییر کنند. برای مثال، هرچه زمان وجود عیب طولانی‌تر باشد، آثار نامطلوب آن ممکن است تشدید شود. با توجه به این موضوع بهتر است تکنیک‌های مناسب را برگزید.

گاهی پیامدها، ناشی از مواجهه با منابع متعدد ریسک است: برای مثال، آثار مواجهه با منابع ریسک زیستی، شیمیایی، فیزیکی و روانی- اجتماعی بر محیط زیست و سلامت انسان. در خصوص مواجهه با موارد متعدد، امکان هم‌افزایی اثرات و همچنین تاثیر مدت زمان و میزان مواجهه با آن بهتر است مورد توجه قرار گیرد.

۶-۳-۵-۲ تجزیه و تحلیل محتمل‌گزینی

محتمل‌گزینی می‌تواند به محتمل‌گزینی وقوع یک رخداد یا محتمل‌گزینی یک پیامد مشخص اشاره کند. مولفه‌ای که مقدار محتمل‌گزینی برای آن اعمال می‌شود بهتر است به صراحت بیان شده و رخداد یا پیامدی که محتمل‌گزینی آن بیان می‌شود، بهتر است به‌طور واضح و دقیق تعریف گردد. تعریف کامل محتمل‌گزینی، ممکن است مستلزم افزودن توضیحی در مورد مواجهه و مدت زمان آن باشد.

محتمل‌گزینی به روش‌های مختلفی قابل توصیف است، از جمله به عنوان یک محتمل‌گزینی مورد انتظار و یا فراوانی و یا به‌صورت جملات توصیفی (مثلاً «بسیار محتمل»). هر جا از جملات توصیفی استفاده شود، بهتر است معنای آن تعریف شود. در احتمال می‌تواند عدم قطعیت وجود داشته باشد که می‌تواند به‌عنوان توزیع آماری مقادیر نشان داده شود و درجه‌ای از باور به وجود یک مقدار خاص را نشان دهد.

در صورت استفاده از درصد به‌عنوان سنج محتمل‌گزینی، بهتر است ماهیت نسبی که درصد در مورد آن به کار رفته، بیان شود.

مثال ۱:

این گزاره که شانس عدم موفقیت یک تامین‌کننده در تحویل برابر ۵ درصد است، از هر دو نظر زمان دوره و جمعیت ابهام دارد. همچنین واضح نیست آیا این درصد مربوط به ۵ درصد پروژه‌هاست یا ۵ درصد تامین‌کنندگان. یک گزاره صریح‌تر می‌گوید «احتمال عدم موفقیت یک یا چند تامین‌کننده در تحویل کالاها یا خدمات مورد نیاز به یک پروژه در طول مدت آن پروژه برابر با ۵ درصد از پروژه‌هاست.»

جهت به حداقل رساندن سوء تعبیر در هنگام بیان محتمل‌گزینی، چه از نظر کیفی و چه از نظر کمی، مدت زمان و جمعیت مورد نظر بهتر است صریح و منطبق با دامنه آن ارزیابی خاص باشد.

مثال ۲:

احتمال عدم موفقیت یک یا چند تامین کننده در تحویل کالاها یا خدمات مورد نیاز یک پروژه در ظرف دو ماه آینده برابر با ۱ درصد از پروژه هاست در حالی که در عرض مقیاس زمانی شش ماهه، عدم موفقیت می تواند در ۳ درصد از پروژه ها رخ دهد.

امکان سوگیری های زیادی وجود دارند که می توانند بر تخمین محتمل گزینی تاثیر بگذارند. علاوه بر این، تفسیر تخمین محتمل گزینی بسته به چارچوبی که در آن بیان شده، می تواند متفاوت باشد. برای درک اثرات احتمالی سوگیری های فردی (شناختی) و فرهنگی بهتر است دقت کرد.

فنون درک پیامدها و محتمل گزینی آن در بند ب-۵ توضیح داده شده است.

۶-۳-۶ تحلیل اثرات متقابل و وابستگی ها

معمولاً اثرات متقابل و وابستگی های زیادی میان ریسک ها وجود دارد. برای مثال، یک دلیل واحد می تواند پیامدهای متعددی به بار آورد یا یک پیامد به خصوص ممکن است دلایل مختلفی داشته باشد. وقوع برخی ریسک ها ممکن است وقوع ریسک های دیگر را دستخوش تغییر سازد و این پیوندهای علیت می توانند اثر آبخاری داشته باشند.

جهت نیل به یک ارزیابی مطمئن ریسک، که در آن پیوندهای علیتی بین ریسک ها مهم است، می توان یک مدل علیت ایجاد کرد که ریسک ها را به شکلی در خود جای دهد. مضامین متداول را می توان در اطلاعات مربوط به ریسک مانند دلایل یا پیشران های معمول ریسک یا نتایج معمول جستجو کرد.

اثرات متقابل بین ریسک ها می تواند طیفی از تاثیرات در تصمیم گیری را دنبال داشته باشد: مثلاً، افزایش اهمیت فعالیت هایی که شامل چندین ریسک مرتبط یا افزایش جذابیت یک گزینه نسبت به سایرین باشند. ممکن است ریسک ها نسبت به برخوردهای معمول حساس باشند و یا ممکن است شرایط به گونه ای باشد که برخورد با یک ریسک دارای عواقب مثبت و یا منفی در جای دیگر باشد. اقدامات برخورد با ریسک را در برخی مواقع می توان ادغام کرد تا میزان کار، کاهش قابل توجهی یافته و منابع موجود به نحو کارآمدتری متعادل شوند. یک طرح برخورد هماهنگ بهتر است این عوامل را مد نظر قرار دهد نه اینکه فرض کند هر ریسک بهتر است به طور مستقل مورد برخورد قرار گیرد.

فنون تجزیه و تحلیل تعاملات و وابستگی ها در بند ب-۶ توضیح داده شده است.

۶-۳-۷ درک سنجه های ریسک

۶-۳-۷-۱ تعیین سنجه های ریسک

برخی مواقع، مفید است که سنجه ریسک به صورت ترکیبی از بزرگی پیامدهای بالقوه و محتمل گزینی بروز این پیامدها ارائه شود. این موضوع می تواند شامل سنجه های کیفی، نیمه کمی یا کمی باشد.

- رویکردهای کیفی معمولاً مبتنی بر مقیاس های توصیفی (اسمی) یا دسته بندی (ترتیبی) پیامدها و محتمل گزینی ها هستند.

- رویکردهای نیمه کمی شامل موارد زیر است:
- یک مقدار (معمولاً محتمل‌گزینی) به شکل کمی بیان شده و دیگری در مقایس رتبه‌بندی توصیف و یا بیان می‌شود؛
- مقایس‌ها به بازه‌های گسسته تقسیم می‌شوند، که حدودشان به صورت کمی بیان می‌شود. نقاط در این مقیاس اغلب طوری تنظیم می‌شوند تا یک رابطه لگاریتمی برای تناسب با داده‌ها داشته باشند؛
- توصیف‌گر عددی به درجه مقیاس اضافه می‌شوند، که معنای آنها به صورت کیفی توصیف می‌شود. اگر مبنای هر محاسبه به دقت بیان نشود، استفاده از مقایس‌های نیمه کمی می‌تواند به تفسیر نادرست منجر شود. بنابراین، رویکردهای نیمه کمی بهتر است صحه‌گذاری شده و با احتیاط استفاده شوند.
- رویکردهای کمی از سنجه‌های پیامدها و محتمل‌گزینی‌ها استفاده می‌کنند که به صورت مقیاس‌های عددی (نسبت) بیان می‌شوند. در صورت تحلیل ریسک به شکل کمی، بهتر است از طریق ارزیابی اطمینان حاصل شود که واحدها و ابعاد مناسب استفاده و نقل شده است.
- فنون کیفی و نیمه کیفی فقط برای مقایسه ریسک‌ها با سایر ریسک‌های اندازه‌گیری شده به همان طریق یا با ملاک‌های بیان شده با همان اصطلاحات قابل استفاده‌اند. از آنها نمی‌توان برای ترکیب مستقیم یا جمع ریسک‌ها استفاده کرد و استفاده از آنها در مواقعی که هردو پیامدهای مثبت و منفی وجود داشته باشند یا هنگامی که قرار باشد تعادلی بین ریسک ایجاد شود، بسیار دشوار است.
- هنگام ترکیب برآوردهای کمی یک پیامد و محتمل‌گزینی آن به عنوان یک محصول ساده جهت ارائه بزرگی یک ریسک، امکان دارد اطلاعات از دست برود. به‌ویژه، هیچ تمایزی بین ریسک‌های با پیامدهای زیاد و محتمل‌گزینی پایین و ریسک‌هایی با پیامدهای اندک که به‌طور مکرر رخ می‌دهند، وجود ندارد. جهت تصحیح این امر، می‌توان یک ضریب وزن به پیامد یا محتمل‌گزینی اعمال کرد؛ اما از این ضریب بهتر است با دقت استفاده کرد.
- همیشه نمی‌توان ریسک را به عنوان مقداری واحد که نشان دهنده محتمل‌گزینی یک پیامد خاص است، توصیف و یا برآورد کرد. نمونه‌هایی از جاهایی که این گفته صدق می‌کند، شامل شرایطی هستند که در آنها:
- پیامدها، در بهترین وجه به شکل توزیع آماری احتمالاتی پیامدها بیان می‌شوند؛
- یک رخداد دلایل مختلفی دارد و به طیفی از نتایج منجر شده و ممکن است اثرات پیامدی داشته باشد؛
- پیامدها ناشی از مواجهه مداوم با منبع ریسک هستند؛
- منابع ریسک (نظیر مشکلات نظام‌مند) قابل شناسایی هستند، اما مشخص کردن ماهیت و یا محتمل‌گزینی پیامدهای ناشی از آن بسیار دشوار است (در این حالت، تخمین دقیق بزرگی ریسک برحسب محتمل‌گزینی و پیامد غیرممکن می‌شود).

وقتی ریسک دارای توزیع آماری پیامدهای ممکن باشد، می‌توان سنجه ریسک را به صورت میانگین وزنی احتمالاتی پیامدها (یعنی مقدار مورد انتظار) به دست آورد. با این حال، این موضوع ممکن است همیشه سنجه مناسبی برای ریسک نباشد، زیرا منعکس کننده توزیع آماری میانگین پیامد است. این امر موجب از دست رفتن اطلاعات مربوط به پیامدهایی با احتمال کمتر ولی شدید می‌شود و از این رو برای درک ریسک حائز اهمیت است. تکنیک‌های کار با مقادیر وسیع در این استاندارد تعیین نشده است.

یادآوری- مقدار انتظار یا مقدار مورد انتظار معادل جمع کردن هر جفت پیامد/محتمل‌گزینی در سراسر توزیع آماری است، که معادل استفاده از میانگین پیامد توزیع آماری است.

نمونه‌هایی از یکاهای کمی بزرگی یک ریسک عبارتند از:

- فراوانی مورد انتظار وقوع یک پیامد به خصوص مانند تعداد تصادفات خودرو در هر هزار کیلومتر سفر در یک منطقه؛
- زمان مورد انتظار بین رخدادهای مدنظر مانند میانگین زمان کار یک وسیله؛
- احتمال وجود یک نقطه پایان مشخص در طی یک دوره زمانی مواجهه معین (مربوط به زمانی که پیامدها در طی یک دوره مواجهه تجمع می‌کنند) مانند احتمال ابتلا به سرطان در طول عمر در نتیجه مواجهه با میزان مشخصی از یک ماده شیمیایی؛
- ارزش مورد انتظار، مانند بازده مورد انتظار یا سود مالی در طول یک دوره سرمایه‌گذاری، یا بار مسئولیت بهداشت عمومی مورد انتظار برحسب سال‌های از کار افتادگی عمر در هر میلیون نفر در سال؛
- آمار نشان‌دهنده‌ی شکل توزیع پیامدها مانند واریانس یا نوسانات بازده سرمایه‌گذاری؛
- مقدار بیشتر یا کمتر از یک درصد مشخص در یک توزیع آماری پیامد؛

مثال:

سود حاصل از یک پروژه که شانس رسیدن به آن ۹۰ درصد است؛ یا ارزش در معرض ریسک (VaR)^۱ یک سبد پروژه که میزان زیان احتمالی سبد پروژه را در طول یک بازه زمانی مشخص با احتمال مشخص اندازه می‌گیرد.

- یک اندازه وسیع وابسته به توزیع آماری پیامدها مانند حداکثر پیامدهای مورد انتظار.

یکاهای مبتنی بر پیامد مانند حداکثر زیان معتبر یا حداکثر زیان محتمل، عمدتاً زمانی استفاده می‌شود که تعیین اینکه امکان عدم موفقیت کدام واپایش‌ها وجود دارد، دشوار باشد یا جایی که داده‌های کافی برای برآورد محتمل‌گزینی وجود نداشته باشد.

بزرگی ریسک به فرضیات مطرح شده در مورد وجود و اثربخشی واپایش‌های مرتبط بستگی دارد. اصطلاحاتی مانند ریسک ذاتی یا ناخالص (برای موقعیتی که آن دسته از واپایش‌هایی که ممکن است موفق نباشند، موفق فرض می‌شوند) و ریسک باقیمانده یا خالص برای سطحی از ریسک، زمانی که فرض می‌شود واپایش‌ها

1- Value at Risk

مطابق انتظار عمل می‌کنند، اغلب توسط دست‌اندرکاران استفاده می‌شوند. با این حال، تعریف این اصطلاحات به‌طور واضح دشوار است و بنابراین توصیه می‌شود فرضیات ارائه شده در مورد واپایش‌ها را همیشه صریحاً بیان کنید.

هنگام گزارش بزرگی ریسک، چه به لحاظ کیفی و چه به لحاظ کمی، عدم قطعیت‌های وابسته به فرضیات و مولفه‌های ورودی و خروجی بهتر است توصیف شوند.

۶-۳-۷-۲ جمع‌آوری سنجه‌های ریسک

در برخی موارد (مثلاً برای تخصیص سرمایه)، ترکیب مقادیر مجموعه ریسک‌ها برای تولید یک مقدار واحد می‌تواند مفید باشد. ریسک‌ها می‌توانند ترکیب شوند، مشروط بر اینکه ریسک‌ها با یک پیامد واحد مشخص شوند و با واحدهای یکسانی اندازه‌گیری شوند، مانند ارزش پولی. یعنی آنها را فقط زمانی می‌توان ترکیب کرد که پیامدها و محتمل‌گزینی به‌طور کمی بیان شده باشند و واحدها سازگار و صحیح باشند. در برخی شرایط، می‌توان از یک اندازه‌ای از کاربردپذیری به‌عنوان مقیاس مشترک برای سنجش و ترکیب پیامدهای اندازه‌گیری شده در واحدهای مختلف استفاده کرد.

توسعه یک مقدار واحد تلفیقی برای مجموعه‌ای از ریسک‌های پیچیده‌تر، باعث از دست رفتن اطلاعات مربوط به ریسک‌های اجزا می‌شود. علاوه بر این، به جز در مواردی که دقت زیادی به خرج داده می‌شود، مقدار تلفیقی ممکن است نادرست بوده و همراه کننده باشد. تمام روش‌های تجمیع ریسک‌ها به یک مقدار واحد، دارای فرضیات اصلی هستند، که بهتر است پیش از استفاده درک شوند. داده‌ها بهتر است در جستجوی همبستگی‌ها و وابستگی‌هایی که بر نحوه ترکیب ریسک‌ها تأثیر گذارند، تحلیل شوند. بهتر است از طریق تحلیل سناریو و آزمون حساسیت از تکنیک‌های مدل‌سازی مورد استفاده برای تولید سطح ریسک تجمیعی پشتیبانی کرد.

در مواردی که مدل‌ها، محاسبات مربوط به توزیع‌های آماری را در خود جای دهند، بهتر است به‌نحوی مناسب، شامل همبستگی‌های بین آن توزیع‌های آماری شوند. در صورت عدم لحاظ همبستگی به‌نحو مناسب، نتایج نادرست خواهد بود و ممکن است بسیار همراه کننده باشد. تلفیق ریسک‌ها صرفاً با اضافه کردن آنها، مبنایی مطمئن برای تصمیم‌گیری نیست و ممکن است به نتایج نامطلوب منجر شود. برای ترکیب توزیع‌های آماری می‌توان از شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده کرد. (به زیربند ب-۵-۱۰ مراجعه شود). اندازه‌های کیفی یا نیمه‌کمی ریسک به‌طور مستقیم قابل تجمیع نیستند. به‌طور یکسان، فقط می‌توان اظهارات کیفی کلی در مورد اثر بخشی نسبی واپایش‌ها بر اساس اندازه‌های کیفی یا نیمه‌کمی تغییرات سطح ریسک ارائه داد.

برای کمک به تصمیم‌گیران می‌توان داده‌های مربوط به ریسک‌های گوناگون را به روش‌های مختلف تجمیع کرد. انجام یک تجمیع کیفی براساس نظر متخصص و توجه به اطلاعات دقیق‌تر در مورد ریسک مقدور است. فرضیات ایجاد شده و اطلاعات مورد استفاده برای انجام تجمیع کیفی ریسک بهتر است به‌طور شفاف بیان شود.

۳-۷-۳-۶ ریسک اجتماعی

جایی که یک جمعیت در معرض ریسک قرار دارد، تجمیع ساده ریسک‌ها در سطح فردی از طریق ضرب آن در جمعیت در معرض ریسک، در اکثر موارد، تاثیر واقعی پیامدها را به حد کافی نشان نمی‌دهد. برای مثال، شاید لازم باشد ریسک فردی مرگ‌ومیر ناشی از رخداد مانند خرابی سد، متفاوت از یک رخداد مشابه که گروهی از افراد را در کنار هم تحت تاثیر قرار می‌دهد، مد نظر قرار گیرد.

ریسک اجتماعی به‌طور معمول برحسب رابطه بین فراوانی وقوع یک پیامد (F) و تعداد افرادی که آن پیامدها را متحمل می‌شوند (N)، بیان و ارزشیابی می‌شود. (به نمودار F-N در زیربند ب-۸-۳ مراجعه شود).

فنونی که اندازه‌گیری ریسک را ارائه می‌دهند در بند ب-۷ توضیح داده شده است.

۴-۶ بازنگری تجزیه و تحلیل

۱-۴-۶ تصدیق و صحه‌گذاری نتایج

در صورت امکان، نتایج تحلیل بهتر است تصدیق و صحه‌گذاری شود. تصدیق شامل بررسی صحت تحلیل است. صحه‌گذاری شامل بررسی انجام تحلیل درست به‌منظور دستیابی به اهداف لازم است. در برخی موارد ممکن است تصدیق و صحه‌گذاری شامل فرایندهای بازنگری مستقل باشند.

صحه‌گذاری می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- بررسی اینکه دامنه تحلیل مناسب برای اهداف تعیین شده است؛
 - بازنگری همه فرضیات مهم جهت اطمینان از اعتبار آنها براساس اطلاعات موجود؛
 - بررسی اینکه از روش‌ها، مدل‌ها و داده‌های مناسب استفاده شده است؛
 - استفاده از روش‌ها، تقریب‌ها و تحلیل حساسیت مختلف به‌منظور آزمودن و صحه‌گذاری نتایج.
- تصدیق شامل موارد زیر است:
- بررسی اعتبار عملیات و محاسبات ریاضی؛
 - بررسی اینکه نتایج نسبت به نحوه نمایش یا ارائه داده‌ها یا نتایج حساس نیستند؛
 - مقایسه نتایج با تجربه گذشته که در آن داده‌ها وجود داشته یا مقایسه آنها با نتایج پس از وقوع آنها؛
 - تعیین اینکه آیا نتایج به نحوه نمایش یا ارائه داده‌ها یا نتایج حساس هستند یا خیر و همچنین شناسایی مولفه‌های ورودی که تاثیر قابل توجهی بر نتایج ارزیابی دارند؛
 - مقایسه نتایج با تجربه گذشته یا پس از آن از جمله به‌دست‌آوردن صریح بازخورد با گذشت زمان.

۲-۴-۶ عدم قطعیت و تحلیل حساسیت

افرادی که ریسک را تحلیل می کنند بهتر است موارد عدم قطعیت موجود در تحلیل را درک کرده و عواقب آن بر قابلیت اطمینان نتایج را مشخص کنند. عدم قطعیت ها و عواقب آنها بهتر است همیشه به تصمیم گیرندگان اطلاع رسانی شود.

عدم قطعیت در خروجی های تحلیل می تواند ناشی از موارد زیر باشد:

- وجود تغییرپذیری در سیستم مدنظر؛
- داده ها از منبع نامعتبر، متناقض یا ناکافی باشند؛ مثلاً نوع داده های جمع آوری شده یا روش های جمع آوری ممکن است تغییر کرده باشد؛
- ممکن است ابهام وجود داشته باشد. مثلاً در روش بیان یا درک توصیف گرهای کیفی؛
- روش تحلیل به حد کافی نمایانگر پیچیدگی سیستم نیست؛
- پافشاری زیاد بر نظر و یا قضاوت افراد متخصص؛
- ممکن است داده های مناسب وجود نداشته باشد و یا سازمان داده های مورد نیاز را جمع آوری نکرده باشد؛
- به خاطر تغییر در بافت یا شرایط، ممکن است داده های گذشته مبنای معتبری برای پیش بینی آینده فراهم نسازند؛
- وجود عدم قطعیت یا تقریب در فرضیات ایجاد شده.

وقتی در طول تحلیل، کمبود داده های قابل اعتماد تشخیص داده می شود، در صورت امکان بهتر است اطلاعات بیشتری جمع آوری شود. این موضوع می تواند شامل اجرای تمهیدات نظارتی جدید باشد. از سوی دیگر، فرایند تحلیل بهتر است طوری تنظیم شود که محدودیت های داده را مورد توجه قرار دهد.

برای ارزشیابی اهمیت عدم قطعیت در داده ها یا در فرضیات اساسی تحلیل، می توان تحلیل حساسیت انجام داد. تحلیل حساسیت شامل تعیین تغییر نسبت به نتایج حاصل از تغییرات مولفه های ورودی مجزا است. از این تحلیل برای شناسایی داده هایی که نیاز است صحیح باشند و همچنین داده هایی با حساسیت کمتر ولی در عین حال دارای تاثیر کمتر بر صحت کلی استفاده می شود. مولفه هایی که تحلیل نسبت به آنها حساس است و میزان حساسیت نیز بهتر است در صورت لزوم بیان شود.

مولفه های بسیار مهم برای ارزیابی و همچنین مولفه های در معرض تغییر، بهتر است شناسایی شوند تا به طور مداوم بر آنها نظارت شود؛ بدین ترتیب ارزیابی ریسک به روز شده و در صورت لزوم در تصمیم گیری ها بازنگری می شود.

۳-۴-۶ پایش و بازنگری

در موارد زیر می توان از پایش استفاده کرد:

- مقایسه نتایج واقعی با نتایج پیش‌بینی شده توسط ارزیابی ریسک و از این رو بهبود ارزیابی‌های آینده؛
 - جستجوی پیش‌نیازها و شاخص‌های اولیه پیامدهای بالقوه که توسط ارزیابی شناسایی شده‌اند؛
 - جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای درک درست از ریسک؛
 - جستجوی دقیق ریسک جدید و تغییرات غیرمنتظره که می‌تواند نشانگر لزوم به‌روزرسانی ارزیابی باشد.
- جای‌که تحلیل حساسیت نشانگر مولفه‌های حائز اهمیت خاص برای نتیجه تحلیل است، این موارد را نیز بهتر است برای پایش مد نظر قرار داد. ارزیابی‌ها بهتر است به تناوب بازنگری شود تا مشخص شود آیا تغییری، از جمله در بافت یا فرضیات، اتفاق افتاده یا خیر و اینکه آیا اطلاعات جدید و یا روش‌های جدیدی در دسترس است یا خیر.

۵-۶ کاربرد نتایج به‌منظور پشتیبانی از تصمیمات

۱-۵-۶ مرور کلی

نتایج حاصل از تحلیل ریسک، یک ورودی برای تصمیماتی که نیاز است اتخاذ شوند و اقداماتی که انجام می‌شود فراهم می‌سازد.

یادآوری - حتی در صورت دنبال نشدن هیچ فرایند تصمیم‌گیری صریح، درک ریسک می‌تواند باعث آگاهانه شدن اقدامات شود.

عواملی که در هنگام تصمیم‌گیری مدنظر قرار می‌گیرد و هرگونه معیار خاص، بهتر است به‌عنوان بخشی از ایجاد بافت ارزیابی تعریف شوند. (به زیربند ۶-۱-۶ مراجعه شود).

می‌توان بین دو نوع تصمیم تمایز قائل شد:

- تصمیمات راجع به اهمیت ریسک و نحوه برخورد با ریسک؛
- تصمیماتی که شامل مقایسه گزینه‌هایی است که هرکدام دارای عدم قطعیت هستند (مانند اینکه از میان چندین فرصت، کدام یک دنبال شود).

۲-۵-۶ تصمیمات در خصوص اهمیت ریسک

از اطلاعات حاصل از شناسایی و تحلیل ریسک می‌توان برای نتیجه‌گیری در مورد پذیرش این ریسک و اهمیت آن در قیاس با اهداف و آستانه‌های عملکرد سازمان استفاده کرد. بدین ترتیب یک ورودی برای تصمیم‌گیری در مورد پذیرش ریسک یا لزوم برخورد با آن و اولویت‌های مربوط به مقابله مهیا می‌شود.

برخی ریسک‌ها ممکن است برای مدت زمان معینی پذیرفته شوند (مثلاً، زمان مهلت برای اجرای واقعی اقدامات مقابله‌ای). ارزیاب بهتر است در خصوص سازوکارهای پذیرش موقت ریسک و فرایند مورد استفاده برای تجدید نظر بعدی، شفاف باشد.

اولویت‌های برخورد، برای پایش و یا برای تحلیل دقیق‌تر، اغلب بر بزرگی ریسک حاصل از ترکیب پیامد نمونه و محتمل‌گزینی آن استوار است و با استفاده از ماتریس پیامد/ محتمل‌گزینی نمایش داده می‌شود (به زیربند ب-۱۰-۳ مراجعه شود). این روش دارای برخی محدودیت‌هاست (به زیربند ب-۱۰-۳-۵ و ۶-۳-۱-۷ مراجعه شود). سایر عوامل که به جز بزرگی ریسک می‌تواند در تصمیم‌گیری در خصوص اولویت‌ها مورد توجه قرار گیرد، عبارتند از:

- سایر اندازه‌های وابسته به ریسک مانند پیامدهای حداکثری و یا مورد انتظار و یا اثربخشی واپایش‌ها؛
 - خصوصیات کیفی رخدادها و یا پیامدهای ممکن آنها؛
 - دیدگاه‌ها و تصورات ذی‌نفعان؛
 - هزینه و قابلیت کاربرد برخورد بیشتر در مقایسه با بهبود حاصل شده؛
 - اثرات متقابل بین ریسک‌ها از جمله اثرات اقدامات مقابله‌ای بر سایر ریسک‌ها.
- پس از ارزیابی ریسک‌ها و تصمیمات در خصوص برخوردها، می‌توان فرایند ارزیابی ریسک را تکرار کرد تا بررسی شود آیا اقدامات برخورد پیشنهادی ریسک‌های زیان‌بخش دیگری ایجاد کرده‌اند یا خیر و اینکه آیا در قالب ریسک‌پذیری سازمان، ریسکی باقی‌مانده و یا خیر.
- فنون ارزشیابی اهمیت ریسک در بند ب-۸ توضیح داده شده است.

۳-۵-۶ تصمیمات مشمول انتخاب بین گزینه‌ها

انتخاب بین گزینه‌ها معمولاً شامل وزن‌دهی مزایا و معایب بالقوه هر گزینه با توجه به عدم قطعیت‌ها از جمله موارد زیر است:

- عدم قطعیت‌های مرتبط با نتایج بالقوه گزینه‌ها و برآوردهای هزینه‌ها و منافع؛
 - رخدادها و تحولات بالقوه که ممکن است نتایج را تحت تاثیر قرار دهند؛
 - تغییر ارزش‌هایی که ذی‌نفعان مختلف در مورد هزینه‌ها و مزایا قائل می‌شوند؛
 - عدم قطعیت پیرامون قضاوت‌های حاصل از خروجی‌های تحلیل ریسک، از جمله ملاحظات نظیر اینکه آیا اهداف و معیارها بدون تغییر در آینده تداوم خواهند یافت یا خیر.
- این نوع تصمیم‌گیری اغلب با استفاده از قضاوت تخصصی و براساس درک حاصل از تحلیل گزینه‌های مربوطه و ریسک‌های مرتبط با هر یک، با توجه به موارد زیر صورت می‌گیرد:
- مقایسه‌کردن‌هایی که شاید لازم باشد بین اهداف در حال رقابت صورت گیرد؛
 - ریسک‌پذیری سازمانی؛
 - نگرش‌ها و باورهای مختلف ذی‌نفعان.

فنونی که می‌توانند هنگام مقایسه گزینه‌هایی که شامل عدم قطعیت هستند استفاده شوند در بند ب-۹ توضیح داده شده‌اند.

۶-۶ ثبت و گزارش فرایند و نتایج ارزیابی ریسک

نتایج ارزیابی ریسک، روش‌های مورد استفاده و منطق فرضیات و هرگونه توصیه‌ای بهتر است مستند شده و در خصوص مواردی که نیاز به اطلاع‌رسانی دارد و افراد ذی‌ربط، تصمیم‌گیری شود. نحوه بازنگری و به‌روزرسانی سوابق بهتر است تعریف شود.

مقصود از سوابق عبارتند از:

- اطلاع‌رسانی در خصوص ریسک به تصمیم‌گیران و سایر ذی‌نفعان از جمله تنظیم‌کنندگان مقررات؛
- ارائه سوابق و توجیه منطقی برای تصمیمات اتخاذ شده؛
- حفظ نتایج ارزیابی برای استفاده در آینده و ارجاع‌دهی؛
- ردیابی عملکرد و رویدادها؛
- حصول اطمینان از درک ریسک‌ها و مدیریت مناسب آنها؛
- توانایی تصدیق ارزیابی؛
- فراهم‌شدن ردپای ممیزی.

از این‌رو نتیجه می‌شود که هرگونه مستندات یا سوابق بهتر است به‌موقع تهیه شده و به شکلی باشد که برای افرادی که آن را می‌خوانند قابل فهم باشند. مستندات همچنین بهتر است عمق فنی لازم را برای صحه‌گذاری و جزئیات کافی را به منظور حفظ ارزیابی برای استفاده‌های بعدی فراهم سازند. اطلاعات ارائه شده بهتر است کافی باشند تا امکان دنبال کردن فرایندها و همچنین بازنگری و صحه‌گذاری نتایج را بدهند. فرضیات ایجاد شده، محدودیت‌های موجود در داده‌ها و یا روش‌ها و دلایل توصیه‌های ارائه شده بهتر است روشن باشد.

ریسک بهتر است به‌صورت جملات قابل درک بیان شود و واحدهایی که اندازه‌های کمی براساس آن بیان شده، بهتر است واضح و صحیح باشند.

افرادی که نتایج را ارائه می‌دهند بهتر است اعتماد خود یا گروه‌شان را به صحت و کامل‌بودن نتایج مشخص کنند. عدم قطعیت‌ها بهتر است به حد کافی اطلاع‌رسانی شود تا گزارش بر سطح قطعیت فراتر از واقعیت دلالت نکند.

فنون ثبت و گزارش در بند ب-۱۰ توضیح داده شده است.

۷ انتخاب فنون ارزیابی ریسک

۱-۷ کلیات

عواملی که در هنگام انتخاب یک فن و یا مجموعه‌ای از فنون برای یک هدف خاص مد نظر قرار می‌گیرد، در بند ۷ تشریح شده است. پیوست‌های الف و ب فهرست و توضیح بیشتر برخی از فنون رایج مورد استفاده را ارائه می‌دهد. آنها ویژگی‌های هر فن و دامنه کاربرد احتمالی آن را همراه با نقاط قوت و ضعف ذاتی آن توصیف می‌کنند.

بسیاری از فنون تشریح شده در این استاندارد در اصل برای صنایع خاص به دنبال مدیریت انواع خاصی از نتایج ناخواسته ایجاد شده‌اند. چند فن مشابه‌اند، اما از اصطلاحات مختلفی استفاده می‌کنند که نشان‌گر توسعه مستقل آنها برای هدفی مشابه در بخش‌های مختلف است. در طی زمان، کاربرد بسیاری از این فنون گسترش یافته است، مثلاً از کاربردهای فنی مهندسی به موقعیت‌های مالی یا مدیریتی، و یا مد نظر قرار دادن نتایج مثبت در کنار نتایج منفی، بسط یافته است. فنون جدید پدید آمده و روش‌های قدیمی با شرایط جدید سازگار شده‌اند. این فنون و کاربردهای آن همچنان در حال تکامل‌اند. با استفاده از فنون در مواردی به غیر از کاربرد اصلی آنها، امکان درک بهتر ریسک وجود دارد. بنابراین، پیوست‌های الف و ب ویژگی‌های فنی را نشان می‌دهند که می‌توانند برای تعیین محدوده شرایطی که می‌توان آنها را به کار برد، استفاده کرد.

۲-۷ انتخاب فنون

انتخاب فن و نحوه کاربرد آن بهتر است متناسب با بافت سازمان و استفاده از آن باشد و اطلاعات در مورد نوع و فرم مورد نیاز توسط ذی‌نفعان را ارائه دهد. به‌طور کلی، تعداد و نوع فن انتخابی بهتر است در مقایسه با اهمیت تصمیم‌گیری و با توجه به محدودیت‌های مربوط به زمان و سایر منابع و هزینه‌های فرصت مشخص شود.

هنگام تصمیم‌گیری در مورد مناسب‌تر بودن یک فن کیفی یا کمی، معیارهای اصلی مد نظر عبارتند از شکل پرکاربردترین خروجی برای ذی‌نفعان و در دسترس بودن و قابلیت اعتماد داده‌ها. شرط معنادار بودن نتایج فنون کمی، دسترسی به داده‌های با کیفیت است. با این حال، در برخی موارد که داده‌ها کافی نیست، دقت لازم برای استفاده از تکنیک کمی می‌تواند درک بهتری از ریسک ارائه دهد، حتی اگر نتیجه محاسبه قطعی باشد.

برای شرایط معین، اغلب گزینه‌ای از فنون مناسب وجود دارد. شاید لازم باشد چندین فن مد نظر قرار گیرد، و به‌کارگیری بیش از یک فن گاهی می‌تواند درک مضاعف مفیدی ارائه دهد. هنگام دسترسی به اطلاعات بیشتر، فنون مختلف نیز می‌توانند مناسب باشند.

در انتخاب یک یا چند فن، بهتر است موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

- مقصود از ارزیابی؛
- نیازهای ذی‌نفعان؛

- هرگونه الزام قانونی، مقرراتی و قراردادی؛
 - محیط و سناریوی عملیاتی؛
 - اهمیت تصمیم‌گیری (مثلاً پیامدهایی که یک تصمیم اشتباه ایجاد می‌کند)؛
 - معیارهای تعریف شده برای تصمیم‌گیری و شکل آنها؛
 - زمان در دسترس پیش از تصمیم‌گیری؛
 - اطلاعات موجود و یا قابل دستیابی؛
 - پیچیدگی وضعیت؛
 - تخصص موجود و یا قابل اکتساب.
- ویژگی‌های فنون مربوط به این الزامات در جدول الف-۱ فهرست شده است. جدول الف-۲ فهرستی از فنون را ارائه می‌دهد که بر اساس این ویژگی‌ها طبقه‌بندی شده‌اند.
- با افزایش میزان عدم قطعیت، پیچیدگی و ابهام در بافت، لزوم مشاوره با گروه وسیع‌تری از ذی‌نفعان افزایش یافته و عواقب ترکیب فنون انتخابی نیز بیشتر می‌شود.
- یادآوری-** برای مثال، استاندارد IEC TR 63039:2016 رهنمودهایی در خصوص نحوه استفاده از فنون FTA^۱، ETA^۲ و مارکوف به شکل مکمل ارائه می‌دهد، طوری که بتوان از این کاربرد ترکیبی به‌عنوان روشی کارآمد برای تحلیل ریسک سیستم‌های پیچیده استفاده کرد.
- از برخی از فنون تشریح شده در این استاندارد می‌توان علاوه بر استفاده در ارزیابی ریسک، در طول مراحل فرایند مدیریت ریسک استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵ نیز استفاده کرد. کاربرد فنون در فرایند مدیریت ریسک در شکل الف-۱ نشان داده شده است. جدول الف-۳ کاربرد آنها را به طور خاص برای ارزیابی نشان می‌دهد.
- پیوست ب شامل یک نمای کلی از هر فن، استفاده از آن، ورودی‌ها و خروجی‌های آن، نقاط قوت و محدودیت‌های آن و در صورت لزوم، مرجعی برای جایی که می‌توان جزئیات بیشتری را یافت، می‌باشد. این فنون را با توجه به کاربرد اولیه آنها در ارزیابی ریسک دسته‌بندی می‌کند، برای مثال:
- جلب نظر ذینفعان و کارشناسان (بند ب-۱)؛
 - شناسایی ریسک (بند ب-۲)؛
 - تعیین منابع، علل و عوامل ریسک (بند ب-۳)؛
 - تجزیه و تحلیل واپایش‌های موجود (بند ب-۴)؛

- درک پیامدها و محتمل‌گزینه‌ها (بند ب-۵)؛
- تجزیه و تحلیل وابستگی‌ها و تعاملات (بند ب-۶)؛
- ارائه معیارهای ریسک (بند ب-۷)؛
- ارزشیابی اهمیت ریسک (بند ب-۸)؛
- انتخاب بین گزینه‌ها (بند ب-۹)؛
- ضبط و گزارش (بند ب-۱۰).

در هر گروه‌بندی، فنون بر اساس حروف الفبا مرتب شده‌اند و هیچ ترتیب اهمیتی در آن ذکر نشده است.

در اکثر فنون فرض‌شده در پیوست ب ریسک‌ها یا منابع ریسک قابل شناسایی هستند. همچنین فنونی وجود دارند که با استفاده از آنها می‌توان از طریق بررسی واپایش‌ها و الزامات موجود، ریسک باقیمانده را به‌طور غیرمستقیم ارزیابی کرد (برای نمونه به استاندارد IEC 61508 مراجعه شود).

با وجود بحث و ارائه فنون نمونه در این استاندارد، فنون تشریح شده جامع نیستند و هیچ توصیه‌ای در خصوص اثربخشی یک تکنیک خاص در شرایط معین ارائه نمی‌شود. هنگام انتخاب هر تکنیک بهتر است دقت کرد تا از مناسب‌بودن، معتبربودن و موثربودن آن در شرایط مدنظر اطمینان حاصل نمود.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

طبقه‌بندی فنون

الف-۱ مقدمه‌ای بر طبقه‌بندی فنون

جدول الف-۱ ویژگی‌های فنونی را توضیح می‌دهد که می‌توان برای انتخاب فن یا فنون مورد استفاده، به کار برد.

جدول الف-۱- ویژگی‌های فنون

ویژگی	توصیف	جزئیات (به عنوان مثال خصوصیات شاخص‌ها)
کاربرد	نحوه استفاده از فن در ارزیابی ریسک (به عناوین بندهای ب-۱ تا ب-۱۰ مراجعه شود)	استخراج دیدگاه‌ها، شناسایی، تجزیه و تحلیل علت، تجزیه و تحلیل واپایش‌ها و غیره.
دامنه	برای ریسک در سطح سازمانی، سطح شعبه یا پروژه یا فرآیندهای فردی یا سطح تجهیزات به کاربرده می‌شود	سازمان (org) پروژه/شعبه (dep) تجهیزات/فرآیند (equip/proc)
افق زمانی	به ریسک کوتاه‌مدت، میان‌مدت یا بلندمدت نگاه می‌کند یا برای هر افق زمانی قابل کاربرد است	کوتاه، متوسط، بلند، هر
سطح تصمیم‌گیری	برای ریسک در سطح راهبردی، تاکتیکی یا عملیاتی به کاربرده می‌شود	راهبردی (۱)، تاکتیکی (۲)، عملیاتی (۳)
شروع نیاز به اطلاعات/ داده	سطح شروع اطلاعات یا داده‌های مورد نیاز	بالا، متوسط، پایین
تجربه تخصصی	سطح تجربه مورد نیاز برای استفاده صحیح	پایین: آموزش شهودی یا یک تا دو روزه متوسط: دوره آموزشی بیش از دو روز بالا: آموزش قابل توجه یا تجربه تخصصی مورد نیاز
کیفی- کمی	این که آیا روش کیفی، نیمه کمی یا کمی است	کمی (quant) کیفی (qual) نیمه کمی (semi-quant) می‌توان از نظر کیفی یا کمی استفاده کرد

ویژگی	توصیف	جزئیات (به عنوان مثال خصوصیات شاخص‌ها)
تلاش برای به‌کار- بردن	زمان و هزینه مورد نیاز برای به- کاربردن فن	بالا، متوسط، پایین

الف-۲ کاربرد طبقه‌بندی فنون

جدول الف-۲ طیفی از فنون طبقه‌بندی شده بر اساس این ویژگی‌ها را فهرست می‌کند. فنون توصیف شده نشان‌دهنده روش‌های ساختاریافته برای نگاه کردن به مسئله هستند که در بافتارهای خاص مفید بوده‌اند. در نظر گرفته شده که این فهرست ممکن است جامع نباشد، اما طیف وسیعی از فنون رایج مورد استفاده را از بخش‌های مختلف پوشش می‌دهد. برای سادگی، فنون به ترتیب حروف الفبا بدون هیچ اولویتی فهرست شده‌اند.

هر فن با جزئیات بیشتری در پیوست ب، همان‌طور که در ستون ۱ جدول الف-۲ اشاره شده است، توضیح داده شده است.

جدول الف-۲- ویژگی‌های شاخص و فنون

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به‌کاربردن
ب-۸-۲	ALARP/SFAI RP	معیارهای تعیین اهمیت ریسک و ابزارهای ارزشیابی تحمل‌پذیری ریسک	ارزشیابی ریسک	۱	با هر افق زمانی	۱/۲	بالا	بالا	کیفی / کمی	بالا
ب-۵-۲	تحلیل بیز	وسیله‌ای برای استنتاج در مورد پارامترهای مدل با استفاده از قضیه بیز که قابلیت ترکیب داده‌های تجربی را در قضاوت‌های قبلی در مورد احتمالات دارد.	تجزیه و تحلیل محتمل - گزینی	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	متوسط	بالا	کمی	متوسط
ب-۵-۳	شبکه‌های بیز/ نمودارهای نفوذ	مدل گرافیکی متغیرها و روابط علت و معلولی آنها با استفاده از احتمالات بیان شده است. یک شبکه بیز پایه دارای متغیرهایی است که عدم قطعیت‌ها را نشان می‌دهد. یک نسخه توسعه یافته، که به عنوان تأثیر شناخته می‌شود. نمودار، شامل متغیرهایی است که نشان دهنده عدم قطعیت‌ها، پیامدها و اقدامات است.	شناسایی ریسک تخمین ریسک تصمیم - گیری بین گزینه‌ها	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	متوسط	بالا	کمی	متوسط / بالا

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به‌کاربردن
ب-۴-۲	تحلیل پاپیونی	روشی نموداری برای توصیف مسیرها از منابع خطر تا پیامدها و بررسی واپایش‌ها.	تحلیل ریسک تحلیل واپایش‌ها توصیف ریسک	۲/۳	کوتاه/ متوسط	با هر سطح تصمیم‌گیری	پایین	پایین/ در حد متوسط	کیفی/ نیمه کمی	پایین
ب-۱-۲	توفان ذهنی	فنی که در کارگاه‌ها برای تشویق تفکر تخیلی استفاده می‌شود.	ایجاد دیدگاه‌ها	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	هیچ‌یک	پایین/ در حد متوسط	کیفی	پایین
ب-۵-۴	تحلیل تاثیر کسب و کار	فرآیند BIA پیامدهای یک حادثه مخرب بر سازمان را تجزیه و تحلیل می‌کند که اولویت‌های بازیابی محصولات و خدمات سازمان و در نتیجه اولویت‌های فعالیت‌ها و منابعی را که آنها را ارائه می‌دهند، تعیین می‌کند.	تحلیل نتیجه و تحلیل واپایش‌ها	۱	کوتاه/ متوسط	۲	متوسط	پایین	کمی/ کیفی	متوسط
ب-۶-۱	نگاشت علّی	نمودار شبکه‌ای که رویدادها، علل و اثرات و روابط آن‌ها را نشان می‌دهد.	تحلیل علل	۲/۳	با هر افق زمانی	۲/۳	متوسط	در حد متوسط	کیفی	متوسط

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به‌کاربردن
ب-۵-۵	تحلیل علت- پیامد	ترکیبی از تجزیه و تحلیل درخت خطا و رویداد که امکان گنجاندن تاخیرهای زمانی را فراهم می‌کند. هم علل و هم پیامدهای یک رویداد آغازگر در نظر گرفته می‌شود.	تحلیل علل و نتایج	۲/۳	با هر افق زمانی	۲/۳	متوسط/ بالا	در حد متوسط/ بالا	کمی	متوسط/ بالا
ب-۲-۲	فهرست‌های وارسی، طبقه- بندی‌ها و رده- بندی‌ها	فهرست‌هایی مبتنی بر تجربه یا مفاهیم و مدل‌هایی که می‌توانند برای کمک به شناسایی ریسک‌ها یا واپایش‌ها استفاده شوند.	شناسایی ریسک یا واپایش‌ها	۲/۳	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	بالا برای توسعه، کم برای استفاده	پایین/ در حد متوسط	کیفی	پایین/ متوسط
ب-۳-۲	رویکرد سیندینیک	اهداف، ارزش‌ها، قواعد، داده‌ها و مدل- های طرف‌های ذینفع را در نظر می‌گیرد و ناسازگاری‌ها، ابهامات، حذفیات و ناآگاهی‌ها را شناسایی می‌کند. این‌ها منابع نظام‌مند و پیشران‌های ریسک را تشکیل می‌دهند.	شناسایی عوامل ریسک	۱/۲	کوتاه/ متوسط	۱	کم	متوسط	کیفی	بالا

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به‌کاربردن
ب-۷-۳	ارزش شرطی در معرض ریسک CVaR	کسری موردانتظار (ES) نیز نامیده - شود، معیاری برای زیان انتظار از پرتفوی مالی در بدترین درصد موارد است.	اندازه‌گیری ریسک	با هر دامنه‌ای	کوتاه/ متوسط	۳	بالا	بالا	کمی	متوسط
ب-۱۰-۳	ماتریس پیامد/ محتمل‌گزینی	ریسک‌های فردی را با انتخاب یک جفت پیامد/محتمل‌گزینی و نمایش آن‌ها در ماتریس، که با پیامد در یک محور و محتمل‌گزینی در محور دیگر مقایسه می‌کند.	گزارش ریسک‌های ارزشیابی	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	متوسط	کم برای استفاده، متوسط برای توسعه	کیفی / نیمه کمی / کمی	پایین
ب-۹-۲	تحلیل هزینه/منفعت	از پول به عنوان مقیاسی برای برآورد پیامدهای مطلوب و نامطلوب، محسوس و ناملموس گزینه‌های مختلف استفاده می‌کند.	مقایسه گزینه‌ها	با هر دامنه‌ای	کوتاه/ متوسط	با هر سطح تصمیم‌گیری	متوسط/ بالا	متوسط / بالا	کمی	متوسط / بالا
ب-۶-۲	تحلیل اثر متقاطع	تغییرات در احتمال وقوع مجموعه معینی از رویدادها را در نتیجه وقوع واقعی یکی از آن‌ها ارزشیابی می‌کند.	تحلیل محتمل - گزینی و علت	با هر دامنه‌ای	کوتاه/ متوسط	با هر سطح تصمیم‌گیری	کم تا بالا	متوسط / بالا	کمی	متوسط / بالا

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به‌کاربردن
ب-۹-۳	تحلیل درخت تصمیم	از یک نمایش درختی یا مدل تصمیم و پیامدهای احتمالی آن‌ها استفاده می‌کند. بروندها معمولاً به صورت پولی یا بر حسب مطلوبیت بیان می‌شوند. یک نمایش جایگزین از درخت تصمیم یک نمودار تأثیر است (به زیربند ب-۵-۳ مراجعه شود).	مقایسه گزینه‌ها	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	۲	کم/ متوسط	متوسط	کمی	متوسط
ب-۱-۳	فن دلفی	قضاوت‌ها را از طریق مجموعه‌ای از پرسشنامه‌های متوالی جمع‌آوری می‌شود. افراد به صورت انفرادی شرکت می‌کنند اما پس از هر مجموعه سوال بازخوردی در مورد پاسخ‌های دیگران دریافت می‌کنند.	ایجاد دیدگاه‌ها	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	هیچ	متوسط	کیفی	متوسط
ب-۵-۶	تحلیل درخت رویداد (ETA)	بروندهای ممکن از یک رویداد آغازگر معین و وضعیت واپایش‌ها را مدل‌سازی می‌کند، بنابراین فراوانی یا احتمال بروندها ممکن مختلف را تحلیل می‌کند.	تحلیل نتیجه و واپایش‌ها	۲/۳	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	کم/ متوسط	متوسط	کمی/کیفی	متوسط

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به کار بردن
ب-۵-۷	تحلیل درخت خطا (FTA)	علل یک رویداد متمرکز را با استفاده از منطق بولی برای توصیف ترکیبی از خطاها تجزیه و تحلیل می‌کند. تغییرات شامل درخت موفقیت است که در آن رویداد برتر مورد نظر است و درخت علت که برای بررسی رویدادهای گذشته استفاده می‌شود.	تحلیل محتمل - گزینی تحلیل علل	۲/۳	متوسط	۲/۳	زیاد برای تحلیل کمی	بسته به پیچیدگی	کمی / کیفی	متوسط / بالا
ب-۲-۳	تجریه و تحلیل اثرات و حالت‌های وقوع خرابی (و بحرانی بودن) FME(C)A	راه‌هایی را که هر یک از اجزای سیستم ممکن است از کار بیفتند و علل و اثرات خرابی را در نظر می‌گیرد. FMEA را می‌توان با تجزیه و تحلیل بحرانی دنبال کرد که اهمیت هر حالت وقوع خرابی (FMECA) را تعریف می‌کند.	شناسایی ریسک‌ها	۲/۳	با هر افق زمانی	۲/۳	بسته به کاربرد	متوسط	کیفی / نیمه کمی / کمی	پایین / بالا
ب-۸-۳	نمودارهای تعداد/ فراوانی (F/N)	مورد خاص نمودار پیامد/محتمل‌گزینی کمی برای در نظر گرفتن تحمل‌پذیری ریسک برای زندگی انسان اعمال می‌شود.	ارزشیابی ریسک	۱	با هر دامنه - ای	با هر افق زمانی	بالا	بالا	کمی	بالا

