Archive of SID

کاربرد تحلیل شبکه بیزی در مدیریت ریسک بانک‌ها

سید مرتضی ذکاوت[1]

چکیده

هدف اصلی این مقاله ارایه روشی تحلیلی برای کمی نمودن ریسک‌های بانک مبتنی بر تحلیل عِلّی فرآیندها و پدیده‌ها است. لذا در مقدمه تعاریف و مبانی فرآیند مدیریت ریسک از نگاه عوامل موثر بر وقوع پدیده‌ها و اهمیت کمی‌سازی آنها مورد بحث قرار خواهد گرفت. سپس چگونگی مدل‌سازی ارتباطات علت و معلولی به وسیله شبکه بیزی بر اساس قضایای بیز جهت کمی‌سازی اثرات احتمالی عوامل ریسک نشان داده می‌شود. سرانجام برخی از استفاده‌های تحلیل شبکه بیزی در اندازه‌گیری ریسک‌های اعتباری و عملیاتی همچنین توصیه‌هایی در این خصوص نیز ارایه خواهد شد.

کلمات کلیدی: بانک، مدیریت ریسک، ریسک اعتباری، ریسک عملیاتی، قضایای بیز، شبکه بیزی، شبکه عِلّی، تصمیم گیری بیزی.

---

۱. رئیس اداره مدیریت ریسک بانک توسعه صادرات ایران، کارشناسی ارشد علوم بانکی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه: مبانی مدیریت ریسک

اگر ریسک را به عنوان احتمال یا خطر وقوع پدیده‌های نامطلوب تعریف نمائیم در این صورت می‌توان ادعا نمود که ریسک جزء لاینفکی از حیات بشری است. فعالیت‌های فردی و اجتماعی انسانها با ریسک‌های مختلفی روبرو هستند. عملیات تجاری و اقتصادی و از جمله عملیات بانکی نیز در برگیرنده ریسک‌های مختلفی است. در بسیار از تصمیماتی که در یک بانک گرفته می‌شود می‌توان ریسک را به طور مستقیم یا غیرمستقیم مشاهده و ردیابی نمود. این تصمیمات با توجه به اینکه در چه سطحی از مدیریت بانک گرفته شود می‌تواند انواع مختلفی از ریسک را در بر داشته‌باشد. تجربه نشان داده که امکان حذف ریسک از جریان زندگی و فعالیت‌های بشر وجود ندارد بلکه باید آنرا مدیریت نمود و فعالیت‌های بانکی نیز از این امر مستثنی نیست. از سوی دیگر توسعه بازارها و افزایش دامنه فعالیت بنگاه‌های مالی و بانک‌ها و تأثیرپذیری آنها از عوامل و پدیده‌های اقتصادی علاوه بر ایجاد فرصتهای جدید خطرات مختلفی را نیز پدید آورده‌است. بررسی تجربیات تلخ گذشته از جمله بحران جنوب شرقی آسیا و سایر بحران‌های مالی سال‌های اخیر و ورشکستگی‌های بزرگ نشان داده، یکی از دلایل اصلی پدیدهای ناگوار مالی عدم توجه به مدیریت ریسک و کنترل های مربوطه است.

دلایل اهمیت مدیریت ریسک در بانک‌ها:

طی چند دهه اخیر ساختار بانکداری در سطح جهان دستخوش تغییرات عمده‌ای گشته است. این تغییرات به دلایل مختلفی صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- جهانی شدن فعالیت بانکداری و گسترش حیطه عملیات برخی از بانک‌ها از سطح منطقه‌ای به سطح جهانی
- ادغام بانک‌های بزرگ و ظهور بانک‌های جدید
- افزایش رقابت در بازارهای جهانی، متنوع‌شدن خدمات بانکی و بوجود آمدن انواع خدمات جدید مالی
- افزایش نوسانات در بازارها همچنین افزایش تأثیرات متقابل بازارها بریکدیگر و وقوع بحران‌های مالی گسترده

www.SID.ir

Archive of SID

- ظهور بازارهای جدید، خصوصاً بازار ابزار مشتقه[1] مالی
- افزایش روز افزون نقش و اهمیت بخش مالی و خصوصاً سیستم بانکی در توسعه اقتصادی کشورها

بدین ترتیب به سبب توسعه دامنه فعالیت بانک‌ها و ایجاد بازارهای جدید، ریسک بانک‌ها در ابعاد مختلف از جمله اعتباری، بازار و عملیاتی فزونی یافته است. گسترش بازارهای پول از یک سو امکانات جدیدی را برای تأمین منابع ارزان قیمت فراهم آورده‌است و از سوی دیگر وجود بازارهای مشتقه انتقال و توزیع ریسک را امکان‌پذیر نموده‌است. از این رو انتقال ریسک[2] بخش عمده‌ای از فعالیت موسسات مالی و از جمله بانک‌ها را تشکیل می‌دهد. این امر موجب تسهیل کنترل و قیمت‌گذاری ریسک‌های بانک‌ها در بازار شده‌است. بر این اساس سیاست مدیریت بانک‌ها از تفکر سنتی سود محوری[3] که در آن حاشیه سود دریافتی و پرداختی[4] مدیریت می‌شود به سمت تفکر مدیریت ریسک و بازده[5] سوق یافته‌است. به همین دلیل بانک‌ها در پی اندازه‌گیری و قیمت‌گذاری ریسک‌های مربوط به فعالیت‌های مختلف هستند. لذا نیاز روز افزون بانک‌ها در زمینه اندازه‌گیری و قیمت‌گذاری ریسک‌های موجود و همچنین مدیریت آنها به صورت توزیع بهینه در چارچوب پورتفوی ریسک، باعث توجه روز افزون به برقراری سیستم‌های مدیریت ریسک شده‌است. از سوی دیگر همگرایی کشورهای توسعه یافته برای ایجاد استانداردهای لازم جهت عملکرد مطلوب موسسات مالی و از جمله بانک‌ها در زمینه‌های مختلف موجب برقراری موافقت‌نامه‌هایی مانند موافقت‌نامه بال ۱ و ۲ گردیده‌است. ایجاد ساختار نظام‌مند مدیریت ریسک یکی از محورهای اصلی این موافقت‌نامه و موافقت‌نامه‌های مشابه را تشکیل می‌دهد. اهمیت این موافقت‌نامه و سایر استانداردهای بین‌المللی زمانی آشکار می‌گردد که به عنوان شاخص‌های تعیین‌کننده در بخش عمده‌ای از کشورهای جهان در زمینه انجام مبادلات بانکی با سایر کشورها مورد استفاده قرار گیرند. البته این امر با توجه به همگرایی روز افزون بازارهای پولی و مالی دور از انتظار نبوده و پیش‌بینی

1. Derivatives Market.
2. Risk Shifting
3. Profit. oriented
4. Spread
5. Risk. Return Management

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود در آینده‌ای نه چندان دور تحقق یابد. شایان ذکر است هم اکنون نیز بانک‌هایی که مایلند از منابع مالی موجود در بازارهای بین‌المللی استفاده نمایند ملزم هستند ابتدا توسط یک موسسه معتبر بین‌المللی، رتبه‌بندی شوند. برای این منظور میزان تطابق فعالیت این‌گونه بانک‌ها با استانداردهای جهانی مورد بررسی و ارزشیابی می‌گردد. در این ارتباط وجود سیستم متمرکز مدیریت ریسک از شاخص‌های عمده بررسی‌های مربوطه محسوب می‌شود. از دیدگاه نظارتی نیز تضمین سلامت و صحت عملکرد بازارهای پولی یک کشور نیازمند کنترل مستمر مقام پولی یعنی بانک مرکزی است. برقراری سیستم مدیریت ریسک در بانک‌ها و موسسات مالی یکی از محورهای اصلی نظارت بر نظام پولی کشورها محسوب می‌شود. تجربیات گذشته نشان می‌دهد مدیریت صحیح ریسک در فرآیندهای مالی یکی از عوامل و پارامترهای اساسی در زمینه حفظ سلامت بازارهای مالی و پولی است.

