

تخمین نقطه تغییر پله‌ای در مدل‌های کسب و کار با در نظر گرفتن هم‌زمان شاخص‌های گسسته و پیوسته

عرفانه پورزر کشیان،* محمدرضا ملکی،**^۲ محسن احمدوند***
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۲۰ نوع مقاله: پژوهشی

چکیده در جامعه امروز با پیشرفت سریع فناوری و رقابت شدید بازار بر سر جذب مشتری و درآمد بیشتر، نیاز هست که مدل‌های کسب و کار مورد استفاده در هر کاری، مدل‌های به روز و متناسب باشد. در خیلی از موارد، دیگر مدل کسب و کار پاسخگوی نیازها نیست و باید عامل اصلی ایجاد تغییر را یافت که این امر متحمل هزینه‌های هنگفتی برای کسب و کار خواهد بود. بنابراین، نیاز است که زمان دقیق ایجاد این تغییرات یافت شود تا بتوان در نقطه تغییر اصلی، به دنبال عوامل ایجاد تغییر بود. بنابراین، هدف از این پژوهش، یافتن نقطه تغییر در مدل کسب و کار و ارائه رویکردی جدید برای مطالعه و بررسی زمان ایجاد تغییر در هر کسب و کار و انجام اقدامات اصلاحی برای بهبود عملکرد مدل است. در بسیاری از کسب و کارها عوامل مورد بررسی هم از نوع گسسته و هم از نوع پیوسته است. به همین دلیل، در این پژوهش به بررسی هم‌زمان شاخص‌های گسسته و پیوسته پرداخته شده است. در این مقاله، روش درست‌نمایی ماکزیمم به منظور تخمین نقطه تغییر در یک مدل کسب و کار با داده‌های پیوسته و گسسته آمیخته توسعه داده می‌شود. برای این منظور، از روش معکوس نورتا برای تبدیل داده‌ها و نمودار کنترل مربع تی برای پایش مدل استفاده خواهد شد. برای این منظور، نوع تغییر از نوع پله‌ای در نظر گرفته می‌شود و از یک مثال واقعی مربوط به یک شرکت فعال در زمینه‌های محیط زیستی برای نشان دادن قابلیت مدل ارائه شده در تخمین نقطه تغییر استفاده می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که مدل ارائه شده از دقت و صحت کافی برای تخمین نقطه تغییر تحت تغییرات مختلف در مدل برخوردار است. همچنین به منظور شفافیت بیشتر، یک مثال عددی در زمینه به کارگیری مدل در یک تغییر خاص ارائه می‌شود. **واژگان کلیدی:** مدل کسب و کار، نقطه تغییر، تغییر مدل کسب و کار، همبستگی، روش

حداکثر درست‌نمایی.

*. دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه غیردولتی غیرانتفاعی ایوان کی (نویسنده مسئول)
erfaneh.73322@yahoo.com
**. استادیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه غیردولتی غیرانتفاعی ایوان کی. reza.maleki88@gmail.com
***. مربی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه غیردولتی غیرانتفاعی ایوان کی. mohsenahmadvand@eyc.ac.ir

مجله مهندسی سیستم و بهره‌وری، سال اول، شماره ۳، تابستان ۱۴۰۱، ص ۴۹ - ۷۲

مقدمه

تمامی مدیران و سرمایه‌داران هر کسب و کاری به خوبی می‌دانند که برای بقا و رشد روزافزون سودآوری کسب و کار خود، نیاز به تغییر در مدل کسب و کار وجود دارد اما همیشه این تغییر پس از به وجود آمدن زیان از مدل کسب و کار مورد استفاده، صورت می‌گیرد. دغدغه اصلی مدیران کسب و کار این است که عامل ایجاد زیان زودتر، به آنان گوشزد شود تا بتوانند اقدامات لازم برای جلوگیری از زیان را انجام دهند و مدل کسب و کار خود را تغییر دهند. مسئله حائز اهمیت این است که برای یافتن عامل ایجاد کننده تغییر، باید به دنبال زمان دقیق به وجود آمدن تغییر بود. امروزه نمودار کنترل^۱ یکی از مؤثرترین ابزارها به منظور کشف تغییرات معنادار در سطح فرایندهای تولیدی یا خدماتی است اما یکی از ایرادهای نمودار کنترل این است که زمان وقوع تغییر را منعکس نمی‌کند. در واقع، هر مدلی در زمانی زودتر از زمانی که نمودار کنترل به ما نشان می‌دهد، شروع به تغییر می‌کند که به وسیله نمودار کنترل قابل شناسایی نیست و یافتن آن زمان دقیق، موجب می‌شود که عامل تغییر را با سرعت و دقت بیشتری شناسایی کنیم. این زمان دقیق، به اصطلاح نقطه تغییر^۲ نامیده می‌شود.

از طرفی هزینه‌های تغییر مدل کسب و کار یکی از اساسی‌ترین مسائلی است که ذهن مدیران را به خود مشغول کرده است که در صورت خروج فرایند از حالت تحت کنترل این هزینه‌ها چندین برابر خواهد شد. واضح است که اصلاح هر چه سریع‌تر عامل تغییر و بازگشت فرایند به حالت تحت کنترل می‌تواند هزینه‌های پیش رو را کاهش دهد.

نقطه تغییر

تعاریف مهمی که در خصوص نقطه تغییر از سوی ساموئل^۳ و همکاران (۱۹۹۸)، زو^۴ و همکاران (۲۰۰۹)، هاوکینز^۵ و همکاران (۲۰۰۳)، پری^۶ و همکاران (۲۰۱۱)، هاوکینز و زامبا^۷ (۲۰۰۵) ارائه شده است که در اینجا به تعریفی از امیری و همکاران (۲۰۱۸) توجه شده است. لحظه‌ای که نمودار کنترل حالت خارج از کنترل را نشان می‌دهد، زمان واقعی تغییر نیست و تغییر صورت گرفته در

1. Control chart
2. Change point
3. Samuel
4. Zott
5. Hawkins
6. Perry
7. Zamba

فرایند، با کمی تأخیر نشان داده شده است. زمان واقعی تغییر در فرایند، نقطه تغییر نامیده می‌شود (امیری و همکاران، ۲۰۱۸).