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به کار بردن
ب-۹-۴	نظریه بازی	مطالعه تصمیم‌گیری راهبردی برای مدل‌سازی تاثیر تصمیم‌های بازیکنان مختلف دخیل در بازی. منطقه کاربردی برای مثال می‌تواند قیمت‌گذاری مبتنی بر ریسک باشد.	تصمیم بین گزینه‌ها	۱	متوسط	۱/۲	بالا	بالا	کمی	متوسط/بالا
ب-۴-۳	تحلیل خطر و نقاط واپایش بحرانی (HACCP)	کاهش ریسک را که می‌توان با لایه‌های مختلف حفاظتی به دست آورد، تجزیه و تحلیل می‌کند.	تحلیل واپایش‌های پایش	۲/۳	کوتاه/متوسط	۲/۳	متوسط	متوسط	کیفی	متوسط
ب-۲-۴	مطالعات خطر و عملیات‌پذیری (HAZOP) ^۱	بررسی ساختاریافته و نظام‌مند یک فرآیند یا عملیات طرح‌ریزی شده یا موجود به منظور شناسایی و ارزشیابی مشکلاتی که ممکن است ریسکی برای کارکنان یا تجهیزات ایجاد کند یا از عملیات کارآمد جلوگیری کند.	شناسایی و تحلیل ریسک‌ها	۳	متوسط/بلند	۲/۳	متوسط	تسهیل‌گر: بالا، شرکت-کنندگان: متوسط	کیفی	متوسط/بالا

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به کار بردن
ب-۵-۸	تحلیل قابلیت اطمینان انسانی (HRA)	مجموعه‌ای از فنون برای شناسایی محتمل‌گزینی خطای انسانی و تخمین احتمال وقوع خرابی.	تحلیل ریسک و منابع ریسک	۲/۳	با هر دامنه - ای	۲/۳	متوسط	بالا	کمی/کیفی	متوسط تا بالا
ب-۱-۵	مصاحبه‌ها	مکالمات یک‌به‌یک ساختاریافته یا نیمه ساختاریافته برای برانگیختن دیدگاه‌ها.	برانگیختن دیدگاه‌ها	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	هیچ	متوسط	کیفی	بالا
ب-۳-۳	تحلیل ایشیکاوا (نمودار استخوان ماهی)	عوامل مؤثر در برون‌داد تعریف‌شده (خواسته یا ناخواسته) را شناسایی می- کند. عوامل کمک‌کننده معمولاً به دسته‌های از پیش تعریف‌شده تقسیم می‌شوند و در ساختار درختی یا نمودار استخوان ماهی نمایش داده می‌شوند.	تحلیل منابع ریسک	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	کم	پایین/متوسط	کیفی	پایین
ب-۴-۴	تحلیل لایه‌های حفاظتی (LOPA)	کاهش ریسک را که می‌توان با لایه‌های مختلف حفاظتی به دست آورد، تحلیل می‌کند.	تحلیل واپایش‌ها	۳	با هر افق زمانی	۲/۳	متوسط	متوسط/بالا	کمی/کیفی	متوسط/بالا
ب-۵-۹	تحلیل مارکوف	احتمال سیستمی که ظرفیت قرارگرفتن در یکی از چند حالت را دارد در زمان t در آینده در یک حالت خاص قرار گیرد، را محاسبه می‌کند.	تحلیل محتمل - گزینی	۳	با هر افق زمانی	۲/۳	متوسط/بالا	بالا	کمی	متوسط

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به کار بردن
ب-۵-۱۰	تحلیل مونت کارلو	با اجرای شبیه‌سازی‌های متعدد با استفاده از متغیرهای تصادفی، احتمال برون‌داد را محاسبه می‌کند.	تحلیل محتمل - گزینی	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	متوسط	بالا	کمی	متوسط/بالا
ب-۹-۵	تحلیل چندمعیاره (MCA)	گزینه‌ها را به گونه‌ای مقایسه می‌کند که مبادلات را واضح می‌سازد. جایگزینی برای تجزیه و تحلیل هزینه/منفعت ارائه می‌دهد که نیازی به ارزش پولی برای تخصیص به همه ورودی‌ها ندارد.	تصمیم بین گزینه‌ها	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	پایین	متوسط	کیفی	پایین/متوسط
ب-۱-۴	فن گروه اسمی	فنی برای برانگیختن دیدگاه‌ها از گروهی از افراد که مشارکت اولیه آن‌ها به صورت افراد بدون تعامل است، سپس بحث گروهی ایده‌ها دنبال می‌شود.	ایجاد دیدگاه‌ها	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	هیچ	پایین	کیفی	متوسط
ب-۸-۴	نمودارهای پارتو	اصل پارتو (قانون ۸۰-۲۰) بیان می‌کند که برای بسیاری از رویدادها، تقریباً ۸۰ درصد از تأثیرات ناشی از ۲۰ درصد از علل است.	مجموعه‌ای از اولویت‌ها	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	متوسط	متوسط	نیمه کمی/کمی	پایین

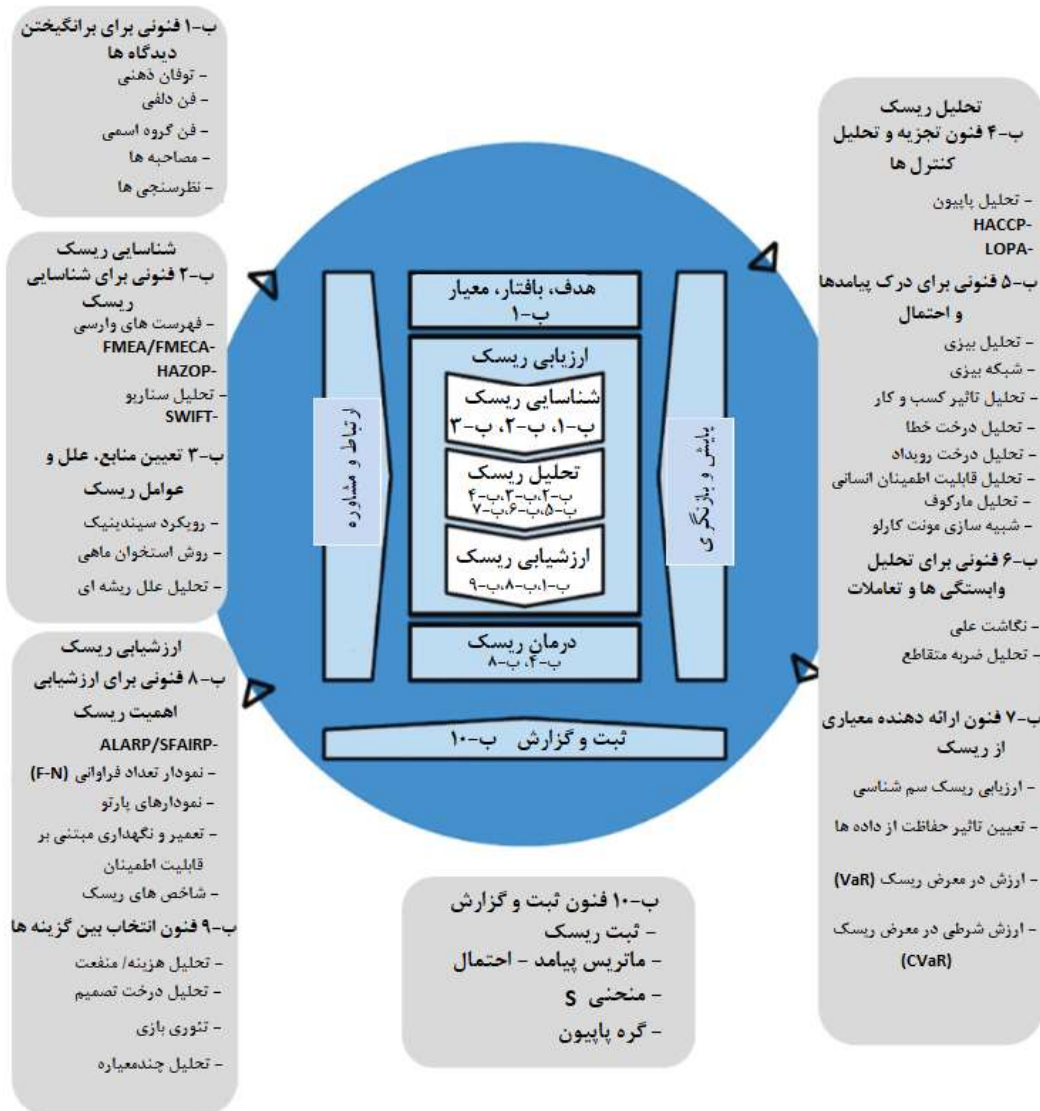
زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به کار بردن
ب-۵-۱۱	(PIA/DPIA) تحلیل تأثیر حریم خصوصی / تحلیل تأثیر حفاظت از داده‌ها	تحلیل می‌کند که چگونه رویدادها و حوادث می‌توانند بر حریم خصوصی (PI) یک شخص تأثیر بگذارند و قابلیت‌هایی را که برای مدیریت آن لازم است شناسایی و کمی می‌کند.	تحلیل منابع ریسک تحلیل نتیجه	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	۱/۲	متوسط	متوسط/بالا	کیفی	متوسط
ب-۸-۵	نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)	ارزیابی مبتنی بر ریسک که برای شناسایی وظایف نگهداری مناسب برای سیستم و اجزای آن استفاده می‌شود.	ارزشیابی ریسک تصمیم - گیری در مورد واپایش‌ها	۲/۳	متوسط	۲/۳	متوسط	بالا برای تسهیل‌گر، متوسط برای استفاده‌کننده	کیفی/نیمه - کمی / کمی	متوسط / بالا
ب-۸-۶	شاخص‌های ریسک	اهمیت ریسک‌ها را بر اساس رتبه‌بندی‌های اعمال شده برای عواملی که تصور می‌شود بر میزان ریسک تأثیر می‌گذارند، رتبه‌بندی می‌کند.	مقایسه ریسک‌ها	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	متوسط	کم برای استفاده - کننده، متوسط برای توسعه	نیمه کمی	پایین

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به‌کاربردن
ب-۱۰-۲	ثبت ریسک	وسیله‌ای برای ثبت اطلاعات در مورد ریسک‌ها و ردیابی اقدامات.	ثبت و گزارش ریسک‌ها پایش و بازنگری	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	با هر سطح تصمیم‌گیری	پایین/ متوسط	پایین/ متوسط	کیفی	متوسط
ب-۱۰-۴	منحنی‌های S	ابزاری برای نمایش رابطه بین پیامدها و محتمل‌گزینی آن‌ها به عنوان یک تابع توزیع تجمعی (منحنی S) رسم شده است.	نمایش ریسک ارزشیابی ریسک	با هر دامنه‌ای	با هر افق زمانی	۲/۳	متوسط/بالا	متوسط/بالا	کمی / نیمه-کمی	متوسط
ب-۲-۵	تحلیل سناریو	سناریوهای احتمالی آینده را از طریق تخیل، برون‌یابی از زمان حال یا مدل-سازی شناسایی می‌کند. سپس ریسک برای هر یک از این سناریوها در نظر گرفته می‌شود.	شناسایی ریسک، تحلیل نتیجه	با هر دامنه‌ای	متوسط یا بلند	با هر سطح تصمیم‌گیری	پایین/ متوسط	متوسط	کیفی	پایین/متوسط
ب-۱-۶	نظرسنجی‌ها	پرسشنامه‌های کاغذی یا کامپیوتری برای استخراج دیدگاه‌ها.	ایجاد دیدگاه‌ها	با هر دامنه‌ای	متوسط / بلند	۲/۳	پایین	متوسط	کیفی	بالا

زیربند	فن	توصیف	کاربرد	دامنه	افق زمانی	سطح تصمیم‌گیری	شروع نیاز به اطلاعات/ داده	تجربه تخصصی	کیفی - کمی - نیمه کمی	تلاش برای به‌کاربردن
ب-۲-۶	فن ساختاریافته (SWIFT)	شکل ساده‌تری از HAZOP با اعلان‌های «چه می‌شد اگر» برای شناسایی انحرافات از انتظار.	شناسایی ریسک	۱/۲	متوسط/بلند	۱/۲	متوسط	پایین/متوسط	کیفی	پایین/متوسط
ب-۷-۱	ارزیابی ریسک سم‌شناسی	مجموعه‌ای از اقدامات انجام شده برای به دست آوردن معیاری برای ریسک انسان یا سیستم‌های زیست‌محیطی ناشی از قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی.	اندازه‌گیری ریسک	۳	متوسط/بلند	۲/۳	بالا	بالا	کمی	بالا
ب-۷-۲	ارزش در معرض ریسک (VaR)	سنجه مالی ریسک که از توزیع احتمال مفروض زیان در یک شرایط بازار باثبات برای محاسبه ارزش ضرری که ممکن است با احتمال مشخصی در یک بازه زمانی مشخص رخ دهد، استفاده می‌کند.	اندازه‌گیری ریسک	با هر دامنه‌ای	کوتاه/ متوسط	۳	بالا	بالا	کمی	متوسط

الف-۳ استفاده از فنون در طول فرایند استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵

جدول الف-۳ دامنه کاربرد هر فن در مراحل مختلف ارزیابی ریسک را فهرست می‌کند. یعنی شناسایی ریسک، تحلیل ریسک و ارزشیابی ریسک. برخی از فنون در مراحل دیگر فرایند نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. این در شکل الف-۱ نشان داده شده است.



شکل الف-۱ - کاربرد فنون در فرایند مدیریت ریسک استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵

یادآوری - شکل الف-۱ برای ارائه یک نمای کلی در نظر گرفته شده است و فهرستی جامع از تمام فنونی نیست که می‌توان در هر مرحله از آن استفاده کرد.

جدول الف-۳ کاربرد فنون در فرآیند استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵

زیربند	فرایند ارزیابی ریسک				شناسایی ریسک	ابزارها و فنون
	ارزشیابی ریسک	تحلیل ریسک				
		سطح ریسک	محتمل-گزینی	پیامد		
ب-۸-۲	SA	NA	NA	NA	NA	SFAIRP, ALARA و ALARP
ب-۵-۲	NA	NA	SA	NA	NA	تحلیل پیز
ب-۵-۳	SA	NA	SA	NA	NA	شبکه‌های پیز
ب-۴-۲	A	A	A	SA	A	تحلیل پایون
ب-۱-۲	NA	NA	NA	A	SA	توفان ذهنی
ب-۵-۴	NA	NA	NA	SA	A	تحلیل اثر کسب‌وکار
ب-۶-۱	NA	NA	NA	A	A	نقشه برداری علی
ب-۵-۵	A	A	SA	SA	A	تحلیل علت و پیامد
ب-۲-۲	NA	NA	NA	NA	SA	فهرست‌های وارسی، طبقه‌بندی‌ها و رده-بندی‌ها
ب-۳-۲	NA	NA	NA	NA	SA	رویکرد سیندینیک
ب-۱۰-۳	A	SA	A	A	NA	ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی
ب-۹-۲	SA	NA	NA	SA	NA	تحلیل هزینه/منفعت
ب-۶-۲	NA	NA	SA	NA	NA	تحلیل اثر متقاطع
ب-۹-۳	A	A	SA	SA	NA	تحلیل درخت تصمیم
ب-۱-۳	NA	NA	NA	NA	SA	فن دلفی
ب-۵-۶	A	A	A	SA	NA	تحلیل درخت رویداد
ب-۲-۳	NA	NA	NA	SA	SA	تحلیل اثرات و حالت‌های وقوع خرابی
ب-۲-۳	SA	SA	SA	SA	SA	تحلیل بحرانی‌بودن و اثرات و حالت‌های وقوع خرابی
ب-۵-۷	A	A	SA	NA	A	تحلیل درخت خطا
ب-۸-۳	SA	A	SA	SA	A	نمودارهای F-N
ب-۹-۴	SA	NA	NA	SA	A	نظریه بازی
ب-۲-۴	NA	NA	NA	A	SA	مطالعات خطر و عملیات‌پذیری (HAZOP)
ب-۴-۳	SA	NA	NA	SA	SA	تحلیل خطر و نقاط واپایش بحرانی (HACCP)
ب-۵-۸	A	SA	SA	SA	SA	تحلیل قابلیت اطمینان انسانی
ب-۳-۳	NA	NA	NA	A	SA	ایشیکاوا (استخوان ماهی)
ب-۴-۴	NA	A	A	SA	A	تحلیل لایه‌های حفاظتی (LOPA)
ب-۵-۹	NA	NA	SA	A	A	تحلیل مارکوف

زیربند	فرایند ارزیابی ریسک				ابزارها و فنون	
	ارزشیابی ریسک	تحلیل ریسک				شناسایی ریسک
		سطح ریسک	محتمل-گزینه‌ی	پیامد		
ب-۵-۱۰	SA	A	A	A	NA	شبیه‌سازی مونت کارلو
ب-۹-۵	SA	NA	NA	NA	A	تحلیل چندمعیاره (MCA)
ب-۱-۴	NA	NA	A	A	SA	فن گروه اسمی
ب-۸-۴	SA	A	A	A	NA	نمودارهای پارتو
ب-۵-۱۱	SA	A	A	SA	A	تحلیل تأثیر حریم خصوصی / ارزیابی تأثیر حریم خصوصی داده‌ها (PIA/DPIA)
ب-۸-۵	SA	A	A	A	A	نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان
ب-۸-۶	SA	A	SA	SA	NA	شاخص‌های ریسک
ب-۱۰-۴	SA	SA	A	A	NA	منحنی‌های S
ب-۲-۵	A	A	A	SA	SA	تحلیل سناریو
ب-۱-۵	NA	NA	NA	NA	SA	مصاحبه‌های ساختاریافته یا نیمه ساختاریافته
ب-۲-۶	A	A	A	SA	SA	ساختار "چه می‌شود اگر؟" (SWIFT)
ب-۱-۶	NA	NA	NA	NA	SA	نظرسنجی‌ها
ب-۷-۱	SA	SA	SA	SA	SA	ارزیابی ریسک سَم‌شناسی
ب-۷-۲	SA	SA	A	A	NA	ارزش در معرض ریسک (VaR)
A: کاربردی؛ SA: به شدت کاربردی ؛ NA: غیرقابل کاربرد؛						

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

تشریح فنون

ب-۱ فنونی برای ایجاد دیدگاه ذی‌نفعان و کارشناسان

ب-۱-۱ کلیات

برخی از فنون شرح داده شده در بندهای ب-۲ تا ب-۷ شامل نظرات ذینفعان و کارشناسان است، که وسعت تخصص و امکان مشارکت ذینفعان را فراهم می‌کند. نظرات ذینفعان و کارشناسان را می‌توان به صورت فردی (به عنوان مثال از طریق مصاحبه یا نظرسنجی) یا با استفاده از فنون گروهی مانند توفان ذهنی، گروه‌های اسمی یا فن دلفی به دست آورد. دیدگاه‌ها می‌توانند شامل افشای اطلاعات، ابراز عقیده یا ایده‌های خلاقانه باشند. بند ب-۱ برخی از فنونی را توصیف می‌کند که می‌توانند برای استخراج اطلاعات یا به دست آوردن اجماع مورد استفاده قرار گیرند.

در برخی شرایط، ذینفعان تخصص و نقش خاصی دارند و اختلاف نظر کمی وجود دارد. با این حال، گاهی اوقات ممکن است دیدگاه‌های ذینفعان به‌طور قابل توجهی متفاوت باشد و ممکن است ساختارهای قدرت و سایر عواملی وجود داشته باشد که بر نحوه تعامل افراد تأثیر بگذارد. این عوامل بر انتخاب روش مورد استفاده تأثیر می‌گذارد. تعداد ذینفعانی که باید با آن‌ها مشورت شود، محدودیت‌های زمانی و عملی بودن جمع‌آوری هم‌زمان همه افراد ضروری نیز بر انتخاب روش تأثیر می‌گذارد.

درجایی که از روش گروهی چهره‌به‌چهره استفاده می‌شود، یک تسهیل‌کننده باتجربه و ماهر برای دستیابی به برون‌دادهای خوب مهم است. نقش تسهیل‌کننده یا هماهنگ‌کننده برای موارد زیر است:

- سازماندهی تیم؛
 - به‌دست آوردن و توزیع اطلاعات و داده‌های مربوط، قبل از جلسه/همکاری؛
 - آماده کردن ساختار و قالب کارآمد برای جلسه/همکاری؛
 - تحریک تفکر خلاق به منظور تقویت درک و ایجاد ایده؛
 - حصول اطمینان از دقیق و تا حد امکان عاری از سوگیری بودن نتایج.
- فهرست‌های واریسی مشتق شده از طبقه‌بندی‌ها و رده‌بندی‌ها را می‌توان به عنوان بخشی از فرایند استفاده کرد (به زیربند ب-۲-۲ مراجعه شود).

هر فنی برای به‌دست آوردن اطلاعاتی که به ادراکات و نظرات افراد متکی باشد، پتانسیل غیرقابل اعتماد بودن را دارد و از انواع سوگیری‌ها مانند سوگیری در دسترس بودن (تمایل به برآورد بیش از حد محتمل‌گزینی

اتفاقی که اخیراً رخ داده است)، توهم خوشه‌بندی (تمایل به بیش از حد برآورد کردن اهمیت خوشه‌های کوچک در یک نمونه بزرگ) یا اثر بندواگن (تمایل به انجام یا باور چیزها به دلیل انجام یا باور دیگران). راهنمای تجزیه و تحلیل عملکرد که می‌تواند برای کاهش تعصب و تمرکز تفکر خلاق بر جنبه‌هایی که بیشترین تأثیر را دارند، مورد استفاده قرار گیرد در EN 12973 [۴] ارائه شده است. اطلاعاتی که بر اساس آن قضاوت‌ها صورت گرفته است و هرگونه فرضی که انجام شده است، بهتر است گزارش شود.

ب-۱-۲ توفان ذهنی

ب-۱-۲-۱ مرور کلی

توفان ذهنی فرآیندی است که برای برانگیختن و تشویق گروهی از مردم به توسعه ایده‌های مرتبط با یکی از موضوعات دیگر استفاده می‌شود. اصطلاح «توفان ذهنی» اغلب به معنای هر نوع بحث گروهی به صورت بسیار ضعیف به کار می‌رود، اما توفان ذهنی مؤثر مستلزم تلاشی آگاهانه است تا اطمینان حاصل شود که افکار دیگران در گروه به عنوان ابزاری برای تحریک خلاقیت هر شرکت‌کننده استفاده می‌شود. هرگونه تحلیل یا نقد ایده‌ها جدا از توفان ذهنی انجام می‌شود.

این فن زمانی بهترین نتایج را می‌دهد که تسهیل‌کننده متخصص در دسترس باشد که بتواند تحریکات لازم را ارائه دهد اما تفکر را محدود نمی‌کند. تسهیل‌گر، گروه را تحریک می‌کند تا تمام حوزه‌های مرتبط را پوشش دهد و مطمئن می‌شود که ایده‌های فرآیند برای تجزیه و تحلیل بعدی جمع‌آوری می‌شوند.

توفان ذهنی می‌تواند ساختاری یا بدون ساختار باشد. برای توفان ذهنی ساختاریافته، تسهیل‌گر موضوع مورد بحث را به بخش‌هایی تقسیم می‌کند و از دستورات آماده‌شده برای ایجاد ایده در مورد موضوع جدید در زمانی که فرد خسته است، استفاده می‌کند. توفان ذهنی بدون ساختار اغلب کمتر رسمی است. در هر دو مورد، تسهیل‌گر یک رشته فکری را آغاز می‌کند و از همه انتظار می‌رود ایده‌هایی تولید کنند. سرعت بالا نگره داشته می‌شود تا ایده‌ها باعث تحریک تفکر جانبی شوند. تسهیل‌گر می‌تواند جهت جدیدی را پیشنهاد کند، یا زمانی که یک جهت فکر خسته شده است یا بحث بیش از حد منحرف می‌شود، از ابزار تفکر خلاق متفاوتی استفاده کند. هدف جمع‌آوری هرچه بیشتر ایده‌های متنوع برای تجزیه و تحلیل بعدی است.

در عمل ثابت شده گروه‌ها ایده‌های کمتری نسبت به همان افرادی که به صورت جداگانه کار می‌کنند تولید می‌کنند. مثلاً:

- در یک گروه، ایده‌های افراد به جای این که متنوع شوند، تمایل به هم‌گرایی دارند؛
- تأخیر در انتظار برای نوبت صحبت کردن، ایده‌ها را مسدود می‌کند؛
- افراد تمایل دارند زمانی که در گروه هستند از نظر ذهنی کمتر کار کنند.

این تمایلات را می‌توان با موارد زیر کاهش داد:

- ایجاد فرصت‌هایی برای افراد برای کار به تنهایی برای بخشی از زمان؛
- تنوع بخشیدن به تیم‌ها و تغییر اعضای تیم؛
- ترکیب با فنونی مانند فن گروه اسمی (به زیربند ب-۱-۴ مراجعه شود) یا توفان ذهنی الکترونیکی. این‌ها مشارکت فردی بیشتری را تشویق می‌کنند و می‌توانند ناشناس تنظیم شوند، بنابراین از مسائل سیاسی و فرهنگی شخصی نیز جلوگیری می‌شود.

ب-۱-۲-۲ استفاده

توفان ذهنی را می‌توان در هر سطحی در سازمان برای شناسایی عدم قطعیت‌ها، حالت‌های موفقیت یا شکست، علل، پیامدها، معیارهای تصمیم‌گیری یا گزینه‌های درمان به کار برد. استفاده کمی امکان‌پذیر است اما فقط در شکل ساختاریافته آن برای اطمینان از این‌که سوگیری‌ها در نظر گرفته می‌شوند و مورد توجه قرار می‌گیرند، به‌ویژه زمانی که برای مشارکت همه سهامداران استفاده می‌شود.

توفان ذهنی خلاقیت را تحریک می‌کند و بنابراین هنگام کار بر روی طرح‌ها، محصولات و فرآیندهای نوآورانه بسیار مفید است.

ب-۱-۲-۳ درونداها

توفان ذهنی نظرات شرکت‌کنندگان را برمی‌انگیزد، بنابراین نسبت به روش‌های دیگر نیاز کمتری به داده یا اطلاعات خارجی دارد. شرکت‌کنندگان باید تخصص، تجربه و دامنه دیدگاه‌های مورد نیاز برای مشکل مورد نظر را بین خود داشته باشند. یک تسهیل‌گر ماهر معمولاً برای مولد بودن توفان ذهنی ضروری است.

ب-۱-۲-۴ برونداها

برونداها فهرستی از تمام ایده‌های تولیدشده در طول جلسه و افکار مطرح‌شده در هنگام ارائه ایده‌ها هستند.

ب-۱-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت توفان ذهنی شامل موارد زیر است:

- با تشویق تخیل و خلاقیت، به شناسایی ریسک‌ها و راه‌حل‌های جدید کمک می‌کند؛
 - در جاهایی که داده‌های کمی وجود دارد یا هیچ داده‌ای وجود ندارد و به فناوری جدید یا راه‌حل‌های جدید نیاز باشد، مفید است؛
 - شامل دینفعان کلیدی بوده و از این رو به ارتباط و تعامل کمک می‌کند؛
 - تنظیم نسبتاً سریع و آسان است.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- نشان دادن جامع بودن فرآیند، دشوار است؛
 - گروه‌ها نسبت به افرادی که به تنهایی کار می‌کنند تمایل کمتری به تولید ایده دارند؛

- پویایی خاص گروه ممکن است به این معنی باشد که برخی از افراد با ایده‌های ارزشمند ساکت می‌مانند درحالی‌که دیگران بر بحث مسلط هستند. این را می‌توان با تسهیل موثر غلبه کرد؛
- تشویق به تفکر خلاق و ایده‌های جدید می‌تواند به این معنی باشد که مکالمه بر موضوعی که درحال بررسی است متمرکز نمی‌شود و این امر زمان ملاقات را می‌گیرد.

ب-۱-۲-۶ اسناد مرجع

[5] PROCTOR, A. (2009). Creative problem solving for managers

[6] GOLDENBERG, Olga, WILEY, Jennifer. Quality, conformity, and conflict: Questioning the assumptions of Osborn's brainstorming technique

ب-۱-۳ فن دلفی

ب-۱-۳-۱ مرور کلی

فن دلفی روشی برای به دست آوردن اجماع نظر از سوی گروهی از متخصصان است. این روشی برای جمع‌آوری و جمع‌آوری قضاوت در مورد یک موضوع خاص از طریق مجموعه‌ای از پرسشنامه‌های متوالی است. یکی از ویژگی‌های اساسی فن دلفی این است که کارشناسان نظرات خود را به صورت فردی، مستقل و ناشناس بیان می‌کنند و در عین حال به نظرات سایر متخصصان در حین پیشرفت فرایند دسترسی دارند.

به گروهی از کارشناسانی که پنل را تشکیل می‌دهند، سؤال یا سؤالاتی که باید در نظر گرفته شوند، به‌طور مستقل ارائه می‌شود. اطلاعات دور اول پاسخ‌ها، تجزیه و تحلیل و ترکیب می‌شود و در اختیار اعضای پنل قرار می‌گیرد سپس می‌توانند پاسخ‌های اصلی خود را تجدید نظر کنند. اعضای پنل پاسخ داده و این فرایند تا حصول اجماع یا شبه اجماع تکرار می‌شود. اگر یکی از اعضای پنل یا اقلیتی از اعضای پنل به‌طور مداوم پاسخ خود را حفظ کنند، ممکن است نشان دهد که آن‌ها اطلاعات مهم یا دیدگاه مهمی دارند.

ب-۱-۳-۲ استفاده

فن دلفی برای مسائل پیچیده‌ای استفاده می‌شود که عدم قطعیت در مورد آن‌ها وجود دارد و برای مقابله با این عدم قطعیت به قضاوت متخصص نیاز است که می‌توان از آن در پیش‌بینی و سیاست‌گذاری و برای به‌دست آوردن اجماع یا حل اختلافات بین کارشناسان استفاده کرد. همچنین می‌توان از آن برای شناسایی ریسک‌ها (با پیامدهای مطلوب و نامطلوب)، تهدیدها و فرصت‌ها و به‌دست آوردن اجماع در مورد محتمل‌گزینی و پیامدهای رویدادهای آینده استفاده کرد. معمولاً در سطح راهبردی یا تاکتیکی اعمال می‌شود. کاربرد اصلی آن برای پیش‌بینی فریم طولانی مدت بود، اما می‌توان آن را برای هر فریم زمانی اعمال کرد.

ب-۱-۳-۳ دروندادها

این روش بر دانش و همکاری مداوم شرکت‌کنندگان از طریق مقیاس زمانی متغیر، وابسته است که می‌تواند روز، هفته، ماه یا حتی سال باشد.

تعداد شرکت کنندگان می تواند از چند تا صدها متغیر باشد. پرسشنامه های کتبی می تواند به صورت مداد و کاغذ باشد یا با استفاده از ابزارهای ارتباطی الکترونیکی از جمله پست الکترونیکی و شبکه، توزیع و بازگردانده شود. استفاده از سامانه های فناوری به اطمینان از چابکی و دقت در جمع آوری اطلاعات در هر چرخه کمک می کند.

ب-۱-۳-۴ برون دادها

اجماع در مورد موضوع مورد بررسی.

ب-۱-۳-۵ نقاط قوت و محدودیت ها

نقاط قوت شامل موارد زیر است:

- از آن جایی که دیدگاه ها ناشناس هستند، نظرات نامطلوب احتمال بیشتری دارد که بیان شوند و سوگیری سلسله مراتبی کمتری وجود دارد؛
 - همه دیدگاه ها وزن یکسانی دارند که از مشکل تسلط بر شخصیت ها جلوگیری می کند؛
 - به مالکیت برون دادها دست می یابد؛
 - نیازی نیست که مردم در یک زمان و در یک مکان گرد هم آیند؛
 - مردم زمان دارند تا به سوالات پاسخ دهند؛
 - فرایند به این معناست که کارشناسان توجه کامل خود را به کار اختصاص می دهند.
- محدودیت ها شامل موارد زیر است.
- کار فشرده و زمان بر است؛
 - شرکت کنندگان باید بتوانند دیدگاه خود را به وضوح به صورت نوشتاری بیان کنند.

ب-۱-۳-۶ سند مرجع

[7] ROWE, G. WRIGHT, G. The Delphi technique: Past, present, and future prospects.

Technological forecasting and social change 2011, 78, Special Delphi Issue

ب-۱-۴ فن گروه اسمی

ب-۱-۴-۱ مرور کلی

هدف فن گروه اسمی، مانند توفان ذهنی، جمع آوری ایده است. دیدگاه ها ابتدا به صورت فردی و بدون تعامل بین اعضای گروه اخذ می شوند، سپس توسط گروه مورد بحث قرار می گیرند. این فرایند به شرح زیر است.

- تسهیل گر به هر یک از اعضای گروه، سوالاتی را ارائه می دهد که باید در نظر گرفته شوند؛
- افراد ایده های خود را بی صدا و مستقل می نویسند؛

- سپس هر یک از اعضای گروه، ایده‌های خود را بدون بحث در این مرحله ارائه می‌کنند. اگر پویایی گروه به این معنی است که برخی صداها وزن بیشتری نسبت به سایرین دارند، می‌توان ایده‌ها را به صورت ناشناس به مجری منتقل کرد. سپس شرکت‌کنندگان می‌توانند به دنبال توضیح بیشتر باشند؛
- سپس ایده‌ها توسط گروه مورد بحث قرار می‌گیرند تا یک لیست توافق‌شده ارائه شود؛
- اعضای گروه به صورت خصوصی به ایده‌ها رأی می‌دهند و بر اساس آرا تصمیم گروه گرفته می‌شود.

ب-۱-۴-۲ استفاده

فن گروه اسمی می‌تواند به عنوان جایگزینی برای توفان ذهنی استفاده شود. هم‌چنین برای اولویت‌بندی ایده‌ها در یک گروه مفید است.

ب-۱-۴-۳ درونداها

ایده‌ها و تجربیات شرکت‌کنندگان

ب-۱-۴-۴ برونداها

ایده‌ها، راه‌حل‌ها یا تصمیم‌ها در صورت لزوم.

ب-۱-۴-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت فن گروه اسمی شامل موارد زیر است:

- هنگامی که برخی از اعضای یک گروه نسبت به سایرین پر سر و صدا تر هستند، دید متعادل‌تری نسبت به توفان ذهنی ارائه می‌دهد؛
 - اگر همه یا برخی از اعضای گروه در تیم جدید باشند، موضوع بحث برانگیز باشد، یا عدم تعادل قدرت یا تضاد بین تیم وجود داشته باشد، تمایل بیشتری به ایجاد مشارکت وجود دارد؛
 - ثابت شده که تعداد بیشتری ایده نسبت به توفان ذهنی ایجاد می‌کند؛
 - فشار برای انطباق با گروه را کاهش می‌دهد؛
 - می‌تواند در یک بازه زمانی نسبتاً کوتاه به اجماع دست یابد.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- بارورسازی متقابل ایده‌ها را می‌تواند محدود کند؛
- ایده‌های یکسان را می‌توان به روش‌های بسیار متفاوتی بیان کرد که تطبیق آن‌ها را دشوار می‌کند.

ب-۱-۴-۶ سند مرجع

[8] MCDONALD, D. BAMMER, G. and DEANE, P. Research Integration Using Dialogue Methods

یادآوری - این مرجع هم‌چنین جزئیات گستره وسیعی از روش‌های دیگر را ارائه می‌دهد که برخی از آن‌ها نیز در این استاندارد مورد بحث قرار گرفته‌اند.

ب-۱-۵ مصاحبه‌های ساختاریافته یا نیمه ساختاریافته

ب-۱-۵-۱ مرور کلی

در یک مصاحبه ساختاریافته، از افراد مصاحبه‌شونده مجموعه‌ای از سوال‌های آماده‌شده پرسیده می‌شود. مصاحبه نیمه ساختاریافته نیز مشابه همین است، اما آزادی بیشتری را برای مکالمه به‌منظور کشف مسائل پیش‌آمده فراهم می‌کند. در یک مصاحبه نیمه ساختاریافته، فرصت به صراحت برای کشف حوزه‌هایی که مصاحبه‌شونده ممکن است بخواهد پوشش دهد، فراهم می‌شود.

بهتر است سوال‌ها تا حد امکان باز باشد، توصیه می‌شود ساده و به زبان مناسب برای مصاحبه‌شونده باشد و هر سوال فقط یک موضوع را پوشش دهد. سؤالات بعدی احتمالی برای شفاف‌سازی نیز آماده شده است.

بهتر است سوال‌ها با افراد دارای سابقه مشابه با افرادی که قرار است مصاحبه شوند، مورد آزمون قرار گیرد تا بررسی شود که سوالات مبهم نیستند، به درستی درک می‌شوند و پاسخ‌ها موضوع‌های موردنظر را پوشش می‌دهند. توصیه می‌شود مراقب بود که مصاحبه‌شونده «رهبری» نشود.

ب-۱-۵-۲ استفاده

مصاحبه‌های ساختاریافته و نیمه ساختاریافته ابزاری برای به‌دست آوردن اطلاعات و نظرات عمیق از افراد در یک گروه است. در صورت لزوم پاسخ آن‌ها می‌تواند محرمانه باشد. آن‌ها اطلاعات عمیق را در جایی که افراد با نظرات سایر اعضای گروه مغرضانه نباشند، ارائه می‌کنند.

این روش در صورتی مفید هست که جمع کردن افراد در یک مکان و در یک زمان دشوار باشد یا اگر بحث آزادانه در یک گروه برای موقعیت یا افراد دخیل مناسب نباشد. هم‌چنین می‌توان در مصاحبه اطلاعات دقیق‌تری نسبت به نظرسنجی یا شرایط کارگاهی به دست آورد. مصاحبه در هر سطحی در سازمان قابل استفاده است.

ب-۱-۵-۳ دروندادها

دروندادها درک واضحی از اطلاعات موردنیاز و مجموعه‌ای از سوال‌های آماده‌شده است که با یک گروه آزمایشی آزمون شده است.

افرادی که مصاحبه و مصاحبه‌کننده‌ها را طراحی می‌کنند، به مهارت‌هایی نیاز دارند تا بتوانند پاسخ‌های معتبر خوبی به دست آورند که با تعصبات خود مصاحبه‌گرها همپوشانی نداشته باشد.

ب-۱-۵-۴ بروندادها

برونداد، به اطلاعات دقیق نیاز دارد.

ب-۱-۵-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت مصاحبه‌های ساختاریافته شامل موارد زیر است:

- به افراد فرصت می‌دهند تا درباره یک مسئله فکر کنند؛
- ارتباط یک‌به‌یک می‌تواند امکان بررسی عمیق‌تر مسائل را نسبت به رویکرد گروهی فراهم کند؛
- مصاحبه‌های ساختاریافته امکان مشارکت تعداد بیشتری از ذینفعان را نسبت به یک گروه حضوری فراهم می‌کند.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- طراحی، ارائه و تجزیه و تحلیل مصاحبه‌ها زمان‌بر است؛
- اگر بی‌طرفانه بودن پاسخ‌ها توسط مصاحبه‌گر را بخواهند، برای طراحی و ارائه به تخصص نیاز دارند؛
- سوگیری در پاسخ‌دهنده قابل‌مدار بوده و از طریق بحث گروهی تعدیل یا حذف نمی‌شود؛
- مصاحبه‌ها تخیل را تحریک نمی‌کنند (که از ویژگی‌های روش‌های گروهی است)؛
- مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته حجم قابل‌توجهی از اطلاعات را به قول مصاحبه‌شونده تولید می‌کند که ممکن است تجزیه و تحلیل موضوع در قالبی بدون ابهام، دشوار باشد.

ب-۱-۵-۶ اسناد مرجع

[9] HARRELL, M.C. BRADLEY, M.A. 2009, Data collection methods – A training Manual – Semi structured interviews and focus groups

[10] GILL, J. JOHNSON, P. 2010, Research methods for managers

ب-۱-۶ نظرسنجی‌ها

ب-۱-۶-۱ مرور کلی

نظرسنجی‌ها عموماً افراد بیشتری را نسبت به مصاحبه‌ها دخیل می‌کنند و معمولاً سؤالات محدودتری می‌پرسند. به‌طور معمول، نظرسنجی شامل یک پرسشنامه کامپیوتری یا کاغذی است. سؤالات اغلب پاسخ‌های بله/خیر، انتخاب‌هایی از مقیاس رتبه‌بندی یا انتخاب‌هایی از طیف وسیعی از گزینه‌ها را ارائه می‌دهند. این امکان تجزیه و تحلیل آماری نتایج را فراهم می‌کند که از ویژگی‌های چنین روش‌هایی است. برخی از سؤالات با پاسخ آزاد را می‌توان گنجاند، اما به دلیل مشکلات تجزیه و تحلیل، تعداد آن‌ها بهتر است محدود باشد.

ب-۱-۶-۲ استفاده

نظرسنجی‌ها را می‌توان در هر موقعیتی که مشاوره گسترده با ذینفعان مفید است، مورد استفاده قرار داد، به‌ویژه زمانی که اطلاعات نسبتاً کمی از تعداد زیادی از افراد مورد نیاز است.

ب-۱-۶-۳ دروندادها

سوالات بدون ابهام از پیش تست شده برای نمونه‌ای گسترده از افراد که تمایل به شرکت دارند، ارسال می‌شود. تعداد پاسخ‌ها باید برای ارائه اعتبار آماری کافی باشد. (نرخ بازگشت اغلب پایین است، به این معنی که تعداد زیادی از پرسشنامه‌ها باید ارسال شوند.) در تدوین پرسشنامه‌ای که نتایج مفیدی به دست آورد و نتایج را تجزیه و تحلیل آماری نماید، به تخصص نیاز است.

ب-۱-۶-۴ بروندادها

برونداد، تجزیه و تحلیل دیدگاه‌های گستره وسیعی از افراد که اغلب به صورت گرافیکی است، می‌باشد.

ب-۱-۶-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت نظرسنجی شامل موارد زیر است:

- تعداد بیشتری از افراد را نسبت به مصاحبه‌ها می‌تواند دخیل نماید و اطلاعات بهتری را در یک گروه ارائه دهد؛
 - اجرای نظرسنجی‌ها هزینه نسبتاً کمی دارند، به خصوص اگر از نرم‌افزار برخط استفاده شود که قادر به ارائه برخی تحلیل‌های آماری می‌باشد؛
 - آن‌ها می‌توانند اطلاعات آماری معتبر ارائه دهند؛
 - جدول‌بندی نتایج آسان و قابل درک است: برونداد گرافیکی معمولاً امکان‌پذیر است؛
 - گزارش‌های نظرسنجی را می‌توان به راحتی در اختیار دیگران قرار داد.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- ماهیت سوالات به دلیل نیاز به ساده و بدون ابهام بودن آن‌ها، محدود شده است؛
- معمولاً برای تفسیر نتایج به دست آوردن برخی اطلاعات جمعیت‌شناختی ضروری است؛
- در صورتی که انتظار می‌رود تعداد پاسخ‌های کافی وجود داشته باشد، تعداد سوالاتی که می‌تواند گنجانده شود محدود است؛
- شخصی که سؤال را مطرح می‌کند نمی‌تواند توضیح دهد، بنابراین پاسخ‌دهندگان ممکن است سوالات را متفاوت از آن‌چه در نظر گرفته شده، تفسیر کنند؛
- طراحی سوالاتی که پاسخ‌دهندگان را به پاسخ‌های خاصی رهنمون نکند، دشوار است؛
- پرسشنامه‌ها معمولاً دارای مفروضات اساسی هستند که ممکن است معتبر نباشند؛
- به دست آوردن نرخ پاسخ خوب و بی‌طرفانه می‌تواند دشوار باشد.

ب-۱-۶-۶ اسناد مرجع

- [11] SAUNDERS, M. LEWIS, P. THORNHILL, A. 2016, Research Methods for Business Students
- [12] UNIVERSITY OF KANSAS COMMUNITY TOOL BOX Section 13, Conducting surveys

ب-۲ فنون شناسایی ریسک

ب-۲-۱ کلیات

فنون شناسایی ریسک می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- روش‌های مبتنی بر شواهد، مانند بازنگری نوشته‌ها، و تجزیه و تحلیل داده‌های قدیمی؛
- روش‌های تجربی، شامل آزمون و مدل‌سازی برای شناسایی آنچه ممکن است در شرایط خاص اتفاق بیفتد؛
- نظرسنجی‌های ادراکی، که نظرات گستره وسیعی از افراد با تجربه را نشان می‌دهد؛
- فنونی که در آن‌ها موضوع مورد بررسی به عناصر کوچکتر تقسیم می‌شود که هر یک به نوبه خود با استفاده از روش‌هایی که سوالاتی را مطرح می‌کنند، در نظر گرفته می‌شوند؛

مثال:

HAZOP (زیربند ب-۲-۴)،^۱ FMEA (زیربند ب-۲-۳) و SWIFT^۲ (زیربند ب-۲-۶).

- فنونی برای تشویق تفکر تخیلی در مورد احتمالات آینده، مانند تجزیه و تحلیل سناریو (به زیربند ب-۲-۵ مراجعه شود)؛
 - فهرست‌های واری یا طبقه‌بندی بر اساس داده‌های گذشته یا مدل‌های نظری (به زیربند ب-۲-۲ مراجعه شود).
- فنون شرح داده شده در زیربند ب-۲ مثال‌هایی از برخی رویکردهای ساختاریافته برای شناسایی ریسک هستند. یک فن ساختاریافته احتمالاً جامع‌تر از فنون بدون ساختار یا نیمه ساختاریافته است و برای نشان دادن دقت لازم در شناسایی ریسک آسان‌تر استفاده می‌شود.

استفاده از فنون متعدد، شامل روش‌های بالا به پایین و پایین به بالا، شناسایی جامع ریسک را تشویق می‌کند. رویکردهایی که بروندادهای شناسایی ریسک را به چالش می‌کشند، مانند تیم قرمز نیز می‌توانند برای کمک به بررسی این که هیچ خطر مربوطه نادیده گرفته نشده است، استفاده می‌شود.

یادآوری - تیم‌سازی قرمز، تمرینی است که در آن به یک مشکل از منظر دشمن یا رقیب توجه می‌شود [۱۳].

1- Failure Modes and Effects Analysis
2- Structured What if Technique

فنون توصیف شده می‌توانند چندین ذینفع و متخصص را درگیر کنند. روش‌هایی که می‌توان برای استخراج دیدگاه‌ها، چه به صورت فردی یا گروهی، استفاده کرد، در زیربند ب-۱ توضیح داده شده است.

ب-۲-۲ فهرست‌های واری، طبقه‌بندی‌ها و رده‌بندی‌ها

ب-۲-۲-۱ مرور کلی

فهرست‌های واری در طول ارزیابی ریسک به روش‌های مختلفی مانند کمک به درک بافتار، شناسایی ریسک و گروه‌بندی ریسک‌ها برای اهداف مختلف در طول تجزیه و تحلیل استفاده می‌شوند. هم‌چنین هنگام مدیریت ریسک، به عنوان مثال برای طبقه‌بندی واپایش‌ها و درمان‌ها، تعریف پاسخ‌گویی‌ها و مسئولیت‌ها، یا گزارش و اطلاع‌رسانی ریسک استفاده می‌شوند.

فهرست واری می‌تواند بر اساس تجربه شکست‌ها و موفقیت‌های گذشته باشد، اما به‌طور رسمی‌تر، گونه‌شناسی و طبقه‌بندی ریسک می‌تواند برای دسته‌بندی یا طبقه‌بندی ریسک‌ها بر اساس ویژگی‌های رایج ایجاد شود. در اشکال خالص خود، گونه‌شناسی‌ها طرح‌های طبقه‌بندی مفهومی «بالا به پایین» هستند در حالی که طبقه‌بندی‌ها طرح‌های طبقه‌بندی تجربی یا تئوری مشتق‌شده از «پایین به بالا» هستند. فرم‌های ترکیبی معمولاً این دو شکل خالص را با هم ترکیب می‌کنند.

طبقه‌بندی ریسک معمولاً به گونه‌ای در نظر گرفته شده است که متقابلاً منحصربه‌فرد و در مجموع جامع باشد (یعنی برای جلوگیری از همپوشانی‌ها و شکاف‌ها). طبقه‌بندی ریسک می‌تواند بر جداسازی دسته خاصی از ریسک برای آزمون دقیق‌تر تمرکز کند.

هر دو نوع‌شناسی و طبقه‌بندی می‌توانند به صورت سلسله‌مراتبی، با چندین سطح طبقه‌بندی توسعه یافته باشند. هر طبقه‌بندی بهتر است سلسله‌مراتبی داشته باشد و بتواند به سطوح تفکیک‌پذیری به‌طور فزاینده‌ای تقسیم شود. این به حفظ تعداد قابل واپایش دسته‌ها کمک می‌کند و در عین حال به دانه‌بندی کافی نیز دست می‌یابد.

ب-۲-۲-۲ استفاده

فهرست‌های واری، طبقه‌بندی‌ها و رده‌بندی‌ها را می‌توان برای کاربرد در سطح راهبردی یا عملیاتی طراحی کرد. آن‌ها را می‌توان با استفاده از پرسشنامه، مصاحبه، کارگاه‌های آموزشی ساختاریافته یا ترکیبی از هر سه، در روش‌های حضوری یا مبتنی بر رایانه به کار برد.

نمونه‌هایی از فهرست‌های واری، طبقه‌بندی‌ها یا رده‌بندی‌های رایج مورد استفاده در سطح راهبردی شامل موارد زیر است:

– SWOT¹ (نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها) عواملی را در بافتار داخلی و خارجی شناسایی می‌کند تا به تعیین اهداف و راهبردهای دستیابی به آن‌ها با در نظر گرفتن ریسک کمک کند.

1- Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats

- STEEP^۱، STEEPLED^۲ و غیره مخفف‌هایی هستند که نشان‌دهنده انواع عواملی هستند که باید در هنگام ایجاد بافتار یا شناسایی ریسک‌ها در نظر گرفته شوند [۱۴]. این حروف بیانگر موارد سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناوری، زیست‌محیطی، حقوقی، اخلاقی و جمعیتی است. طبقه‌بندی‌های مربوط به موقعیت خاص را می‌توان انتخاب کرد و فهرست‌های واری را برای مثال‌هایی در هر طبقه تهیه کرد.
- در نظر گرفتن اهداف راهبردی، عوامل بحرانی موفقیت برای رسیدن به اهداف، عوامل تهدیدکننده موفقیت و عوامل ریسک. از این طریق، تهدیدهای ریسک و شاخص‌های هشدار اولیه برای پیشران‌های ریسک می‌تواند توسعه یابد.
- در سطح عملیاتی، فهرست‌های واری خطر برای شناسایی مخاطرات در HAZID^۴ و تجزیه و تحلیل خطر اولیه PHA^۵ استفاده می‌شود [۱۵]. این‌ها ارزیابی‌های اولیه ریسک ایمنی هستند که معمولاً در مراحل اولیه طراحی یک پروژه انجام می‌شود.
- طبقه‌بندی کلی ریسک عبارتند از:
 - بر اساس منبع ریسک: قیمت‌های بازار، پیش‌پرداخت طرف‌مقابل، تقلب، مخاطرات ایمنی، و غیره؛
 - بر اساس پیامد، جنبه‌ها یا ابعاد اهداف یا عملکرد.
- طبقه‌بندی‌های از پیش‌شناسایی‌شده ریسک می‌تواند در جهت‌دهی به تفکر در مورد ریسک در گستره وسیعی از موضوعات مفید باشد. با این حال، اطمینان از جامع بودن این طبقه‌بندی‌ها دشوار است و با تقسیم ریسک به روشی از پیش‌تعریف‌شده، تفکر بر روی خطوط خاصی هدایت می‌شود و ممکن است جنبه‌های مهم ریسک نادیده گرفته شود.
- فهرست‌های واری، گونه‌شناسی‌ها و رده‌بندی‌ها در سایر فنون شرح داده شده در این استاندارد استفاده می‌شود. به عنوان مثال، کلمات کلیدی در HAZOP زیربند ب-۲-۴ و طبقه‌بندی‌ها در تجزیه و تحلیل ایشیکاوا (به زیربند ب-۳-۳ مراجعه شود). طبقه‌بندی که می‌تواند برای در نظر گرفتن عوامل انسانی هنگام شناسایی ریسک استفاده شود در IEC 62740:2015 [۱۶] ارائه شده است.
- به‌طور کلی، هرچه فهرست واری خاص‌تر باشد، استفاده از آن در بافتار خاصی که در آن تدوین شده است، محدودتر می‌شود. کلماتی که راهنمایی‌های کلی را ارائه می‌دهند معمولاً در تشویق سطحی از خلاقیت هنگام شناسایی ریسک مؤثرتر هستند.

