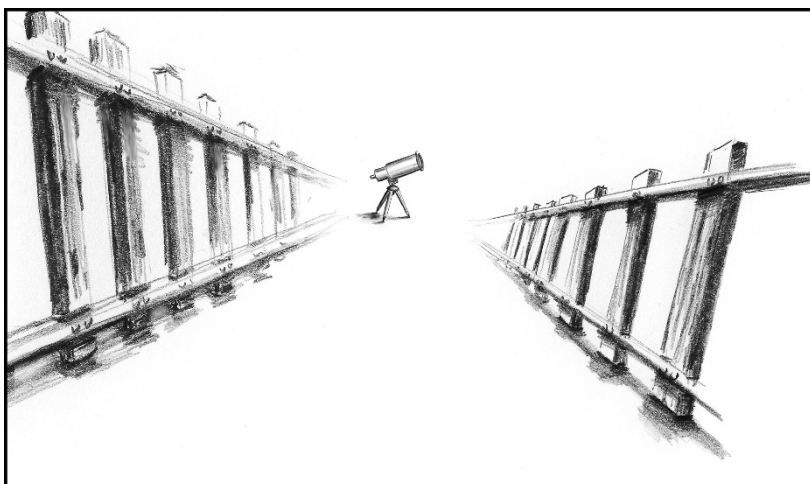


فصل هشتم

روش تأثیرات متقابل



کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می باشد.
فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

تاریخچه

تئودور گوردن^{۳۱} و هلمر^{۳۲} روش تأثیرات متقابل^{۳۳} را اولین بار به سال ۱۹۶۶ ابداع کردند این روش از این سؤال ساده به دست آمد که:

«آیا پیش‌بینی آینده می‌تواند مبتنی بر تأثیرات احتمالی و متقابل اتفاقات آینده بر یکدیگر باشد؟»

در نخستین کاربرد این روش یک بازی برای شرکت شیمیایی آلومینیوم کیسر^{۳۴} ساخته شد (۱۹۶۰) که «آینده» نام داشت. این شرکت با انتشار هزاران نسخه از بازی آینده در صدمین سالگرد تأسیس شرکت، از این بازی استفاده تبلیغاتی کرد. بازی آینده شامل کارتهایی بود که هر کدام به شرح یک آینده‌ی ساده می‌پرداخت. هر یک از این کارتها به شیوه مقایسه‌ای میزان احتمال یک رخداد را نشان می‌داد. در این بازی یک تاس بیست‌وجهی به کار می‌رفت که بر هر وجه آن عددی نوشته شده بود. هنگام کشیدن یک کارت، تاس هم انداخته می‌شد. بزرگ‌تر یا مساوی بودن عدد احتمال مندرج در کارت، نشانه قطعی بودن پیشامد موردنظر دانسته می‌شد. بر پشت هر کارت تأثیرات متقابل آن پیشامد به شرح داده شده بود. مانند این که اگر پیشامد رخ بدهد، احتمال پیشامد کارت شماره (مثلاً) دوازده، ۱۰ درصد زیاد خواهد شد. یا احتمال پیشامد کارت شماره پنجاه ۱۵ درصد کم خواهد شد و ...

^{۳۱}Theodore Gordon

^{۳۲}Olaf Helmer

^{۳۳}Cross - Impact

^{۳۴}Kaiser

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد.

فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

در پایان بازی توده‌ای از کارت‌ها به دست می‌آمد که نشان‌دهنده اتفاقات رخدادنی بود و توده‌ای دیگر نیز اتفاقات غیرممکن را نشان می‌داد. سناریو این بازی در واقع با احتساب شانس و احتمالات ازپیش‌تعیین‌شده و تأثیرات متقابل آن‌ها بر یکدیگر تدوین شده بود. در ضمن این بازی امکان وارد کردن یک گزاره دلخواه را برای بازیکنان فراهم می‌ساخت؛ مثلاً امکان سرمایه‌گذاری در یک مرکز تحقیق و توسعه. این امر بازیکنان را به اجرای یک سیاست خاص قادر می‌ساخت و به نوعی آن‌ها را ترغیب می‌کرد که با تفکر پیرامون نتایج درست تأثیرات متقابل آینده مورد نظر خود را مقدر سازند. برای نمونه بهترین راهبرد، سرمایه‌گذاری بر وقوع دومین و سومین رخدادی است که قابلیت ایجاد یک اثر متقابل دلخواه را بر رخداد مورد نظر ما داشته باشد.