۱. انواع نقطه تغییر

تغییرات در فرایند می‌تواند با الگوهای مختلفی در فرایند رخ دهد که به دو دسته اصلی پله‌ای و تدریجی دسته‌بندی می‌شود. تغییر پله‌ای به این معناست که در یک لحظه فرایند دچار تغییر شده و این تغییر تا لحظه تشخیص حالت خارج از کنترل حفظ می‌شود ولی در تغییرات تدریجی، فرایند به مرور زمان و با یک روند خاص تغییر می‌کند. تغییر در فرایند می‌تواند به صورت ترکیبی از این دو دسته و یا هر یک از آنها به صورت مجزا رخ دهد. در جمع‌بندی کلی می‌توان انواع نقطه تغییر را به دسته‌های اصلی زیر طبقه‌بندی کرد: تغییر پله‌ای منفرد، تغییر پله‌ای چندگانه، شیفت تدریجی، تغییرات یکنوا، تغییرات بی‌نظم که در ادامه به بررسی تغییر پله‌ای چندگانه پرداخته شده است.

۱.۱. نقطه تغییر پله‌ای

در یک تغییر پله‌ای منفرد، پارامتر در یک زمان ناشناخته تغییر می‌کند و تا زمانی که تغییر شناسایی و اصلاح شود، در سطح جدید خود باقی می‌ماند. تغییر پله‌ای منفرد، ساده‌ترین و متداول‌ترین نوع تغییری است که ممکن است در میانگین فرایند رخ دهد. در تغییر پله‌ای چندگانه که متشکل از چند تغییر پله‌ای منفرد است، قبل از اینکه سیگنال به وسیله نمودار کنترل ارائه شود، فرایند در زمان‌های مختلفی دچار تغییر می‌شود. یکی از علل ایجاد این نوع تغییر می‌تواند، نوسان در یک یا چند متغیر ورودی در زمان‌های متفاوت در فرایند باشد (پری و همکاران، ۲۰۰۷). توسعه برآوردگرهای نقطه تغییر برای تغییر چند مرحله‌ای از سوی جان^۱ (۲۰۰۰)، و سالیوان^۲ (۲۰۰۲) مورد توجه قرار گرفت.

۲. انواع روش‌های برآورد نقطه تغییر

در بحث برآورد نقطه تغییر چندین روش برای برآورد نقطه تغییر بیان شده که در اینجا به پنج روش مهم و اصلی آن اشاره شده است:

1. Jann
2. Sullivan

جدول ۱: انواع روش‌های برآورد نقطه تغییر

برآورد نقطه تغییر با استفاده از نمودار جمع تجمعی (CUSUM)	
Cumulative sum control chart	
برآورد نقطه تغییر با استفاده از نمودار میانگین موزون متحرک نمایی EWMA	انواع روش‌های برآورد نقطه تغییر
European wound management association	
برآورد نقطه تغییر با استفاده از روش حداکثر تابع درست‌نمایی (MLE)	
Maximum likelihood estimator	
برآورد نقطه تغییر شبکه عصبی مصنوعی (ANN)	
Artificial neural network	
برآورد نقطه تغییر با استفاده از روش خوشه بندی	
Clustering approach	

که در ادامه به توضیح و تشریح روش درست‌نمایی ماکزیمم اشاره می‌شود.

۲-۱. روش درست‌نمایی ماکزیمم

اساس روش برآوردگر درست‌نمایی ماکزیمم بر پایه استخراج تابع درست‌نمایی برای فرایند مورد نظر قرار دارد. کلیت این روش را می‌توان این‌گونه بیان کرد:

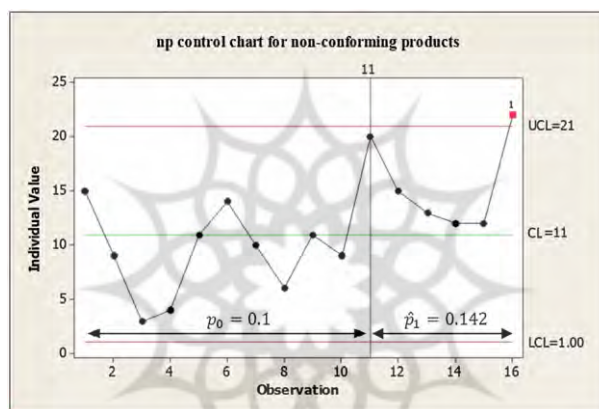
فرایندی را در نظر بگیرید که در ابتدا تحت کنترل آماری قرار دارد ولی در نقطه نامشخصی مانند t تغییری در میانگین فرایند رخ داده شده و فرایند به حالت خارج از کنترل رفته تا اینکه نمودار در نقطه T این تغییر را یافته و فرایند متوقف می‌شود. بر مبنای نقطه تغییر t مشاهدات به دو گروه مشاهدات تحت کنترل و مشاهدات خارج از کنترل تقسیم می‌شوند و با استفاده از توزیع مشخصه کیفی فرایند، تابع درست‌نمایی استخراج می‌شود؛ سپس با فرض اینکه نقطه تغییر می‌تواند به عنوان یک متغیر هر یک از مشاهدات ۱ تا T باشد، مقدار تابع درست‌نمایی به ازای هر یک از این نقاط محاسبه می‌شود. نقطه‌ای که مقدار تابع درست‌نمایی یا به طور معادل لگاریتم تابع درست‌نمایی را ماکزیمم کند، به عنوان نقطه تغییر در نظر گرفته می‌شود.

در ادبیات نقطه تغییر، روش MLE بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. برای نشان دادن چگونگی استفاده از عملگر MLE برای تخمین نقطه تغییر از یک مثال استفاده می‌شود که در آن تخمین نقطه تغییر با شیفت پله‌ای در نسبت اقلام نامنطبق در یک فرایند با کیفیت بالا نشان داده می‌شود.