تعریف مدیریت ریسک

هرچند هنوز تعریفی فراگیر و جامعی از ریسک و مدیریت ریسک ارایه نشده‌است لیکن می‌توان عوامل و موضوعات زیرا که در تعامل با یکدیگر نیز هستند را در نظر گرفت:

۱- ساختار و یا سازمانی که در آن ریسک تعریف می‌شود.

۲- منابعی که در سازمان به منظور انجام فعالیت‌های موضوعه آن اختصاص می‌یابند که می‌توان آنها را به شرح زیر در نظر گرفت:
- انسانها
- تخصص و تکنولوژی
- اطلاعات
- طرف‌های فعالیت اعم از بالادستی و پایین دستی
- منابع مالی

۳- پدیده‌ای که می‌تواند برای سازمان ایجاد خطر و یا ضرر نماید و معمولاً وقوع آن با عدم اطمینان همراه است.

۴- منابعی که در معرض خطر قرار دارند

www.SID.ir

Archive of SID

۵- تبعات مالی که عمدتاً ضرر و زیانی است که در صورت مواجه شدن با خطر متوجه سازمان می‌گردد.

با توجه به موارد فوق معمولاً ریسک را با سه دیدگاه می‌توان تعریف نمود:

۱- ریسک خالص[1] که وقوع محتمل یک پدیده است که ضرر و زیان مالی دربر دارد[2].

۲- ریسک سوداگرانه[3] که مربوطه به اتفاقاتی که است به طور بالقوه می‌توانند موجب سود و یا زیان شوند.

۳- ریسک‌های مرکب[4] که مربوط به پدیده‌هایی است که به راحتی نمی‌توان آنها را در یکی از رده‌های فوق دسته‌بندی نمود.

به طور معمول مدیران ریسک با ریسک‌های موضوع ردیف ۱ سر و کار دارند. این نوع از ریسک‌ها ریسک‌های بیمه‌شدنی[5] نیز نامیده می‌شوند.

تعریف مدیریت ریسک: مدیریت ریسک فرآیند مستمر اتخاذ تصمیم و به اجرای گذاردن آن به منظور کاهش اثر عدم اطمینان با توجه به بازده مورد انتظار در قبال پذیرش ریسک در سازمان می‌باشد. در یک نظام سالم مدیریت ریسک باید چرخه بازخورد وجود داشته‌باشد تا امکان ردیابی اجرای تصمیم‌گیری‌های ریسکی و نتایج حاصله، همچنین ارتباط آنها با اهداف سازمان فراهم آید.

اهداف سازمانی مدیریت ریسک:

به طور اصولی اهداف مدیریت ریسک ارتباط جدایی‌ناپذیری با اهداف سازمان دارد. از سوی دیگر کارائی اقتصادی مستلزم تخصیص بهینه منابع محدود اقتصادی به فعالیت‌ها به منظور رسیدن به اهداف تعیین‌شده سازمان می‌باشد. در چنین شرایطی دسترسی مطمئن به منابع محدود و امکان استفاده صحیح آنها در فعالیت‌های مربوطه نقش حیاتی در بقای سازمان خواهد داشت. لذا هرگونه عدم اطمینان و عدم قطعیت[6] در این امر می‌تواند ادامه فعالیت و یا

1. Pure Risk.
2. (Condamin, Louisot, & Naim, 2006).
3. Speculative Risk.
4. Mixed Risk.
5. Insurable Risk.
6. Uncertainty.

www.SID.ir

Archive of SID

حیات سازمان را با مشکل مواجه نموده و یا با مخاطرات جدی روبرو نماید. در اینچنین فضایی هدف مدیریت ریسک فراهم نمودن امکان دسترسی به منابع و فرآیندهای مربوطه در شرایط نا اطمینانی جهت حصول اهداف سازمان می‌باشد. از دیدگاه عملیاتی می‌توان اهداف مدیریت ریسک را به دو دسته اهداف قبل از وقوع[1] و بعد از وقوع[2] به شرح زیر تقسیم نمود.

اهداف قبل از وقوع: اهدف قبل از وقوع عبارت از مواردی است که قبل از وقوع یک اتفاق نامطلوب، و عمدتاً جهت جلوگیری از آن اتخاذ می‌شود. در فضای اقتصادی معمولاً اتفاق‌های نامطلوب با ضرر و زیان ارتباط نزدیک دارند و در اکثر اوقات هم ارز آن در نظر گرفته می‌شوند. لذا گاهاً کلمه ضرر[3] به جای اتفاق نیز به کار می‌رود و لذا از عبارت"اهداف قبل از ضرر[4]" نیز به عنوان جایگزین استفاده می‌شود که البته بیشتر در ادبیات بیمه کاربرد دارد. به هر تقدیر این اهداف مبتنی بر کارایی اقتصادی و در یک کلام بیشینه نمودن سود می‌باشد که البته در چارچوب مفاهیم شرکتی که در آن بین مالکان و مدیران تفاوت وجود دارد بیشینه یا بهینه‌سازی ثروت سهامداران خواهد بود.

اهداف بعد از وقوع: به همین ترتیب اهداف بعد از وقوع آنهایی است که پس از وقوع یک پدیده و یا اتفاق نامطلوب باید به اجرا گذارده شود تا اثرات آنها کم یا بی‌اثر گردد. به واقع محور این اهداف بقا و دوام سازمان است. محور اساسی‌های زیر برای تداوم بقای سازمان به شرح زیر قابل ذکر است:

۱. **تکنیک، اطلاعات و عملیات تجاری:** سازمان باید قادر باشد به نحو مطلوب از تکنیک‌های لازم جهت انجام فعالیت‌های خود استفاده نموده و برای این منظور باید دسترسی به اطلاعات مورد نیاز داشته همچنین قابلیت انجام فعالیت‌های‌های تجاری برای وی فراهم باشد. لذا هرگونه خللی در این امر می‌تواند بقای سازمان را با چالش روبرو نماید. بر این اساس در مواجه با اتفاقات نامطلوب یکی از اهداف مدیریت ریسک کاهش و به حداقل‌رسانی زمان وقفه در انجام فعالیت‌های مزبور است.

1. Pre. event Objectives.
2. Post. event Objectives.
3. Loss.
4. Pre. loss Objectives.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. **مالی:** از دیدگاه مالی باید در مواجهه با یک اتفاق نامطلوب مراقبت‌های لازم جهت حصول موارد ذیل صورت پذیرد:

۲.۱. جلوگیری از ضرر: این امر مستلزم کاهش حتی‌الامکان ضرر ناشی از وقوع اتفاق می‌باشد.

۲.۲. حفظ سطح سودآوری: بر این اساس لازم است سودآوری حداقل در سطح متوسط گذشته حفظ شود حتی اگر سازمان با اتفاق نامطلوبی روبرو شده باشد.

۲.۳. رشد پایدار: بر این اساس لازم است رشد پایدار در حالت فعلی حفظ شود.

۳. **موضوعات اجتماعی و انسانی:** این محور مربوط به تبعات و اثرات منفی عملکرد بنگاه بر محیط اقتصادی- اجتماعی[1] و فرهنگی پیرامون است. این محیط شامل تأمین‌کنندگان منابع، مشتریان، جوامع و گروه‌های تخصصی و نیروی انسانی می‌باشد.

