



سناریونویسی با به‌کارگیری درخت احتمالات؛ (مورد مطالعه: آینده بورس تهران)

احمد برومند کاخکی

کارشناس ارشد مهندسی آینده پژوهی، دانشکده مدیریت، علم و فناوری دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) (مسئول مکاتبات)
aborumandk70@yahoo.com

محسن بهرامی

ریاست پژوهشکده مطالعات آینده و عضو هیئت علمی دانشگاه دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).

تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۷

چکیده

به‌کارگیری منطق توالی رویدادها یکی از روش‌های آینده پژوهی در سناریونویسی و توسعه سناریوها است. درخت احتمالات سناریو از روش‌های ذیل منطق توالی رویدادها شناسایی شده که به رغم مزایای ویژه خود، کمتر توسط پژوهشگران و سناریونویسان به‌کار گرفته شده است. علوم کمی استفاده ابزاری بیشتری از درختواره‌ها داشته که در این پژوهش سعی شده با توسعه روش و زمینه اولیه آن به تبیین اسلوب و گام‌هایی برای نوشتار و خوانش سناریوهای مطالعات آینده مبادرت شود. برقراری ارتباط با سناریوها در این روش به صورت زنجیره‌وار بوده که برای رسیدن به تصورات و وضعیت‌های محتمل آینده با احتمال‌های شرطی معتبر شده توسط خبرگان، درختی با مسیرهای متمایز از ریشه (وضعیت کنونی) تا انتها ظاهر شده که هر مسیر مبین یک سناریوست. محققین در این پژوهش طی پویش نوشتارهای علمی و اجرای روش گام به گامی خود در بورس تهران با عنوان مورد مطالعاتی "سناریوهای آینده ۵ ساله بورس" سعی در مستحکم سازی و بازخورد آن را داشته و توانسته‌اند از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی چون مصاحبه و توزیع پرسشنامه خبرگانی بهره‌برند. نتایج حاصل از به‌کارگیری این روش در بورس تهران نشان از تأیید منطق روش در محاسبات احتمالی و ترتیبات زمانی رویدادها داشته ضمن اینکه تبعیت وقوع رویدادها از درصد احتمالات از پیش دانسته شده توسط خبرگان جالب به نظر می‌رسد. از مزایای این روش خبره محور، تقویت بازشناسایی و تشخیص سناریوهای مطلوب و نامطلوب به همراه احتمال وقوع آنان، نمایان شدن نقشه وضعیت آینده در یک نگاه، تشخیص نقاط تحول‌آفرین، انقطاعی، عطف و Milestone در آینده، تحلیل حساسیت و برنامه ریزی اقتضایی خواهد بود. نتایج و خروجی‌های حاصل از این روش می‌تواند بستر حاصل‌خیزی برای برنامه‌ریزی‌های بر پایه سناریو و سناریوپردازی‌های شهودی و غیرشهودی ایجاد نماید تا تصورات آینده میان تصمیم‌گیران، با فهم و بینش عمیقی همراه باشد

واژه‌های کلیدی: سناریو، درخت احتمالات، سناریوپردازی، آینده، بورس تهران.

۱- مقدمه

اصول فکری حاکم در مطالعات آینده را می‌توان در آگاهی از نحوه تصمیم‌گیری و عملیات بازیگران برآمده از تصورات آینده جست (Curry & Schultz, 2009). سناریو یکی از تکنیک‌های مربوط به روش آینده نگاری و آینده پژوهی است که به دلیل ساختار داستان‌گونه، قدرت درک آن برای رهبران و مدیران سازمان‌ها و حتی سیاست‌گذاران ساده و آسان به نظر رسیده و ملجأ تصورات آینده محسوب می‌شود. شاید یکی از مزیت‌های سناریونویسی که باعث شده پرکاربردترین ابزار آینده پژوهی باشد (برومند و همکاران، ۱۳۹۳) همین مسأله بوده باشد. اصولاً آینده پژوهی دانش و معرفت شکل بخشیدن به آینده به شیوه‌ای آگاهانه، عاملانه و پیش‌دستانه است. این دانش به انسان می‌آموزد که چگونه آینده‌ای مطلوب را برای خود، سازمان و یا جامعه ترسیم کند (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۳). از این رو سناریونویسی با اذعان به این که آینده غیر قابل پیش بینی است می‌تواند آینده‌های بدیل و ممکن را توسعه داده و بازیگران با پیدا کردن خویش در فضای آن، ملاحظات اجرایی را تدبیر نمایند (List, 2007).

از گذشته تاکنون با توجه به کاربری‌های وسیع سناریوها با مبدأ نظامی و تعمیم آن به حوزه‌های غیرنظامی (خوش دهان، ۱۳۸۸)، روش‌های بسیاری توسط پژوهشگران، دانشمندان، آینده پژوهان، شرکت‌های تجاری و صنعتی و همچنین دانشگاه‌ها و مؤسسات علمی-تحقیقاتی توسعه پیدا کرده است به طوریکه بیشاپ ۱ و همکاران (۲۰۰۷) به دسته‌بندی جامع و کامل آنان پرداخته و توانسته‌اند به تفسیر ویژگی‌ها و خصیصه‌های آنان دست پیدا کنند. آنها در این مقاله پرارجاع، انواع روش‌های سناریونویسی را به هشت گروه تقسیم کرده‌اند: ۱. قضاوتی ۲. پایه‌ای ۳. بسط سناریوهای ثابت ۴. توالی رویدادها ۵. پس‌نگری ۶. ابعاد عدم قطعیت ۷. تحلیل اثر متقابل ۸. مدل‌سازی سیستم‌ها ۹ (Bishop, Hines, & Collins, 2007).

در فرایند مدیریت آینده و آینده‌نگاری (به طور عمومی) و برنامه ریزی بر پایه سناریو (به طور خاص) اغلب سوالاتی که برای برنامه ریزان و تصمیم‌گیران مطرح

می‌شود این است که: "بهتر است برای چه سناریویی آماده شویم و کدام سناریو محتمل‌تر است؟" از آنجا که روش‌های گوناگونی برای سناریوپردازی وجود دارد، راه‌های فراوانی نیز برای پاسخ به این سوال باید وجود داشته باشد (Grienitz, Hausicke, & Schmidt, 2014). یکی از این راهکارهای پیشنهادی، روش درخت احتمالات از دسته کلی‌تر توالی رویدادها ((تقسیم بندی شده توسط بیشاپ و همکاران)) می‌باشد. در این نوشتار بیشتر پژوهش معطوف به روش درخت احتمالات بوده و محققین سعی کرده‌اند مراحل انجام سناریونویسی به روش اختصاصی آن را در مورد مطالعه خود تشریح و توصیف کنند. در واقع طبق گفته میل‌ت ۱۰ که "حل ابهام در تعاریف و روش‌های سناریو، اولین مرحله لازم برای آوردن ارزش تفکر و توسعه به مخاطبان گسترده‌تر است (Millett, 2003)"، محققین در پژوهش خود به روش‌های نوین و غیرمتعارف توسعه سناریو برآمده‌اند تا شاید در ارزش‌آفرینی تفکرات جدید سناریوپردازی (ناشی از توسعه روش‌های غیرمتعارف سناریونویسی) سهیم باشند.

درخت احتمالات

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 به نقطه ابتدایی متصل کنیم، یک درخت احتمال خواهیم داشت. دو نوع درخت احتمالات کشف شده‌اند: نوع اول از شاخه‌ها برای ساختن موضوع‌های سناریو استفاده می‌کند و نوع دوم بعد از توسعه رویدادها، توالی را می‌سازد (Buckley & Dudley, 1999) (Bishop, Hines, & Covaliu & Oliver, 1995) (Collins, 2007) (Lisewski, 2002).