1- Political, Economic, Social, Technological, Environmental , Legal

2- Social, Technological, Economic, Environmental, Political

3- Social, Technological, Economic, Environmental, Political, Legal, Educational, Demographic

4- Hazard Identification

5- Preliminary Hazard Analysis

ب-۲-۲-۳ دروندادها

دروندادها، داده‌ها یا مدل‌هایی هستند که از آن‌ها فهرست‌های وارسی، طبقه‌بندی‌ها یا رده‌بندی‌های معتبر ایجاد می‌شود.

ب-۲-۲-۴ بروندادها

بروندادها عبارتند از:

- فهرست‌های وارسی، درخواست‌ها یا دسته‌ها و طرح‌های طبقه‌بندی؛
- درک ریسک از استفاده از این‌ها، شامل (در برخی موارد) لیست ریسک‌ها و گروه‌بندی ریسک‌ها.

ب-۲-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت فهرست‌های وارسی، طبقه‌بندی، تایپوگرافی شامل موارد زیر است:

- آن‌ها درک مشترکی از ریسک را در بین ذینفعان ترویج می‌کنند؛
 - هنگامی که به خوبی طراحی شوند، تخصص‌های گسترده‌ای را به یک سیستم آسان برای استفاده افراد غیرمتخصص وارد می‌کنند؛
 - پس از تدوین، آن‌ها به تخصص کمی نیاز دارند.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- محدودیت استفاده از آن‌ها در موقعیت‌های بدیع که تاریخچه مرتبطی در گذشته وجود ندارد یا در موقعیت‌هایی هستند که با موقعیتی که برای آن ایجاد شده‌اند متفاوت است؛
 - آن‌ها به آن‌چه قبلاً شناخته‌شده یا تصور شده، می‌پردازند؛
 - آن‌ها اغلب عمومی هستند و ممکن است برای شرایط خاصی که در نظر گرفته می‌شوند اعمال نشوند؛
 - پیچیدگی می‌تواند مانع شناسایی روابط (به عنوان مثال، ارتباطات متقابل و گروه‌بندی‌های جایگزین) شود.
 - فقدان اطلاعات می‌تواند منجر به همپوشانی‌ها و/یا شکاف‌ها شود (مثلاً طرح‌ها متقابلاً منحصر به فرد نیستند و به‌طور جمعی جامع نیستند).
 - آن‌ها می‌توانند به جای کاوش در ایده‌ها، نوع رفتار را تشویق کنند.

ب-۲-۲-۶ اسناد مرجع

[17] BROUGHTON, Vanda, Essential classification

[18] BAILEY, Kenneth, Typologies and taxonomies: An introduction to classification techniques

[19] VDI 2225 Blatt 1, Konstruktionsmethodik- Technisch-wirtschaftliches Konstruieren - Vereinfachte Kostenermittlung, 1997 Beuth Verlag

ب-۲-۳ تجزیه و تحلیل اثرات و حالت‌های وقوع خرابی (FMEA)^۱ و تجزیه و تحلیل بحرانی بودن، اثرات و حالت‌های وقوع خرابی (FMECA)^۲

ب-۲-۳-۱ مرور کلی

در FMEA، یک تیم سخت‌افزار، یک سیستم، یک فرایند یا یک روش اجرایی را به عناصر تقسیم می‌کند. برای هر عنصر راه‌هایی که ممکن است خراب شود، علل و اثرات وقوع خرابی در نظر گرفته می‌شود. FMEA را می‌توان با تجزیه و تحلیل بحرانی دنبال کرد که اهمیت هر حالت وقوع خرابی FMECA را تعریف می‌کند. برای هر عنصر موارد زیر ثبت می‌شود:

- عملکرد آن؛
- وقوع خرابی که ممکن است رخ دهد (حالت وقوع خرابی).
- سازوکارهای که می‌توانند این حالت‌های وقوع خرابی را ایجاد کنند؛
- ماهیت پیامد در صورت وقوع خرابی؛
- آیا وقوع خرابی بی‌ضرر یا آسیب‌رسان است؛
- چگونه و چه زمانی می‌توان وقوع خرابی را تشخیص داد؛
- مقررات ذاتی که برای جبران وقوع خرابی وجود دارد.

برای FMECA، تیم مطالعه هر یک از حالت‌های وقوع خرابی شناسایی شده را بر اساس بحرانی بودن آن طبقه‌بندی می‌کند. می‌توان از چندین روش مختلف انتقادی استفاده کرد. بیشترین استفاده از ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی کیفی، نیمه کمی یا کمی (به زیربند ب-۱۰-۳ مراجعه شود) یا شماره اولویت ریسک (RPN)^۳ است. یک معیار کمی از بحرانی بودن نیز می‌تواند از نرخ‌های وقوع خرابی واقعی و یک اندازه‌گیری کمی از پیامدها در جایی که این‌ها شناخته شده باشند، استخراج شود.

یادآوری - RPN یک روش شاخص (به زیربند ب-۸-۶ مراجعه شود) است که حاصل ضرب رتبه‌بندی‌ها را برای پیامد وقوع خرابی، محتمل‌گزینی وقوع خرابی و توانایی تشخیص مشکل (تشخیص) می‌گیرد. اگر تشخیص آن مشکل باشد، به یک وقوع خرابی اولویت بیشتری داده می‌شود.

ب-۲-۳-۲ استفاده

FMEA/FMECA را می‌توان در طول طراحی، ساخت یا بهره‌برداری از سیستم فیزیکی برای بهبود طراحی، انتخاب بین گزینه‌های طراحی یا برنامه‌ریزی یک برنامه تعمیر و نگهداری استفاده کرد. هم‌چنین می‌توان آن را برای فرآیندها و رویه‌ها، مانند رویه‌های پزشکی و فرآیندهای ساخت، اعمال کرد. می‌توان آن را در هر

1- Failure Modes and Effects Analysis
2- Failure Modes, Effects and Criticality Analysis
3- Risk Priority Number

سطحی از تجزیه و تحلیل یک سیستم از نمودارهای بلوکی گرفته تا اجزای دقیق یک سیستم یا مراحل یک فرآیند انجام داد.

FMEA می‌تواند برای ارائه اطلاعات برای فنون تجزیه و تحلیل مانند تجزیه و تحلیل درخت خطا استفاده شود. می‌تواند نقطه شروعی برای تجزیه و تحلیل علت اصلی باشد.

ب-۲-۳-۳ درونداها

درونداها شامل اطلاعات مربوط به سیستم مورد تجزیه و تحلیل و عناصر آن با جزئیات کافی برای تجزیه و تحلیل معنی دار روش‌هایی است که هر عنصر ممکن است شکست بخورد و عواقب آن در صورت شکست. اطلاعات مورد نیاز می‌تواند شامل نقشه‌ها و نمودارهای جریان، جزئیات محیطی که سیستم در آن کار می‌کند و اطلاعات تاریخی در مورد خرابی‌ها در صورت وجود باشد.

FMEA معمولاً توسط یک تیم متقابل با دانش متخصص در مورد سیستم مورد تجزیه و تحلیل انجام می‌شود که توسط یک تسهیل کننده آموزش دیده رهبری می‌شود. برای تیم مهم است که تمام زمینه‌های تخصصی مرتبط را پوشش دهد.

ب-۲-۳-۴ برونداها

برونداهای FMEA عبارتند از:

- یک کاربرگ با حالت‌های شکست، اثرات، علل و واپایش‌های موجود؛ اندازه گیری بحرانی بودن هر حالت شکست (اگر FMECA) و روش مورد استفاده برای تعریف آن می‌باشد.
- هر گونه اقدام توصیه شده، به عنوان مثال. برای تجزیه و تحلیل‌های بیشتر، تغییرات طراحی یا ویژگی‌هایی که باید در طرح‌های آزمایشی گنجانده شوند.
- FMECA معمولاً رتبه‌بندی کیفی از اهمیت حالت‌های خرابی ارائه می‌کند، اما اگر از داده‌های نرخ خرابی مناسب و پیامدهای کمی استفاده شود، می‌تواند خروجی کمی بدهد.

ب-۲-۳-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت FMEA/FMECA شامل موارد زیر است:

- می‌توان آن را به‌طور گسترده برای هر دو حالت انسانی و فنی سیستم‌ها، سخت‌افزار، نرم‌افزار و روش‌های اجرایی اعمال کرد؛
- حالت‌های خرابی، علل و اثرات آن‌ها را بر روی سیستم شناسایی می‌کند و آن‌ها را در قالبی به راحتی قابل خواندن ارائه می‌کند؛
- با شناسایی مشکلات در مراحل اولیه طراحی، از نیاز به تغییرات هزینه بر تجهیزات در سرویس جلوگیری می‌کند؛

- با برجسته کردن ویژگی‌های کلیدی موردپایش، درونداد به برنامه‌های نگهداری و پایش، تبدیل می‌شود؛ محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- FMEA را فقط می‌توان برای شناسایی حالت‌های خرابی منفرد استفاده کرد، نه ترکیبی از حالت‌های خرابی؛
- مطالعات می‌تواند زمان‌بر و پرهزینه باشد مگر این که به اندازه کافی واپایش شده و متمرکز شود؛
- FMEA برای سیستم‌های چندلایه پیچیده می‌تواند دشوار و خسته‌کننده باشد.

ب-۲-۳-۶ سند مرجع

[20] IEC 60812, Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)

ب-۲-۴ مطالعات خطر و عملیات‌پذیری

ب-۲-۴-۱ مرور کلی

مطالعه HAZOP یک بررسی ساختاریافته و نظام‌مند از یک فرایند، روش اجرایی یا سیستم طرح‌ریزی شده یا موجود است که شامل شناسایی انحرافات بالقوه از هدف طراحی و بررسی علل و پیامدهای احتمالی آن‌ها می‌شود.

در یک کارگاه آموزشی تسهیل‌شده، تیم مطالعه:

- سیستم، فرایند یا روش اجرایی را به عناصر کوچکتر تقسیم می‌کند؛
 - با هدف طراحی برای هر عنصر از جمله تعریف پارامترهای مرتبط (مانند جریان یا دما در مورد یک سیستم فیزیکی) موافقت می‌کند؛
 - کلمات راهنما را به‌طور متوالی برای هر پارامتر برای هر عنصر اعمال می‌کند تا انحرافات احتمالی از هدف طراحی را که می‌تواند بروندادهای نامطلوبی داشته باشد، فرض کند؛
- یادآوری- همه ترکیبات پارامترهای راهنما معنادار نخواهند بود.

- با علت و پیامد در هر مورد موافقت می‌کند و نحوه اصلاح آن‌ها را پیشنهاد می‌کند؛
 - بحث را مستند می‌کند و با اقدامات احتمالی برای اصلاح ریسک‌های شناسایی شده موافقت می‌کند.
- جدول ب-۱ مثال‌هایی از کلمات راهنمای رایج برای سیستم‌های فنی را ارائه می‌دهد. راهنماهای مشابهی مانند «خیلی زود»، «خیلی دیر»، «خیلی زیاد»، «خیلی کم»، «خیلی طولانی»، «خیلی کوتاه»، «جهت اشتباه»، «شیء اشتباه»، «اقدام اشتباه» می‌توانند باشند، برای شناسایی حالت‌های خطای انسانی استفاده می‌شود.

کلمات راهنما برای پارامترهایی مانند:

- خواص فیزیکی یک ماده یا فرایند؛

- شرایط فیزیکی مانند دما یا سرعت؛
- زمان سنجی؛
- یک هدف مشخص از یک جزء از یک سیستم یا طراحی (مثلاً انتقال اطلاعات)؛
- جنبه‌های عملیاتی.

جدول ب-۱ نمونه‌هایی از کلمات راهنمای اساسی و معانی عمومی آن‌ها

کلمه راهنما	تعریف
نه یا خیر	هیچ بخشی از نتیجه موردنظر حاصل نمی‌شود یا شرایط موردنظر وجود ندارد
بیشتر (بالاتر)	افزایش کمی
کمتر (پایین‌تر)	کاهش کمی
هم‌چنین	اصلاح/افزایش کیفی (به عنوان مثال مواد بیشتر)
قسمتی از	اصلاح/کاهش کیفی (مثلاً تنها یکی از دو جزء در یک مخلوط)
معکوس/برعکس	مخالف منطقی با هدف طراحی (مثلاً جریان برگشتی)
غیر از	تعویض کامل، اتفاقی کاملاً متفاوت می‌افتد (مثلاً مواد اشتباه)
زود	وابسته به زمان ساعت
دیر	وابسته به زمان ساعت

ب-۲-۴-۲ استفاده

مطالعات HAZOP در ابتدا برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های فرایند شیمیایی توسعه یافتند، اما به انواع دیگر سیستم‌ها از جمله سیستم‌های قدرت مکانیکی، الکترونیکی و الکتریکی، سیستم‌های نرم‌افزاری، تغییرات سازمانی، رفتار انسانی و طراحی و بازنگری قراردادهای قانونی گسترش یافتند.

فرایند HAZOP می‌تواند با تمام اشکال انحراف از هدف طراحی به دلیل نقص در طراحی، مؤلفه‌ها، روش‌های اجرایی طرح‌ریزی شده و اقدامات انسانی مقابله کند. اغلب برای بهبود طراحی یا شناسایی ریسک‌های مرتبط با تغییر طراحی استفاده می‌شود. معمولاً در مرحله طراحی جزئیات، زمانی که نمودار کاملی از فرایند موردنظر و اطلاعات طراحی پشتیبان در دسترس است، انجام می‌شود، اما در حالی که تغییرات طراحی هنوز عملی است. با این حال، می‌توان آن را در یک رویکرد مرحله‌ای با کلمات راهنما متفاوت برای هر مرحله انجام داد، زیرا یک طرح به طور مفصل توسعه می‌یابد. مطالعه HAZOP هم‌چنین می‌تواند در طول عملیات انجام شود، اما تغییرات موردنیاز می‌تواند در آن مرحله پرهزینه باشد.

ب-۲-۴-۳ دروندادها

دروندادها شامل اطلاعات جاری در مورد سیستم موردبازنگری و قصد و مشخصات عملکرد طراحی است. برای سخت‌افزار این می‌تواند شامل نقشه‌ها، برگه‌های مشخصات، نمودارهای جریان، واپایش فرایند و

نمودارهای منطقی، و روش‌های عملیاتی و نگهداری باشد. برای HAZOP غیرسخت‌افزاری، درونداد می‌تواند هر سندی باشد که کارکردها و عناصر سیستم یا روش اجرایی مورد مطالعه را توصیف می‌کند، به‌عنوان مثال، نمودارهای سازمانی و توصیف نقش، یا پیش‌نویس قرارداد یا روش پیش‌نویس.

مطالعه HAZOP معمولاً توسط یک تیم چندرشته‌ای انجام می‌شود که بهتر است شامل طراحان و کارورهای سیستم و هم‌چنین افرادی باشد که مستقیماً در طراحی یا سیستم، فرایند یا روش اجرایی موردبازنگری دخیل نیستند. راهبر / تسهیل‌کننده مطالعه بهتر است در انجام مطالعات HAZOP آموزش دیده و با تجربه باشد.

ب-۲-۴-۴ برون دادها

بروندادها شامل صورتجلسه جلسه(های) HAZOP با انحرافات که برای هر نقطه بازنگری ثبت شده است. سوابق بهتر است شامل کلمه راهنمای استفاده شده و علل احتمالی انحراف باشد. آن‌ها هم‌چنین می‌توانند شامل اقداماتی برای پرداختن به مشکلات شناسایی شده و شخص مسئول اقدام باشند.

ب-۲-۴-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت HAZOP شامل موارد زیر است:

- ابزاری برای بررسی نظام‌مند یک سیستم، فرایند یا روش اجرایی برای شناسایی این‌که چگونه ممکن است در رسیدن به هدف خود شکست بخورد فراهم می‌کند؛
- بررسی دقیق و کامل توسط یک تیم چندرشته‌ای فراهم می‌کند؛
- مشکلات بالقوه را در مرحله طراحی یک فرایند شناسایی می‌کند؛
- راه‌حل‌ها و اقدامات اصلاح ریسک را ایجاد می‌کند؛
- برای طیف وسیعی از سیستم‌ها، فرایندها و روش‌های اجرایی قابل استفاده است؛
- امکان بررسی صریح علل و پیامدهای خطای انسانی را فراهم می‌کند؛
- یک رکورد مکتوب از فرایند ایجاد می‌کند که می‌تواند برای نشان دادن دقت لازم، مورد استفاده قرار گیرد.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است.

- تجزیه و تحلیل دقیق می‌تواند زمان‌بر و در نتیجه گران باشد؛
- این فن تکراری است و مسائل مشابه را چندین بار پیدا می‌کند. از این رو حفظ تمرکز ممکن است دشوار باشد؛
- تجزیه و تحلیل دقیق مستلزم سطح بالایی از مستندسازی یا مشخصات سیستم/ فرایند و روش اجرایی است؛

- می‌تواند بر یافتن راه‌حل‌های دقیق به جای چالش‌برانگیز بودن مفروضات اساسی تمرکز کند (با این حال، این می‌تواند با یک رویکرد مرحله‌ای کاهش یابد)؛
- بحث را می‌توان بر روی مسائل جزییات طراحی متمرکز کرد، نه بر موضوعات گسترده‌تر یا برون‌سازمانی؛
- توسط طراحی (پیش‌نویس) و قصد طراحی، و دامنه و اهداف داده شده به تیم محدود شود؛
- این فرایند به شدت به تخصص طراحان متکی است که ممکن است برای آن‌ها مشکل باشد که به اندازه کافی هدفمند باشند تا در طرح‌های خود مشکلات را جستجو کنند.

ب-۲-۴-۶ سند مرجع

[21] IEC 61882, Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide

ب-۲-۵ تحلیل سناریو

ب-۲-۵-۱ مرور کلی

تحلیل سناریو نامی است که به طیف وسیعی از فنون داده می‌شود که شامل تکوین مدل‌هایی از چگونگی آینده است. به طور کلی، این شامل تعریف یک سناریوی قابل قبول و کار بر روی آن چه ممکن است با توجه به تحولات احتمالی مختلف آینده رخ دهد، است.

برای مقیاس‌های زمانی نسبتاً کوتاه می‌تواند شامل برون‌یابی از آن چه در گذشته اتفاق افتاده، باشد. برای مقیاس‌های زمانی طولانی‌تر، تحلیل سناریو می‌تواند شامل ساخت یک سناریوی خیالی اما معتبر و سپس بررسی ماهیت ریسک‌ها در این سناریو باشد. اغلب توسط گروهی از ذینفعان با علایق و تخصص‌های مختلف اعمال می‌شود. تحلیل سناریو شامل تعریف جزییات سناریو یا سناریوهایی است که باید در نظر گرفته شوند و پیامدهای سناریو و ریسک مرتبط را بررسی می‌کنند. تغییراتی که معمولاً در نظر گرفته می‌شوند عبارتند از:

- تغییرات در فناوری؛
- تصمیم‌های احتمالی آینده که ممکن است برون‌دادهای مختلفی داشته باشد؛
- نیازهای ذینفعان و چگونگی تغییر آن‌ها؛
- تغییرات در محیط کلان (قانونی، جمعیتی، و غیره)؛
- تغییرات در محیط فیزیکی.

ب-۲-۵-۲ استفاده

تحلیل سناریو اغلب برای شناسایی ریسک و کشف پیامدها استفاده می‌شود. می‌تواند در هر دو سطح راهبردی و عملیاتی، برای سازمان به عنوان یک کل یا بخشی از آن استفاده شود.

تحلیل سناریوهای بلندمدت تلاش می‌کند تا به طرح‌ریزی برای تغییرات عمده در آینده کمک کند، مانند تغییراتی که در ۵۰ سال گذشته در فناوری، ترجیحات مصرف‌کننده، نگرش‌های اجتماعی و غیره رخ داده است و به سازمان‌ها کمک می‌کند تا نقاط قوت و تاب‌آوری لازم برای انطباق با تغییرات قابل پیش‌بینی را توسعه دهند. می‌توان از آن برای پیش‌بینی چگونگی توسعه تهدیدها و فرصت‌ها استفاده کرد و می‌توان از آن برای همه انواع ریسک استفاده کرد.

تحلیل سناریوی کوتاه‌مدت برای کشف پیامدهای یک رویداد آغازگر استفاده می‌شود. سناریوهای احتمالی را می‌توان از آن‌چه در گذشته اتفاق افتاده است یا از مدل‌ها برون‌یابی کرد. نمونه‌هایی از این برنامه‌ها شامل طرح‌ریزی برای موقعیت‌های اضطراری یا وقعه‌های کسب‌وکار است. اگر داده‌ها دردسترس نباشد، از نظرات کارشناسان استفاده می‌شود، اما در این مورد توجه به توضیحات آن‌ها برای نظرات آن‌ها بسیار مهم است.

ب-۲-۵-۳ دروندادها

برای انجام تجزیه و تحلیل سناریو، داده‌هایی در مورد روندها و تغییرات فعلی و ایده‌هایی برای تغییرات آینده مورد نیاز است. برای سناریوهای پیچیده یا بسیار طولانی مدت، تخصص در فن مورد نیاز است.

ب-۲-۵-۴ برون‌دادها

برونداد می‌تواند یک «داستان» برای هر سناریو باشد که می‌گوید چگونه می‌توان از حال به سمت سناریوی موضوع حرکت کرد. اثرات درنظر گرفته شده می‌تواند هم مفید و هم مضر باشد. داستان‌ها ممکن است شامل جزئیات قابل قبولی باشد که به سناریوها ارزش می‌بخشد.

سایر برون‌دادها می‌توانند شامل درک اثرات احتمالی سیاست‌ها یا طرح‌ها برای آینده‌های قابل قبول مختلف، فهرستی از ریسک‌هایی که ممکن است در صورت توسعه معاملات آتی ظاهر شوند و در برخی کاربردها، فهرستی از شاخص‌های پیشرو برای آن ریسک‌ها باشد.

ب-۲-۵-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت تحلیل سناریو شامل موارد زیر است:

- طیف وسیعی از آینده‌های احتمالی را درنظر می‌گیرد. این می‌تواند بر رویکرد سنتی مبتنی بر پیش‌بینی‌هایی که فرض می‌کنند رویدادهای آینده احتمالاً روندهای گذشته را دنبال می‌کنند، ترجیح داده شود. این برای موقعیت‌هایی که دانش فعلی کمی وجود دارد که بتوان بر اساس آن پیش‌بینی کرد یا ریسک‌ها در بلندمدت درنظر گرفته می‌شوند، مهم است.
- از تنوع تفکر پشتیبانی می‌کند؛
- پایش بر شاخص‌های اصلی تغییر را تشویق می‌کند؛
- تصمیم‌های اتخاذشده برای ریسک‌های شناسایی شده می‌تواند به ایجاد تاب‌آوری برای هر اتفاقی که رخ می‌دهد، کمک کند.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- سناریوهای مورد استفاده ممکن است پایه کافی نداشته باشند، برای مثال داده‌ها ممکن است حدس و گمان باشند. این می‌تواند نتایج غیرواقعی ایجاد کند که ممکن است این چنین تشخیص داده نشود.
- شواهد کمی وجود دارد مبنی بر این که سناریوهایی که برای آینده بلندمدت مورد بررسی قرار می‌گیرند، آن‌هایی هستند که واقعاً اتفاق می‌افتند.

ب-۲-۵-۶ اسناد مرجع

- [22] RINGLAND, Gill. Scenarios in business
- [23] Van der HEIJDEN, Kees. Scenarios: The art of strategic conversation
- [24] CHERMACK, Thomas J. Scenario planning in organizations
- [25] MUKUL PAREEK, Using Scenario analysis for managing technology risk

ب-۲-۶ فن ساختاریافته

ب-۲-۶-۱ مرور کلی

SWIFT یک فن شناسایی ریسک در سطح بالا است که می‌تواند به صورت مستقل استفاده شود یا به عنوان بخشی از رویکرد گام به گام برای افزایش کارایی روش‌های بر پایه به بالا مانند HAZOP یا FMEA باشد. SWIFT از گروه‌بندی ساختاریافته (به زیربند ب-۱-۲ مراجعه شود) در یک کارگاهی که توسط مدیریت می‌شود استفاده می‌کند، جایی که یک مجموعه تعیین شده از کلمات راهنما (زمان، میزان، و غیره) با سوالاتی که توسط شرکت کنندگان ایجاد می‌شود و اغلب با عباراتی مانند «چی می‌شود اگر؟» یا «چگونه می‌توان؟» شروع می‌شوند ترکیب می‌کند. این فن مشابه HAZOP است اما بر روی یک سیستم یا زیرسیستم و نه بر روی نیت طراح تأثیر می‌گذارد.

پیش از شروع مطالعه، مدیریت کارگاه لیستی از سوال‌ها را آماده می‌کند تا بازنگری جامع تهدیدات یا منابع ریسک را فراهم سازد. در آغاز کارگاه، بافتار، دامنه و هدف SWIFT بحث می‌شود و معیارهای موفقیت بیان می‌شود. با استفاده از کلمات راهنما و سوالات «چی می‌شود اگر؟»، مدیریت کارگاه از شرکت کنندگان می‌خواهد که مسایلی مانند موارد زیر را ارتقا و بررسی کنند:

- ریسک‌های شناخته شده؛
- منابع و پیشران‌های ریسک؛
- تجربیات قبلی، موفقیت‌ها و حوادث؛
- واپایش‌های شناخته شده و موجود؛
- الزامات و محدودیت‌های مقرراتی.

مدیریت کارگاه از لیست سوالات برای پایش بر بحث‌ها استفاده می‌کند و مسایل و حالت‌های اضافی را برای تیم پیشنهاد می‌دهد. تیم به بررسی می‌پردازد تا ببیند آیا واپایش‌ها کافی هستند و اگر نه، به در نظر گرفتن روش‌های درمانی پرداخته شود. در طول این بحث، سوالات دیگر «چی می‌شود اگر؟» مطرح می‌شوند.

در برخی موارد خاص ریسک‌های خاص شناسایی می‌شوند و توضیحی از ریسک، علت آن، پیامدها و واپایش‌ها ممکن است ثبت شود. علاوه بر این، منابع یا پیشران‌های عامل ریسک، مشکلات واپایشی یا مسائل سیستمی بیشتر نیز ممکن است شناسایی شود.

در صورتی که یک لیست از تهدیدات ایجاد شود معمولاً از یک روش ارزیابی ریسک کیفی یا نیمه‌کمی استفاده می‌شود تا تصمیم‌گیری راجع به سطح ریسک‌های ایجاد شده انجام شود. این معمولاً به تأثیر واپایش‌های موجود و کارایی آن‌ها توجه دارد.

ب-۲-۶-۲ استفاده

این فن را می‌توان به طور کلی برای سیستم‌ها، اقلام کارخانه، روش‌های اجرایی و سازمان‌ها اعمال کرد. به‌طور خاص، از آن برای آزمون پیامدهای تغییرات و ریسک‌های تغییر یافته یا ایجاد شده استفاده می‌شود. هر دو نتیجه مثبت و منفی را می‌توان در نظر گرفت. همچنین می‌توان از آن برای شناسایی سیستم‌ها یا فرایندهایی استفاده کرد که ارزش سرمایه‌گذاری منابع برای HAZOP یا FMEA را دارد.

ب-۲-۶-۳ درونداها

درک روشنی از سیستم، روش اجرایی، اقلام کارخانه و/یا تغییر و بافتارهای درون سازمانی و برون سازمانی مورد نیاز است. این امر از طریق مصاحبه، گردآوری یک تیم چندمنظوره و از طریق مطالعه اسناد، طرح‌ها و نقشه‌ها توسط تسهیل‌گر ایجاد می‌شود. معمولاً سیستم برای مطالعه به عناصری تقسیم می‌شود تا فرایند تحلیل را تسهیل کند. اگرچه تسهیل‌کننده نیاز به آموزش در کاربرد SWIFT دارد، اما معمولاً می‌توان این کار را به سرعت انجام داد.

ب-۲-۶-۴ برونداها

برونداها شامل فهرستی از ریسک‌ها با اقدامات یا وظایف رتبه‌بندی شده در معرض ریسک است که می‌تواند به عنوان مبنایی برای یک طرح درمانی استفاده شود.

ب-۲-۶-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت SWIFT شامل موارد زیر است:

- به طور گسترده برای همه اشکال فیزیکی یا سیستمی، موقعیت یا شرایط، سازمان یا فعالیت قابل استفاده است؛
- به حداقل آمادگی تیم نیاز دارد؛
- نسبتاً سریع است و ریسک‌های اصلی و منابع ریسک به سرعت در جلسه کارگاه آشکار می‌شوند؛
- این مطالعه «سیستم‌گرا» است و به شرکت‌کنندگان اجازه می‌دهد تا به جای آزمون پیامدهای مولفه‌های شکست، از پاسخ سیستم به انحرافات استفاده کنند؛

- می‌توان از آن برای شناسایی فرصت‌ها برای بهبود فرایندها و سیستم‌ها استفاده کرد و به‌طور کلی برای شناسایی اقداماتی که منجر به افزایش احتمال موفقیت آن‌ها می‌شود، استفاده کرد؛
 - مشارکت در کارگاه توسط افرادی که در قبال واپایش‌های موجود و اقدامات درمانی ریسک بیشتر پاسخگو هستند، مسئولیت آن‌ها را تقویت می‌کند؛
 - با کمی تلاش بیشتر یک ثبت ریسک و طرح درمان ریسک ایجاد می‌کند.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- اگر تیم کارگاه، تجربه کافی نداشته باشد یا اگر سیستم جامع نباشد، ممکن است برخی از ریسک‌ها یا خطرات شناسایی نشود؛
 - کاربرد سطح بالای این فن ممکن است دلایل پیچیده، دقیق یا مرتبط را آشکار نکند؛
 - توصیه‌ها اغلب عمومی هستند، به عنوان مثال. این روش برای واپایش‌های قوی و دقیق بدون انجام تجزیه و تحلیل بیشتر پشتیبانی نمی‌کند.

ب-۲-۶-۶ سند مرجع

[26] CARD, Alan J. WARD, James R. and CLARKSON, P. John. Beyond FMEA: The structured what-if technique (SWIFT)

ب-۳ فنونی برای تعیین منابع، علل و عوامل ریسک

ب-۳-۱ کلیات

درک علل رویدادهای بالقوه و پیشران‌های ریسک می‌تواند برای طراحی راهبردهایی برای جلوگیری از پیامدهای نامطلوب یا افزایش پیامدهای مثبت استفاده شود. اغلب سلسله مراتبی از علل با چندین لایه قبل از رسیدن به علت اصلی وجود دارد. به طور کلی علل تا زمانی که اقدامات، قابل تعیین و توجیه شوند تجزیه و تحلیل می‌شوند.

فنون تحلیل علی می‌توانند ادراک علت را تحت مجموعه‌ای از عناوین از پیش تعیین شده مانند روش ایشیکاوا (به زیربند ب-۳-۳ مراجعه شود)، یا می‌توانند رویکرد منطقی‌تری را مانند تجزیه و تحلیل درخت خطا و تجزیه و تحلیل درخت موفقیت در نظر گیرند (به زیربند ب-۵-۷ مراجعه شود).

تجزیه و تحلیل پاپیون (به زیربند ب-۴-۲ مراجعه شود) می‌تواند برای نمایش علل و پیامدها به صورت گرافیکی و نشان دادن نحوه واپایش آن‌ها استفاده شود.

تعدادی از فنون شرح داده شده در IEC 62740 [۱۶] می‌توانند به‌طور پیشگیرانه برای تجزیه و تحلیل علل احتمالی رویدادهایی که ممکن است در آینده اتفاق بیفتند و همچنین مواردی که قبلاً رخ داده‌اند استفاده شوند. این فنون در اینجا تکرار نمی‌شوند.

ب-۳-۲ رویکرد سیندینیک

ب-۳-۲-۱ مرور کلی

سیندینیکس در لغت به معنای علم خطر است. رویکرد سیندینیکس منابع و پیشران‌های ریسک نامشهود را شناسایی می‌کند که ممکن است منجر به پیامدهای مختلف شود. به عبارت دیگر، موارد زیر را شناسایی و تجزیه و تحلیل می‌کند:

- تناقض‌ها، ابهام‌ها، حذفیات، ناآگاهی (کسری نامیده می‌شود)، و
 - واگرایی بین ذینفعان (ناهماهنگی نامیده می‌شود).
- رویکرد سیندینیکس با جمع‌آوری اطلاعات در مورد سیستم یا سازمانی که موضوع مطالعه است و موقعیت سیندینیکس تعریف شده توسط یک فضای جغرافیایی، زمانی و زمانی و مجموعه‌ای از شبکه‌ها یا گروه‌های ذینفع شروع می‌شود.
- سپس از مصاحبه‌های نیمه‌ساخت‌یافته (به زیربند ب-۱-۵ مراجعه شود) برای جمع‌آوری اطلاعات در زمان‌های مختلف ($t_1, t_2, \dots, t_i$) در مورد وضعیت دانش، و وضعیت ذهنی هر یک از ذینفعان، همان‌طور که به پنج ذینفع مربوط می‌شود، استفاده می‌کند. معیارهای رویکرد سیندینیکس به شرح زیر است:
- هدف (قصد اولیه سازمان)؛
 - ارزش‌ها (که توسط ذینفعان مورد توجه قرار می‌گیرد)؛
 - قوانین (حقوق، استانداردها، روش‌های اجرایی، و غیره حاکم بر دستاوردهای آن)؛
 - داده‌ها (که بر اساس آن‌ها تصمیم‌گیری می‌شود)؛
 - مدل‌ها (فنی، سازمانی، انسانی و غیره که از داده‌ها در تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند).
- یادآوری-** عناصری که بافتارهای درون‌سازمانی و برون‌سازمانی را مشخص می‌کنند، می‌توان بر اساس پنج معیار رویکرد سیندینیکس در کنار هم قرار داد.

این رویکرد ادراکات و هم‌چنین حقایق را در نظر می‌گیرد.

هنگامی که این اطلاعات به دست آمد، انسجام بین اهدافی که باید به آن رسید و معیارهای پنج‌گانه سیندینیکس تجزیه و تحلیل می‌شود و جداول فهرست کسری‌ها و ناهماهنگی‌ها تنظیم می‌شود.

ب-۳-۲-۲ استفاده

هدف رویکرد سیندینیکس این است که بفهمیم چرا با وجود تمام اقدامات و پایشی انجام شده برای جلوگیری از بلایا، هنوز هم اتفاق می‌افتد. از آن زمان این رویکرد برای بهبود کارایی اقتصادی سازمان‌ها گسترش یافته است. این فن به دنبال منابع سیستمی و پیشران‌های ریسک در یک سازمان است که می‌تواند منجر به پیامدهای گسترده‌ای شود. در یک سطح راهبردی اعمال می‌شود و می‌تواند برای شناسایی عواملی که در طول تکامل سیستم به سمت اهداف جدید به شیوه‌ای مطلوب یا نامطلوب عمل می‌کنند، استفاده شود.

همچنین می‌توان از آن برای اعتبارسنجی سازگاری هر پروژه استفاده کرد و به‌ویژه در مطالعه سیستم‌های پیچیده مفید است.

ب-۳-۲-۳ درونداها

اطلاعات در بالا توضیح داده شد. تجزیه و تحلیل معمولاً شامل یک تیم چندرشته‌ای از جمله افرادی با تجربه عملیاتی واقعی است که اقدامات اصلاحی را برای پرداختن به منابع ریسک شناسایی شده انجام می‌دهند.

ب-۳-۲-۴ برونداها

برونداها، جداولی هستند که نشان‌دهنده ناهماهنگی و کسری بین ذینفعان هستند، همان‌طور که در مثال‌های زیر نیز نشان داده شده است. جدول ب-۲ ماتریسی را نشان می‌دهد که کمبودهای هر ذینفع را در برابر پنج معیار برای تجزیه و تحلیل (اهداف، ارزش‌ها، قوانین، مدل‌ها و داده‌ها) نشان می‌دهد. با مقایسه اطلاعات جمع‌آوری شده به‌عنوان ورودی بین موقعیت‌های گرفته شده در زمان‌های $t_1, t_2, \dots, t_i$ می‌توان کسری‌ها را بین موقعیت‌های مختلف شناسایی کرد.

جدول ب-۲ جدول کسری‌ها برای هر ذینفع

ذینفع	معیار تحلیل				
	اهداف	ارزش‌ها	قوانین	داده‌ها	مدل‌ها
S1		تمرکز روی تعداد محدودی از مقادیر	بدون اشاره به روش‌های اجرایی	بدون مرجع اندازه‌گیری‌ها	بدون اشاره به مدل‌ها
S2	ناهماهنگی بین اهداف و قوانین	عدم رتبه‌بندی بین ارزش‌ها	فقدان رتبه‌بندی بین قوانین	بی‌توجهی به تجربه و بازخورد سایر کشورها	بی‌توجهی به مدل‌های خاص
S3	ناهماهنگی بین اهداف و استانداردها	تمرکز بر ارزش خاص (به عنوان مثال اشتغال)	فقدان رتبه‌بندی بین قوانین	بدون توجه به داده‌های خاص به عنوان مثال آسیب‌های شغلی)	فقدان اولویت-بندی در انتخاب مدل‌ها

جدول ب-۳ ماتریسی است که در آن ذینفعان مرتبط در هر دو محور نشان داده شده‌اند و تفاوت دیدگاه‌ها بین سهامداران (به اصطلاح ناهماهنگی‌ها) در سلول‌های ماتریس نشان داده شده است. این جداول امکان ایجاد برنامه‌ای برای کاهش کسری‌ها و ناهماهنگی‌ها را فراهم می‌کند.

جدول ب-۳ جدول ناهماهنگی بین ذینفعان

ذینفع				ذینفع
S4	S3	S2	S1	
S1 و S4 سیستم‌های اندازه‌گیری یکسانی به اشتراک نمی‌گذارند	S1 و S2 ارزش‌های یکسانی به اشتراک نمی‌گذارند	S1 و S2 اهداف یکسانی به اشتراک نمی‌گذارند		S1
S2 و S4 در مورد داده‌ها توافق ندارند	S2 و S3 در مورد تفسیر رویه‌ها توافق ندارند			S2
S3 و S4 در تفسیر قوانین اختلاف‌نظر دارند				S3
				S4

ب-۳-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت رویکرد سیندینیک شامل موارد زیر است:

- رویکردی سیستمی، چندبعدی و چندرشته‌ای است؛
- آگاهی از ریسک‌پذیری بالقوه یک سیستم و ثبات آن را فراهم می‌کند؛
- جنبه‌های انسانی و سازمانی ریسک را در هر سطحی از مسئولیت در نظر می‌گیرد؛
- مفاهیم مکان و زمان را یکپارچه می‌کند؛
- راه‌حلهایی برای کاهش ریسک‌ها ارائه می‌دهد.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- تلاشی برای اولویت‌بندی منابع ریسک یا ریسک‌ها نمی‌کند؛
- اخیراً در صنعت انتشار یافته است. بنابراین، از همان بلوغ حاصل از تحولات گذشته مانند رویکردهای سنتی بهره نمی‌برد؛
- بسته به تعداد ذینفعان دخیل، می‌تواند به زمان و منابع قابل توجهی نیاز داشته باشد.

ب-۳-۲-۶ اسناد مرجع

[27] KERVERN, G-Y. Elements fondamentaux des cindyniques

[28] KERVERN, G-Y. Latest advances in cindynics

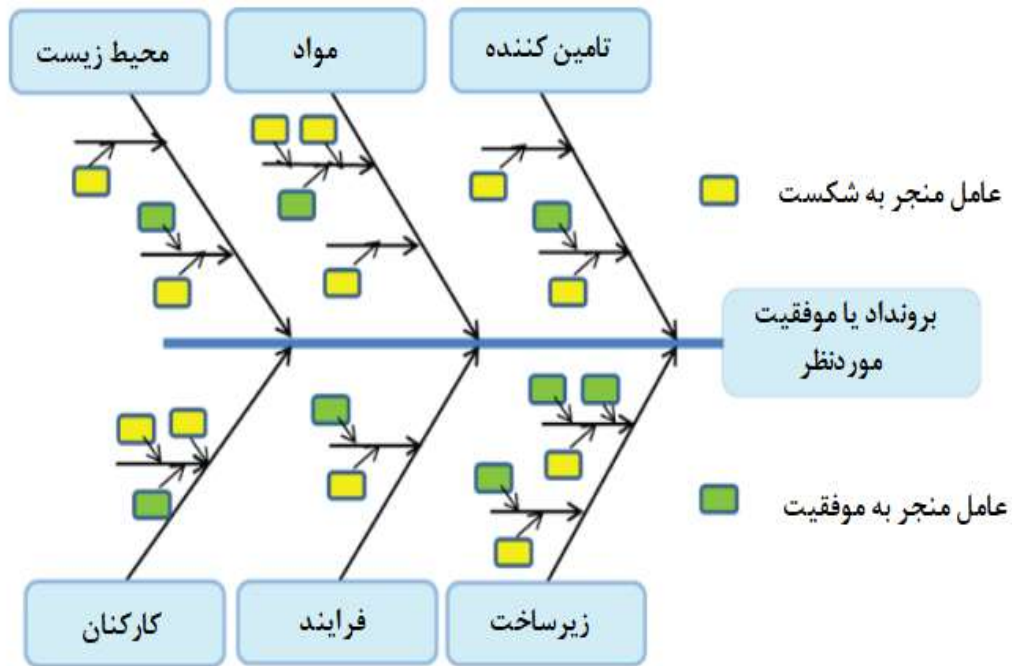
[29] KERVERN, G-Y. & BOULENGER, P. Cindyniques – Concepts et mode d'emplo

ب-۳-۳ روش تحلیل ایشیکاوا (استخوان ماهی)

ب-۳-۳-۱ مرور کلی

تحلیل ایشیکاوا از یک رویکرد تیمی برای شناسایی علل احتمالی هر رویداد، اثر، موضوع یا موقعیت مطلوب یا نامطلوب استفاده می‌کند. عوامل احتمالی کمک‌کننده به دسته‌های وسیعی سازماندهی می‌شوند تا علل انسانی، فنی و سازمانی را پوشش دهند. اطلاعات در نمودار استخوان ماهی (که ایشیکاوا نیز نامیده می‌شود) نشان داده شده است (به شکل ب-۱ مراجعه شود). مراحل اصلی در انجام تحلیل به شرح زیر است:

- اثر مورد تجزیه و تحلیل را تعیین نموده و آن را در یک جعبه به عنوان سر نمودار استخوان ماهی قرار دهید. اثر می‌تواند مثبت (یک هدف) یا منفی (یک مشکل) باشد؛
 - در مورد طبقه‌بندی‌های اصلی علل به توافق رسیده شود. نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌های رایج عبارتند از:
 - 6Ms، به عنوان مثال، روش‌ها، ماشین‌آلات، مدیریت، مواد، نیروی انسانی، پول؛
 - مواد، روش‌ها و فرایندها، محیط، تجهیزات، افراد، اندازه‌گیری‌ها.
- یادآوری** - می‌توان از هر مجموعه‌ای از مقوله‌های توافق‌شده که متناسب با شرایط مورد تجزیه و تحلیل باشد استفاده کرد. شکل ب-۱ امکان دیگری را نشان می‌دهد.
- در مورد این که «چرا؟» و «چگونه ممکن است رخ دهد؟» سوال پرسیده شود، به‌طور مکرر علل و عوامل مؤثر در هر طبقه کشف شود و هر کدام به استخوان‌های نمودار استخوان ماهی اضافه شود؛
 - همه شاخه‌ها بررسی شود تا سازگاری و کامل بودن تأیید شده و اطمینان حاصل شود که علل در اثر اصلی اعمال می‌شوند؛
 - مهمترین عوامل بر اساس نظر تیم و شواهد موجود شناسایی شود.



شکل ب-۱ نمونه‌ای از نمودار ایشیکاوا (استخوان ماهی)

نمودار اغلب در یک سناریوی کارگاهی توسعه می‌یابد.

ب-۳-۳-۲ استفاده

تحلیل ایشیکاوا را می‌توان در هنگام انجام تجزیه و تحلیل علت اصلی رویدادهایی که رخ داده‌اند، یا برای شناسایی عواملی که ممکن است در نتایجی که هنوز رخ نداده‌اند، استفاده کرد. این روش می‌تواند برای بررسی موقعیت‌ها در هر سطحی در یک سازمان در هر مقیاس زمانی، مورد استفاده قرار گیرد.

نمودارها معمولاً به صورت کیفی استفاده می‌شوند. می‌توان بر اساس میزان اعتقاد به ارتباط آن‌ها، احتمالات را به علل عمومی و متعاقباً به علل فرعی نسبت داد. با این حال، عوامل کمکی اغلب بر اثر متقابل اثر می‌گذارند و به روش‌های پیچیده‌ای به آن کمک می‌کنند و ممکن است دلایل ناشناخته‌ای وجود داشته باشد که کمی‌سازی را نامعتبر می‌کند.

ب-۳-۳-۳ درونداد

درونداد، تخصص و تجربه شرکت‌کنندگان و درک وضعیت مورد بررسی، می‌باشد.

ب-۳-۳-۴ برونداد

برونداد، درک علل اثر در حال تجزیه و تحلیل، معمولاً به عنوان یک استخوان ماهی یا نمودار ایشیکاوا نمایش داده می‌شود. نمودار استخوان ماهی با نشان دادن طبقه‌بندی‌های اصلی به عنوان استخوان‌های اصلی از ستون فقرات ماهی با شاخه‌ها و شاخه‌های فرعی ساخته می‌شود که علل فرعی خاص‌تری را در آن دسته‌ها توصیف می‌کنند.

ب-۳-۳-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت فن ایشیکاوا شامل موارد زیر است:

- مشارکت را تشویق می‌کند و از دانش گروهی استفاده می‌کند؛
- یک رویکرد متمرکز برای توفان ذهنی یا فنون شناسایی مشابه ارائه می‌دهد؛
- می‌توان آن را در گستره وسیعی از موقعیت‌ها اعمال کرد؛
- تجزیه و تحلیل ساختاریافته علت را با برونداد گرافیکی آسان برای خواندن فراهم می‌کند؛
- به افراد اجازه می‌دهد مشکلات را در یک محیط بی‌طرف گزارش کنند؛
- می‌توان از آن برای شناسایی عوامل کمک‌کننده به اثرات موردنظر و همچنین اثرات ناخواسته استفاده کرد.

یادآوری- تمرکز مثبت می‌تواند مالکیت و مشارکت بیشتر را تشویق کند.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- تفکیک عوامل علی به مقوله‌های اصلی در آغاز تحلیل به این معنی است که تعاملات بین مقوله‌ها ممکن است به اندازه کافی در نظر گرفته نشود؛
- علل بالقوه‌ای که توسط دسته‌های انتخاب‌شده پوشش داده نشده‌اند، شناسایی نشده‌اند.

ب-۳-۳-۶ اسناد مرجع

[30] ISHIKAWA, K. Guide to Quality Contro

همچنین به استاندارد IEC 62740 [۱۶] برای سایر فنون تحلیل علی مراجعه شود.

ب-۴ فنون تجزیه و تحلیل واپایش‌ها

ب-۴-۱ کلیات

از فنون بند ب-۴ می‌توان برای بررسی مناسب و کافی بودن واپایش‌ها استفاده کرد.

تحلیل پاپیون (به زیربند ب-۴-۲ مراجعه شود) و LOPA^۱ (به زیربند ب-۴-۴ مراجعه شود) موانع بین منبع ریسک و پیامدهای احتمالی آن را شناسایی می‌کنند و می‌توانند برای بررسی کافی بودن موانع استفاده شوند.

HACCP^۲ (به زیربند ب-۴-۳ مراجعه شود) در فرایندی به دنبال نقاطی است که در آن شرایط را می‌توان پایش نموده و هنگامی که نشانه‌ای از تغییر شرایط وجود دارد، واپایش‌ها را معرفی کند.

1- Layers of Protection Analysis

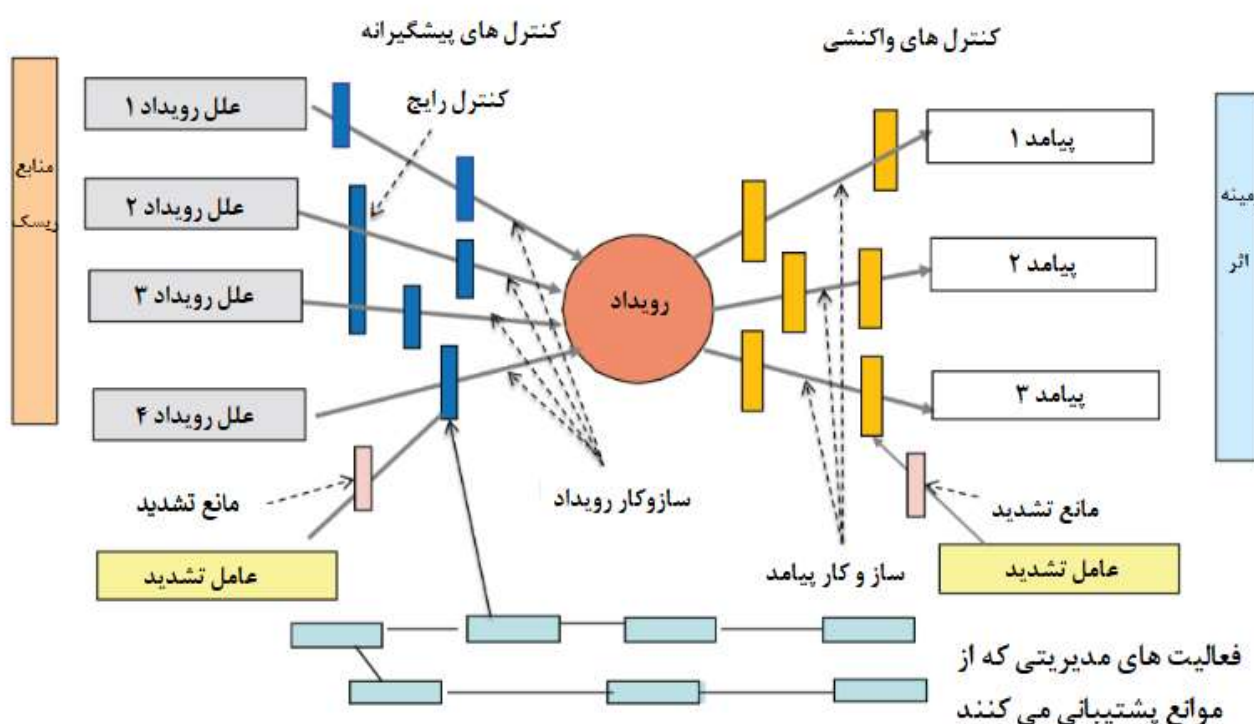
2- Hazard Analysis and Critical Control Points

تحلیل درخت رویداد (به زیربند ب-۵-۶ مراجعه شود) هم‌چنین می‌تواند به عنوان یک ابزار کمی برای تجزیه و تحلیل واپایش‌ها با محاسبه تأثیر واپایش‌های مختلف بر احتمال پیامد، استفاده شود. هر فن تحلیل علی می‌تواند به عنوان مبنایی برای بررسی این‌که آیا هر علتی واپایش شده است، استفاده شود.

ب-۴-۲ تحلیل پاپیونی

ب-۴-۲-۱ مرور کلی

پاپیون تصویری گرافیکی از مسیرهایی است که از علل یک رویداد به پیامدهای آن می‌گذرد. واپایش‌هایی را نشان می‌دهد که محتمل‌گزینه وقوع رویداد را تغییر می‌دهند و آن‌هایی را که در صورت وقوع رویداد، پیامدهای آن را تغییر می‌دهند. می‌توان آن را به عنوان یک نمایش ساده از درخت خطا یا درخت موفقیت (تحلیل علت یک رویداد) و درخت رویداد (تحلیل پیامدها) در نظر گرفت. نمودارهای پاپیون را می‌توان با شروع از درختان خطا و رویداد ایجاد کرد، اما اغلب به‌طور مستقیم توسط یک تیم در یک سناریوی کارگاهی ترسیم می‌شود.



شکل ب-۲ نمونه‌ای از پاپیون

پاپیون به صورت زیر کشیده می‌شود.

- رویداد موردعلاقه با گره مرکزی پاپیون نشان داده می‌شود، به شکل ب-۲ مراجعه شود؛

- منابع ریسک (یا خطرات/تهدیدها در بافتار ایمنی) در سمت چپ گره فهرست شده‌اند و با خطوطی که سازوکارهای مختلفی را نشان می‌دهند که منابع ریسک می‌توانند منجر به رویداد شوند به گره متصل می‌شوند؛
- موانع یا واپایش برای هر سازوکار به صورت میله‌های عمودی در سراسر خطوط نشان داده شده است؛
- در سمت راست خطوط گره ترسیم می‌شوند تا از رویداد به هر پیامد احتمالی منشعب شود؛
- بعد از رویداد، میله‌های عمودی نشان‌دهنده واپایش‌های واکنشی یا موانعی هستند که پیامدها را تغییر می‌دهند؛
- عواملی که ممکن است باعث شکست واپایش‌ها شوند (عوامل تشدید) به همراه واپایش‌هایی برای عوامل تشدید اضافه می‌شوند؛
- کارکردهای مدیریتی که از واپایش‌ها پشتیبانی می‌کنند (مانند آموزش و بازرسی) را می‌توان در زیر پایون نشان داد و به واپایش مربوطه مرتبط کرد.

درجایی که مسیرها مستقل هستند، احتمال یک پیامد یا نتیجه خاص شناخته شده است و احتمال شکست یک واپایش را می‌توان برآورد کرد، برخی از سطوح کمی از نمودار پایون می‌تواند امکان‌پذیر باشد. با این حال، در بسیاری از موقعیت‌ها، مسیرها و موانع مستقل نیستند و واپایش‌ها ممکن است روشی باشند و اثربخشی آن‌ها نامشخص باشد. کمی‌سازی اغلب با استفاده از تجزیه و تحلیل درخت خطا (به زیربند ب-۵-۷ مراجعه شود) و تجزیه و تحلیل درخت رویداد (به زیربند ب-۵-۶ مراجعه شود) یا LOPA (به زیربند ب-۴-۴ مراجعه شود) به‌طور مناسب‌تری انجام می‌شود.

ب-۴-۲-۲ استفاده

تحلیل پایون برای نمایش و انتقال اطلاعات در مورد ریسک‌ها در شرایطی که یک رویداد دارای گستره وسیعی از علل و پیامدهای احتمالی است، استفاده می‌شود. می‌توان از آن برای کشف جزئیات علل و پیامدهای رویدادهایی که به شکل ساده در یک ثبت ریسک (به زیربند ب-۱۰-۲ مراجعه شود) ثبت می‌شود، استفاده کرد. به ویژه برای تجزیه و تحلیل رویدادهایی با پیامدهای جدی‌تر استفاده می‌شود. پایون هنگام ارزیابی واپایش‌ها استفاده می‌شود تا بررسی شود که آیا هر مسیر از علتی به رویداد و رویدادی به پیامد دیگر دارای واپایش‌های مؤثری است و این‌که عواملی که می‌توانند باعث شکست واپایش‌ها شوند (از جمله خرابی سیستم‌های مدیریتی) شناسایی می‌شوند. می‌توان از آن به عنوان مبنایی برای ثبت اطلاعات در مورد یک ریسک استفاده کرد که با نمایش خطی ساده یک ثبت ریسک مطابقت ندارد. می‌توان آن را به‌طور فعال برای درنظر گرفتن رویدادهای بالقوه و هم‌چنین به‌صورت گذشته‌نگر برای مدل‌سازی رویدادهایی که قبلاً رخ داده‌اند مورد استفاده قرار داد.

پایون زمانی استفاده می‌شود که وضعیت پیچیدگی تحلیل درخت خطا و تحلیل درخت رویداد را تضمین نمی‌کند، اما پیچیده‌تر از آن است که بتوان با یک مسیر علت-رویداد-نتیجه نشان داد.

برای برخی از موقعیت‌ها می‌توان پاپیون‌های آبخاری ایجاد کرد که در آن پیامد یک رویداد علت رویداد بعدی می‌شود.

ب-۴-۲-۳ درونداد

درونداد شامل اطلاعاتی در مورد علل و پیامدهای رویداد از پیش تعریف‌شده و واپایش‌هایی است که ممکن است آن را تغییر دهند. این اطلاعات ممکن است از برونداد فنون شناسایی ریسک‌ها و واپایش‌ها یا از تجربه افراد گرفته شود.

ب-۴-۲-۴ برونداد

برونداد یک نمودار ساده است که مسیرهای اصلی ریسک، واپایش‌های موجود و عواملی که ممکن است منجر به شکست واپایش شود را نشان می‌دهد. همچنین پیامدهای بالقوه و اقداماتی را که می‌توان پس از وقوع رویداد برای اصلاح آن‌ها انجام داد را نشان می‌دهد.

ب-۴-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت تحلیل پاپیون شامل موارد زیر است:

- درک آن ساده است و نمایش تصویری واضحی از یک رویداد و علل و پیامدهای آن ارائه می‌دهد؛
- توجه را بر واپایش‌هایی که قرار است وجود داشته باشند و اثربخشی آن‌ها متمرکز می‌کند؛
- می‌توان از آن برای پیامدهای مطلوب و همچنین پیامدهای نامطلوب استفاده کرد؛
- برای استفاده نیازی به تخصص بالایی ندارد.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- یک پاپیون نمی‌تواند موقعیتی را به تصویر بکشد که در آن مسیرهای علل، نسبت به رویداد مستقل نیستند (یعنی جایی که دروازه‌های AND در درخت خطا وجود دارد)؛
- می‌تواند موقعیت‌های پیچیده را بیش از حد ساده‌سازی کند، به‌ویژه در جاهایی که کمیت‌سازی انجام می‌شود.

ب-۴-۲-۶ اسناد مرجع

[31] LEWIS, S. SMITH, K., Lessons learned from real world application of the bow-tie method.

[31]

[32] HALE, A. R., GOOSSENS L.H.J., ALE, B.J.M., BELLAMY L.A. POST J. Managing safety barriers and controls at the workplace

[33] MCCONNELL, P. and DAVIES, M. Scenario Analysis under Basel II

ب-۴-۳ تحلیل خطر و نقاط واپایش بحرانی

ب-۴-۳-۱ مرور کلی

تحلیل خطر و نقاط واپایش بحرانی (HACCP) برای اطمینان از ایمنی مواد غذایی برای برنامه فضایی NASA^۱ تدوین شده است، اما می‌تواند برای فرایندها یا فعالیت‌های غیر غذایی استفاده شود. این فن ساختاری را برای شناسایی منابع ریسک (خطرات یا تهدیدات) و اعمال واپایش‌ها در تمام بخش‌های مرتبط فرایند برای محافظت در برابر آن‌ها فراهم می‌کند. HACCP در سطوح عملیاتی استفاده می‌شود، اگرچه نتایج آن می‌تواند راهبرد کلی سازمان را پشتیبانی کند. هدف HACCP این است که اطمینان حاصل کند که ریسک‌ها با پایش و واپایش در طول فرایند به جای بازرسی در پایان فرایند به حداقل می‌رسد.

HACCP از هفت اصل زیر تشکیل شده است:

- ۱- شناسایی خطرات، عوامل موثر بر ریسک و سنجه‌های پیشگیرانه احتمالی؛
- ۲- تعیین نقاطی در فرایند که در آن پایش امکان‌پذیر بوده و فرایند می‌تواند برای به حداقل رساندن تهدیدها واپایش شود (نقاط واپایش بحرانی یا CCPs)؛
- ۳- تعیین محدودیت‌های بحرانی برای پارامترهایی که باید پایش شوند، یعنی هر CCP بهتر است در پارامترهای خاصی عمل کند تا اطمینان حاصل شود که ریسک واپایش می‌شود؛
- ۴- روش‌های اجرایی را برای پایش محدودیت‌های بحرانی برای هر CCP در فواصل زمانی مشخص ایجاد شود؛
- ۵- اقدامات اصلاحی برای استفاده، زمانی که فرایند خارج از محدودیت‌های تعیین‌شده قرار می‌گیرد، ایجاد شود؛
- ۶- روش‌های اجرایی تأیید را ایجاد شود؛
- ۷- روش‌های اجرایی نگهداری سوابق و مستندسازی برای هر مرحله اجرا شود.

ب-۴-۳-۲ استفاده

HACCP در اکثر کشورها برای سازمان‌هایی که در هر نقطه از زنجیره غذایی، از برداشت تا مصرف، برای واپایش ریسک‌های ناشی از آلاینده‌های فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی فعالیت می‌کنند، الزامی است. این برای استفاده در ساخت داروها، تجهیزات پزشکی و در سایر مناطقی که ریسک‌های بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی ذاتی سازمان است، گسترش یافته است.

1- National Aeronautics and Space Administration
2- Critical Control Points

اصل این فن شناسایی منابع ریسک مرتبط با کیفیت برون داد یک فرایند و تعریف نقاطی در آن فرایند است که بتوان پارامترهای حیاتی را پایش کرد و منابع ریسک را واپایش کرد. این را می توان به بسیاری از فرایندهای دیگر، از جمله فرایندهای مالی، تعمیم داد.

ب-۴-۳-۳ درون داد

درون دادها عبارتند از:

- نمودار جریان اصلی یا نمودار فرایند؛
- اطلاعات مربوط به منابع ریسک که ممکن است بر کیفیت، ایمنی یا قابلیت اطمینان محصول یا برون داد فرایند تأثیر بگذارد؛
- اطلاعات در مورد نقاطی از فرایند که در آن شاخص ها می توانند پایش شوند و واپایش ها می توانند معرفی شوند.

ب-۴-۳-۴ برون داد

برون دادها شامل سوابق، شامل کاربرگ تجزیه و تحلیل خطر و طرح HACCP است.

- کاربرگ تجزیه و تحلیل خطر برای هر مرحله از فرایند فهرست می کند:
- خطرانی که می تواند در آن مرحله معرفی، واپایش یا تشدید شود؛
- آیا خطرات دارای ریسک قابل توجهی هستند (بر اساس در نظر گرفتن پیامد و احتمال با استفاده از ترکیبی از تجربه، داده ها و ادبیات فنی)؛
- توجیهی برای رتبه بندی اهمیت؛
- اقدامات پیشگیرانه ممکن برای هر خطر؛
- آیا سنجه های پایشی یا واپایشی را می توان در این مرحله اعمال کرد (یعنی آیا CCP است؟).
- طرح HACCP روش هایی را که باید برای اطمینان از واپایش یک طرح، محصول، فرایند یا روش اجرایی خاص دنبال شود، مشخص می کند. این طرح شامل فهرستی از همه CCPs ها و برای هر فهرست CCP است:
- محدودیت های بحرانی برای اقدامات پیشگیرانه؛
- پایش و فعالیت های واپایش مستمر (شامل این که چه پایشی، چگونه و چه زمانی و توسط چه کسی انجام خواهد شد)؛
- اقدامات اصلاحی مورد نیاز در صورت تشخیص انحراف از حدود بحرانی؛
- فعالیت های راستی آزمایی و ثبت سوابق.

ب-۴-۳-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت HACCP شامل موارد زیر است:

- HACCP یک فرایند ساختاریافته است که شواهد مستندی را برای واپایش کیفیت و هم‌چنین شناسایی و کاهش ریسک‌ها ارائه می‌دهد؛
 - بر روی جنبه‌های عملی تمرکز می‌کند که چگونه و کجا، در یک فرایند، منابع ریسک را می‌توان یافت و ریسک را واپایش کرد؛
 - به جای اتکا به بازرسی محصول نهایی، واپایش ریسک را در سراسر فرایند فراهم می‌کند؛
 - توجه را به ریسکی که از طریق اقدامات انسانی وارد می‌شود و این‌که چگونه می‌توان آن را در نقطه معرفی یا پس از آن واپایش کرد، جلب می‌کند.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- HACCP مستلزم آن است که ریسک‌ها شناسایی شوند، ریسک‌هایی که آن‌ها را نشان می‌دهند، تعریف شده و اهمیت آن‌ها به عنوان دروندادهای فرایند درک شود. واپایش‌های مناسب نیز باید تعریف شود. HACCP ممکن است نیاز به ترکیب با ابزارهای دیگر برای ارائه این دروندادها داشته باشد.
- انجام اقدامات تنها زمانی که پارامترهای واپایشی از حد تعریف شده، فراتر می‌روند، می‌توانند تغییرات تدریجی در پارامترهای واپایشی را که از نظر آماری معنی‌دار هستند، از دست بدهد و از این رو بهتر است اقدام شود.

ب-۴-۳-۶ اسناد مرجع

[34] ISO 22000, Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain

[35] Food Quality and Safety Systems – A Training Manual on Food Hygiene and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System

ب-۴-۴ تحلیل لایه‌های حفاظتی

ب-۴-۴-۱ مرور کلی

LOPA کاهش ریسک را که با مجموعه‌ای از واپایش‌ها به دست می‌آید، تجزیه و تحلیل می‌کند. می‌توان آن را به عنوان مورد خاص از درخت رویداد (به زیربند ب-۵-۶ مراجعه شود) در نظر گرفت و گاهی اوقات به عنوان یک مطالعه HAZOP (به زیربند ب-۲-۴ مراجعه شود) انجام می‌شود.

یک جفت علت و نتیجه از لیستی از ریسک‌های شناسایی شده انتخاب می‌شود و لایه‌های حفاظتی مستقل IPL^۱ شناسایی می‌شوند. IPL دستگاه، سیستم یا اقدامی است که قادر است از پیشروی یک سناریو به

1- Independent Protection Layer

پیامدهای نامطلوب آن جلوگیری کند. هر IPL بهتر است مستقل از رویداد علی یا هر لایه حفاظتی مرتبط با سناریو باشد و توصیه می‌شود قابل ممیزی باشد. IPLها عبارتند از:

- ویژگی‌های طراحی؛
- وسایل حفاظت فیزیکی؛
- سیستم‌های به‌هم‌پیچیده و خاموش‌کننده؛
- هشدارهای بحرانی و مداخله دستی؛
- حفاظت فیزیکی پس از رویداد؛
- سیستم‌های پاسخ اضطراری.

روش‌های اجرایی و/یا بازرسی‌های استاندارد، مستقیماً مانعی برای شکست ایجاد نمی‌کنند، بنابراین به طور کلی نباید به عنوان IPL در نظر گرفته شود. احتمال شکست هر IPL تخمین زده می‌شود و برای تعیین این که آیا حفاظت کلی برای کاهش ریسک به سطح قابل تحمل کافی است یا خیر، یک محاسبه بزرگی انجام می‌شود.

فراوانی وقوع پیامدهای نامطلوب را می‌توان با ترکیب فراوانی علت آغازگر با احتمال شکست هر IPL، با در نظر گرفتن هر گونه اصلاح‌کننده شرطی، یافت. (نمونه‌ای از تعدیل‌کننده شرطی این است که آیا شخص حضور خواهد داشت و ممکن است تحت تأثیر قرار گیرد یا خیر) مرتبه‌های قدر برای فرکانس‌ها و احتمالات استفاده می‌شود.

ب-۴-۴-۲ استفاده

LOPA می‌تواند به صورت کیفی برای بررسی لایه‌های حفاظتی بین یک عامل علی و یک پیامد استفاده شود. همچنین می‌تواند به صورت کمی برای تخصیص منابع به درمان‌ها با تجزیه و تحلیل کاهش ریسک تولیدشده توسط هر لایه حفاظتی مورد استفاده قرار گیرد. می‌توان آن را برای سیستم‌هایی با افق زمانی بلندمدت یا کوتاه مدت اعمال کرد و معمولاً در مقابله با ریسک‌های عملیاتی استفاده می‌شود.

LOPA همچنین می‌تواند به صورت کمی برای مشخصات IPL ها و سطوح یکپارچگی ایمنی (سطوح SIL)^۱ برای سیستم‌های ابزار دقیق، همانطور که در IEC 61508 (همه قطعات) و در IEC 61511 (همه قطعات) توضیح داده شده است، استفاده شود و نشان دهد که یک SIL مشخص به دست آمده است.

یادآوری - SIL یک سطح گسسته (یکی از چهار مورد ممکن) برای تعیین قابلیت اطمینان مورد نیاز یک سیستم مرتبط با ایمنی است. سطح ۴ دارای بالاترین سطح یکپارچگی ایمنی و سطح ۱ دارای کمترین سطح است.

ب-۴-۴-۳ درونداها

درونداهای LOPA عبارتند از:

- اطلاعات اولیه در مورد منابع، علل و پیامدهای رویدادها؛
- اطلاعات در مورد واپایش‌های موجود یا درمان‌های پیشنهادی؛
- فراوانی رویداد علی، و احتمال شکست لایه‌های حفاظتی، معیارهای پیامد و تعریف ریسک قابل تحمل.

ب-۴-۴-۴ برون‌دادها

بروندادها توصیه‌هایی برای هرگونه درمان و برآورد ریسک باقیمانده هستند.

ب-۴-۴-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت LOPA شامل موارد زیر است:

- به زمان و منابع کمتری نسبت به تحلیل درخت رویداد یا ارزیابی ریسک کاملاً کمی، نیاز دارد، اما نسبت به قضاوت‌های کیفی ذهنی دقیق‌تر است؛
- به شناسایی و تمرکز منابع روی حیاتی‌ترین لایه‌های حفاظتی کمک می‌کند؛
- عملیات، سیستم‌ها و فرایندهایی را که حفاظت کافی برای آن‌ها وجود ندارد، شناسایی می‌کند؛
- بر جدی‌ترین پیامد تمرکز می‌کند.

محدودیت‌های LOPA شامل موارد زیر است:

- روی یک جفت علت-پیامد و یک سناریو در یک زمان تمرکز می‌کند. تعاملات پیچیده بین ریسک‌ها یا بین واپایش‌ها پوشش داده نمی‌شود؛
- هنگامی که به صورت کمی استفاده می‌شود، ممکن است خرابی‌های حالت رایج را به حساب نیاورد؛
- در مورد سناریوهای بسیار پیچیده که در آن جفت‌های علت و پیامد زیادی وجود دارد یا در مواردی که پیامدهای مختلفی وجود دارد که بر سهامداران مختلف تأثیر می‌گذارد، اعمال نمی‌شود.

ب-۴-۴-۶ اسناد مرجع

[36] IEC 61508 (all parts), Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

[37] IEC 61511 (all parts), Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector

[38] Layer of protection analysis – Simplified process risk assessment

ب-۵ فنونی برای درک پیامدها و محتمل‌گزینی

ب-۵-۱ مرور کلی

هدف فنون توضیح داده شده در بند ب-۵، ارائه درک بیشتر از پیامدها و محتمل‌گزینی آن است. به طور کلی پیامدها را می‌توان با موارد زیر بررسی کرد:

- آزمایش، مانند مطالعات سلولی برای کشف پیامدهای قرار گرفتن در معرض سموم با نتایج اعمال شده در مورد ریسک‌های سلامتی انسان و محیط زیست؛
 - تحقیق در مورد رویدادهای گذشته، شامل مطالعات اپیدمیولوژیک؛
 - مدل‌سازی برای تعیین روشی که در آن پیامدها به دنبال برخی پیشران‌ها ایجاد می‌شوند، و این‌که چگونه این به واپایش‌های موجود بستگی دارد. این می‌تواند شامل مدل‌های ریاضی یا مهندسی و روش‌های منطقی مانند تحلیل درخت رویداد (به زیربند ب-۵-۶ مراجعه شود) باشد؛
 - فنونی برای تشویق تفکر تخیلی مانند تحلیل سناریو (به زیربند ب-۲-۵ مراجعه شود).
- محتمل‌گزینی وقوع رویداد یا پیامد خاص را می‌توان با موارد زیر تخمین زد:
- برون‌یابی از داده‌های قدیمی (به شرطی که داده‌های قدیمی مرتبط کافی وجود داشته باشد تا تحلیل از نظر آماری معتبر باشد). این امر مخصوصاً برای موارد صفر صدق می‌کند، زمانی که نمی‌توان فرض کرد که چون یک رویداد یا پیامد در گذشته رخ نداده است، در آینده نزدیک نیز رخ نخواهد داد؛
 - ترکیب از داده‌های مربوط به شکست یا میزان موفقیت اجزای سیستم: با استفاده از فنونی مانند تحلیل درخت رویداد (به زیربند ب-۵-۶ مراجعه شود)، تحلیل درخت خطا (به زیربند ب-۵-۷ مراجعه شود) یا تحلیل علت-پیامد (به زیربند ب-۵-۵ مراجعه شود)؛
 - فنون شبیه‌سازی، برای تولید، به عنوان مثال، احتمال خرابی تجهیزات و سازه به دلیل پیری و سایر فرایندهای تخریب.
- می‌توان از کارشناسان خواست نظر خود را در مورد محتمل‌گزینی‌ها و پیامدها با در نظر گرفتن اطلاعات مرتبط و داده‌های قدیمی بیان کنند. تعدادی روش رسمی برای استخراج قضاوت متخصص وجود دارد که استفاده از قضاوت را قابل‌مشاهده و صریح می‌کند (به زیربند ب-۱ مراجعه کنید).
- پیامد و محتمل‌گزینی را می‌توان با هم ترکیب کرد تا سطحی از ریسک را به دست آورد. این می‌تواند برای ارزیابی اهمیت یک ریسک با مقایسه سطح ریسک با معیاری برای مقبولیت، یا قرار دادن ریسک‌ها در یک ترتیب رتبه‌بندی استفاده شود.
- فنون ترکیب مقادیر کیفی پیامد و محتمل‌گزینی شامل روش‌های شاخص (به زیربند ب-۸-۶ مراجعه شود) و ماتریس‌های پیامد/محتمل‌گزینی (به زیربند ب-۱۰-۳ مراجعه شود) است. یک معیار واحد از ریسک نیز می‌تواند از توزیع احتمال پیامدها تولید شود (به عنوان مثال VaR (به زیربند ب-۷-۲ مراجعه شود) و CVaR (به زیربند ب-۷-۳ مراجعه شود) و منحنی S (به زیربند ب-۱۰-۴ مراجعه شود) را ببینید).

ب-۵-۲ تحلیل بیز

ب-۵-۲-۱ مرور کلی

در مواردی که هم داده و هم اطلاعات ذهنی وجود دارد با مشکلاتی مواجه می‌شویم. تحلیل بیز امکان استفاده از هر دو نوع اطلاعات را در تصمیم‌گیری فراهم می‌کند. تحلیل بیز مبتنی بر قضیه‌ای است که به کشیش توماس بیز (۱۷۶۰) نسبت داده شده است. در ساده‌ترین حالت، قضیه بیز یک مبنای احتمالی برای تغییر نظر در پرتو شواهد جدید فراهم می‌کند. به طور کلی در فرمول (۱) بیان می‌شود:

(۱)

$$\Pr(A|B) = \frac{\Pr(B|A)\Pr(A)}{\Pr(B)}$$

که در آن:

$\Pr(A)$ ارزیابی قبلی احتمال A است؛

$\Pr(B)$ ارزیابی قبلی احتمال B است؛

$\Pr(A|B)$ احتمال A با توجه به این که B رخ داده است (ارزیابی قبلی) است؛

$\Pr(B|A)$ احتمال B داده شده A رخ داده است.

قضیه بیز را می‌توان گسترش داد تا چندین رویداد را در یک فضای نمونه خاص دربرگیرد.

به عنوان مثال، فرض کنید برخی از داده‌ها، D، داریم که می‌خواهیم از آن‌ها برای به‌روزرسانی درک قبلی خود (یا عدم وجود آن) از ریسک استفاده کنیم. ما می‌خواهیم از این داده‌ها برای ارزیابی شایستگی نسبی تعدادی (N) از فرضیه‌های رقیب و غیرهمپوشانی استفاده کنیم، که با H_n نشان خواهیم داد (که در آن $n=1,2,\dots,N$). سپس از قضیه بیز می‌توان برای محاسبه احتمال فرضیه j با استفاده از فرمول (۲) استفاده کرد:

(۲)

$$\Pr(H_j|D) = \Pr(H_j) \left(\frac{\Pr(D|H_j)}{\sum \Pr(H_n) \Pr(D|H_n)} \right)$$

که در آن:

$j=1,2,\dots,n$

این نشان می‌دهد که پس از محاسبه داده‌های جدید، احتمال به روز شده برای فرضیه j [یعنی $\Pr(H_j|D)$] با ضرب احتمال قبلی آن $\Pr(H_j)$ در کسر پراوتزی به دست می‌آید.

اگر فرضیه j درست باشد، صورت این کسری احتمال به دست آوردن این داده‌ها است. مخرج از «قانون احتمال کل» می‌آید - احتمال به دست آوردن این داده‌ها در صورتی که هر فرضیه یک به یک درست باشد. مخرج عامل عادی‌سازی است.

یک احتمال بیز را می‌توان راحت‌تر درک کرد اگر به عنوان درجه اعتقاد فرد به یک رویداد خاص در نظر گرفته شود در مقابل احتمال کلاسیک که مبتنی بر شواهد فیزیکی است.

ب-۵-۲-۲ استفاده

تحلیل بیز وسیله‌ای برای استنباط از داده‌ها، هم قضاوتی و هم تجربی است. روش‌های بیز را می‌توان برای استنباط برای پارامترها در مدل ریسک توسعه‌یافته برای یک بافتار خاص تدوین کرد. به عنوان مثال، احتمال یک رویداد، نرخ یک رویداد، یا زمان یک رویداد.

روش‌های بیز را می‌توان برای ارائه برآورد قبلی از یک پارامتر مورد علاقه بر اساس باورهای ذهنی استفاده کرد. توزیع احتمال قبلی معمولاً با داده‌های ذهنی مرتبط است زیرا نشان‌دهنده عدم قطعیت در وضعیت دانش است. یک پیشین می‌تواند تنها با استفاده از داده‌های ذهنی یا با استفاده از داده‌های مرتبط از موقعیت‌های مشابه ساخته شود. برآورد قبلی می‌تواند پیش‌بینی احتمالی محتمل‌گزینی وقوع یک رویداد را ارائه دهد و برای ارزیابی ریسکی که داده‌های تجربی برای آن وجود ندارد مفید باشد.

سپس داده‌های رویداد مشاهده‌شده را می‌توان با توزیع قبلی از طریق تحلیل بیز ترکیب کرد تا تخمینی از پارامتر ریسک موردعلاقه ارائه دهد.

قضیه بیز برای یکپارچه نمودن شواهد جدید در باورهای قبلی برای تشکیل یک برآورد به‌روز استفاده می‌شود.

تحلیل بیز می‌تواند هر دو برآورد نقطه‌ای و فاصله‌ای را برای پارامتر موردعلاقه ارائه دهد. این برآوردها عدم قطعیت‌های مرتبط با تغییرپذیری و وضعیت دانش را نشان می‌دهد. این برخلاف استنتاج فراوان‌گرا، کلاسیک است که نشان‌دهنده تغییرات تصادفی آماری در متغیر موردنظر است.

مدل احتمال زیربنای تحلیل بیز به کاربرد بستگی دارد. به عنوان مثال، یک مدل احتمال پواسون ممکن است برای رویدادهایی مانند تصادفات، عدم انطباق یا تحویل دیر هنگام استفاده شود، یا یک مدل احتمال دوجمله‌ای ممکن است برای موارد یکبار استفاده شود. به طور فزاینده‌ای ساخت یک مدل احتمال، برای نشان دادن روابط علی بین متغیرها در قالب یک شبکه بیز (به زیربند ب-۵-۳ مراجعه شود) رایج است.

ب-۵-۲-۳ دروندادها

دروندادهای تحلیل بیز، داده‌های قضاوتی و تجربی موردنیاز برای ساختار و کمی‌سازی مدل احتمال هستند.

ب-۵-۲-۴ بروندادها

همانند آمارهای کلاسیک، تحلیل بیز برآوردهایی را، هم اعداد و هم فواصل، برای پارامتر موردنظر ارائه می‌کند و می‌تواند برای گستره وسیعی از بروندادها اعمال شود.

ب-۵-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت به شرح زیر است:

- گزاره‌های استنباطی به راحتی قابل درک هستند؛
 - سازوکاری برای استفاده از باورهای ذهنی در مورد یک مشکل فراهم می‌کند؛
 - سازوکاری برای ترکیب باورهای قبلی با داده‌های جدید فراهم می‌کند.
- محدودیت‌ها به شرح زیر است:
- می‌تواند توزیع‌های پسینی تولید کند که به شدت به انتخاب قبلی وابسته است؛
 - حل مسائل پیچیده می‌تواند مستلزم هزینه‌های محاسباتی بالا و کار فشرده باشد.

ب-۵-۲-۶ اسناد مرجع

[39] GHOSH, J., DELAMPADY, M. and SAMANTA, T. An introduction to Bayesian analysis,

New York Springer-Verlag, 2006

[40] QUIGLEY, J.L., BEDFORD, T.J. and WALLS, L.A. Prior Distribution Elicitation

ب-۵-۳ شبکه‌های بیز و نمودارهای نفوذ

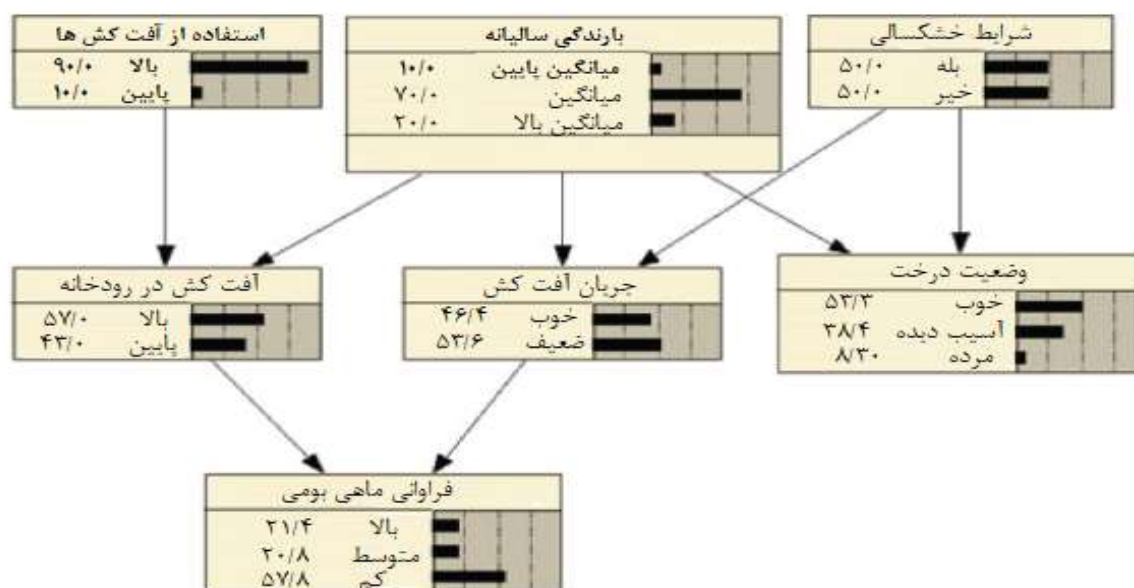
ب-۵-۳-۱ مرور کلی

یک شبکه بیز (Bayes' net یا BN)^۱ یک مدل گرافیکی است که گره‌های آن متغیرهای تصادفی (گسسته و یا پیوسته) را نشان می‌دهند (به شکل ب-۳ مراجعه شود). گره‌ها توسط کمان‌های جهت‌دار به هم متصل می‌شوند که نشان‌دهنده وابستگی‌های مستقیم (که اغلب اتصالات علی هستند) بین متغیرها هستند.

گره‌هایی که به گره X اشاره می‌کنند والدین آن نامیده می‌شوند و $pa(X)$ نشان داده می‌شوند. رابطه بین متغیرها با توزیع‌های احتمال شرطی (CPDs)^۲ مرتبط با هر گره، با $P(X|pa(X))$ تعیین می‌شود، که در آن وضعیت گره‌های فرزند به ترکیب مقادیر گره‌های والد بستگی دارد. در شکل ب-۳ احتمالات با برآورد نقطه‌ای نشان داده شده‌اند.

1 - Bayesian Network

2 - Conditional Probability Distributions



شکل ب-۳ یک شبکه پیز که یک نسخه ساده شده از یک مشکل محیط زیستی واقعی را نشان می دهد:

مدل سازی جمعیت ماهی های بومی در ویکتوریا، استرالیا

ب-۳-۵ استفاده

یک BN پایه شامل متغیرهایی است که رویدادهای نامطمئن را نشان می دهد و می تواند برای برآورد محتمل گزینی یا ریسک یا استنباط پیشران های اصلی ریسک که منجر به پیامدهای مشخص می شود، استفاده شود.

یک BN را می توان برای اقدامات تصمیم گیری و ارزش گذاری ها و همچنین عدم قطعیت ها گسترش داد، در این صورت به عنوان یک نمودار تأثیر شناخته می شود که می تواند برای ارزیابی تأثیر واپایش ها / کاهش ریسک یا ارزش گذاری گزینه های مداخله استفاده شود.

یک مدل BN می تواند به عنوان یک نمایش کیفی از یک مشکل توسط ذینفعان ساخته شود و سپس با استفاده از داده های مرتبط، شامل قضاوتی (مثلاً تجزیه و تحلیل ریسک مرکز توزیع دارو)، یا یک مدل BN را می توان فقط از داده های تجربی یاد گرفت (مانند موتورهای جستجوی وب، ریسک مالی). صرف نظر از شکل یک BN، سازوکار استنتاج، زیربنایی بر اساس قضیه پیز است و دارای خواص کلی تحلیل پیز (به زیربند ب-۵-۲ مراجعه شود) است.

BN در طیف گسترده ای از کاربردها استفاده شده است: شامل تصمیم گیری محیطی، تشخیص پزشکی، افزایش عمر زیرساخت های بحرانی، ریسک زنجیره تامین، مدل سازی تصویر توسعه محصول و فرایند جدید، ژنتیک، تشخیص گفتار، اقتصاد، اکتشاف فضا و در موتورهای جستجوی وب.

به‌طور کلی BN ها مدل‌های بصری را ارائه می‌دهند که از بیان مشکلات و ارتباط بین ذینفعان پشتیبانی می‌کند. مدل‌های BN اجازه می‌دهد تا تجزیه و تحلیل حساسیت انجام شود تا «چه می‌شود اگر؟» سناریوها ساخت ساختار کیفی BN را می‌توان با استفاده از نگاشت علی (به زیربند ب-۶-۱ مراجعه شود) پشتیبانی کرد و یک BN را می‌توان همراه با تحلیل سناریو (به زیربند ب-۲-۵ مراجعه شود) و تحلیل اثر متقاطع (به زیربند ب-۶-۲ مراجعه شود) استفاده کرد.

BN ها برای به‌دست آوردن درونداد و توافق سهامداران برای تصمیم‌گیری‌هایی که عدم اطمینان زیاد و اختلاف دیدگاه‌های ذینفعان وجود دارد، مفید هستند. نمایش به‌راحتی قابل درک است، اگرچه برای تولید آن به تخصص نیاز است.

BN ها می‌توانند برای ترسیم تحلیل‌های ریسک برای ذینفعان غیرفنی، با ترویج شفافیت مفروضات و فرایندها و با درمان عدم قطعیت به روشی که از نظر ریاضی درست باشد، مفید باشند.

ب-۵-۳-۳ دروندادها

دروندادهای BN نیازمند درک متغیرهای سیستم (گره‌ها)، پیوندهای علی بین آنها (قوس‌های جهت‌دار) و احتمالات قبلی و شرطی برای این روابط است.

در مورد نمودار نفوذ، ارزش‌گذاری‌ها نیز موردنیاز است (به عنوان مثال زیان مالی، صدمات و غیره).

ب-۵-۳-۴ بروندادها

BN ها توزیع‌های شرطی و حاشیه‌ای را در برونداد گرافیکی ارائه می‌کنند که به‌طور کلی تفسیر آن آسان است، حداقل در مقایسه با سایر مدل‌های جعبه سیاه. مدل BN و داده‌ها را می‌توان به‌راحتی تغییر داد تا به راحتی روابط را تجسم کند و حساسیت پارامترها را به ورودی‌های مختلف بررسی کند.

ب-۵-۳-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت BN شامل موارد زیر است:

- نرم‌افزار به‌راحتی در دسترس است که استفاده و درک نسبتاً آسانی دارد؛
- آن‌ها چارچوب شفافی دارند و قادر به اجرای سریع سناریوها و تحلیل حساسیت برونداد به مفروضات مختلف هستند؛
- آن‌ها می‌توانند باورهای ذهنی در مورد یک مشکل را همراه با داده‌ها شامل شوند؛ محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- تعریف همه تعاملات برای سیستم‌های پیچیده دشوار است، و زمانی که جداول احتمال شرطی بیش از حد بزرگ شوند، می‌تواند از نظر محاسباتی غیرقابل حل شود؛
- BN ها اغلب ثابت هستند و معمولاً شامل حلقه‌های بازخورد نیستند. با این حال، استفاده از BN های پویا در حال افزایش است؛

- تنظیم پارامترها مستلزم آگاهی از بسیاری از احتمالات شرطی است که عموماً توسط قضاوت متخصص ارائه می‌شود. BN ها فقط می‌توانند براساس این مفروضات پاسخ دهند (محدودیتی که در سایر فنون مدل‌سازی مشترک است)؛
- کاربر می‌تواند خطاهای درونداد را وارد کند، اما برون داد ممکن است هنوز پاسخی قابل‌باور بدهد. بررسی افراطی‌ها می‌تواند به یافتن خطاها کمک کند.

ب-۵-۳-۶ اسناد مرجع

- [41] NEIL, Martin and FENTON, Norman. Risk Assessment and Decision Analysis with Bayesian Networks CRC Press, 2012
- [42] JENSEN, F.V., NIELSEN T. D. Bayesian Networks and Decision Graphs, 2nd ed. Springer, New York, 2007
- [43] NICHOLSON, A., WOODBERRY O and TWARDY C, The "Native Fish" Bayesian networks. Bayesian Intelligence Technical Report 2010/3, 2010
- [44] NETICA TUTORIAL

ب-۵-۴ تحلیل تأثیر کسب‌وکار

ب-۵-۴-۱ مرور ملی

تحلیل تأثیر کسب‌وکار تجزیه و تحلیل می‌کند که چگونه حوادث و رویدادها می‌توانند بر عملیات یک سازمان تأثیر بگذارند، و قابلیت‌هایی را که برای مدیریت آن لازم است، شناسایی و کمی می‌کند. به‌طور خاص، یک BIA^۱ درک توافق‌شده‌ای از موارد زیر ارائه می‌دهد:

- اهمیت فرایندهای کلیدی کسب‌وکار، کارکردها و منابع مرتبط و وابستگی‌های متقابل کلیدی که برای یک سازمان وجود دارد؛
 - چگونه رویدادهای مخرب بر ظرفیت و قابلیت دستیابی به اهداف مهم کسب‌وکار تأثیر می‌گذارد؛
 - ظرفیت و قابلیت موردنیاز برای مدیریت تأثیر یک اختلال و بازیابی به سطوح موردتوافق عملیات.
- BIA را می‌توان با استفاده از پرسشنامه، مصاحبه، کارگاه‌های آموزشی ساختاریافته یا ترکیبی از هر سه انجام داد.

ب-۵-۴-۲ استفاده

BIA برای تعیین چارچوب‌های زمانی بحرانی و بازیابی فرایندها و منابع مرتبط (مانند افراد، تجهیزات و فناوری اطلاعات) استفاده می‌شود تا امکان طرح‌ریزی مناسب برای رویدادهای مخرب را فراهم کند. BIA

همچنین در تعیین وابستگی‌ها و روابط متقابل بین فرایندها، طرف‌های درون‌سازمانی و برون‌سازمانی و هر پیوند زنجیره‌تأمین کمک می‌کند.

همچنین می‌تواند به عنوان بخشی از تحلیل پیامد هنگام درنظ گرفتن پیامدهای رویدادهای مخرب استفاده شود.

BIA اطلاعاتی را ارائه می‌کند که به سازمان کمک می‌کند راهبردهای تداوم کسب‌وکار مناسب را تعیین و انتخاب کند تا پاسخ مؤثر و بازیابی از یک حادثه مخرب را ممکن کند.

ب-۴-۵-۳ دروندادها

دروندادها عبارتند از:

- اطلاعات مربوط به اهداف، جهت راهبرد، محیط، دارایی‌ها و وابستگی‌های متقابل سازمان؛
- مروری بر محصولات و خدمات تجاری سازمان و ارتباط آن‌ها با فرایندهای کسب‌وکار؛
- ارزیابی اولویت‌ها از بازنگری مدیریت قبلی؛
- جزئیات فعالیت‌ها و عملیات سازمان، شامل فرایندها، منابع، روابط با سایر سازمان‌ها، زنجیره‌تأمین، ترتیبات برون‌سپاری، و ذینفعان؛
- اطلاعاتی برای ارزیابی پیامدهای مالی، قانونی و عملیاتی از دست دادن فرایندهای بحرانی؛
- یک پرسشنامه آماده یا سایر ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات؛
- بروندادهای سایر ارزیابی ریسک و تجزیه و تحلیل رویدادهای مهم مربوط به نتایج حوادث مخرب؛
- فهرستی از افراد از مناطق مرتبط سازمان و/یا سهامدارانی که با آن‌ها تماس گرفته خواهد شد.

ب-۴-۵-۴ بروندادها

بروندادها عبارتند از:

- فهرست اولویت‌بندی‌شده از محصولات و خدمات سازمان؛
- اسنادی که جزئیات اطلاعات جمع‌آوری‌شده به عنوان درونداد را شرح می‌دهند؛
- فهرست اولویت‌بندی‌شده از فرایندهای بحرانی و وابستگی‌های متقابل مرتبط؛
- اثرات مستند از دست دادن فرایندهای بحرانی شامل اثرات مالی، قانونی، زیست‌محیطی و عملیاتی؛
- اطلاعات در مورد منابع و فعالیت‌های پشتیبانی‌کننده موردنیاز برای ایجاد مجدد فرایندهای بحرانی؛
- ارزیابی تأثیرات عدم ارائه آن محصولات و خدمات در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت؛
- چارچوب‌های زمانی اولویت‌بندی‌شده برای از سرگیری تحویل آن محصولات و خدمات در حداقل سطح مشخص، با درنظرگرفتن زمانی که پس از آن اثرات عدم از سرگیری آن‌ها غیرقابل قبول می‌شود؛

- فریم‌های زمانی قطع برای فرایند بحرانی و چارچوب‌های زمانی بازیابی فناوری اطلاعات مرتبط.

ب-۵-۴-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت BIA شامل موارد زیر است:

- درک عمیق از فرایندهای بحرانی که سازمان را قادر می‌سازد به اهداف خود دست یابد و می‌تواند زمینه‌هایی را برای بهبود کسب‌وکار نشان دهد؛

- اطلاعات موردنیاز برای طرح‌ریزی پاسخ سازمان به یک رویداد مخرب؛

- درک منابع کلیدی موردنیاز در صورت بروز اختلال؛

- فرصتی برای تعریف مجدد فرایند عملیاتی سازمان برای کمک به بهبود تاب‌آوری سازمان.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- BIA بر دانش و ادراک شرکت‌کنندگان دخیل در تکمیل پرسشنامه‌ها، یا در انجام مصاحبه‌ها یا کارگاه‌ها متکی است. این می‌تواند منجر به انتظارات ساده یا بیش از حد خوش‌بینانه در مورد نیازهای بازیابی شود؛

- پویایی گروه می‌تواند بر تحلیل کامل یک فرایند بحرانی تأثیر منفی بگذارد؛

- انتظارات ساده یا بیش از حد خوش‌بینانه از الزامات بازیابی می‌تواند وجود داشته باشد؛

- دستیابی به سطح کافی از درک عملیات و فعالیت‌های سازمان می‌تواند دشوار باشد.

ب-۵-۴-۶ اسناد مرجع

[45] ISO TS 22317, Societal security – Business continuity management systems – Guidelines for Business Impact Analysis

[46] ISO 22301, Societal security – Business continuity management systems – Requirements

ب-۵-۵ تحلیل علت-پیامد

ب-۵-۵-۱ مرور کلی

در برخی شرایط، رویدادی که می‌تواند توسط درخت خطا تحلیل شود، توسط CCA^۱ بهتر مورد تحلیل قرار می‌گیرد. مثلاً:

- اگر ایجاد توالی رویداد آسان‌تر از روابط علی است؛

- اگر FTA ممکن است بسیار بزرگ شود؛

- اگر تیم‌های جداگانه‌ای با بخش‌های مختلف تجزیه و تحلیل سروکار دارند.

در عمل اغلب اولین رویداد برتر نیست، بلکه رویدادهای بالقوه در رابط بین حوزه کارکردی و فنی است. به عنوان مثال، رویداد «از دست دادن خدمه یا وسیله نقلیه» را برای یک مأموریت فضاپیما در نظر بگیرید. به جای ساختن یک درخت خطای بزرگ بر ساس این رویداد بالا، رویدادهای نامطلوب میانی مانند خرابی احتراق یا شکست رانش را می توان به عنوان رویدادهای برتر تعریف کرد و به عنوان درخت های خطای جداگانه تحلیل کرد. سپس این رویدادهای برتر به نوبه خود به عنوان درونداد درختان رویداد برای تجزیه و تحلیل پیامدهای عملیاتی استفاده می شوند.

دو نوع CCA را می توان متمایز کرد، بسته به این که کدام قسمت از تجزیه و تحلیل بیشتر به شرایط مربوط است. هنگامی که دلایل دقیق مورد نیاز است اما توصیف کلی تری از پیامد قابل قبول است، بخش درخت خطا تجزیه و تحلیل گسترش می یابد و تجزیه و تحلیل به عنوان CCA-SELF^۱ (درخت رویداد کوچک درخت خطای بزرگ) نامیده می شود. هنگامی که توصیف دقیق پیامد مورد نیاز است، اما علت را می توان با جزئیات کمتر در نظر گرفت، تجزیه و تحلیل به عنوان CCA-LESF^۲ (درخت رویداد بزرگ درخت خطای کوچک) نامیده می شود. شکل ب-۴ یک نمودار مفهومی از یک تحلیل علت-پیامد معمولی را نشان می دهد.

ب-۵-۵-۲ استفاده

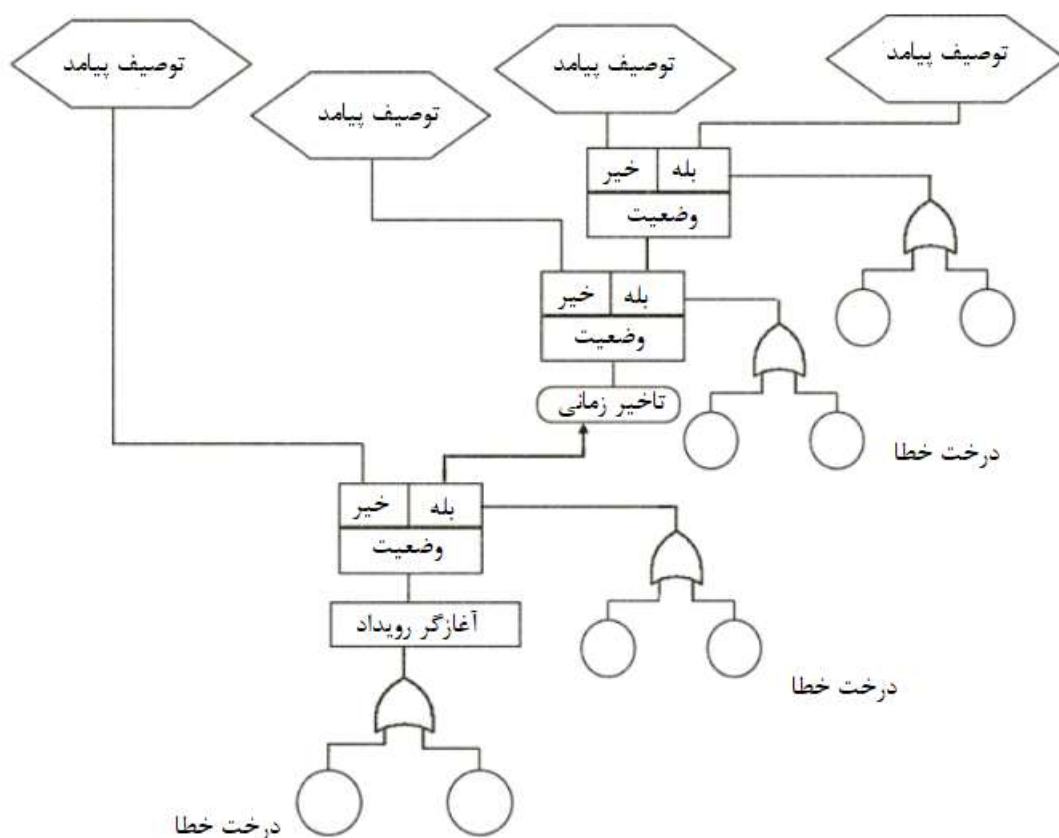
مانند تحلیل درخت خطا، CCA برای نشان دادن منطق شکست منجر به یک رویداد بحرانی استفاده می شود، اما با اجازه دادن به تجزیه و تحلیل شکست های متوالی زمان، به عملکرد درخت خطا می افزاید. این روش هم چنین اجازه می دهد تا تاخیرهای زمانی در تجزیه و تحلیل پیامدها گنجانده شود، که با درختان رویداد امکان پذیر نیست. مسیرهای مختلفی را که یک سیستم می تواند پس از یک رویداد مهم بسته به رفتار زیرسیستم های خاص (مانند سیستم های پاسخ اضطراری) طی کند را تجزیه و تحلیل می کند.

اگر کمی شود، تحلیل علت-پیامد برآوردی از احتمال پیامدهای احتمالی مختلف پس از یک رویداد بحرانی ارائه می کند.

از آن جایی که هر دنباله در نمودار علت-پیامد ترکیبی از درختان فرعی است، می توان از تحلیل علت-پیامد برای ساخت درختان خطای بزرگ استفاده کرد.

از آن جایی که نمودارها برای تولید و استفاده پیچیده هستند، این فن زمانی به کار می رود که بزرگی پیامد بالقوه شکست، تلاش فشرده را توجیه کند.

1- Small Event tree Large Fault tree
2- Large Event tree Small Fault tree



شکل ب-۴ نمونه‌ای از نمودار علت و پیامد

ب-۵-۵-۳ دروندادها

درک سیستم و حالت‌های شکست و سناریوهای شکست آن موردنیاز است.

ب-۵-۵-۴ برون‌دادها

بروندادهای CCA عبارتند از:

- نمایش نموداری از چگونگی شکست یک سیستم که هم علل و هم پیامدها را نشان می‌دهد؛
- برآورد احتمال وقوع هر پیامد بالقوه بر اساس تجزیه و تحلیل احتمالات وقوع شرایط خاص پس از رویداد بحرانی.

ب-۵-۵-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

علاوه بر نقاط قوت درختان خطا و رویداد، CCA بهتر از این فنون می‌تواند علل و پیامدهای یک رویداد کانونی و وابستگی‌های زمانی را به‌طور همزمان نشان دهد.

محدودیت‌ها شامل این است که CCA از تحلیل درخت خطا و درخت رویداد پیچیده‌تر است، هم برای ساخت، و هم در روشی که در آن وابستگی‌ها در طول کمی‌سازی بررسی می‌شوند.

ب-۵-۶ اسناد مرجع

[47] ANDREWS J.D, RIDLEY L.M. 2002. Application of the cause-consequence diagram method to static systems

[48] NIELSEN D.S. The Cause/Consequence Diagram Method as a Basis for Quantitative Accident Analysis

ب-۵-۶ تحلیل درخت رویداد ETA

ب-۵-۶-۱ مرور کلی

ETA یک فن گرافیکی است که توالی‌های متقابل انحصاری از رویدادهایی را نشان می‌دهد که می‌توانند پس از یک رویداد آغازگر بر اساس این که آیا سیستم‌های مختلف طراحی شده‌اند تا عملکرد پیامدها را تغییر دهند یا خیر، به وجود می‌آیند. درخت را می‌توان برای ارائه احتمالات پیامدهای ممکن مختلف کمی‌سازی کرد (به شکل ب-۵ مراجعه شود).

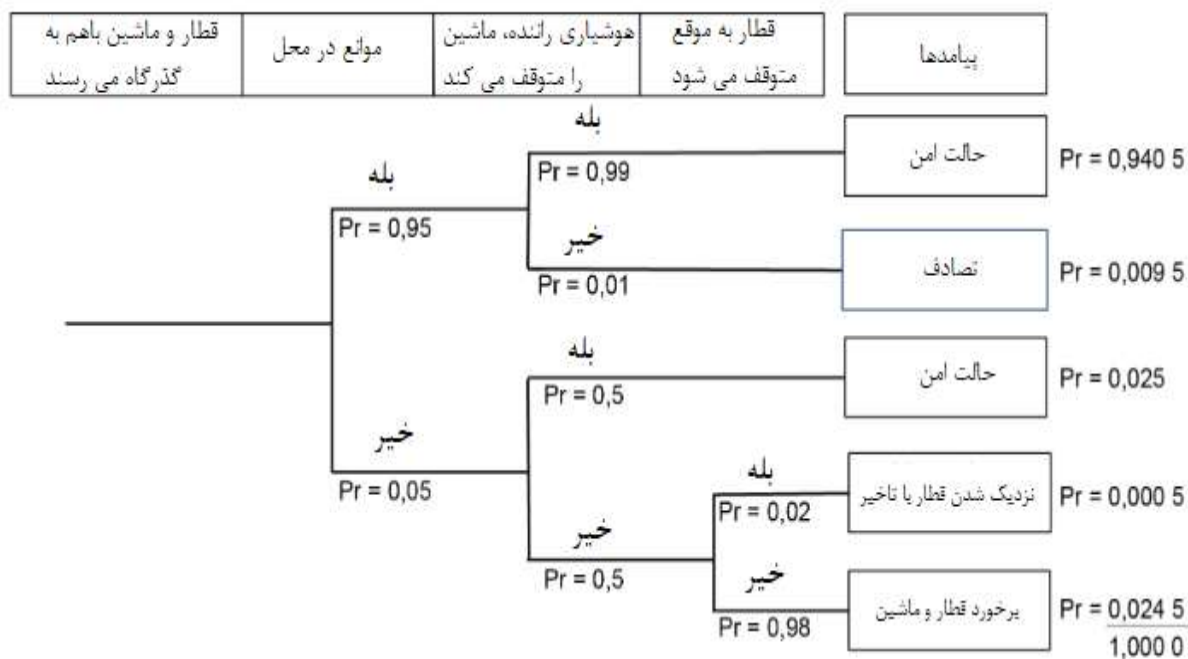
درخت با رویداد آغازگر شروع می‌شود و سپس برای هر واپایش، خطوطی برای نشان دادن موفقیت یا شکست آن ترسیم می‌شود. احتمال شکست یا موفقیت را می‌توان با قضاوت متخصص، از داده‌ها یا تجزیه و تحلیل درخت خطای فردی به هر واپایش اختصاص داد. احتمالات، احتمالات مشروط هستند. برای مثال، احتمال عملکرد یک آیت، احتمال به دست آمده از آزمایش‌ها در شرایط عادی نیست، بلکه احتمال عملکرد تحت شرایط رویداد آغازگر است.

فراوانی پیامدهای مختلف با حاصل ضرب احتمالات مشروط فردی و احتمال یا فراوانی رویداد آغاز نشان داده می‌شود، با توجه به این که رویدادهای مختلف مستقل هستند. در شکل ب-۵ احتمال وقوع رویداد ۱ در نظر گرفته شده است.

ب-۵-۶-۲ استفاده

ETA را می‌توان به صورت کیفی برای کمک به تجزیه و تحلیل سناریوها و توالی رویدادهای بالقوه پس از یک رویداد آغازگر، و برای کشف این که چگونه نتایج توسط واپایش‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌گیرند، استفاده کرد. می‌توان آن را در هر سطحی از یک سازمان و برای هر نوع رویداد آغازگر اعمال کرد.

ETA کمی می‌تواند برای در نظر گرفتن قابل قبول بودن واپایش‌ها و اهمیت نسبی واپایش‌های مختلف به سطح کلی ریسک استفاده شود. تجزیه و تحلیل کمی مستلزم آن است که واپایش‌ها یا کار می‌کنند یا نه (یعنی نمی‌تواند واپایش‌های تخریب شده را در نظر بگیرد) و واپایش‌ها مستقل باشند. این بیشتر در مورد مسائل عملیاتی است. ETA را می‌توان برای مدل‌سازی رویدادهای آغازگر که ممکن است ضرر یا سود به همراه داشته باشد، استفاده کرد. با این حال، شرایطی که در آن مسیرهایی برای بهینه‌سازی سود جستجو می‌شوند، اغلب با استفاده از درخت تصمیم مدل‌سازی می‌شوند (به زیربند ب-۹-۳ مراجعه شود).



شکل ب-۵ نمونه‌ای از تحلیل درخت رویداد

ب-۵-۶-۳ دروندادها

دروندادها عبارتند از:

- یک رویداد آغازگر مشخص؛
- اطلاعات در مورد موانع و واپایش‌ها، و برای تجزیه و تحلیل کمی، احتمال شکست آن‌ها؛
- درک سناریوهای احتمالی.

ب-۵-۶-۴ بروندادها

بروندادهای ETA شامل موارد زیر است:

- توصیف کیفی نتایج بالقوه از آغاز رویدادها؛
- برآوردهای کمی از نرخ/فراوانی یا احتمالات رویداد و اهمیت نسبی توالی‌های مختلف شکست و رویدادهای کمک‌کننده؛
- ارزشیابی‌های کمی اثربخشی واپایش‌ها.

ب-۵-۶-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت ETA شامل موارد زیر است:

- سناریوهای بالقوه پس از رویداد آغازگر تجزیه و تحلیل می‌شوند و تأثیر موفقیت یا شکست واپایش‌ها به صورت نموداری واضح نشان داده می‌شود که در صورت نیاز می‌تواند کمی شود؛
- رویدادهای پایانی را مشخص می‌کند که در غیر این صورت ممکن است پیش‌بینی نشده باشند؛
- شکست‌های بالقوه یک نقطه، مناطق آسیب‌پذیر سیستم و اقدامات متقابل کم‌بازده را شناسایی می‌کند و از این رو می‌تواند برای بهبود کارایی واپایش استفاده شود؛
- این فن زمان‌بندی و اثرات دومینویی را که مدل‌سازی در درخت‌های گسل دشوار است، محاسبه می‌کند.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- برای تجزیه و تحلیل جامع، همه رویدادهای آغازگر بالقوه باید شناسایی شوند. همیشه این احتمال وجود دارد که برخی از رویدادهای مهم آغازگر یا توالی رویداد را از دست بدهید؛
- فقط با وضعیت‌های موفقیت و شکست یک سیستم برخورد می‌شود، و ترکیب واپایش‌های عملیاتی جزئی، موفقیت تاخیر یا رویدادهای بازیابی دشوار است؛
- هر مسیری مشروط به رویدادهایی است که در نقاط شاخه قبلی در طول مسیر رخ داده است. بنابراین بسیاری از وابستگی‌ها در طول مسیرهای ممکن مورد بررسی قرار می‌گیرند. با این حال، برخی از وابستگی‌ها، مانند اجزای مشترک، سیستم‌های ابزار و کارورها، ممکن است نادیده گرفته شوند که منجر به برآوردهای خوش‌بینانه از محتمل‌گزینی عواقب خاص می‌شود؛
- برای سیستم‌های پیچیده، ساخت درخت رویداد از ابتدا دشوار است.

ب-۵-۶-۶ اسناد مرجع

[49] IEC 62502, Analysis techniques for dependability – Event tree analysis

[50] IEC TR 63039, Probabilistic risk analysis of technological systems – Estimation of final event rate at a given initial state

ب-۵-۷ تحلیل درخت خطا (FTA)

ب-۵-۷-۱ مرور کلی

FTA فنی برای شناسایی و تجزیه و تحلیل عواملی است که به یک رویداد نامطلوب مشخص (به نام «رویداد برتر») کمک می‌کنند. رویداد برتر ابتدا با شناسایی علل فوری و ضروری آن تجزیه و تحلیل می‌شود. این‌ها می‌تواند خرابی سخت‌افزار یا نرم‌افزار، خطاهای انسانی یا هر رویداد مرتبط دیگری باشد. رابطه منطقی بین این علل با تعدادی دروازه مانند دروازه های AND و OR نشان داده می‌شود. سپس هر علت به صورت گام‌به‌گام مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد تا زمانی که تجزیه و تحلیل بیشتر غیرمولد شود. نتیجه به صورت تصویری در یک نمودار درختی نشان داده شده است (به شکل ب-۶ مراجعه شود)، که نمایش گرافیکی یک معادله بولی است.

ب-۵-۷-۲ استفاده

FTA در درجه اول در سطح عملیاتی و برای مسائل کوتاه مدت تا میان مدت استفاده می شود. به صورت کیفی برای شناسایی علل و مسیرهای بالقوه به رویداد برتر یا به صورت کمی برای محاسبه احتمال رویداد برتر استفاده می شود. برای تحلیل کمی باید از منطق دقیق پیروی کرد. این بدان معنی است که رویدادهای سپس فنون مبتنی بر نمودارهای تصمیم گیری باینری یا جبر بولی برای محاسبه حالت های شکست تکراری استفاده می شوند. همه علل احتمالی رویداد فوق را نشان می دهد، که هر یک از آنها ممکن است تنها علت باشد. سپس فنون مبتنی بر نمودارهای تصمیم گیری باینری یا جبر بولی برای محاسبه حالت های شکست تکراری استفاده می شوند.

FTA را می توان در حین طراحی، انتخاب بین گزینه های مختلف یا در حین عملیات برای شناسایی چگونگی وقوع شکست های عمده و اهمیت نسبی مسیرهای مختلف برای رویداد برتر استفاده کرد.

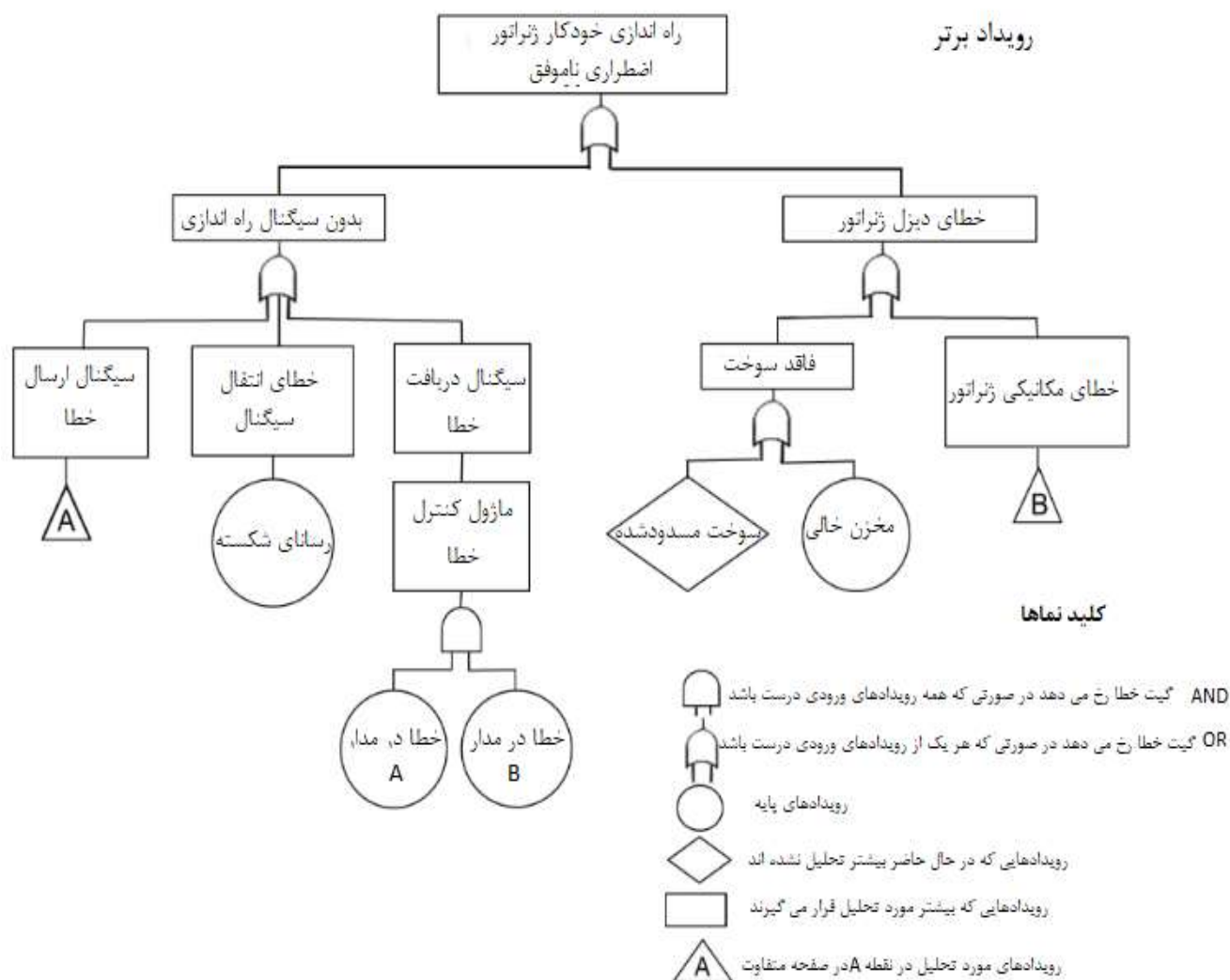
فنون مرتبط نزدیک عبارتند از درخت علت، که به صورت گذشته نگر برای تجزیه و تحلیل رویدادهایی که قبلاً رخ داده اند، و درخت موفقیت، که در آن رویداد برتر یک موفقیت است، استفاده می شود. مورد دوم برای مطالعه علل موفقیت به منظور دستیابی به موفقیت های آینده استفاده می شود.

احتمالات در درخت موفقیت بیشتر از درخت خطا هستند و هنگام محاسبه احتمال رویداد برتر، این احتمال که رویدادها ممکن است متقابلاً منحصربه فرد نباشند بهتر است در نظر گرفته شود.

ب-۵-۷-۳ درون داده ها

درون داده های تجزیه و تحلیل درخت خطا به شرح زیر است:

- درک سیستم و علل شکست یا موفقیت و همچنین درک فنی از نحوه رفتار سیستم در شرایط مختلف مورد نیاز است. نمودارهای دقیق برای کمک به تجزیه و تحلیل مفید هستند؛
- برای تجزیه و تحلیل کمی درخت خطا، داده های مربوط به میزان شکست، یا احتمال قرار گرفتن در وضعیت ناموفق، یا فراوانی شکست ها و نرخ های تعمیر/بازیابی مربوطه و غیره برای همه رویدادهای پایه مورد نیاز است؛
- برای موقعیت های پیچیده، نرم افزار و درک نظریه احتمالات و جبر بولی توصیه می شود تا درون داده های نرم افزار به درستی انجام شود؛



شکل ب-۶ نمونه‌ای از درخت خطا

ب-۵-۷-۴ برون دادها

بروندادهای تجزیه و تحلیل درخت خطا عبارتند از:

- یک نمایش تصویری از چگونگی رخ دادن رویداد برتر، که مسیرهای متقابلی را نشان می دهد که هر کدام شامل وقوع دو یا چند رویداد (پایه) است؛
- فهرستی از حداقل مجموعه های برش (مسیرهای منفرد برای شکست) با احتمال وقوع هر یک، به شرطی که داده ها در دسترس باشند؛
- در مورد تجزیه و تحلیل کمی، احتمال رویداد برتر و اهمیت نسبی رویدادهای پایه.

ب-۵-۷-۵ نقاط قوت و محدودیت ها

نقاط قوت FTA شامل موارد زیر است:

- این یک رویکرد منضبط است که بسیار نظام‌مند است، اما در عین حال به اندازه کافی انعطاف‌پذیر است تا امکان تجزیه و تحلیل عوامل مختلف، از جمله تعاملات انسانی و پدیده‌های فیزیکی را فراهم کند؛
- به ویژه برای تجزیه و تحلیل سیستم‌هایی با ارتباطها و تعاملات بسیار مفید است؛
- این یک نمایش تصویری ارائه می‌دهد که منجر به درک ساده‌تر از رفتار سیستم و عوامل شامل می‌شود؛
- تجزیه و تحلیل منطقی درختان خطا و تعیین مجموعه‌های برش در شناسایی مسیرهای شکست ساده در یک سیستم پیچیده که در آن ترکیب خاصی از رویدادها و توالی رویدادها که منجر به رویداد برتر می‌شود نادیده گرفته می‌شود، مفید است؛
- می‌توان آن را با مسائل ساده یا پیچیده با سطح تلاش وابسته به پیچیدگی تطبیق داد. محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- در برخی شرایط، تعیین این که آیا همه مسیرهای مهم برای رویداد برتر گنجانده شده است یا خیر، ممکن است دشوار باشد. به عنوان مثال، شامل تمام منابع اشتعال در تجزیه و تحلیل یک آتش‌سوزی. در این شرایط نمی‌توان احتمال رویداد برتر را محاسبه کرد؛
- وابستگی‌های زمانی مورد توجه قرار نمی‌گیرد؛
- FTA فقط با حالت‌های باینری (موفقیت/شکست) سروکار دارد؛
- درحالی‌که حالت‌های خطای انسانی را می‌توان در درخت خطا گنجانده، تعریف ماهیت و میزان چنین خرابی‌ها دشوار است؛
- FTA یک رویداد برتر را تجزیه و تحلیل می‌کند. شکست‌های ثانویه یا اتفاقی را تجزیه و تحلیل نمی‌کند؛
- FTA می‌تواند برای سیستم‌های در مقیاس بزرگ بسیار بزرگ باشد.

ب-۵-۷-۶ اسناد مرجع

- [51] IEC 61025, Fault tree analysis (FTA)
[16] IEC 62740, Root cause analysis (RCA)

ب-۵-۸ تحلیل قابلیت اطمینان انسانی

ب-۵-۸-۱ مرور کلی

HRA^۱ به گروهی از فنون اطلاق می‌شود که هدف آن ارزشیابی سهم یک فرد در قابلیت اطمینان و ایمنی سیستم با شناسایی و تجزیه و تحلیل پتانسیل یک اقدام نادرست است. اگرچه اغلب برای عملکرد ضعیف کارورها در زمینه ایمنی اعمال می‌شود، روش‌های مشابهی را می‌توان برای سطوح بهبودیافته عملکرد به کار برد. HRA در سطح راهبردی برای وظایف خاصی که عملکرد صحیح آن حیاتی است، اعمال می‌شود.

یک تحلیل سلسله‌مراتبی کار، ابتدا برای شناسایی مراحل و مراحل فرعی در یک فعالیت انجام می‌شود. سازوکارهای خطای احتمالی برای هر مرحله فرعی اغلب با استفاده از مجموعه‌ای از دستورات کلیدواژه (مانند خیلی زود، خیلی دیر، موضوع اشتباه، اقدام اشتباه، موضوع درست) شناسایی می‌شوند.

منابع این خطاها (مانند حواس پرتی، زمان بسیار کوتاه در دسترس و غیره) را می‌توان شناسایی کرد و از اطلاعات برای کاهش احتمال خطا در کار استفاده کرد. عوامل درون خود شخص، سازمان یا محیطی که بر محتمل‌گزینی خطا تأثیر می‌گذارند (عوامل شکل‌دهنده عملکرد (PSFs)^۱) نیز شناسایی می‌شوند.

احتمال یک اقدام نادرست را می‌توان با روش‌های مختلفی شامل استفاده از پایگاه داده وظایف مشابه یا قضاوت متخصص برآورد کرد. به‌طور معمول، نرخ خطای اسمی برای یک نوع کار تعریف می‌شود، سپس یک ضریب برای نمایش عوامل رفتاری یا محیطی که احتمال شکست را افزایش یا کاهش می‌دهند، اعمال می‌شود. روش‌های مختلفی برای اعمال این مراحل اساسی تدوین شده است.

روش‌های اولیه تأکید زیادی بر برآورد محتمل‌گزینی شکست داشتند. روش‌های کیفی جدیدتر بر علل شناختی تغییرات در عملکرد انسان با تجزیه و تحلیل بیشتر از نحوه اصلاح عملکرد توسط عوامل خارجی و کمتر بر تلاش برای محاسبه احتمال شکست تمرکز می‌کنند.

ب-۵-۸-۲ استفاده

می‌توان از HRA برای موارد زیر به صورت کیفی استفاده کرد:

- در طول طراحی سیستم‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که احتمال خطا توسط کارورها را به حداقل برسانند؛
 - در طول اصلاح سیستم برای مشاهده این که آیا عملکرد انسان احتمالاً در هر جهت تحت تأثیر قرار می‌گیرد یا خیر؛
 - بهبود روش‌های اجرایی به منظور کاهش خطاها؛
 - کمک به شناسایی و کاهش عوامل ایجاد خطا در محیط یا ترتیبات سازمانی.
- HRA کمی برای ارائه داده‌های مربوط به عملکرد انسان به عنوان درونداد به روش‌های درخت منطقی یا سایر فنون ارزیابی ریسک استفاده می‌شود.

ب-۵-۸-۳ دروندادها

دروندادها عبارتند از:

- اطلاعات برای تعریف وظایفی که افراد باید انجام دهند؛
- تجربه انواع خطا یا عملکرد فوق‌العاده ای که در عمل رخ می‌دهد؛

- تخصص در عملکرد انسان و عوامل موثر بر آن؛
- تخصص در فن (های) مورد استفاده.

ب-۵-۸-۴ برون دادها

بروندادها عبارتند از:

- فهرستی از خطاها یا عملکرد خارق العاده ای که ممکن است رخ دهد و روش هایی که به وسیله آنها می توان آنها را از طریق طراحی مجدد سیستم افزایش داد؛
- حالت ها، انواع، علل و پیامدهای عملکرد انسان؛
- ارزیابی کمی یا کیفی ریسک ناشی از تفاوت در عملکرد.

ب-۵-۸-۵ نقاط قوت و محدودیت ها

نقاط قوت HRA شامل موارد زیر است:

- سازوکار رسمی برای در نظر گرفتن ریسک های مرتبط با سیستم هایی که در آن انسان ها نقش مهمی ایفا می کنند، ارائه می کند؛
- در نظر گرفتن رسمی حالت ها و سازوکارهای عملکرد انسانی بر اساس درک سازوکارهای شناختی می تواند به شناسایی راه های اصلاح ریسک کمک کند.

محدودیت ها شامل موارد زیر است:

- روش ها برای کارهای معمولی که در محیط های خوب و پایش شده انجام می شوند، مناسب هستند. آنها برای کارهای پیچیده یا جایی که اقدامات باید بر اساس منابع اطلاعاتی متعدد و احتمالا متناقض باشد، کمتر مفید هستند؛
- بسیاری از فعالیت ها حالت عبور/عقب ساده ندارند. HRA در برخورد با تأثیرات جزئی بر عملکرد، مانند کیفیت اقدامات یا تصمیم ها مشکل دارد؛
- کمی سازی به شدت به نظر متخصص وابسته است زیرا داده های تایید شده کمی در دسترس است.

ب-۵-۸-۶ اسناد مرجع

[51] IEC 62508, Guidance on human aspects of dependability

[52] BELL Julie, HOLROYD Justin, Review of human reliability assessment method

[53] OECD, Establishing the Appropriate Attributes in Current Human Reliability Assessment

Techniques for Nuclear Safety

ب-۵-۹ تحلیل مارکوف

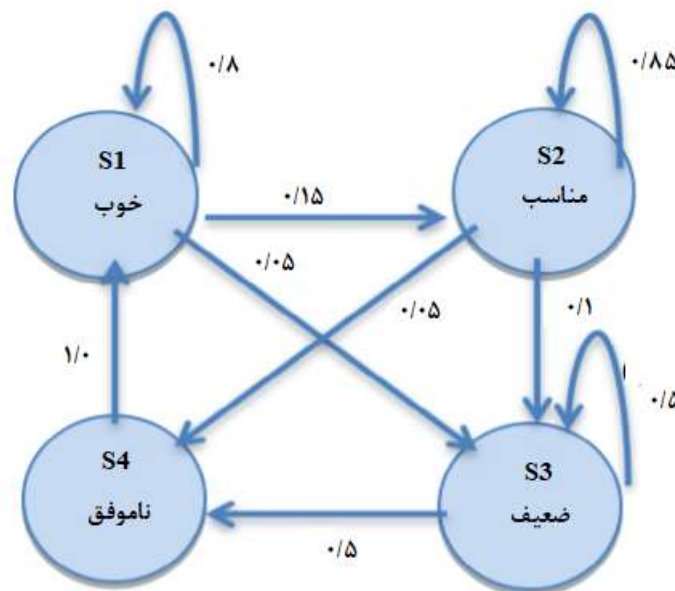
ب-۵-۹-۱ مرور کلی

تجزیه و تحلیل مارکوف یک فن کمی است که می‌تواند برای هر سیستمی اعمال شود که بتوان آن را در قالب مجموعه‌ای از حالات گسسته و انتقال بین آن‌ها توصیف کرد، مشروط بر این‌که تکامل از وضعیت فعلی آن به وضعیت آن در هیچ زمانی در گذشته، بستگی نداشته باشد.

معمولاً فرض می‌شود که انتقال بین حالت‌ها در فواصل زمانی مشخص با احتمالات انتقال متناظر اتفاق می‌افتد (زمان گسسته زنجیره مارکوف). در عمل، این معمولاً زمانی رخ می‌دهد که سیستم در فواصل زمانی منظم برای تعیین وضعیت آن بررسی شود. در برخی کاربردها، انتقال‌ها توسط زمان‌های تصادفی توزیع شده‌ی نمایشی با نرخ‌های انتقال متناظر (زنجیره مارکوف با زمان پیوسته) اداره می‌شوند. این معمولاً برای تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان استفاده می‌شود، به استاندارد IEC 61165 مراجعه شود.

حالت‌ها و انتقال آن‌ها را می‌توان در یک نمودار مارکوف مانند شکل ب-۷ نشان داد. در اینجا دایره‌ها حالت‌ها را نشان می‌دهند و فلش‌ها (پیکان‌ها) انتقال بین حالت‌ها و احتمالات انتقال مرتبط با آن‌ها را نشان می‌دهند. این مثال فقط چهار حالت دارد: خوب (S1)، مناسب (S2)، ضعیف (S3) و ناموفق (S4). فرض بر این است که هر روز صبح، سیستم در یکی از این چهار حالت بازرسی و طبقه‌بندی می‌شود. اگر سیستم از کار افتاده باشد، همیشه آن روز تعمیر می‌شود و به حالت خوب برمی‌گردد.

این سیستم هم‌چنین می‌تواند با یک ماتریس انتقال همانند جدول ب-۴، نشان داده شود. توجه داشته باشید که در این جدول مجموع هر یک از سطرها ۱ است زیرا مقادیر نشان‌دهنده احتمالات برای همه انتقال‌های ممکن در هر مورد است.



شکل ب-۷ نمونه‌ای از نمودار مارکوف

جدول ب-۴ نمونه‌ای از ماتریس مارکوف

حالت بعدی پس از انتقال				
S1، خوب	S2، مناسب	S3، ضعیف	S4، ناموفق	
S1، خوب	۰/۸	۰/۱۵	۰	حالت فعلی
S2، مناسب	۰	۰/۸۵	۰/۱۰۵	
S3، ضعیف	۰	۰/۵	۰/۵	
S4، ناموفق	۱	۰	۰	

ب-۵-۹-۲ استفاده

از تحلیل مارکوف می‌توان برای برآورد موارد زیر استفاده کرد:

- احتمال طولانی مدت بودن سیستم در یک وضعیت مشخص؛ برای مثال، این ممکن است شانس یک ماشین تولیدی باشد که طبق نیاز کار کند، یک قطعه از کار بیفتد یا سطح عرضه به زیر یک آستانه بحرانی برسد؛

- زمان موردانتظار تا اولین خرابی برای یک سیستم پیچیده (اولین زمان عبور)، یا زمان موردانتظار قبل از بازگشت سیستم به حالت مشخص (زمان بازگشت).

مثال‌هایی از سیستم‌ها، حالت‌ها و انتقال‌ها در مناطق مختلف در جدول ب-۵ ارائه شده است.

جدول ب-۵ نمونه‌هایی از سیستم‌های تحلیل مارکوف که می‌توان اعمال کرد

سیستم‌ها	حالت‌ها	انتقال‌ها
سیستم‌های فنی تولید بازاریابی حسابداری مراقبت سلامتی مخزن منابع انسانی	وضعیت ماشین‌آلات سطح تولید برند خریداری شده وضعیت حساب‌های دریافتنی وضعیت بیمار مقدار آب طبقه‌بندی شغلی	خرابی، ازکارافتادن، تعمیر عملیات، تمیز کردن، تنظیم مجدد وفاداری به برند، تغییر برند پرداخت، حذف، تمدید عفونت، بهبودی، درمان، عود ورودی، خروجی، تبخیر جابه‌جایی بین طبقه‌های شغلی و خروج

ب-۵-۹-۳ دروندادها

دروندادهای تحلیل مارکوف مجموعه‌ای از حالت‌های گسسته است که سیستم می‌تواند اشغال کند، درک انتقال‌های احتمالی که باید مدل‌سازی شوند و برآوردهایی از احتمالات انتقال یا نرخ‌های گذار (در مورد زنجیره مارکوف زمان پیوسته - CTMC^۱).

ب-۵-۹-۴ بروندادها

تحلیل مارکوف برآوردهایی از احتمال قرارگرفتن یک سیستم در هر حالت مشخصی ایجاد می‌کند. از انواع بسیاری از تصمیم‌ها در مورد انواع مداخلاتی که یک مدیر ممکن است در یک سیستم پیچیده انجام دهد (مثلاً برای اصلاح حالت‌های سیستم و انتقال بین آن‌ها) پشتیبانی می‌کند.

ب-۵-۹-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت تحلیل مارکوف شامل موارد زیر است:

- می‌توان از آن برای مدل‌سازی سیستم‌های پویا و چندحالتی استفاده کرد؛
 - نمودارهای انتقال، حالت ساختارهای ساده و قابل انتقال را ارائه می‌دهند؛
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- مفروضات ممکن است برای همه سیستم‌های موردعلاقه اعمال نشوند، به ویژه، احتمالات انتقال یا نرخ‌های انتقال بین دولت‌ها می‌تواند در طول زمان با بدتر شدن یا انطباق سیستم تغییر کند؛
- مدل‌سازی دقیق می‌تواند نیازمند جمع‌آوری و اعتبارسنجی گسترده داده باشد؛
- داده‌های بیشتر از مقدار پاسخ را به میانگین، کاهش می‌دهد.

ب-۵-۹-۶ اسناد مرجع

[54] IEC 61165, Application of Markov techniques

[55] OXLEY, ALAN. Markov Processes in Management Science

ب-۵-۱۰ شبیه‌سازی مونت کارلو

ب-۵-۱۰-۱ مرور کلی

برخی از محاسباتی که هنگام تجزیه و تحلیل ریسک انجام می‌شود شامل توزیع است. با این حال، انجام محاسبات با توزیع‌ها آسان نیست، زیرا اغلب نمی‌توان راه‌حل‌های تحلیلی را استخراج کرد، مگر این‌که توزیع‌ها شکل‌های مشخصی داشته باشند، و سپس فقط با محدودیت‌ها و مفروضاتی که ممکن است واقعی نباشند. در این شرایط، فنونی مانند شبیه‌سازی مونت کارلو راهی برای انجام محاسبات و تدوین نتایج فراهم می‌کند. شبیه‌سازی معمولاً شامل گرفتن مقادیر نمونه تصادفی از هر یک از توزیع‌های درونداد، انجام

محاسبات برای استخراج یک مقدار نتیجه، و سپس تکرار فرایند از طریق یک سری تکرار برای ایجاد توزیعی از نتایج است. نتیجه را می‌توان به عنوان توزیع احتمال مقدار یا برخی از آمارها مانند مقدار میانگین ارائه کرد.

سیستم‌ها را می‌توان با استفاده از صفحات گسترده و سایر ابزارهای معمولی توسعه داد، اما ابزارهای نرم‌افزاری پیچیده‌تری برای کمک به نیازهای پیچیده‌تر در دسترس هستند.

ب-۵-۱۰-۲ استفاده

به‌طور کلی، شبیه‌سازی مونت کارلو را می‌توان برای هر سیستمی اعمال کرد که:

- مجموعه‌ای از دروندادها برای تعریف برونداد تعامل دارند؛
- رابطه بین دروندادها و بروندادها را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از وابستگی‌ها بیان کرد؛
- فنون تحلیلی قادر به ارائه نتایج مرتبط یا زمانی که عدم قطعیت در داده‌های درونداد وجود دارد، نیستند.
- شبیه‌سازی مونت کارلو می‌تواند به عنوان بخشی از ارزیابی ریسک برای دو هدف مختلف زیر استفاده شود:
- انتشار عدم قطعیت در مدل‌های تحلیلی مرسوم؛
- محاسبات احتمالی زمانی که فنون تحلیلی کار نمی‌کنند یا امکان‌پذیر نیستند.
- کاربردها شامل مدل‌سازی و ارزیابی عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های مالی، عملکرد سرمایه‌گذاری، پیش‌بینی هزینه و زمان‌بندی پروژه، وقفه‌های فرایند کسب‌وکار و نیازهای کارکنان است.

ب-۵-۱۰-۳ دروندادها

دروندادهای شبیه‌سازی مونت کارلو عبارتند از:

- مدلی از سیستم که شامل رابطه بین دروندادهای مختلف و بین دروندادها و بروندادها است؛
- اطلاعات مربوط به انواع دروندادها یا منابع عدم قطعیت که باید نمایش داده شوند؛
- شکل برونداد مورد نیاز.
- داده‌های درونداد با عدم قطعیت به عنوان متغیرهای تصادفی با توزیع‌هایی که کم و بیش پراکنده هستند، با توجه به سطح عدم قطعیت نشان داده می‌شود. معمولاً برای این منظور از توزیع‌های یکنواخت، مثلثی، نرمال و لگاریتمی استفاده می‌شود.

ب-۵-۱۰-۴ بروندادها

برونداد می‌تواند یک مقدار واحد باشد، یا می‌تواند به صورت احتمال یا توزیع فرکانس بیان شود یا می‌تواند شناسایی توابع اصلی در مدل باشد که بیشترین تأثیر را بر برونداد دارند.

به طور کلی، برونداد یک شبیه‌سازی مونت کارلو یا کل توزیع نتایجی است که می‌تواند ایجاد شود یا معیارهای کلیدی از یک توزیع مانند:

- احتمال به وجود آمدن یک نتیجه تعریف شده؛
- ارزش نتیجه‌ای که صاحبان مشکل از سطح خاصی از اطمینان برخوردار هستند تجاوز نخواهد کرد. به عنوان مثال هزینه‌ای است که کمتر از ۱۰ درصد احتمال تجاوز از آن وجود دارد یا مدت زمانی که ۸۰ درصد از آن تجاوز می‌شود.
- تجزیه و تحلیل روابط بین دروندادها و برون دادها می‌تواند اهمیت نسبی عدم قطعیت در مقادیر درونداد را روشن کند و اهدافی را برای تلاش‌ها برای تأثیرگذاری بر عدم قطعیت در نتیجه شناسایی کند.

ب-۵-۱۰-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت تحلیل مونت کارلو شامل موارد زیر است:

- این روش، در اصل، می‌تواند هر توزیعی را در یک متغیر ورودی، از جمله داده‌های تجربی به دست آمده از مشاهدات سیستم‌های مرتبط، جای دهد؛
 - تدوین مدل‌ها نسبتاً ساده است و در صورت نیاز می‌توان آنها را بسط داد؛
 - هر گونه تأثیر یا رابطه‌ای را می‌توان نشان داد، از جمله تأثیراتی مانند وابستگی‌های شرطی؛
 - تجزیه و تحلیل حساسیت را می‌توان برای شناسایی تأثیرات قوی و ضعیف به کار برد؛
 - مدل‌ها را می‌توان به راحتی درک کرد زیرا رابطه بین دروندادها و برون دادها شفاف است؛
 - معیاری از دقت یک نتیجه را ارائه می‌دهد؛
 - نرم افزار به راحتی در دسترس است.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- دقت راه حل‌ها به تعداد شبیه سازی‌هایی که می‌توان انجام داد، بستگی دارد؛
 - استفاده از فن متکی بر توانایی نمایش عدم قطعیت در پارامترها توسط یک توزیع معتبر است؛
 - تنظیم مدلی که به اندازه کافی موقعیت را نشان دهد می‌تواند دشوار باشد؛
 - مدل‌های بزرگ و پیچیده می‌توانند برای مدل ساز چالش برانگیز باشند و دخیل شدن با فرایند را برای ذینفعان دشوار کنند؛
 - این فن تمایل دارد تا تأکیدی بر ریسک‌های با پیامدهای بالا/احتمال کم نداشته باشد.
- تحلیل مونت کارلو با تشخیص این که همه چنین نتایجی بعید است به طور همزمان در مجموعه‌ای از ریسک‌ها اتفاق بیفتند، از دادن وزن بیش از حد به نتایج غیرمحتمل و با پیامدهای بالا جلوگیری می‌کند. این می‌تواند تأثیری بر حذف رویدادهای شدید داشته باشد، به ویژه در مواردی که یک سبد بزرگ در نظر گرفته می‌شود. این می‌تواند اعتماد بی‌دلیل به تصمیم گیرنده بدهد.

ب-۵-۱۰-۶ اسناد مرجع

[56] ISO/IEC Guide 98-3:2008/Suppl 1: Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM 1995) – Propagation of distributions using a Monte Carlo method

ب-۵-۱۱ تحلیل تأثیر حریم خصوصی / تحلیل تأثیر حفاظت از داده‌ها

ب-۵-۱۱-۱ مرور کلی

تحلیل تأثیر حریم خصوصی (PIA)^۱ (که ارزیابی تأثیر حریم خصوصی نیز نامیده می‌شود) و تحلیل تأثیر حفاظت از داده‌ها (DPIA)^۲ تجزیه و تحلیل می‌کنند که چگونه سوانح و رویدادها می‌توانند بر حریم خصوصی افراد (PI) تأثیر بگذارند و قابلیت‌های موردنیاز برای مدیریت آن را شناسایی و کمی می‌کنند. PIA/DPIA فرایندی برای ارزیابی یک پیشنهاد برای شناسایی اثرات بالقوه بر حریم خصوصی و داده‌های شخصی افراد است.

PIA و DPIA به سازمان‌ها کمک می‌کند تا ریسک‌های حریم خصوصی مرتبط با فعالیت‌های پردازش داده را شناسایی، ارزیابی و درمان کنند. آن‌ها به‌ویژه هنگامی که فرایند پردازش داده، سیستم یا فناوری جدید معرفی می‌شود، مهم هستند. PIA و DPIA بخشی جدایی‌ناپذیر از رویکرد طراحی حریم خصوصی هستند.

DPIA همچنین به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با الزامات تنظیم‌کننده‌های حفاظت از داده‌ها (مانند مقررات عمومی حفاظت از داده‌های اتحادیه اروپا، (GDPR)^۳) مطابقت داشته باشند و نشان دهند که اقدامات مناسب برای اطمینان از تطابق انجام شده است.

به طور خاص، فرایند:

- عواقب بالقوه نقض حریم خصوصی در یک فرد زنده را تجزیه و تحلیل می‌کند (غربالگری ریسک پایه)؛
 - در نظر می‌گیرد که آیا پردازش اطلاعات شخصی در صورت وقوع یک سانحه حریم خصوصی ریسک بالایی دارد یا خیر؛
 - تجزیه و تحلیل عمیق ریسک را برای پردازش داده‌های قابل شناسایی شخصی انجام می‌دهد.
- PIA/DPIA را می‌توان با استفاده از پرسشنامه‌ها، مصاحبه‌ها، کارگاه‌های آموزشی ساختاریافته یا ترکیبی از هر سه، با استفاده از راهنمایی‌های کارگروه ماده ۲۹ اتحادیه اروپا و چندین الگوی توسعه‌یافته توسط، ICO (بریتانیا)، CNIL (فرانسه)، NOREA (هلند) انجام داد.

1- Privacy Impact Analysis
2- Data Protection Impact Analysis
3- General Data Protection Regulation

ب-۵-۱۱-۲ استفاده

PIA/DPIA برای تعیین پیامدهای ریسک‌های بالا در فرایندها و منابع مرتبط (مانند افراد، تجهیزات و فناوری اطلاعات) برای محدود کردن پیامدهای نامطلوب بالقوه بر حریم خصوصی افراد استفاده می‌شود که ناشی از نحوه برخورد با اطلاعات است.

هم‌چنین می‌تواند به‌عنوان بخشی از تجزیه و تحلیل پیامدها هنگام در نظر گرفتن پیامدهای پردازش اطلاعات به طور کلی استفاده شود.

ب-۵-۱۱-۳ دروندادها

دروندادها عبارتند از:

- اطلاعات مربوط به اهداف، جهت راهبردی، محیط، دارایی‌ها و وابستگی‌های متقابل سازمان؛
- ارزیابی اولویت‌ها از غربالگری ریسک اساسی قبلی؛
- جزئیات فعالیت‌ها و عملیات سازمان هنگام رسیدگی به اطلاعات شخصی، شامل فرایندها، منابع، روابط با سایر سازمان‌ها، زنجیره تامین، ترتیبات برون‌سپاری و ذینفعان؛
- اطلاعاتی برای ارزیابی پیامدهای مالی، قانونی و عملیاتی نشت یا از دست دادن اطلاعات شخصی (به ویژه اطلاعات شخصی بسیار حساس)؛
- یک پرسشنامه آماده یا سایر ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات؛
- بروندادهای سایر ارزیابی ریسک و تجزیه و تحلیل رویدادهای مهم مربوط به پیامدهای سوانح مربوطه (به ویژه سوانح نشت داده یا از دست دادن داده‌ها و سایر سوانح امنیت اطلاعات که ممکن است بر پردازش داده موردنظر تأثیر بگذارد)؛
- فهرستی از افراد از مناطق مرتبط سازمان و/یا سهامدارانی که با آن‌ها تماس گرفته خواهد شد.

ب-۵-۱۱-۴ بروندادها

بروندادها عبارتند از:

- اسنادی که جزئیات اطلاعات جمع‌آوری شده به عنوان درونداد را شرح می‌دهند؛
- فهرست اولویت‌بندی شده از فرایندهای اطلاعاتی حیاتی و وابستگی‌های متقابل مرتبط؛
- مجموعه‌ای از سناریوها که در آن خطر برای پردازش داده‌های شخصی به صورت موردنظر بالا است؛
- اثرات مستند ناشی از نشت یا از دست دادن اطلاعات شخصی بر روی یک شخص حقیقی زنده؛
- اطلاعات در مورد منابع و فعالیت‌های پشتیبانی موردنیاز برای محدود کردن پیامدهای بالقوه بر موضوع داده‌ها؛
- فهرست اولویت‌بندی شده از محصولات و خدمات سازمان که دخیل هستند؛

- ارزیابی تأثیرات در طول زمان و ابزار عدم تضمین محرمانه بودن، یکپارچگی و در دسترس بودن داده‌های شخصی (پریسک) و پیامدهای آن برای موضوع داده‌ها؛
- چارچوب‌های زمانی قطع برای اقداماتی که باید برای مهار و/یا بازیابی اطلاعات انجام شود، اعلام به مقامات مربوطه و در برخی موارد به موضوع(های) داده‌ها.

ب-۵-۱۱-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت PIA/DPIA شامل موارد زیر است:

- درک عمیق از فرایندهای حیاتی که با اطلاعات شخصی (حساس) در داخل یا از طرف سازمان سروکار دارند؛
- ارزیابی اجرای حریم خصوصی با طراحی و اصول پیش فرض؛
- اطلاعات مورد نیاز برای طرح ریزی پاسخ سازمان به رویداد داده‌های شخصی؛
- درک منابع کلیدی مورد نیاز در صورت نشت یا از دست دادن اطلاعات شخصی؛
- فرصتی برای تعریف مجدد و بازنگری در پردازش عملیاتی داده‌های شخصی توسط یک سازمان؛
- در صورت الزام قانونی (مثلاً مقررات عمومی حفاظت از داده‌های اروپا)، اسنادی برای اطلاع رسانی به مقامات حفاظت از داده‌ها قبل از شروع پردازش پریسک داده‌های شخصی.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- ممکن است یک محاسبه ساده یا دست کم گرفته شده از شدت بالقوه ریسک برای حریم خصوصی یک شخص در مرحله اولیه (غربالگری تأثیر حریم خصوصی) وجود داشته باشد؛
- PIA/DPIA بر دانش و ادراک شرکت کنندگان دخیل در تکمیل پرسشنامه‌ها یا انجام مصاحبه‌ها یا کارگاه‌ها متکی است؛
- پویایی گروه و فشار زمان می‌تواند بر تحلیل کامل یک فرایند بحرانی تأثیر منفی بگذارد؛
- بدست آوردن سطح کافی از درک عملیات و فعالیت‌های سازمان هنگام پردازش داده‌های شخصی می‌تواند دشوار باشد.

ب-۵-۱۱-۶ اسناد مرجع

[57] EU: General Data Protection Regulation (European Union Official Journal, 04.05.2016)

[58] ICO (UK): Data protection impact assessments

[59] CNIL (FR), Privacy Impact Assessment (PIA)

ب-۶ فنونی برای تحلیل وابستگی‌ها و تعاملات

ب-۶-۱ نگاشت علی

ب-۶-۱-۱ مرور کلی

نگاشت علی، ادراکات فردی را در قالب زنجیره‌های استدلال در یک نمودار جهت‌دار برای بررسی و تجزیه و تحلیل می‌گیرد. رویدادها، علل و پیامدها را می‌توان در نقشه به تصویر کشید.

به‌طور معمول، نقشه‌ها در یک محیط کارگاهی توسعه می‌یابند که در آن شرکت‌کنندگان از طیف وسیعی از رشته‌های مختلف وظیفه استخراج، ساختار و تجزیه و تحلیل مطالب را دارند. در صورت لزوم، ادراک با اطلاعات اسناد تکمیل می‌شود. دروندادها را می‌توان با استفاده از ابزارهای مختلف از یادداشت‌های برچسب‌دار گرفته تا نرم افزارهای تخصصی پشتیبانی تصمیم‌گیری گروهی دریافت کرد. دومی اجازه ورود مستقیم به مسائل را می‌دهد و می‌تواند وسیله‌ای برای کار بسیار سازنده باشد. ابزارهای انتخاب‌شده بهتر است امکان ثبت ناشناس مسائل را فراهم کنند تا بتوان یک محیط باز و بدون تقابل برای پشتیبانی از بحث متمرکز در مورد روابط علی ایجاد کرد.

به‌طور کلی، این فرایند با ایجاد مشارکت‌هایی آغاز می‌شود که یا تأثیر می‌گذارند یا باعث رویدادهای مرتبط با موضوع مورد بررسی می‌شوند. سپس این‌ها بر اساس محتوایشان خوشه‌بندی می‌شوند و متعاقباً برای اطمینان از پوشش جامع مورد بررسی قرار می‌گیرند.

سپس شرکت‌کنندگان در نظر می‌گیرند که چگونه هر یک از رویدادها ممکن است بر یکدیگر تأثیر بگذارد. این باعث می‌شود که رویدادهای گسسته با هم مرتبط شوند تا مسیرهای استدلال علی را در نقشه تشکیل دهند. هدف این فرایند تسهیل درک مشترک از رویدادهای نامطمئن و هم‌چنین ایجاد مشارکت‌های بیشتر از طریق فرایند توضیحی اجباری است، که برای ایجاد زنجیره‌های استدلال در مورد چگونگی تأثیر یک رویداد بر رویداد دیگر ضروری است. قوانین واضحی برای گرفتن گره‌هایی که رویدادها و روابط را نشان می‌دهند وجود دارد تا از مدل‌سازی قوی و جامع اطمینان حاصل شود.

هنگامی که شبکه رویدادها برای تشکیل یک نقشه کامل توسعه یافت، می‌توان آن را برای تعیین ویژگی‌هایی که می‌تواند برای مدیریت ریسک مفید باشد تجزیه و تحلیل کرد: برای مثال، برای تعیین گره‌های مرکزی که رویدادهایی هستند که وقوع آن‌ها مرکزی است و می‌تواند اثرات نظام‌مند قابل توجهی داشته باشد؛ یا برای تعیین حلقه‌های بازخورد، که می‌تواند منجر به رفتارهای پویا و مخرب شود.

ب-۶-۱-۲ استفاده

نگاشت علی پیوندها و تعاملات بین ریسک‌ها و موضوعات را در فهرستی از ریسک‌ها شناسایی می‌کند.

می‌توان آن را از نظر قانونی برای ایجاد یک نقشه علی برای رویدادی که رخ داده است استفاده کرد (به عنوان مثال، پروژه فراتر رفته، شکست سیستم). نقشه‌های علی پزشکی قانونی می‌توانند پیشران‌ها، پیامدها و پویایی‌ها را آشکار کنند. آن‌ها امکان تعیین علیت را فراهم می‌کنند، که ممکن است برای ادعاها حیاتی باشد.

نقشه‌های علی نیز می‌توانند به‌طور پیشگیرانه برای دریافت ارزیابی جامع و نظام‌مند از سناریوهای رویداد استفاده شوند. سپس می‌توان نقشه را مورد بررسی قرار داد تا امکان یادگیری عمیق و هم‌چنین تشکیل مبنایی برای تجزیه و تحلیل کمی ریسک‌ها برای کمک به تعیین اولویت‌ها فراهم شود.

آن‌ها به‌جای این‌که هر ریسک به‌طور جداگانه در نظر گرفته شود، امکان ایجاد یک برنامه اصلاحی یکپارچه را فراهم می‌کند.

کارگاه‌های تحلیل علی را می‌توان در فواصل زمانی منظم اجرا کرد تا اطمینان حاصل شود که ماهیت پویای ریسک به درستی درک و مدیریت می‌شود.

ب-۶-۱-۳ درونداها

داده‌ها برای اطلاع از تدوین نقشه‌های علی می‌توانند از طیف وسیعی از منابع مختلف، مانند مصاحبه‌های فردی که در آن نقشه‌های تولیدشده نمایش عمیقی از آن‌چه رخ داده یا ممکن است رخ دهد، به دست آید. هم‌چنین می‌توان داده‌ها را از اسنادی مانند گزارش‌ها، مطالب ادعایی و غیره استخراج کرد. این داده‌ها می‌توانند مستقیماً مورد استفاده قرار گیرند یا می‌توانند برای اطلاع‌رسانی به فرایند تجزیه و تحلیل زنجیره‌های استدلال مربوط به رویدادها توسط شرکت‌کنندگان در یک کارگاه استفاده شوند.

ب-۶-۱-۴ برونداها

برونداها عبارتند از:

- نقشه‌های علی که نمایشی بصری از رویدادهای ریسک و روابط نظام‌مند بین این رویدادها ارائه می‌کنند؛
 - نتایج تجزیه و تحلیل نقشه‌های علی مورد استفاده برای شناسایی خوشه‌های نوظهور رویدادها، رویدادهای مهم به دلیل مرکزیت، حلقه‌های بازخورد و غیره.
 - سندی که نقشه‌ها را به متن ترجمه می‌کند و نتایج کلیدی را گزارش می‌دهد، هم‌چنین نحوه انتخاب شرکت‌کنندگان و فرایند مورد استفاده برای تدوین نقشه‌ها را توضیح می‌دهد؛
- برونداها بهتر است اطلاعات مربوط به تصمیم‌های مدیریت ریسک و دنباله ممیزی از فرایند مورد استفاده برای تولید این اطلاعات را ارائه دهند.

ب-۶-۱-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت نقشه‌های علی شامل موارد زیر است:

- ریسک‌های مربوط به موضوع مورد بررسی از دیدگاه‌های متعدد شرکت‌کنندگان در نظر گرفته می‌شود؛
- ماهیت واگرا و باز فرایند، امکان بررسی ریسک را فراهم می‌کند و احتمال نادیده گرفتن رویدادها یا روابط مهم را کاهش می‌دهد؛
- این فرایند امکان ثبت موثر و کارآمد تعاملات بین رویدادها را فراهم می‌کند و درک مناسبی از روابط آن‌ها را فراهم می‌کند؛

- فرایند تعیین شبکه‌ای از رویدادها که نقشه را تشکیل می‌دهند، می‌تواند زبان و درک مشترکی را ایجاد کند که برای مدیریت موثر ریسک حیاتی است.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- یادگیری فرایند نقشه‌برداری آسان نیست زیرا نه تنها به مهارت در فن نقشه‌برداری نیاز دارد، بلکه به توانایی مدیریت گروه‌ها در حین کار با ابزار نقشه‌برداری نیز نیاز دارد؛
- نقشه‌ها ماهیت کیفی دارند و در مواردی که کمی‌سازی موردنیاز است، نقشه‌ها باید به عنوان درونداد برای مدل‌های مناسب دیگر استفاده شوند؛
- محتوای نقشه توسط منابع تعیین می‌شود و بنابراین بررسی دقیق ترکیب شرکت‌کنندگان بسیار مهم است در غیر این صورت مناطق بحرانی را می‌توان حذف کرد.

ب-۶-۱-۶ اسناد مرجع

[60] BRYSON, J. M., ACKERMANN, F., EDEN, C., & FINN, C. Visible thinking unlocking causal mapping for practical business results

[61] ACKERMANN, F, HOWICK, S, QUIGLEY, J, WALLS, L, HOUGHTON, T. Systemic risk elicitation: Using causal maps to engage stakeholders and build a comprehensive view of risks

ب-۶-۲ تحلیل اثر متقاطع

ب-۶-۲-۱ مرور کلی

تحلیل اثر متقاطع نام کلی است که به خانواده‌ای از فنون داده می‌شود که برای ارزشیابی تغییرات احتمال وقوع مجموعه معینی از رویدادها در نتیجه وقوع واقعی یکی از آن‌ها طراحی شده‌اند.

تحلیل تاثیر متقابل شامل ساخت ماتریسی برای نشان دادن وابستگی متقابل رویدادهای مختلف است. مجموعه‌ای از رویدادها یا روندهایی که ممکن است رخ دهند در امتداد ردیف‌ها و رویدادها یا روندهایی که احتمالاً تحت تأثیر رویدادهای ردیف در امتداد ستون‌ها قرار می‌گیرند فهرست می‌شوند. سپس کارشناسان باید موارد زیر را برآورد کنند:

- احتمال هر رویداد (به جدای از رویدادهای دیگر) در یک افق زمانی معین؛
- احتمال شرطی هر رویداد با توجه به این که هر رویداد دیگری رخ می‌دهد، یعنی برای جفت i/j رویدادها که کارشناسان برآورد می‌کنند:

- $P(i/j)$ - احتمال i در صورت وقوع j ،

- $P(i/\text{not } j)$ - احتمال i اگر j رخ ندهد.

این برای تجزیه و تحلیل وارد رایانه می‌شود.

چندین روش مختلف برای محاسبه احتمالات یک رویداد با در نظر گرفتن همه رویدادهای دیگر وجود دارد. صرف نظر از این که چگونه این کار انجام می شود، روش معمول انجام شبیه سازی مونت کارلو است که در آن مدل رایانه ای به طور نظام مند مجموعه های ثابتی از رویدادها را انتخاب می کند و چندین بار تکرار می کند. همان طور که تعداد بیشتری از رایانه ها اجرا می شوند، یک احتمال جدید برای وقوع هر رویداد ایجاد می شود. تجزیه و تحلیل حساسیت با انتخاب یک برآورد احتمال اولیه یا یک برآورد احتمال شرطی انجام می شود که در مورد آن عدم اطمینان وجود دارد. این قضاوت تغییر می کند و ماتریس دوباره اجرا می شود.

ب-۶-۲-۲ استفاده

تحلیل تأثیر متقابل در مطالعات پیش بینی و به عنوان یک فن تحلیلی برای پیش بینی چگونگی تأثیر عوامل مختلف بر تصمیم های آینده استفاده می شود. می توان آن را با تحلیل سناریو (به زیربند ب-۲-۵ مراجعه شود) ترکیب کرد تا تصمیم بگیرد که کدام یک از سناریوهای تولید شده محتمل ترین هستند. می توان از آن در مواقعی استفاده کرد که ریسک های متقابل متعددی وجود داشته باشد، به عنوان مثال در پروژه های پیچیده، یا در مدیریت ریسک های امنیتی.

افق زمانی تحلیل تأثیر متقاطع معمولاً میان مدت تا بلندمدت است و می تواند از حال تا پنج سال یا تا ۵۰ سال آینده باشد. افق زمانی باید به صراحت بیان شود.

ماتریس رویدادها و وابستگی های متقابل آن ها می تواند برای تصمیم گیرندگان به عنوان پیش زمینه کلی حتی بدون احتمال محاسبه شده از تحلیل مفید باشد.

ب-۶-۲-۳ دروندادها

این روش به متخصصانی نیاز دارد که با موضوع مورد مطالعه آشنا بوده و ظرفیت پیش بینی تحولات آینده را داشته باشند و بتوانند احتمالات را به صورت واقع بینانه برآورد کنند.

برای محاسبه احتمالات شرطی به نرم افزار پشتیبانی نیاز است. اگر کاربر بخواهد بفهمد داده ها توسط نرم افزار چگونه پردازش می شوند، این فن به دانش مدل سازی خاصی نیاز دارد. معمولاً زمان قابل توجهی (چند ماه) برای تدوین و اجرای مدل ها مورد نیاز است.

ب-۶-۲-۴ برون دادها

برونداد فهرستی از سناریوهای احتمالی آینده و تفسیر آن ها است. هر اجرای مدل یک تاریخچه یا سناریوی مصنوعی آینده را تولید می کند که شامل وقوع برخی رویدادها و عدم وقوع برخی دیگر است. بر اساس مدل تأثیر متقابل خاص اعمال شده، سناریوهای برون داد تلاش می کنند تا محتمل ترین سناریو، یا مجموعه ای از سناریوهای آماری سازگار، یا یک یا چند سناریو قابل قبول را از مجموعه کل تولید کنند.

ب-۶-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت ها

نقاط قوت تحلیل تأثیر متقاطع شامل موارد زیر است:

- اجرای پرسشنامه تاثیر متقابل نسبتاً آسان است؛
 - توجه را به زنجیره‌های علیت وادار می‌کند (a بر b تاثیر می‌گذارد؛ b بر c تاثیر می‌گذارد و غیره)؛
 - می‌تواند دانش را در مورد پیشرفت‌های آینده افزایش داده و شفاف کند؛
 - در بررسی یک فرضیه و در یافتن نقاط توافق و واگرایی مفید است؛
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- تعداد رویدادهایی که می‌تواند شامل شود در عمل هم توسط نرم‌افزار و هم زمان مورد نیاز کارشناسان، محدود است. تعداد اجراهای مورد نیاز و تعداد احتمالات مشروط برای برآورد به سرعت با افزایش تعداد رویدادها افزایش می‌یابد (مثلاً با مجموعه‌ای از ده رویداد، یک متخصص باید ۹۰ قضاوت احتمالی مشروط ارائه کند)؛
 - یک مطالعه واقع‌بینانه مستلزم کار قابل‌توجهی توسط متخصصان است و نرخ بالای حذف تصادفی، اغلب تجربه می‌شود؛
 - تعریف رویدادهایی که باید گنجانده شوند دشوار است و هر تأثیری که در مجموعه رویدادها گنجانده نشده باشد به طور کامل از مطالعه حذف می‌شود. برعکس، گنجاندن رویدادهای نامربوط می‌تواند تحلیل نهایی نتایج را به طور غیرضروری پیچیده کند؛
 - همانند سایر فنون مبتنی بر استخراج دانش کارشناسان، این روش نیز بر سطح تخصص پاسخ‌دهندگان متکی است.

ب-۶-۲-۶ سند مرجع

[62] JOINT RESEARCH CENTRE, EUROPEAN COMMISSION, Cross impact analysis,
[viewed 2017-9-14]

ب-۷ فنون ارائه‌دهنده معیاری از ریسک

ب-۷-۱ ارزیابی ریسک سم‌شناسی

ب-۷-۱-۱ مرور کلی

ارزیابی ریسک در بافتار ریسک‌های گیاهان، حیوانات، حوزه‌های اکولوژیکی و انسان‌ها در نتیجه قرار گرفتن در معرض طیف وسیعی از خطرات زیست‌محیطی شامل مراحل زیر است:

ریسک‌ها برای گیاهان، حیوانات، حوزه‌های اکولوژیکی و انسان می‌تواند ناشی از عوامل فیزیکی، شیمیایی و/یا بیولوژیکی باشد که منجر به آسیب به DNA^۱، نقایص مادرزادی، گسترش بیماری، آلودگی زنجیره‌های غذایی

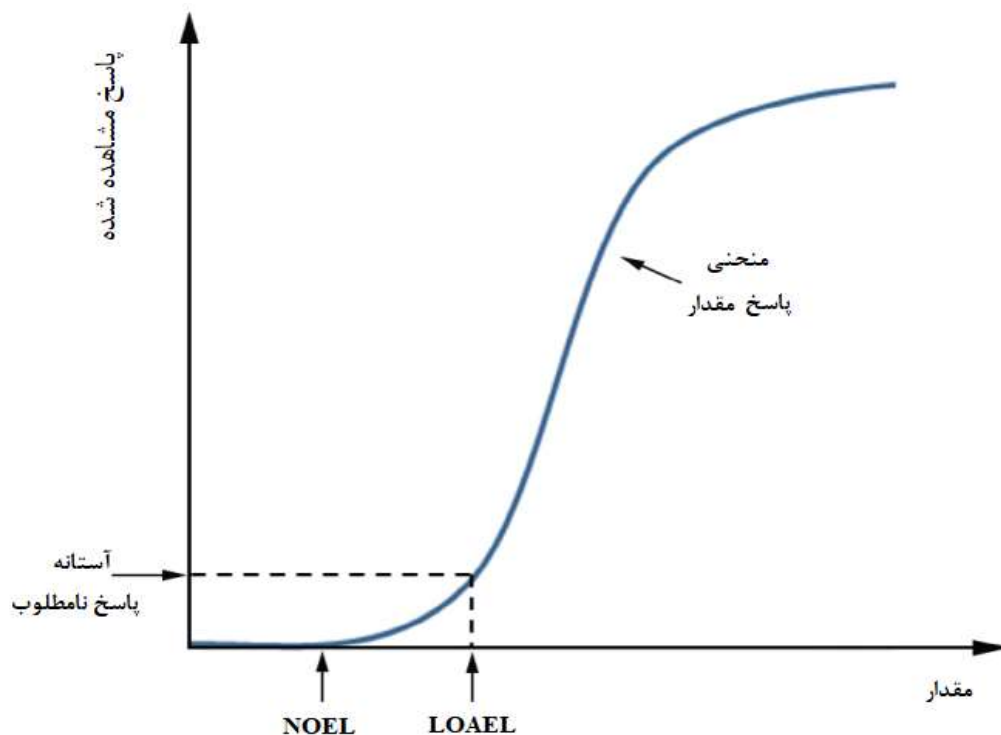
1- Deoxyribonucleic Acid

و آلودگی آب می‌شود. ارزیابی چنین ریسک‌هایی ممکن است به کاربرد طیف وسیعی از فنون در مراحل زیر نیاز داشته باشد.

الف - فرمول‌بندی مشکل: این شامل ایجاد بافتار ارزیابی با تعریف هدف ارزیابی، گستره جمعیت‌های هدف و انواع خطرات موردعلاقه است؛

ب - شناسایی و تجزیه و تحلیل خطر: این شامل شناسایی همه منابع احتمالی آسیب برای جمعیت هدف در محدوده مطالعه و درک ماهیت خطر و نحوه تعامل آن با هدف است. به عنوان مثال، در بررسی قرار گرفتن انسان در معرض یک ماده شیمیایی، پیامدهای در نظر گرفته شده می‌تواند شامل احتمال آسیب رساندن به DNA یا ایجاد سرطان یا نقص مادرزادی باشد. شناسایی و تجزیه و تحلیل خطر معمولاً بر دانش تخصصی و مرور ادبیات متکی است؛

پ - ارزیابی پاسخ متناسب با مقدار: پاسخ جمعیت هدف معمولاً تابعی از سطح مواجهه یا مقدار است. منحنی‌های پاسخ مقدار معمولاً از آزمایش‌های روی حیوانات یا سیستم‌های آزمایشی مانند کشت بافت ایجاد می‌شوند. برای خطراتی مانند میکروارگانیسم‌ها یا گونه‌های معرفی شده، منحنی پاسخ مقدار را می‌توان از داده‌های میدانی و مطالعات اپیدمیولوژیک تعیین کرد. در صورت امکان، سازوکاری که توسط آن اثر ایجاد می‌شود تعیین می‌شود. شکل ب-۸ منحنی پاسخ مقدار ساده شده را نشان می‌دهد.



راهنما:

NOEL: بدون محدودیت اثر قابل مشاهده

LOAEL: پایین‌ترین سطح اثر نامطلوب قابل مشاهده

شکل ب-۸ نمونه‌ای از منحنی پاسخ مقدار

ت- ارزیابی مواجهه: مقداری که در عمل توسط جمعیت هدف تجربه خواهد شد، برآورد می‌شود. این اغلب شامل تجزیه و تحلیل مسیر می‌شود که مسیرهای مختلفی را که خطر ممکن است طی کند، موانعی که ممکن است مانع از رسیدن آن به هدف شود و عواملی که ممکن است بر سطح قرار گرفتن در معرض تاثیر بگذارد را در نظر می‌گیرد. به عنوان مثال، در ارزیابی ریسک ناشی از سمپاشی شیمیایی، تجزیه و تحلیل مواجهه باید در نظر بگیرد که چه مقدار ماده شیمیایی پاشیده شده است و در چه شرایطی، آیا قرار گرفتن در معرض مستقیم انسان یا حیوانات، چه مقدار ممکن است به عنوان پسماند روی گیاهان باقی بماند، سرنوشت محیطی هر آفت کشی که به زمین م رسد، خواه می‌تواند در حیوانات انباشته شود، خواه وارد آب‌های زیرزمینی شود و غیره؛

ث- توصیف ریسک: اطلاعات مراحل قبلی برای برآورد محتمل‌گزینی عواقب خاص زمانی که اثرات همه مسیرها با هم ترکیب می‌شوند گرد هم می‌آیند.

ب-۷-۱-۲ استفاده

این روش معیاری برای میزان ریسک برای سلامت انسان یا محیط‌زیست ارائه می‌دهد. در اظهارات اثرات زیست‌محیطی برای نشان دادن این که آیا ریسک ناشی از قرار گرفتن در معرض خاص، قابل قبول است یا خیر استفاده می‌شود. هم‌چنین به عنوان مبنایی برای تعیین حدود ریسک قابل قبول استفاده می‌شود.

ب-۷-۱-۳ دروندادها

دروندادها شامل اطلاعاتی در مورد خطرات سم‌شناسی، سیستم اکولوژیکی موردنگرانی (شامل سلامت انسان) و، در صورت امکان، سازوکارهای دخیل می‌باشد. به‌طور معمول، اندازه‌گیری‌های فیزیکی برای برآورد قرارگرفتن در معرض موردنیاز است.

ب-۷-۱-۴ برون دادها

برونداد، برآوردی از ریسک برای سلامت انسان یا محیط‌زیست است که به صورت کمی یا با ترکیبی از اطلاعات کیفی و کمی ارائه شده بیان می‌شود. برون داد ممکن است شامل محدودیت‌هایی باشد که برای تعیین محدودیت‌های قابل قبول برای خطر در محیط استفاده می‌شوند، مانند محدودیت بدون اثر نامطلوب قابل مشاهده (به شکل ب-۸ مراجعه شود).

ب-۷-۱-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت این شکل تحلیل شامل موارد زیر است:

- درک بسیار دقیقی از ماهیت ریسک و عواملی که ریسک را افزایش می‌دهند، ارائه می‌دهد؛
- تجزیه و تحلیل مسیر یک ابزار بسیار مفید است به طور کلی برای همه زمینه‌های ریسک برای شناسایی این که چگونه و کجا ممکن است امکان بهبود واپایش‌ها یا معرفی واپایش‌های جدید وجود داشته باشد؛
- تجزیه و تحلیل می‌تواند مبنایی برای قوانین ساده در مورد مواجهه‌های قابل قبول باشد که می‌تواند به طور کلی اعمال شود؛

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- به داده‌های خوبی نیاز دارد که ممکن است فوراً در دسترس نباشد. بنابراین ممکن است به تحقیقات قابل توجهی نیاز باشد؛
- برای اعمال، به سطح بالایی از تخصص نیاز دارد؛
- اغلب سطح بالایی از عدم قطعیت مرتبط با منحنی‌های پاسخ مقدار و مدل‌های مورد استفاده برای تدوین آن‌ها وجود دارد؛
- در جایی که هدف به جای انسان، محیط زیست است و خطر شیمیایی نیست، ممکن است درک خوبی از سیستم‌های دخیل وجود نداشته باشد.

ب-۷-۱-۶ اسناد مرجع

[63] WORLD HEALTH ORGANISATION, Human health risk assessment toolkit – chemical hazards

[64] US EPA, Guidelines for ecological risk assessment

ب-۷-۲ ارزش در معرض ریسک

ب-۷-۲-۱ مرور کلی

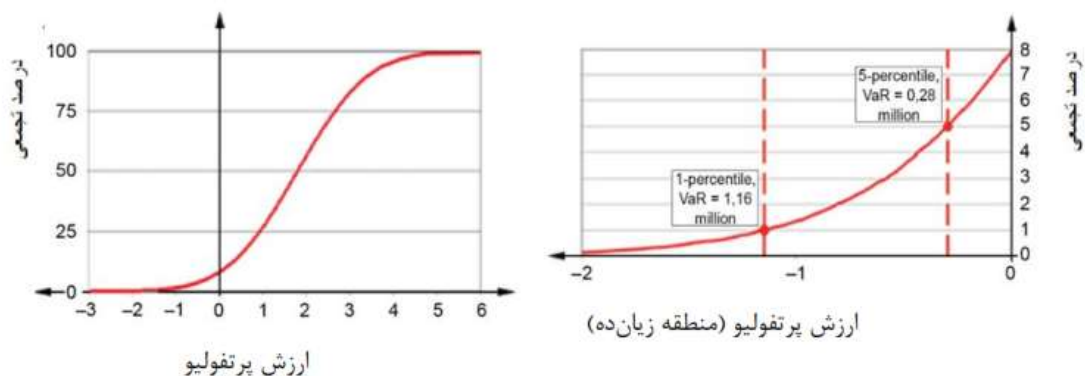
ارزش در معرض ریسک به‌طور گسترده در بخش مالی برای ارائه شاخصی از میزان زیان احتمالی در یک سبد دارایی‌های مالی در یک دوره زمانی خاص در یک سطح اطمینان معین استفاده می‌شود. ضررهای بیشتر از VaR فقط با یک احتمال کوچک مشخص، متحمل می‌شوند.

توزیع سود و زیان معمولاً به یکی از سه روش زیر به دست می‌آید:

- شبیه‌سازی مونت کارلو (به زیربند ب-۵-۱۰ مراجعه شود) برای مدل‌سازی پیش‌ران‌های تغییرپذیری در پورتفولیو و استخراج توزیع استفاده می‌شود. این رویکرد به صورت ویژه‌ای مفید است زیرا اطلاعاتی در مورد ریسک‌ها در دنباله‌های توزیع ارائه می‌دهد و اجازه می‌دهد تا مفروضات همبستگی آزمایش شوند؛
 - مدل‌های شبیه‌سازی قدیمی، پیش‌بینی‌هایی را بر اساس نگاه کردن به نتایج و توزیع‌های مشاهده‌شده انجام می‌دهند. این یک رویکرد ساده است، اما اگر تحولات آتی با تجربه گذشته مطابقت نداشته باشد، می‌تواند بسیار گمراه‌کننده باشد، که محدودیتی مهم در دوره‌های استرس بازار است؛
 - روش‌های تحلیلی بر این فرض استوار است که عوامل بازار پایه دارای توزیع نرمال چندمتغیره هستند. از این طریق می‌توان سود و زیان را که به طور عادی نیز تقسیم می‌شود، تعیین کرد.
- بسیاری از سازمان‌های مالی از ترکیبی از این رویکردها استفاده می‌کنند.
- در برخی از بخش‌ها نیاز است که VaR بر اساس بازارهای تحت فشار و شرایط نوسان بالا محاسبه شود تا مجموعه‌ای معتبر از پیامدهای «بدترین حالت» ارائه شود.

سنجه‌های رایج VaR مربوط به زیان در افق‌های یک روزه و دو هفته‌ای است که احتمال از دست دادن ۱٪ و ۵٪ وجود دارد. طبق قرارداد، VaR به عنوان یک عدد مثبت گزارش می‌شود، اگرچه به ضرر اشاره دارد.

به عنوان مثال، شکل ب-۹ توزیع ارزش را برای پرتفوی دارایی‌های مالی در یک دوره نشان می‌دهد که توزیع آن به صورت تجمعی نشان داده شده است. شکل ب-۱۰ منطقه‌ای را نشان می‌دهد که در آن سبد دارای ضرر است، با مقادیر VaR، ۱/۶ میلیون در ۱٪ (احتمال زیان ۰/۰۱) و ۰/۲۸ میلیون در ۵٪ (احتمال زیان ۰/۰۵).



شکل ب-۹ توزیع ارزش

شکل ب-۱۰ جزئیات مقادیر VaR منطقه زیان

ب-۲-۷-۲ استفاده

VaR سه پارامتر دارد: مقدار زیان احتمالی، احتمال از دست دادن آن مقدار، و دوره زمانی که ممکن است زیان در آن رخ دهد. برای اهداف زیر استفاده می‌شود:

- تعیین محدودیت برای مدیر پورتفولیو در مورد حداکثر زیان در پورتفولیو در محدوده تحمل ریسک یا ریسک‌پذیری توافق‌شده؛
- پایش «خطرناک بودن» پرتفوی دارایی‌ها در یک مقطع زمانی و روندهای بیم‌ریسک؛
- تعیین میزان سرمایه اقتصادی، احتیاطی یا مقرراتی که ممکن است برای یک سبد مشخص باید کنار گذاشته شود؛
- گزارش به تنظیم‌کننده‌ها.

ب-۲-۷-۳ دروندادها

دروندادها عوامل بازاری هستند که بر ارزش پرتفوی تأثیر می‌گذارند، مانند نرخ ارز، نرخ بهره و قیمت سهام. معمولاً، این‌ها با تجزیه ابزارهای موجود در پرتفوی به ابزارهای ساده‌تر که مستقیماً با عوامل ریسک اصلی بازار مرتبط هستند، شناسایی می‌شوند، سپس ابزارهای واقعی به عنوان پرتفوی ابزارهای ساده‌تر تفسیر

می‌شوند. سرمایه‌گذاران و تنظیم‌کننده‌ها می‌توانند در هنگام ارزیابی متغیرهای درونداد، روش‌های خاصی را بکار گیرند.

ب-۷-۲-۴ برون دادها

در یک بازه زمانی تعیین‌شده، VaR زیان احتمالی از پرتفوی دارایی‌های مالی را برای یک احتمال مشخص محاسبه می‌کند. تجزیه و تحلیل هم‌چنین می‌تواند احتمال یک مقدار مشخص از دست دادن را ارائه دهد.

ب-۷-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت شامل موارد زیر است:

- این رویکرد ساده است و پذیرفته‌شده (یا مورد نیاز) تنظیم‌کننده‌های مالی است؛
 - در صورت نیاز می‌توان از آن برای محاسبه سرمایه مورد نیاز اقتصادی به صورت روزانه استفاده کرد؛
 - ابزاری برای تعیین محدودیت در پرتفوی معاملاتی مطابق با ریسک‌پذیری توافق‌شده، و پایش بر عملکرد در برابر آن محدودیت‌ها و در نتیجه پشتیبانی از حکمرانی ارائه می‌کند.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- VaR یک شاخص است نه برآورد خاصی از ضرر احتمالی. حداکثر زیان‌های ممکن برای هر موقعیت معین از یک رقم منطبق با VaR با احتمال گزینی ۱٪ یا ۵٪ از دست دادن ناشی از تجزیه و تحلیل VaR مشهود نیست؛
 - VaR دارای تعدادی ویژگی ریاضی نامطلوب است. به عنوان مثال، VaR یک سنج ریسک منسجم است که بر اساس توزیع بیضوی مانند توزیع نرمال استاندارد می‌باشد اما در شرایط دیگر نه. محاسبات در انتهای توزیع اغلب ناپایدار هستند و می‌توانند به فرضیات خاصی در مورد اشکال توزیع و همبستگی‌هایی که توجیه آن‌ها دشوار است و ممکن است در زمان استرس بازار قابل اجرا نباشند، بستگی داشته باشد؛
 - اجرای مدل‌های شبیه‌سازی می‌تواند پیچیده و زمان‌بر باشد؛
 - سازمان‌ها ممکن است به سیستم‌های فناوری اطلاعات پیچیده‌ای نیاز داشته باشند تا اطلاعات بازار را به شکلی جمع‌آوری کنند که به راحتی و به موقع برای محاسبات VaR مورد استفاده قرار گیرد؛
 - لازم است مقادیری را برای مجموعه‌ای از پارامترها فرض کنیم که برای مدل ثابت می‌شوند.
- اگر وضعیت تغییر کند به طوری که این مفروضات مرتبط نباشند، روش نتایج معقولی به دست نخواهد داد. به عبارت دیگر مدل ریسکی است که در شرایط ناپایدار قابل استفاده نیست.

ب-۷-۲-۶ اسناد مرجع

[65] CHANCE, D., BROOKS, R. (2010). An introduction to derivatives and risk management

[66] THOMAS J. and PEARSON Neil D. Value at risk. Financial Analysts Journal 2000 56,

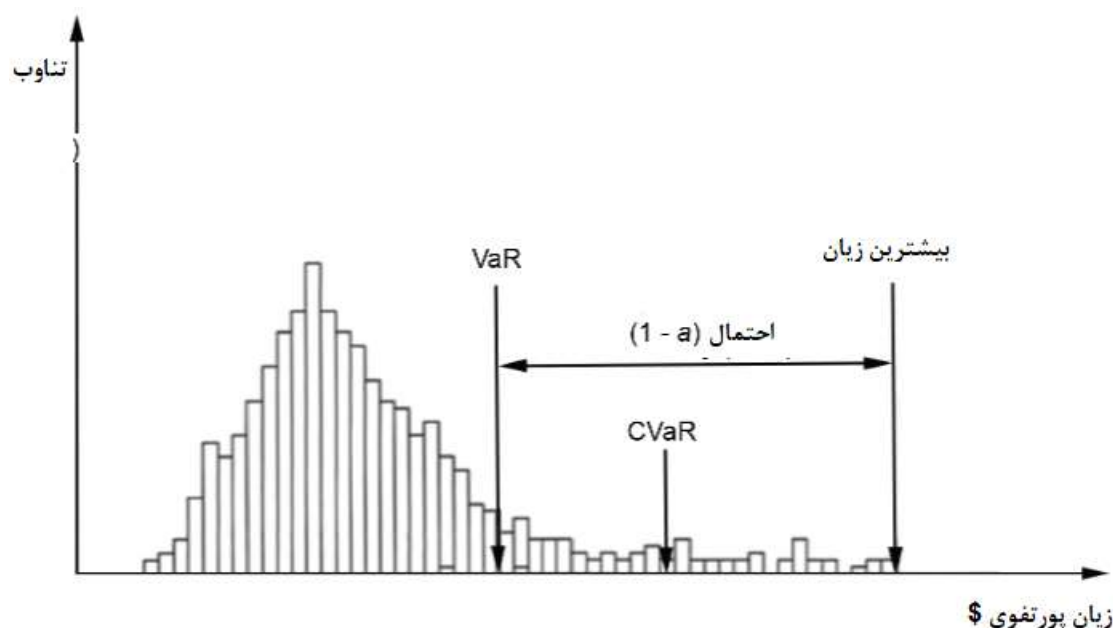
ب-۷-۳ ارزش شرطی در معرض ریسک (CVaR)^۱ یا کسری موردانتظار (ES)^۲

ب-۷-۳-۱ مرور کلی

ارزش شرطی در معرض ریسک (CVaR) که کسری موردانتظار (ES) نیز نامیده می‌شود، معیاری است برای زیان موردانتظار از یک پرتفوی مالی در بدترین درصد موارد. این سنجه مشابه VaR است، اما به شکل دم پایین (زیان) توزیع ارزش پورتفولیو حساس‌تر است. CVaR(a) زیان موردانتظار از زیان‌هایی است که فقط در درصد معینی از زمان رخ می‌دهد. به عنوان مثال در شکل ب-۱۰، وقتی $a = 5\%$ است، CVaR(5) مقدار مورد انتظار زیان است که با منحنی سمت چپ خط عمودی در 5% نشان داده شده است، یعنی میانگین تمام زیان‌ها بیشتر از 0.28 میلیون است.

ب-۷-۳-۲ استفاده

فنون CVaR برای اندازه‌گیری ریسک اعتباری به کار گرفته شده‌اند که به وام‌دهندگان بینشی از تغییرات ریسک شدید در صنایع از زمان شروع بحران مالی ارائه می‌دهد. شکل ب-۱۱ به بهترین وجه تفاوت بین CVaR و VaR را در یک پورتفولیوی در معرض ریسک نشان می‌دهد.



شکل ب-۱۱ VaR و CVaR برای پورتفولیو زیان احتمالی

ب-۷-۳-۳ دروندها و بروندها

به توضیحات ارزش در معرض ریسک (VaR) در زیربند ب-۷-۲ مراجعه شود.

1- Conditional Value at Risk
2- Expected Shortfall

ب-۷-۳-۴ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت شامل موارد زیر است:

- CVaR نسبت به VaR به شکل دم توزیع حساس‌تر است؛
 - CVaR از برخی از محدودیت‌های ریاضی VaR جلوگیری می‌کند؛
 - CVaR اندازه‌گیری محافظه‌کارانه‌تری نسبت به VaR است زیرا بر نتایجی تمرکز می‌کند که بیشترین ضرر را ایجاد می‌کنند.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- CVaR یک شاخص پتانسیل زیان است نه برآوردی از حداکثر زیان ممکن؛
- همانند VaR، CVaR به مفروضات اساسی در مورد نوسانات ارزش دارایی حساس است؛
- CVaR بر ریاضیات پیچیده تکیه دارد و به طیف وسیعی از مفروضات نیاز دارد.

ب-۷-۳-۵ اسناد مرجع

[67] CHOUDHRY, M. An introduction to Value at Risk

[68] Value at Risk. New York University. [viewed 2017-9-14]. Available at: <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/VAR.pdf>

ب-۸ فنونی برای ارزشیابی اهمیت ریسک

ب-۸-۱ کلیات

فنون مورد بحث در زیربند ب-۸ در فرایندی استفاده می‌شوند که شامل تصمیم‌گیری در مورد اینکه آیا و چگونه باید ریسک را درمان کرد. برخی را می‌توان برای تصمیم‌گیری در مورد این که آیا ریسک خاص قابل تحمل یا قابل قبول است، برخی دیگر برای نشان دادن اهمیت نسبی یک ریسک یا رتبه‌بندی ریسک‌ها به ترتیب اولویت استفاده می‌شود.

ب-۸-۲ به طور منطقی در حدی پایین که قابل اجرا باشد و به طور منطقی تا آنجا که قابل اجرا باشد

ب-۸-۲-۱ مرور کلی

ALARP و SFAIRP کلمات اختصاری هستند که اصل «معقول قابل اجرا» را دربر می‌گیرند. آن‌ها معیارهایی را نشان می‌دهند که در آن آزمون پذیرش یا تحمل ریسک این است که آیا انجام کارهای بیشتر برای کاهش ریسک به طور منطقی عملی است یا خیر. ALARP عموماً مستلزم آن است که سطح ریسک تا حد ممکن کاهش یابد. SFAIRP عموماً ایجاب می‌کند که ایمنی تا آنجا که به‌طور منطقی عملی است تضمین شود. در قوانین یا رویه قضایی در برخی کشورها به‌طور منطقی عملی، تعریف شده است.

معیارهای SFAIRP و ALARP برای دستیابی به نتیجه در نظر گرفته شده‌اند، با این حال آن‌ها در یک نقطه معنایی متفاوت هستند. ALARP با کاهش ریسک تا حد امکان عملی به ایمنی دست می‌یابد، در حالی که SFAIRP هیچ اشاره‌ای به سطح ریسک نمی‌کند. SFAIRP معمولاً به عنوان معیاری تفسیر می‌شود که با آن واپایش‌ها ارزیابی می‌شوند تا ببینند آیا درمان‌های بیشتر امکان‌پذیر است یا خیر. سپس، در صورت امکان، آیا قابل اجرا هستند. هر دو SFAIRP و ALARP برای تنزیل اقدامات ریسک بر این اساس که هزینه‌ها به شدت با منافع به دست آمده نامتناسب است، ضمانت می‌دهند، اگرچه میزان دردسترس بودن آن به حوزه قضایی بستگی دارد. به عنوان مثال، در برخی از حوزه‌های قضایی، مطالعات هزینه-فایده (به زیربند ب-۹-۲ مراجعه شود) می‌تواند برای پشتیبانی از این استدلال استفاده شود که ALAR یا SFAIRP به دست آمده است.

مفهوم ALARP، همان‌طور که در ابتدا توسط اداره بهداشت و ایمنی بریتانیا بیان شد، در شکل ب-۱۲ نشان داده شده است. در برخی از حوزه‌های قضایی، سطوح کمی از ریسک در مرزهای بین مناطق غیرقابل تحمل، ALARP و به طور کلی قابل قبول قرار می‌گیرد.

ب-۸-۲-۲ استفاده

SFAIRP و ALARP به عنوان معیاری برای تصمیم‌گیری در مورد این که آیا یک ریسک نیاز به درمان دارد یا خیر استفاده می‌شود. آن‌ها بیشتر برای ریسک‌های مربوط به ایمنی استفاده می‌شوند و توسط قانونگذاران در برخی از حوزه‌های قضایی استفاده می‌شوند.

از مدل ALARP می‌توان برای طبقه‌بندی ریسک‌ها به یکی از سه دسته زیر استفاده کرد:

- یک طبقه ریسک غیرقابل تحمل، که در آن ریسک جز در شرایط فوق‌العاده قابل توجیه نیست؛
- یک دسته ریسک به طور کلی قابل قبول که در آن ریسک آن قدر کم است که نیازی به کاهش ریسک بیشتر نیست (اما اگر عملی و معقول باشد می‌توان آن را اجرا کرد)؛
- منطقه‌ای بین این محدوده‌ها (منطقه ALARP) که در آن کاهش ریسک بیشتر بهتر است در صورت امکان عملی انجام شود.



شکل ب-۱۲ نمودار ALARP

ب-۸-۲-۳ دروندادها

اطلاعاتی درباره:

- منبع ریسک و ریسک مرتبط؛
- معیارهای محدودیت برای منطقه ALARP؛
- واپایش‌های موجود و سایر واپایش‌ها ممکن؛
- پیامدهای بالقوه؛
- محتمل‌گزینی وقوع آن پیامدها؛
- هزینه درمان‌های احتمالی.

ب-۸-۲-۴ برون داد

برونداد تصمیمی است در مورد این که آیا درمان مورد نیاز است یا خیر و درمان باید اعمال شود.

ب-۸-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت استفاده از معیار ALARP/SFAIRP عبارتند از:

- تعیین استاندارد رایج مراقبت، بر اساس قانون موردی و مقررات، که از اصل انصاف پشتیبانی می‌کند، به این صورت که همه افراد حق دارند از سطح برابری از پشتیبانی در برابر ریسک‌ها برخوردار باشند که توسط قانون تلقی می‌شود و نه متغیری که توسط سازمان آن‌ها قابل تحمل یا قابل قبول تلقی می‌شود؛

- از اصل سودمندی پشتیبانی شود زیرا کاهش ریسک نباید به تلاش بیشتر از حد امکان عملی نیاز داشته باشد؛
- اجازه دادن به هدف‌گذاری غیرتجویزی؛
- پشتیبانی از بهبود مداوم در راستای هدف به حداقل رساندن ریسک؛
- ارائه یک روش شفاف و عینی برای بحث و تعیین ریسک قابل قبول یا قابل تحمل از طریق مشاوره با سهامداران.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- تفسیر ALARP یا SFAIRP می‌تواند چالش برانگیز باشد زیرا سازمان‌ها را ملزم می‌کند که بافتار قانونی را در حداقل قبولی درک کنند و در مورد آن زمینه قضاوت کنند؛
- استفاده از ALARP یا SFAIRP برای فناوری‌های جدید می‌تواند مشکل ساز باشد، زیرا ممکن است ریسک‌ها و درمان‌های احتمالی شناخته شده یا به خوبی درک نشده باشند؛
- ALARP و SFAIRP استاندارد مشترکی از مراقبت را تعیین می‌کنند که ممکن است از نظر مالی برای سازمان‌های کوچکتر مقرون به صرفه نباشد، که منجر به ریسک‌پذیری یا توقف فعالیت می‌شود.

ب-۸-۲-۶ اسناد مرجع

[69] HSE, 2010a, HID'S Approach To 'As Low As Reasonably Practicable' (ALARP) Decisions

[70] HSE, 2010b, Guidance on (ALARP) decisions in control of major accident hazards (COMAH)

[71] HSE, Principles and guidelines to assist HSE in its judgments that duty-holders have reduced risk as low as reasonably practicable

ب-۸-۳ نمودارهای تعداد - فراوانی (F-N)

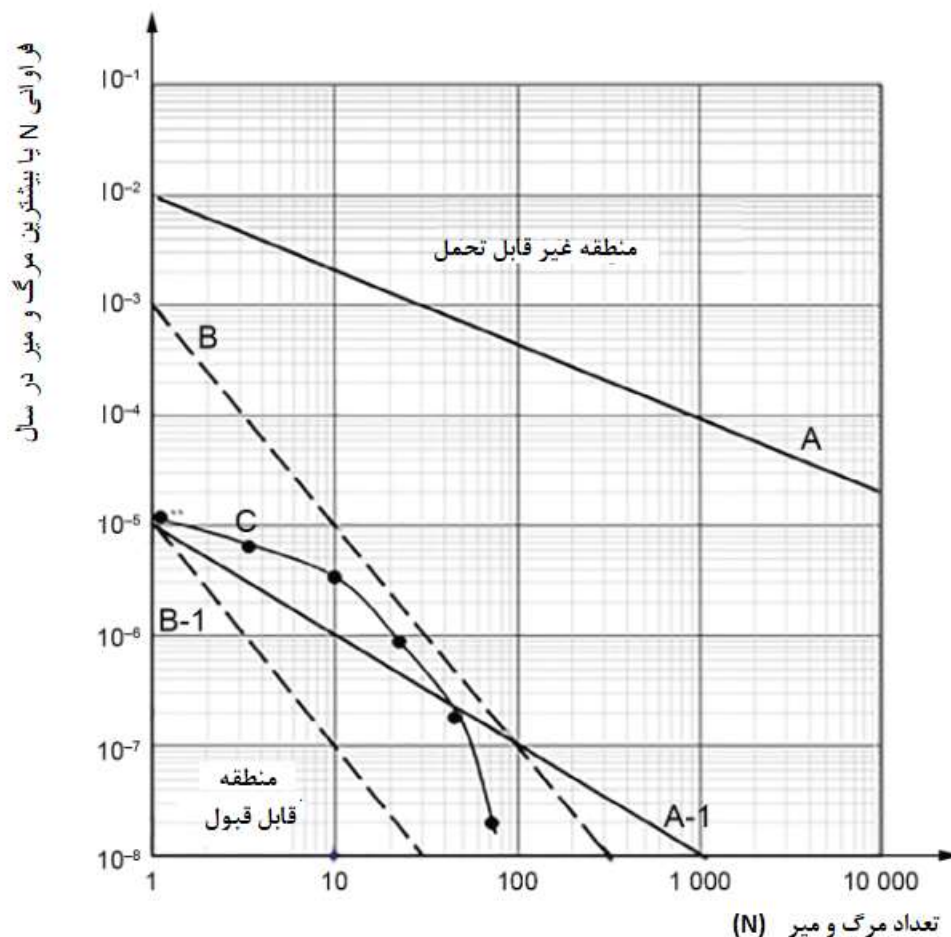
ب-۸-۳-۱ مرور کلی

یک نمودار F-N مورد خاص از ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی کمی است (به زیربند ب-۱۰-۳ مراجعه شود). در این برنامه محور X تعداد تجمعی تلفات و محور Y تعداد تلفات را نشان می‌دهد. هر دو مقیاس برای تناسب با داده‌های معمولی لگاریتمی هستند. معیارهای ریسک عموماً به صورت خطوط مستقیم در نمودار نمایش داده می‌شوند که در آن هر چه شیب خط بیشتر باشد، در مقایسه با تعداد کمتر، ناسازگاری نسبت به تعداد بیشتر تلفات بیشتر است.

ب-۸-۳-۲ استفاده

نمودارهای F-N یا به عنوان یک رکورد قدیمی از پیامدهای سوانحی که شامل از دست دادن جان انسان‌ها می‌شود، یا برای نمایش نتایج تجزیه و تحلیل کمی ریسک از دست دادن زندگی در مقایسه با معیارهای از پیش تعریف شده برای پذیرش استفاده می‌شود.

شکل ب-۱۳ دو نمونه از معیارهای با برچسب A و A-1 و B و B-1 را نشان می‌دهد. آن‌ها بین یک منطقه غیرقابل تحمل (بالتر از A یا B)، یک منطقه به‌طور کلی قابل قبول (زیر A-1 و B-1)، و یک منطقه بین خطوط که در آن ریسک‌ها قابل قبول هستند، در صورتی که تا حد امکان عملی کمتر باشند (ALARP) تمایز قائل می‌شوند (به زیربند ب-۸-۲ مراجعه شود). معیار B هم شیب بالاتر (یعنی تحمل کمتر برای تلفات چندگانه) و هم محدودیت‌های محافظه کارانه‌تر را به‌طور کلی نشان می‌دهد. هم‌چنین شش نقطه روی منحنی C نشان داده شده است که نشان‌دهنده نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل کمی سطح ریسک است که باید با معیارها مقایسه شود.



شکل ب-۱۳ نمونه‌ای از نمودار F-N

رایج‌ترین کاربرد برای نشان دادن ریسک اجتماعی از مکان‌های خطر عمده پیشنهادی است که در معرض طرح‌ریزی کاربری زمین یا ارزشیابی‌های ایمنی مشابه هستند.

یادآوری - ریسک اجتماعی به نگرانی‌های اجتماعی به دلیل وقوع چندین مرگ‌ومیر در یک رویداد اشاره دارد.

ب-۸-۳-۳ دروندادها

داده‌هایی از سوانح یا از تجزیه و تحلیل کمی ریسک که احتمال تلفات را پیش‌بینی می‌کند.

ب-۸-۳-۴ برونداد

نمایش گرافیکی داده‌ها در مقایسه با معیارهای از پیش تعریف‌شده.

ب-۸-۳-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت نمودارهای F-N شامل موارد زیر است:

- آن‌ها برونداد قابل فهمی را ارائه می‌دهند که می‌توان بر اساس آن تصمیم‌گیری کرد؛
- تجزیه و تحلیل کمی لازم برای ایجاد نمودار F-N درک خوبی از ریسک و علل و پیامدهای آن فراهم می‌کند.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- محاسبات برای تولید نمودارها اغلب پیچیده با عدم قطعیت‌های فراوان است؛
- تجزیه و تحلیل کامل مستلزم تحلیل تمام سناریوهای احتمالی تصادفات بزرگ است. این کار زمان‌بر است و نیاز به تخصص بالایی دارد؛
- نمودارهای F-N را نمی‌توان به راحتی با یکدیگر به منظور رتبه‌بندی مقایسه کرد (به عنوان مثال تصمیم‌گیری در مورد این که کدام تدوین، ریسک اجتماعی بالاتری دارد).

ب-۸-۳-۶ اسناد مرجع

[72] Understanding and using F-N Diagrams, Annex in Guidelines for Developing Quantitative

Safety Risk Criteria

[73] EVANS, A. Transport fatal accidents and FN-curves

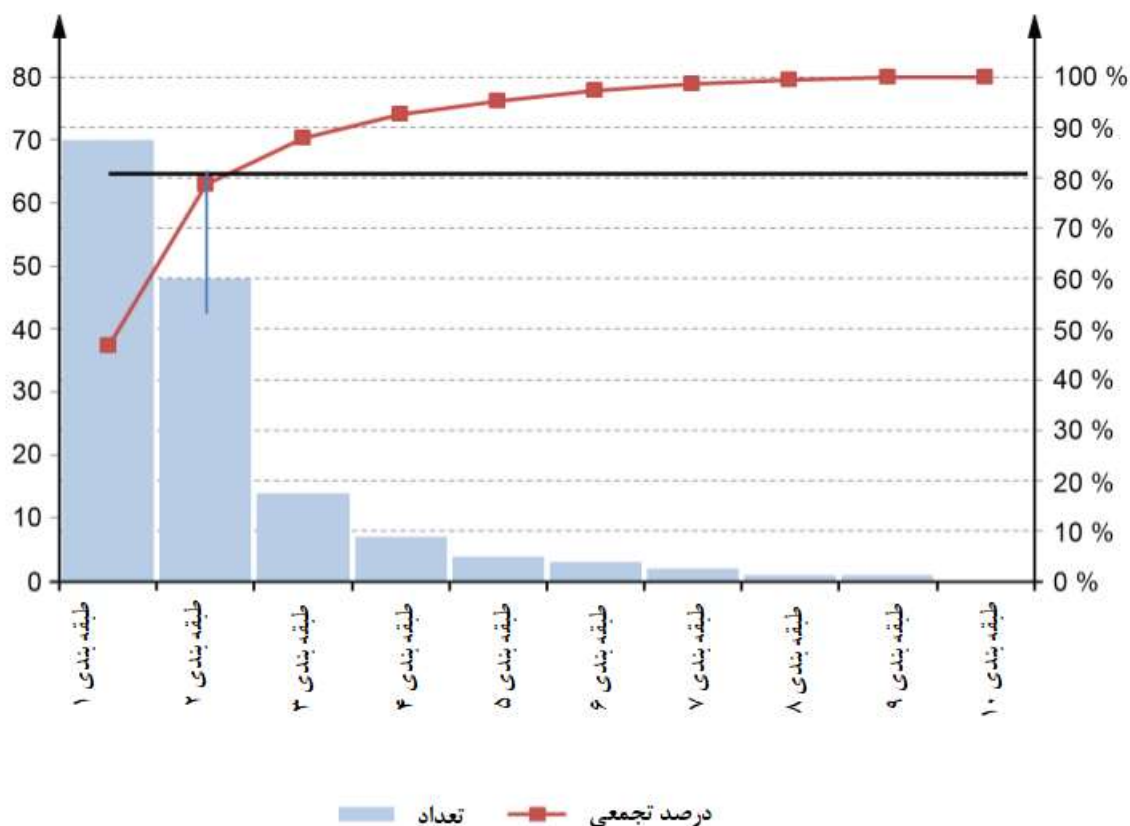
ب-۸-۴ نمودارهای پارتو

ب-۸-۴-۱ مرور کلی

نمودار پارتو (به شکل ب-۱۴ مراجعه شود) ابزاری برای انتخاب تعداد محدودی از وظایف است که اثر کلی قابل توجهی ایجاد می‌کند. از اصل پارتو (هم‌چنین به عنوان قانون ۸۰/۲۰ نیز شناخته می‌شود) استفاده می‌کند، که این ایده است که ۸۰٪ مشکلات توسط ۲۰٪ علل ایجاد می‌شود، یا این که با انجام ۲۰٪ از کار می‌توان ۸۰٪ از سود را ایجاد کرد.

تولید یک نمودار پارتو که دلایلی را که باید به آن پرداخت، را انتخاب می‌کند، شامل مراحل زیر است:

- مشکلات را شناسایی و فهرست کنید؛
 - علت هر مشکل را شناسایی کنید؛
 - مشکلات را با هم بر اساس علت گروه‌بندی کنید؛
 - نمرات هر گروه را جمع کنید؛
 - یک نمودار ستونی با دلایل نمایش داده‌شده با دلایلی که در ابتدا امتیازات بالاتری دارند رسم کنید.
- اصل پارتو در مورد تعداد مسائل اعمال می‌شود و اهمیت را در نظر نمی‌گیرد. به عبارت دیگر، مشکلات عواقب زیاد ممکن است با شایع‌ترین علل مشکلات پیامد کمتر مرتبط نباشد. این را می‌توان با به ثمر رساندن مشکلات با توجه به پیامد برای ارائه یک وزن انطباق داد. تحلیل پارتو یک رویکرد از پایین به بالا است و می‌تواند نتایج کمی ارائه دهد. اگرچه هیچ ابزار پیچیده، یا آموزش یا شایستگی خاصی برای به‌کارگیری این فن مورد نیاز نیست، برخی از تجربیات برای جلوگیری از محدودیت‌ها و خطاهای رایج بسیار مفید است.
- یادآوری - ارقام ۸۰٪ و ۲۰٪ گویا هستند -** اصل پارتو عدم تقارن را نشان می‌دهد که اغلب بین کار انجام‌شده و نتایج بدست آمده ظاهر می‌شود. به عنوان مثال، ۱۳٪ از کار می‌تواند ۸۷٪ بازده ایجاد کند. یا ۷۰٪ مشکلات را می‌توان با ۳۰٪ از علل حل کرد.



شکل ب-۱۴ نمونه‌ای از نمودار پارتو

ب-۸-۴-۲ استفاده

زمانی که بسیاری از دوره‌های اقدام ممکن برای جلب توجه، رقابت می‌کنند، تحلیل پارتو در یک سطح عملیاتی مفید است. هر زمان که به نوعی اولویت‌بندی نیاز باشد می‌توان آن را اعمال کرد. به عنوان مثال، می‌توان از آن برای کمک به تصمیم‌گیری در مورد این که کدام علل مهم‌ترین هستند یا کدام درمان‌های ریسک سودمندتر هستند، استفاده کرد.

یک نمایش معمولی از تحلیل پارتو در نمودار میله‌ای نشان داده شده است که در آن محور افقی به جای مقیاس پیوسته (مثلاً از ۰ تا ۱۰۰) مقوله‌های موردعلاقه (مانند انواع مواد، اندازه‌ها، کدهای ضایعاتی، مراکز فرایند) را نشان می‌دهد. دسته‌ها اغلب «نقص»، منابع نقص یا ورودی‌های یک فرآیند هستند. محور عمودی نوعی تعداد یا فرکانس را نشان می‌دهد (به عنوان مثال، رخدادها، سوانح، قطعات، زمان). سپس یک نمودار خطی از درصد تجمعی رسم می‌شود.

دسته‌هایی که در سمت چپ جایی که درصد تجمعی با خط ۸۰٪ قطع می‌شود، دسته‌هایی هستند که به آن‌ها پرداخته می‌شود.

ب-۸-۴-۳ درونداداها

داده‌هایی برای تجزیه و تحلیل، مانند داده‌های مربوط به موفقیت‌ها و شکست‌های گذشته و علل آن‌ها.

ب-۸-۴-۴ برونداداها

برونداد، یک نمودار پارتو است که به نشان دادن این که کدام دسته‌ها مهم‌تر هستند کمک می‌کند، به طوری که تلاش می‌تواند روی مناطقی متمرکز شود که بیشترین پیشرفت‌ها را می‌توان انجام داد. نمودار پارتو می‌تواند به تشخیص بصری کمک کند که کدام یک از دسته‌ها شامل «اندکی حیاتی» و کدام یک «بسیار ناچیز» هستند. اگرچه تجزیه و تحلیل کمی است، اما برونداد طبقه‌بندی مشکلات، علل و غیره است که بر اساس اهمیت رتبه‌بندی شده‌اند.

اگر اولین تحلیل شامل بسیاری از مشکلات کوچک یا نادر باشد، می‌توان آن‌ها را با هم در یک دسته «دیگر» ادغام کرد. این آخرین بار در نمودار پارتو نشان داده شده است (حتی اگر کوچکترین میله نباشد). خط درصدی تجمعی (مجموع سهم هر دسته به عنوان کسری از کل) نیز می‌تواند نشان داده شود.

ب-۸-۴-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت تحلیل پارتو شامل موارد زیر است:

- تحلیل پارتو به علل رایج ریسک‌های فردی به عنوان مبنایی برای یک طرح درمانی نگاه می‌کند؛
- یک برونداد گرافیکی به وضوح نشان می‌دهد که در کجا می‌توان بیشترین سود را بدست آورد؛
- زمان و تلاش لازم برای دستیابی به نتایج، احتمالاً متوسط تا کم است.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- هزینه یا دشواری نسبی مقابله با هر یک از علل زمینه‌ای در نظر گرفته نمی‌شود؛
- داده‌های قابل استفاده برای وضعیت مورد تجزیه و تحلیل باید در دسترس باشد؛
- داده‌ها باید بتوانند به دسته‌ها تقسیم شوند و با قانون $80/20$ مطابقت داشته باشند تا روش معتبر باشد؛
- هنگامی که داده‌ها ناکافی هستند، ایجاد وزن‌های نسبی دشوار است؛
- به‌طور کلی، تنها داده‌های قدیمی در نظر گرفته می‌شود و هیچ‌گونه تغییر احتمالی وجود ندارد.

ب-۸-۴-۶ اسناد مرجع

[74] Pareto Chart, Excel Easy

[75] Pareto Chart

ب-۸-۵ نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان

ب-۸-۵-۱ مرور کلی

نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)^۱ یک فن ارزیابی مبتنی بر ریسک است که برای شناسایی خط‌مشی‌ها و وظایف نگهداری مناسب برای یک سیستم و اجزای آن به منظور دستیابی کارآمد و مؤثر به ایمنی، در دسترس بودن و صرفه‌جویی در عملیات مورد نیاز برای انواع تجهیزات، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شامل تمام مراحل فرایند برای انجام ارزیابی ریسک، شامل شناسایی ریسک، تجزیه و تحلیل ریسک و ارزشیابی ریسک است.

مراحل اساسی یک برنامه RCM عبارتند از:

- شروع و طرح‌ریزی؛
- تجزیه و تحلیل شکست کارکردی؛
- انتخاب وظیفه تعمیر و نگهداری؛
- اجرا؛
- بهبود مداوم.

تجزیه و تحلیل عملکردی در RCM معمولاً با انجام یک تحلیل حالت شکست، اثر و بحران FMECA، (به زیربند ب-۲-۳ مراجعه شود)، با تمرکز بر موقعیت‌هایی انجام می‌شود که در آن شکست‌های بالقوه را می‌توان حذف کرد یا از نظر فرکانس و/یا پیامد با انجام وظایف نگهداری کاهش داد. پیامدها با تعریف اثرات خرابی مشخص می‌شوند، سپس ریسک با برآورد فرکانس هر حالت شکست بدون انجام نگهداری تحلیل می‌شود.

یک ماتریس ریسک (به زیربند ب-۱۰-۳ مراجعه شود) اجازه می‌دهد تا دسته‌بندی‌هایی برای سطوح ریسک ایجاد شود.

سپس خط‌مشی مدیریت خرابی مناسب برای هر حالت خرابی انتخاب می‌شود. معمولاً یک منطق استاندارد انتخاب کار برای انتخاب مناسب‌ترین کارها اعمال می‌شود.

طرحی برای اجرای وظایف نگهداری توصیه‌شده با تعیین وظایف دقیق، فواصل وظایف، روش‌های اجرایی مربوطه، قطعات یدکی موردنیاز و سایر منابع لازم برای انجام وظایف نگهداری آماده می‌شود. یک مثال در جدول ب-۶ نشان داده شده است.

کل فرآیند RCM به طور گسترده برای مرجع و بازنگری آینده مستند شده است. جمع‌آوری داده‌های مربوط به خرابی و نگهداری، پایش بر نتایج و اجرای بهبودها را امکان‌پذیر می‌سازد.

ب-۸-۵-۲ استفاده

RCM برای فعال کردن تعمیر و نگهداری قابل اجرا و موثر استفاده می‌شود. به‌طور کلی در مرحله طراحی و توسعه یک سیستم اعمال می‌شود، سپس در طول عملیات و نگهداری اجرا می‌شود. بیشترین سود با هدف قرار دادن تجزیه و تحلیل در مواردی حاصل می‌شود که خرابی‌ها اثرات جدی ایمنی، زیست‌محیطی، اقتصادی یا عملیاتی دارند.

RCM پس از تحلیل بحرانی سطح بالا شروع می‌شود که سیستم و تجهیزاتی را که نیاز به تعیین وظایف تعمیر و نگهداری دارند شناسایی می‌کند. این می‌تواند در مرحله طراحی اولیه یا بعداً در طول استفاده رخ دهد، اگر قبلاً به روشی ساختاریافته انجام نشده باشد یا نیاز به بازنگری یا بهبود نگهداری وجود داشته باشد.

ب-۸-۵-۳ درونداد

کاربرد موفقیت‌آمیز RCM نیاز به درک خوبی از تجهیزات و ساختار، محیط عملیاتی و سیستم‌های مرتبط، زیرسیستم‌ها و موارد تجهیزات، همراه با خرابی‌های احتمالی و پیامدهای آن خرابی‌ها دارد. این فرایند نیازمند تیمی با دانش و تجربه لازم است که توسط یک تسهیل‌کننده آموزش‌دیده و با تجربه واپایش می‌شود.

ب-۸-۵-۴ برونداد

نتیجه نهایی کار در طول فرایند، قضاوت در مورد لزوم انجام کار نگهداری یا سایر اقدامات مانند تغییرات عملیاتی است.

برونداد، خط‌مشی‌های مدیریت خرابی مناسب برای هر حالت خرابی است، مانند پایش وضعیت، یافتن خرابی، بازیابی زمان‌بندی، جایگزینی بر اساس یک بازه زمانی (مانند تقویم، ساعات کار، یا تعداد چرخه‌ها) یا اجرا تا خرابی. سایر اقدامات احتمالی که می‌تواند از تجزیه و تحلیل حاصل شود شامل طراحی مجدد، تغییر روش‌های اجرایی عملیاتی یا نگهداری یا آموزش‌های اضافی است. یک مثال در جدول ب-۶ آورده شده است.

طرحی برای اجرای وظایف نگهداری توصیه شده، تهیه شده است. این جزئیات وظایف، فواصل وظایف، روش های اجرایی مربوطه، قطعات یدکی مورد نیاز و سایر منابع لازم برای انجام وظایف نگهداری را شرح می دهد.

جدول ب-۶ نمونه ای از انتخاب کار RCM

خرابی کارکردی - قصور در تهیه محافظ کمپرسور و خاموش شدن							
فاصله کار بر حسب ساعت	شرح وظیفه	نوع وظیفه	علل	تشخیص شکست	فاصله زمانی خرابی (ساعت)	حالت شکست	تجهیزات
۱۶۰۰۰	بررسی کالیبراسیون	زمان هدایت- شده	کالیبره نبودن	مشهود	۸۰۰۰۰	برونداد نادرست	فرستنده فشار - فشار روغن کمپرسور
مداوم روی واپایش پنل	بررسی صحت عملکرد در صورت ایجاد تغییر در ارتعاش	شرایط هدایت- شده	خرابی آشکارساز/حسگر	مشهود	۴۰۰۰۰	ناتوان در ارائه برونداد مناسب	مبدل ارتعاش - لرزش کمپرسور
۸۰۰۰	تست کارکردی سوئیچ سطح	خرابی	خرابی آشکارساز/حسگر	پنهان	۸۰۰۰۰	عدم تغییر حالت در صورت تقاضا	سوئیچ سطح - پایین بودن سطح روغن کمپرسور
۸۰۰۰	بررسی اتصالات شل	زمان هدایت شده	مدار باز	مشهود	۱۶۰۰۰۰	برونداد بالا	حسگر و سیم کشی - دمای روغن کمپرسور
۸۰۰۰	کالیبره نمودن فرستنده با تأیید سطح پر شدن گلیکول	زمان هدایت شده	کالیبره نبودن	پنهان	۴۰۰۰۰	برونداد نادرست	فرستنده سطح - مخزن گلیکول
۱۶۰۰۰	بررسی کالیبراسیون	زمان هدایت شده	کالیبره نبودن	مشهود	۸۰۰۰۰	برونداد نادرست	فرستنده فشار - فشار مکش / تخلیه کمپرسور
۸۰۰۰	بررسی اتصالات شل	زمان هدایت شده	مدار باز	مشهود	۱۶۰۰۰۰	برونداد بالا	حسگر و سیم کشی - دمای مکش / تخلیه کمپرسور
پیوسته روی واپایش پنل	در صورت ایجاد تغییر در ارتعاش، بررسی صحت	شرایط هدایت- شده	خرابی آشکارساز/حسگر	مشهود	۴۰۰۰۰	نمی تواند برونداد مناسبی ارائه دهد	مبدل ارتعاش - لرزش کولر

ب-۸-۵-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت شامل موارد زیر است:

- این فرایند امکان استفاده از میزان ریسک را برای تصمیم‌گیری در مورد نگهداری فراهم می‌کند؛
 - وظایف بر این اساس است که آیا آن‌ها کاربردی هستند، یعنی این‌که آیا آن‌ها به نتیجه موردانتظار دست خواهند یافت یا خیر؛
 - وظایف ارزشیابی می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که آن‌ها مقرون‌به‌صرفه و ارزشمند هستند؛
 - اقدامات نگهداری غیرضروری با توجه مناسب حذف می‌شوند؛
 - فرایند و تصمیم‌ها برای بازنگری بعدی مستند شده است.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- اگر بخواهد مؤثر باشد، این فرایند معمولاً زمان‌بر است؛
- فرایند بسیار وابسته به یک تسهیل‌کننده آموزش‌دیده و با تجربه است؛
- تیم باید تمام تخصص و تجربه نگهداری لازم را برای معتبر بودن تصمیم‌ها داشته باشد؛
- ممکن است تمایل به انتخاب میانبرها با فرایند وجود داشته باشد که بر اعتبار تصمیم‌های اتخاذشده تأثیر می‌گذارد؛
- وظایف بالقوه‌ای که در نظر گرفته می‌شوند با دانش فنون موجود مانند آن‌هایی که برای پایش شرایط در نظر گرفته می‌شوند، محدود خواهند شد.

ب-۸-۵-۶ سند مرجع

[76] IEC 60300-3-11, Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance

ب-۸-۶ شاخص‌های ریسک

ب-۸-۶-۱ مرور کلی

شاخص‌های ریسک معیاری از ریسک را ارائه می‌دهند که با استفاده از رویکرد امتیازدهی و مقیاس‌های ترتیبی به دست می‌آید. عواملی که معتقدند بر میزان ریسک تأثیر می‌گذارند، با استفاده از معادله‌ای که تلاش می‌کند رابطه بین آن‌ها را نشان دهد، شناسایی، امتیازدهی و ترکیب می‌شوند. در ساده‌ترین فرمول‌ها، عواملی که سطح ریسک را افزایش می‌دهند با هم ضرب و بر آن‌هایی که سطح ریسک را کاهش می‌دهند تقسیم می‌شوند. در صورت امکان، مقیاس‌ها و نحوه ترکیب آن‌ها بر اساس شواهد و داده‌ها است. مهم است که نمرات هر بخش از سیستم از نظر داخلی سازگار باشد و روابط صحیح خود را حفظ کند.

فرمول‌های ریاضی را نمی‌توان برای مقیاس‌های ترتیبی اعمال کرد. بنابراین، هنگامی که سیستم امتیازدهی تدوین شد، مدل بهتر است با اعمال آن در سیستمی که به خوبی درک شده است، اعتبارسنجی شود. تدوین یک شاخص، رویکرد تکراری است و چندین سیستم مختلف برای ترکیب امتیازات بهتر است برای اعتبارسنجی روش امتحان شود.

ب-۸-۶-۲ استفاده

شاخص‌های ریسک اساساً یک رویکرد کیفی یا نیمه‌کمی برای رتبه‌بندی و مقایسه ریسک‌ها هستند. آن‌ها می‌توانند برای ریسک‌های داخلی یا خارجی با دامنه محدود یا گسترده استفاده شوند. آن‌ها اغلب مختص نوع خاصی از ریسک هستند و برای مقایسه موقعیت‌های مختلف که در آن ریسک رخ می‌دهد، استفاده می‌شود. درحالی‌که از اعداد استفاده می‌شود، این به سادگی امکان دستکاری دارد. در مواردی که مدل یا سیستم زیربنایی، به‌خوبی شناخته شده نیست یا قادر به نمایش نیست، معمولاً بهتر است از یک رویکرد کیفی آشکارتر استفاده شود که سطحی از دقت را که با استفاده از مقیاس‌های ترتیبی غیرممکن است، دلالت نمی‌کند.

مثال ۱:

یک شاخص ریسک بیماری برای برآورد ریسک ابتلای فرد به یک بیماری خاص با ترکیب نمرات عوامل ریسک شناخته‌شده مختلف شناسایی شده در مطالعات اپیدمیولوژیک، با در نظر گرفتن قدرت ارتباط بین عامل ریسک و بیماری استفاده می‌شود.

مثال ۲:

رتبه‌بندی ریسک آتش‌سوزی بوش خطر آتش‌سوزی را در روزهای مختلف با در نظر گرفتن شرایط پیش‌بینی‌شده مانند رطوبت، قدرت باد، خشکی منظره و بار سوخت مقایسه می‌کند.

مثال ۳:

وام‌دهندگان با استفاده از شاخص‌هایی که مؤلفه‌های ثبات مالی آن‌ها را نشان می‌دهد، ریسک اعتباری مشتریان را محاسبه می‌کنند.

ب-۸-۶-۳ درونداها

درونداها از تجزیه و تحلیل سیستم به دست می‌آیند. این امر مستلزم درک خوبی از همه منابع ریسک و چگونگی بروز پیامدها است.

ابزارهایی مانند FTA (به زیربند ب-۵-۷ مراجعه شود)، ETA (به زیربند ب-۵-۶ مراجعه شود) و MCA^۱ (به زیربند ب-۹-۵ مراجعه شود) و همچنین داده‌های قدیمی برای پشتیبانی از توسعه شاخص‌های ریسک می‌توانند استفاده شوند.

از آنجایی که انتخاب مقیاس ترتیبی مورد استفاده، تا حدی دلبخواه است، داده‌های کافی برای اعتبارسنجی شاخص، مورد نیاز است.

ب-۸-۶-۴ برونداد

برونداد مجموعه‌ای از اعداد (شاخص‌های ترکیبی) است که به یک ریسک خاص مربوط می‌شود و می‌تواند با شاخص‌های توسعه‌یافته برای سایر ریسک‌ها در همان سیستم مقایسه شود.

ب-۸-۶-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت شاخص‌های ریسک شامل موارد زیر است:

- آن‌ها می‌توانند یک ابزار ساده و آسان برای رتبه‌بندی ریسک‌های مختلف ارائه دهند؛
- آن‌ها اجازه می‌دهند عوامل متعددی که بر سطح ریسک تأثیر می‌گذارند در یک امتیاز عددی واحد گنجانده شوند؛

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- اگر فرایند (مدل) و برونداد آن به خوبی تایید نشده باشند، نتایج می‌توانند بی‌معنی باشند؛
- این واقعیت که برونداد یک مقدار عددی برای ریسک است، می‌تواند به اشتباه تفسیر شود و مورد سوءاستفاده قرار گیرد، برای مثال در تحلیل هزینه/فایده بعدی؛
- در بسیاری از مواقعی که از شاخص‌ها استفاده می‌شود، هیچ مدل اساسی برای تعیین خطی بودن، لگاریتمی بودن یا هر شکل دیگر مقیاس‌های فردی برای عوامل ریسک و هیچ مدلی برای تعریف چگونگی ترکیب عوامل وجود ندارد. در این شرایط، رتبه‌بندی ذاتاً غیرقابل اعتماد است و اعتبارسنجی در برابر داده‌های واقعی اهمیت ویژه‌ای دارد؛

اغلب به دست آوردن شواهد کافی برای اعتبارسنجی مقیاس‌ها دشوار است؛
استفاده از مقادیر عددی می‌تواند حاکی از سطحی از دقت باشد که قابل توجیه نیست.

ب-۸-۶-۶ اسناد مرجع

[77] MACKENZIE Cameron A. Summarizing risk using risk measures and risk indices

ب-۹ فنون انتخاب بین گزینه‌ها

ب-۹-۱ کلیات

فنون موجود در بند زیربند ب-۹ برای کمک به تصمیم‌گیرندگان برای تصمیم‌گیری بین گزینه‌هایی که ریسک‌های متعددی را شامل می‌شوند و جایی که باید مبادله انجام شود، استفاده می‌شود. فنون به ارائه یک مبنای منطقی برای توجیه دلایل یک تصمیم کمک می‌کنند. از آنجایی که روش‌ها فلسفه‌های متفاوتی دارند، بررسی گزینه‌ها با استفاده از بیش از یک روش می‌تواند ارزشمند باشد.

تحلیل درخت تصمیم و تحلیل هزینه/منفعت تصمیم‌ها را بر اساس ضرر یا سود مالی موردانتظار استوار می‌کند. تحلیل چند معیاره اجازه می‌دهد تا معیارهای مختلف وزن‌دهی شوند و معاوضه انجام شود. تحلیل

سناریو (به زیربند ب-۲-۵ مراجعه شود) همچنین می‌تواند برای کشف پیامدهای احتمالی در صورت دنبال کردن گزینه‌های مختلف استفاده شود. این روش به‌ویژه در مواردی که عدم قطعیت بالا وجود دارد مفید است. مسائل تصمیم‌گیری را نیز می‌توان با استفاده از نمودارهای تاثیر (به زیربند ب-۵-۳ مراجعه شود) مدل کرد.

ب-۹-۲ تحلیل هزینه / منفعت

ب-۹-۲-۱ مرور کلی

تحلیل هزینه/منفعت، مجموع هزینه‌های موردانتظار، گزینه‌ها را به صورت پولی در مقابل کل منافع موردانتظار آن‌ها می‌سنجد تا مؤثرترین یا سودآورترین گزینه را انتخاب کند که می‌تواند کیفی یا کمی باشد یا ترکیبی از عناصر کمی و کیفی را دربرگیرد و در هر سطحی از سازمان قابل استفاده باشد.

ذینفعانی که ممکن است هزینه‌ها را تجربه کنند یا منفعی (مشهود یا نامشهود) دریافت کنند همراه با منافع و هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم برای هر یک شناسایی می‌شوند.

یادآوری- هزینه‌های مستقیم آن‌هایی هستند که مستقیماً با اقدام مرتبط هستند. هزینه‌های غیرمستقیم آن هزینه‌های فرصت اضافی هستند، مانند از دست دادن ابزار، انحراف زمان مدیریت یا انحراف سرمایه از سایر سرمایه‌گذاری‌های بالقوه.

در CBA^۱ کمی، یک ارزش پولی به تمام هزینه‌ها و منافع مشهود و نامشهود اختصاص داده می‌شود. اغلب اتفاق می‌افتد که هزینه در یک دوره زمانی کوتاه (مثلاً یک سال) متحمل می‌شود و منافع برای یک دوره طولانی جریان دارد. سپس لازم است هزینه‌ها و منافع را کاهش دهیم تا آن‌ها را به «پول امروزی» تبدیل کنیم تا بتوان مقایسه‌ای معتبر بین هزینه‌ها و منافع انجام داد. ارزش فعلی تمام هزینه‌ها (PVC)^۲ و ارزش فعلی منافع (PVB)^۳ برای همه سهامداران را می‌توان برای تولید ارزش فعلی خالص (NPV)^۴ ترکیب کرد:

$$NPV = PVB - PVC$$

یک NPV مثبت به این معنی است که اقدام ممکن است گزینه مناسبی باشد. گزینه‌ای با بالاترین NPV لزوماً بهترین گزینه نیست. بالاترین نسبت NPV به ارزش فعلی هزینه‌ها، شاخص مفیدی از بهترین گزینه با ارزش است. انتخاب بر اساس CBA بهتر است با انتخاب راهبردی بین گزینه‌های رضایت‌بخشی ترکیب شود که به صورت جداگانه می‌توانند کمترین هزینه، بالاترین سود مقرون به صرفه، یا بهترین ارزش (سودآورترین بازگشت سرمایه) را ارائه دهند. چنین انتخاب راهبردی می‌تواند هم در سطح خط‌مشی و هم در سطح عملیاتی موردنیاز باشد.

عدم قطعیت در هزینه‌ها و منافع را می‌توان با محاسبه میانگین موزون احتمال منافع خالص (ارزش فعلی خالص موردانتظار یا ENPV)^۵ در نظر گرفت. در این محاسبه فرض می‌شود که کاربر بین یک بازده کوچک با احتمال وقوع بالا و یک بازده بزرگ با احتمال وقوع کم بی تفاوت است، تا زمانی که هر دو دارای ارزش

1- Cost/Benefit Analysis
2- Present Value of all Costs
3- Present Value of Benefits
4- Net Present Value
5- Expected Net Present Value

موردانتظار یکسان باشند. محاسبات NPV هم‌چنین می‌تواند با درخت‌های تصمیم (به زیربند ب-۹-۳ مراجعه شود) ترکیب شود تا عدم قطعیت در تصمیم‌گیری‌های آینده و نتایج آن‌ها را مدل کند. در برخی شرایط ممکن است برخی از هزینه‌ها را تا زمانی که اطلاعات بهتری در مورد هزینه‌ها و مزایا در دسترس قرار گیرد به تعویق بیندازید. امکان انجام این کار دارای ارزشی است که می‌توان آن را با استفاده از تحلیل گزینه‌های واقعی برآورد کرد.

در CBA کیفی، هیچ تلاشی برای یافتن ارزش پولی برای هزینه‌ها و منافع نامشهود صورت نمی‌گیرد و به جای ارائه یک رقم واحد که هزینه‌ها و منافع را خلاصه می‌کند، روابط و مبادلات بین هزینه‌ها و منافع مختلف از نظر کیفی در نظر گرفته می‌شود.

یک فن مرتبط، تحلیل مقرون به صرفه است که فرض می‌کند که یک منفعت یا نتیجه خاص مورد نظر است و چندین راه جایگزین برای دستیابی به آن وجود دارد. تجزیه و تحلیل فقط به هزینه‌ها نگاه می‌کند و به دنبال شناسایی ارزان‌ترین راه برای دستیابی به سود است.

اگرچه ارزش‌های نامشهود معمولاً با دادن ارزش پولی به آن‌ها پرداخته می‌شود، اما می‌توان یک عامل وزن‌دهی را برای سایر هزینه‌ها نیز اعمال کرد، به عنوان مثال برای وزن دادن به مزایای ایمنی بیشتر از منافع مالی.

گونه‌ای از CBA - تحلیل ریسک هزینه/منفعت (CBRA)^۱ - تأکید بیشتری بر ریسک دارد. در حالی که CBA از توزیع‌های نقطه‌ای یا دودویی استفاده می‌کند، با CBRA ارزش ریسک نیز می‌تواند توزیع‌های احتمالی کامل را برای پیامدهای مطلوب و نامطلوب در نظر بگیرد [۷۸].

ب-۹-۲-۲ استفاده

CBA در سطوح عملیاتی و راهبردی برای کمک به تصمیم‌گیری بین گزینه‌ها استفاده می‌شود. در بیشتر موقعیت‌ها، این گزینه‌ها شامل عدم قطعیت هستند. هر دو متغیر در ارزش فعلی مورد انتظار هزینه‌ها و منافع، و احتمال رویدادهای غیرمنتظره باید در محاسبات در نظر گرفته شوند. برای این کار می‌توان از تحلیل حساسیت یا تحلیل مونت کارلو (به زیربند ب-۵-۱۰ مراجعه شود) استفاده کرد.

CBA هم‌چنین می‌تواند در تصمیم‌گیری در مورد ریسک‌ها و درمان آن‌ها استفاده شود، به عنوان مثال:

- به عنوان ورودی تصمیم‌گیری در مورد این که آیا یک ریسک بهتر است درمان شود یا خیر؛
- تصمیم‌گیری در مورد بهترین شکل درمان ریسک؛
- برای مقایسه گزینه‌های درمانی بلندمدت و کوتاه‌مدت.

ب-۹-۲-۳ دروندادها

دروندادها شامل اطلاعات مربوط به هزینه‌ها و منافع برای ذینفعان مرتبط و عدم قطعیت در این هزینه‌ها و منافع است. هزینه‌ها و منافع ملموس و نامشهود بهتر است در نظر گرفته شود. هزینه‌ها شامل هر گونه منابعی است که ممکن است صرف شود، شامل هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم، سربار قابل انتساب و اثرات منفی. مزایا شامل تأثیرات مثبت و اجتناب از هزینه (که می‌تواند ناشی از درمان‌های ریسک باشد) است. هزینه‌های بازگشت‌ناپذیر قبلاً هزینه‌شده بخشی از تجزیه و تحلیل نیست. یک تجزیه و تحلیل صفحه گسترده ساده یا بحث کیفی به تلاش قابل توجهی نیاز ندارد، اما کاربرد در مسائل پیچیده‌تر مستلزم زمان قابل توجهی در جمع‌آوری داده‌های لازم و در برآورد ارزش پولی مناسب برای دارایی‌های نامشهود است.

ب-۹-۲-۴ برونداد

برونداد تحلیل هزینه/منفعت اطلاعاتی در مورد هزینه‌ها و مزایای نسبی گزینه‌ها یا اقدامات مختلف است. این را می‌توان به صورت کمی به عنوان ارزش فعلی خالص (NPV)، بهترین نسبت (NPV/PVC) یا به عنوان نسبت ارزش فعلی منافع به ارزش فعلی هزینه‌ها بیان کرد.

یک برونداد کیفی معمولاً جدولی است که هزینه‌ها و منافع انواع مختلف هزینه و منفعت را با توجه به مبادلات مقایسه می‌کند.

ب-۹-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت CBA شامل موارد زیر است:

- CBA اجازه می‌دهد تا هزینه‌ها و منافع با استفاده از یک معیار واحد (معمولاً پول) مقایسه شود؛
 - شفافیت اطلاعات مورد استفاده برای اطلاع‌رسانی تصمیم‌ها را فراهم می‌کند؛
 - جمع‌آوری اطلاعات دقیق در مورد تمام جنبه‌های ممکن تصمیم را تشویق می‌کند (این می‌تواند در آشکار کردن ناآگاهی و همچنین انتقال دانش ارزشمند باشد).
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- CBA نیاز به درک خوبی از مزایای احتمالی دارد، بنابراین برای یک موقعیت جدید با عدم قطعیت بالا مناسب نیست؛
- CBA کمی بسته به مفروضات و روش‌های مورد استفاده برای تخصیص ارزش‌های اقتصادی به منافع غیراقتصادی و نامشهود، می‌تواند اعداد بسیار متفاوتی را به دست آورد؛
- در برخی از کاربردها، تعریف نرخ تنزیل معتبر برای هزینه‌ها و منافع آتی دشوار است؛
- برآورد مزایایی که به جمعیت زیادی تعلق می‌گیرد، به‌ویژه آن‌هایی که مربوط به منافع عمومی است که در بازارها مبادله نمی‌شوند، دشوار است. با این حال، هنگامی که با «تمایل به پرداخت یا پذیرش» ترکیب شود، می‌توان چنین مزایای خارجی یا اجتماعی را در نظر گرفت؛

- بسته به نرخ تنزیل انتخاب شده، عمل تنزیل به ارزش‌های فعلی به این معنی است که منافع به دست آمده در آینده بلندمدت می‌تواند تأثیر ناچیزی بر تصمیم داشته باشد، بنابراین سرمایه‌گذاری بلندمدت را دلسرد می‌کند؛
- CBA با عدم قطعیت در زمان وقوع هزینه‌ها و منافع یا با انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری‌های آتی به خوبی برخورد نمی‌کند.

ب-۹-۲-۶ اسناد مرجع

[79] The Green book, Appraisal and Evaluation in Central Government

[80] ANDOSEH, S., et al. The case for a real options approach to ex-ante cost-benefit analyses of agricultural research projects

ب-۹-۳ تحلیل درخت تصمیم

ب-۹-۳-۱ مرور کلی

درخت تصمیم مسیرهای احتمالی را که از یک تصمیم اولیه باید گرفته شود (مثلاً ادامه پروژه A یا پروژه B) را مدل می‌کند. همان‌طور که دو پروژه فرضی پیش می‌روند، ممکن است طیف وسیعی از رویدادها رخ دهد و تصمیم‌های قابل پیش‌بینی متفاوتی باید اتخاذ شود. این‌ها در قالب درختی، شبیه به درخت رویداد نمایش داده می‌شوند. احتمال رویدادها را می‌توان همراه با مقدار موردانتظار یا سودمندی نتیجه نهایی هر مسیر برآورد کرد.

اطلاعات مربوط به بهترین مسیر تصمیم‌گیری منطقی آن چیزی است که بهترین مقدار موردانتظار محاسبه شده را به عنوان حاصلضرب همه احتمالات مشروط در طول مسیر و مقدار نتیجه تولید می‌کند.

ب-۹-۳-۲ استفاده

درخت تصمیم را می‌توان برای ساختار و حل مسائل تصمیم‌گیری متوالی استفاده کرد و به ویژه زمانی مفید است که پیچیدگی مسئله افزایش یابد. این سازمان را قادر می‌سازد تا پیامدهای احتمالی تصمیم‌ها را کمی کند و از این رو به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا زمانی که پیامدها نامطمئن هستند بهترین مسیر اقدام را انتخاب کنند. صفحه نمایش گرافیکی هم‌چنین می‌تواند به بیان دلایل تصمیم‌گیری کمک کند.

برای ارزشیابی یک تصمیم پیشنهادی، اغلب با استفاده از برآوردهای ذهنی احتمالات استفاده می‌شود، و به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا بر تعصبات درک ذاتی نسبت به موفقیت یا شکست غلبه کنند. می‌توان از آن برای موضوعات کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت در سطح عملیاتی یا راهبردی استفاده کرد.

ب-۹-۳-۳ دروندادها

تدوین درخت تصمیم نیازمند یک طرح پروژه با نقاط تصمیم، اطلاعاتی در مورد نتایج احتمالی تصمیم‌ها و رویدادهای شانسی است که ممکن است بر تصمیم‌ها تأثیر بگذارد. برای تنظیم صحیح درخت، به ویژه در شرایط پیچیده، به تخصص نیاز است.

بسته به ساختار درخت، داده‌های کمی یا اطلاعات کافی برای توجیه نظر کارشناسان برای احتمالات موردنیاز است.

ب-۹-۳-۴ برون داده‌ها

برونداده‌ها عبارتند از:

- یک نمایش گرافیکی از مشکل تصمیم‌گیری؛
- محاسبه مقدار موردانتظار برای هر مسیر ممکن؛
- یک لیست اولویت‌بندی شده از پیامدهای ممکن براساس ارزش موردانتظار، یا مسیر توصیه شده‌ای که باید دنبال شود.

ب-۹-۳-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت تحلیل درخت تصمیم شامل موارد زیر است:

- نمایش گرافیکی واضحی از جزئیات مشکل تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد؛
 - تمرین تدوین درخت می‌تواند به بینش بهتری در مورد مشکل منجر شود؛
 - تفکر و طرح‌ریزی واضح را تشویق می‌کند؛
 - محاسبه بهترین مسیر از طریق یک موقعیت و نتیجه موردانتظار را ممکن می‌سازد.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- درختان تصمیم‌گیری بزرگ می‌توانند برای ارتباط آسان بیش از حد پیچیده شوند؛
 - ممکن است تمایل به ساده‌سازی بیش از حد موقعیت وجود داشته باشد تا بتوان آن را به صورت نمودار درختی نشان داد؛
 - بر داده‌های قدیمی متکی است که ممکن است در تصمیم مدلسازی اعمال نشود؛
 - پیامدهای مشکل تصمیم‌گیری که آن را گسسته می‌کند را ساده می‌کند که مقادیر شدید را حذف می‌شود.

ب-۹-۳-۶ سند مرجع

[81] KIRKWOOD Craig, Decision Tree Primer

ب-۹-۴ نظریه بازی

ب-۹-۴-۱ مرور کلی

ب-۹-۴-۱-۱ کلیات

نظریه بازی وسیله‌ای برای مدل‌سازی پیامدهای تصمیم‌های ممکن متفاوت با توجه به تعدادی از موقعیت‌های احتمالی آینده است. موقعیت‌های آینده را می‌توان توسط یک تصمیم‌گیرنده متفاوت (مثلاً یک رقیب) یا توسط یک رویداد خارجی، مانند موفقیت یا شکست یک فناوری یا یک آزمایش تعیین کرد. به عنوان مثال، فرض کنید وظیفه تعیین قیمت یک محصول با در نظر گرفتن تصمیم‌های مختلفی است که می‌تواند توسط تصمیم‌گیرندگان مختلف (به نام بازیکنان) در زمان‌های مختلف گرفته شود. سود هر بازیکن دخیل در بازی، مربوط به دوره زمانی مربوطه، قابل محاسبه است و راهبرد با بازده بهینه برای هر بازیکن انتخاب می‌شود. نظریه بازی هم‌چنین می‌تواند برای تعیین ارزش اطلاعات در مورد بازیکن دیگر یا نتایج ممکن متفاوت (مثلاً موفقیت یک فناوری) استفاده شود.

بازی‌ها انواع مختلفی دارند، برای مثال بازی‌های مشارکتی/غیر مشارکتی، متقارن/نامتقارن، مجموع صفر/غیرصفر، هم‌زمان/متوالی، اطلاعات کامل و اطلاعات ناقص، بازی‌های ترکیبی، نتایج تصادفی.

ب-۹-۴-۱-۲ بازی‌های ارتباطی و مشارکتی/غیرمشارکتی

یک عامل مهم این است که آیا ارتباط بین بازیکنان ممکن یا مجاز است. اگر بازیکنان بتوانند تعهدات الزام‌آور را شکل دهند، بازی مشارکتی است. در بازی‌های غیرمشارکتی این امکان وجود ندارد. بازی‌های ترکیبی حاوی عناصر مشارکتی و غیرمشارکتی هستند. به عنوان مثال، ائتلاف بازیکنان در یک بازی مشارکتی تشکیل می‌شود، اما این‌ها به شکل غیرمشارکتی بازی می‌کنند.

نمونه کلاسیک بازی‌های بدون ارتباط بین بازیکنان، به اصطلاح «دوراهی زندانی» است. این نشان می‌دهد که در برخی موارد اقدام هر بازیکن برای بهبود نتیجه خود بدون توجه به دیگری ممکن است باعث بدترین وضعیت برای هر دو شود. این نوع بازی برای تجزیه و تحلیل تعارض و همکاری بین دو بازیکن استفاده شده است که در آن عدم ارتباط ممکن است باعث ایجاد یک وضعیت ناپایدار شود که می‌تواند منجر به بدترین نتیجه ممکن برای هر دو بازیکن شود. در بازی دوراهی زندانی، قرار است دو نفر با هم مرتکب جنایت شوند. آنها جدا نگهداری می‌شوند و نمی‌توانند ارتباط برقرار کنند. پلیس پیشنهاد معامله را می‌دهد. اگر هر یک از زندانیان گناه خود را بپذیرد و علیه دیگری شهادت دهد، مجازات پایینی خواهد داشت، اما زندانی دیگر مجازات بزرگتری دریافت خواهد کرد. زندانی اگر اقرار نکند و شهادت ندهد و دیگری اعتراف نکند بیشترین مجازات را می‌شود. بنابراین برای بهبود وضعیت، هر دو وسوسه می‌شوند که اعتراف کنند و شهادت دهند، اما در این صورت هر دو حداکثر مجازات را خواهند گرفت.

بهترین راهبرد آن‌ها این بود که معامله را رد کنند و چیزی را نپذیرند. در این صورت هر دو حداقل مجازات را دریافت خواهند کرد.

ب-۹-۴-۱ بازی‌های مجموع صفر/غیرصفر و متقارن/نامتقارن

در یک بازی حاصل مجموع صفر، آن‌چه را که یک بازیکن به دست می‌آورد، بازیکن دیگر از دست می‌دهد. در یک بازی غیرصفر، مجموع نتایج، ممکن است با تصمیم‌ها متفاوت باشد. به عنوان مثال، کاهش قیمت‌ها ممکن است برای یک بازیکن بیشتر از دیگری هزینه داشته باشد، اما ممکن است حجم بازار را برای هر دو افزایش دهد.

ب-۹-۴-۱-۴ بازی‌های همزمان / متوالی

در برخی بازی‌ها، محاسبه فقط برای تعامل بین بازیکنان انجام می‌شود. اما در بازی‌های متوالی، بازیکنان بارها با هم تعامل دارند و ممکن است راهبرد خود را از یک بازی به بازی دیگر تغییر دهند.

به عنوان مثال، بازی‌های شبیه‌سازی‌شده برای بررسی تاثیر تقلب در بازار ساخته شده است. برای هر بازیکن دو امکان وجود دارد. تامین‌کننده می‌تواند تحویل دهد یا تحویل ندهد و مشتری می‌تواند پرداخت کند یا نپردازد. از چهار نتیجه ممکن، نتیجه عادی هر دو بازیکن (تامین‌کننده تحویل می‌دهد و مشتری می‌پردازد) مزیت دارد. نتیجه‌ای که تامین‌کننده تحویل نمی‌دهد و مشتری پولی نمی‌پردازد یک فرصت از دست رفته است. دو احتمال آخر عبارتند از ضرر برای تامین‌کننده (مشتری پرداخت نمی‌کند) یا به مشتری (تامین‌کننده تحویل نمی‌دهد). شبیه‌سازی راهبردهای مختلفی مانند همیشه صادقانه، همیشه تقلب یا تقلب تصادفی را امتحان کرد. مشخص شد که راهبرد بهینه این است که در اولین تعامل صادقانه بازی کنید و دفعه بعد کاری را انجام دهید که بازیکن دیگر دفعه قبل انجام داد (بازی صادقانه یا تقلب).

یادآوری- در زندگی واقعی این احتمال وجود دارد که تامین‌کننده مشتریانی را که تقلب می‌کنند، تشخیص دهد و بازی با آن‌ها را متوقف کند.

ب-۹-۴-۲ استفاده

نظریه بازی اجازه می‌دهد تا ریسک در مواردی ارزشیابی شود که نتیجه تعدادی از تصمیم‌ها به عملکرد بازیکن دیگر (مثلاً یک رقیب) یا به تعدادی از نتایج احتمالی بستگی دارد (مثلاً این که آیا یک فناوری جدید کار می‌کند یا خیر). مثال زیر اطلاعاتی را که می‌توان با تجزیه و تحلیل بازی به دست آورد را نشان می‌دهد.

جدول ب-۷ وضعیتی را نشان می‌دهد که در آن شرکت می‌تواند بین سه فناوری مختلف یکی را انتخاب کند. اما سود به عمل رقیب بستگی دارد (اقدام ۱، ۲ یا ۳). مشخص نیست که رقیب چه اقدامی را انتخاب خواهد کرد، اما احتمالات همان‌طور که نشان داده شده برآورد می‌شوند. سود به واحد پولی میلیون (MU)^۱ در جدول محاسبه شده است.

جدول ب-۷ نمونه‌ای از ماتریس بازی

حداکثر پشیمانی	سود تضمینی	سود مورد انتظار	رقیب			احتمال
			اقدام ۳	اقدام ۲	اقدام ۱	
			۰/۱	۰/۵	۰/۴	
۰/۵۰	۰/۱۰	۰/۳۸	۰/۹۰	۰/۵۰	۰/۱۰	فناوری ۱
۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	فناوری ۲
۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۵۷	۰/۳۰	۰/۶۰	۰/۶۰	فناوری ۳

اطلاعات زیر را می‌توان از جدول برای پشتیبانی از تصمیم استخراج کرد.

واضح است که فناوری ۳ با سود موردانتظار ۰/۵۷ میلیون MU بهترین است. اما حساسیت نسبت به عمل رقیب بهتر است در نظر گرفته شود. ستون سود تضمین شده بیان می‌کند که سود برای فناوری معین مستقل از آن چه رقیب انجام می‌دهد، چقدر خواهد بود. در این جا فناوری ۲ با سود تضمین شده ۰/۵۰ میلیون MU بهترین است. توصیه می‌شود در نظر گرفت که آیا ارزش انتخاب فناوری ۳ برای به دست آوردن تنها ۰/۰۷ میلیون MU را دارد و ریسک از دست دادن ۰/۲۰ میلیون MU را به همراه دارد.

هم‌چنین می‌توان حداکثر پشیمانی را محاسبه کرد، که تفاوت بین سود حاصل از انتخاب یک فناوری معین و سود ممکن در صورت مشخص بودن عملکرد رقیب است. این مزیت پولی افزایش آگاهی از تصمیم رقیب را به همراه دارد.

این امر ممکن است با مذاکره یا از راه‌های قانونی دیگر به دست آید. در این مثال، ارزش افزایش اطلاعات برای فناوری ۳ بیشترین است.

ب-۹-۴-۳ دروندادها

برای تعریف کامل، یک بازی باید حداقل عناصر زیر را به عنوان درونداد مشخص کند:

- بازیکنان یا جایگزین‌های بازی؛
- اطلاعات و اقدامات در دسترس برای هر بازیکن در هر نقطه تصمیم‌گیری.

ب-۹-۴-۴ بروندادها

برونداد، بازده هر گزینه در بازی است که عموماً برای نشان دادن سودمندی هر بازیکن گرفته می‌شود. اغلب در موقعیت‌های مدل‌سازی، بازده نشان‌دهنده پول است، اما نتایج دیگری نیز ممکن است (به عنوان مثال، سهم بازار یا تاخیر یک پروژه).

ب-۹-۴-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت نظریه بازی‌ها شامل موارد زیر است:

- چارچوبی را برای تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری ایجاد می‌کند که در آن چندین تصمیم ممکن است، اما جایی که نتیجه به تصمیم بازیکن دیگر یا نتیجه یک رویداد آینده بستگی دارد؛
- چارچوبی را برای تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری در شرایطی ایجاد می‌کند که وابستگی متقابل تصمیم‌های اتخاذ شده توسط سازمان‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود؛
- بینش‌هایی را در مورد چندین مفهوم کمتر شناخته شده، که در موقعیت‌های منافع متضاد به وجود می‌آیند، ارائه می‌دهد. به عنوان مثال، پدیده‌های چانه‌زنی و ائتلاف‌سازی را توصیف و توضیح می‌دهد؛
- حداقل در بازی‌های مجموع صفر در دو سازمان، نظریه بازی‌ها یک فن کمی علمی را ترسیم می‌کند که می‌تواند توسط بازیکنان برای رسیدن به یک راهبرد بهینه استفاده شود.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- فرض بر این است که بازیکنان در مورد بازده‌های خود آگاهی دارند و اقدامات و پرداخت‌های دیگران ممکن است عملی نباشد؛
- فنون حل بازی‌هایی که شامل راهبردهای مختلط می‌شوند (به ویژه در مورد ماتریس پرداخت بزرگ) بسیار پیچیده هستند؛
- همه مسائل رقابتی را نمی‌توان با کمک نظریه بازی‌ها تحلیل کرد.

ب-۹-۴-۶ اسناد مرجع

[82] MYERSON, ROGER B., Game Theory: Analysis of Conflict

[83] MARYNARD, SMITH JOHN, Evolution and Theory of Games

[84] ROSENHEAD, J. and MINGER, J. (Eds), Rational Analysis for a Problematic World Revisited

ب-۹-۵ تحلیل چند معیاره

ب-۹-۵-۱ مرور کلی

MCA از طیف وسیعی از معیارها برای ارزیابی شفاف و مقایسه عملکرد کلی مجموعه‌ای از گزینه‌ها استفاده می‌کند. به طور کلی، هدف تولید یک ترتیب اولویت برای مجموعه‌ای از گزینه‌ها است. تجزیه و تحلیل شامل

تدوین ماتریسی از گزینه‌ها و معیارهایی است که برای ارائه یک امتیاز کلی برای هر گزینه رتبه‌بندی و جمع‌آوری می‌شوند. این فنون با نام‌های چند ویژگی (یا ویژگی‌های چندگانه) یا تصمیم‌گیری چندهدفه نیز شناخته می‌شوند. انواع مختلفی از این فنون وجود دارد که نرم‌افزارهای بسیاری از آن‌ها پشتیبانی می‌کنند.

به طور کلی، یک فرد یا گروهی از ذینفعان آگاه فرایند زیر را انجام می‌دهند:

- هدف(ها) را تعریف کنید؛ مشخصه‌ها (معیارها یا سنج‌های عملکرد کارکردی) که به هر هدف مربوط می‌شود را تعیین کنید؛
 - ویژگی‌ها را در سلسله مراتبی از الزامات ضروری و مطلوب ساختار دهید؛
 - اهمیت هر یک از معیارها را مشخص کنید و به هر یک از آنها وزن بدهید؛
 - اجماع ذینفعان را در مورد سلسله مراتب وزنی به دست آورید؛
 - گزینه‌های جایگزین را با توجه به معیارها ارزشیابی کنید (این را می‌توان به عنوان ماتریسی از نمرات نشان داد)؛
 - چندین امتیاز تک ویژگی را در یک امتیاز کلی وزنی چند ویژگی ترکیب کنید؛
 - نتایج را برای هر گزینه ارزشیابی کنید؛
 - استحکام رتبه‌بندی گزینه‌ها را با انجام یک بازنگری حساسیت برای بررسی تأثیر تغییر وزن‌های سلسله مراتبی ویژگی‌ها ارزیابی کنید.
- روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان از طریق آن وزن‌دهی برای هر معیار استخراج کرد و روش‌های مختلفی برای تجمیع امتیازات معیار برای هر گزینه در یک امتیاز چند ویژگی واحد وجود دارد. به عنوان مثال، نمرات را می‌توان به عنوان یک مجموع وزنی یا یک محصول وزنی یا با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (یک فن استخراج برای وزن‌ها و امتیازات بر اساس مقایسه ای زوجی) تجمیع کرد. همه این روش‌ها فرض می‌کنند که اولویت برای هر یک از معیارها به مقادیر معیارهای دیگر بستگی ندارد. در مواردی که این فرض معتبر نیست، از مدل‌های مختلفی استفاده می‌شود.
- از آنجایی که نمرات ذهنی هستند، تجزیه و تحلیل حساسیت برای بررسی میزان تأثیرگذاری وزن‌ها و امتیازات بر ترجیحات کلی بین گزینه‌ها مفید است.

ب-۹-۵-۲ استفاده

MCA را می‌توان برای موارد زیر استفاده کرد:

- مقایسه چند گزینه برای تجزیه و تحلیل پاس اول برای تعیین گزینه‌های ترجیحی و نامناسب؛
- مقایسه گزینه‌ها در مواردی که معیارهای متعدد و گاهی متناقض وجود دارد؛
- دستیابی به اجماع در مورد تصمیمی که در آن ذینفعان مختلف اهداف یا ارزش‌های متضادی دارند.

ب-۹-۵-۳ دروندادها

دروندادها مجموعه‌ای از گزینه‌ها برای تجزیه و تحلیل و معیارها بر اساس اهداف هستند که می‌توانند برای ارزیابی عملکرد گزینه‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

ب-۹-۵-۴ بروندادها

برونداد را می‌توان به صورت زیر ارائه کرد:

- ارائه ترتیب رتبه‌بندی گزینه‌ها از بهترین به حداقل ترجیح داده شده؛
- ماتریسی که در آن محورهای ماتریس، وزن معیار و امتیاز معیار برای هر گزینه است؛
- ارائه نتایج در یک ماتریس باعث می‌شود گزینه‌هایی که معیارهای بسیار سنگین را رعایت نمی‌کنند یا نمی‌توانند معیار لازم را برآورده کنند حذف شوند.

ب-۹-۵-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت MCA می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- ارائه یک ساختار ساده برای تصمیم‌گیری کارآمد و ارائه مفروضات و نتایج؛
- مشکلات تصمیم‌گیری پیچیده قابل مدیریت بیشتری را ایجاد کنید، که قابل تجزیه و تحلیل هزینه/منفعت نیستند؛
- به بررسی منطقی مشکلات در جایی که نیاز به مبادله وجود دارد کمک کند؛
- کمک به دستیابی به توافق، زمانی که ذینفعان اهداف متفاوت و در نتیجه ارزش‌ها و معیارهای متفاوتی دارند.

محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:

- MCA می‌تواند تحت تأثیر سوگیری و انتخاب ضعیف معیارهای تصمیم قرار گیرد؛
- الگوریتم‌های تجمع که وزن معیارها را از اولویت‌های اعلام شده محاسبه می‌کنند یا دیدگاه‌های متفاوت را جمع‌آوری می‌کنند، می‌توانند مبنای واقعی تصمیم را مبهم کنند؛
- سیستم امتیازدهی می‌تواند مسئله تصمیم‌گیری را بیش از حد ساده کند.

ب-۹-۵-۶ اسناد مرجع

[85] EN 16271:2012, Value management – Functional expression of the need and functional performance specification – Requirements for expressing and validating the need to be satisfied within the process of purchasing or obtaining a product

یادآوری – EN 16271:2012 رویکردهایی را برای تطبیق نیازهای متضاد ذینفعان، روش‌هایی که می‌تواند برای استخراج الزامات عملکرد کارکردی استفاده شود، و راهنمایی برای تنظیم جزئیات برای تجزیه و تحلیل چند معیاره قبل از مقایسه گزینه‌ها تعیین می‌کند.

- [1] [86] DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, Multi-criteria analysis: a manual 2009
- [2] [87] RABIAH MHD.SUM (2001), Risk Management Decision Making
- [3] [88] VELASQUEZ, M., HESTER, P. An Analysis of Multi-criteria Decision Making Methods

ب- ۱۰ فنون ثبت و گزارش

ب-۱۰-۱ کلیات

بند ب-۱۰ فنون مورد استفاده برای گزارش و ثبت اطلاعات عمومی در مورد ریسک‌ها را پوشش می‌دهد. الزامات برای گزارش‌های دقیق در زیربند ۶-۶ پوشش داده شده است.

یک رویکرد رایج برای گزارش و ثبت اطلاعات در مورد ریسک‌ها، وارد کردن اطلاعات پایه برای هر ریسک در یک ثبت ریسک مانند صفحه گسترده یا پایگاه داده است (به زیربند ب-۱۰-۲ مراجعه شود). برخی از ریسک‌ها می‌توانند به توصیف پیچیده‌تری نسبت به آن‌چه در فهرست سنتی ریسک‌ها گنجانده می‌شوند، نیاز داشته باشند. به عنوان مثال، ممکن است یک توصیف شامل چندین منبع ریسک باشد که منجر به یک رویداد واحد، چندین نتیجه ممکن از یک رویداد یا منبع واحد، اثرات ضربه‌ای و نرخ خرابی‌های بالقوه واپایش می‌شود. نمودار پاپیون نمونه‌ای از ابزاری است که می‌تواند برای سازماندهی و انتقال این نوع اطلاعات استفاده شود (به زیربند ب-۴-۲ مراجعه شود).

اطلاعات مربوط به بزرگی یک ریسک نیز می‌تواند به روش‌های مختلف گزارش شود. رایج‌ترین روش از ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی استفاده می‌کند (به زیربند پ-۳ مراجعه شود). و همچنین محتمل‌گزینی، پیامد و سطح ریسک که با موقعیت در ماتریس نشان داده می‌شود، اطلاعات اضافی مانند ماهیت واپایش‌ها، میزان اجرای درمان‌ها و غیره را می‌توان از طریق اندازه نقاط علامت‌گذاری ریسک یا رنگ آن‌ها ارائه کرد.

ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی مستلزم آن است که یک ریسک را بتوان با یک جفت پیامد/محتمل‌گزینی نشان داد. ریسک‌ها، در مواردی که چنین نیست، گاهی اوقات می‌توانند با یک تابع توزیع احتمال یا یک تابع توزیع تجمعی نشان داده شوند (به زیربند ب-۱۰-۴ مراجعه شود).

ب-۱۰-۲ ثبت ریسک

ب-۱۰-۲-۱ مرور کلی

یک ثبت ریسک اطلاعات مربوط به ریسک‌ها را گرد هم می‌آورد تا به افراد در معرض ریسک و افرادی که مسئولیت مدیریت آن‌ها را بر عهده دارند اطلاع دهد. این می‌تواند در قالب کاغذ یا پایگاه داده باشد و به طور کلی شامل موارد زیر است:

- شرح کوتاهی از ریسک (به عنوان مثال نام، پیامدها و توالی رویدادهایی که منجر به پیامدها می‌شود، و غیره)؛

- بیانیه‌ای در مورد محتمل‌گزینی وقوع پیامدها؛
 - منابع یا علل ریسک؛
 - آنچه در حال حاضر برای واپایش ریسک انجام می‌شود.
- برای کمک به گزارش‌دهی، ریسک‌ها را می‌توان به دسته‌های مختلف طبقه‌بندی کرد (به زیربند ب-۲-۲ مراجعه شود).

ریسک‌ها به طور کلی به صورت جداگانه به عنوان رویدادهای جداگانه فهرست می‌شوند، اما وابستگی‌های متقابل باید علامت‌گذاری شوند.

در ثبت اطلاعات در مورد ریسک‌ها، تمایز بین ریسک‌ها (اثرات بالقوه آن‌چه ممکن است رخ دهد) و منابع ریسک (چگونه یا چرا ممکن است رخ دهد) و واپایش‌هایی که ممکن است شکست بخورند بهتر است صریح باشد. همچنین نشان دادن علائم هشداردهنده اولیه که ممکن است یک رویداد در شرف وقوع باشد، می‌تواند مفید باشد.

بسیاری از ثبت‌های ریسک شامل درجه‌بندی اهمیت یک ریسک، نشانه‌ای از قابل قبول یا قابل تحمل بودن یک ریسک، یا نیاز به درمان بیشتر و دلایل این تصمیم هستند. در مواردی که برای یک ریسک بر اساس پیامدها و محتمل‌گزینی آن رتبه‌بندی اهمیت اعمال می‌شود، بهتر است احتمال شکست واپایش‌ها را در نظر گرفت. توصیه نمی‌شود سطحی از ریسک برای شکست یک واپایش تخصیص داده شود که انگار یک ریسک مستقل است.

ریسک‌هایی که در آن عواقب مثبت هستند را می‌توان در همان سند ثبت کرد که در آن پیامدها نامطلوب یا جداگانه هستند. فرصت‌ها (که شرایط یا ایده‌هایی هستند که می‌توانند به جای رویدادهای تصادفی مورد استفاده قرار گیرند) معمولاً به‌طور جداگانه ثبت می‌شوند و به گونه‌ای تحلیل می‌شوند که هزینه‌ها، منافع و هرگونه پیامدهای نامطلوب بالقوه را در نظر بگیرد. گاهی اوقات می‌توان از آن به عنوان ثبت ارزش و فرصت نام برد.

ب-۱۰-۲-۲ استفاده

ثبت ریسک برای ثبت و ردیابی اطلاعات مربوط به ریسک‌های فردی و نحوه واپایش آن‌ها استفاده می‌شود. می‌توان از آن برای انتقال اطلاعات در مورد ریسک‌ها به ذینفعان و برجسته کردن ریسک‌های مهم استفاده کرد. می‌توان از آن در سطوح شرکتی، دپارتمان، عملیاتی و پروژه استفاده کرد، جایی که تعداد زیادی از ریسک‌ها، واپایش‌ها و درمان‌هایی وجود دارد که باید ردیابی شوند. اطلاعات یک ثبت ریسک را می‌توان برای ارائه اطلاعات برای مدیریت رده‌بالا یکپارچه کرد.

یک ثبت ریسک می‌تواند به عنوان مبنایی برای ردیابی اجرای درمان‌های پیشنهادی استفاده شود، بنابراین می‌تواند حاوی اطلاعاتی در مورد درمان‌ها و نحوه اجرای آن‌ها باشد یا با این اطلاعات به سایر اسناد یا پایگاه‌های داده ارجاع دهد. (چنین اطلاعاتی می‌تواند شامل صاحبان ریسک، اقدامات، صاحبان اقدام، خلاصه

موارد تجاری اقدام، بودجه و جدول زمانی و غیره باشد). شکلی از ثبت ریسک را می‌توان در برخی شرایط اجباری کرد.

ب-۱۰-۲-۳ دروندادها

دروندادهای ثبت ریسک عموماً بروندادهای فنون ارزیابی ریسک هستند، مانند موارد ب-۱ تا ب-۴ که با سوابق شکست تکمیل می‌شود.

ب-۱۰-۲-۴ بروندادها

بروندادها سوابق اطلاعات و گزارش‌های مربوط به ریسک‌ها هستند.

ب-۱۰-۲-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت ثبت ریسک شامل موارد زیر است:

- اطلاعات مربوط به ریسک‌ها به شکلی جمع‌آوری می‌شود که در آن اقدامات موردنیاز قابل‌شناسایی و ردیابی باشد؛
 - اطلاعات مربوط به ریسک‌های مختلف در قالبی قابل‌مقایسه ارائه شده است که می‌تواند برای نشان دادن اولویت‌ها مورد استفاده قرار گیرد و بازجویی نسبتاً آسان است؛
 - ساخت یک ثبت ریسک معمولاً افراد زیادی را دخیل می‌کند و آگاهی عمومی را در مورد نیاز به مدیریت ریسک افزایش می‌دهد.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- ریسک‌های ثبت‌شده در ثبت ریسک معمولاً بر اساس رویدادهایی است که می‌تواند توصیف دقیق برخی از اشکال ریسک را دشوار کند (به زیربند ۴-۲ مراجعه شود)؛
 - سهولت ظاهری استفاده می‌تواند اعتماد نابجا را در اطلاعات ایجاد کند، زیرا توصیف مداوم ریسک‌ها می‌تواند دشوار باشد و منابع ریسک، ریسک‌ها و ضعف در واپایش‌های ریسک اغلب اشتباه گرفته می‌شوند؛
 - روش‌های مختلفی برای توصیف یک ریسک وجود دارد و هر اولویتی که تخصیص داده شود به نحوه توصیف ریسک و سطح تفکیک موضوع بستگی دارد؛
 - تلاش قابل‌توجهی برای به روز نگه داشتن ثبت ریسک موردنیاز است (به عنوان مثال، تمام درمان‌های پیشنهادی بهتر است پس از اجرا به عنوان واپایش‌های فعلی فهرست شوند، ریسک‌های جدید بهتر است به طور مداوم اضافه شوند و آن‌هایی که دیگر وجود ندارند حذف شوند)؛
 - ریسک‌ها معمولاً به صورت جداگانه در ثبت ریسک ثبت می‌شوند. این می‌تواند تلفیق اطلاعات برای تدوین یک برنامه درمانی کلی را دشوار کند.

ب-۱۰-۲-۶ اسناد مرجع

هیچ سند مرجعی برای این فن وجود ندارد.

ب-۱۰-۳ ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی (ماتریس ریسک یا نقشه حرارتی)

ب-۱۰-۳-۱ مرور کلی

ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی (هم‌چنین به عنوان ماتریس ریسک یا نقشه حرارتی نیز شناخته می‌شود) راهی برای نمایش ریسک‌ها با توجه به پیامد و محتمل‌گزینی آنها و ترکیب این ویژگی‌ها برای نمایش رتبه‌بندی اهمیت ریسک است.

مقیاس‌های سفارشی برای پیامد و محتمل‌گزینی برای محورهای ماتریس تعریف شده است. مقیاس‌ها می‌توانند هر تعداد امتیازی داشته باشند. مقیاس‌های سه، چهار یا پنج نقطه‌ای رایج‌ترین هستند و می‌توانند کیفی، نیمه‌کمی یا کمی باشند. اگر از توصیفات عددی برای تعریف مراحل مقیاس‌ها استفاده می‌شود، بهتر است با داده‌های موجود مطابقت داشته باشد و واحدها ارائه شوند. به‌طور کلی، برای سازگاری با داده‌ها، هر نقطه مقیاس در دو مقیاس باید مرتبه‌ای بزرگ‌تر از مقیاس قبل باشد.

مقیاس پیامد (یا مقیاس‌ها) می‌تواند پیامدهای مطلوب و نامطلوب را به تصویر بکشد. مقیاس‌ها بهتر است مستقیماً با اهداف سازمان مرتبط باشند و توصیه می‌شود از حداکثر پیامد معتبر تا کمترین پیامد موردعلاقه گسترش یابند. نمونه بخشی برای پیامدهای نامطلوب در شکل ب-۱۵ نشان داده شده است.

رتبه‌بندی	مالی	سلامت و ایمنی	زیست‌محیطی و اجتماعی	و غیره
a	حداکثر زیان معتبر (\$)	تلفات متعدد	خسارت قابل توجه غیرقابل برگشت؛ خشم جامعه	
b				
c				
d				
e	حداقل بهره (\$)	صرفاً نیاز به کمک‌های اولیه	آسیب موقت جزئی	

شکل ب-۱۵ نمونه بخشی از جدول تعیین مقیاس پیامد

یادآوری- از نمونه‌های بخشی در جایی استفاده می‌شود که مثال‌ها را نتوان مستقیماً استفاده کرد تا تأکید شود که مقیاس‌ها همیشه بهتر است سفارشی شوند.

ممکن است از دسته‌های پیامد اضافی یا کمتری استفاده شود و بسته به بافتار، مقیاس‌ها ممکن است کمتر یا بیشتر از پنج امتیاز داشته باشند. ستون رتبه‌بندی پیامدها می‌تواند کلمات، اعداد یا حروف باشد.

مقیاس محتمل‌گزینی بهتر است گستره مربوط به داده‌ها را برای ریسک‌هایی که باید رتبه‌بندی شوند، دربرگیرد. نمونه بخشی از مقیاس محتمل‌گزینی در شکل ب-۱۶ نشان داده شده است.

رتبه‌بندی	توصیف‌گر	معنی توصیف‌گر
۵	محتمل	انتظار رخداد در عرض چند هفته
۴		
۳		
۲		
۱	بعید بودن امکان‌پذیری	از نظر تئوری ممکن اما بسیار بعید

شکل ب-۱۶ نمونه بخشی از مقیاس محتمل‌گزینی

مقیاس رتبه‌بندی محتمل‌گزینی ممکن است بیشتر یا کمتر از پنج امتیاز داشته باشد و رتبه‌بندی‌ها را می‌توان به صورت کلمات، اعداد یا حروف ارائه کرد.

مقیاس محتمل‌گزینی بهتر است متناسب با موقعیت باشد و ممکن است نیاز به پوشش دامنه متفاوتی برای پیامدهای مطلوب و نامطلوب داشته باشد. اگر بالاترین پیامد با محتمل‌گزینی پایین قابل تحمل تلقی شود، پایین‌ترین مرحله در مقیاس محتمل‌گزینی بهتر است محتمل‌گزینی قابل قبولی برای بالاترین پیامد تعریف‌شده را نشان دهد (در غیر این صورت تمام فعالیت‌هایی که بالاترین پیامد را دارند غیرقابل تحمل تعریف می‌شوند و قابل تحمل نیستند). در تصمیم‌گیری در مورد محتمل‌گزینی قابل تحمل برای یک ریسک پیامد واحد و بالا، این واقعیت که ریسک‌های متعدد می‌توانند منجر به پیامد یکسانی شوند بهتر است در نظر گرفته شود.

ماتریسی با پیامد در یک محور و محتمل‌گزینی در دیگری مطابق با مقیاس‌های تعریف شده ترسیم می‌شود. رتبه‌بندی برای اولویت را می‌توان به هر سلول مرتبط کرد. در مثال ارائه شده پنج رتبه‌بندی اولویت وجود دارد که در این جا با اعداد رومی نشان داده شده است. به طور معمول، جعبه‌ها برای نشان دادن میزان خطر رنگی هستند. قوانین تصمیم‌گیری (مانند سطح توجه مدیریت یا فوریت پاسخ) را می‌توان به سلول‌های ماتریس مرتبط کرد. این‌ها به تعاریف مورد استفاده برای مقیاس و نگرش سازمان به ریسک بستگی دارد. طراحی بهتر است این امکان را فراهم کند که اولویت یک ریسک بر اساس میزانی باشد که ریسک منجر به نتایجی می‌شود که خارج از آستانه عملکرد تعریف‌شده سازمان برای اهداف آن است.

ماتریس می‌تواند تنظیم شود تا وزن بیشتری به پیامدها بدهد (همان‌طور که در شکل ب-۱۷ نشان داده شده است) بسته به کاربرد یا به محتمل‌گزینی، یا می‌تواند مقارن باشد.

I	I	II	III	III	a	رتبه‌بندی پیامد ↑
I	II	III	III	IV	b	
I	II	III	IV	V	c	
II	III	IV	V	V	d	
II	III	IV	V	V	e	
5	4	3	2	1		
رتبه‌بندی احتمال						←

شکل ب- ۱۷ نمونه‌ای از ماتریس پیامد / محتمل‌گزینی

ب- ۱۰-۳-۲ استفاده

ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی برای ارزشیابی و انتقال نسبی ریسک‌ها بر اساس یک جفت پیامد/محتمل‌گزینی که معمولاً با یک رویداد کانونی مرتبط است، استفاده می‌شود.

برای رتبه‌بندی ریسک، کاربر ابتدا توصیف‌گر پیامد را پیدا می‌کند که به بهترین وجه با موقعیت سازگار است، سپس محتمل‌گزینی وقوع پیامد را تعریف می‌کند. نقطه‌ای در کادر قرار می‌گیرد که این مقادیر را ترکیب می‌کند و سطح ریسک و قانون تصمیم‌گیری مربوطه از ماتریس خوانده می‌شود.

ریسک‌ها با پیامدهای بالقوه بالا اغلب برای تصمیم‌گیرندگان مهم‌ترین نگرانی هستند، حتی زمانی که محتمل‌گزینی آن بسیار کم است، اما یک ریسک مکرر اما کم تاثیر می‌تواند عواقب انباشته یا بلندمدت زیادی داشته باشد. تجزیه و تحلیل هر دو نوع ریسک می‌تواند ضروری باشد زیرا درمان‌های مربوط به ریسک می‌تواند کاملاً متفاوت باشد.

درجایی که طیفی از مقادیر پیامدهای مختلف از یک رویداد امکان‌پذیر است، محتمل‌گزینی هر پیامد خاص با محتمل‌گزینی رویدادی که آن پیامد را ایجاد می‌کند متفاوت است. به‌طور کلی از محتمل‌گزینی پیامد مشخص شده استفاده می‌شود. روشی که محتمل‌گزینی تفسیر و استفاده می‌شود باید در همه ریسک‌های مورد مقایسه سازگار باشد.

ماتریس می‌تواند برای مقایسه ریسک‌ها با انواع مختلف پیامدهای بالقوه استفاده شود و در هر سطحی در یک سازمان کاربرد دارد. معمولاً به عنوان یک ابزار غربالگری زمانی استفاده می‌شود که ریسک‌های زیادی شناسایی شده باشند، به عنوان مثال برای تعیین این که کدام ریسک‌ها باید به سطح بالاتری از مدیریت ارجاع شوند. هم‌چنین می‌تواند برای کمک به تعیین این که آیا یک ریسک معین به‌طور کلی قابل قبول است یا غیرقابل قبول با توجه به منطقه‌ای که در آن روی ماتریس قرار دارد، استفاده شود. می‌توان از آن در شرایطی استفاده کرد که داده‌های کافی برای تجزیه و تحلیل دقیق وجود ندارد یا موقعیت، زمان و تلاش را برای تجزیه و تحلیل دقیق‌تر یا کمی تضمین نمی‌کند. شکلی از ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی را می‌توان برای تحلیل

بحرانی در FMECA (به زیربند ب-۲-۳ مراجعه شود) یا برای تعیین اولویت‌ها به دنبال HAZOP (به زیربند ب-۲-۴ مراجعه شود) یا SWIFT (به زیربند ب-۲-۶ مراجعه شود) استفاده کرد.

ب-۱۰-۳-۳ دروندادها

ماتریس پیامد/محتمل‌گزینی باید متناسب با بافتار ایجاد شود. این امر مستلزم وجود برخی داده‌ها برای ایجاد مقیاس‌های واقعی است. ماتریس‌های پیش‌نویس باید آزمایش شوند تا اطمینان حاصل شود که اقدامات پیشنهادی ماتریس با نگرش سازمان نسبت به ریسک مطابقت دارد و کاربران به درستی کاربرد مقیاس‌ها را درک می‌کنند.

استفاده از ماتریس به افرادی (در حالت ایده‌آل یک تیم) نیاز دارد که ریسک‌های رتبه‌بندی‌شده و داده‌های موجود را برای کمک به قضاوت در مورد پیامدها و محتمل‌گزینی آن‌ها درک کنند.

ب-۱۰-۳-۴ برون‌داد

برون‌داد نمایشگری است که محتمل‌گزینی پیامد نسبی و سطح ریسک را برای ریسک‌های مختلف و رتبه‌بندی اهمیت برای هر ریسک نشان می‌دهد.

ب-۱۰-۳-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت شامل موارد زیر است:

- استفاده از آن نسبتاً آسان است؛
 - رتبه‌بندی سریع ریسک‌ها را در سطوح مختلف اهمیت ارائه می‌کند؛
 - نمایش بصری واضحی از اهمیت ریسک بر اساس پیامد، محتمل‌گزینی یا سطح ریسک ارائه می‌دهد؛
 - می‌توان از آن برای مقایسه ریسک‌ها با انواع پیامدها استفاده کرد.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- برای طراحی یک ماتریس معتبر نیاز به تخصص خوب است؛
 - تعریف مقیاس‌های مشترکی که در طیف وسیعی از شرایط مربوط به یک سازمان اعمال می‌شود، می‌تواند دشوار باشد؛
 - برای این که کاربران بتوانند پیامدها و محتمل‌گزینی‌ها را به‌طور مداوم وزن کنند، دشوار است؛
 - اعتبار رتبه‌بندی ریسک بستگی به این دارد که مقیاس‌ها چقدر توسعه یافته و کالیبره شده‌اند؛
 - برای تعریف پیامد به یک مقدار نشانگر واحد نیاز دارد، درحالی که در بسیاری از موقعیت‌ها طیفی از مقادیر پیامد ممکن است و رتبه‌بندی ریسک بستگی به انتخاب آن دارد؛
 - یک ماتریس به درستی کالیبره‌شده، سطوح محتمل‌گزینی بسیار پایینی را برای بسیاری از ریسک‌های فردی که مفهوم‌سازی آن‌ها دشوار است، شامل می‌شود؛

- استفاده از آن بسیار ذهنی است و افراد مختلف اغلب رتبه‌های بسیار متفاوتی را به یک ریسک اختصاص می‌دهند. این کار را برای دستکاری باز می‌گذارد؛
- ریسک‌ها را نمی‌توان مستقیماً جمع کرد (مثلاً نمی‌توان تعریف کرد که آیا تعداد خاصی از ریسک‌های کم، یا ریسک پایینی که تعداد معینی بارها شناسایی شده است، معادل با ریسک متوسط است یا خیر)؛
- ترکیب یا مقایسه سطح ریسک برای دسته‌های مختلف پیامدها دشوار است؛
- یک رتبه‌بندی معتبر مستلزم فرمول‌بندی ثابتی از ریسک‌ها است (که دستیابی به آن دشوار است)؛
- هر رتبه‌بندی به نحوه توصیف یک ریسک و سطح جزئیات داده شده بستگی دارد (یعنی هرچه شناسایی دقیق‌تر باشد، تعداد سناریوهای ثبت شده بیشتر است که هر کدام محتمل‌گزینی کمتری دارند). روشی که در آن سناریوها با هم در توصیف ریسک گروه‌بندی می‌شوند بهتر است قبل از رتبه‌بندی، سازگار و تعریف شوند.

ب-۱۰-۳-۶ اسناد مرجع

[89] ELMONSTRI, Mustafa, Review of the strengths and weaknesses of risk matrices

[90] BAYBUTT, Paul, Calibration of risk matrices for process safety

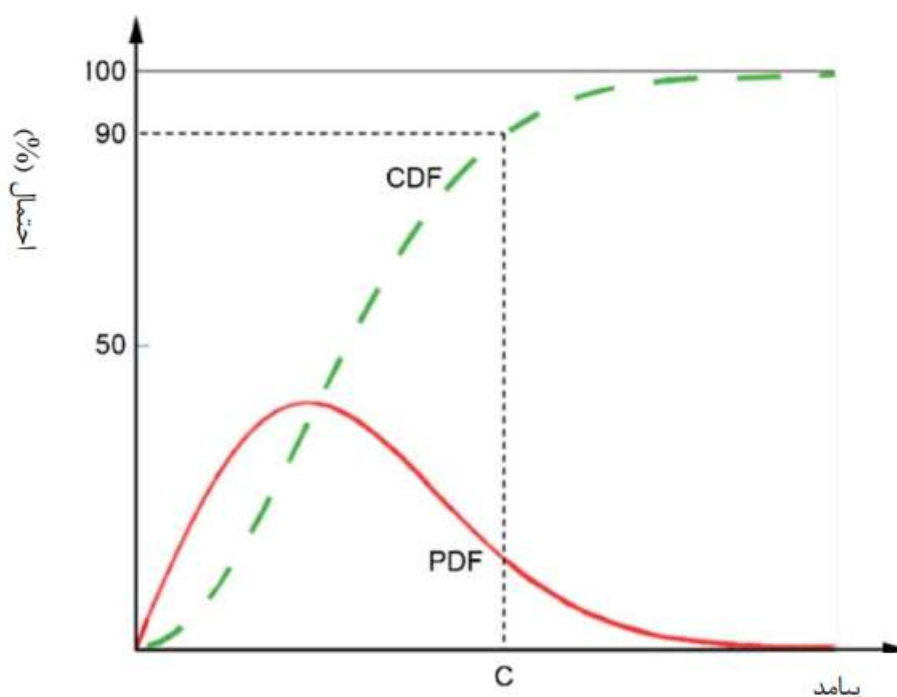
ب-۱۰-۴ منحنی‌های S

ب-۱۰-۴-۱ مرور کلی

درجایی که ریسک ممکن است طیفی از مقادیر پیامد داشته باشد، می‌توان آن‌ها را به عنوان توزیع احتمال پیامدها (PDF)^۱ نمایش داد. برای مثال، منحنی جامد را در شکل ب-۱۸ ببینید. داده‌ها را می‌توان به صورت توزیع تجمعی (CDF)^۲ نیز ترسیم کرد که گاهی به آن منحنی S نیز می‌گویند (خط‌چین در شکل ب-۱۸). PDF ممکن است پارامتریک یا ناپارامتریک باشد.

احتمال فراتر رفتن یک پیامد از یک مقدار خاص را می‌توان مستقیماً از منحنی S خواند. به عنوان مثال، شکل ب-۱۸ نشان می‌دهد که به احتمال ۹۰ درصد پیامدها از مقدار پیامد C تجاوز نمی‌کنند.

1- Probability Distribution Function
2- Cumulative Distribution Function



شکل ب-۱۸ تابع توزیع احتمال و تابع توزیع تجمعی

در برخی موارد شکل توزیع بر اساس مبانی نظری شناخته شده است. در برخی دیگر، شکل توزیع را می‌توان از داده‌ها به دست آورد یا برون‌داد یک مدل است.

هم‌چنین می‌توان از قضاوت متخصص برای برآورد نقطه پایین دامنه پیامد، نقطه میانی احتمالی و نقطه بالایی دامنه استفاده کرد. سپس می‌توان از فرمول‌های مختلفی برای تعیین مقدار میانگین پیامد و واریانس استفاده کرد و منحنی را می‌توان با این اطلاعات رسم کرد.

ب-۱۰-۴-۲ استفاده

یک pdf احتمال مقادیر پیامدهای مختلف را به صورت بصری نشان می‌دهد که محتمل‌ترین مقدار، میزان تغییرپذیری و میزان محتمل‌گزینی وقوع یک رویداد شدید را نشان می‌دهد.

در برخی شرایط بدست آوردن یک مقدار نماینده واحد از توزیع احتمال می‌تواند مفید باشد، به عنوان مثال برای مقایسه با معیارهای ارزشیابی. اغلب از مقدار موردانتظار (معادل میانگین) برای نشان دادن بهترین برآورد بزرگی پیامدها استفاده می‌شود. (این معادل مجموع حاصلضرب احتمالات و پیامد است که توسط منحنی نشان داده شده است). سایر معیارها شامل واریانس توزیع یا برخی محدوده صدک مانند گستره میان‌چارکی (عرض مقیاس محصور در صدک ۲۵ و ۷۵) است. یا صدک ۵ و ۹۵ (به عنوان مثال VaR) (به زیربند ب-۷-۲ مراجعه شود). با این حال، چنین اقداماتی ممکن است هنوز بر احتمال پیامدهای شدید، که می‌تواند برای تصمیم‌گیری مهم باشد، تأکید کافی نداشته باشد. به عنوان مثال، در انتخاب یک

سرمایه‌گذاری، هم بازده موردانتظار و هم نوسانات بازده در نظر گرفته می‌شود. در طرح‌ریزی نحوه پاسخ به آتش، رویدادهای شدید و هم‌چنین پیامدهای موردانتظار باید در نظر گرفته شود.

منحنی S ابزار مفیدی برای بحث در مورد مقادیر پیامدهایی است که نشان‌دهنده یک ریسک قابل‌قبول هستند. این وسیله‌ای برای ارائه داده است که دیدن احتمال فراتر رفتن پیامدها از یک مقدار خاص را آسان‌تر می‌کند.

ب-۱۰-۴-۳ دروندادها

تولید یک منحنی S نیاز به داده‌ها یا قضاوت‌هایی دارد که می‌توان از آن‌ها یک توزیع معتبر تولید کرد. اگرچه توزیع‌ها را می‌توان با قضاوت با داده‌های کمی تولید کرد، اما اعتبار توزیع و آمار به‌دست‌آمده از آن بیشتر خواهد بود که داده‌های بیشتری در دسترس باشد.

ب-۱۰-۴-۴ بروندادها

بروندادها نموداری هستند که می‌توانند توسط تصمیم‌گیرندگان هنگام در نظر گرفتن قابل‌قبول بودن یک ریسک مورد استفاده قرار گیرند و آمارهای مختلفی از توزیع قابل مقایسه با معیارها هستند.

ب-۱۰-۴-۵ نقاط قوت و محدودیت‌ها

نقاط قوت شامل موارد زیر است:

- این فن نشان‌دهنده بزرگی ریسک است که در آن توزیع پیامدها وجود دارد؛
- کارشناسان معمولاً می‌توانند در مورد مقادیر حداکثر، حداقل و محتمل‌ترین پیامدها قضاوت کنند و برآورد معقولی از شکل احتمالی یک توزیع ارائه دهند. انتقال این به شکل توزیع تجمعی استفاده از این اطلاعات را برای افراد عادی آسان‌تر می‌کند. با در دسترس بودن داده‌های درونداد بیشتر و قابل اعتماد، دقت منحنی S بهبود می‌یابد.
- محدودیت‌ها شامل موارد زیر است:
- این روش می‌تواند تصویری از دقت ایجاد کند که با سطح قطعیت داده‌هایی که توزیع از آن تولید شده است توجیه نمی‌شود.
- برای هر روشی به منظور یک مقدار یا مقادیر نقطه‌ای برای نشان دادن توزیع پیامدها، مفروضات و عدم قطعیت‌های اساسی در مورد موارد زیر به دست آورد:
- شکل توزیع (مثلاً نرمال، گسسته، یا بسیار اریب)؛
- مناسب‌ترین راه برای نمایش آن توزیع به عنوان یک مقدار نقطه؛
- ارزش برآورد نقطه‌ای به دلیل عدم قطعیت ذاتی در داده‌هایی که از آن مشتق شده است.
- توزیع‌ها و آمار آن‌ها بر اساس تجربه یا داده‌های گذشته هنوز اطلاعات کمی در مورد محتمل‌گزینی رویدادهای آینده با پیامدهای شدید اما محتمل‌گزینی کم ارائه می‌دهد.

ب-۱۰-۴-۶ اسناد مرجع

[91] GARVEY, P., BOOK S.A., COVERT R.P. Probability Methods for Cost Uncertainty Analysis: A Systems Engineering Perspective

کتابنامه

- [1] Principe "GAME" (Globalement au moins équivalent) Methodologie de demonstration, Les guides d'application. Systèmes de transport public guidés urbains de personnes. 2011
- [2] FEKETE ISTVAN, Integrated Risk Assessment for supporting Management decisions Scholars Press, Saarbrücken, Germany 2015
- [3] PEACE, C. The reasonably practicable test and work health and safety-related risk assessments New Zealand Journal of Employment Relations. 2017, 42(2), 61-78."

فناونی برای جلب نظر ذینفعان و کارشناسان

- [4] EN 12973, Value Management

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۴۴۵: سال ۱۳۹۰، مدیریت ارزش، با استفاده از استاندارد 2002 EN 12973: تدوین شده است.

- [5] PROCTOR, A. Creative problem solving for managers. Abingdon: Routledge
- [6] GOLDENBERG, Olga, WILEY, Jennifer. Quality, conformity, and conflict: Questioning the assumptions of Osborn's brainstorming technique, The Journal of Problem Solving. 2011, 3(2),96-108 [viewed 2019-02-13] available at:
<http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1093&context=jps>
- [7] ROWE, G. WRIGHT, G. The Delphi technique: Past, present, and future prospects. Technological forecasting and social change. 2011, 78, Special Delphi Issue
- [8] MCDONALD, D. BAMMER, G. and DEANE, P. Research Integration Using Dialogue Methods, ANU press Canberra. 2009 Chapter 3 Dialogue methods for understanding a problem: integrating judgements. Section 7 Nominal Group Technique [viewed 2019-02-13]. Available at <http://press.anu.edu.au/node/393/download>
- [9] HARRELL, M.C. BRADLEY, M.A. 2009 Data collection methods – A training Manual – Semi structured interviews and focus groups, RAND National defence research Institute USA [viewed 2019-02-13]. Available at:
http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2009/RAND_TR718.pdf
- [10] GILL, J. JOHNSON, P. Research methods for managers 4th ed. 2010 London: Sage Publications Ltd
- [11] SAUNDERS, M. LEWIS, P. THORNHILL, A. Research Methods for Business Students 7th ed. 2016 Harlow: Pearson Education Ltd.
- [12] UNIVERSITY OF KANSAS COMMUNITY TOOL BOX Section 13 Conducting surveys; [viewed 2019-02-13]. Available at:
<https://ctb.ku.edu/en/table-of-contents/assessment/assessing-community-needs-and-resources/conduct-surveys/main>

فنون‌ی برای شناسایی ریسک

- [13] MATHERLY, Carter The Red Teaming Essential: Social Psychology Premier for Adversarial Based Alternative Analysis. 2013 [viewed 2019-02-13]. Available at: <https://works.bepress.com/matherly/6/download/>
- [14] Pestle analysis Free Management eBooks [viewed 2019-02-13]. Available at: <http://www.free-management-ebooks.com/dldebk/dlst-pestle.htm>
- [15] POPOV, G., LYON, B., HOLLICROFT, B., Risk Assessment: A Practical Guide to Assessing Operational Risks. Hoboken, NJ: Wiley, 2016
- [16] IEC 62740, Root cause analysis (RCA)
- [17] BROUGHTON, Vanda. Essential classification. Facet Publishing 2015
- [18] BAILEY, Kenneth. Typologies and taxonomies: An introduction to classification technique. Quantitative applications in the social sciences Series 7,102 1994 Sage publications
- [19] VDI 2225 Blatt 1, Konstruktionsmethodik- Technisch-wirtschaftliches Konstruieren - Vereinfachte Kostenermittlung, 1997 Beuth Verlag [20] IEC 60812, Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۳۹۱: سال ۱۳۸۷، فنون تحلیل قابلیت اطمینان سیستم - روش اجرایی تحلیل نوع و اثرات وقوع خرابی (FMEA)، با استفاده از استاندارد IEC 60812: 2006 تدوین شده است.
- [21] IEC 61882, Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide
- [22] RINGLAND, Gill. Scenarios in business, Chichester: John Wiley, 2002
- [23] Van der HEIJDEN, Kees. Scenarios: The art of strategic conversation, Chichester; John Wiley, 2005
- [24] CHERMACK, Thomas J. Scenario planning in organizations, San Francisco: Berrett Koehler publishers Inc. 2011
- [25] MUKUL PAREEK, Using Scenario analysis for managing technology risk: [viewed 2019- 02-13]. Available at: <http://www.isaca.org/Journal/archives/2012/Volume-6/Pages/Using-Scenario-Analysis-for-Managing-Technology-Risk.aspx>
- [26] CARD, Alan J. WARD, James R. and CLARKSON, P. John. Beyond FMEA: The structured what-if technique (SWIFT) Journal of Healthcare Risk Management, 2012, 31,(4) 23–29

فنون‌ی برای تعیین منابع، علل و عوامل ریسک

- [27] KERVERN, G-Y. Elements fondamentaux des cindyniques, Editions Economica 1995
- [28] KERVERN, G-Y. Latest advances in cindynics, Editions Economica, 1994
- [29] KERVERN, G-Y. & BOULENGER, P. Cindyniques – Concepts et mode d'emploi, edition Economica 2007
- [30] ISHIKAWA, K. Guide to Quality Control, Asia Productivity Organization, 1986

فنونى برای تحلیل واپایش‌های موجود

- [31] LEWIS, S. SMITH, K., Lessons learned from real world application of the bow-tie method. 6th AIChE. Global Congress of Process Safety, 2010, San Antonio, Texas
[viewed 2019-02-13]. Available at:
<http://risktecsolutions.co.uk/media/43525/bow-tie%20lessons%20learned%20-%20aiche.pdf>
- [32] HALE, A. R., GOOSSENS L.H.J., ALE, B.J.M., BELLAMY L.A. POST J. Managing safety barriers and controls at the workplace. In Probabilistic safety assessment and management. Editors SPITZER C, SCHMOCKER, U, DANG VN,. Berlin: Springer; 2004. pp. 608–13
- [33] MCCONNELL, P. and DAVIES, M. Scenario Analysis under Basel II. [viewed 2019-02-13]. Available at <http://www.continuitycentral.com/feature0338.htm>
- [34] ISO 22000, Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain
- یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۰۰۰: سال ۱۳۹۷، سیستم‌های مدیریت ایمنی مواد غذایی – الزامات هر سازمان در زنجیره مواد غذایی، با استفاده از استاندارد ISO 22000: 2018 تدوین شده است.
- [35] Food Quality and Safety Systems – A Training Manual on Food Hygiene and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System [viewed 2019-02-13]. Available at: <http://www.fao.org/docrep/W8088E/w8088e05.htm>
- [36] IEC 61508 (all parts), Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- [37] IEC 61511 (all parts), Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector
- [38] CENTRE FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY OF THE AMERICAN INSTITUTE F CHEMICAL ENGINEERS New York 2001. Layer of protection analysis – Simplified process risk assessment

فنونى برای درک پیامد و محتمل‌گزینی

- [39] GHOSH, J., DELAMPADY, M. and SAMANTA, T. An introduction to Bayesian analysis, New York Springer-Verlag, 2006
- [40] QUIGLEY, J.L., BEDFORD, T.J. and WALLS, L.A. Prior Distribution Elicitation. In: Encyclopaedia of Statistics in Quality and Reliability. Wiley. 2008 ISBN 9780470018613
- [41] NEIL, Martin and FENTON, Norman. Risk Assessment and Decision Analysis with Bayesian Networks. CRC Press, 2012
- [42] JENSEN, F.V., NIELSEN T. D. Bayesian Networks and Decision Graphs, 2nd ed. Springer, New York, 2007
- [43] NICHOLSON, A., WOODBERRY O and TWARDY C, The "Native Fish" Bayesian networks. Bayesian Intelligence Technical Report 2010/3, 2010
- [44] NETICA TUTORIAL Introduction to Bayes Nets: What is a Bayes Net? [viewed 2019-02-13]. Available at https://www.norsys.com/tutorials/netica/secA/tut_A1.htm

- [45] ISO/TS 22317, Societal security – Business continuity management systems – Guidelines for business impact analysis (BIA)
- یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳۳۸: سال ۱۳۹۴، امنیت اجتماعی-سیستم‌های مدیریت تداوم کسب و کار – رهنمودهایی برای تجزیه و تحلیل اثر کسب و کار، با استفاده از استاندارد ISO/TS 22317: 2015 تدوین شده است.
- [46] ISO 22301, Societal security – Business continuity management systems – Requirements
- یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۳۱۱: سال ۱۳۹۹، امنیت و تاب آوری-سیستم مدیریت کسب و کار- الزامات، با استفاده از استاندارد ISO 22301: 2019 تدوین شده است.
- [47] ANDREWS J.D, RIDLEY L.M. 2002. Application of the cause-consequence diagram method to static systems, Reliability engineering and system safety 75(1) 47-58: also at <https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/695/1/01-22.pdf> [viewed 2019-02-13]
- [48] NIELSEN D.S. The Cause/Consequence Diagram Method as a Basis for Quantitative Accident Analysis, Danish Atomic Energy Commission, RISO-M-1374, May 1971
- [49] IEC 62502, Analysis techniques for dependability – Event tree analysis (ETA)
- [50] IEC TR 63039:2016, Probabilistic risk analysis of technological systems – Estimation of final event rate at a given initial state
- [51] IEC 62508, Guidance on human aspects of dependability
- یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۵۶۱: سال ۱۳۸۹، راهنمایی بر وجوه انسانی قابلیت اعتماد، با استفاده از استاندارد IEC 62508: 2010 تدوین شده است.
- [52] BELL Julie, HOLROYD Justin, Review of human reliability assessment methods. Health and Safety Executive UK, HMSO 2009, [viewed 2019-02-13]. Available at <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr679.pdf>
- [53] OECD Establishing the Appropriate Attributes in Current Human Reliability Assessment Techniques for Nuclear Safety, NEA/CSNI/R 2015 [viewed 2019-02-13] Available at: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=NEA/CSNI/R\(2015\)1&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=NEA/CSNI/R(2015)1&docLanguage=En)
- [54] IEC 61165, Application of Markov techniques
- یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۷۴۸: سال ۱۳۸۷، کاربرد فنون مارکوف، با استفاده از استاندارد IEC 61165:2006 تدوین شده است.
- [55] OXLEY, ALAN. Markov Processes in Management Science, published by Applied Probability Trust, 2011 [viewed 2019-02-13]. Available at <https://studylib.net/doc/8176892/markov-processes-in-management-science>
- [56] ISO/IEC Guide 98-3:2008/Suppl.1:2008, Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) – Supplement 1: Propagation of distributions using a Monte Carlo method
- [57] EU: General Data Protection Regulation (European Union Official Journal, 04.05.2016)
- [58] ICO (UK): Conducting privacy impact assessments code of practice [viewed 2019-02-13] Available at: <https://ico.org.uk/media/about-the-ico/consultations/2052/draft->

conducting-privacy-impact-assessments-code-of-practice.pdf

- [59] CNIL (FR), Privacy Impact assessment (PIA) [viewed 2019-02-13]. Available at: <https://www.cnil.fr/en/privacy-impact-assessment-pia>

فنونى برای تحلیل وابستگی ها و تعاملات

- [60] BRYSON, J. M., ACKERMANN, F., EDEN, C., & FINN, C. (2004). Visible thinking unlocking causal mapping for practical business results. Chichester: John Wiley & Sons
- [61] ACKERMANN, F, HOWICK, S, QUIGLEY, J, WALLS, L, HOUGHTON, T. Systemic risk elicitation: Using causal maps to engage stakeholders and build a comprehensive view of risks, European Journal of Operational Research 2014, 238(1), 290-299
- [62] JOINT RESEARCH CENTRE, EUROPEAN COMMISSION, Cross-impact analysis [viewed 2019-02-13] Available at: http://forlearn.jrc.ec.europa.eu/guide/2_design/meth_cross-impact-analysis.htm

فنونى برای ارائه سنجهای از ریسک

- [63] WORLD HEALTH ORGANISATION Human health risk assessment toolkit – chemical hazards. 2010 [viewed 2019-02-13]. Available at <http://www.inchem.org/documents/harmproj/harmproj/harmproj8.pdf>
- [64] US EPA Guidelines for ecological risk assessment 1998 [viewed 2019-02-13]. Available at https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-1/documents/eco_risk_assessment1998.pdf
- [65] CHANCE, D., BROOKS, R. An introduction to derivatives and risk management, (9th ed.). Published Mason, Ohio: South-Western Cengage Learning 2013
- [66] THOMAS J. and PEARSON Neil D. Value at risk. Financial Analysts Journal 2000 56, 47-67
- [67] CHOUDHRY , M. An introduction to Value at Risk, Ed. 5, John Wiley and Sons, Chichester UK, 2013
- [68] Value at Risk New York University. [viewed 2019-02-13]. Available at: <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/VAR.pdf>

فنونى برای ارزیابی اهمیت ریسک

- [69] UK HEALTH AND SAFTY EXECUTIVE, 2010a: HID'S Approach To 'As Low As Reasonably Practicable' (ALARP) Decisions [viewed 2019-02-13] available at: <http://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarpglance.htm>
- [70] UK HEALTH AND SAFTY EXECUTIVE, 2010b: Guidance on (ALARP) decisions in control of major accident hazards (COMAH), [viewed 2019-02-13] available at: http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid_circs/permissioning/spc_perm_37/

- [71] UK HEALTH AND SAFTY EXECUTIVE, 2014: Principles and guidelines to assist HSE in its judgments that duty-holders have reduced risk as low as reasonably practicable [viewed 2019-02-13] available at:
<http://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarp1.htm>
- [72] AMERICAN INSTITUTE FOR CHEMICAL ENGINEERS: Understanding and using F-Diagrams: Annex A in Guidelines for Developing Quantitative Safety Risk Criteria. New York. John Wiley 2009
- [73] EVANS, A. Transport fatal accidents and FN-curves: 1967-2001. Health and Safety Executive Research Report RR 073 [viewed 2019-02-13]. Available at:
<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20101111125221/http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/rr073.pdf>
- [74] Pareto Chart, Excel Easy [viewed 2019-02-13]. Available at: <http://www.excel-easy.com/examples/pareto-chart.html>
- [75] Pareto Chart [viewed 2019-02-13]. Available at:
<http://www.uphs.upenn.edu/gme/pdfs/Pareto%20Chart.pdf>
- [76] IEC 60300-3-11, Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance
- [77] MACKENZIE Cameron A. Summarizing risk using risk measures and risk indices. Risk Analysis, 34,12 2143-2163 2014

فنونى برای انتخاب بین گزینه‌ها

- [78] KHOJASTEH, P, (2016). Application of benefit-cost-risk formula and key change indicators to meet project objectives [viewed 2019-02-13]. Available at
<https://www1.bournemouth.ac.uk/sites/default/files/asset/document/Mon%205.1%20Khojasteh%20Pejman%20Risk.pdf>
- [79] The Green book, Appraisal and Evaluation in Central Government; 2011 Treasury Guidance LONDON: TSO London
- [80] ANDOSEH, S., et al. The case for a real options approach to ex-ante cost-benefit analyses of agricultural research projects. Food policy 44, 2014, 218-226 [viewed 2019-02-13]. Available at: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnaec758.pdf
- [81] KIRKWOOD, CRAIG . Decision Tree Primer University of Arizona in Decision Analysis and System Dynamics resources 2002 [viewed 2019-02-13]. Available at:
<http://www.public.asu.edu/~kirkwood/DASstuff/decisiontrees/>
- [82] MYERSON, ROGER B., Game Theory: Analysis of Conflict, Harvard University Press, 1991
- [83] MARYNARD, SMITH JOHN Evolution and Theory of Games, Cambridge University Press 1982
- [84] ROSENHEAD, J. and MINGER, J. (Eds), Rational Analysis for a Problematic World Revisited, 2nd ed. Wiley, Chichester UK, 2001

[85] EN 16271:2012, Value management – Functional expression of the need and functional performance specification – Requirements for expressing and validating the need to be satisfied within the process of purchasing or obtaining a product

یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۲۱۳: سال ۱۳۹۲، مدیریت ارزش – بیان کارکردی نیاز و مشخصات عملکرد کارکردی – الزامات بیان و صحت‌گذاری نیازی که قرار است در فرایند خرید یا تهیه محصول برآورده شود، با استفاده از استاندارد EN 16271:2013 تدوین شده است.

[86] DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, Multi-criteria analysis: a manual 2009 [viewed 2019-02-13]. Available at:

<https://www.gov.uk/government/publications/multi-criteria-analysis-manual-for-making-government-policy>

[87] RABIHAH MHD.SUM, Risk Management Decision Making, 2001 [viewed 2019-02-3]. Available at: <http://www.isahp.org/uploads/47.pdf>

[88] VELASQUEZ, M., HESTER, P. An Analysis of Multi-criteria Decision Making Methods, International Journal of Operations Research, 10 (2), 55-66, 2013 [viewed 2019-02-13].

Available at: http://www.orstw.org.tw/ijor/vol10no2/ijor_vol10_no2_p56_p66.pdf

فنون ثبت و گزارش

[89] ELMONSTRI, Mustafa, Review of the strengths and weaknesses of risk matrices, Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 4 (1), 49-57, 2014 [viewed 2019-02-13].

Available at http://www.atlantis-press.com/php/download_paper.php?id=11718

[90] BAYBUTT, Paul, Calibration of risk matrices for process safety. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 38, 163-168, 2015

[91] GARVEY, P., BOOK S.A., COVERT R.P. Probability Methods for Cost Uncertainty Analysis: A Systems Engineering Perspective, Ed 2 Annex E Unravelling the S curve. CRC 2016