از سوی دیگر می‌توان اهداف عملیاتی مدیریت ریسک را که به طور سنتی از هدف واحدها اجرایی بر گرفته شده و متمرکز بر یاری رساندن به سایر واحدها در انجام فعالیت‌هایشان می‌باشد را در چارچوب وظیفه مدیر ریسک سازمان و به شرح زیر خلاصه نمود:

"وظیفه مدیر ریسک عبارت است از حصول اطمینان از دسترسی سازمان به منابع مورد نیاز و انجام فعالیت‌های مربوطه در تمام شرایط ممکن به ویژه شرایط نامناسب و اضطراری". از این بین دسترسی به منابع پایدار و مستحکم نقدی[2] حائز اهمیت است. لذا به طور معمول یکی از وظایف مستقیم مدیر ریسک کسب اطمینان از قابلیت دسترسی به منابع با کیفیت و کمیت مطلوب می‌باشد.

سایر اهداف عمده دیگری که برای فرآیند مدیریت ریسک می‌توان در نظر گرفت به ترتیب ذیل قابل ذکر است:

- **کاهش عدم قطعیت**: که معمولاً به عنوان کاهش واریانس و یا تغییرپذیری نتایج مالی نیز از آن یاد می‌شود. این امر با توجه به اشتهای ریسک[3] یا ریسک‌پذیری

1. Socio. Economic
2. Hard Cash
3. Risk Appetite

www.SID.ir

Archive of SID

مدیران ارشد موسسه صورت می‌پذیرد. بعضی معتقدند که مدیران ریسک باعث می‌شوند که مدیران ارشد سازمان با خیالی آسوده سر بر بالین بگذارند[1].

- **تبعیت از قوانین و مقررات ناظر بر عملیات بنگاه و سایر قوانین حاکم بر محیط فعالیت آن**

فرآیند تصمیم‌گیری در مدیریت ریسک

فرآیند تصمیم‌گیری در مدیریت ریسک در قالب دوفعالیت عمده یک مدیر ریسک و به صورت یک ماتریس به شرح زیر قابل بررسی است:

ماتریس فعالیت های مدیر ریسک

وظایف مدیر	برنامه‌ریزی	سازماندهی	رهبری	کنترل
سه گام تصمیم‌گیری در مدیریت ریسک[2]: ۱. تشخیص[3] موارد در معرض خطر[4](اکسپوژر) ۲. درمان[5] ریسک ۳. اقدام نظارتی و اصلاحی				

بر اساس ماتریس فوق مدیر ریسک در سطح هر یک از فعالیت‌های یک مدیر که عبارتند از برنامه‌ریزی، سازماندهی، رهبری و کنترل لازم است به عنوان یک تصمیم‌گیرنده سه گام تشخیص، درمان و نظارت و اصلاح را اعمال نماید.

تشخیص موارد در معرض خطر(اکسپوژرها): تشخیص موارد در معرض خطر بدون درک شفاف از اهداف و استراتژی‌های سازمان عملاً ممکن نیست. لذا رویکرد سیستمی در تحلیل ریسک این امکان را فراهم می‌آورد که مدیر ریسک پورتفوی اکسپوژرها را در سازمان مربوطه

1. The Risk Manager's job is to "buy his boss a good night's sleep"
2 . (Condamin, Louisot, & Naim, 2006)
3. Diagnosis
4. Exposures
5. Treatment

www.SID.ir

Archive of SID

تعریف نموده و نقشه‌ای از ریسک‌ها و خطرات عمده را در اختیار مدیریت سازمان قرار دهد. لذا شناسایی موارد در معرض خطر عمده‌ترین و حیاتی‌ترین فعالیت مدیریت ریسک محسوب می‌شود. بدین ترتیب لازم است که تمام اکسپوژرها در قالب یک پورتفولیو به تفکیک خطرات هریک و نیز منابع درگیر مشخص شوند. سپس لازم است تجزیه و تحلیل به منظور تعیین احتمال وقوع پدیده[1] و شدت اثر آن[2] صورت پذیرد. برای این منظور علاوه بر سنجش تبعات مالی که از اولویت برخوردار می‌باشد لازم است سایر تبعات اجتماعی، انسانی و محیطی در حد توان مورد سنجش قرار گیرد. به واقع اگر میزان اکسپوژر تعیین شود در این صورت عدم اطمینان بر حسب مقدار فراریت[3] که معمولاً توسط واریانس تغییرات تعیین می‌گردد، قابل محاسبه خواهد بود. البته شایان ذکر است یکی از خطراتی که این فرآیند را تهدید می‌نماید وجود اکسپوژرهای پنهان[4] است که در صورت مواجهه با خطر، تعیین تبعات و اثرات آن عملاً غیر ممکن است لذا استفاده از ابزارهایی که امکان شناسایی هر چه بهتر اکسپوژرها را فراهم نماید حائز اهمیت می‌باشد. برخی از این ابزار به شرح زیر است:

- ثبت‌های مالی و حسابداری: برای این منظور می‌توان از منابعی همچون ترازنامه، صورت سود و زیان، صورت منابع، گزارش سالانه اطلاعات مورد نظر را استخراج نمود.
- مستندات مربوط به بازاریابی، خرید و یا سایر فعالیت‌های تجاری: این مدارک می‌تواند شناخت لازم در ارتباط با فعالیت‌های تجاری را در اختیار گذارده و به تبع آن نقاط ضعف‌هایی که به طور بالقوه بر عملیات بانک اثرات جدی دارد را آشکار می‌نماید.
- فلوچارتهای عملیات بنگاه: این نمودارها می‌تواند به خوبی روند و جریان عملیاتی را که در سازمان صورت می‌گیرد را به تصویر کشانده و آشنایی لازم را در خصوص نقاط ضعف بنگاه را فراهم آورد.

1. Probability.
2. Severity.
3. Volatility.
4. Hidden Exposures.

www.SID.ir

Archive of SID

- داده‌های تاریخی و تحلیل سناریو: اطلاعات تاریخی امکان مشاهده عملکرد گذشته بنگاه و پیش‌بینی وقوع اتفاقات آتی را فراهم می‌نماید و بر این مبنا می‌توان سناریوهای مختلفی برای عملکرد آینده شرکت تدوین نمود. البته شایان ذکر است که این امر وابستگی زیادی به وجود اطلاعات تاریخی در خصوص بخش‌های مختلف بنگاه دارد.
- متخصصین درون و برون بنگاه: استفاده از نظرات متخصصین درون سازمان و همچنین برون از سازمان در ارتباطات با عملکرد بنگاه می‌تواند در زمینه بررسی ریسک اعم از شناسایی و یا کنترل آن به مدیر ریسک کمک نماید.
- نظارت و مشاهده مستقیم: این امر هم به دلیل کسب اطلاعات بر اساس مشاهدات عینی موجب ارتقای دید مدیر ریسک در خصوص موضوعات مبتلا به سازمان و ریسک‌هایی که در این ارتباط با آن روبروست، می‌گردد.