به وضعیت نهایی را با لحاظ احتمالات شاخه‌هایی که در مسیر اتفاق افتادند، حساب کنیم (Bishop, Hines, & Collins, 2007). در جدول ۱ ویژگی‌های کلی روش درخت احتمالات برگرفته شده از نتایج پژوهش بیشاپ و همکاران گردآوری شده است.

درخت احتمالات ظاهری شبیه درخت تصمیم دارد با این تفاوت که شاخه‌ها در درخت تصمیم نمایانگر چیزی که می‌تواند اتفاق بیفتد نیست؛ 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

جدول (۱) ویژگی‌های کلی روش درخت احتمالات (Bishop, Hines, & Collins, 2007)

نقطه شروع	شاخه کردن عدم قطعیت‌ها یا نقاط انتخاب
فرایند	ترتیبی، اختصاص دادن احتمالات
محصول	احتمال وضعیت‌های نهایی
پایه	کمی (محاسباتی)
چشم انداز	رو به جلو
قابلیت استفاده گروهی	اختیاری
بیشترین کاربرد	مدیریت ریسک
استفاده از رایانه	اختیاری
ابزار شناخته شده	مجموعه ابزار ایدوس ^{۱۱} از بنیاد پارمندیس ^{۱۲} برای ایجاد و ارزیابی درخت‌های احتمالی
مزایا	هنگامی که 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	نقاط رخ داده‌ها (شاخه) معمولاً به دنبال هم در یک توالی ثابت نمی‌آیند.

$P(B|A)$ یعنی احتمال وقوع پیشامد B به شرطی که بدانیم پیشامد A وقوع یافته است.

در ابتدا برای پایه‌ریزی محاسبات کمی درخت احتمالات، آگاهی از قضیه‌های احتمالی زیر به کمک سناریونویسان خواهد آمد (Ross, 2012):

• قضیه بیز^{۱۳}

رابطه ۴

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

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

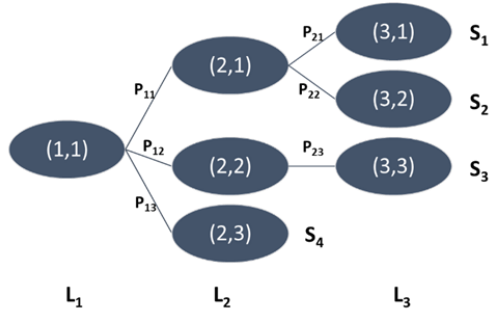
$$i \neq j; S = B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_n; B_1 \cap B_j$$

قضیه بیز احتمالات شرطی و مرزی رویدادها را توضیح می‌دهد. در حالت کمی، برای روشن شدن موضوعیت استفاده از استنتاج بیز باید گفت که یک ابزار احتمالی است که کلیات آن برای تخمین احتمال وقوع یک سناریو آینده و ارزیابی منابع مرتبط عدم قطعیت از سیستم‌های مربوطه آینده می‌باشد (احتمالات پسین) (Sobradelo, Bartolini, & Martí, 2014). قضیه بیز می‌تواند برای محاسبه احتمال وقوع برای هر قسمت از

• **قضیه متمم**
رابطه ۱
 $P(A) = 1 - P(A')$
A یک پیشامد یا یک رویداد است و $P(A')$ احتمال عدم وقوع این پیشامد می‌باشد.

• **قضیه جمع**
رابطه ۲
 $P = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$
A و B دو پیشامد یا رویداد می‌باشند.

• **قضیه ضرب**
رابطه ۳
 $P(A \cap B) = P(A) \times P(B|A)$



شکل (۱) درخت سناریو سه مرحله‌ای

اصول زیر در مورد یک درخت احتمالات سناریو حاکم می‌باشند (Dash Optimization Ltd, 2006):

رابطه‌های ۶، ۷ و ۸

$$\sum_{n': \text{Node}(Li+1, n') \in \text{Children}(\text{Node}(Li, n))} P_{Li+1, n'} = 1 \quad \forall n \in \{1, \dots, N_{Li}\},$$

and $L \in \{1, \dots, \text{سطح آخر}\}$

$$P_s = \prod_{(Li, n): \text{Node}(Li, n) \in \text{path to scenarios}} P_{Li, n} \quad \forall s \in \{1, \dots, S\}$$

$$\sum_{s=1}^S P_s = 1$$

طبق رابطه ۸ در شکل ۱ باید مجموع احتمالات سناریوهای از یک تا چهار برابر عدد یک گردد. همچنین احتمالات شاخه‌های منشعب شده از یک گره باید مجموعی برابر عدد یک داشته باشند (رابطه ۶).

۲- روش پژوهش

در پژوهش حاضر محققین با الهام گرفتن از روش درخت احتمالات که در برنامه نویسی تصادفی از کاربرد فراوانی برخوردار است، سعی در تهیه مدلی گام به گام جهت تبیین احتمالات سناریوهای متصور در آینده و استفاده از آن به عنوان ابزاری کارآمد و ضروری برای آینده پژوهان و تحلیل گران آینده مصروف داشته‌اند. از این رو در این تحقیق با مرور مبانی نظری و همچنین پویش نوشتارهای علمی در زمینه درخت احتمالات و درخت سناریو، اطلاعات کافی از چارچوب اصلی آن به دست آمد (مطالعات کتابخانه‌ای). در ادامه نظر به اینکه چگونه می‌توان از درخت احتمالات سناریو (که در مقاله پیشاپ به آن اشاره شده است) به صورت عملیاتی و

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 هنگامی است که احتمالات پیشین موجود بوده و احتمالات پسین مورد سوال باشد $(p(\theta|y) \propto p(\theta) \times p(y|\theta))$.

• احتمال کل با مشروط بودن پیشامدهای دیگر

رابطه ۵

$$P(A) = \sum_{j=1}^n P(A|B_j)P(B_j)$$

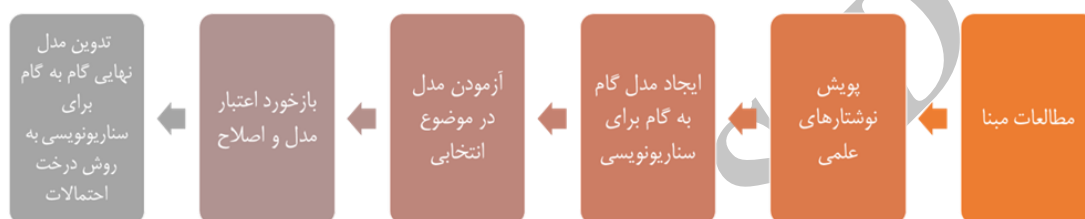
این رابطه بیان می‌دارد که چگونه می‌توان $P(A)$ را با مشروط کردن به یکی از پیشامدهای داده شده B_1, B_2, \dots و B_n محاسبه نمود. به طور کلی این رابطه بیان می‌کند که $P(A)$ برابر است با میانگین وزنی $P(A|B_j)$ به نحوی که هر وزن هر جمله برابر با احتمالی است که به آن مشروط گردیده است.

در ادامه برای آگاهی از نحوه تکمیل درخت احتمالات، با الهام از منابع در دسترس از برنامه نویسی تصادفی^{۱۴} منطق آن آورده شده است (Dash Optimization Ltd, 2006).