در دیدگاه ME نقطه تغییر، زمانی است که تابع احتمال بیشینه می‌شود. نقطه تغییر برآورد شده به صورت زیر ارائه می‌شود.

$$\hat{t} = \arg \max \{L(t) | t = 0, 1, \dots, T-1\} \quad (1)$$

که $L(t)$ تابع احتمالی است که شامل هر دو مشاهده کنترلی و غیرکنترلی است. t شاخص محدوده مقادیر ممکن برای نقطه تغییر فرایند و $\hat{t}$ بیانگر ماکزیمم احتمال برآوردگر نقطه تغییر است. برای روشن‌تر شدن، مثالی از پیگناتیلو و ساموئل (۲۰۰۱) در نظر گرفته شده که در آن یک برآوردگر نقطه تغییر ME برای پیدا کردن زمان واقعی تغییر در کسر غیر متناسبی از یک فرایند ارائه شده است. یک فرایند تولید میکروالکترونیک فرضی را که در آن ترانزیستورها پس از نظارت محصولات به صورت متناسب و غیر سازگار (غیر متناسب) دسته‌بندی می‌شود را در نظر بگیرید. فرض کنید که کسر غیرقابل کنترل ناسازگار p در برخی زمان‌های نا معین به $p_1 \neq p_0$ تغییر پیدا کند و فرایند تا زمانی که تغییر شناسایی شود در حالت خارج از کنترل باقی بماند.



شکل ۱: نمودار کنترل np برای تعدادی از بخش‌های غیرسازگار

سیگنال خارج از کنترل در نقطه ۱۶ ($t=15$) نشان داده شده و زمان تغییر واقعی در نقطه ۱۱ ($t=10$) است.

پیگناتیلو و ساموئل (۲۰۰۱) از ME برای برآورد نقطه تغییر در این نمودار کنترل استفاده کردند. آنان اظهار داشتند که نقطه تغییر در نمودار کنترل np نقطه‌ای است که معادله (۲) را ماکزیمم کند.

$$L_{\tau} = \log_e \left(\frac{\hat{p}_{1,\tau+1}}{p_0} \right) \sum_{j=\tau+1}^T D_j + \log_e \left(\frac{1-\hat{p}_{1,\tau+1}}{1-p_0} \right) \sum_{j=\tau+1}^T (n_j - D_j), 0 \leq \tau < T \quad (2)$$

که D_j بیانگر تعداد محصولات ناسازگار در زیرگروه j ام است، T زمانی است که سیگنال‌های نمودار را کنترل می‌کند و $\hat{p}_{1,\tau+1} = (\sum_{j=\tau+1}^T D_j) / \sum_{j=\tau+1}^T n_j$ برای برآورد نقطه تغییر باید t را م $0 \leq t \leq T$ که رابطه ۲ را بیشینه می‌کند، پیدا کنیم تا بتوان به نقطه تغییر دست یافت. رویکرد روش MLE از سوی بسیاری از محققان مورد بررسی قرار گرفته است. کاظم‌زاده، نوالسنا و ایوبی (۲۰۱۳)، شریفی، نیری و امیری (۲۰۱۴)، ملکی، امیری و موسوی (۲۰۱۵)، قاسمی، صمیمی و شهریار (۲۰۱۶)، شیخ رابری، نیری و ایوبی (۲۰۱۷) از جمله پژوهشگرانی هستند که از روش درست‌نمایی ماکزیمم برای تغییرات پله‌ای استفاده کرده‌اند.

مدل کسب و کار

مدل کسب و کار به عنوان یک مفهوم مهم و ابزاری مفید برای شناسایی و بررسی اجزای مختلف یک کسب و کار توسعه داده شده و در دنیای کسب و کار امروزی، روز به روز به میزان مقبولیت و احساس نیاز برای بهره بردن از آن افزوده می‌شود. در دهه اخیر در رابطه با مدل کسب و کار تعاریف مختلفی ارائه شده است که در ادامه به برخی از مهم‌ترین این تعاریف اشاره خواهد شد. از تعاریف اولیه کسب و کار می‌توان به تعریف آمیت و زوت (۲۰۰۱)، آفوا^۱ (۲۰۰۴)، شافر^۲ و دیگران (۲۰۰۵)، چسبرو^۳ (۲۰۰۶)، تعریف دیگر آمیت و زوت در سال ۲۰۰۷، جانسون^۴ و همکاران (۲۰۰۸)، تیس^۵ (۲۰۱۰)، استروالد^۶ و پیگنیور^۷ (۲۰۱۰)، جورج^۸ و بوک^۹ (۲۰۱۱)، فیلت^{۱۰} (۲۰۱۴) اشاره کرد. از بین تعاریف ارائه شده در سال ۲۰۱۰ می‌توان به تعریف استروالد^۶ و پیگنیور اشاره کرد که یکی از مهم‌ترین تعاریف ارائه شده در مدل کسب و کار است و این پژوهش، رویکرد خود را بر اساس این تعریف بنا نهاده است: یک مدل کسب و کار این اصل را که چطور یک سازمان ایجاد، ارائه و ارزش‌گذاری

1. Afuah
2. Shafer
3. Chesbrough
4. Johnson
5. Teece
6. Osterwalder
7. Pigneur
8. George
9. Bock
10. Fiel

می‌شود را توصیف می‌کند. البته استروالدِر پس از این تعریف مدل کسب و کار را در قالب نه حوزه اصلی معرفی کرده است که در بخش‌های بعدی بدان اشاره می‌شود.

