تکنیک آنالیز تاثیر بر روند (TIA) نقطه تلاقی تکنیک‌های کمی و کیفی پیش‌بینی (با مثالی در زمینه آینده‌پژوهی انرژی)

محمدرضا تقوا[1] ـ یاسر علیزاده [2]

چکیده

با استفاده از روش آنالیز تاثیر بر روند، الگویی برای استفاده همزمان از داده‌های تاریخی ـ کمی و تحلیل‌های کیفی خبرگان فراهم می‌آید. هر یک از تکنیک‌های کمی یا کیفی پیش‌بینی دارای معایبی می‌باشند که این تکنیک با اعمال تاثیر تکنیک‌های کیفی پیش‌بینی بر نتایج بدست آمده از تکنیک‌های کمی، سعی بر انطباق بیشتر نتایج پیش‌بینی با واقعیت دارد. این تکنیک را می‌توان در تمامی زمینه‌هایی که پیش‌بینی آینده متغیرهای پیچیده‌ای همچون قیمت، عرضه، تقاضا و غیره در آن مهم است، بکار گرفت. داده‌های مرتبط با انرژی به لحاظ حجم، قابلیت کاربرد در روش‌های بدون غافلگیری همچون سریهای زمانی و خطوط روند را دارا می‌باشد و البته از سوی دیگر بدلیل اهمیت خاص موضوع، کارشناسان بسیاری به گمانه‌زنی‌ها و پیش‌بینی‌های کیفی در زمینه آینده پژوهی آن مشغولند. با استفاده از این دو مزیت آنالیز تاثیر بر روند به‌عنوان مدل مناسبی برای تخمین داده‌های آینده پیشنهاد شده و چگونگی اجرا و به‌کارگیری آن بررسی می‌گردد. تمرکز روی نحوه پیاده‌سازی روش

۱. دکترای مدیریت سیستم‌های انرژی از دانشگاه دولتی رن فرانسه، عضو هیات علمی دانشکده مدیریت دانشگاه علامه طباطبایی Taghva@Ma-atu.ir

۲. لیسانس صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی، دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت تکنولوژی دانشگاه علامه طباطبائی، Alizadeh.Yasser@Gmail.Com

استوار است و مثال‌های ارائه شده تنها برای وضوح بیشتر مفهوم می‌باشد و بر صحت آنها تاکیدی نیست.

واژه‌های کلیدی: آنالیز تاثیر بر روند، تکنیک‌های کمی، تکنیک‌های کیفی، آینده‌پژوهی انرژی، طراحی سیستم نرم افزاری.

مقدمه

همواره میان دو گروه از کارشناسان زمینه پیش‌بینی و آینده‌پژوهی اختلاف‌نظر وجود داشته وچه بسا همچنان وجود دارد که آیا روشهای کمی و متکی بر داده‌های تاریخی ارائه دهنده تخمین‌های مناسبی از آینده می‌باشند یا روشهای کیفی و مبتنی بر قضاوت. روش‌های کمی را اغلب روش‌های بدون غافلگیری (Surprise-Free) نیز می‌نامند زیرا تنها با استفاده از داده‌های تاریخی مربوط به رخدادهای بوقوع پیوسته در گذشته اقدام به پیش‌بینی آینده می‌کنند و بصورت ضمنی اگر رخدادی در آینده بوقوع بپیوندد که سابقه تاریخی نداشته باشد روش‌های کمی توانایی پیش‌بینی تاثیرات آنها را بر روند موجود ندارند.

متد آنالیز تاثیر بر روند (Trend Impact Analysis) که توسط تئودور جی گوردون (Theodore Jay Gordon, 1994) ارائه شده است روش مناسبی برای نوعی از ترکیب بین روشهای عددی و کیفی ارائه می‌دهد. این روش با پایه قرار دادن خروجی روش‌های‌عددی، تحلیل خود را روی رخدادهای قابل وقوع درآینده ـ از دید کارشناسان ـ و احتمال و شدت اثر آنها استوار می‌سازد. و پس از کمی کردن این قضاوتهای کیفی، نتایج را بر پیش‌بینی‌های اولیه تاثیر می‌دهد. در این میان زمینه‌هایی همچون انرژی و از جمله نفت و قیمتهای آن مورد بسیار مناسبی برای بکارگیری این روش می‌باشند. میزان بالای داده‌های تاریخی که شرط لازم استفاده از روش‌های کمی همچون سریهای زمانی، خطوط روند و تکنیک‌های اقتصادسنجی می‌باشد و نیز میزان قابل قبولی از آینده پژوهی‌ها در حوزه نفت، بستر مناسبی برای پیاده‌سازی اجرای این مدل فراهم می‌نماید.

در این مقاله سعی می‌گردد به معرفی تکنیک TIA و ویژگیهای آن پرداخته شود، معایب و مزایای آن بازگو شود و چگونگی بکارگیری آن در زمینه نفت بررسی گردد.

روش‌های کمی در مقابل روش‌های کیفی

پیش‌بینی، علمی است که درصدد بررسی آینده و احتمال وقوع اجزاء و وقایع تشکیل

دهنده آن است. و از همین جاست که تفاوتی محسوس با پیشگویی پیدا می نماید; پیش بینی با احتمال و عدم قطعیت همراه است اما با روش های منطقی-علمی یا بنیانهای فلسفی شکل می یابد حال آنکه پیش گویی ها از پارادایمی دیگر بهره می جویند.

اما منطقی‌بودن و علمی‌بودن نیز پیش‌بینی را به دو مسیر متفاوت رهنمون کرده است. اول بهره‌گیری از دانش گذشته و حال، تعیین الگوها، فرآیندها، الگوریتم‌ها و چارچوبهای تغییر و سپس پیش‌بینی آینده. این رویکرد با اتکاء بر داده‌های گذشته تنها تلاش می‌کند تا الگوی جریان یا تغییر درست را بیابد و آنگاه آینده را با دقت بالا پیش‌بینی نماید. از تکنیک‌های متعلق به این رویکرد می‌توان به‌همه تکنیک‌های اقتصادسنجی، خطوط روند (خطی، نمایی، چند جمله‌ای، لگاریتمی، توانی و...)، سریهای زمانی (مدلهای رگرسیون، میانگین متحرک، ARMA،ARIMA و ...) اشاره نمود. تمامی این روش‌های پیش‌بینی در زمره روش‌های بدون غافلگیری قرار می‌گیرند، بدین معنی که هیچ‌گاه انتظاری برای رخ دادن وقایعی که در گذشته اتفاق نیفتاده است، ندارند و همواره آینده را مطابق الگوهای گذشته پیش‌بینی می‌نمایند.

در مقابل، دیدگاه دیگر، رویکرد کیفی است. این رویکرد بر این باور است که در بسیاری از زمینه‌های علمی مقدار پارامتر پیش‌بینی، وابسته به تعداد بسیار زیادی فاکتور است که هم شناخت همه آنها امکان‌پذیر نیست و هم از الگوی جامع و دقیقی تبعیت نمی‌نمایند. بر این اساس پیش‌بینی با روش‌های کمی نمی‌تواند پاسخگوی این زمینه‌ها باشد. تکنیک‌های پیشنهادی در این رویکرد همگی انسان را و ذهن و شناخت او از دنیای پیرامون را اساس پیش‌بینی خود قرار می‌دهند. تکنیک‌هایی چون پنل (Panel)، اجماع (Consensus)، توفان مغزی (Brain-Storming)، دلفی (Delphi) و سناریو (Scenario) از تکنیک‌های شناخته شده این رویکرد می‌باشند. آنچه مشخص است در این رویکرد نیز افراد ـ که عموماً نیز از خبرگان زمینه مورد پیش‌بینی هستند ـ از داده‌های تاریخی مرتبط استفاده می‌جویند و با شناخت خود از الگوهای پیشین اعمال برخی ملاحظات و دیدگاههای شخصی آینده‌ای را متصور می‌شوند. لیکن خرده‌ای که از جانب رویکرد اول می‌توان بر این تکنیک‌ها گرفت آن است که حتی در فاز اول این فرآیند نیز از تکنیک‌های دقیق استفاده نمی‌شود بلکه «شهود»[1] شکل‌دهنده اصلی آن است.