گوردن و هیوارد^۵ در سال ۱۹۶۸ و در دانشگاه کالیفرنیا این روش را به صورت برنامه‌ای کامپیوتری درآوردند. احتمال‌های شرطی این برنامه مبتنی بر اثرات متقابلی با کدهای عددی از ۱۰- تا ۱۰+ بودند. اولین برنامه کامپیوتری تقریباً به بازی آینده شبیه بود. رخدادها کاملاً تصادفی انتخاب و احتمالات تأثیرات متقابل نیز تعیین می‌شد برنامه هنگامی به پایان می‌رسید که تصمیم‌گیری درباره تمام اتفاقات صورت پذیرفته باشد. سپس این فرایند با استفاده از روش مونت‌کارلو^۶ تکرار می‌شد. کاربران این روش از کامپیوتر برای ذخیره راه‌ها و تعداد سناریوهایی که هر اتفاق را شامل می‌شد، استفاده می‌کردند. این اتفاقات ممکن، برای محاسبه احتمالات نهایی رخدادهایی که تأثیرات متقابل آن‌ها از قبل معلوم بود، به کار می‌رفتند. این بازی در بسیاری از کلاس‌های درس دهه‌ی هفتاد برای حل مسائل شایع مربوط به آن دوران مثل بحران‌های شهری به کار می‌رفت.

در سال ۱۹۷۴ ترکیبی از روش‌های سناریو و تأثیرات متقابل ابداع شد. این روش، داده‌های زیر را از متخصصان دریافت و سناریوها را بر اساس تأثیرات متقابل تدوین می‌کرد:

- ایجاد شرایط ابتدایی
- رخدادهای شرطی ($A \rightarrow B$)

^۵Dayward

^۶Monte carlo

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد.
فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

• عدم رخدادهای شرطی ($A \rightarrow B$)

نظام احتمالات در گروه آینده‌نگری را برای اولین بار جان استور^{۳۷} در سال ۱۹۷۵ برای شبیه‌سازی اقتصاد اروگوئه به کار گرفت. این روش ترکیبی از روش سیستم‌های دینامیکی و نیز مدل وابسته به زمان تأثیرات متقابل است. در سال ۱۹۸۴ نیز دوکاس^{۳۸} روش دلفی و تأثیرات متقابل را تلفیق کرد. در این اواخر نیز در تحقیقات متعددی روش تأثیرات متقابل به تنهایی یا در ترکیب با سایر روش‌ها به کار رفته است. از جمله کاربردهای اخیر این روش موارد زیر است:

- تحقیقات برنت ویکرز^{۳۹} در صنعت اتومبیل اروپا.
- تحقیقات آلبرت شولر^{۴۰} در باره صنعت چوب کانادا

چگونگی تکامل این روش را می‌توان به صورت زیر جمع‌بندی کرد:

فاز ابتدایی تحقیقات: در تلاش‌های ابتدایی برای نظرسنجی درباره محاسبه تأثیرات متقابل حوادث، محققان به این نتیجه رسیدند که این روش روشی بسیار قوی برای درک و شهود آینده است.

فاز احتمالات: از روش تأثیرات متقابل برای بالابردن دقت قضاوت درباره احتمال رخ دادن یک واقعه استفاده شده است وقتی از یک متخصص می‌خواهند که درباره احتمال یک رخداد قضاوت کند، می‌تواند دو کار انجام دهد:

- امکان تأثیرات متقابل را به حساب بیاورد.
- اتفاقات را به تنهایی در نظر بگیرد.

نکته قابل ملاحظه این است که همواره فکر کردن درباره وقوع یک رخداد بر حسب

^{۳۷}John Stover

^{۳۸}Ducos

^{۳۹}Brent Vickers

^{۴۰}Albert Schuler

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد.
فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

تأثیرات متقابل دیگر وقایع راحت تر از فکر کردن به خود رخداد بدون در نظر گرفتن وقایع دیگر است. ولی در هر دو صورت این مطالب باید در تحقیق لحاظ شود:

- در نظر داشتن احتمالات ابتدایی برای همه اتفاقات
- آگاهی درباره رخداد یا رخداد ناممکن برای هر اتفاق

ارائه‌ی احتمالات شرطی‌ای که باید بنا به نظر یک کارشناس و با ملاحظه‌ی دقیق محدوده‌های مربوط به آن صورت گیرد. در فصل بعد به روش محاسبه آن‌ها خواهیم پرداخت. در نظر گرفتن این محدوده‌ها برای بالا بردن دقت قضاوت درباره احتمال رخ دادن یک واقعه ضروری است.

فاز ترکیب: روش تأثیرات متقابل می‌توانند به تنهایی یا در ترکیب با سایر روش‌ها به کار رود. در صورت ترکیب این روش با سایر روش‌ها، تأثیرات متقابل مقدمه‌ی درک آینده برای روش‌های تعیین‌کننده دیگر خواهد بود. در ضمن، روش‌های مختلف گردآوری نظرها نیز، در کنار روش تأثیرات متقابل به عنوان روشی برای تحلیل جمع آوری داده‌های گرد آمده به کار رفته اند، از جمله روش‌های دلفی، ارسال پرسش‌نامه، مصاحبه و . . .