۱. اجزا مدل کسب و کار

بعد از تعاریف مدل کسب و کار، مسئله مهم دیگر عناصر ترکیبی هستند که آنچه را که مدل کسب و کار از آن ساخته شده توصیف می‌کنند. عناصر با عنوان‌های بلوک‌های ساختمانی مثل استروالدِر و پیگنیور (۲۰۱۰)، اجزاء مثل پاتل^۱ و گیاگلیس^۲ (۲۰۰۴)، کلید مثل موریس^۳ و همکاران (۲۰۰۵)، یا توابع مثل چسبرو و روزنبلوم^۴ (۲۰۰۲) نام برده شده‌اند. عناصر مدل کسب و کار اغلب به عنوان بخشی از تعاریف ارائه می‌شوند و در سایر زمان‌ها در چارچوب‌ها یا هستی‌شناسی‌های مجزایی توصیف می‌شوند. پیگنیور و استروالدِر و گوردین^۵ (۲۰۰۵) تعیین کرده‌اند که این نوع از پژوهش‌ها شامل "فهرست خرید" از قطعات، برای قطعاتی به عنوان بلوک‌های ساختمانی، برای مدل‌های مرجع و هستی‌شناسی هستند. چارچوب‌های مدل کسب و کار و هستی‌شناسی‌ها نه تنها عناصر را تعریف می‌کنند بلکه ارتباط بین عناصر را نیز تعریف می‌کنند؛ مثل گوردین و همکاران (۲۰۰۵). آنان اغلب برخی از ساختارهای سلسله مراتبی، به ویژه یک مدل دو لایه‌ای با عناصر سطح بالا و سطح پایین به عنوان مثال جانسون و همکاران (۲۰۰۸) و استروالدِر (۲۰۰۴) و موریس و همکاران (۲۰۰۵) را معرفی می‌کنند. معروف‌ترین و گسترده‌ترین چارچوب استفاده شده بوم مدل کسب و کار از استروالدِر و پیگنیور (۲۰۱۰) است. بوم مدل تجربی به عنوان یک زبان مشترک برای توصیف ارزیابی و تغییر مدل‌های کسب و کار ارائه شده است. این مورد روی طراحی و نوآوری به ویژه با استفاده از تفکر طراحی که یک دیدگاه جامع و داستان‌سرا را تحریک می‌کند متمرکز شده است (فیلِت، ۲۰۱۴).

در اینجا بر اساس تعریف گسترش‌یافته از استروالدِر که از مدل کسب و کار ارائه شده به ادامه بحث پرداخته شده است که این امکان را فراهم می‌سازد تا شرکت‌ها بتوانند گزینه‌های مختلف را در کسب و کار خود آزمایش کنند. تمامی این موارد از طریق نه جزء سازنده مدل کسب و کار انجام می‌شود. این اجزاء عبارت‌اند از:

1. Pateli
2. Giaglis
3. Morris
4. Rozenbloum
5. Gordjin

جدول ۲: اجزا مدل کسب و کار استروالد و پیگنیور (۲۰۱۰)

بخش های مشتری	
تعریف ارزش	اجزا
ارتباط با مشتری	مدل
کانال های ارتباطی	کسب و کار
منابع کلیدی	
شرکای اصلی	
فعالیت های کلیدی	
ساختار هزینه	
جریان درآمد	

استروالد و پیگنیور (۲۰۱۰) عقیده دارند هر کسی باید قادر به درک مدل کسب و کار باشد. چالش این است که مفهوم باید ساده، مرتبط و قابل درک باشد. در همین راستا، این دو محقق بعدتر نمود تصویری چارچوب مدل کسب و کار خود را نیز در قالب "بوم مدل کسب و کار" ارائه کردند.



شکل ۲: تابلو طراحی مدل کسب و کار استروالد و پیگنیور (۲۰۱۰)

۲. تغییر مدل کسب و کار

همان طور که قبلا اشاره شد، عوامل و چالش های زیادی بر تغییر مدل کسب و کار تأثیر دارند که این تغییرات می توانند هم از عوامل خارجی و هم از عوامل داخلی نشئت بگیرند. نقطه تغییر به ما نشان می دهد که مدل در چه زمانی شروع به تغییر می کند و باعث ناکارآمدی در آینده می شود. با

داشتن آن نقطه می‌توان بررسی کرد که در آن زمان مشخص چه تغییراتی در کسب و کار ایجاد شده و آن عامل باعث تغییر شده و در این صورت می‌توان برای آن عامل چاره اندیشید. بدیهی است که یافتن عامل ایجاد تغییر و اصلاح آن و بازگشت مدل به حالت تحت کنترل بسیار حائز اهمیت است؛ زیرا بسیاری از هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.

در مدل‌های کسب و کار مشخصه‌های کیفی و کمی ممکن است هم‌زمان باعث ایجاد تغییر شده باشند. از این رو، نیاز است که این دو مشخصه را به طور هم‌زمان بررسی کنیم. مقالات موجود در زمینه مدل‌های کسب و کار از سه جهت مورد بررسی واقع شده است: تعاریف مدل کسب و کار، عناصر مدل کسب و کار و طبقه‌بندی‌های مدل کسب و کار اما در هیچ یک از مقالات موجود در این دسته‌بندی‌ها، به بررسی و یافتن نقطه تغییر در مدل‌های کسب و کار پرداخته نشده است. در تنها مقاله این حوزه که پیش‌تر صحبت شد، مجله فورچون^۱ (۲۰۱۳) است که عوامل مختلفی اعم از پیشرفت فناوری وضعیت بازار، فرهنگ و جامعه، سیاست‌های کلان اقتصادی و البته هر عاملی که بر سلیقه مصرف‌کننده به عنوان یک عامل کلان تأثیر می‌گذارد، در این تغییر دخیل می‌داند. کاوالکانتی^۲، کستینگ^۳ و الهای^۴ (۲۰۱۱) نیز در مقاله خود، انواع تغییر مدل کسب و کار را به ۴ دسته اصلی: خلق مدل کسب و کار، توسعه مدل کسب و کار، اصلاح مدل کسب و کار و همچنین خاتمه مدل کسب و کار طبقه‌بندی کرده‌اند و همچنین برای هر کدام از این راهبردها چالش‌هایی را مطرح کرده‌اند. پیتزولز^۵ (۲۰۱۳) برخی از انواع چالش‌هایی که برای توسعه مدل کسب و کار وجود دارد را به سه دسته تقسیم کرده است که عبارت‌اند از: عوامل اقتصادی، عوامل اجتماعی و عوامل محیطی. لذا با توجه به اهمیت موضوع و خلأ تحقیقاتی ذکرشده، در این مقاله به تخمین زمان تغییر در مدل‌های کسب و کار با در نظر گرفتن شاخص‌های پیوسته و گسسته به صورت هم‌زمان پرداخته می‌شود.