اصولا صحت سنجی روش‌های کیفی با روش‌های کمی متفاوت است و آن نیز

1. Intuition

بدلیل فلسفه وجودی این روش‌هاست. روش‌های کیفی قائل به وجود یک خردجمعی هستند، بدین معنی که مجموع تفکر افراد بشر می‌تواند بطور نسبی مسیر صحیح یا انتخاب ارجح را نمایش دهد و در واقع نظر مجموعه‌ای از افراد خود می‌تواند نقطه اتکایی بر صحت یک نظر باشد. اگر این فلسفه و رویکرد را بپذیریم می‌توان چنین نتیجه گرفت با افزایش تعداد افراد صحت خروجی نظرات افزایش می‌یابد یا حداقل قابل اتکاتر خواهد بود. به‌همین دلیل در روش‌های نوین آینده نگاری[1] بسیاری تحقیقات راه‌گشا در زمینه پیش‌بینی آینده تنها بر مبنای دید و شهود تعداد کثیری از صاحب‌نظران رشته‌های مختلف انجام می‌پذیرد. از آن جمله می‌توان به آینده‌نگاریهای ملی ژاپن، آلمان و انگلیس اشاره نمود. به عنوان مثال در هفتمین آینده‌نگاری ژاپن که در سال ۲۰۰۰ انجام شد، تعداد ۳۱۰۶ متخصص در ۱۶ زمینه فناوری به پیش‌بینی آینده پرداختند، اگرچه این پیش‌بینی‌ها هرگز بر روندهای کمی و ریاضی مبتنی نبوده‌اند اما توانسته‌اند تا حد مطلوبی به پیش‌بینی‌های نزدیک به واقع راجع به آینده بپردازند.

هدف تکنیک TIA نزدیک کردن این دو رویکرد به یکدیگر خواهد بود. در فاز اول تا آنجا که می‌توان بر تکنیک‌های کمی تکیه می‌شود و سپس خروجی‌های بدست آمده بر اساس آینده‌نگریها و شهود شخصی خبرگان فن، مورد تحلیل و تاثیر نتایج قرار می‌گیرد تا هم ایراد غیردقیق بودن روش‌های کیفی را پاسخ دهد و هم انعطاف تکنیک‌های کمی را به وقایع و رخدادهای بدون پیشینه تاریخی افزایش داده و از حالت بدون غافلگیری خارج نماید.

تاریخچه روش آنالیز تاثیر بر روند

آنالیز تاثیر بر روند (TIA) در اواخر دهه ۱۹۷۰ برای پاسخگویی به سئوالی ویژه و غامض در تحقیقات آینده، توسعه داده شد. روشهای کمی که بر پایه داده‌های تاریخی بودند، پیش‌بینی‌هایی از طریق برونیابی داده‌های مشابه برای آینده تولید می‌کردند، اما این روشها تاثیر وقایع بدون سابقه قبلی را در آینده نادیده می‌گرفتند.

این انتقاد تقریباً بر تمامی روشهای کمی که تنها بر پایه داده‌های تاریخی بنا شده‌اند نیز وارد می‌باشد، روشهایی شامل تکنیک‌های سریهای زمانی تا اقتصادسنجی. روشهای کمی، فرض را بر آن دارند که نیروهایی که در گذشته بر کار تاثیر داشته‌اند، بر کار در آینده نیز تاثیرگذار خواهند بود و واقعه‌ای که مغایر روابط گذشته باشد اتفاق نخواهد افتاد

1. Foresight

یا تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر کار نخواهد داشت. روشهایی که از اتفاقات محتمل آینده غفلت می‌کنند به تعمیم‌هایی بدون غافل‌گیری می‌رسند و بنابر این در اغلب موارد مطابق واقعیت نیستند.

در تولید یک TIA مجموعه‌ای از اتفاقات آینده که می‌توانند سبب تغییر در روندهای بدون غافل‌گیری در آینده شوند، مشخص می‌شوند. زمانیکه TIA مورد استفاده قرار می‌گیرد، یک پایگاه داده از وقایع بالقوه کلیدی، احتمالات و تاثیراتشان ساخته می‌شود.

این‌روش در۱۹۹۴ توسط تئودور جی گوردن[1] (Theodore Jay Gordon) بصورت نظام‌یافته مطرح گردید و تاکنون موارد کاربرد زیادی داشته است. حداقل یک سرویس اطلاعات بازرگانی، پیش‌بینی‌هایی را برای بازارهای دارویی و آینده مراقبت‌های بهداشتی و سلامتی در ایالات متحده، با استفاده از این روش‌تولید می‌کند. بعلاوه پیش‌بینی‌هایی با ابزار TIA توسط اداره پرواز فدرال، دفتر پیگیری فدرال، بنیاد ملی علوم، دپارتمان انرژی، دپارتمان حمل و نقل، ایالت کالیفرنیا و دیگر آژانس‌های آمریکا، انجام گرفته است.

تشریح روش

آنالیز تاثیر بر روند، روشی برای پیش‌بینی است که به ما کمک می‌کند تا برونیابی روندهای تاریخی را با توجه به انتظاراتمان از وقایع آینده تغییر دهیم. این روش به تحلیلگری که علاقه‌مند به پیگیری یک روند خاص می‌باشد، اجازه می‌دهد تا نقش و تاثیر وقایع ممکن آینده را که به نظر او مهم می باشند، به حساب آورده و آزمایش نماید. وقایع می‌توانند شامل موارد تکنولوژیکی، سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و تغییرات تاثیرگذار بر قیمت باشند. برای مثال، مدیری را در نظر بگیرید که به پیگیری قیمت مواد اولیه‌ای که از کشورهای دیگر برایش حمل می‌شوند، علاقه‌مند است. یک برونیابی از داده‌های تاریخی در دسترس، مطمئناً می‌تواند برای یک پیش‌بینی، مورد استفاده قرار گیرد، لیکن ممکن است مدیر احساس کند که بسیاری از شرایط و احتمالات، یک برونیابی روند گذشته را غیرواقعی می‌کند. TIA روشی است که عواقب وقایع آینده را روی این روند، تحلیل می‌کند.

---

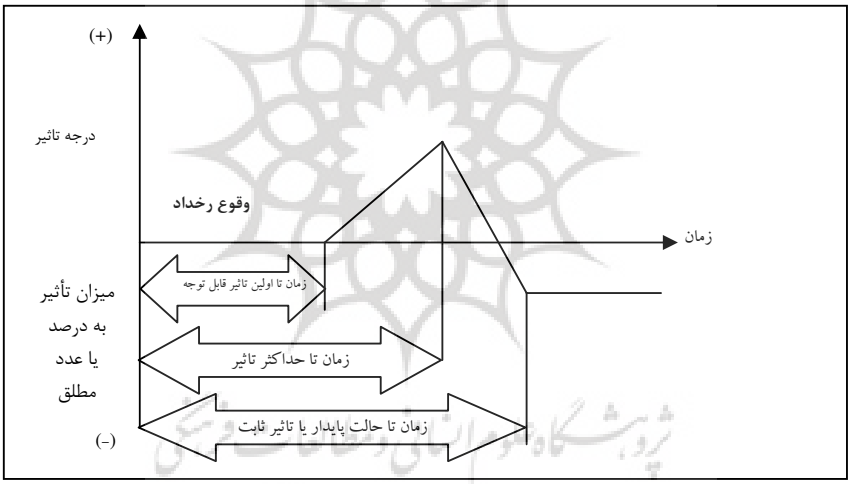
۱. تئودور جی گوردن استاد دانشگاه United Nations University (UNU) و متخصص پیش بینی آینده می باشد. وی همچنین عضو ارشد و از بنیانگذاران پروژه هزاره سازمان ملل می باشد. وی همچنین بنیانگذار و رئیس گروه آینده (Futures Group) از سال ۱۹۷۱ می‌باشد.