کمی‌سازی ریسک[1]

در قسمت قبل علاوه بر اهمیت مدیریت ریسک در بانک‌ها به مبانی مدیریت ریسک و نیز فعالیت تصمیم‌گیری مبتنی بر مشاهده، درمان، همچنین نظارت و اصلاح پرداختیم. در این قسمت به کمی‌سازی ریسک خواهیم پرداخت. از دیدگاه علمی اساس کمی‌سازی پدیده‌ها بر شناخت "رابطه عِلّی"[2] قرار دارد.[3] به واقع علت‌یابی محور اصلی شکل‌گیری دانش[4] است. حال اگر تمام عوامل شکل‌گیری یک پدیده به طور کامل شناسایی شوند در این صورت بدون هیچ ابهامی می‌توان وقوع آنرا تبیین نمود. لیکن در دنیای واقعی علل وقوع بسیاری از پدیده‌ها کاملاً مشخص نیست و با عدم قطعیت[5] همراه است. معمولاً برای بیان عدم قطعیت در وقوع یک پدیده از احتمال وقوع آن استفاده می‌شود. نظریه احتمالات[6] بیانی ریاضی برای نشان دادن عدم عدم قطعیت در پدیده‌هاست. با یک بیان کلی می‌توان گفت که عدم قطعیت مترادف با ناکافی

1. Risk Quantification.
2. Causation.
3. (Condamin, Louisot, & Naim, 2006).
4. Knowledge.
5. Uncertainty.
6. Probability.

www.SID.ir

Archive of SID

بودن دانش است و به طور متعارف در دنیای فعلی دانش کامل نیز برای بشر دست نیافتنی است. لذا عدم قطعیت در وقوع پدیده‌ها گریزناپذیر است. لیکن با شناخت ارتباطات عِلّی می‌توان به یک شناخت نسبی در ارتباط با یک پدیده مشخص دست یافت. اساس تحلیل شبکه بیزی بر شناخت عوامل موثر در وقوع یک پدیده‌است. براین اساس دو محور اصلی در این تحلیل عبارتند از:

۱. **عوامل موثر در وقوع پدیده**

۲. **احتمالات شرطی عوامل**

در ارتباط با ردیف ۱ لازم به ذکر است که در بسیاری از پدیدها ممکن است عوامل مؤثر می‌توانند بسیار زیاد و یا نامتناهی باشند و لذا شناخت تمامی آنها عملاً ممکن نیست. لیکن در مدل‌سازی در قالب شبکه بیزی آن بخش از عوامل که نقش عمده و قابل توجه دارند در شبکه لحاظ می‌گردند. به هرتقدیر شناخت این عوامل بخش غیر احتمالی و یا قطعی[1] مدل را تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر ساختار علت و معلولی مدل دانشی است که به طور نسبی از علل وقوع پدیده کسب نموده‌ایم. بخش احتمالی مدل مربوط به عدم قطعیتی است که در وقوع عوامل مزبور وجود دارد. لذا شبکه بیزی ترکیبی از قطعیت و عدم قطعیت را در خود دارد.

در ادامه به تعریف شبکه بیزی می‌پردازیم:

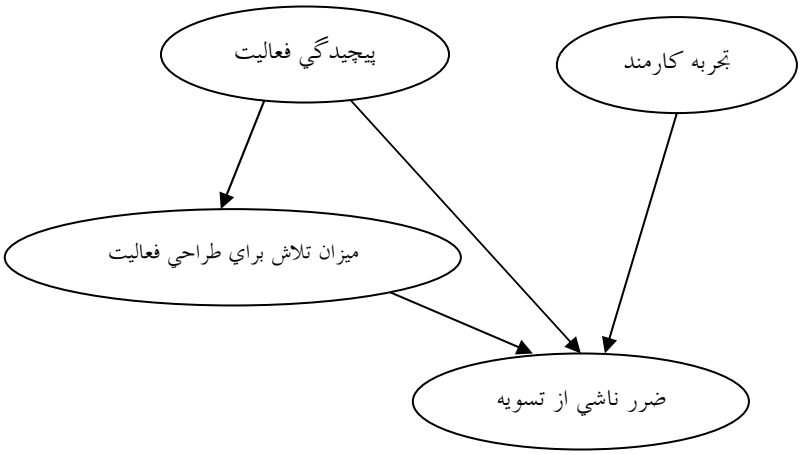
شبکه بیزی

به طور خلاصه **شبکه بیزی** عبارت از یک گراف جهت‌دار به همراه مجموعه‌ای از احتمالات وقوع به صورت توزیع احتمال و یا جدول احتمال می‌باشد. نمونهای ساده از این شبکه در شکل زیر نمایش داده شده‌است:

1. Deterministic.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۱: نمونه‌ای ساده از شبکه بیزی برای پیش‌بینی ضرر ناشی از فعالیت تسویه معاملات

مأخذ: (Lewis, 2004)

یکی از خصوصیات مهم شبکه بیزی روابط علی بین فعالیت‌های و یا پدیده‌هاست که بصورت گره[1] در گراف نمایش داده می‌شوند. براین اساس جهت فلش‌ها و یا کمان‌ها[2]، نشان‌دهنده رابطه عِلّی[3] است. از ساختار فوق به همراه احتمال وقوع هریک از پدیده‌ها می‌توان برای پیش‌بینی پدیده نهایی استفاده نمود. همانطوریکه در نمودار۱ نشان داده شده‌است هدف از شبکه بیزی مورد نظر پیش‌بینی احتمال وقوع ضرر و زیان در عملیات تسویه در مبادلات تجاری بازار مانند خرید و فروش ارز یا سهام و یا موارد مشابه است. شکل مزبور نحوه ارتباط ضرر احتمالی با تجربه کارمند، پیچیدگی فعالیت و همچنین نحوه طراحی فرآیند مبادله نشان می‌دهد. البته متغیرهای مربوط به هرگره می‌تواند گسسته یا پیوسته باشد. به طور مثال می‌توان برای تجربه کارمند حالت‌های گسسته بی‌تجربه و یا باتجربه را در نظرگرفت. همان طور که اشاره شد جهت کمان‌ها یا فلش‌ها حاکی از رابطه علت و معلولی است. بدین ترتیب ابتدای کمان نشان دهنده علت و انتهای آن نشانگر معلول فرآیند می‌باشد. در برخی متون گره علت را **والد**[4] و گره معلول را **فرزند یا ولد**[1] می‌خوانند. لذا اگر بین دو گره هیچ

1. Node.
2. Arcs.
3. Causal Model .
4. Parent.

www.SID.ir

Archive of SID

کمانی رسم نشود بیانگر این است که هیچگونه رابطه‌ای بین آنها وجود ندارد و یا به عبارت دیگر متغیرهای مزبور مستقل از یکدیگر هستند. به بیانی تخصصی‌تر و از دیدگاه نظریه احتمالات هر گره یک متغیر تصادفی بوده و دارای توزیع آماری مشخص اعم از گسسته و پیوسته است.

از دیدگاه ریاضی می‌توان شبکه بیزی را به ترتیب زیر تعریف نمود:

شبکه بیزی عبارت است از[۲] مجموعه‌ای از متغیرها و مجموعه‌ای از مسیرها (یالها)ی جهت دار بین آنها به طوریکه:

- هر متغیر دارای تعداد حالات محدود و مستقل از یکدیگر را می‌پذیرد
- متغیرها به همراه مسیرهای جهت دار تشکیل یک گراف با مسیرهای غیرچرخه‌ای را می‌دهند، بدین معنی که با شروع از یک نقطه امکان رسیدن به همان نقطه از طریق مسیرهای گراف وجود ندارد. لذا شبکه بیزی **گراف جهت‌دار غیرچرخه‌ای**[۳] است.
- بین گره A و گره‌های والد آن مانند $B_1,...,B_n$ رابطه احتمال شرطی وجود دارد. به عبارت دیگر احتمال وقوع A به شرط وقوع علل آن یعنی $B_1,...,B_n$ ، $P(A \mid B_1,...,B_n)$ می‌باشد.