اگر فرض کنیم با بررسی موضوعی خاص، درخت احتمالی طبق شکل ۱ وجود داشته باشد، در مرحله L_i ام، N_{Li} گره وجود دارد. در هر مرحله از L_i احتمال شرطی برخورد با گره n ام در مرحله L_i ام از گره مولد در مرحله L_{i-1} می‌باشد. تحقق مسیر گره ریشه تا گره نهایی در این انشعابات برابر است با سناریوها (مسیرهای درخت ایجاد شده). برای هر مرحله از L و هر گره n در همان مرحله، هر گره، یک احتمال P_{Ln} برای رویدادن دارد اما احتمال رخدادن مسیر از گره ریشه تا همان گره برابر است با ضرب احتمالات گره‌های همان مسیر تا گره مورد محاسبه. به همان ترتیب هر سناریو S یک احتمال سناریو P_s دارد که برابر است با ضرب احتمالات گره‌های موجود در مسیر آن سناریو. به طور مثال در شکل ۱ ضرب $P_{12} * P_{23}$ برابر با P_{S3} (احتمال رخداد سناریوی سوم) خواهد بود.

شرکت بورس تهران و توزیع پرسشنامه‌هایی میان کارشناسان فعال و مرتبط در چند کارگزاری، روش خود را اصلاح و معتبر ساختند.

از آنجا که پژوهش حاضر با هدف توسعه و به کارگیری روش و سازوکاری احتمالی برای سناریونویسی در حوزه آینده پژوهی تهیه شده است، این پژوهش به لحاظ هدف از نوع کاربردی و توسعه‌ای است. شکل ۲ به صورت مصور روش کلی به کار گرفته شده در نتیجه گیری پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل (۲) گام‌های پیموده شده در تحقیق

۳- یافته‌ها

برای شروع سناریونویسی و سیر تکاملی آن به روش درخت احتمالات گام‌های زیر از نظر محققین پیشنهاد می‌شود.

۳-۱- مراحل سناریونویسی به روش درخت احتمالات

الف. تعیین و تبیین ابعاد مسأله^{۱۵} (سؤال اساسی، بازیگران و افق زمانی): در خصوص شروع فرایند توسعه سناریوهای^{۱۶} آینده در موضوع انتخابی در ابتدای امر نیاز به تعریف و تعیین سؤال اصلی مسأله برای پاسخ آینده نگرانه به آن و همچنین تبیین افق زمانی مورد مطالعه خواهیم بود. شناسایی بازیگران (ذی‌نفع و ذی‌ضرر) برای تحدید ابعاد و عمق مسأله بسیار راهگشا خواهد بود. زیرا با داشتن دیدگاه نمایشنامه‌های نسبت به آینده، نقش بازیگران ضروری است. در چنین صورتی است که می‌توان مرحله شروع تحقیقات و شناسایی عوامل مؤثر در آینده‌های ممکن^{۱۷}، محتمل^{۱۸} و مطلوب^{۱۹} (Lindgren & Bandhold, 2003) موضوع را در دستور کار آینده پژوهان قرار داد.

ب. تعیین پیشران‌های کلیدی و عدم قطعیت‌های

مؤثر در موضوع (پیشران‌ها و پیش‌بینی حالات متعدد آنان در آینده): در این مرحله به شناسایی روندها، متغیرها و عوامل کلیدی پیشران در حوزه مرتبط موضوع (شامل عوامل نسبتاً معین و عدم قطعیت‌ها^{۲۰})، همانند تجمیع گام‌های سه تا پنج برنامه ریزی بر پایه سناریو به روش پیتر شوارتز^{۲۱} پرداخته می‌شود. این اطلاعات ممکن است از مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی یا پوشش محیطی^{۲۲} جمع آوری گردیده که روش‌های اکتساب آنان از دسته اول مانند پرسشنامه، مصاحبه و دسته دوم شامل مطالعات نظری پیروی می‌کند. شناسایی این پیشران‌های کلیدی شاید خود را در قالب روندها یا کلان‌روندها^{۲۳}، متغیرهای کمی یا کیفی، متغیرهای آماری با توزیع مشخص یا نامشخص، متغیرهای پیوسته یا گسسته (به منظور آماده سازی شرایط برای گام‌های بعدی، در حالت پیوسته بهتر است بازه‌هایی از مقادیر را تقسیم بندی کرده تا در این بازه‌ها خبرگان توانایی درک پدیده‌ها و همچنین اظهار نظر در زمینه مقادیر احتمالات شرطی آنان را داشته باشند) و نهایتاً حقایق محتمل از یک پیشران خود را پدیدار سازند.

بعد از شناسایی پیشران‌ها، حالات مختلف یا پیشامدهای احتمالی هر عامل نیز معین می‌گردد. در این قسمت مانند روش «عدم قطعیت‌های بحرانی»^{۲۴} نیاز به محدود کردن تغییر یک عدم قطعیت به دو سر طیف آن نیستیم و حالات مختلف آن را لحاظ می‌کنیم. به طور مثال در صورتی که در بررسی یک موضوع عامل "تحریم" به عنوان یک عدم قطعیت تشخیص داده شود، ممکن است ۵ حالت تشدید، تعلیق، بدون تغییر، کاهش و لغو برای آن در نظر گرفته شود.

ممکن است در این گام یک متغیر کلیدی با توزیعی مشخص تعیین شده باشد که در این صورت احتمالات پیشامدهای برآمده از آن به راحتی از طریق روش‌های آمار و احتمالات قابل محاسبه است. البته با آزمون‌های مانند نیکویی برازش^{۲۵} نیز می‌توان توزیع متغیرهای به خصوصی را معین نمود و بعد از آن ادامه محاسبات احتمالی را تکمیل کرد.

پیشنهاد می‌شود در صورت ازدیاد این عوامل و متغیرهای تأثیرگذار، از طریق شاخص‌هایی چون میزان اهمیت، میزان عدم قطعیت داشتن هر عامل و میزان دقت‌پذیری محاسبات احتمالی آنان با اولویت‌بندی طبق نظر خبرگان اصلی‌ترین عوامل را برای مرحله سناریوپردازی انتخاب نمود. توجه به شگفتی‌سازها^{۲۶} و همه‌جانبه‌نگری یک متغیر نیز از ضروریات این مرحله به حساب می‌آید.

پیشنهاد می‌شود در صورت ازدیاد این عوامل و متغیرهای تأثیرگذار، از طریق شاخص‌هایی چون میزان اهمیت، میزان عدم قطعیت داشتن هر عامل و میزان دقت‌پذیری محاسبات احتمالی آنان با اولویت‌بندی طبق نظر خبرگان اصلی‌ترین عوامل را برای مرحله سناریوپردازی انتخاب نمود. توجه به شگفتی‌سازها^{۲۶} و همه‌جانبه‌نگری یک متغیر نیز از ضروریات این مرحله به حساب می‌آید.