در این بین توجه به دو نکته مهم ضروری می باشد:

۱. منحنی که بر داده‌های تاریخی منطبق شده است تا روند آینده را محاسبه کند، هیچگاه واقعه‌ای را که در گذشته اتفاق نیفتاده است، در آینده مشخص نمی‌نماید؛ و

۲. قضاوت افراد خبره مورد استفاده قرار می‌گیرد تا مجموعه‌ای از وقایع محتمل آینده شناسایی شوند که اگر اتفاق افتند، می‌توانند سبب انحراف از برونیابی داده‌های تاریخی شوند. برای هر اتفاق، خبرگان درباره احتمال وقوع آن و میزان تاثیرات مورد انتظار در صورت وقوع، قضاوت می‌کنند. از یک اتفاق با تاثیر زیاد انتظار می‌رود که روند را از مسیر اصلی خود ـ در جهت مثبت یا منفی ـ دور نماید. این مفاهیم در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

شکل ۱. پارامترهای عمومی تاثیر رخداد

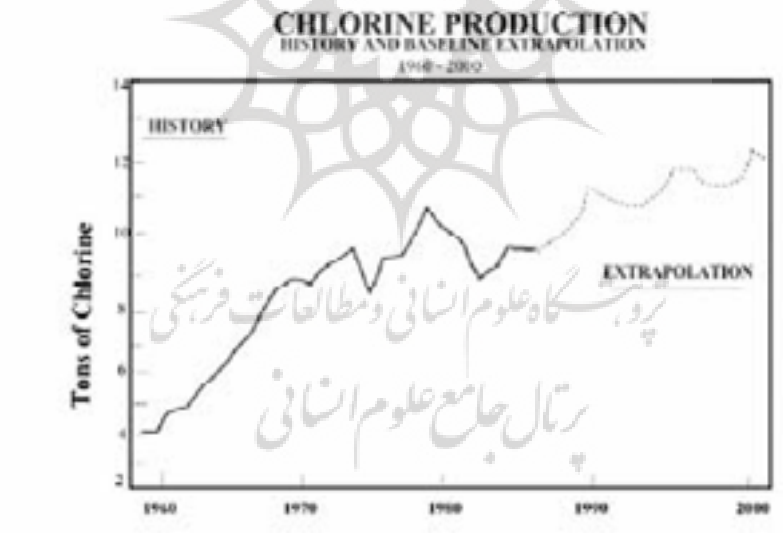


TIA یک ابزار نظام‌یافته برای ادغام برونیابی بدون غافلگیری با قضاوتهایی راجع به وقایع احتمالی آینده و تاثیرات وقوع آنها را فراهم می کند. برای مثال شکل ۲ داده های تاریخی برای تقاضای کلراین در ایالات متحده و یک برونیابی بدون غافلگیری از منحنی تاریخی آن را نمایش می‌دهد(Gordon, 1994). وقایع مهم اما بی‌سابقه می‌توانند بر این روند تاثیرگذار باشند. یکی از این وقایع می‌تواند تصویب قانونی فدرال باشد که استفاده از همه فلوروکربن‌ها را محدود می‌نماید. چنین تغییری می‌تواند منحنی تقاضا را به پایین کشد.

در واقع در این مثال یک برونیابی بدون غافلگیری فروش آینده را بالاتر تخمین می‌زند، طبعاً یک منحنی متاثر می‌تواند پیش‌بینی بهتری ارائه دهد.

برونیابی بدون غافلگیری اولین گام می‌باشد. اغلب روش‌های تطبیق منحنی، در ابتدا شکل کلی یک منحنی را برای تطبیق با یک مجموعه از داده‌های تاریخی معین می‌کنند و سپس، یک الگوریتم تطبیق منحنی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا بهترین منحنی که نزدیکترین فاصله را با داده‌های تاریخی دارد، انتخاب نماید. الگوریتم سپس منحنی را برای تولید یک پیش‌بینی بدون غافلگیری برونیابی می‌کند. انتخاب شکل منحنی عمومی می‌تواند سخت باشد. برای مثال، دو شکل منحنی متفاوت که هر دو با داده‌های تاریخی به خوبی منطبق هستند، بطور محسوسی برونیابی های متفاوت تولید می‌کنند. بنابراین، انتخاب شکل منحنی از قبل سرنوشت پیش‌بینی‌های بدون غافلگیری را مقدر می‌سازد. در عمل تعداد زیادی از انواع گوناگون منحنی‌ها برای تطابق با داده‌های تاریخی مورد استفاده واقع می‌شوند، از خط مستقیم گرفته تا منحنی‌های S- شکل پیچیده.

شکل ۲.تولید کلراین



چگونگی پیاده‌سازی روش آنالیز تاثیر بر روند

مرحله اول تخمین بوسیله روشهای مبتنی بر داده‌های تاریخی همچون سریهای زمانی، روشهای اقتصاد سنجی و یا خطوط روند می‌باشد.

مرحله دوم تهیه لیستی از وقایع محتمل‌الوقوع در آینده است که در صورت وقوع پیش‌بینی‌های کمی را دچار تاثیر نموده و منحرف می‌نمایند. این مرحله را می‌توان با تمامی ابزارها و روش‌های کیفی همچون اجماع، دلفی، توفان مغزی و غیره اجرا نمود. در این مرحله ابتدا باید لیست اولیه‌ای از رخدادها تشکیل شود و سپس می‌توان طی مراحلی به غربالگری برخی وقایع پرداخت و آنهایی را که مورد توافق بیشتر جمع می‌باشند انتخاب نمود. در ضمن باید به رابطه بین رخدادها، همراستایی، همبستگی و یا هرگونه ارتباط دیگر رخدادها با یکدیگر توجه کافی مبذول شود. این مرحله با ابزاری چون اجماع فقط با یک بار بررسی به انجام می‌رسد، اما در تکنیکی چون دلفی با چندین بار تعدیل و اصلاح می‌توان انتظار نتایجی منسجم‌تر و منطبق بر واقع را داشت. پس از انتخاب رخدادها گام بعدی تعیین میزان تاثیر هر رخداد بر روندها و الگوهای پیش‌بینی موجود است. این گام نیز همانند گام قبلی و با جمع‌آوری نظرات خبرگان و همفکری نهایی آنان صورت خواهد پذیرفت.

در واقع قضاوت و تصورات برای گام دوم TIA بسیار حساس و حیاتی هستند. در این مرحله، برنامه، برونیابی بدون غافلگیری را برای پاسخگو شدن به وقایع مهم اما بی‌سابقه آینده، تغییر داده و تکمیل می‌نماید. لیست وقایع باید باورکردنی باشد، بالقوه تاثیرات قوی داشته باشد و با نگاه به گذشته قابل صحه‌گذاری باشد. منبع گردآوری این وقایع نوعاً ممکن است یک پژوهش ادبیات، یک مطالعه دلفی، یا یک اجماع غیررسمی در بین مشاوران باشد. وقایع انتخاب شده شامل یک موجودی از نیروهای بالقوه‌ای می‌شوند که ممکن است منجر به انحراف از یک آینده بدون غافلگیری شوند.