فاز کاربرد: در سال‌های اخیر دامنه کار بر روی تأثیرات متقابل از مطالعات روش‌شناسی محض به چگونگی کاربرد این روش‌ها نیز کشیده شده است، اما همچنان سؤالاتی درباره این روش در قسمت مطالعات روش‌شناسی باقی مانده است نظیر:

- چگونه باید پرسش‌های مربوط به احتمالات شرطی را بهبود بخشید؟
- آیا این روش واقعا همگراست؟
- چگونه از داده‌های غیر منسجم متخصصان استفاده کنیم؟
- چگونه این روش را با روش‌های دیگر ترکیب کنیم؟

با این حال شکی نیست که سؤالات، تأثیرات متقابل ذهن انسان را نسبت به روابط علت و معلولی روشن می‌سازند.

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

توصیف روش

تأثیرات متقابل روشی برای تحلیل احتمال وقوع یک موضوع در یک مجموعه مورد پیش‌بینی است. احتمالات این موضوع می‌تواند با قضاوت‌هایی درباره قابلیت بالقوه تأثیر متقابل میان موضوع‌های مورد پیش‌بینی تنظیم شود. ما به تجربه می‌دانیم که بسیاری از رویدادها و پیشرفت‌ها از برخی جهات با یکدیگر مربوطند. یک رویداد مانند رویداد تولید انرژی از اولین راکتور اتمی، از رویدادهای مقدماتی علمی، فنی، سیاسی و اقتصادی منتج شده است. رویداد تولید انرژی از اولین راکتور اتمی، خود به عنوان یک رویداد مقدماتی، بسیاری از رویدادها و پیشرفت‌های پس از خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد. می‌توان گفت که برخی از رخدادها احتمال وقوع رخداد‌های دیگر را کمتر یا بیشتر می‌کند. حتی بسیاری از اتفاقات ظاهراً متفاوت و بی ربط، رخدادها و پیشرفت‌های فوق العاده‌ای را سبب می‌شوند. زیرا آن‌ها رخداد‌های دیگری را موجب می‌شوند و رخداد‌های جدید وقایع دیگری را به دنبال دارند و همین طور دامنه تأثیرات هر لحظه گسترده تر می‌شود و بر دیگر اتفاقات و پیشرفت‌ها تأثیر می‌گذارد. این ارتباط میان رخدادها را «تأثیر متقابل» می‌نامند.

نخستین گام در تحلیل تأثیرات متقابل این است که رخداد‌های مطالعه مورد نظر معلوم شوند این گام می‌تواند در موفقیت و پیشبرد مطالعه بسیار مفید باشد. البته بدیهی است که آن گروه از عواملی که ارتباطی به مجموعه رخدادها ندارند، باید به طور کلی از دور مطالعه خارج شوند. چرا که در نظر گرفتن رخداد‌های بی‌ربط می‌تواند تحلیل را بی‌دلیل دشوار کند. اگر n رخداد مورد مطالعه باشند، تعداد $n^2 - n$ برهم کنش باید مورد مطالعه قرار گیرد. با رشد تعداد رخدادها، تعداد برهم کنش‌ها با سرعت خیلی بیشتری رشد می‌کند. بیشتر مطالعات حدوداً شامل ۱۰ الی ۴۰ رخداد هستند. اگر رخدادها از هم مستقل باشند، تحلیل راحت تر انجام می‌پذیرد.

معمولاً با یک جست‌وجوی نوشتاری در زمینه مورد مطالعه، مجموعه ابتدایی رخدادها مشخص می‌شود. سپس این مجموعه ابتدایی به سه روش زیر پالایش می‌شود:

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

- ادغام چند رخداد که ارتباط نزدیکی دارند.
- حذف تعدادی از رخدادهای بی‌ربط.
- ویرایش جمله‌بندی رخدادها باقی‌مانده.

در گام اول، مجموعه رخدادها تعیین می‌شود. گام بعدی، تخمین احتمالات ابتدایی هر رخداد است. این احتمالات بیانگر شانس وقوع هر یک از رخدادها تا سال‌های آتی است. در کاربردهای ابتدایی این روش و در بعضی از کاربردهای اخیر آن، احتمال هر رخدادی با این فرض محاسبه می‌شود که دیگر رخدادها اتفاق نیفتاده باشند، و بدین وسیله احتمال وقوع یک رخداد به دست می‌آید. می‌توان برای جمع‌آوری داده‌ها از متخصصان به صورت فردی سؤال کرد، اما بهتر است که از روش‌های مشورتی‌ای چون پرسش‌نامه، دلفی، مصاحبه و گردآوری نقطه نظرهای متفاوت، احتمال این رخدادها را تخمین زد.

گام بعدی در تحلیل تأثیرات متقابل، برآورد احتمالات شرطی است. مثلاً اگر «اتفاق m رخ بدهد احتمال جدید رخداد n چقدر است؟» بنابراین در صورتی که احتمال رخداد n به‌طور عمومی ۵۰٪ تخمین زده شده باشد، اگر m روی بدهد این احتمال ممکن است به ۷۵٪ برسد. کل ماتریس تأثیرات متقابل با پاسخ این سؤال درباره هر زوج مرتبی از رخدادها پر می‌شود.