مورد مطالعه

در این تحقیق، از داده‌های استخراج‌شده از شرکت ای‌پی‌ای ویکتوریا (EPAVICTORIA) استفاده شده است. شرکت EPA یک شرکت فعال در زمینه حفاظت از محیط زیست در ایالت ویکتوریا در استرالیا است که در سال ۱۹۷۱ تحت قانون حفاظت از محیط زیست تأسیس شده است. EPA بخشی از روبان سفید استرالیا است که این برنامه یک برنامه جهانی است که سازمان‌ها

1. Fortune
2. Cavalcante
3. Kesting
4. Elhay
5. Weill

را با ابزارهایی برای جلوگیری از وقوع خشونت‌ها و یا پاسخ دادن به آنچه در داخل و چه در خارج از محل کار رخ می‌دهد، فراهم می‌کند. EPA از استانداردهای بهداشت و ایمنی شغلی^۱ (OHS) پیروی می‌کند. طبق این استاندارد باید محیط‌های کاری سالم و ایمن و سیستم جبران خسارت تضمین شود و هیچ کارگری در صورت مجروح شدن در محل کار نباید در معرض محرومیت قرار گرفته شود. این شرکت ۱۲ فعالیت عمده و اساسی دارد که مهم‌ترین آن بخش کنترل و اجرا^۲ است.

۳. یافتن نقطه تغییر مدل کسب و کار شرکت EPA با استفاده از روش MLE

یک مدل کسب و کار به دلایل داخلی یا خارجی در هر زمانی ممکن است با شکست مواجه شود. برای اینکه این اتفاق رخ ندهد، نیاز است که دائماً مدل کسب و کار ما چک شود تا متوجه شویم از چه زمانی تغییرات در مدل شروع می‌شود و مهم‌تر اینکه هر چه زودتر بتوانیم به عوامل ایجاد تغییر واکنش نشان دهیم. در نتیجه، یافتن نقطه تغییر که همان زمان ایجاد شروع تغییر است، بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

حال می‌خواهیم تخمین نقطه‌ای زمان واقعی تغییر یا همان نقطه تغییر در فرایند را به دست آوریم. یکی از بهترین روش‌های به دست آوردن تخمین نقطه‌ای روش حداکثر درست‌نمایی است. در روش تابع حداکثر درست‌نمایی، نقطه تغییر نقطه‌ای است که به ازای آن تابع درست‌نمایی و یا لگاریتم این تابع به ازای مشاهده‌های مربوط به حالت تحت کنترل و خارج از کنترل حداکثر می‌شود. به عبارت دیگر، تابع درست‌نمایی بیانگر احتمال به دست آوردن نمونه مشاهده‌شده از فرایند است.

فرض کنید که شاخص‌های کسب و کار دارای دو مشخصه کمی و وصفی هستند که باید حالت فرایند از نظر تحت کنترل یا خارج از کنترل بودن با در نظر گرفتن این دو مشخصه تعیین شود. فرض کنیم نموداری که به حالت خارج از کنترل رفته در نقطه T خود را نشان داده است ولی این تغییر در زمانی قبل‌تر از T رخ داده است؛ یعنی در زمان $t_1, t_2, \dots, t_{l-1}$.

با فرض اینکه نقطه تغییر τ می‌تواند به عنوان یک متغیر هر یک از مشاهدات 1 تا T باشد، مقدار تابع درست‌نمایی به ازای هر یک از این نقاط محاسبه می‌شود. نقطه‌ای که مقدار تابع درست‌نمایی یا به طور معادل لگاریتم تابع درست‌نمایی را ماکزیمم کند، به عنوان نقطه تغییر در نظر گرفته می‌شود.

-
1. Occupational health safety
 2. Compliance and inforcement

ندوماران و همکاران برآوردگر حداکثر درست‌نمایی را برای تخمین نقطه تغییر پله‌ای در میانگین یک فرایند نرمال p متغیره با فرض معلوم بودن پارامترهای حالت تحت کنترل ارائه کردند. ایشان برای کشف حالت خارج از کنترل از نمودار χ^2 استفاده نمودند و نشان دادند که برآورد کننده حداکثر درست‌نمایی زمان تغییر τ عبارت است از مقداری از t که آماره M_t را حداکثر کند.

$$\hat{\tau} = \arg \max M_t, t = 0, 1, 2, \dots, T-1 \quad (3)$$

که در این رابطه M_t از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$M_t = (T-t)(\bar{X}_{i,T} - \mu_0)' \sum_{i=0}^{t-1} (\bar{X}_{i,T} - \mu_0) \quad (4)$$

و $\bar{X}_{t,T}$ میانگین $T-t$ مشاهده آخر می‌باشد و عبارتست از:

$$\bar{X}_{i,T} = 1/(T-t) \sum_{i=t+1}^T \bar{X} \quad (5)$$

در این بخش روش درست‌نمایی ماکزیمم استفاده می‌شود تا نقطه تغییر را در میانگین یک مدل کسب و کار با چندین شاخص برآورد بزنند. در اینجا متغیرها می‌توانند، شاخص‌های کسب و کار باشند که این شاخص‌ها را با $X_1, X_2, \dots, X_p$ نمایش می‌دهیم.

در این پژوهش، چندین متغیر کمی و چندین متغیر کیفی وجود دارد که این شاخص‌ها با هم نرمال چند متغیره نیستند. باید برای تبدیل متغیرها به نرمال چند متغیره از روش معکوس نورتا استفاده کنیم. بر اساس این روش ابتدا مشخصه‌های اصلی در فرایند تغییر متغیر داده می‌شوند و سپس متغیرهای جدید با یکی از روش‌ها و نمودارهای چند متغیره توزیع نرمال مانند نرمال مربع تی پایش می‌شوند.