راجع به هر اتفاق چندین قضاوت انجام می‌شود. ابتدا، احتمال وقوع هر رخداد به صورت تابعی از زمان تخمین زده می‌شود. دوم، تاثیر هر واقعه بر روی روند تحت مطالعه تخمین‌زده می‌شود. می‌توان تاثیرات را به طرق مختلف معین نمود؛ یکی از این فرآیندها مشخصات زمان (شکل ۱ را ببینید) را درگیر می‌کند، از لحظه وقوع رخداد تاثیرگذار تا زمانیکه:

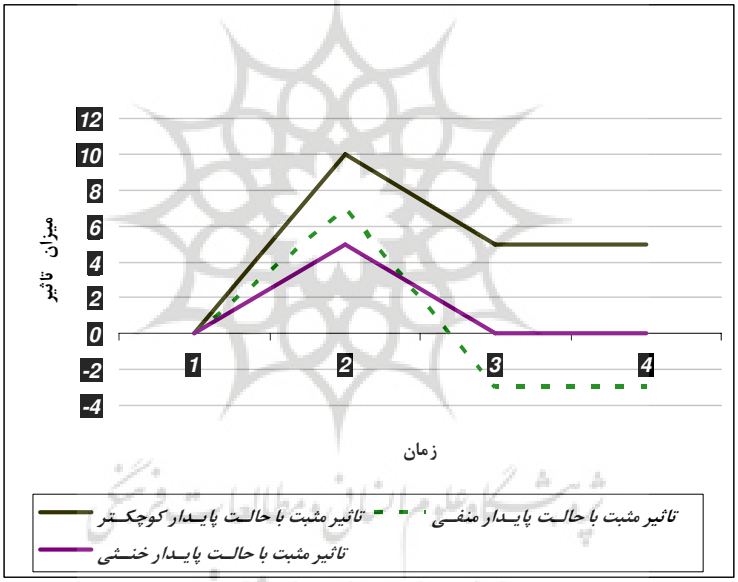
۱. روند شروع به متاثر شدن نماید؛
۲. تاثیر بر روند در بیشترین مقدار گردد؛ یا
۳. تاثیر به یک نقطه پایان یا سطح پایدار برسد.

یا اندازه و بزرگی:

۱. بزرگترین تاثیر؛ یا
۲. تاثیر حالت پایدار باشد.

هر یک از سه زمان معین شده و ۲ بزرگی تاثیر مرتبط با آنها کاملاً مستقل در نظر گرفته می‌شوند. برای مثال، حداکثر تاثیر ممکن است مثبت باشد و تاثیر پایدار منفی و یا تاثیر پایدار صفر باشد و تاثیر فقط موقتی وجود داشته باشد. و در آخرحداکثر تاثیر ممکن است همانند تاثیر پایدار باشد یا نه. در زیر برخی ترکیبات مرسوم از انواع حالات مختلف نمایش داده شده است.

شکل ۳. انواع ترکیبات مهم بیشترین تاثیر و حالات پایدار



در حالات نمایش داده شده فوق تنها مواردی که دارای بیشترین تاثیر مثبت می‌باشند نمایش داده شده‌اند، موارد دارای بیشترین تاثیر منفی نیز همانند شکل فوق اما قرینه نسبت به محور زمان می‌باشند.

برنامه کامپیوتری TIA برای تولید یک برونیابی موجه، تاثیرات قضاوت‌های احتمالی وقایع را با نتایج برونیابی بدون غافلگیری ادغام می‌کند. این تحلیل‌ها نوعاً شامل تخمین‌های بالاتر و پایین‌تر محدوده‌های چارک و یا محدوده‌های با سطوح احتمالی دیگر

می‌شوند. ارزش انتظاری تاثیرات ترکیب‌شده، با جمع نمودن حاصلضرب احتمالات تاثیرگذار برای هر سال در بزرگی تاثیرات مورد انتظار آنهایی که امکان‌پذیر هستند بدست می‌آید تا تاخیرهای تاثیر مشخص شده را پاسخگو نماید. راحت‌ترین رویکرد، با وقایع بطور مستقل برخورد می‌کند. وقتی که وقایع زوج هستند ـ وقوع یکی در احتمال وقوع دیگری موثر است ـ رویکرد تاثیر متقابل می‌تواند قسمتی از حل مساله باشد.

اختلاف پیش‌بینی تاثیر ـ تعدیل‌شده، مجموع اختلاف برونیابی روند (که با مربع خطای استاندارد تخمین اندازه‌گیری می‌شود) و اختلافات تاثیرات وقایع مرتبط (محاسبه شده از احتمالات وقایع) می‌باشد. دو پروسه می‌تواند برای تخمین چارک‌های بالاتر و پایین‌تر از پیش‌بینی سریهای زمانی منطبق شده مورد استفاده قرار گیرد. در رویکرد قدیمی‌تر، اولین چهار لحظه توزیع تاثیر مورد انتظار محاسبه می‌شوند و تابع پیرسون لحظاتی را که لحظات بدست آمده را بهتر تخمین می‌زنند، پیدا می‌کند. چارک‌ها سپس از جدول‌بندی تابع پیرسون انتخاب شده محاسبه می‌شوند. در یک حالت جدیدتر، چارک‌ها از متوسط انحرافات مثبت و متوسط انحرافات منفی از امید ریاضی، که هر کدام بطور جداگانه محاسبه شده‌اند، تخمین‌زده می‌شوند.

در زیر برای نمایش واضح تر تاثیرات رخدادها، تعدادی رخداد موثر بر تقاضای کلراین در ایالات متحده به همراه احتمالات وقوع هریک در ۳ سال و میزان شدت تاثیر آن بر روند استفاده می‌گردد. نقشه تقاضای کلراین در ایالات متحده در شکل ۲ با مجموعه وقایع لیست شده در جدول ۱ اصلاح خواهد شد. آنچه در جدول ۱ نشان داده شده است مقادیر احتمالات و حداکثر تاثیر مورد انتظار هر واقعه می‌باشد. انتخاب وقایع و احتمالاتشان بر مبنای قضاوت هستند. جایی‌که امکان‌پذیر است، تاثیرات را می‌توان بصورت تحلیلی استنتاج نمود اما به هر حال در اکثر موارد این کار بر مبنای قضاوت صورت می‌پذیرد، همانند آنچه برای مقادیر نشان داده شده در جدول ۱ نیز صورت پذیرفته است.

در انتها نرم افزار، میزان تاثیر و شدت اثر را برای هر سال بر روند انتخاب شده در مرحله اول اعمال می‌نماید. این امر سبب خواهد شد که مقداری بالاتر یا پایین‌تر از میانگین بدست آمده بوسیله خطوط روند حاصل گردد. شکل ۴ نمونه خروجی نرم‌افزار را برای تقاضای کلراین در ایالات متحده پس از اعمال وقایع جدول ۱ نمایش می‌دهد.

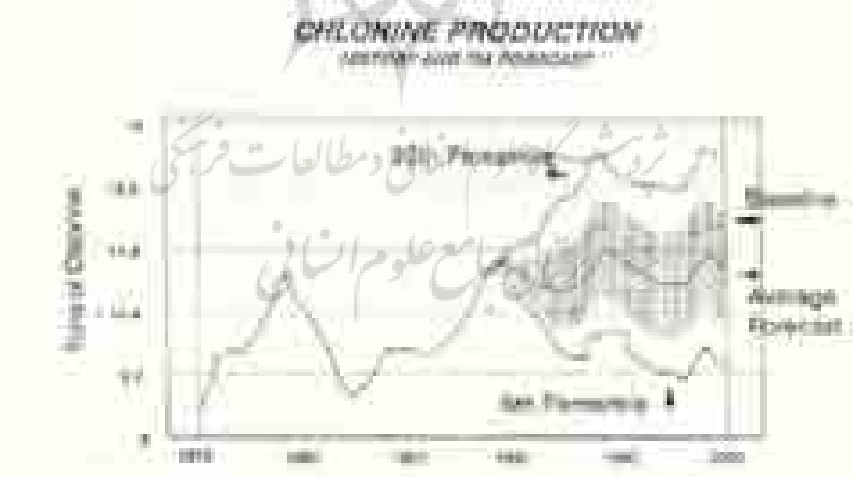
قیاس خط پایه با میانگین یا خروجی‌های با بیشترین احتمال نشان می‌دهد که چگونه

وقایع ترکیب شده اند تا تقاضای آتی کلراین راکاهش دهند. خروجی نهایی به دو صورت دامنه و یک خط میانگین اصلاح شده قابل تصور است. در هر صورت جواب نهایی مقادیری پایین تر از میزان پیش بینی شده توسط روش های عددی را نشان می دهد.