لازم به ذکراست که یکی از راههای تعیین توزیع احتمال هر گره تعیین جدول احتمالات برای حالات مختلف آن است. به طور مثال برای دو حالت ممکن برای تجربه کارمند می‌توان جدول ذیل را در نظر گرفت:

1. Child.
2. (Jensen & Nielsen, 2007).
3. Directed Acyclic Graph, (DAG)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- جدول احتمال برای حالت‌های ممکن تجربه کارمند

حالت	احتمال
باتجربه	۰.۷۵
بی‌تجربه	۰.۲۵

به همین ترتیب برای حالات ممکن برای متغیر پیچیدگی فعالیت و میزان تلاش برای طراحی فعالیت نیز می‌توان جداول ذیل را تعریف کرد:

جدول۲- جدول احتمال برای حالت‌های ممکن پیچیدگی فعالیت

حالت	احتمال
زیاد	۰.۴۰
کم	۰.۶۰

جدول۳- جدول احتمال برای حالت‌های ممکن میزان تلاش برای طراحی فعالیت

حالت	احتمال
زیاد	۰.۵۰
کم	۰.۵۰

سرانجام فرض می‌کنیم که حالت‌های ممکن برای وقوع ضرر و زیان ناشی از انجام تسویه به ترتیب زیر باشد:

جدول٤- جدول احتمال برای حالت‌های ممکن ضرر و زیان

حالت	احتمال
عدم وقوع	۰.۵۱
ضرر کم	۰.۱۹۵
ضرر زیاد	۰.۲۹۵

www.SID.ir

Archive of SID

بدین ترتیب چون گره مربوط به ضرر و زیان معلول پدیده‌ها و اتفاقات دیگر است لذا براساس نظریه احتمالات وقوع ضرر و زیان به شرط وقوع پدیده مشخص به صورت احتمال شرطی بیان می‌شود.

نتایج تمام احتمالات شرطی را می‌توان به صورت جدول زیر نمایش داد:

جدول ۵- نتایج احتمالات شرطی وقوع ضرر و زیان در تسویه معاملات در اثر وقوع علل مختلف

پدیده ها	حالات مختلف پدیده							
۱- علل								
تلاش برای طراحی	کم				زیاد			
پیچیدگی فعالیت	کم		زیاد		کم		زیاد	
تجربه کارمند	کم تجربه	با تجربه	کم تجربه	با تجربه	کم تجربه	با تجربه	کم تجربه	با تجربه
۲- معلول								
حالات مختلف ضرر در تسویه	احتمالات(درصد)							
عدم وقوع ضرر	۵۰	۷۵	۱۰	۵	۷۵	۹۰	۱۰	۱۵
ضرر کم	۳۵	۲۰	۲۰	۱۵	۲۰	۹	۲۷	۲۵
ضرر زیاد	۱۵	۵	۷۰	۸۰	۵	۱	۶۳	۶۰

همان طوریکه بیان شد تعیین توزیع احتمال هر یک از متغیرها نقش مهمی در ایجاد شبکه بیزی دارد. برای این منظور می‌توان از اطلاعات و مشاهدات مربوطه استفاده نمود. بدین ترتیب با کسب اطلاعات که بطور ادواری قابل روزآمد شدن است و با کمک قضیه بیز تمام احتمالات شرطی تعدیل می‌گردد. این فرآیند را **انتشار ادله (گواه)**[1] می‌نامند[2].

مدل‌سازی با شبکه بیزی

مؤلفه اصلی در مدل‌سازی با استفاده از شبکه بیزی را می‌توان به شرح ذیل برشمرد:

۱. یک گراف که اطلاعات مربوط روابط علت و معلولی بین متغیرها

۲. مجموعه‌ای از احتمالات مربوط به نحوه ارتباط بین علت‌ها و معلول‌ها

1. Evidence Propagation .
2. (Lewis, 2004).

www.SID.ir

Archive of SID

۳. استفاده از قضیه اصلی بیز به طور متناوب برای انتشار اطلاعات مبتنی بر احتمالات در شبکه بیزی. در این ارتباط از **قاعده زنجیره‌ای برای شبکه بیزی**[۱] استفاده می‌شود.

هدف اصلی از مدل‌سازی با شبکه بیزی بدست‌آوردن برآوردی از اطمینان[۲] وقوع پدیده‌هایی است که نمی‌توان به طور مستقیم آنها را مشاهده نمود (یا مشاهده مستقیم آنها هزینه غیرقابل قبولی را به همراه دارد) این پدیده‌ها را **وقایع مفروض**[۳] می‌نامند. پس از تعیین وقایع مفروض، آنها را به وقایع **منحصر بفرد و جامعی**[٤] دسته‌بندی می‌نماییم تا از آنها متغیرهای مفروض[٥] استخراج شود. در مرحله بعد برای اینکه به سطحی از اطمینان در باره وقوع پدیده‌های مفروض دست یابین لازم است اطلاعاتی در دست داشته باشیم که بتوانیم با استفاده از آنها وقوع پدیده مفروض را آشکار نماییم. این دسته از اطلاعات در قالب **متغیرهای اطلاعات** تعریف می‌گردند[٦] . پس از تعریف متغیرهای فوق بایستی روابط علی آنها در قالب شبکه علت و معلول تعریف شود[۷].

شایان ذکر است که برای مدل‌سازی با استفاده از شبکه بیزی دو نوع مدل می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد[۸]:

۱. **مدل عِلّی**[۹]: در این روش متغیر مفروض معلول نهایی سایر متغیرهاست و براین اساس شبکه بیزی با توجه به علل وقوع پدیده مفروض ساخته می‌شود. در این نوع شبکه بیزی مسیرهای جهت دار از سمت از علل وقوع به سمت متغیر مفروض یا پدیده مورد نظر می‌باشد.
۲. **مدل تشخیصی**[۱۰]: بر اساس این مدل پدیده یا متغیر مفروض عامل ایجاد نشانه‌ها و علائمی است که از طریق شناخت آنها به وقوع پدیده مفروض می‌توان پی‌برد. این دیدگاه می‌تواند در کشف بیماری‌ها، جرائم، نقص و ایرادات در سیستم‌های

1. Chain Rule for Bayesian Network.
2. Certainty.
3. Hypothesis Events.
4. Exclusive and Exhaustive.
5. Hypothesis Variables.
6. Information Variables .
7. (Jensen & Nielsen, 2007).
8. (Russell & Norvig, 2006).
9. Causal Model .
10. Diagnostic Model.

www.SID.ir

Archive of SID

نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و مواردی از این دست مورد استفاده قرار بگیرد. در شبکه بیزی مربوط به این نوع مدل، مسیرهای جهت دار از سمت متغیر مفروض یا پدیده مورد نظر به سمت متغیرهایی است که در بر گیرنده علائم یا نشانه وقوع پدیده مفروض هستند.

با توجه به توضیحات فوق، مدل عِلّی به دنبال پاسخ به این سوال است که تا چه حد اطمینان از وقوع علل مورد نظر موجب اطمینان به وقوع پدیده مورد نظر در آینده می‌شود، در حالیکه مدل تشخیصی به این سوال پاسخ می‌دهد که اطمینان از وقوع نشانه‌ها به چه میزان موجب اطمینان از وقوع پدیده مورد نظر در گذشته می‌گردد. با بیانی خلاصه‌تر **"مدل علی" در پی پیشگیری و یا پیش‌بینی وقوع است در حالی "مدل تشخیصی" در پی کشف علت است.**

شایان ذکر است در برخی متون[1] از مدل‌سازی بوسیله شبکه علت و معلول و یا شبکه بیزی به عنوان **مدل‌سازی عِلّی**[2] یاد شده‌است.

قضیه بیز و رابطه زنجیره‌ای برای شبکه بیزی

به دلیل اهمیت قضیه اصلی بیز و همچنین رابطه زنجیره‌ای مربوطه، دراین قسمت مختصراً به روابط احتمال شرطی و همچنین قضیه اصلی بیز در این زمینه و همچنین قاعده‌ای زنجیره‌ای اشاره می‌نماییم.