تجزیه و تحلیل اطلاعات

هر شرکتی دارای یک مدل کسب و کار مخصوص به خود است. در این قسمت، به بررسی بوم کسب و کار "کنترل و اجرا" که یکی از قسمت‌های مهم فعالیت‌های این شرکت است، می‌پردازیم. فعالیت کنترل و اجرا مانند عرضه و تقاضاست؛ یعنی کارشناسان EPA وارد یک صنعت می‌شوند و به بررسی و چک کردن این می‌پردازند که آیا آن صنعت تحت قوانین اعلام شده عمل می‌کند یا خیر که اگر تحت چارچوب این قوانین نباشد، به بهبود و درست کردن آن می‌پردازند. ۹ جز اصلی بوم مدل این کسب و کار (بخش رعایت و اجرا) در شکل ۳ نمایش داده شده است:



شکل ۳: تابلو طراحی مدل کسب و کار شرکت EPA (بخش کنترل و اجرا)

۹ مورد بالا نمایانگر بوم مدل کسب و کار این شرکت در بخش فوق الذکر است. شاخص عملکرد کلیدی که در پایگاه داده های شرکت EPA در سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ ارائه شده است، به صورت زیر است:

میزان آسیب، ادعاهای استاندارد موجود، تعداد حوادث، تعداد ادعاهای زمان از دست رفته، هزینه برای ادعاهای از دست رفته، تعداد ادعاهای بیش از ۱۳ هفته، ادعای تلفات، درصد بازرسی کامل محل مشغول به کار، درصد مدیران و کارکنانی که آموزش OHS دریافت کرده اند، درصد آموزش مدیریت، بازآموزی، درصد گزارش حوادث و صدمات درصد پذیرش نقش و

دو متغیری که در این پژوهش استفاده شد و مورد بررسی قرار گرفت، متغیر گسسته تعداد حوادث^۱ و متغیر پیوسته هزینه برای ادعاهای استاندارد^۲ است.

"تعداد حوادث" از بخش فعالیتهای کلیدی مدل کسب و کار و "هزینه ادعای استاندارد" از بخش هزینه های بوم کسب و کار گرفته شده است.

1. No. of incidents
2. Average cost per standard claim

۱. شبیه‌سازی عددی

در این بخش، به بررسی عملکرد روش پیشنهادی با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری پرداخته شده است. نرم‌افزاری که در اینجا مورد استفاده قرار گرفته است، نرم افزار متلب^۱ است. در ادامه به بررسی مثال عددی استخراج‌شده از شرکت EPA با استفاده از روش MLE پرداخته شده است. برای اینکه بتوان عملکرد روشی که در بخش قبل بدان اشاره شد را مورد ارزیابی قرار دهیم، از کسب و کار مربوطه داده‌هایی را مورد استفاده قرار دادیم که امکان در نظر گرفتن هم‌زمان شاخص‌های پیوسته و گسسته وجود داشته باشد. متغیرهای مورد بررسی ما از داده‌های منتشر شده کسب و کار EPA از استاندارد OHS در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ برگزیده شده است. متغیر اول را تعداد حوادث در نظر می‌گیریم که یک متغیر گسسته است و متغیر دوم را هزینه برای ادعاهای استاندارد که یک متغیر پیوسته است. بر اساس اطلاعات ثبت‌شده در پایگاه داده‌های ویکتوریا مشخصه اول را با توزیع پواسون با پارامتر $\lambda_0 = 97$ تخمین می‌زنیم و متغیر دوم را با توزیع نرمال با میانگین $1/3$ و واریانس 1 تخمین زده شده است $[(\mu_0, \sigma_0) = (1.3, 1)]$. ضریب همبستگی بین X_1 و X_2 مقدار 0.25 تخمین زده می‌شود. اندازه نمونه را در این مثال برابر با $N=7$ در نظر می‌گیریم؛ به عبارت دیگر، یعنی هر هفته که حاوی اطلاعات روزانه است را یک نمونه در نظر می‌گیریم. به منظور تولید داده‌ها و شبیه‌سازی آنها بر اساس اطلاعاتی که از فاز ۱ تخمین زده شده است، بردار میانگین μ_0 و ماتریس کوواریانس ضریب همبستگی Σ_0 معلوم هستند. و حال با استفاده از روش معکوس نورتا که در بخش‌های قبل اشاره شد، داده‌ها را به توزیع نرمال استاندارد دو متغیره تبدیل و سپس با استفاده از داده‌های تبدیل شده روش MLE را اعمال می‌کنیم. همان طور که در بخش قبل اشاره شد، برای اینکه سیگنال خارج‌شده از نمودار را به دست آوریم، از نمودار کنترل T^2 استفاده می‌کنیم و حد بالای این نمودار را به نحوی تنظیم می‌کنیم که خطای نوع اول (α) برابر با 0.05 شود. در این صورت، حد بالای کنترل T^2 ، $UCL = \chi^2_{(\alpha, 0.005)}(2) = 10.59$ خواهد بود. در این مرحله، بر اساس ۱۰۰۰۰ بار تکرار^۲ شبیه‌سازی هر بار یک نمونه ۷ تایی بر اساس داده‌های تولیدشده از فاز ۱ را تولید می‌کنیم. سپس در هر بار تکرار داده‌های اولیه را با استفاده از روش معکوس نورتا به بردارهای داده‌ای نرمال استاندارد دو متغیره تبدیل می‌کنیم و در هر بار تکرار بردار میانگین و ماتریس کوواریانس داده‌ها محاسبه می‌شود و ۱۰۰۰۰ بار این عمل صورت می‌گیرد. سپس میانگین عناصر بردار میانگین و ماتریس کوواریانس را به وسیله ۱۰۰۰۰ بار تکرار شبیه‌سازی

1. Matlab
2. Iteration

محاسبه کرده و در نهایت بردار میانگین و ماتریس کوواریانس داده‌های تبدیل یافته^۱ را تعیین می‌کنیم.

همان طور که می‌دانید به ازای هر تغییر ۱۰۰۰۰ بار تکرار شبیه‌سازی انجام می‌دهیم و به ازای هر بار تغییر نقطه تغییر را تخمین می‌زنیم. برای هر کدام از نقاط تغییر تخمینی فاصله آنها را تا نقطه تغییر واقعی به صورت $(|\hat{\tau} - \tau|)$ حساب می‌کنیم. مقادیر محاسبه شده نشان می‌دهد که این روش پیشنهادی با چه فاصله‌ای نقطه تغییر تخمینی را با نقطه تغییر واقعی تخمین می‌زند. حالا میانگین این مقادیر را با $E(|\hat{\tau} - \tau|)$ نشان می‌دهیم که این شاخص نشان دهنده صحت عملکرد روش پیشنهادی است و سپس انحراف معیار این ۱۰۰۰۰ تا $(|\hat{\tau} - \tau|)$ را به دست می‌آوریم که نشان دهنده دقت روش ماست. علاوه بر این دو تا شاخص معیار دیگری نیز معرفی می‌کنیم که در این ۱۰۰۰۰ بار تکرار بر اساس داده‌هایی که حساب می‌شود $p(|\hat{\tau} - \tau| \leq i)$ که i برابر با ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ است.