جدول۱. وقایع پیش بینی شده موثر بر تقاضای کلراین به همراه احتمال و میزان تاثیر هریک

Event No.	Event Description	Probab by 1990	Probab by 1995	Probab by 2000	Years to First Impact	Years to Maximum Impact	Maxim Impact %
1	Pulp and paper industry turns away from chlorine bleaching	10%	30%	70%	1	3	-10%
2	Cutback in the use of chlorofluorocarbons (CFCs)	90%	95%	99%	2	5	-5%
3	Health concerns lead to limited use of chlorosolvents	15%	30%	70%	0	1	-10%
4	Construction market for PVC expands rapidly	20%	40%	40%	1	2	15%
5	Superconductor development allows small membrane plants at point of use	1%	10%	60%	3	7	-10%

شکل ٤. خروجی نهایی نرم‌افزار برای تاثیر رخدادها بر روند موجود



آینده پژوهی در حوزه انرژی

حوزه انرژی یکی از زمینه‌هایی است که پیش‌بینی آینده ـ یا بطور کلی‌تر آینده‌پژوهی ـ در آن نقش مهمی دارد. پیش‌بینی میزان تقاضا، عرضه، قیمت و یا بسیاری روندهای دیگر تاثیر بسزایی در جهت‌گیری‌های تکنولوژیکی و اقتصادی آنها ایفاء می‌نماید.

نکته مهم آن است که تا به امروز اغلب تکنیک‌های مورد استفاده در چنین زمینه‌هایی رویکرد کمی و عددی داشته‌اند، هرچند که این تکنیک‌ها هم در جای خود ارزشمند و مفید بوده‌اند اما دارای نقص‌های غیرقابل انکاری نیز می‌باشند. اول آنکه تنها از گذشته بازخورد[1] می‌گیرند و ورودی نسبت به آینده پیشرو[2] ندارند. در واقع در بهترین حالات و مدلها، سیستم توانایی اصلاح دائمی خود را نسبت به داده‌های رخداده در گذشته دارد. این مربوط به زمانی است که مثلاً مدل مجهز به استفاده از الگوریتم‌هایی همچون شبکه‌های عصبی[3] است. و هرگز نمی‌توان مدل را نسبت به احتمال وقوع رخدادی در آینده که پیشینه وقوع ندارد، حساس نمود. دوم آنکه در دنیای امروز وقایع و رخدادها چنان بر هم موثر و مرتبط شده‌اند که ایجاد مدلی جامع و در برگیرنده تمامی این ارتباطات امر بسیار دور از ذهنی می‌نماید. اهمیت این موضوع زمانی بیشتر می‌شود که در حوزه‌ای همچون انرژی مشغول مطالعه باشیم که بدلیل حساسیت روز افزون آن در جهان، متاثر از بسیاری عوامل و فاکتورهای سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و غیره می‌باشد. این امر ما را بیشتر بدین سو رهنمون خواهد بود که باید راهی بجز روش‌های پیش‌بینی کمی صرف را بکار گیریم.

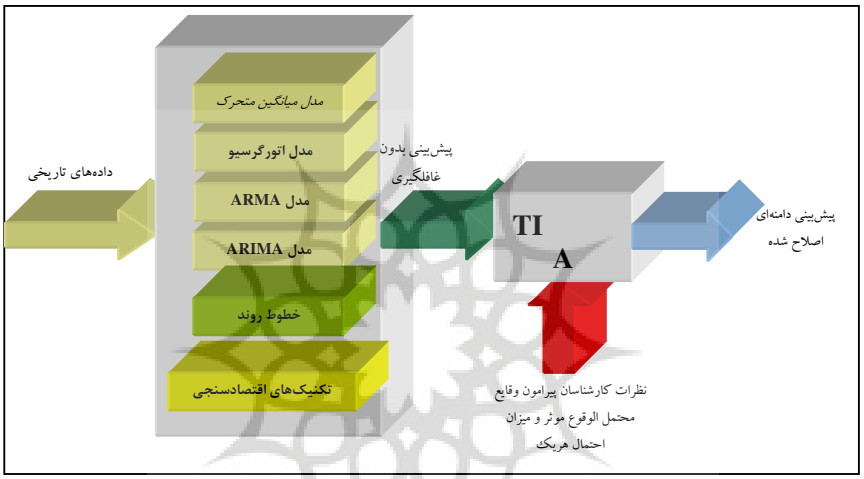
آنالیز تاثیر بر روند می‌تواند پلی باشد ما بین روش‌های کمی و کیفی و تا حد مطلوبی به رفع نقایص پیش گفته بپردازد. شکل ۵ نمایی شماتیک از نحوه عمل این تکنیک را نشان می‌دهد.

در شکل ۵ تنها برخی از مدلها و روش‌های پیش‌بینی کمی نام برده شده‌اند و می‌توان بجای آنها از هر روش پیش‌بینی دیگری نیز استفاده نمود. اصولا روش TIA اهمیتی به اینکه روش پیش‌بینی عددی چه بوده است نمی‌دهد زیرا تمامی آنها بر پایه اطلاعات تاریخی بنا شده‌اند، اما TIA سعی می‌کند با تاثیر احتمال وقایع جدید نتایج پیش‌بینی‌های قبلی را ـ هرچقدر هم که با روش‌های دقیق عددی محاسبه شده باشند ـ

1. Feedback
2. Feed-forward
3. Neural Networks

بهبود بخشد. بخصوص این بهبود در زمانیکه قصد یک پیش‌بینی بلندمدت را داریم بیشتر جلوه‌گر خواهد شد، زیرا اصولا تکنیک‌های عددی و کمی تنها در آینده بسیار نزدیک دقت بالایی دارند و هر چه دامنه پیش‌بینی افزوده شود نتایج آنها بشدت غیر قابل اتکاتر خواهد شد. اینجاست که TIA با استفاده از یک رویکرد کیفی و نظر کارشناسان (ترجیحا تعداد زیادی از کارشناسان)، می‌تواند تخمین بهتری از آینده بلندمدت بدست دهد.

شکل ۵. نمایی شماتیک از نحوه عمل تکنیک آنالیز تاثیر بر روند



چگونگی استفاده از روش آنالیز تاثیر بر روند در آینده پژوهی انرژی

در حوزه انرژی دو مزیت نسبی برای استفاده از روش TIA وجود دارد: اول کثرت داده‌های تاریخی و دوم وجود صاحبنظران کثیر علاقه‌مند به موضوع. این دو مزیت کار را برای استفاده از روش بسیار هموار می‌کند. در این مقاله سعی خواهد شد که یک روش عملی برای بکارگیری این روش در مطالعات انرژی ارائه شود و بر این اساس نفت و قیمت آن مورد مثال قرار می‌گیرد. بدیهی است که متدلوژی بکار رفته قابلیت تعمیم به تمامی حوزه‌های مشابه دیگر را نیز خواهد داشت.

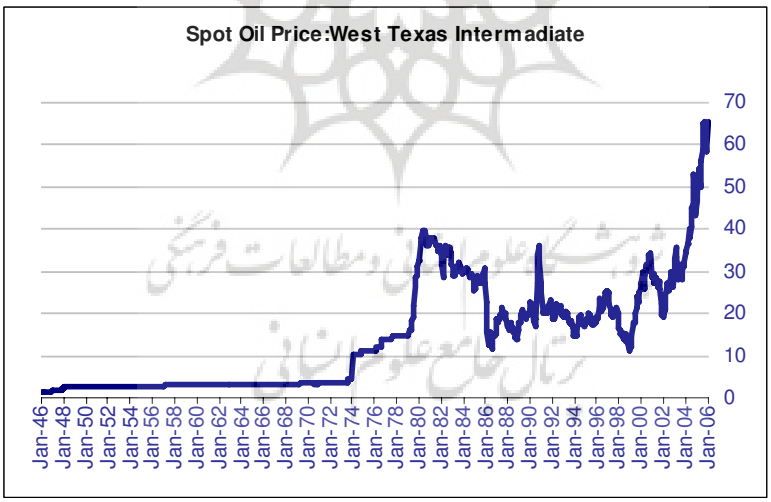
نفت جزء محصولات صادراتی مهم کشور است و در سطح جهانی نیز هنوز اولین منبع تامین انرژی جهانی است. به‌همین دلیل قیمت نفت تاثیرات قابل توجهی بر اقتصاد جهانی و بالطبع بر اقتصاد ایران دارد.