وقتی که احتمالات ابتدایی بدون فرض مستقل بودن رویدادها برآورد شدند، برخی اطلاعات ضمنی نیز به تخمین ماتریس تأثیرات متقابل وارد می‌شود. برای ترکیب هر رخداد در احتمالات شرطی، محدودیت‌هایی فرض و اعمال می‌شود، یک مثال ساده می‌تواند این محدودیت‌ها را توضیح دهد:

فرض کنید ما دو رخداد را در نظر داریم: m و n شانس روی دادن رخداد n در سال آتی ۵۰ درصد و این شانس برای m ، ۶۰ درصد است. بنابراین، به فرض به‌وجود آمدن ۱۰۰ آینده مختلف در ۵۰ تایی آن‌ها n و در ۶۰ تایی آن‌ها m رخ می‌دهد. به وضوح m و n ممکن است همزمان حداقل در ۱۰ تا از این آینده‌ها رخ دهند. در جواب به این پرسش که اگر m رخ دهد احتمال جدید n چقدر است؟ محدودیت داریم. یک احتمال شرطی

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

صفر برای $p(m/n)$ غیر ممکن است. برای مثال، اگر وقتی m رخ می‌دهد، n هم رخ ندهد آنگاه ۱۰ رخداد مرکب از رخدادهای m و n همزمان حتما رخ می‌دهد! تا وقتی که این روش، احتمالات m و n را به ترتیب ۶۰ و ۵۰ درصد فرض می‌کند یک تناقض در قضاوت‌ها وجود خواهد داشت:

یا احتمال تخمین شده برای n ، احتمال نخست ۶۰ درصدی m را به حساب نمی‌آورد یا $p(m/n)$ صفر نیست. یکی از این دو غلط است و فقط شرکت‌کنندگان در تحلیل می‌توانند تصمیم بگیرند کدام یک باید عوض شود. ممکن است آن‌ها فکر کنند که در تخمین احتمال نخست، (n) تأثیر متقابل m را به‌طور کامل به حساب نیاورده‌اند یا اینکه ممکن است آن‌ها به این نتیجه برسند که تخمین آن‌ها برای $p(m/n)$ بسیار پایین است. در هر دو مورد، آن‌ها به دلیل مطالعه تأثیرات متقابل چیزهایی درباره رخدادهای m و n آموخته‌اند. این آموزش که در طول مدت تکمیل ماتریس اتفاق می‌افتد از بزرگ‌ترین مزیت‌های یک تحلیل تأثیرات متقابل است. احتمالات مقدماتی یک رخداد می‌تواند به شکل زیر بیان شود:

$$P(1) = P(2) \cdot P(1/2) + P(2)P(1/2) \quad (1)$$

احتمال رویداد ۱ $P(1) = 1$ احتمال رویداد ۲ $P(2) = 2$ ، احتمال ۱ به شرط ۲ $P(1/2) = 2$ ، احتمال مکمل رویداد ۲ $P(2) = 2$ احتمال ۱ به شرط عدم وقوع ۲ $P(1/2) = 2$

این داده‌ها برای محاسبه $p(1/2)$ به این شکل مرتب می‌شوند:

$$p(1/2) = \frac{p(1) - p(2)^c * p(1/2)^c}{p(2)} \quad (2)$$

$P(1)$ و $P(2)$ هم اکنون موجودند (احتمالات ابتدایی تخمین زده) و $P(2)$ هم به‌سادگی برابر $P(2) - 1$ است. آنگاه $P(1/2)$ و $P(1/2)$ باقی می‌ماند با جایگذاری صفر به جای $P(1/2)$ (کمترین مقدار که می‌تواند داشته باشد) بیشترین مقدار برای $P(1/2)$ محاسبه می‌شود. بنابراین:

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

$$p(1/2) \leq \frac{p(1)}{p(2)} \quad (۳)$$

به‌طور مشابه با جایگزین ۱ به جای $P(۱/۲)$ (بزرگترین مقدار $P(۱/۲)$ کمترین مقدار $P(۱/۲)$ به دست می‌آید)

$$p(1/2) \geq \frac{p(1) - 1 + p(2)}{p(2)} \quad (۴)$$

بنابراین، محدودیت‌های موجود برای $P(۱/۲)$ به شرح زیر خواهد بود:

$$\frac{p(1) - 1 + p(2)}{p(2)} \leq p(1/2) \leq \frac{p(1)}{p(2)} \quad (۵)$$

با استفاده از رابطه (۵) ما هم اکنون می‌توانیم محدودیت‌های مثالی را که قبلاً ذکر شده محاسبه کنیم:

$$۰/۱۷ \leq P(n/m) \leq ۰/۸۳$$

$$P(n) = ۰/۵, P(m) = ۰/۶$$

پس اگر $P(n/m) = ۱$ باشد آنگاه احتمال ابتدایی n باید $۰/۶$ یا بیشتر از آن باشد.