برای انجام شبیه‌سازی ابتدا با استفاده از الگوریتم معکوس نورتا، و به دست آوردن بردار میانگین و ماتریس کوواریانس نرمال شده، ۱۰۰ مشاهده تحت کنترل تولید می‌شود. سپس به ازای شیفت‌های مختلف در میانگین مشخصه‌های کیفی شاخص‌ها به ازای واحد انحراف معیار σ_1 و σ_2 شبیه‌سازی انجام می‌شود و تا لحظه تشخیص خارج از کنترل ادامه پیدا می‌کند. پس از تشخیص حالت خارج از کنترل به وسیله نمودار T^2 ، نقطه تغییر با استفاده از روش MLE تخمین زده می‌شود. این فرآیند ۱۰۰۰۰ بار تکرار می‌شود و شاخص‌های ذکر شده به ازای شیفت‌های متفاوت محاسبه می‌شود و در جداول آتی خلاصه می‌شود.

جدول ۳ و جدول ۴ به ترتیب برای تغییرات میانگین در مشخصه‌های X_1 و X_2 با ثابت ماندن متغیر دیگر، مرتب شده‌اند. و جدول ۵ بیانگر نتایج شیفت‌های هم‌زمان هر دو مشخصه است. برای مثال، میانگین و انحراف استاندارد اختلاف بین نقطه واقعی و نقطه تخمینی تغییر تحت تغییر $(\sigma_1, 0)$ به ترتیب برابر با ۰/۶۹۹۶ و ۰/۴۱۲ است. جداول (۳)، (۴) و (۵) به شرح ذیل هستند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Transform data

جدول ۳: میانگین برآورد نقطه تغییر و توزیع تجربی در میانگین مشخصه کیفی اول

شیفت	$(0.25\sigma_1, 0)$	$(0.5\sigma_1, 0)$	$(0.75\sigma_1, 0)$	$(\sigma_1, 0)$	$(1.25\sigma_1, 0)$	$(1.5\sigma_1, 0)$	$(1.75\sigma_1, 0)$	$(2\sigma_1, 0)$	$(2.25\sigma_1, 0)$	$(2.5\sigma_1, 0)$
$E(\hat{\tau} - \tau)$	۸,۷۱۶۶	۲,۱۳۶۹	۱,۰۶۱۹	۰,۶۹۹۶	۰,۵۴۰۳	۰,۳۷۹۹	۰,۲۸۷۱	۰,۱۲۰۶	۰,۰۵۳۲	۰,۰۴۷۲
$Std(\hat{\tau} - \tau)$	۰,۱۲۱۷	۰,۰۴۱۴	۰,۰۴۳۱	۰,۰۴۱۲	۰,۰۴۴۰	۰,۰۳۶۰	۰,۰۳۳۴	۰,۰۱۸۹	۰,۰۱۲۳	۰,۰۱۵۹
$p(\hat{\tau} - \tau = 0)$	۰,۱۳۴۹	۰,۲۷۴۹	۰,۶۰۰۴	۰,۷۵۷۳	۰,۸۵۳۹	۰,۹۰۹۷	۰,۹۴۳۳	۰,۹۶۷۷	۰,۹۸۴۳	۰,۹۹۲۱
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 1)$	۰,۲۷۶۲	۰,۶۱۵۴	۰,۸۲۸۱	۰,۹۳۳۲	۰,۹۵۲۴	۰,۹۶۹۳	۰,۹۷۹۴	۰,۹۸۸۸	۰,۹۹۵۱	۰,۹۹۷۷
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 2)$	۰,۳۷۲۵	۰,۷۴۳۰	۰,۹۱۱۷	۰,۹۵۹۱	۰,۹۷۲۸	۰,۹۸۰۰	۰,۹۸۶۶	۰,۹۹۲۹	۰,۹۹۷۲	۰,۹۹۸۹
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 3)$	۰,۴۴۶۷	۰,۸۱۹۶	۰,۹۴۸۵	۰,۹۷۳۷	۰,۹۸۰۳	۰,۹۸۴۲	۰,۹۹۰۱	۰,۹۹۴۳	۰,۹۹۸۰	۰,۹۹۹۲
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 4)$	۰,۵۰۹۷	۰,۸۶۹۹	۰,۹۶۶۹	۰,۹۷۹۵	۰,۹۸۳۶	۰,۹۸۶۹	۰,۹۹۱۷	۰,۹۹۶۰	۰,۹۹۸۵	۰,۹۹۹۲
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 5)$	۰,۵۵۹۲	۰,۹۰۵۵	۰,۹۷۶۵	۰,۹۸۴۰	۰,۹۸۶۸	۰,۹۸۹۴	۰,۹۹۲۸	۰,۹۹۶۹	۰,۹۹۸۶	۰,۹۹۹۲

جدول ۳ نشان می‌دهد که همیشه، هنگامی که اندازه تغییرات میانگین پله‌ای افزایش می‌یابد، اختلاف میانگین و اختلاف استاندارد کاهش می‌یابد. به علاوه در ۹۲/۳۲ درصد از اجراهای شبیه‌سازی تحت تغییر $(\sigma_1, 0)$ بین برآورد به دست آمده توسط روش MLE و مقدار واقعی نقطه تغییر، برابر یا کمتر از ۱ خواهد بود. به عبارت دیگر، احتمال اینکه $\hat{\tau}$ دارای احتمال ۱ یا کمتر از مقدار واقعی نقطه تغییر باشد، ۰/۹۲۳۲ است که دقت ۱ نامیده می‌شود.