دو ویژگی اساسی داده‌های قیمت نفت، آن را مناسب ارزیابی از طریق روش آنالیز

تاثیر بر روند می‌نماید. اول آنکه داده تاریخی قیمت نفت به لحاظ آماری از کمیت بالایی برخوردار است. برای‌مثال در این مقاله از داده‌های‌قیمت‌نفت West Texas Intermediate از ژانویه سال ۱۹۴۶ میلادی تا ژانویه ۲۰۰۶ میلادی بصورت ماهیانه استفاده گردیده است (داده‌ها از Wall Street Journal –Dow Jones & Company گردآوری شده‌اند) که تعداد ۷۲۱ داده تاریخی را در اختیار ما قرار می‌دهد که این امر مزیتی کلیدی در استفاده از روشهای سریهای زمانی، خطوط روند و دیگر روش‌هایی است که پایه پیش‌بینی را برای روش آنالیز تاثیر بر روند فراهم می‌کنند. دومین نکته مهم آن است که قیمت نفت تابعی از بسیاری شرایط و رخدادهای جهانی است که گاه چندان مسبوق به سابقه نبوده‌اند و تنها با اتکا به روش‌های کیفی همچون جمع‌آوری نظرات کارشناسان قابل اندازه‌گیری خواهد شد. این امر دقیقاً نکته‌ایست که استفاده از روش آنالیز تاثیر بر روند را موجه و مفید می‌گرداند.

شکل ۶ داده‌های تاریخی قیمت نفت را طی ۶۰ سال گذشته نشان می‌دهد.

شکل ٦. نمودار قیمت نفت West Texas Intermediate از ١٩٤٦ تا ٢٠٠٦ میلادی



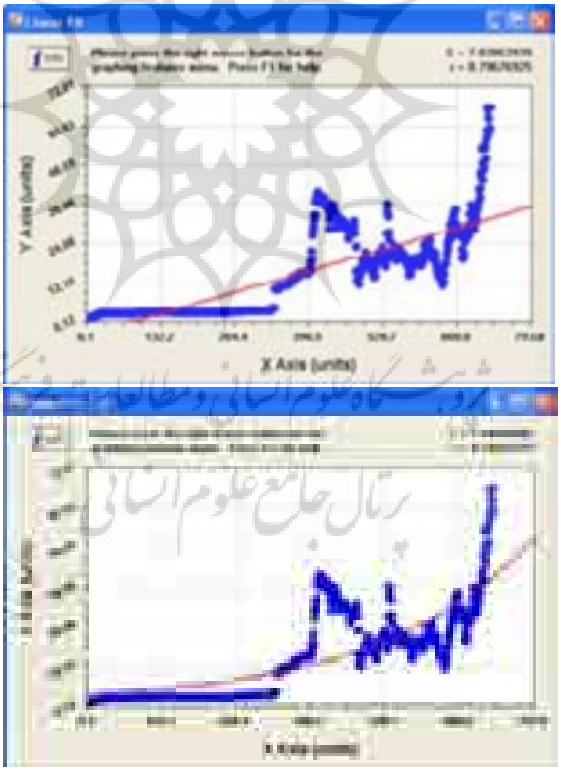
مرحله اول پیش‌بینی، تخمین بوسیله روشهای مبتنی بر داده‌های تاریخی همچون سریهای زمانی، روشهای اقتصادسنجی و یا خطوط روند می‌باشد. نکته مشترک تمامی این

روشها در بدون عافلگیری بودن آنها می‌باشد زیرا که همواره پیش‌بینی آینده را بر مبنای وقایع رخداده در گذشته به تصویر می‌کشند.

با استفاده از نرم افزارCurve Expert 1.3 و با استفاده از خطوط روند مختلف که دارای بیشترین تطابق با داده‌های تاریخی می‌باشند، خطوط روند زیر برای تخمین داده‌های آتی توسط نرم‌افزار پیشنهاد می‌گردد.

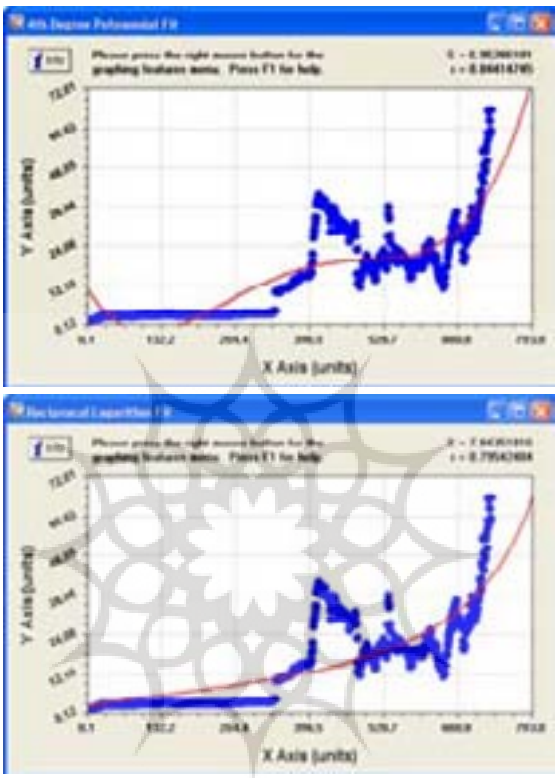
آنچه از نمودارها بر می‌آید آن است که رفتار داده‌ها در ابتدا و تا سال۱۹۷۴ روندی خطی دارد اما سپس ناگهان سیری صعودی را تا سال ۱۹۸۲ طی می‌نماید. از آن تاریخ تا سال ۲۰۰۲ نیز با رفتاری سایکلیک[1]، منطبق با مدلهای سریهای زمانی نشان می‌دهد. و سپس دوباره صعودی نمایی بخود می‌گیرد. در تحلیل‌های صورت گرفته با نرم‌افزار فوق سعی گردید که یک خط روند واحد به مدل تخصیص گردد.(شکل‌های ۳ و ۴).

شکل ۷. خط روند خطی (راست) و خط روند هندسی (چپ) ،منطبق شده بر داده های قیمت



[1] Cyclic

شکل۸. خط روند چندجمله‌ای از درجه ٤ (راست) و خط روند لگاریتمی متقابل(نمایی)، (چپ)، منطبق شده بر داده‌های قیمت



آنچه مشخص است خطوط روند یا با هموزن قرار دادن همه داده‌ها به پیش‌بینی‌هایی خطی می‌رسند که با احتمال بسیار تخمین‌های کمتر از واقعیت را در آینده ارائه می‌دهند، همانند خط روند مستقیم و یا هندسی (شکل ۷). یا آنکه با تخصیص وزن بیشتر به داده‌های متاخر تخمین‌هایی بسیار صعودی و احتمالاً بالاتر از واقعیت در آینده را ارائه می‌دهند (شکل ۸).

عدم کفایت روش‌های کمی فوق را می‌توان تغییرات شدید قیمت در برخی برهه‌های تاریخی بدلایل خاص سیاسی، اقتصادی بدون سابقه دانست. آنجا که دیگر مدل‌های کمی توان برآورد احتمال چنین رویدادهایی را ندارند.

اما تکنیک TIA پس از دریافت اطلاعات پیش‌بینی‌های کمی به سراغ نظرات کارشناسان می‌رود تا لیستی از وقایع مورد انتظار ایشان در آینده را فراهم آورد و احتمال

وقوع هر یک را مشخص نماید. و سپس با روش‌های ریاضی تاثیر این وقایع را بر پیش‌بینی‌های اولیه لحاظ نماید (در ادامه ویژگیهای نرم‌افزاری که توانایی بکارگیری تکنیک TIA را داشته باشد، بررسی خواهد شد).

حال اولین مرحله، تهیه لیستی از موجودیتهای رخدادهای احتمالی و میزان تاثیرات قابل پیش بینی برای هریک می‌باشد.در تهیه این لیست روشهای متفاوتی از دلفی تا اجماع غیر رسمی بین کارشناسان را می‌توان بکار بست.