رابطه احتمال شرطی برای دو پیشامد A, B:

$$P(A \mid B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \Rightarrow P(A \cap B) = P(A \mid B)\ P(B)$$

$$P(B \mid A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \qquad (1)$$

اگر C پیشامد دیگری باشد در این صورت احتمال شرطی فوق با اضافه نمودن آن به شرح ذیل خواهد بود:

1. (King, 2001).
2. Causal Modeling

www.SID.ir

Archive of SID

$$P(\mathrm{B}\mid \mathrm{A}\cap \mathrm{C}) = \frac{P(\mathrm{A}\cap \mathrm{B}\cap \mathrm{C})}{P(\mathrm{A}\cap \mathrm{C})} = \frac{P(\mathrm{A}\cap \mathrm{B}\mid \mathrm{C})P(\mathrm{C})}{P(\mathrm{A}\mid \mathrm{C})P(\mathrm{C})} = \frac{P(\mathrm{A}\cap \mathrm{B}\mid \mathrm{C})}{P(\mathrm{A}\mid \mathrm{C})} \qquad (2)$$

اگر دو پیشامد A,B مستقل باشند روابط ذیل برقرار هستند:

$$P(\mathrm{A}\mid \mathrm{B}) = P(\mathrm{A})$$
$$P(\mathrm{A}\cap \mathrm{B}) = P(\mathrm{A}\mid \mathrm{B})P(\mathrm{B}) = P(\mathrm{A})P(\mathrm{B}) = P(\mathrm{B}\mid \mathrm{A})P(\mathrm{A}) \qquad (3)$$
$$\Rightarrow\ P(\mathrm{B}\mid \mathrm{A}) = P(\mathrm{B})$$

به طریقی مشابه دو A,B به طور شرطی مستقل هستند اگر برای پیشامدی مانند C روابط زیر برقرار باشد:

$$P(\mathrm{A}\mid \mathrm{B}\cap \mathrm{C}) = P(\mathrm{A}\mid \mathrm{C})$$
$$P(\mathrm{A}\cap \mathrm{B}\cap \mathrm{C}) = P(\mathrm{A}\mid \mathrm{B}\cap \mathrm{C})P(\mathrm{B}\cap \mathrm{C}) = P(\mathrm{A}\mid \mathrm{C})P(\mathrm{B}\mid \mathrm{C})P(\mathrm{C}) \qquad (4)$$
$$P(\mathrm{A}\cap \mathrm{B}\mid \mathrm{C}) = \frac{P(\mathrm{A}\cap \mathrm{B}\cap \mathrm{C})}{P(\mathrm{C})} = \frac{P(\mathrm{A}\mid \mathrm{C})P(\mathrm{B}\mid \mathrm{C})P(\mathrm{C})}{P(\mathrm{C})} = P(\mathrm{A}\mid \mathrm{C})P(\mathrm{B}\mid \mathrm{C})$$
$$\text{From relation (2)} : P(\mathrm{B}\mid \mathrm{A}\cap \mathrm{C}) = \frac{P(\mathrm{A}\cap \mathrm{B}\mid \mathrm{C})}{P(\mathrm{A}\mid \mathrm{C})}$$
$$\Rightarrow P(\mathrm{B}\mid \mathrm{A}\cap \mathrm{C}) = \frac{P(\mathrm{A}\mid \mathrm{C})P(\mathrm{B}\mid \mathrm{C})}{P(\mathrm{A}\mid \mathrm{C})} = P(\mathrm{B}\mid \mathrm{C})$$

قضیه اصلی بیز در نظریه احتمال:

با استفاده از رابطه (۱) می‌توان رابطه ذیل دست یافت که به آن قاعده بیز نیز می‌گویند:

$$P(\mathrm{B}\mid \mathrm{A}) = \frac{P(\mathrm{A}\mid \mathrm{B})P(\mathrm{B})}{P(\mathrm{A})} \qquad (5)$$

اگر X, Y متغیرهای مربوط به پیشامدهای A,B باشند در این صورت با توجه به روابط فوق رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$P(X\mid Y) = \frac{P(X,Y)}{P(Y)}$$
$$P(X,Y) = P(X\mid Y)\,P(Y) \qquad (6)$$
$$P(Y\mid X) = \frac{P(X,Y)}{P(X)} = \frac{P(X\mid Y)\,P(Y)}{P(X)}$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن $P(X,Y)$ توزیع همزمان X,Y است.

حال اگر متغیر دیگری مانند Z نیز در نظر بگیریم می‌توان احتمالات شرطی را به شکل ذیل تعریف نماییم:

$$P(Y|X,Z)=\frac{P(X,Y|Z)}{P(X|Z)}=\frac{P(X|Y,Z)\,P(Y|Z)}{P(X|Z)} \qquad (7)$$

همچنین روابط ۶ و ۷ در قالب توزیع حاشیه‌ای احتمال و به شرح زیر قابل بیان است:

$$P(Y|X)=\frac{P(X,Y)}{\sum_Y P(X,Y)}$$
$$P(Y|X,Z)=\frac{P(X,Y|Z)}{\sum_Y P(X,Y|Z)} \qquad (8)$$

به طریقی مشابه استقلال دو متغیر X,Y را به شرح زیر می‌توان بیان نمود:

$$P(X|Y)=P(X)$$
$$P(Y|X)=P(Y) \qquad (9)$$
$$P(X,Y)=P(X)P(Y)$$

به همان ترتیب استقلال شرطی دو متغیر X,Y بر اساس متغیر Z نیز به صورت روابط زیر می‌باشد:

$$P(Y|X,Z)=P(Y|Z)$$
$$P(X|Y,Z)=P(X|Z) \qquad (10)$$
$$P(X,Y|Z)=P(X|Z)P(Y|Z)$$

قاعده زنجیره‌ای عمومی بیز

اگر $U=\{A_1,...A_n\}$ مجموعه‌ای از متغیرها باشد در این صورت رابطه زیر برای توزیع احتمال همزمان آنها یعنی $P(U)$ برقرار است:

www.SID.ir

Archive of SID

$$P(U) = P(A_n \mid A_1,...A_{n-1})P(A_{n-1} \mid A_1,...A_{n-2})...P(A_2 \mid A_1)P(A_1) \qquad (11)$$

رابطه فوق از استفاده متناوب از قضیه اصلی بیز به ترتیب زیر بدست می‌آید:

$$\begin{aligned} &P(U) = P(A_1,...A_{n-1},A_n) = P(A_1,...A_{n-1})P(A_n \mid A_1,...A_{n-1}) \\ &P(A_1,...A_{n-1}) = P(A_1,...A_{n-2})P(A_{n-1} \mid A_1,...A_{n-2}) \qquad (12) \\ &\vdots \\ &P(A_1,A_2) = P(A_2 \mid A_1)P(A_1) \end{aligned}$$

قاعده زنجیره‌ای برای شبکه بیزی

اگر $U = \{A_1,...A_n\}$ متغیرهای تصادفی بر روی شبکه بیزی BN باشند در این صورت تابع توزیع احتمال منحصر بفرد $P(U)$ وجود دارد بطوریکه رابطه زیر برای آن برقرار است:

$$P(U) = \prod_{i=1}^{n} P(A_i \mid pa(A_i)) \qquad (13)$$

در رابطه فوق $\prod$ نشان‌دهنده حاصل ضرب عوامل در یکدیگر و $pa(A_i)$ نشان‌دهنده متغیرهای والد(علت) برای متغیر A_i است.

شایان ذکر است که استفاده از قاعده فوق نقش اساسی در زمینه طراحی شبکه بیزی ایفا می‌نماید.

نحوه تعیین اجزای شبکه بیزی

با توجه به توضیحات قبلی، یکی از نکات مهم در طراحی شبکه بیزی تعیین علت‌ها و معلول‌هاست. این امر نیازمند تعریف مشخصی از فرآیند مورد نظر می‌باشد که بر اساس آن بتوان اجزای شبکه بیزی را تعیین نمود. برای این منظور می‌توان از نظرات متخصصین و کارشناسانی که در فرآیند مزبور صاحب‌نظر می‌باشند کمک گرفت.