ج. تعیین ترتیب زمانی وقوع عوامل کلیدی: در این مرحله از روش گام به گامی، طبق اطلاعات و مستندات در دسترس و همچنین نظرسنجی از خبرگان صاحب نظر به مرتب سازی عوامل اصلی شناسایی شده به لحاظ توالی رخداد آنان اقدام می‌شود. البته گاهاً ارتباط میان عوامل قابلیت توالی نداشته و رابطه کل و جزء باعث انتخاب عوامل ریشه‌ای‌تر به منزله رخدادهای زودتر از سایرین خواهد شد (به طور مثال در میان دو عامل "رابطه بین‌المللی از بعد اقتصادی" و "میزان صادرات" نمی‌توان برای آنان ترتیب زمانی قائل شد و همین که عامل "میزان صادرات" معمولاً متأخر از عامل "رابطه بین‌المللی از بعد اقتصادی" است به همین منظور عامل ریشه‌ای‌تر یا دارای اولویت زمانی، "رابطه بین‌المللی از

بعد از شناسایی پیشران‌ها، حالات مختلف یا پیشامدهای احتمالی هر عامل نیز معین می‌گردد. در این قسمت مانند روش «عدم قطعیت‌های بحرانی»^{۲۴} نیاز به محدود کردن تغییر یک عدم قطعیت به دو سر طیف آن نیستیم و حالات مختلف آن را لحاظ می‌کنیم. به طور مثال در صورتی که در بررسی یک موضوع عامل "تحریم" به عنوان یک عدم قطعیت تشخیص داده شود، ممکن است ۵ حالت تشدید، تعلیق، بدون تغییر، کاهش و لغو برای آن در نظر گرفته شود.

ممکن است در این گام یک متغیر کلیدی با توزیعی مشخص تعیین شده باشد که در این صورت احتمالات پیشامدهای برآمده از آن به راحتی از طریق روش‌های آمار و احتمالات قابل محاسبه است. البته با آزمون‌های مانند نیکویی برازش^{۲۵} نیز می‌توان توزیع متغیرهای به خصوصی را معین نمود و بعد از آن ادامه محاسبات احتمالی را تکمیل کرد.

پیشنهاد می‌شود در صورت ازدیاد این عوامل و متغیرهای تأثیرگذار، از طریق شاخص‌هایی چون میزان اهمیت، میزان عدم قطعیت داشتن هر عامل و میزان دقت‌پذیری محاسبات احتمالی آنان با اولویت‌بندی طبق نظر خبرگان اصلی‌ترین عوامل را برای مرحله سناریوپردازی انتخاب نمود. توجه به شگفتی‌سازها^{۲۶} و همه‌جانبه‌نگری یک متغیر نیز از ضروریات این مرحله به حساب می‌آید.

ج. تعیین ترتیب زمانی وقوع عوامل کلیدی: در این مرحله از روش گام به گامی، طبق اطلاعات و مستندات در دسترس و همچنین نظرسنجی از خبرگان صاحب نظر به مرتب سازی عوامل اصلی شناسایی شده به لحاظ توالی رخداد آنان اقدام می‌شود. البته گاهاً ارتباط میان عوامل قابلیت توالی نداشته و رابطه کل و جزء باعث انتخاب عوامل ریشه‌ای‌تر به منزله رخدادهای زودتر از سایرین خواهد شد (به طور مثال در میان دو عامل "رابطه بین‌المللی از بعد اقتصادی" و "میزان صادرات" نمی‌توان برای آنان ترتیب زمانی قائل شد و همین که عامل "میزان صادرات" معمولاً متأخر از عامل "رابطه بین‌المللی از بعد اقتصادی" است به همین منظور عامل ریشه‌ای‌تر یا دارای اولویت زمانی، "رابطه بین‌المللی از

د. طرح اولیه درخت احتمالات سناریو: با توجه به پیشرفت روش تا گام سوم، مقدمات طرح کلی درخت سناریو آماده شده و محققین می‌توانند با شروع از گره ریشه‌ای (اولین گره) در زمان حال و با توجه به اختصاص هر سطح L به یک متغیر کلیدی طبق توالی رویدادهای آنان (گام سوم)، به شاخ و برگ دادن این درخت مبادرت نمایند. در این خصوص با انجام عملیاتی صورت گرفته در خصوص آینده بورس تهران به عنوان مورد مطالعه، مفهوم این مرحله به وضوح روشن خواهد شد.

ه. محاسبه احتمال‌های شرطی و غیرشرطی: هر قدر که اطلاعات معتبرتر و دقیق‌تری در مرحله سوم ایجاد شده باشد در این مرحله امیدهای زیادی به دقت احتمالات سناریوهای ممکن آینده خواهیم داشت؛ زیرا که اساس این مرحله بر حسب احتمالات شرطی به ازای وقوع یک سری از رخدادها و تعیین احتمالات پسین می‌باشد. در مرحله پنجم، نظرسنجی و محاسبه احتمالات شرطی در طول مسیر سناریوهای طرح شده در درخت به صورت کاملاً مبتنی بر نظرات خبرگان^{۲۷} به مرحله نهایی خود می‌رسد. این مرحله تقریباً با روش کمی تحلیل اثر متقابل^{۲۸} و یا SMIC 74 مشابَهت داشته و می‌تواند مانند آن برای محاسبه احتمالات تعقیب گردد (عطاری و همکاران، ۱۳۹۳) (Godet, 1976). به عنوان مثال در شکل ۳ که قطعی از درخت احتمالات سناریو با موضوع بررسی سناریوهای آینده محتمل قیمت نفت می‌باشد، سؤالات زیر برای تعیین احتمالات شرطی در طول مسیر سناریوهای ممکن آینده طرح شده و با میانگین‌گیری

محاسبه می‌گردد. به عنوان مثال در شکل ۲ احتمال وقوع سیر کامل سناریوی دوم از ضرب دو احتمال P12 در P22 به دست خواهد آمد. رابطه ۹ فرمول کلی احتمال وقوع هر سناریو را حساب می‌کند.

$$\prod P(jk|ij)$$

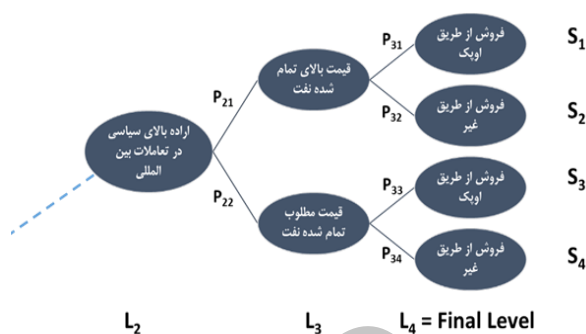
به طوری که i, j و k سطوح گره‌های منتج از گره ریشه‌ای ۱ تا گره انتهایی هر سناریو می‌باشد.

و. تحلیل و واکاوی نتایج

در مرحله نهایی که تمامی متغیرهای کلیدی و پیشران در مسأله به همراه ترتیب زمانی و احتمال حالات مختلف برآمده از آنان مبتنی بر نظر خبرگان بر روی کاغذ است، سعی در تحلیل نتایج و حساسیت درخت سناریو خواهیم داشت. این مرحله که هدف ابتدایی ما را پوشش خواهد داد، به ما خواهد آموخت که بعد از شناسایی سناریوهای مرجح، مطلوب، تحت روند^{۲۹} و واگرا^{۳۰} در حوزه تصمیم‌گیری، احتمال هر سناریو چقدر و همچنین اقدامات مقتضی بر دستیابی به آنان با اصل "میزان کنترل مجموعه تصمیم‌گیر بر سیستم" چه خواهد بود؟ با شناسایی مسیر سناریوها در یک تصویر و ضمیمه درصد احتمالات هر گره و هر سناریو به راحتی می‌توان سناریوهای مطلوب با توجه به هدف را تعیین کرده و به صورت کارآمدتری به پایش جریان‌ات گره به گره دست زد. توزیع احتمالات امکان تحلیل حساسیت سناریوها از طرق روش‌های ذکر شده در ادامه شامل تجمیع و یا حذف، تسهیل کرده و دستاوردهای مطلوبی برای تصمیم‌گیران به ارمغان می‌آورد. از سوی دیگر با طرح سؤال‌هایی راهبردی توسط خبرگان و ارائه پاسخی مناسب برای آنان، نکات قابل وثوقی می‌توان در جریان سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری گنجانده شود.

در ادامه نیز با توجه به مرور ادبیات نظری گفته شده و با هدف پرورش نتیجه و تحلیل‌های نهایی بعضی از ویژگی‌های درخت‌های احتمالات و همچنین سازوکارهای محاسباتی آنان آورده شده است (Dash Optimization Ltd, 2006):

پاسخ خبرگان، عدد نهایی احتمال هر یک از شاخه‌ها به دست می‌آید.



شکل (۳) قطعه‌ای از درخت احتمالات سناریوهای آینده قیمت نفت

P21= در صورتی که در تعاملات بین المللی، اراده بالای سیاسی وجود داشته باشد، احتمال اینکه قیمت تمام شده نفت همچنان بالا باشد چقدر است؟

P34= در شرایطی که قیمت تمام شده نفت از حد مطلوبی منحرف نشود، چقدر احتمال دارد که کشور مورد بررسی نفت خود را از کانالی غیر از اوپک به فروش برساند؟

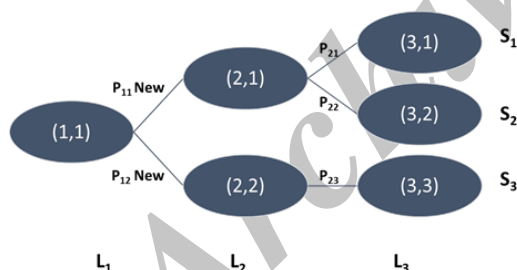
نکته مهمی که در سؤالات فوق باید لحاظ گردد در این است که با پیشبرد هر مرحله، باید خبرگان را در خصوص لحاظ رخدادهای پیشین متذکر شد (فرض بر این است که همه گره‌های قبلی منتهی به گره مورد سؤال اتفاق افتاده‌اند). در چنین حالتی ممکن است با مرور زنجیره‌ای از رویدادها، احتمال تحقق گره‌ای در طول مسیر سناریویی خاص صفر باشد و لزومی بر تقارن اعداد احتمالی و شکل درخت سناریوها به هیچ عنوان وجود ندارد. حتی ممکن است ماهیت و ذات رویداد گره‌ای نسبت به گره (یا گره‌های) قبلی خود کاملاً مستقل بوده باشد و هیچ تفاوت محاسباتی به ازای مکان آن گره در سطوح مختلف ایجاد نکند (اگر A و B از هم مستقل باشند، داریم: $P(A|B)=P(A)$ (ایوزیان و واقفی، ۱۳۹۳)).

بعد از نهایی شدن درصد احتمالات هر شاخه، احتمال هر سناریو (هر راستایی از گره ریشه‌ای تا گره انتهایی مسیر خود که نماینده یک سناریو خواهد بود) از طریق ضرب احتمالات شرطی شاخه‌های منتج و مسبب آن

هم‌نژاد در یک مرحله یکسان با هم تجمیع شده باشد. در مثال شکل ۱ با فرض وجود سطوح بیشتری از ۳ سطح، سه سناریوی اول، دوم و چهارم با نقطه هم‌نژاد مشترک (۱،۱) قابلیت تجمیع با یکدیگر را داشته و در صورت صلاحدید خبرگان تحلیل‌گر، سناریوی جدیدی را با هم تشکیل می‌دهند.

حذف سناریوها: کاربران می‌توانند بنا بر اقتضای شرایط تحقیقاتی خود به حذف سناریوهای منتخب و یا غیرضروری به منظور بررسی بپردازند. در این مورد، احتمالات باقی سناریوها مجدد نرمال‌سازی می‌شوند. در واقع در هر سطح هدف، احتمال هر یک از سناریوهای باقیمانده تقسیم بر عدد ((یک منهای احتمال مجموع سناریوهای حذف شده)) می‌شود. درخت احتمالات شکل ۱ با حذف گره (۲،۳) تبدیل به درخت به روز شده شکل ۵ خواهد شد. در این درخت سناریوی چهارم کاملاً حذف شده و در سطح ۱ احتمالات جدید به منظور نرمال‌سازی بعد از حذف P13 از فرمول ۱۰ به دست می‌آید:

$$P_i^{New} = \frac{P_i^{Old}}{1 - (\text{deleted } P)}$$



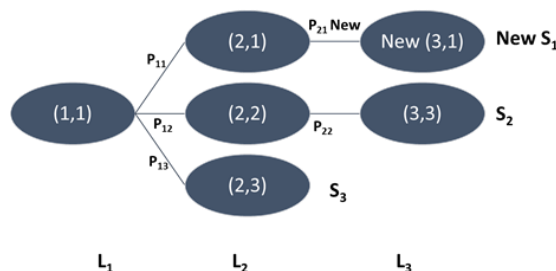
شکل (۵) درخت سناریوی به روز شده بعد از حذف سناریوی دوم در شکل ۱

نکته‌ای که به نظر می‌رسد باید به آن توجه کافی داشت شگفتی‌سازها می‌باشند. در این روش شگفتی‌سازها از دو طریق امکان نفوذ به طرح‌واره سناریوهای به تصویر کشیده شده را خواهند داشت: بیرونی و درونی. در حالت بیرونی یک عامل بسیار مؤثر شناسایی نشده و یا با احتمال وقوع بسیار پایین دانسته شده از بیرون باعث دگرگونی طرح درخت سناریوها شده و محاسبات

درخت متقارن^{۳۱}: کاربران ممکن است در بررسی رخدادهای احتمالی یک موضوع، با درختی متقارن مواجه شوند. این نوع درخت دارای تعداد معینی انشعاب از هر شاخه بوده، به صورتی که شکل درخت کاملاً متقارن به نظر برسد.

درخت با مراحل تله‌ای^{۳۲}: یک درخت با مرحله تله‌ای از حداقل یک مسیر که لزوماً در مرحله آخر به پایان نمی‌رسد، تشکیل شده است و شکلی کاملاً نامتقارن به خود گرفته است. شکل ۱ مثالی از درخت با مراحل تله‌ای است که در سطح دو، سناریوی چهارم انتها یافته است.

تجمیع^{۳۳} سناریوها: در یک درخت، تمامی سناریوهایی را که از یک گره پیشین مشترک ناشی شده‌اند، می‌توان به یک سناریوی تجمعی تبدیل کرد. درخت سناریو شکل ۱ را در نظر بگیرید. به منظور تجمیع سناریوهای ۱ و ۲ که در درخت اصلی (شکل ۱) به طور جداگانه نشان داده شده است، مانند شکل ۴ عمل می‌کنیم. احتمال گره‌های تجمیع شده برابر با مجموع احتمالات هر یک از آنها در حالت پیشین است (P21) از رابطه ۶ برابر با مقدار یک خواهد بود.



شکل (۴) درخت سناریوی تجمعی و به روز شده

حالت دیگری هم نیز وجود دارد که بخواهیم فقط سناریوهای منتخبی (آنهایی که مثلاً در حیطه تصمیم‌گیری یا در ویژگی خاصی مشترک هستند - اما باز هم باید در نقطه پیشین مشترک باشند، یعنی نقطه ریشه‌ای آنها یکی باشد) را با هم تجمیع کنیم. این امر زمانی امکان‌پذیر خواهد بود که علاوه بر اشتراک نقطه ریشه‌ای سناریوهای انتخابی، باید هم‌نژاد^{۳۴} یک دیگر نیز باشند. این به این معنی است که سناریوهای بعد نقطه

۳-۱- مورد مطالعه: وضعیت آینده بورس تهران در ۵ سال آتی

در این قسمت با کاربرد روش و بازخورد سازوکارهای علمی، تجربی و عملیاتی از آن، محققین قصد دارند نتایج حاصل از به کار گیری روش را در مورد مطالعه مشخص شده تشریح نمایند.

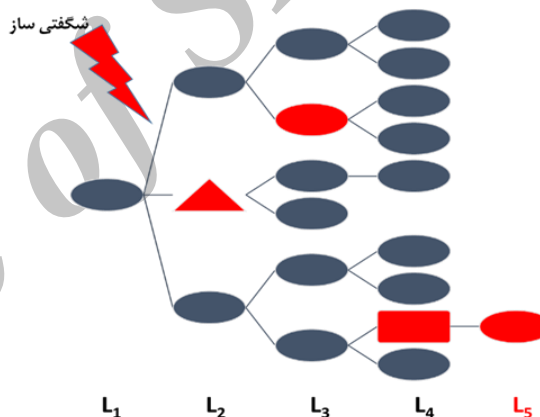
در بهار سال ۱۳۹۳ محققین قصد کاربست روش مذکور جهت سناریونویسی "آینده بورس تهران" نمودند. در ابتدای پژوهش، شناسایی عوامل یا فاکتورهای کلیدی موثر در ۵ سال آینده بورس در دستور کار تحقیق قرار گرفت. با توجه به تحقیقات میدانی و کتابخانه‌ای از جمله استفاده از تارنماهای اختصاصی و تحلیلی بورس و همچنین مصاحبه با کارشناسان بخش تحقیق و توسعه شرکت بورس اوراق بهادار تهران^{۳۶} عوامل کلیدی طبق گام دوم تهیه شده که در جدول ۲ موجود می‌باشند.

جدول (۲) عوامل و پیشران‌های کلیدی احصاء شده در آینده بورس تهران (بهار ۱۳۹۳)

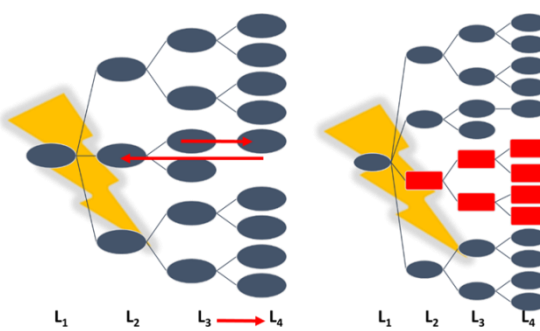
ردیف	عنوان
۱	وضعیت بازار سکه و طلا
۲	آرامش فضای سیاسی و ثبات تصمیم‌گیری
۳	حمایت‌های تضمینی دولت از بازار سرمایه (بورس)
۴	وضعیت بازار ارز
۵	انرژی هسته‌ای و تحریم‌های منتج از آن
۶	قانون هدفمندی یارانه‌ها در صنایع
۸	عرضه اولیه سهام شرکت‌ها از سوی سازمان خصوصی سازی
۹	رکود بازارهای جهانی
۱۰	وضعیت بازار مسکن
۱۱	بین‌المللی شدن بازار بورس ایران (در آن هنگام به‌عنوان یک هدف استراتژیک مورد بررسی متولیان و تصمیم‌گیران بود)
۱۲	نرخ تورم و ارزش پول ملی
۱۳	برخورد منطقی سهامداران با مسایل پیش روی کشور و بازخوردهای آن در بازار سرمایه (بورس)
۱۴	وجود دیدگاه‌های کوتاه مدت سرمایه‌گذاری و میزان رونق یافتن این دیدگاه

در این مورد مطالعه رویکرد محققین در سناریوپردازی کاملاً بصورت کلان و کلی بوده که از دلایل چنین تصمیمی، همزمانی وضعیت خاص کشور در بازار سرمایه و رویکرد کتمان اطلاعات راهبردی در اذهان

احتمالی و حتی چپ‌نش و محتوای درخت را دستخوش تغییر خواهد داد. این در صورتی است که اضافه شدن یک حالت جدید لحاظ نشده با احتمال وقوع بالا در یک یا چند سطح و همچنین تغییر ترتیب‌های زمانی وقوع پیشران‌ها (تغییر توالی سطوح) در افق زمانی تعریف شده از تبعات شگفتی‌سازهای نوع درونی است. شکل ۶ و ۷ به خوبی این دو نوع پیچیدگی منتج از وقوع شگفتی‌سازها را نشان می‌دهد. از همین رو پیشنهاد می‌شود که با کسب مستمر اطلاعات و همچنین توجه ویژه به سیگنال‌های ضعیف و قوی در حوزه آینده‌پژوهی، همواره درخت احتمالات را به منظور بهبود پاسخ‌های آینده‌نگرانه و آینده‌سازانه توسط خبرگان و کارشناسان به‌روز^{۳۵} کنیم.



شکل (۶) مثالی از تبعات شگفتی‌ساز نوع بیرونی بر درخت سناریو



شکل (۷) مثالی از تبعات شگفتی‌ساز نوع درونی بر درخت سناریو

جدول (۳) اولویت بندی زمانی جهت تغییرات چهار

عامل موثر در آینده بورس تهران

نام متغیر	ترتیب رخداد و تغییرات ساختاری مؤثر بر موضوع
فضای سیاسی و تصمیم گیری‌های کلان دولتی	۱
بازار ارز	۲
بازار سکه و طلا	۳

در نهایت در سری دوم پرسش‌ها با تحلیل و گردآوری نتایج حاصل از احتمالات شرطی به پرسش گذارده شده، شکل ۸ «درخت نهایی سناریوهای احتمالی آینده بورس تهران» همراه با محاسبات احتمالات شرطی نشان می‌دهد. دوازده سناریو از A تا L با توجه به ورودی اطلاعات به دست آمده است که در تصویر به همراه احتمالات شرطی شاخه‌ها ترسیم شده است.

پیدایش لیستی از سناریوهای محتمل همراه با درصد احتمال وقوع مقطعی آنان برای تحلیل و نتیجه‌گیری بسیار مفید خواهد بود. همانطور که از جدول ۴ پیداست سناریوی D با مواجهه بهبود فضای سیاسی و کساد بازارهای ارز، سکه و طلا در پیامد آن (جالب اینجاست که چنین سناریویی با تقریب مناسب هم اکنون عینیت یافته است) بیشترین احتمال وقوع از نظر کارشناسان و خبرگان داشته و همچنین سناریوی I (معکوس سناریوی D) نیز دارای کمترین احتمال وقوع دانسته شده است. در خصوص صحنه سنجی نتایج حاصله از روش به کار گرفته شده می‌توان به مواردی چون تحقق درست ترتیبات زمانی پیشران‌ها، اهمیت والای فضای سیاسی در هدایت جریان اصلی آینده بورس، ارقام احتمالی معتبر و ... را نام برد. تعقیب سناریوهای ایده‌آل و توصیف هر یک از سناریوهای خوش‌بینانه، بدبینانه و فاجعه در درخت به همراه تحلیل حساسیت‌ها و تفسیر سیگنال‌های راهنما در فهم و ساخت آینده به شدت راهگشا خواهد بود و نقشه وضعیت یا رادار مناسبی برای آینده مهیا می‌سازد.

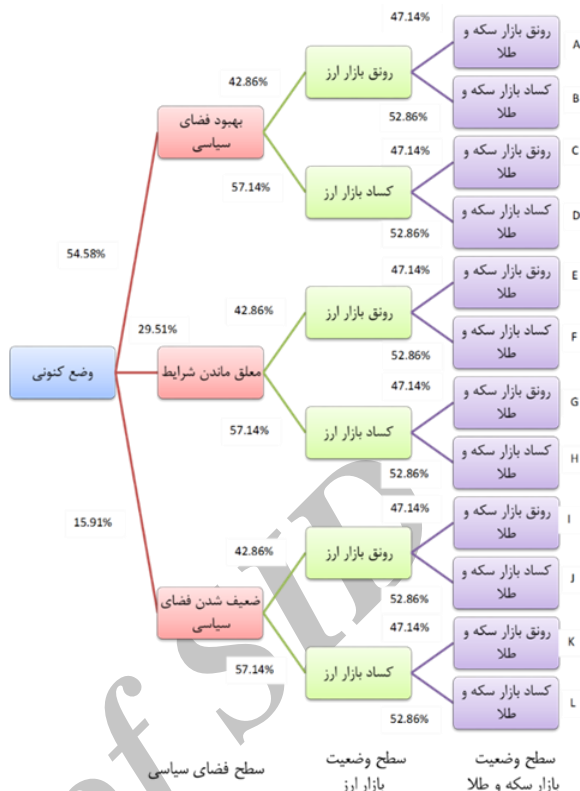
کارشناسان به منظور عدم هدایت جریان بازار بوده است. در نهایت برای ملموس و غیرپیچیده بودن نتایج از تکنیک اتخاذ شده ضمن تأمین دقت فرایند سناریوپردازی از بین ۱۴ فاکتور معین شده، فقط ۳ عامل اصلی آن طبق نظر کارشناسان در قالب متغیر به کار گرفته شد و وارد مراحل بعدی شد (البته شایان ذکر است که در ابتدا ۴ عامل و نهایتاً ۳ عامل انتخاب شدند). ذکر این نکته حائز اهمیت می‌باشد که قبل از اولویت سنجی عوامل، برای تدقیق اطلاعات به ادغام و کامل کردن بعضی از آنان در زیرمجموعه عوامل کلان دیگری مبادرت شد. سرانجام سه متغیر کلیدی که با چنین رویکردی به منظور سناریونویسی وضعیت بورس تهران به روش درخت احتمالات پیشنهاد و مورد بررسی قرار داده شد از موارد زیر تبعیت می‌کنند:

- ۱) بازار ارز (بعنوان بازار رقیب)
 - ۲) بازار سکه و طلا (بعنوان بازار رقیب)
 - ۳) فضای سیاسی و ثبات تصمیم‌گیری (متغیری که خود شامل مولفه‌هایی از جمله قوانین حمایتی و نظارتی بر بازار سرمایه، اثر سیاسی تحریم‌های تحمیل شده، تصمیم‌گیری‌های خرد و کلان اقتصادی و سیاسی دولت و ... می‌باشد)
- با مشخص شدن پیشران‌های کلیدی و عناوین موضوعی و احتمالی تغییرات آنان به تدوین پرسشنامه‌ای برای ترتیب‌بندی زمانی (گام چهار، پنج و شش در روش) و وضعیت احتمالات شرطی متغیرها پرداخته شد که میان ۱۴ کارشناس شرکت بورس و تعدادی از کارگزاران معتبر و فعال در این حوزه توزیع یافته و نهایتاً تحلیل شد. جدول ۳ نتایج توصیفی حاصل از پاسخ به پرسشنامه‌ها را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که در آن هنگام و با توجه به روندهای محیطی و مذاقه به هنگام آنان توسط پاسخ دهندگان، تغییر و تحول در و فضای سیاسی زودتر از سایرین اتفاق خواهد افتاد. بازار ارز و بازار سکه و طلا به ترتیب دیرتر دچار تغییرات ساختاری متصور شده برای آنها خواهد شد. در این سوال هدف این بود که از بین ۳ عامل فوق کدام یک زودتر از بقیه نسبت به وضع کنونی تغییری مبرهن و ساختاری خواهد کرد.

کرده‌اند که از جمله آنان درخت رویدادها، درخت خطاها و درخت سناریوها می‌باشد. درخت سناریو تاکنون بیشتر در روش‌های تصمیم‌گیری، بهینه‌سازی و برنامه نویسی (Pardalos, 2009) و همچنین حوزه‌های مدیریت ایمنی و ریسک بیشتر مطرح می‌شود. به طور مثال درخت احتمالات به عنوان راهکاری در مشکلات تصمیم‌گیری پورتفولیوی^{۳۷} سرمایه‌گذاری در پژوهش ونگ^{۳۸} به کار برده شده است و از رویکرد درخت سناریوی خوشه بندی شده برای انطباق پارامترهای غیردقیق و پابرجایی^{۳۹} درخت سناریو استفاده کرده است (Wong, 2013). لیندگرن (۲۰۰۳) در کتاب خود به روشی اتخاذ شده توسط کارشناسان یک صنعت غذایی اشاره می‌کند. وی اینطور می‌نویسد که یک شرکت صنعت غذایی قصد داشت احتمالات جدید کسب و کار به منظور پاسخگویی تقاضا و عادات تغذیه در آینده را شناسایی نماید. این شرکت بعد از مطالعه‌ای کامل روی روندها و شناسایی اساسی‌ترین آنان، گروهی از طراحان محصول و متخصصان بازاریابی را در یک کارگاه یک روزه گرد هم آورد. هدف این بود که روندها را به نوبت به منظور درک منطقی و پیامدهای عمیقتر آنها، مورد بررسی قرار دهند و برای اینکه بتوانند به کل موقعیت اشراف یابند، از درخت پیامد^{۴۰} (مانند درخت سناریو) برای مستندسازی یافته‌ها استفاده کردند. پس از تنظیم درخت، فرایند خلق ایده برای محصول شروع شد (Lindgren & Bandhold, 2003).

لیست^{۴۱} در پایان‌نامه دکتری خود به توسعه روشی فراتر از روش‌های متعارف سناریوپردازی اشاره کرده و آن را با عنوان "نگاشت شبکه سناریو"^{۴۲} معرفی کرده است. در این شبکه که متشکل از درخت‌های احتمالی رویداد^{۴۳} است، سناریوها معطوف به ساختار و مسیره‌های موجود در این شبکه بوده و فضای مصور و جامعی از آنان همانند روش درخت احتمالات سناریو مشخص می‌شوند. این روش هم مبتنی بر نظر خبرگان پایه ریزی شده است (List, 2007).

در این تحقیق نیز با بهره‌گیری از محاسبات احتمالی و شرطی خبرگان-پایه، درخت سناریوها به عنوان روشی برای ساخت و پردازش سناریوها مطرح شده و نظم



شکل (۸) درخت احتمالات سناریوهای احتمالی آینده بورس تهران (۵ساله - خبرگان پایه)

جدول (۴) احتمال وقوع سناریوهای ۵ سال آینده بورس تهران به روش درخت احتمالات

سناریو	احتمال وقوع (گرد شده با دو رقم اعشار)
A	۱۱٪
B	۱۲٪
C	۱۵٪
D	۱۶٪
E	۶٪
F	۷٪
G	۸٪
H	۹٪
I	۳٪
J	۴٪
K	۴٪
L	۵٪

۴- بحث و نتیجه گیری

به طور کلی درخت‌ها به منظور یادگیری ثمربخش، محاسبات منطقی، تفهیم و ارائه نتایج بسیار کاربرد پیدا

فهرست منابع

- ۱) ایوبیان، م.، واقفی، ا. (۱۳۹۳). مبانی احتمالات و آمار مهندسی. تهران: ترمه.
- ۲) برومند کاخکی، ا.، عباسی، ع.، بهرامی، م. (۱۳۹۳)، ۴ (۱۲). سناریونویسی به روش درخت احتمالات. سومین همایش ملی آینده پژوهی. تهران: شرکت یادگار درخشان آریا.
- ۳) خوش دهان، ع. (۱۳۸۸). آینده پژوهی با تکنیک سناریوسازی (جلد ۱). تهران: مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.
- ۴) عطاری، م.، طاعتی، م.، علمداری، ش.، بهرامی، م. (۱۳۹۳). روش های آینده نگاری. تهران: نشر رویش.
- ۵) محمودزاده، ا.، شاکریان، ش.، شاهقلی قهفرخی، ز. (۱۳۹۳). روش های تحلیل آینده با رویکردی راهبردی (جلد ۵). اصفهان: انتشارات علم آفرین.
- 6) Bishop, P., Hines, A., & Collins, T. (2007). The current state of scenario development: an overview of techniques. *foresight*, 9(1), 5-25.
- 7) Buckley, J., & Dudley, T. (1999). How Gerber used a decision tree in strategic decision-making. Los Angeles: Graziadio Business Review. Retrieved from <http://gbr.pepperdine.edu/993/tree.html>
- 8) Covaliu, Z., & Oliver, R. (1995). Representation and solution of decision problems using sequential decision diagrams. *Management Science*, 41(12), 1860-1881.
- 9) Curry, A., & Schultz, W. (2009). Roads Less Travelled: Different Methods, Different Futures. *Journal of Futures Studies*, 13(4), 35-60.
- 10) Dash Optimization Ltd. (2006, March 27). Xpress-SP Reference manual. Royal Leamington Spa, Warwickshire, England.
- 11) Gee, K., Greenwood, K., Ogilvy, J., & Schwartz, P. (1991). Probabilities: Help or Hindrance in Scenario Planning? *Deep News Glob Bus Netw*, 2(4), 199.
- 12) Godet, M. (1976). Scenarios of Air Transport Development to 1990 by SMIC 74 - A New Cross-Impact Method". *Technological Forecasting and Social Change*, 9(3), 279-288.
- 13) Grienz, V., Hausicke, M., & Schmidt, A.-M. (2014). Scenario development without probabilities — focusing on the most important scenario. *Eur J Futures Res*, 15-27.
- 14) Lindgren, M., & Bandhold, H. (2003). *The Scenario Planning; The Link between Future and Strategy*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

جدیدی به خوانش سناریو بخشیده است. کاربرد این روش در پژوهش حاضر، به عنوان ابزار سناریونویسی و سناریوپردازی در زمینه مطالعات آینده و آینده نگاری به صورت روش مند مذاقه شده است. امکان بررسی لحظه به لحظه یا گره به گره در طول زمان به سمت آینده، شناسایی Milestone ها و دستیابی به میزان انحراف از سناریوهای مطلوب از سایر جذابیت های این روش شمرده می شود. از این رو می توان گفت روش آینده پژوهی پس نگری کاملاً در جهت عکس روش حاضر به نتیجه گیری می پردازد (از آینده به حال). این در حالی است که می توان با ترغیب اذهان خبرگان به ساخت آینده های هنجاری^{۴۴}، اجرای روش را طوری تنظیم نمود که در مرحله شناسایی وضعیت های احتمالی هر پیشران (گام دو) متغیرها و حالاتی نیز لحاظ شوند تا به سناریوهای هنجاری و نه صرفاً اکتشافی^{۴۵} منجر شود.

از نقطه نظر ترکیبی و طبق نظر جی^{۴۶} و همکاران وی، هر سناریوی تنظیم شده با همان کمیت و کیفیت متصور شده، به خاطر شدت بالای تحولات و تغییرات، احتمال کمی برای وقوع داشته (Gee et al, 1991)، اما بسیاری از آنان می توانند برای واکنش سازنده در آینده، در بهبود قدرت پردازش یاریگر بوده و تصمیم های حکیمانه از سوی صاحب نظران را منتج سازد. در واقع اعداد و محاسبات احتمالی این روش کاملاً قطعی نبوده ولی بینشی را که نتایج این روش می تواند برای تصمیم گیری و تصمیم سازی ایجاد نماید، مفید و ارزش مند خواهد بود.

در نهایت باید اذعان داشت که این روش برای توسعه سناریوها و سناریوپردازی روشی زود بازده و نسبتاً آسان بوده که نقشه وضعیت جامعی را در اختیار سیاست گذاران و برنامه ریزان می گذارد. هر مسیر از گره ریشه ای تا گره انتهایی آن یک سناریو بوده که می توان با توجه به توالی رویدادهای تنظیم شده به خوبی نسبت به برنامه ریزی بر پایه فرض^{۴۷} و برنامه ریزی بر پایه سناریو^{۴۸} اقدام نمود.

۵- یادداشت‌ها

1. Peter Bishop
2. judgment
3. Baseline
4. Elaboration of Fixed Scenarios
5. Event Sequences
6. Backcasting
7. Dimensions of Uncertainty
8. Cross-Impact Analysis
9. Systems Modeling
10. S. Millett
11. Eidos
12. Parmenides Foundation
13. Bayes' Theorem
14. stochastic programming
15. scope
16. Scenario Development
17. possible
18. probable
19. preferable
20. uncertainty
21. Peter Schwartz
22. Environmental Scanning
23. megatrend
24. Critical Uncertainties
25. Goodness of Fit Test
26. Wildcards
27. Expert-based
28. Cross Impact Analysis (CIA)
29. trend-based
30. divergent
31. Symmetric Tree
32. Tree with trap stages
33. aggregated
34. Siblings
35. update
36. واقع در ستاد مرکزی بورس اوراق بهادار تهران (خیابان حافظ)
37. Portfolio
38. Man Hong Wong
39. robustness
40. Consequence Tree
41. Dennis List
42. Scenario Network Mapping (SNM)
43. event tree
44. normative
45. explorative
46. Gee
47. Assumption-based Planning
48. Scenario-Based Planning
- 15) Lisewski, M. (2002). Project Proposal Influence Diagrams in Think Tools. Munich: Think Tools.
- 16) List, D. (2007). Scenario Network Mapping. *Journal of Futures Studies*, 11(4), 77-96.
- 17) Millett, S. (2003). The future of scenarios: challenges and opportunities. *Strategy & Leadership*, 31(2), 16-24.
- 18) Pardalos, P. M. (2009). Optimization in the Energy Industry. (J. Kallrath, P. M. Pardalos, S. Rebennack, & M. Scheidt, Eds.) Berlin: Springer.
- 19) Ross, S. (2012). A First Course in Probability (9 ed.). Harlow: Pearson.
- 20) 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.
- 21) Wong, M. H. (2013). Investment models based on clustered scenario trees. *European Journal of Operational Research*.
- 22) 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.
- 23) Dueker, M. (2005). Dynamic forecasts of qualitative variables: a Qual VAR model of US recessions. *Journal of Business & Economic Statistics*, 23(1), 96-104.
- 24) 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.
- 25) Heitsch, H., & Römisch, W. (2009). Scenario tree modeling for multistage stochastic programs. *Mathematical Programming*, 118(2), 371-406.
- 26) Kamstra, M., & Kennedy, P. (1998). Combining qualitative forecasts using logit. *International Journal of Forecasting*, 14(1), 83-93.
- 27) Montreuil, B., & Laforge, A. (1992). Dynamic layout design given a scenario tree of probable futures. *European Journal of Operational Research*, 63(2), 271-286.