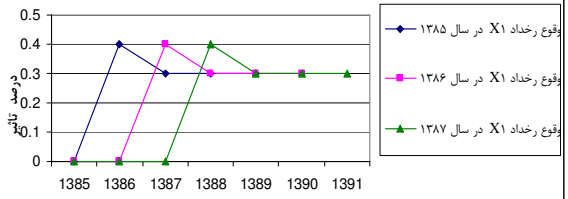
در زیر برای نمایش واضح‌تر تاثیرات رخدادها، از تعدادی رخداد فرضی به همراه احتمالات وقوع هریک در ۳ سال پیاپی و میزان شدت تاثیر آن بر روند استفاده می‌گردد. لازم به ذکر است که این لیست به راحتی قابل جایگزینی با لیستی از موجودیتهای پیشنهاد شده توسط کارشناسان و احتمالات جدید می‌باشد و این امر خللی در نوع و مفهوم پیاده‌سازی روش وارد نخواهد کرد.

جدول۲. موجودی نیروهای بالقوه تاثیر گذار بر قیمت نفت

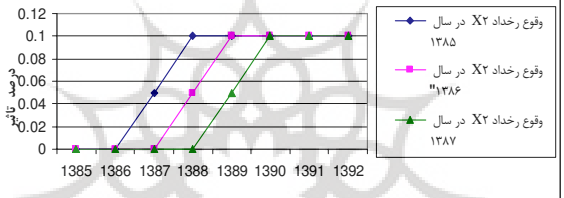
ردیف	متغیر	شرح رخداد	احتمال وقوع در سال ۱۳۸۵	احتمال وقوع در سال ۱۳۸۶	احتمال وقوع در سال ۱۳۸۷	سال تا اولین تاثیر	سال تا بیشترین تاثیر	سال تا حالت پایدار	بیشترین تاثیر (٪)	تاثیر حالت پایدار
۱	X1	وقوع جنگ در خاورمیانه	%۱۰	%۲۰	%۵	۰	۱	۲	%٤۰	%۳۰
۲	X2	بحران هسته‌ای، تحریم ایران	%٤۰	%۳۰	%۰	۱	۳	٤	%۱۰	%۱۰
۳	X3	یافتن منابع جدید نفت و گاز در جهان	%۵	%۲۰	%۲۰	۳	۵	٦	%۱۰-	%۵-
٤	X4	افزایش تولید نفت در عراق	%۰	%۱۰	%۲۰	۱	۲	۲	%۱۵-	%۱۰-
۵	X5	کودتا در ونزوئلا	%۱۰	%۲۰	%۱۰	۰	۱	۲	%۱۰	%۰

متغیرهای پیشنهاد شده ،شامل ۵ متغیر X1 تا X5 به همراه احتمال وقوع هریک در سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ و میزان تاثیرات در بیشترین مقدار و حالت پایدار می باشد. نمودارهای زیر نوع تاثیرات هریک از ۵ متغیر را بر روند نشان می دهند.

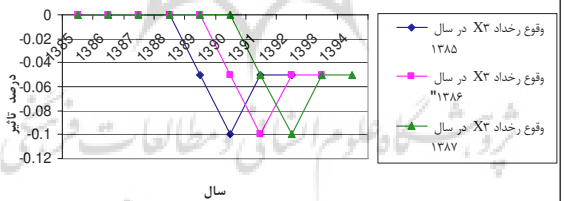
شکل ۹. تاثیر متغیر X1 بر قیمت نفت



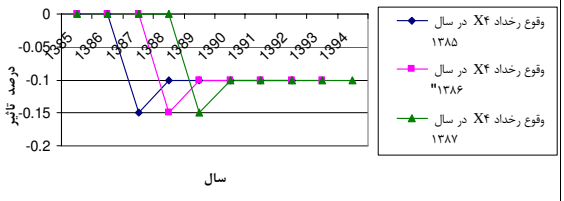
شکل ۱۰. تاثیر متغیر X2 بر قیمت نفت



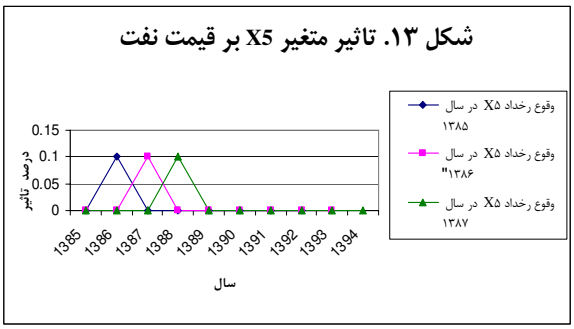
شکل ۱۱. تاثیر متغیر X3 بر قیمت نفت



شکل ۱۲. تاثیر متغیر X4 بر قیمت نفت



شکل ۱۳. تاثیر متغیر X5 بر قیمت نفت



در انتها بوسیله نرم‌افزار، میزان تاثیر و شدت اثر را برای هر ماه بر روند انتخاب شده در مرحله اول اعمال می‌نمایند. این امر سبب خواهد شد که مقداری بالاتر یا پایین‌تر از میانگین بدست آمده بوسیله خطوط روند حاصل گردد. این مقدار در دامنه‌ای مابین حداکثر و حداقل پیش‌بینی‌ها (البته پس از تحت‌تاثیر قرار گرفتن توسط رخدادها) قرار خواهند داشت. شکل ۱۴ نشان می‌دهد که خروجی پیش‌بینی اصلاح‌شده در فضایی مابین حداکثر تاثیرات مثبت و منفی وقایع خواهد بود و می‌تواند در یک بازه یا یک خط نمایش داده شود.

شکل ۱۴. نمایی شماتیک از خروجی پیش بینی اصلاح شده توسط TIA

نرم افزارهایی همچون SOFI (State Of the Future Index) توسط گوردون و همفکرانش برای محاسبه و تحلیل نهایی روش آنالیز تاثیر بر روند توسعه داده شده اند،

لیکن هیچگونه دسترسی به این نرم‌افزار مقدور نیست و نیز بنظر نمی‌رسد تمامی ویژگی‌های بر شمرده فوق را دارا باشد. بدین جهت طراحی و توسعه نرم‌افزاری برای این منظور می‌تواند در بسیاری زمینه‌های پیش‌بینی نتایج مطلوبی به همراه داشته باشد.

ویژگی‌های نرم‌افزار

هرچند که امکان محاسبات بدون نرم‌افزار نیز برای مرحله نهایی روش وجود دارد، لیکن در تعداد زیاد وقایع و فواصل زمانبندی کوتاه، استفاده از نرم افزار کمک شایان توجهی به این امر می‌نماید. این امر در حالتی که وقایع را بصورت نه کاملاً مستقل (وابسته زوجی یا چندتایی) در نظر بگیریم، از اهمیت بسیار بیشتری برخوردار می‌گردد.

به نظر می‌رسد سیستم نرم‌افزاری که برای استفاده از تکنیک آنالیز تاثیر بر روند در حوزه مطالعات انرژی توسعه داده می‌شود، باید شامل ویژگی‌ها و گامهای زیر باشد.

درگام اول نرم‌افزار باید قابلیت این امر را داشته باشد که داده‌های ورودی را دریافت دارد. این مرحله با دو صورت تکمیل می‌شود، یا روندهای منطبق بر داده‌ها توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود و سپس برونیابی بر اساس این روندها محاسبه می‌گردد و یا آنکه نرم‌افزار قابلیت دریافت روند را نیز از کاربران دارا می‌باشد. این روندها را کاربر اصلی سیستم دریافت می‌نماید و در صورتیکه منطبق با زمینه پیش‌بینی ارزیابی نماید اجازه بکارگیری آن را به نرم‌افزار می‌دهد.