در بعضی از کاربردهای روش تحلیل تأثیرات متقابل، احتمالات ابتدایی وقوع رویدادها در نظر گرفته می‌شوند. سپس با تصویری که متخصصان از جهان آینده و تأثیر رخدادها بر یکدیگر دارند، احتمالات شرطی رخدادها به دست می‌آید و بعد با استفاده از تحلیل تأثیر متقابل، میزان درستی و منطقی بودن قضاوت دربارهٔ احتمالات شرطی و احتمالات ابتدایی رویدادها معلوم می‌شود. همچنین، یک ماتریس از احتمالات شرطی رویدادها نشانگر آن است که چگونه تغییرات سیاست‌گذاری‌های جدید یا وقوع یک حادثه‌ی پیش‌بینی نشده می‌توانند بر احتمال وقوع یا عدم وقوع یک مجموعه از رخدادها فرضی مؤثر باشند.

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

پس از این که ماتریس تأثیرات متقابل تنظیم شد، آنگاه برای اجرای ماتریس از یک برنامه کامپیوتری استفاده می‌شود. روش اجرا به شرح زیر است: یک رویداد را به صورت اتفاقی انتخاب می‌کنیم، آنگاه یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ را تعیین و با مقایسه آن با احتمال این رویداد، درباره رخ دادن یا رخ ندادن این رویداد قضاوت می‌کنیم. آنگاه تأثیرات این رخداد یا عدم رخداد را بر دیگر رخدادهای داخل ماتریس اعمال می‌کنیم. تأثیرات با استفاده از نسبت خرده‌ها^۱ اعمال می‌شود. برای استفاده از این شیوه باید با استفاده از رابطه زیر احتمالات شرطی و ابتدایی را به خرده‌ها تبدیل کنیم.

$$(۶) \quad \text{خرده‌ها} = \frac{P}{1-P}$$

آنگاه اثر رخداد m بر رخداد n با نسبت خرده‌های m/n بر خرده‌های ابتدایی m محاسبه می‌شود. بنابراین، ماتریس احتمالات اثرات متقابل در جدول (۷-۱) باید به ماتریس خرده‌های اثرات متقابل در جدول (۷-۲) تبدیل شود. وقتی که احتمالات به خرده‌ها تبدیل می‌شود، اثرات رویداد از نسبت خرده‌های جدید به خرده‌های ابتدایی به دست می‌آید. بنابراین وقوع اتفاق ۲ باعث می‌شود که شانس رخداد ۱ از خرده‌های ۰/۳۳ به ۱/۵ برسد. حاصل نسبت خرده‌ها، اثر رخداد ۲ بر رخداد ۱ را برابر $\frac{۱/۵}{۰/۳۳} = ۴/۵$ نشان می‌دهد. جدول ۷-۳ ماتریس نسبت خرده‌های متناظر با جدول‌های ۷-۱ و ۷-۲ را نشان می‌دهد.

جدول ۷-۱

اگر این اتفاق روی دهد	احتمال ابتدایی	۱	۲	۳	۴
رویداد ۱	۰,۲۵		۰,۵۰	۰,۸۵	۰,۴۰
رویداد ۲	۰,۴۰	۰,۶۰		۰,۶۰	۰,۵۵
رویداد ۳	۰,۷۵	۰,۱۵	۰,۵۰		۰,۶۰
رویداد ۴	۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۷۰	۰,۵۵	

جدول ۷-۲

odds ratio

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

۴	۳	۲	۱	احتمال ابتدایی	اگر این اتفاق روی دهد
۰,۶۷	۵,۶۷	۱,۰۰		۰,۳۳	رویداد ۱
۱,۲۲	۱,۵		۱,۵۰	۰,۶۷	رویداد ۲
۱,۵		۱,۰۰	۰,۱۸	۳,۰۰	رویداد ۳
	۱,۲۲	۲,۳۳	۰,۳۳	۱,۰۰	رویداد ۴

جدول ۳-۷

۴	۳	۲	۱	احتمال ابتدایی	اگر این اتفاق روی دهد
۰,۶۷	۱,۹۰	۱,۵۰		۰,۳۳	رویداد ۱
۱,۲۰	۰,۵۰		۴,۵	۰,۶۷	رویداد ۲
۱,۵۰		۰,۵۵	۰,۱۸	۳,۰۰	رویداد ۳
	۰,۴۱	۳,۵۰	۱,۰۰	۱,۰۰	رویداد ۴

برای زمانی که اتفاقی رخ نمی‌دهد باید از جدول‌های مشابهی استفاده شود. به راحتی می‌توان ماتریس $P(m/n)$ را تشکیل داد و از طریق آن نیز ماتریس نسبت خرده‌های رخ ندادن‌ها را تهیه کرد. با استفاده از معادله (۱)

$$P(1) = P(2) \cdot P(1/2) + P(2)P(1/2)$$

احتمال ۱ به شرط رخ ندادن ۲ می‌تواند بر حسب مقادیر دیگر تعیین شود. نسبت خرده روی نداده‌ها هم می‌تواند دقیقاً مانند نسبت خرده رویدادها محاسبه شود.

پس از اینکه نسبت‌های خرده‌ها تعیین شدند، محاسبات شکل زیر ادامه می‌یابد:

- یک رخداد به صورت تصادفی از گروه رخدادها انتخاب می‌شود.
- یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ انتخاب می‌شود. اگر عدد تصادفی از احتمال رویداد مورد آزمایش کمتر باشد رخداد مورد نظر اتفاق افتاده فرض می‌شود و گرنه

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

می‌گویند که رخداد اتفاق نیفتاده است.

- اگر رویدادی (رویداد z) رخ بدهد خرده‌های رویدادهای دیگر بنا بر روش زیر تعیین می‌شوند:
- نسبت خرده‌های z به i * خرده‌های ابتدای i = خرده‌های جدید i
- اگر رویداد رخ ندهد، محاسبات مشابهی با جدول دوم که نسبت خرده‌های عدم رویداد z به i را نشان می‌دهد انجام می‌شود.
- گام‌های ۱ و ۲ تا جایی که تمام رویدادها برای روی دادن مورد آزمایش قرار گرفته باشند، تکرار می‌شود.
- گام‌های ۱ تا ۴ (که حاکی از یک بار اجرای ماتریس است) برای دفعات زیادی تکرار می‌شوند.
- کثرت روی دادن هر رخداد برای تمام دفعات اجرای ماتریس اثرات متقابل، تعیین‌کننده احتمال جدید آن رویداد است.

اگر احتمالات ابتدایی هر رخداد مستقل از دیگر رویدادها برآورد شده باشد، بدین معناست که تأثیرات متقابل لحاظ نشده‌اند. اما در هر صورت، احتمالات به دست آمده برای رویدادها پس از فرایند تحلیل تأثیر متقابل رابطه هر رخداد با سایر رخدادها را نیز به حساب می‌آورد. ماتریسی که به این روش به دست می‌آید، توانایی آزمایش حساسیت احتمال یک رویداد نسبت به مسایلی از قبیل: مقدمات یک رویداد جدید، روی دادن تغییر در احتمالات ابتدایی (مثلاً با سرمایه‌گذاری در مرکز تحقیق و توسعه) یا تغییرات موجود در رابطه بین رویدادها را داراست.

اگر احتمالات ابتدایی با توجه به امکان وقوع همه رویدادهای دیگر لحاظ شده باشند، آنگاه ممکن است که احتمالاتی که پس از اجرای ماتریس به دست آمده، دقیقاً شبیه به احتمالات ابتدایی باشند. در اینگونه موارد تفاوت‌هایی که میان احتمالات ابتدایی و احتمالات نهایی به چشم می‌خورد ممکن است که برآمده از تناقضات وجود در قضاوت‌ها و یا از قلم افتادگی به سبب حجم بالای ترکیب‌ها باشد.

در این مرحله، ماتریس تأثیر متقابل برای آزمون حساسیت و یا تحلیل سیاست گذاری

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد.

فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

آماده است. در آزمون حساسیت یک قضاوت خاص را انتخاب می‌کنند. (مثلاً یک احتمال شرطی یا مقدماتی تعیین شده) این قضاوت تغییر می‌کند و ماتریس مجدداً اجرا می‌شود. اگر تفاوت معنی‌دار و مهمی میان این اجرا و اجرای اصلی رخ بدهد، قضاوت تغییر یافته یک قضاوت مهم خواهد بود. بنابراین، تلاش بیشتر در راستای ایجاد آن قضاوت خاص می‌تواند سودمند باشد. همچنین اگر تفاوت معنی‌داری در اجرای جدید نسبت به اجرای اصلی رخ ندهد، آن قضاوت خاص انتخابی احتمالاً بخش بی‌اهمیت و بی‌فایده تحلیل بوده است.

آزمون سیاست با تعیین یک سیاست پیش‌بینی شده یا اعمال سیاستی که بر درایه‌های ماتریس تأثیر می‌گذارد، انجام می‌شود. آنگاه ماتریس مورد نظر برای بازتاب اثرات آنی سیاستی خاص عوض می‌شود، یعنی احتمالات مقدماتی یک یا چند رخداد عوض می‌شود. تفاوت‌ها حاصل تأثیرات سیاست اعمال شده‌اند. اغلب مواقع تأثیرات غیرمنتظره‌ای صورت می‌پذیرد. وقتی چنین شد تغییرات می‌توانند در ماتریس ردیابی شوند تا جایی که زنجیره علت و معلولی‌ای که امکان تعیین تغییرات غیرمنتظره و اثرات سیاست اعمال شده در ماتریس را داده است، شناسایی شود. با استفاده از این روش ماتریس تأثیرات متقابل مدلی می‌شود برای برهم‌کنش‌های اعمال شده، تا بتوان اثراتی این سیاست اعمال شده، ایجاد کرده است را آشکار ساخت.

یک مثال اجرایی

یک مطالعه درباره‌ی آینده صنایع شیمیایی را در نظر بگیرید. در جریان این مطالعه یک فهرست از اتفاقات مهم آینده تهیه شده است. قسمتی از آن فهرست شامل اتفاقات زیر است:

۱. افزایش استفاده از پلاستیک شش لایه در وسایل حمل و نقل و تولید آن.
۲. افزایش دخالت دولت در ساخت محصولات ابداعی به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان و کنترل آلودگی
۳. در آینده بیشتر تحقیقات شیمیایی از طریق محاسبات کامپیوتری انجام خواهد شد تا آزمایش‌های واقعی و عملی.

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

۴. صنایع شیمیایی در آینده به قدری پیشرفت خواهد کرد که صنعت نساجی به جای تولید پارچه‌های بافتنی، به تولید بیشتر پارچه‌های (غیربافتنی) سنتی خواهد پرداخت.

۵. شرکت‌های شیمیایی به این نتیجه می‌رسند که بر همان روش‌های معمولی قدیمی سرمایه‌گذاری کنند.

اولین گام برای استفاده از این رخدادها در یک تحلیل تأثیرات متقابل، تعیین احتمالات ابتدایی این رویدادهاست. متخصصان بر این عقیده‌اند که همه این رخدادها ممکن و با هم در تقابلند و احتمال رخداد آن‌ها می‌تواند مانند جدول زیر باشد:

رخداد	احتمال روی دادن تا قبل از سال ۲۰۲۰
۱	۰/۱۵
۲	۰/۲۰
۳	۰/۲۵
۴	۰/۱۰
۵	۰/۲۰

گام بعدی، تعیین احتمالات شرطی است. در این گام یک ماتریس، مشابه ۴-۷ درست می‌شود. هر خانه ماتریس جوابی برای این پرسش است که (اگر رخداد x اتفاق بیفتد، احتمال جدید در رخداد y چقدر است؟ برای مثال، اولین خانه پر شده از سطر اول ماتریس، احتمال جدید رخداد ۲ را به شرط رویداد ۱ نشان می‌دهد. در واقع، جواب پرسش «در صورت افزایش استفاده از پلاستیک شش لایه در حمل و نقل (رخداد ۱) احتمال افزایش حمایت دولت از مصرف‌کننده و کنترل آلودگی (رخداد ۲) چیست؟» آن است که «از آنجایی که افزایش استفاده از پلاستیک، نوید بخش افزایش علاقه به حمایت از مصرف‌کننده و کنترل آلودگی است، رخداد ۲ باید تا حدی محتمل‌تر از احتمال ابتدایی‌اش یعنی ۲۰٪ باشد. بنابراین، شاید بتوان گفت که احتمال جدید رویداد ۲ در صورت وقوع رویداد ۱، ۳۰٪ خواهد بود.»

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

جدول ۴-۷

اگر این اتفاق روی دهد	احتمال ابتدایی	۱	۲	۳	۴	۵
رویداد ۱	۰/۱۵		۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۱۰	۰/۱۵
رویداد ۲	۰/۲۰	۰/۱۰		۰/۳۵	۰/۰۷	۰/۴۰
رویداد ۳	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۲۰		۰/۱۵	۰/۰۵
رویداد ۴	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۲۵		۰/۱۵
رخداد ۵	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۵۰	۰/۲۰	

از آن‌جا که میزان تأثیرات این رخدادها بر هر یک از رخدادهای دیگر با تخمین تأثیر احتمالات ابتدایی تعیین شده‌اند و بنا به آنچه در بخش قبل آوردیم، درستی این احتمالات باید از طریق مقایسه با احتمالات ابتدایی سنجیده شود. با استفاده از معادله ۵ و احتمالات رخدادهای ۱ و ۲ نتیجه می‌شود که محدودیت‌های موجود در احتمال شرطی $P(2/1)$ صفر و ۱ است. بنابراین، قضاوت $P(2/1) = 0/30$ اشکال خاصی ندارد.

بقیه‌ی ماتریس نیز همین‌طور کامل می‌شود. کار بعدی آزمایش تشخیص سیاست یا آزمایش حساسیت است که باید از طریق ماتریس اجرا کرد. در این مورد، ما شاید بخواهیم تأثیرات وارد بر سایر رویدادها را در صورت وقوع رویداد ۳ بدانیم. بنابراین، باید یک آزمایش با تخصیص $P(3)=1$ و اجرای دوباره ماتریس انجام شود. جدول آزمایش حساسیت برای رخداد ۳ به شرح زیر است:

جدول ۵-۷ تست حساسیت برای رخداد ۳

تغییرات	احتمال نهایی	احتمال مورد آزمایش	احتمال ابتدایی	رخداد
-۰,۱	۰,۱۴	۰,۱۵	۰,۱۵	۱
۰,۰۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۲
۰,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۲۵	۳
۰,۰۲	۰,۱۲	۰,۱۰	۰,۱۰	۴
-۰,۰۷	۰,۱۳	۰,۲۰	۰,۲۰	۵

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

آزمایش دیگری نیز برای آزمایش حساسیت رویدادها نسبت به رویداد ۲ انجام می‌شود. جدول ۶-۷ نمایشی از این آزمایش حساسیت است. بنابراین، اگر رخداد ۲ اتفاق بیفتد، پیامد اصلی باید افزایش احتمال وقوع رخداد ۵ از ۲۰٪ به ۲۹٪ باشد. در نتیجه ما به سناریوی کوچک دست خواهیم یافت.

جدول ۶-۷ تست حساسیت برای رخداد ۳

تغییرات	احتمال نهایی	احتمال مورد آزمایش	احتمال ابتدایی	رخداد
-۰,۰۲	۰,۱۳	۰,۱۵	۰,۱۵	۱
۰,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۲۰	۲
۰,۰۵	۰,۳	۰,۲۵	۰,۲۵	۳
-۰,۰۱	۰,۰۹	۰,۱۰	۰,۱۰	۴
۰,۰۹	۰,۲۹	۰,۲۰	۰,۲۰	۵

نقاط ضعف و قوت

روش تأثیرات متقابل معطوف به زنجیره‌های علت و معلولی است: X بر Y تأثیر می‌گذارد، Y بر Z و غیره. اگر ورودی ماتریس تأثیرات متقابل بیرون از محدوده احتمالات قابل قبول باشد، یا نتیجه اجرای آن تعجب آور باشد، در این صورت محقق مجبور است که به تجدید نظر درباره واقعیت مورد انتظار بپردازد.

این روش، مشابه سایر روش‌های شبیه سازی است. با این وجود، ممکن است که جمع‌آوری اطلاعات کار دشواری باشد. یک ماتریس 10×10 نیاز به ۹۰ قضاوت درباره احتمالات شرطی دارد و یک ماتریس 40×50 با ۱۵۶۰ قضاوت شکل می‌گیرد. لذا احتمال سردرگمی و حیرانی پیش از پایان کار زیاد است.

به‌علاوه، این روش در برخی موارد و بعضی کاربردها احتمالات شرطی را دقیق تر از تخمین‌های احتمال اولیه در نظر می‌گیرد که البته این فرض اثبات نشده است. کاربران برای استفاده از این روش معمولاً با یکدیگر توافق زیادی ندارند. کاربرد روش تحلیل

کلیه حقوق این کتاب متعلق به بنیاد توسعه فردا بوده و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع آزاد می‌باشد. فایل الکترونیکی کتاب از سایت بنیاد به نشانی: www.farda.ir قابل دریافت است.

تأثیر متقابل در مدل‌های دیگر معمولاً باعث افزایش قدرت آن مدل می‌شود. زیرا رویدادهای خارجی آینده را که ممکن است تا حدی سبب تغییر ساختار آن مدل شوند، در معرض دید آن مدل قرار می‌دهد. این ترکیب‌ها ابزاری برای آزمون حساسیت نسبت به تغییر احتمالات وقایع آینده و تحلیل سیاست‌ها به دست می‌دهد. به همین دلیل این بحث برای مطالعات برنامه‌ریزی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

مدل‌های جدید روش تأثیر متقابل

از وقتی که تحلیل تأثیر متقابل به عنوان یک روش مستقل مطرح شد، کاربردهای بسیاری برای این روش پیدا شده و گاه در قالب یک بازی و گاه با استفاده از یک روش کامپیوتری مونت کارلو در ترکیب با سایر شیوه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. نکته جالب توجه، ترکیب این روش با مدل‌سازی (شبیه‌سازی) است. استفاده از این روش در روش بازی‌ها نیز بسیار جالب و بااهمیت است و در آینده امکان رشد فراوانی دارد.

هنوز هم باید بر روی روش‌هایی که متخصصان به وسیله آن‌ها دربارهٔ احتمالات قضاوت می‌کنند، تحقیق بیشتری صورت گیرد. روش تحلیل تأثیرات متقابل مبتنی بر قضاوت درباره احتمالات شرطی است، یکی از مسایلی که می‌توان درباره آن تحقیق کرد، این است که آیا می‌توان به‌نحوی آسان‌تر و دقیق‌تر به این قضاوت‌ها دست یافت؟

مطالعه‌ی تأثیرات متقابل بر تعامل میان دو رویداد متمرکز می‌شود، ولی در دنیای واقعی ممکن است این تعامل فقط شامل دو رویداد نباشد بلکه شامل رویدادهای سه گانه یا بیشتر باشد. در صورت مواجهه با چنین تعامل‌هایی، پیچیدگی این مجموعه قضاوت‌ها رشد نگران‌کننده‌ای خواهد داشت.