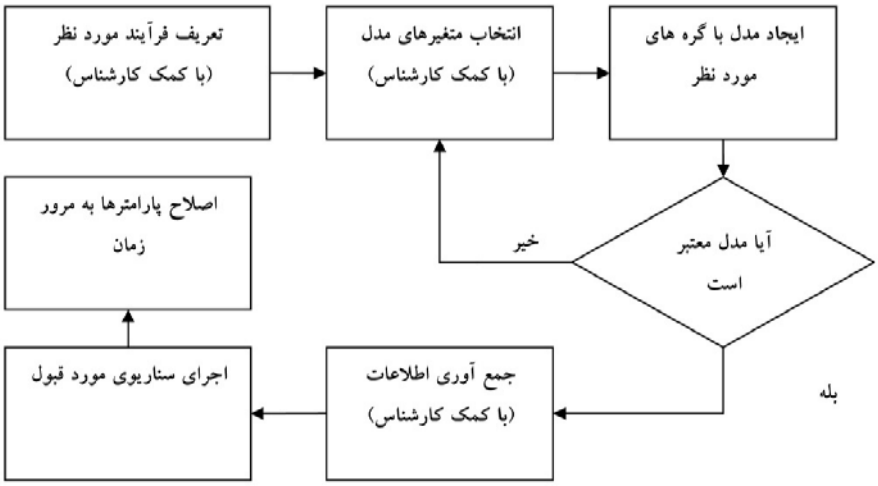
مراحل طراحی شبکه بیزی را می‌توان در نمودار ذیل خلاصه نمود[۱]:

[۱]. (Adusei-Poku, 2005).

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار۲: جریان فعالیت[1] طراحی شبکه بیزی



مأخذ (Adusei-Poku, 2005).

در طراحی شبکه بیزی تعیین متغیرها(گره‌ها) نقش اساسی دارد. در این ارتباط سه دسته متغیره(گره) قابل تعریف است:

- متغیرهای مفروض که در حقیقت متغیرهای هدف جهت تصمیم‌گیری می‌باشند که معمولاً بطور مستقیم قابل مشاهده نیستند.
- متغیرهای اطلاعات که امکان مشاهده مستقیم آنها وجود دارد.
- متغیرهای واسطه که برای منظور خاص و عمدتاً برای برقراری شرط استقلال متغیرها و یا تسهیل تعیین احتمالات شرطی تعریف می‌شوند.

همچنانکه قبلاً نیز اشاره شد شبکه بیزی نشان‌دهنده ارتباط بین متغیرهاست. لیکن برای تعریف این ارتباط بستگی به دیدگاه طراح مدل، می‌توان شبکه‌های بیزی گوناگون و متفاوتی را تعریف نمود. به همین دلیل شبکه بیزی منحصر بفرد نیست و بستگی زیادی به دیدگاه طراح مدل و کارشناسان ذی ربط دارد.

شایان توجه است که ایجاد شبکه بیزی و استفاده از قاعده زنجیره‌ای مستلزم برقراری فرض استقلال متغیرهاست. لذا از دیدگاه نظری دو روش برای بررسی این موضوع وجود دارد:

1. Flow Diagram

www.SID.ir

Archive of SID

- براساس Pearl(1988)، استفاده از قاعده جداسازی جهت‌دار[1] یا d-separation rule[2].
- طبق شاخص ارایه شده توسط Lauritzen et al (1990)، با استفاده از نظریه مجموعه‌ها[3].
- در ادامه به قاعده جداسازی جهت‌دار می‌پردازیم.
- پس از تعیین اجزای شبکه یعنی متغیرها و ارتباطات آنها، لازم است که برای متغیر توزیع احتمال مشخصی تعریف گردد. برای این منظور می‌توان از دور روش ذیل به صورت مجزا و یا همزمان استفاده نمود:
- استفاده از اطلاعات تاریخی گذشته
- استفاده از نظرات کارشناس خبره مربوطه

معمولاً اطلاعات لازم برای هر کدام از متغیرهای شبکه بیزی به اندازه کافی وجود ندارد. از سوی دیگر استخراج اطلاعات کمی از برداشت ذهنی کارشناسان خبره نیز واجد مشکلات و پیچیدگیهای خاص خود می‌باشد. لازم به ذکر است تکنیک‌ها و الگوریتم‌ها و همچنین نرم افزارهای متنوعی برای ایجاد شبکه‌های بیزی ایجاد شده که بر اساس داده‌ها و مشاهده‌های انجام شده می‌توانند به صورت خودکار شبکه بیزی را بسازد. در ادامه به نمونه‌هایی از مدل‌سازی ریسک اعتباری و عملیاتی با استفاده از تحلیل شبکه بیزی می‌پردازیم:

چند نمونه از مدل‌سازی ریسک اعتباری و عملیاتی با استفاده از شبکه بیزی

مدل‌سازی ریسک نکول[4]

تعیین ریسک نکول یا به عبارت دیگر ریسک عدم ایفای تعهدات اعتباری مشتریان اعم از مشتریان حقیقی و یا حقوقی در بانک‌ها و موسسات اعتباری و مالی حائز اهیت بالایی است. هرچند که مدل‌های مختلفی برای شناسایی و اندازه‌گیری احتمال نکول و ریسک اعتباری از

1. Directed Separation (d-separation)
2. (Adusei-Poku, 2005).
3. (Adusei-Poku, 2005).
4. Default Risk.

www.SID.ir

Archive of SID

جمله تحلیل ممیز[1] مدل لوجیت[2] (رگرسیون لجستیک[3]) مورد استفاده قرار می‌گیرد لیکن مدل-سازی بر اساس تحلیل شبکه بیزی نیز مورد توجه کارشناسان و تحلیل‌گران قرار گرفته و بررسی‌های انجام شده نشان‌دهنده قدرت پیش‌بینی این روش نسبت به روش‌های دیگر در رتبه‌بندی اعتباری[4] مشتریان است.[5] برای یک نمونه فرضی اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به ۸۵۰ مشتری یک بانک که واجد اطلاعات زیر می‌باشد را در نظر می‌گیریم:

جدول ٦- متغیرهای مربوط به رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک

متغیر	کد	توضیحات
سن(برحسب سال)	age	
وضعیت تحصیلی	ed	در پنج سطح: کمتر از دبیرستان،دیپلم، کمتر از کالج،کالج، لیسانس و بالاتر
مدت زمان اشتغال در کار فعلی(بر حسب سال)	employ	
مدت زندگی در محل فعلی (برحسب سال)	address	
در آمد خانوار بر حسب هزار واحد	income	
نسبت بدهی به درآمد (بر حسب درصد)	debtinc	
بدهی کارت اعتباری (بر حسب هزار واحد)	creddebt	
سایر بدهی ها (بر حسب هزار واحد)	othdebt	
وضعیت نکول در گذشته (به صورت صفر یا یک)	default	برای عدم نکول و ۱ برای حالت نکول

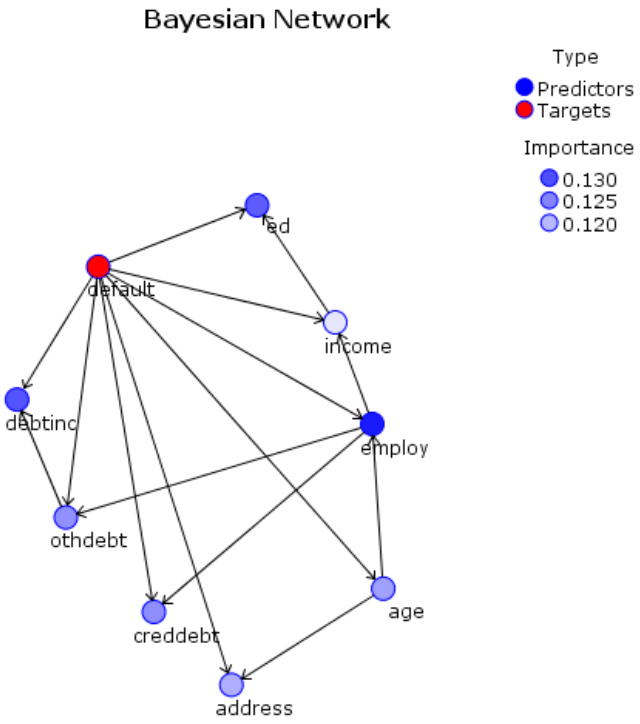
1. Discriminant Analysis.
2. Logit Model.
3. Logistic Regression.
4. Credit Rating.
5. (Pourret, Naim, & Marcot, 2008).

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به ذکر است که متغیر مربوط به نکول متغیر خروجی و سایر متغیرها به عنوان متغیر ورودی وارد مدل می‌شوند. نتیجه تحلیل شبکه بیزی در ادامه آورده می‌شود.

مودار۳: شبکه بیزی طراحی شده برای نکول مشتریان حقیقی بانک



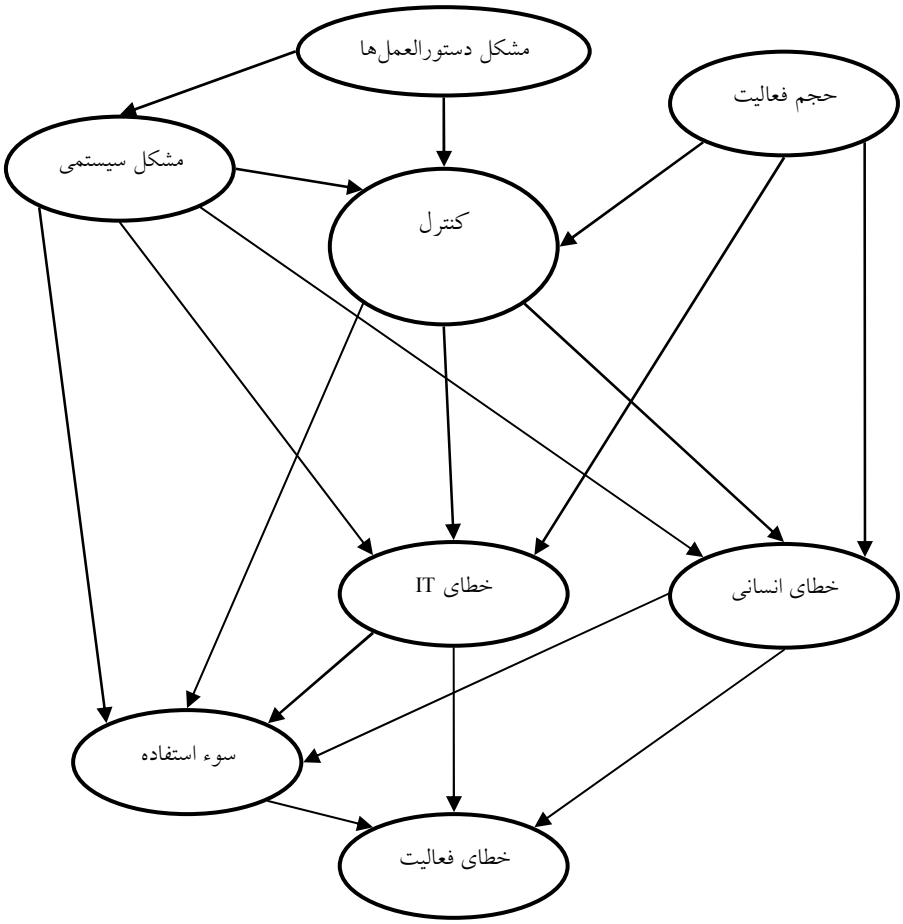
با در دست داشتن شبکه فوق و با استفاده ازاحتمالات شرطی مربوطه می‌توان احتمال وقوع نکول به شرط وقوع متغیرها (عوامل دیگر) را محاسبه نمود.

برای ریسک تعیین میزان ریسک وقوع خطا (اعم از عمدی و یا غیرعمدی)در فرآیندهای عملیاتی نیز به خوبی می‌توان از شبکه بیزی استفاده نمود. لذا در ادامه یک نمونه شبکه بیزی فرضی برای مدل نمودن ریسک عملیاتی در بانک نمایش داده می‌شود:

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار٤: شبکه بیزی عوامل موثر در وقوع خطا در عملیات بانک



پس از تعریف و تعیین رده‌بندی متغیرهای مربوطه لازم است که جداول احتمال شرطی مبتنی بر اطلاعات تاریخی و یا نظرات و تجربیات کارشناسان ذی ربط تعیین شود. پس از تعیین احتمالات مزبور جداولی شبیه آنچه که در شکل ادامه آورده شده بدست خواهد. به منظور جمع‌آوری اطلاعات تاریخی و یا نظرات کارشناسان ذی‌ربط فرم ذیل می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۷- فرم جمع آوری اطلاعات وقوع خطا و مشکل و دلایل آن

متغیر مفروض	علل وقوع						
خطای فعالیت	خطای انسانی	سیستمهای IT	سوء استفاده	کنترل	مشکل سیستمی	مشکل سازمانی	حجم فعالیت

نتیجه‌گیری:

در این مقاله سعی شد ضمن تبیین نیاز به مدیریت ریسک در موسسات مالی و بانک‌ها، رویکرد شناسایی علل وقوع خطرات برای یک فعالیت معرفی گردد. بدین منظور تحلیل شبکه بیزی و موضوعات مربوطه از جمله قضایای بیز در حد ممکن مورد بحث و بررسی قرار گرفت. بر این اساس در تحلیل شبکه بیزی این امکان وجود دارد که نگرش تحلیل‌گر و پارامترهای شبکه به طور مستمر و با توجه به مشاهدات میدانی مورد اصلاح و بهبود قرار گیرد. به واقع یکی از نقاط قوت و عمده تحلیل شبکه بیزی در این امر نهفته است و از این روش به خوبی می‌توان در زمینه مدل‌سازی ریسک‌های مختلف بانک از جمله ریسک‌های اعتباری و نقدینگی استفاده نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مؤاخذ:

1. Adusei-Poku, K. (2005). Operational Risk Management, Implementing a Bayesian Network for Foreign Exchange and Money Market Settlement, Dissertation of PhD. University of Gäottingen.
2. Condamin, L., Louisot, J.-P., & Naim, P. (2006). Risk Quantification: Measurment, Diagnosis and Hedging. John Wiley& Sons.
3. Crouhy, M., Galai, D., & Mark, R. (2001). Risk Management. McGraw-Hill.
4. Crouhy, M., Galai, D., & Mark, R. (2006). The Essentials of Risk Management. McGraw-Hill.
5. Jensen, F. V., & Nielsen, T. D. (2007). Bayesian Network and Decision Graph, Second Edition. Springer.
6. King, J. L. (2001). Operational Risk, Measurement and Modeling. John Wiley & Sons Inc.
7. Kjaerulff, U. B., & Madsen, A. L. (2008). Bayesian Networks and Influence Diagrams. Springer.
8. Korb, K. B., & Nicholson, A. E. (2004). Bayesian Artificial Intelligence. CHAPMAN & HALL/CRC.
9. Lewis, N. D. (2004). Operational Risk with Excel and VBA. John Wiley & Sons Inc.
10. Panjar, H. H. (2006). Operational Risk, Modeling Analytics. John Wiley & Sons Inc.
11. Pourret, O., Naim, P., & Marcot, B. (2008). Bayesian Networks: A Practical Guid to Applications. John Wiley and Sons.
12. Russell, S., & Norvig, P. (2006). Artificial Intelligence: A Modern Approach, Second Edition. Prentice-Hall of India.

www.SID.ir