به عنوان مثال در صورتیکه میزان مصرف بنزین در کشور، پارامتر مورد پیش‌بینی باشد، در صورتیکه داده‌های مرتبط با میزان مصرف، خود مورد پیش‌بینی قرار گیرد، نرم‌افزار می‌تواند روند منطبق بر این مصرف را بدست آورد. ولی درصورتیکه مصرف بنزین را متغیری وابسته به عواملی دیگر چون روند تولید خودروی بنزینی در کشور، روند ورود خودروی بنزینی به کشور، روند ورود خودروهای با سوخت‌های نو به بازار و غیره بدانیم و داده‌های مرتبط با این روندها موجود باشد، کاربر اصلی نرم افزار می‌تواند با ورود این روندها به سیستم و تعیین ارتباط هریک با میزان مصرف بنزین، سیستم را به پیش‌بینی آینده این داده رهنمون سازد.

در گام دوم، نرم افزار که بصورت مبتنی بر شبکه[1] طراحی شده است به خبرگان مختلف که کاربران سیستم می‌باشند، اجازه می‌دهد که با ورود به فضای دسترسی خود وقایع مختلفی را که در آینده محتمل الوقوع و موثر بر متغیر مورد پیش‌بینی می‌دانند، وارد

[1] Web-Based

نمایند. ادامه کار وابسته به تکنیک کیفی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد، همچون اجماع یا دلفی یا غیره. در هر صورت کاربر اصلی سیستم از بین وقایع ارائه شده توسط تمامی افراد، وقایع مورد اجماع را انتخاب می‌نماید و برای پالایش بیشتر طی چند مرحله به اطلاع افراد می‌رساند. در صورتیکه مثلاً تکنیک دلفی انتخاب شود، طی چند مرحله سیستم به لیست محدودی از وقایع مورد اجماع دست می‌یابد، که برای گام بعدی دوباره برای اعضاء ارسال خواهد شد.

در گام سوم، وقایع انتخابی برای کاربران (خبرگان) ارسال شده است تا آنان احتمال وقوع هر رخداد و میزان تاثیر آن را بر روند تخمین زنند. این گام می‌تواند در یک نوبت صورت پذیرد و نرم‌افزار متوسط نظرات کارشناسان را بعنوان پیش فرض محاسبات قرار دهد و برونیابی گام اول را اصلاح نماید. براحتی می‌توان برای هر کاربر وزن‌دهی نمود تا هر کس بنابر میزان دانش و تجربه خود در مقادیر متغیرها، تاثیر داشته باشد. با الگوگیری از یک سیستم مدیریت دانش[1] می‌توان نرم‌افزار را بگونه‌ای طراحی نمود که اعتبار کاربران مختلف را بر اساس میزان تطابق نظرات و تخمین‌هایشان با واقعیت، تغییر دهد و بنابر این افراد با تخمین‌های بهتر در پیش‌بینی‌های نرم‌افزار بیشتر دخیل شوند و دیگر افراد نیز سعی بر افزایش دقت اظهارات و پیش‌بینی‌های خود نمایند.

خروجی نرم‌افزار می‌تواند پیش‌بینی لحظه‌ای از متغیر در فواصل زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت باشد.

این سیستم می‌تواند در ابتدا تنها از کارشناسان یک سازمان بهره برد و سپس در سطح ملی و بلکه فراتر از آن عمل نماید و کارشناسان مختلفی را از زمینه‌هایی همچون انرژی تا اقتصاد و سیاست در فرآیند پیش‌بینی دخیل نماید. بنظر می‌رسد حتی این سیستم بتواند در افزایش تواناییهای خبرگان در موضوع مورد پیش‌بینی نیز موثر باشد.

قوت و ضعف روش

یکی از مهمترین نقاط قوت روش TIA از نیاز و تقاضای تحلیلگر به تعیین وقایع زمینه‌ساز تغییر در آینده ، بدست می‌آید. بجای گفتن تنها این جمله که «اینجا جاییست که من فکر می‌کنم مقدار در آینده چنین خواهد شد»، تحلیلگر می‌تواند اضافه کند «و اینها وقایعی هستند که من نسبت به آنها پاسخگو هستم». در این مرحله، تحلیلگران می‌توانند نسبت به این وقایع و تاثیراتشان بحث و انتقاد کنند. به بیان دیگر ، بحث به یک سطح تفصیلی‌تر و

1. Knowledge Management System

جزیی‌تر منتقل می‌شود، آن هم با تمرکز بیشتر روی عواملی که برای مسیر متغیر مورد نظر اهمیت بیشتری دارند.

همچنین وقایع و قضاوت‌های راجع به آنها، یک سناریو را شکل می‌دهند. در حقیقت، TIA برای عددی کردن یک سناریو استفاده می‌شود.

وقتی که یک سری از TIAها به عنوان جزیی از یک مطالعه پیش‌بینی بکار می‌روند، می‌توان آن وقایعی که متغیرهای مهم را دچار نوسان می‌کنند، از طریق یک تحلیل حساسیت شناسایی کرد. بر اساس این دانش، می‌توان یک سیستم پایش را پایه‌گذاری کرد که بدنبال توسعه‌هایی بگردد که تغییرات را در احتمالات و تاثیرات وقایع حساس از پیش خبر دهد.

در آخر، از آنجا که TIA یک دامنه پیش‌بینی بجای یک پیش‌بینی تک نقطه‌ای فراهم می‌کند، عدم اطمینان بوضوح در تحلیل تصمیم‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین، TIA بخوبی با تکنیک های تحلیل ریسک هماهنگی دارد.

به این روش چند انتقاد وارد شده است. اول آنکه با اطمینان بالا، لیست وقایع همیشه ناقص است. دوم، حتی اگر لیست وقایع نیز کامل می‌بود، درباره دقت احتمالات و قضاوت راجع به تاثیرات چه می توان گفت؟

چنین‌لیست‌هایی توقعات ساده‌ای از آینده هستند که ممکن است درست باشند یا نه. در پایین‌ترین سطح، آنها فرضیاتی درباره آینده را مطرح می‌کنند که چندان پایدار نیستند.

نمونه‌های بکارگیری

یک نمونه موفق انجام شده با استفاده از این تکنیک، پیش‌بینی متغیر مصرف بنزین در حمل و نقل ایالت کالیفرنیا توسط گروه آینده به سرپرستی گوردون می‌باشد. هدف پیش‌بینی این متغیر ویژه، ارزیابی منظری برای مصرف بنزین بود و ارزیابی کاراترین سیاست از بین چند خط مشی مورد مطالعه.

بعلاوه می‌توان از این تکنیک برای پیش‌بینی انواع قیمت محصولات و مواد و مخصوصاً قیمت انرژی (نفت، گاز، الکتریسیته،...) و پیش‌بینی میزان عرضه و تقاضای محصولات گوناگون استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی بر آن شد تا با دید کاربردی به یکی از ابزارهای موثر آینده پژوهی ـ

آنالیز تاثیر بر روند ـ پرداخته شود و این تکنیک به‌عنوان یک تکنیک بهبوددهنده روش‌های کمی مورد مطالعه قرار گیرد. ابزاری که توانایی بالقوه آن استفاده همزمان از الگوریتم‌ها و مدل‌های عددی و نیز قدرت شهود و بینش خبرگان فن، می‌باشد. حصول به‌نتایج دقیق به‌طراحی و استفاده موثر از نرم‌افزارهایی قوی در این زمینه و جمع‌آوری اطلاعات کارشناسی خبرگان زمینه مورد پیش‌بینی، وابسته خواهد بود.

مراجع

1. Theodore Jay Gordon., "Trend Impact Analysis ",AC/UNU Millennium Project, 1994.

2. UNIDO TECHNOLOGY FORESIGHT MANUAL, Volume 1,United Nations Industrial Development Organization

3. http://www.neatideas.com/data/data/OILPRICE.htm

4. Ben R. Martin ,"TECHNOLOGY FORESIGHT IN A RAPIDLY GLOBALIZING ECONOMY", SPRU - Science and Technology Policy Research, University of Sussex,2000

۵. محمدتقی فاطمی‌قمی، «پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل سریهای زمانی،» نشر دانش امروز، تهران، ۱۳۷۵.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی