سناریونویسی به روش درخت احتمالات

احمد برومند[۱،۳]، علی اصغر عباسی[۲،۳،*]، محسن بهرامی[۳]

مشخصات نویسنده اول

تهران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، aborumandk70@yahoo.com

مشخصات نویسنده دوم

فارس، شیراز، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، aa.abbasi@ymail.com

مشخصات نویسنده سوم

تهران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، mbahrami@aut.ac.ir

Archive of SID

چکیده

یکی از روش‌های سناریونویسی برای آینده، درخت احتمالات (درخت سناریو) می‌باشد که زیر مجموعه خانواده بزرگ‌تری از روش‌های سناریونویسی به نام توالی رویدادهاست. منطق توالی رویدادها در برقراری ارتباط با سناریوها در این است که همان‌طور که رویدادهایی از گذشته به‌صورت زنجیره وار اتفاق افتاده و به لحظه کنونی (نقطه کنونی) رسیده است برای شکل‌گیری آینده نیز نیازمند به توالی رویدادهای (احتمالی) بعدی خواهیم بود. از همین طریق برای رسیدن به تصورات و وضعیت آینده، درختی با شاخ و برگ‌های مبتنی بر مسیر رویدادی شکل می‌گیرد که هر مسیر از نقطه وضع کنونی تا آخرین شاخه (به اصطلاح برگ)، یک سناریو را تعریف می‌کند. این روش بیشتر در حوزه مدیریت، ارزیابی ریسک و مدیریت استراتژیک خود را نشان داده و استفاده آن در حوزه آینده‌پژوهی امری نسبتا جدیدتر با مزایا و معایب خاص خود است. ممتازترین ویژگی این روش آن است که یک تصویر کلی همراه با درجه‌های احتمال وقوع در یک طرح کلی به مدیران و کارشناسان ارایه می‌کند. در این مقاله سعی شده است که به مفاهیم اولیه و روش شکل‌گیری یک درخت احتمالی به‌صورت کیفی و کمی برای کمک به سناریونویسی آینده پرداخته شود.

واژه‌های کلیدی: درخت احتمالات، درخت سناریو، سناریونویسی، آینده‌پژوهی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آینده پژوهی، دانشکده مدیریت، علم و فناوری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲ و *- نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آینده پژوهی، دانشکده مدیریت، علم و فناوری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- دانشگاه صنعتی امیرکبیر، پژوهشکده مطالعات آینده

www.SID.ir

۱- مقدمه

سناریونویسی پر کاربردترین ابزار آینده‌پژوهی است، برای نوشتن یک سناریو روش‌های گوناگون و متعددی وجود دارد، بیشاپ و همکارانش در سال ۲۰۰۷ مقاله‌ای در باب سناریونویسی نگاشته اند، آنها دراین مقاله پر ارجاع، انواع روش‌های سناریونویسی را به هشت گروه تقسیم کرده‌اند: ۱. قضاوتی[1] ۲. پایه‌ای[2] ۳. بسط سناریوهای ثابت[3] ۴. توالی رویدادها[4] ۵. پس‌نگری[5] ۶. ابعاد عدم قطعیت[6] ۷. تحلیل اثر متقارن[7] ۸. مدلسازی سیستم‌ها[8]. توالی رویدادها شامل روش‌های درخت احتمالات[9]، دیدگاه اجتماعی[10] و نگاشت واگرایی[11] می‌باشد. دراین مقاله مراحل انجام روش درخت احتمالات شرح داده می‌شود.

اغلب مردم به گذشته مانند یک سری از وقایع نگاه می‌کنند، بنابراین می‌توانیم به آینده هم این چنین بنگریم، تنها تفاوت این خواهد بود که نمی‌دانیم کدام وقایع اتفاق خواهند افتاد و کدام یک حادث نخواهند شد. بنابراین هر رویداد یک احتمال رخداد خواهد داشت. اگر یک رویداد بالقوه اتفاق بیفتد، آینده به یک سمت مشخص خواهد رفت، اگر نه به سمتی دیگر. شاخه‌های آینده در هر یک از آن نقاط به این بستگی خواهد داشت که آن رویداد اتفاق خواهد افتاد یا خیر. اگر تعدادی از آن شاخه‌ها را با هم یکی کنیم، یک درخت احتمال خواهیم داشت. دو نوع تغییرات در درخت احتمالات کشف شده اند: نوع اول از شاخه‌ها برای ساختن زمینه سناریو استفاده می‌کند و روش دوم بعد از توسعه رویدادها، توالی را می‌سازد. درخت احتمالات ظاهری شبیه درخت تصمیم دارد با این تفاوت که شاخه‌ها در درخت تصمیم نمایانگر چیزی که می‌تواند اتفاق بیفتد نیستند، آنها نمایانگر تصمیماتی هستند که در هر شاخه خواهیم گرفت. درخت بسته به مسیر به آینده‌های مختلفی منتهی خواهد شد. و اگر احتمال هر شاخه را بدانیم، می‌توانیم احتمال رسیدن به وضعیت نهایی را با ضرب احتمالات شاخه‌هایی که در مسیر اتفاق افتادند حساب کنیم. از آنجایی که حداقل یکی از آن احتمالات اتفاق خواهد افتاد، مجموع آن احتمالات صد در صد خواهد شد (کوالیو و الیور، ۱۹۹۵، بکلی و دودلی، ۱۹۹۹، بیشاپ و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول (۱) ویژگی‌های کلی روش درخت احتمالات (بیشاپ و همکاران، ۲۰۰۷)

	روش درخت احتمالات
نقطه شروع	شاخه کردن عدم قطعیت یا نقاط انتخاب
فرایند	ترتیبی، اختصاص دادن احتمالات
محصول	احتمال وضعیت‌های نهایی
پایه	کمی
چشم انداز	رو به جلو
قابلیت استفاده گروهی	اختیاری
استفاده از رایانه	اختیاری
مزایا	هنگامی‌که احتمالات هر شاخه شناخته شده باشند، داستان را مانند یک سری از رویدادها و به روش معمول بیان می‌کند، همچنین قابلیت محاسبه احتمال وضعیت نهایی را داراست
معایب	درخت احتمالات، دیدگاه اجتماعی – وقایع / نقاط شاخه معمولا یکدیگر را با ترتیب ثابتی دنبال نمی‌کنند

[1] Judgment
[2] Baseline
[3] Elaboration of Fixed Scenarios
[4] Event Sequences
[5] Backcasting
[6] Dimensions of Uncertainty
[7] Cross-Impact Analysis
[8] Systems Modeling
[9] Probability Trees
[10] Sociovision
[11] Divergence Mapping

Archive of SID
www.SID.ir

۲- سناریونویسی به روش درخت احتمالات

در ابتدا برای شروع سناریو نویسی و سیر تکاملی آن باید هدف از سناریو نویسی مشخص شود (شاید به‌صورت سوال) تا موضوع آینده مورد بررسی و تحقیق مبرهن باشد. بعد از مشخص شدن سوال تحقیق در مورد آینده، نیازمند به تبیین افق زمانی برای سناریونویسی می‌باشیم تا در طی این افق، متغیرها و فاکتورهای کلیدی موثر در موضوع، برای تکمیل سیر سناریو طبق نظریه خبرگان و کارشناسان و مطالعات میدانی از نوع پرسشنامه‌ها گرفته تا تحقیق‌های حرفه‌ای و آزمایشگاهی به‌دست آیند. فضا باید به گونه‌ای باشد که از هر طریق علمی فاکتورهای کلیدی به متغیرهایی از نوع صفر و یک یا بازه‌ای تبدیل شوند تا بتوانند به انشعاب شاخه‌ها کمک کنند و حالات مختلفی را از یک وضعیت نشان دهند. بعد از مشخص شدن متغیرها و همچنین اولویت‌های آنان در شکل‌گیری توالی درخت سناریو مرحله محاسبات احتمالی جهت مشخص شدن درصد احتمالات وقوع هر سناریو انجام خواهد پذیرفت.

در آغاز باید شاخه‌های انشعابی از گره یا نقطه[1] ریشه ای (گره ابتدایی یا وضع کنونی) را مشخص کنیم. گره‌ها و شاخه‌های جدید توسط دو رویکرد ساخته می‌شوند: پنل‌های تخصصی[2] شامل نظرات، مطالعات، پرسش‌نامه، مصاحبه و غیره (آنها همچنین ماهیت و کیفیت شاخه‌ها را مشخص می‌کنند)، رویکرد دوم مشابه روش کمی برای محاسبه متغیرهاست. دراین رویکرد، شاخه می‌تواند توسط یک یا چند متغیر تصادفی ایجاد گردد.

برای رویکرد دوم، ابتدا مفاهیم احتمال مرور می شود:

هنگامی که با توجه به چشم اندازها نیاز به سناریونویسی و تکمیل سیر آنان هستیم، چهار قضیه احتمالی پایه وجود خواهند داشت:

I. قضیه ضرب

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B|A) \quad (۱)$$

$$P(A \cap B \cap C \cap D) = P(A) \times P(B) \times P(C) \times P(D) \quad (۲)$$

احتمال اینکه دو نتیجه به ترتیب اتفاق بیفتند، یا احتمال اینکه وقایع غیر وابسته گوناگونی هم زمان اتفاق بیفتند، برابر است با ضرب احتمال تک تک آنها.

II. قضیه جمع

$$P = P(A) + P(B) \quad (۳)$$

$$P = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \quad (۴)$$

با داشتن رخداد رویدادهای دو به دو متمایز، احتمال رخداد حداقل یک رویداد برابر است با جمع احتمال هر رویداد، و احتمال اینکه خروجی الف و یا خروجی ب اتفاق بیفتد برابر است با احتمال الف به علاوه احتمال ب منهای احتمال الف و ب با هم.

III. قضیه ترکیب

$$(1 - P) = [1 - P(A)] \times [1 - P(B)] \quad (۵)$$

احتمال یک یا چندین رویداد مستقل می‌تواند توسط محاسبه ریسکی که هیچ یک از رویدادها اتفاق نیفتند تخمین زده شود. این قضیه زمانی استفاده می‌شود که وابستگی میان رویدادها و حوزه‌ها وجود داشته باشد.

1 Node
2 Expert Panels

Archive of SID
www.SID.ir

IV. قضیه بیز[1]

$$P(B|A) = \frac{P(B,A)}{P(A)} = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)} \quad (۶)$$

قضیه بیز احتمالات شرطی و مرزی رویدادهای الف و ب را توضیح می‌دهد. احتمال شرطی که رویداد ب با فرض معلوم بودن رخداد رویداد الف، برابر است با اشتراک احتمال رخداد الف و ب، تقسیم بر احتمال مرزی رخداد الف.

$$P(B_i|A) = \frac{P(A|B)P(B_i)}{\sum_{j=1}^{n}(A|B_j)P(B_j)} \quad (۷)$$

به شرط $i \neq j; S = B_1 \cup B_2 \cup \dots B_n\ ;\ B_1 \cap B_j$، جایی که دانسته پیشین ما از شرایط بر مقدار احتمال تاثیر می‌گذارد. y به یک رویداد تخصیص داده می‌شود. از فرمول برای اصلاح احتمالات بر پایه اطلاعات اضافی اگر موجود باشد استفاده می‌شود.

تاکید می‌شود که به منظور محاسبه صحیح احتمالات، در نخستین گام مستقل یا وابسته بودن شاخه نسبت به یکدیگر را در نظر داشته باشید (صالح و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۱- استفاده از متغیرهای مستقل

برای روش وابسته، متغیرهای زیر را تعریف می‌کنیم:

T: تعداد مراحل (با t, t', t'' نشان داده می‌شود)

S: تعداد سناریوها (با s نشان داده می‌شود)

P_s: احتمال رخداد بی قید و شرط سناریو s ام

ξ_t : رویداد تصادفی در مرحله t ام

N_t: تعداد گره‌ها در مرحله t ام درخت سناریو (با n نشان داده می‌شود)

node(t,n): گره n ام در مرحله t ام

ξ_{tn}: n امین مقدار مشخص شده ξ_t در گره (t,n)

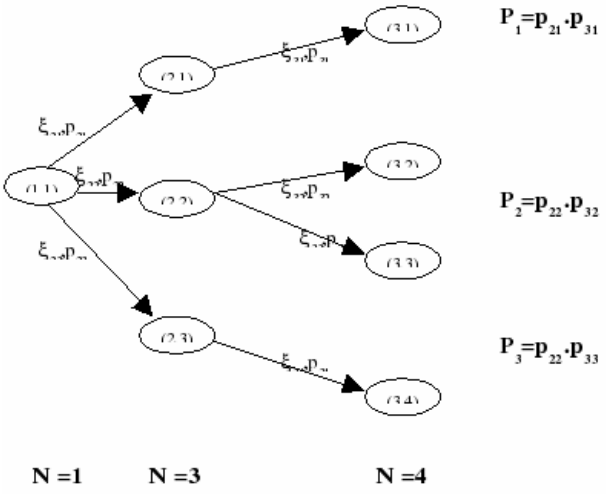
p_{tn}: احتمال شرطی رخداد n امین تحقق ξ_t در گره (t,n)

P_{tn}: احتمال غیر شرطی رخداد n امین تحقق ξ_t در گره (t,n)

ξ_t یک متغیر تصادفی است که می‌تواند مقادیر مختلف با احتمال‌های مختلفی به خود بگیرد. اگر هر یک از ξ_t ها بتوانند گسسته باشند، مقادیر تحقق ξ_t درخت سناریو را شکل می‌دهند. یک مثال از درخت سناریو با T (تعداد مراحل) برابر با ۳ و S (تعداد سناریوها) برابر با ۴ در شکل ۱ یک درخت سناریو سه مرحله‌ای را نشان می‌دهند.

[1] Bayes' Theorem

Archive of SID
www.SID.ir



شکل (۱) درخت سناریو سه مرحله‌ای

در مرحله t ام، N_t گره وجود خواهد داشت. برای هر مرحله از ۲ تا T، هر ξ_t ، N_t نتیجه خواهد داشت $(\xi_{t1}$ w.p. $p_t,1,\xi_{t2}$ w.p. $p_t,2,...\xi_t$ w.p. $p_t,N_t)$، که در آن p_{tn}، احتمال شرطی برخورد با گره n ام در مرحله t ام از گره مولد در مرحله t-1 می‌باشد. تحقق $\xi_2, \xi_3,...,\xi_T$ برابر است با سناریوها (راه‌ها در درخت). برای هر مرحله t و هر گره n در همان مرحله، گره یک احتمال غیرشرطی P_{tn} دیده شدن دارد که برابر است با ضرب احتمالات شرطی مسیر در گره‌های همان مسیر. به همان ترتیب هر سناریو s یک احتمال سناریو P_s دارد که برابر است با ضرب احتمالات شرطی مسیر در خود آن سناریو. مشاهدات زیر می‌توانند در مورد درخت سناریو انجام شوند:

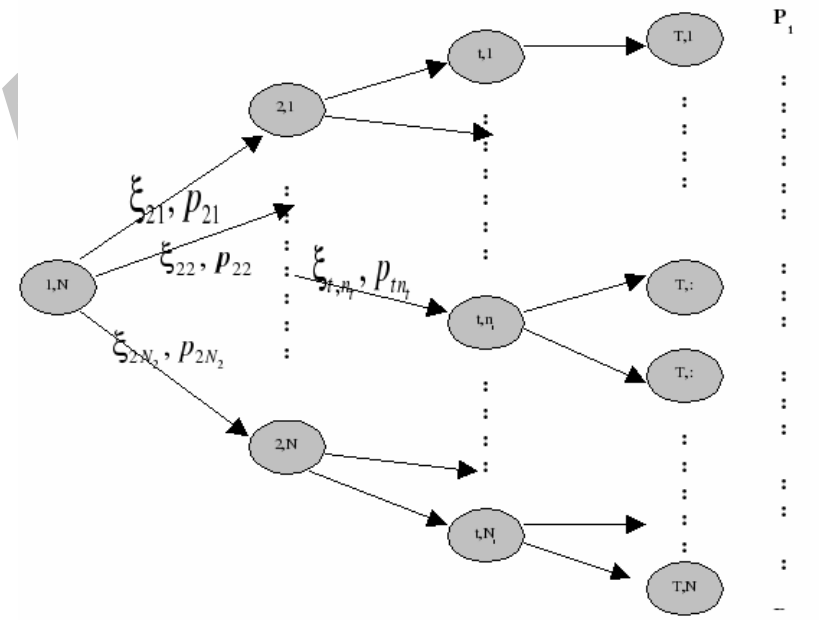
$$\sum_{n':Node(t+1,n')\in Children(Node(t,n))} P_{t+1,n'} = 1 \ \forall n \in \{1,\dots,N_t\}, t \in \{1,\dots,T-1\} \quad (۸)$$

$$P_m = \prod_{(t',n'):Node(t',n')\in pathto\ Node(t,n)}^{(t,n)} P_{tn} \quad \forall n \in \{1,\dots,N_t\}, t \in \{2,\dots,T\} \quad (۹)$$

$$\sum_{n=1}^{N_t} P_{tn} = 1 \quad \forall t \in \{2,\dots,T\} \quad (۱۰)$$

$$P_s = \prod_{(t,n):Node(t,n)\in path\ to\ scenario\ s} P_{tn} \quad \forall s \in \{1,\dots,S\} \quad (۱۱)$$

$$\sum_{s=1}^{S} P_s = 1 \quad (۱۲)$$



شکل (۲) درخت سناریو چند مرحله‌ای

www.SID.ir

جایی که،

T: تعداد مراحل

S: تعداد سناریوها

N_t: تعداد گره‌ها در مرحله t $(N_1=1, N_T=S)$

P_s: احتمال سناریو s، به شرطی که $\sum P_s = 1$

$\xi_{t,} n_t$: مقدار فرضی متغیر تصادفی ξ_t در گره (t,nt)

P_{t,n_t}: احتمال شرطی رخداد رویداد $\xi_{t,} n_t$ (در گره (t,n_t))

۲-۱-۲- درخت کامل[1]

اگر تمام متغیرهای تصادفی در مدل مستقل باشند، پس می‌توان ابتدا توزیع گسسته آنها را مشخص کرد و سپس درخت را به صورت زیرایجاد نمود:

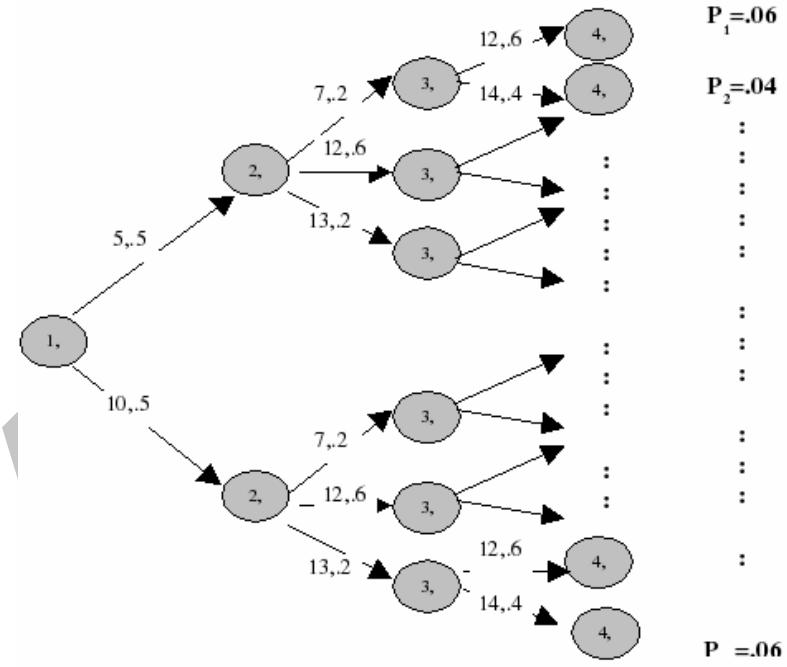
با فرض‌اینکه T برابر با ۴ باشد

توزیع تقاضای ۲ در مرحله دوم برابر است با {5 w.p 0.5, 10 w.p 0.5}

توزیع تقاضای ۳ در مرحله سوم برابر است با {7 w.p 0.2, 12 w.p 0.6, 13 w.p 0.2}

توزیع تقاضای ۴ در مرحله چهارم برابر است با {12 w.p 0.6, 14 w.p 0.4}

این شرایط یک درخت با دو شاخه از گره‌های مرحله اول، سه شاخه از گره‌های مرحله دوم و دو شاخه از گره‌های مرحله سوم‌ایجاد خواهد کرد که حاکی ازایجاد ۲*۳*۲=۱۲ سناریو خواهد بود.



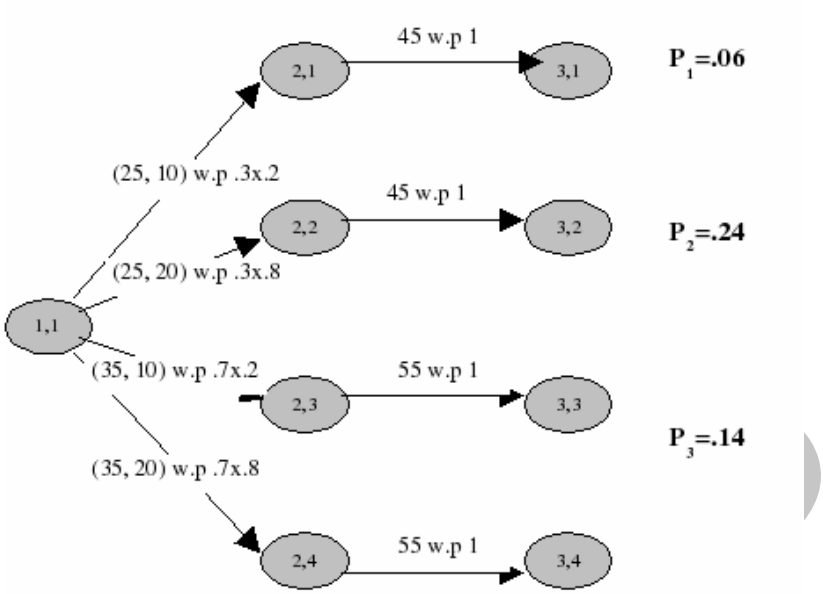
شکل (۳) درخت سناریو کامل

توجه داشته باشید که در درخت کامل، با افزایش در تعداد متغیرها اندازه درخت سناریو به سرعت افزایش پیدا می‌کند. اگر در مثالی که در بالا آورده شده است، یک متغیر تصادفی دیگر اضافه کنیم مثلا قیمت t، با قیمت۲، قیمت۳ و قیمت۴ با فرض‌اینکه مقادیر گسسته ۳ ، ۲ و ۲ به ترتیب در دومین، سومین و چهارمین مرحله باشند، آنگاه تعداد سناریوها (2*3)*(3*2)*(2*2)=144 خواهد بود.

[1] Exhaustive Tree

www.SID.ir

درخت کامل زیر ساخته شده است:



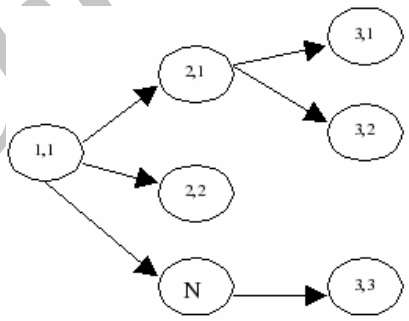
شکل (۴) درخت سناریو کامل با چند متغیر تصادفی توزیع شده به صورت مشترک

۲-۱-۳- درخت متقارن[1]

کاربران ممکن است بخواهند درخت‌های متقارن بسازند به این معنی که یک درخت با سه شاخه از هر گره در هر مرحله. کاربران باید در مرحله بعد مقادیر درک شده و شروط یا احتمالات سناریو را مشخص کنند. این درختی با دو شاخه از گره مرحله اول، سه شاخه از هر گره در مرحله دوم و دو شاخه از هر گره در مرحله سوم خواهد بود.

۲-۱-۴- درخت با مراحل تله‌ای[2]

یک درخت با مرحله تله‌ای تشکیل شده است از حداق یک مسیر که لزوما در مرحله آخر به پایان نمی‌رسد. یک مثال از چنین درختی در شکل ۵ نشان داده شده است:



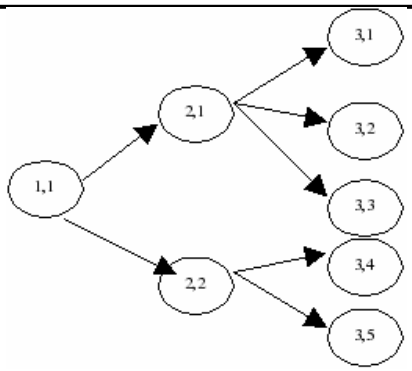
شکل (۵) درخت سناریو با مرحله تله

۲-۱-۵- تجمع سناریوها

این روش از چند روال مانند تجمع و حذف سناریوها پشتیبانی می‌کند. در یک درخت، تمامی‌سناریوهایی را که از یک گره ریشه‌ای (پیشین مشترک) ناشی شده‌اند، می‌توان به یک سناریوی تجمعی تبدیل کرد. درخت سناریو زیر را در نظر بگیرید:

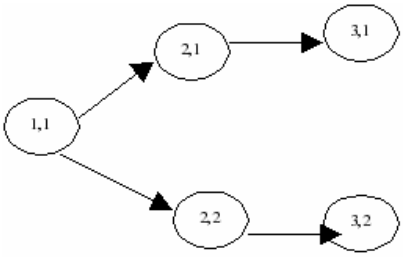
[1] Symmetric Tree
[2] Tree with trap stages

www.SID.ir



شکل (۶) درخت سناریوی تجمیع شده – سناریوی یک تا سه

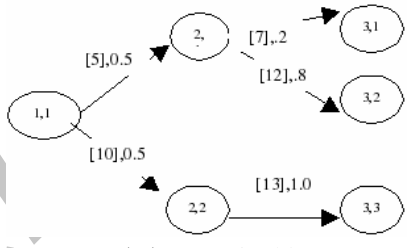
از این رو، به منظور تجمیع سناریوهای ۱ تا ۳ و سناریوهای ۴ تا ۵ که در درخت اصلی شکل به طور جداگانه نشان داده شده، مانند شکل ۲.۷ عمل کردیم. نتیجه کار در درخت زیر مشاهده می‌شود:



شکل (۷) درخت سناریوهای تجمیع شده – سناریوهای ۱ تا ۳ و ۴ تا ۵

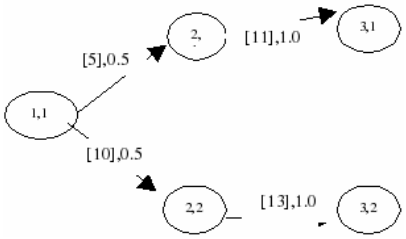
به‌طور مشابه سناریوهای ۱ تا ۵ می‌تواند به یک در خت تک سناریو تبدیل شود.

۲-۱-۶- احتمالات تجمیع شده



شکل (۸) درخت اصلی

اگر سناریوهای ۱ تا ۲ در درخت بالا با هم تجمیع شوند ، آنگاه مقادیر عددی و احتمالی به‌صورت زیر تبدیل خواهد شد:



شکل (۹) مقادیر تجمیع شده (دراینجا 11 = 8. ۰ 12 + 2. ۰ 7 (با احتمال یک))

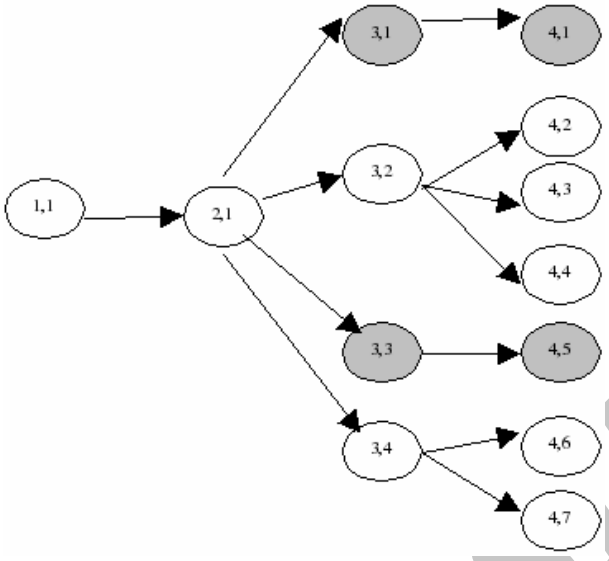
احتمال سناریوهای تجمیع شده برابر با مجموع احتمالات هر یک از سناریوهای پیشین است.

حالت دیگری هم نیز وجود دارد که بخواهیم فقط سناریوهای منتخبی[1] (آن‌هایی که مثلا در حیطه تصمیم‌گیری از یک نوع هستند یا در ویژگی خاصی مشترک هستند) را با هم تجمیع کنیم. این امر زمانی امکان‌پذیر خواهد بود که علاوه بر

[1] اما باز هم باید در نقطه پیشین مشترک باشند، یعنی نقطه ریشه‌ای آنها یکی باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

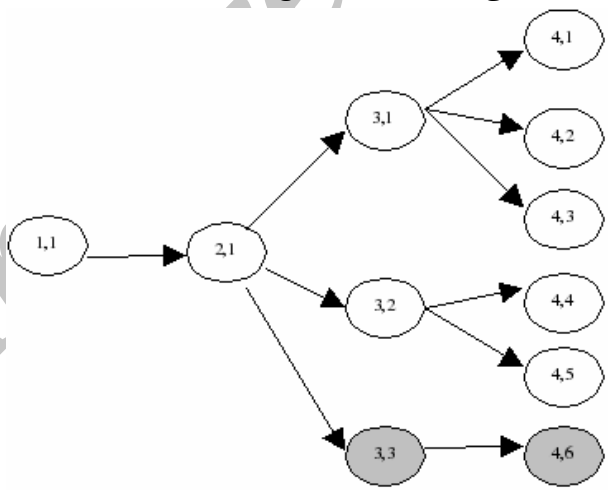
اشتراک نقطه ریشه‌ای خود سناریوهای انتخابی، باید هم‌نژاد[1] یک دیگر نیز باشند. این به این معنی است که سناریوهای بعد نقطه ریشه‌ای در یک مرحله یکسان با هم تجمیع شود. در مثال زیر به نحو بهتری مفهوم مشخص می‌شود:



شکل (۱۰) درخت سناریو ۴ مرحله‌ای

در درخت سناریوی نشان داده شده در شکل ۲.۱۰، سناریوهای ۱ تا ۵ می‌توانند با هم تجمیع شوند. دلیل آن نیز نقطه‌های (۳،۱)، (۳،۳) ،(۴،۱) و (۴،۵) قرار داده شده بعد از نقطه ریشه‌ای (۲،۱) می‌باشد ضمن‌اینکه این نقاط هم نژاد نیز می‌باشند.

دراین حالت، گره‌هایی که برای تجمیع انتخاب شده‌اند در نهایت حذف می‌شوند. شاخه جدید تجمیعی مربوط به سناریوهای جمع‌آوری شده به عنوان آخرین شاخه از گره ریشه‌ای مشترک شناخته می‌شود، و بدین ترتیب تعداد گره‌های درخت به روز می‌شود. درخت سناریو تجمعی در مثال فوق به شرح زیر است:



شکل (۱۱) درخت تجمیع شده (وب سایت موسسه محاسبات برزیل)

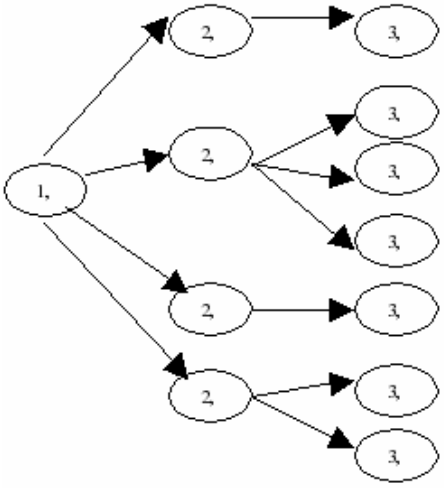
۲-۱-۷- حذف سناریوها

کاربران می‌توانند بنا بر اقتضای شرایط و کار خود به حذف سناریوها بپردازند. دراین مورد، احتمالات باقی سناریوها مجدد نرمال‌سازی می‌شوند. در واقع احتمال هر یک از سناریوهای باقیمانده تقسیم بر عدد (یک منهای احتمال سناریوی حذف شده) می‌شود.

[1] Siblings

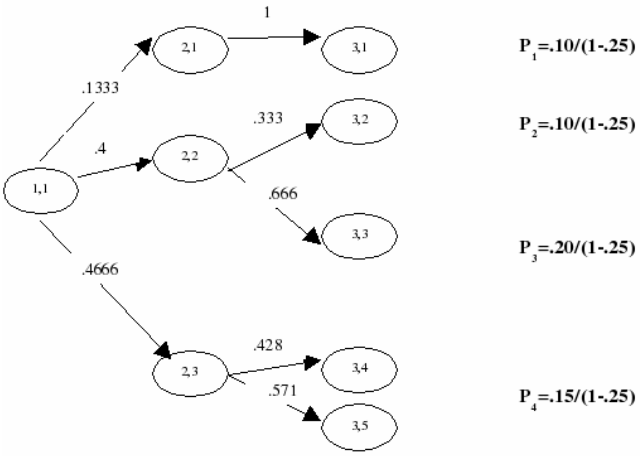
www.SID.ir

بااین تفاسیر می‌توان یک سری از سناریوها را حذف کرد و مجددا تمامی‌احتمالات با قیمانده از طریق آنچه که گفته شد، نرمال‌سازی و به روز می‌شوند. دراین مرحله در مخرج تقسیم بجای تقریق احتمال تک سناریو حذف شده از عدد یک، مجموع احتمالات سناریوهای حذف شده از عدد یک تفریق می‌شود. در مثال‌های زیر مفاهیم گویاتر می‌باشند:



شکل (۱۲) درخت سناریوی سه مرحله‌ای

اگر سناریوهای ۳ تا ۵ حذف شوند، نتیجه درخت سناریوها به شکل زیر خواهد شد:

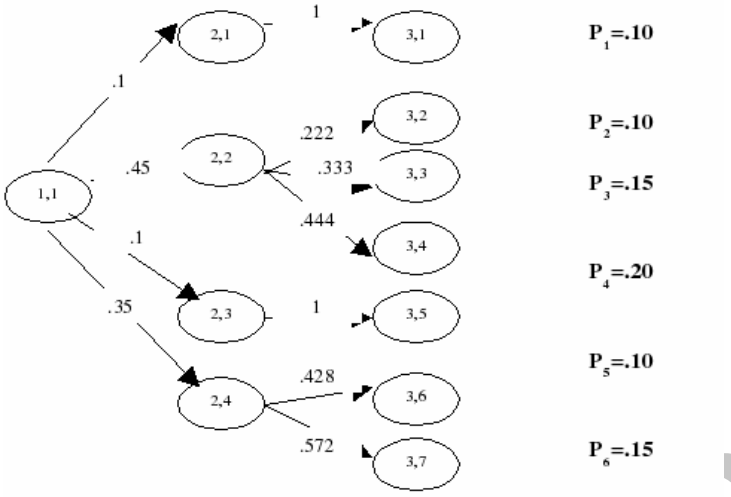


شکل (۱۳) درخت سناریوی سه مرحله‌ای بعد از هرس کردن

۲-۱-۷-۱ احتمالات در حذف سناریوها

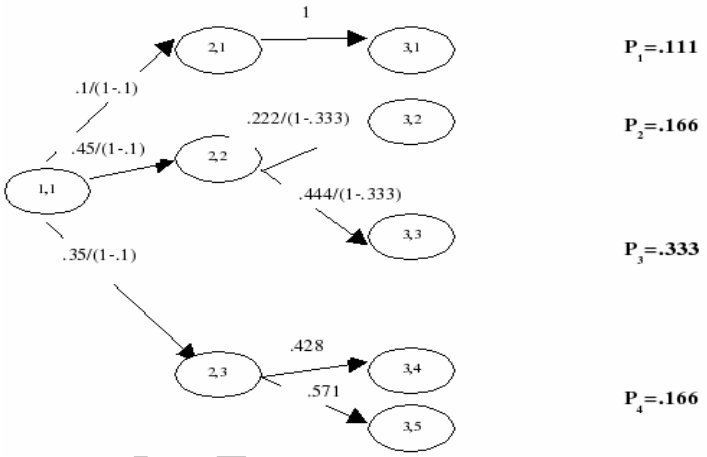
عملیات حذف مشابه حالت قبلی است بااین تفاوت که نرمال سازی مجدد احتمالات بر پایه احتمالات شرطی نقاطی که با سناریوهای حذف شده ارتباط دارند، می‌باشد. در مثال زیر به بیان حذف مجموعه‌ای از سناریوها می‌پردازیم:

www.SID.ir



شکل (۱۴) درخت سناریو سه مرحله‌ای

اگر سناریوهای ۳ و ۵ حذف شوند (درخت، کاهش سناریو یابد)، آنگاه درخت به شکل زیر تغییر می‌یابد و احتمالات جدید محاسبه می‌شوند: (گروو-کویکا و همکاران، ۲۰۰۳)



شکل (۱۵) درخت سناریوی هرس شده (کاهش یافته)

۲-۲- استفاده از متغیرهای وابسته

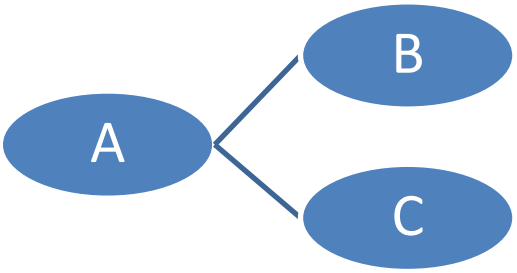
هنگامی‌که در حال سناریونویسی و پیشرفت سناریوها به‌صورت گام به گام به روش درخت احتمالات هستیم، اگر متغیرها با هم یا برخی از آنان دو به دو با توجه به مرحله بعدی وابسته به هم باشند[۱]، دو نوع روش پیش رو خواهیم داشت که بنا بر اقتضا و ویژگی‌های متغیرها باید انتخاب کرد:

در روش اول که روشی از نوع استفاده از پنل خبرگانیست بهترین نوع کسب محاسبات احتمالی، زمانیست که درخت را در هر مرحله در شکل‌ها و شاخه‌های مختلف به‌صورت بخشی تهیه کرده و سپس به‌صورت پرسش‌نامه‌ای یا نظرسنجی از کارشناسان مربوطه احتمالات و تخمین‌ها به‌دست آید. به طور مثال:

فرض کنید برای به‌دست آوردن درصد احتمالات رویدادهایی که امکان اتفاق آن‌ها بعد از به انجام رسیدن رویداد A وجود دارد، دو رویداد B و C از نظر خبرگان محتمل الوقوع است[۱].

[۱] اصولا در بیشتر مسایل متغیرها ارتباطی وابسته به هم خواهند داشت و کمتر مسایلی در دنیای سناریو ها موجودند که متغیرهای کلیدی با هم هیچ گونه ارتباط مشترکی نداشته باشند و کاملا از هم مستقل باشند.

www.SID.ir



شکل (۱۶) احتمال رخداد دو رویداد B و C پس از وقوع رویداد A

برای به‌دست آوردن این‌گونه محاسبات احتمالاتی که نقاط و متغیرها نسبت به هم وابسته شده اند، سوالات نظرسنجی یا پرسش‌نامه باید به این نحو باشد که "در صورت اتفاق افتادن رویداد A چقدر احتمال دارد رویداد B و رویداد C اتفاق بیفتد؟" بدین صورت است که با توجه به احتمالات شرطی می‌توان کاملا به درصد احتمالات وقوع رویدادها ضمن حفظ وابستگی رویدادها (احتمال شرطی) پاسخ داد. همچنین برای رویدادهای بعد از رخداد B و C نیز هر یک باید به‌این روند عمل کرد.

در روش دوم ماهیت کاملا محاسباتی وجود دارد (فرمول ۶) و به این نحو نیست که اعداد و احتمالات طبق نظر خبرگان به وجود آید. تمامی درصدها از طریق روابط بین متغیرها و رویدادها به‌دست می‌آید. فرمول پایه دراین نوع روش همان فرمول ۶ می‌باشد. البته برای به‌دست آوردن احتمال‌های پسین می‌توان از فرمول ۷ نیز بهره برد. در حالت کمی، برای روشن شدن موضوعیت کل استفاده از استنتاج بیز باید گفت که یک ابزار احتمالیست که کلیات آن برای تخمین احتمال وقوع یک سناریو آینده و ارزیابی منابع مرتبط عدم قطعیت از سیستم‌های آینده مربوطه می‌باشد (سوبرادلو و همکاران، ۲۰۱۴).

استنتاج بیزی براین پایه است که هر حالت عدم قطعیت می‌تواند با یک توزیع احتمالی مدل سازی شود. ازاین طریق می‌تواند به تعریف و تفسیر عدم قطعیت‌ها بپردازد. قضیه بیز می‌تواند برای محاسبه احتمال وقوع برای هر قسمت از سناریو مورد استفاده قرار گیرد و حتما نیاز نیست که نقاط در ساختار درخت از هم مستقل باشد. در واقع بیشترین کارکرد استفاده از آن هنگامیست که احتمالات پیشین موجود بوده و احتمالات پسین مورد سوال باشد (.$p(\theta|y) \propto p(\theta) \times p(y|\theta)$).

توزیع پیشین ($p(\theta)$) عدم قطعیت درباره θ را قبل از مشاهده مقدار نشان می‌دهد. توزیع پسین ($p(\theta|y)$) عدم قطعیت درباره همان θ را بعد از مشاهده مقدار نشان می‌دهد. تابع احتمال این امکان را به ما می‌دهد که از مقادیر گذشته $y(k)$ در نقطه K برای اصلاح باورها و توزیع‌های پیشین استفاده کنند. در شرایط استقلال نقاط از هم، احتمال سناریوی پیش‌رونده مشخصی، به عنوان ترکیبی از نقاط در مسیر شاخه، حاصل ضرب یک به یک احتمالات مستقل از هم در طول یک شاخه سناریو می‌باشد (وب سایت موسسه محاسبات برزیل).

۳- کاربردها

بیشترین کاربرد این روش در ارزیابی و مدیریت ریسک، توالی رویدادها در زمینه ایمنی، مدیریت راهبردی و سناریونویسی در زمینه مطالعات آینده می‌باشد. همچنین ابزاری جهت نتیجه‌گیری بهتر و محاسبات احتمالی دراین روش وجود دارد که باز هم بیشتر در ارزیابی ریسک پر کاربرد تر است. مجموعه نرم افزار ایدوس از موسسه پارمنیدس[۲] (که قبلا با نام ThinkTools شناخته می‌شد) شامل ابزاری برای ساختن و ارزیابی درخت‌های احتمالات می‌باشد. برای این مجموعه می‌توان تغییر مرزهای کنترل، پاسخ‌گوی توسعه استراتژیکی و توانمندسازی افراد هوشمند را شامل کرد (لایزوسکی، ۲۰۰۲).

---

[۱] خود شرح و انتخاب رویدادهای بعد از A (همان B و C) توسط نظر خبرگان تهیه شده است.

[2] Parmenides Eidos

Archive of SID
www.SID.ir

۴- نتیجه‌گیری

در نهایت باید اذعان داشت که این روش برای توسعه سناریوها و سناریونویسی روشی زود بازده و آسان می‌باشد. در حقیقت این روش به دلیل شکل نهایی مناسب و گام به گام برای تفهیم سرانجام موضوع سناریوها به خوبی می‌تواند به کارشناسان برنامه‌ریزی در حوزه‌های مختلف از جمله ریسک، استراتژی و آینده‌پژوهی کمک شایان کند. هر مسیر از نقطه ابتدایی (ریشه‌ای) تا سر شاخه انتهایی یک سناریو بوده که می‌توان با توجه به توالی رویدادی که در آن مشاهده می‌شود به خوبی برنامه‌های احتمالی متفاوتی را تنظیم نمود. در نهایت اگر بتوان بر مبنای احتمالات و طریقه درست کسب مقادیر احتمالی در محاسبات (چه از طریق نظریه‌های خبرگان و چه محاسبات صرف) به سناریونویسی در موضوع نامبرده اهتمام ورزید، مطمئنا بعنوان یک ابزار مناسب برای حوزه‌های متفاوت و به خصوص آینده‌پژوهی تاثیرگذار خواهد بود.

مراجع

[1] Bishop, P., Hines, A., & Collins, T. (2007). The current state of scenario development: an overview of techniques. *Foresight-The journal of future studies, strategic thinking and policy*, *9*(1), 5-25.
[2] Buckley, J., & Dudley, T. (1999). How Gerber used a decision tree in strategic decision-making. *The Graziadio Business Report*.
[3] Covaliu, Z., & Oliver, R. M. (1995). Representation and solution of decision problems using sequential decision diagrams. *Management science*, *41*(12), 1860-1881.
[4] Growe-Kuska, N., Heitsch, H., & Romisch, W. (2003, June). Scenario reduction and scenario tree construction for power management problems. In *Power Tech Conference Proceedings, 2003 IEEE Bologna* (Vol. 3, pp. 7-pp). IEEE.
[5] Lisewski, M. (2002). Project Proposal Influence Diagrams in Think Tools. *Think Tools, Munich*.
[6] Salleh, S. H., Rosales, E., & Flores de la Mota, I. (2007). Influence of different probability based models on oil prospect exploration decision making: A case from Southern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, *24*(3), 306-317.
[7] Sobradelo, R., Bartolini, S., & Martí, J. (2014). HASSET: a probability event tree tool to evaluate future volcanic scenarios using Bayesian inference. Bulletin of Volcanology, 76(1), 1-15.
[8] http://www.ic.unicamp.br/~lee/mc548/trabalho/xpress/docs/sp/dhtml/spbasics.html

منابع زیر برای مطالعه بیشتر پیشنهاد می‌شوند

[1] De Vos, C. J., Saatkamp, H. W., Nielen, M., & Huirne, R. (2004). Scenario tree modeling to analyze the probability of classical swine fever virus introduction into member states of the European Union. *Risk analysis*, *24*(1), 237-253.
[2] Dueker, M. (2005). Dynamic forecasts of qualitative variables: a Qual VAR model of US recessions. *Journal of Business & Economic Statistics*, *23*(1), 96-104.
[3] Gülpınar, N., Rustem, B., & Settergren, R. (2004). Simulation and optimization approaches to scenario tree generation. *Journal of economic dynamics and control*, *28*(7), 1291-1315.
[4] Heitsch, H., & Römisch, W. (2009). Scenario tree modeling for multistage stochastic programs. *Mathematical Programming*, *118*(2), 371-406.
[5] Kamstra, M., & Kennedy, P. (1998). Combining qualitative forecasts using logit. *International Journal of Forecasting*, *14*(1), 83-93.
[6] Montreuil, B., & Laforge, A. (1992). Dynamic layout design given a scenario tree of probable futures. *European Journal of Operational Research*, *63*(2), 271-286.

Archive of SID
www.SID.ir

Probability Tree Based Scenario Planning

Abstract
One of the Futures Studies' methods for developing scenarios for the future is probability tree (scenario tree) which is a subgroup of event sequences. The logic of even sequences in relation to scenarios is that we need events happening in a sequence to shape the future just like how it works for the past. In order to reach the visions and formations in the future, we create a tree with leaves and branches based on the the event pathway, each pathway from the starting point to the last subbranch define a scenario. This concept is mostly used in areas of management, risk assessment and strategic management and its implication in foresight is a rather new concept with its own pros and cons. The most prominent feature of this method is that it presents a general image with occurnece degrees of probability in a general scheme to leaders and experts. In this paper we endeavored to address the basic concepts of the method and how a probability tree can help us in a quantitative and qualitative way to shape the scenarios for the future.

Keywords
Probability Tree; Scenario Tree; Scenario Planning; Futures Studies

Archive of SID

www.SID.ir