جدول ۴: میانگین برآورد نقطه تغییر و توزیع تجربی در میانگین مشخصه کیفی دوم

شیفت	$(0, 0.25\sigma_2)$	$(0, 0.5\sigma_2)$	$(0, 0.75\sigma_2)$	$(0, \sigma_2)$	$(0, 1.25\sigma_2)$	$(0, 1.5\sigma_2)$	$(0, 1.75\sigma_2)$	$(0, 2\sigma_2)$	$(0, 2.25\sigma_2)$	$(0, 2.5\sigma_2)$
$E(\hat{\tau} - \tau)$	۸,۶۹۰۲	۲,۲۰۶۶	۱,۱۰۷۵	۰,۶۷۱۸	۰,۵۳۹۱	۰,۴۱۱۰	۰,۲۷۵۹	۰,۰۷۹۶	۰,۰۴۱۳	۰,۰۴۰۷
$Std(\hat{\tau} - \tau)$	۰,۱۲۰۱	۰,۰۵۴۰	۰,۰۴۷۸	۰,۰۴۲۵	۰,۰۴۲۶	۰,۰۳۷۹	۰,۰۲۶۴	۰,۰۱۴۱	۰,۰۱۲۰	۰,۰۱۰۰
$p(\hat{\tau} - \tau = 0)$	۰,۱۲۵۶	۰,۲۷۷۶	۰,۶۱۰۸	۰,۷۷۴۴	۰,۸۵۵۴	۰,۹۱۸۵	۰,۹۵۰۱	۰,۹۷۶۴	۰,۹۸۸۸	۰,۹۹۶۷
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 1)$	۰,۲۶۱۹	۰,۶۲۴۹	۰,۸۲۳۶	۰,۹۲۸۷	۰,۹۵۳۰	۰,۹۷۱۲	۰,۹۸۱۵	۰,۹۹۲۲	۰,۹۹۶۹	۰,۹۹۹۴
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 2)$	۰,۳۵۸۹	۰,۷۴۹۵	۰,۹۱۵۱	۰,۹۶۴۷	۰,۹۷۱۷	۰,۹۷۹۶	۰,۹۸۹۲	۰,۹۹۶۰	۰,۹۹۸۵	۰,۹۹۹۷
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 3)$	۰,۴۳۸۸	۰,۸۲۵۵	۰,۹۴۹۲	۰,۹۷۶۶	۰,۹۷۹۱	۰,۹۸۲۲	۰,۹۹۱۱	۰,۹۹۶۷	۰,۹۹۸۷	۰,۹۹۹۸
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 4)$	۰,۵۰۴۶	۰,۸۷۴۲	۰,۹۶۴۶	۰,۹۸۱۹	۰,۹۸۴۳	۰,۹۸۵۶	۰,۹۹۲۲	۰,۹۹۷۴	۰,۹۹۹۱	۰,۹۹۹۸
$p(\hat{\tau} - \tau \leq 5)$	۰,۵۵۶۰	۰,۹۱۰۸	۰,۹۷۳۸	۰,۹۸۴۵	۰,۹۸۶۶	۰,۹۸۶۹	۰,۹۹۲۸	۰,۹۹۸۰	۰,۹۹۹۱	۰,۹۹۹۹

همچنین نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که روش MLE در تمامی شیفت‌ها غیر از شیفت اول، نقطه تغییر را به طور متوسط در فاصله‌ای کمتر از ۳ نمونه از زمان واقعی تغییر در مدل کسب و کار ما نشان می‌دهد که این موضوع نشان از صحت بالای روش پیشنهادی در تخمین نقطه تغییر واقعی دارد و افزایش اندازه شیفت در واریانس تعداد حوادث باعث بهبود عملکرد در تخمین صحیح زمان واقعی وقوع انحراف در مدل مورد بررسی ما می‌شود.

علاوه بر این، روش پیشنهادی در ۸۵/۳۹ درصد مواقع، تخمین زنده زمان واقعی تغییر را به درستی شناسایی می‌کند. با بررسی سطری در احتمال‌ها از P_0 تا P_5 با این نتیجه می‌رسیم که با افزایش شیفت در متغیر اول (تعداد حوادث)، درصد احتمال در هر سطر رو به افزایش است و میانگین اختلاف استاندارد با افزایش شیفت‌ها رو به کاهش است. برای مثال، $0.5\sigma_1$ به معنی ۰/۵ انحراف معیار در مشخصه کیفی اول است که امید ریاضی^۱ اختلاف نقطه تغییر تخمینی و نقطه تغییر واقعی در این شیفت به صورت میانگین ۲/۱۳۶۹ است که در بررسی ستونی در احتمال‌ها به این نتیجه می‌رسیم که با افزایش اختلاف، درصد احتمال بیشتر می‌شود. به طور کلی، این جدول نشان می‌دهد که در ۷۳/۷۵٪ شبیه‌سازی‌ها، تخمین زنده زمان واقعی تغییر را به درستی نشان می‌دهد. جدول (۴) نتایج اعمال شیفت در متغیر دوم یعنی میانگین هزینه برای ادعاهای استاندارد را نشان می‌دهد که این شیفت‌ها در به ازای $S_F = 0.25 \quad 0.5 \quad 0.75 \quad 1 \quad 1.25 \quad 1.5 \quad 1.75 \quad 2 \quad 2.25 \quad 2.5$ است. نتایج جدول (۴) نشان از دقت بالای روش MLE در تخمین زمان تغییر در ماتریس کوواریانس فرایند، در زمانی که هزینه برای ادعاهای استاندارد عامل انحراف است، دارد.

بر اساس نتایج به دست آمده از این جدول، می‌توان نتیجه گرفت که روش مورد بررسی برای تخمین نقطه تغییر در X_T ، در تمامی شیفت‌ها غیر از شیفت اول، نقطه تغییر را در فاصله‌ای کمتر از ۳ نمونه از زمان واقعی تغییر در فرایند تشخیص می‌دهد و همچنین با اعمال شیفت بیشتر در واریانس متغیر دوم، عملکرد روش MLE در برآورد زمان تغییر بهبود می‌یابد. به طور کلی، از هر دو جدول (۳) و جدول (۴) می‌توان به این نتیجه دست یافت که با افزایش اندازه تغییر، احتمال برآورد دقیق‌تر می‌شود و زمانی که تغییرات پله‌ای افزایش می‌یابد، کارایی هر دو متد به طور چشم‌گیری بهبود خواهد یافت. همان طور که گفته شد، جدول ۳ اعمال شیفت‌ها در فواصل ۰/۲۵ در هر دو متغیر را از طریق ۱۰۰۰۰ بار تکرار بازگو می‌کند؛ یعنی زمانی را مورد بررسی قرار می‌دهد که هر دو متغیر به عنوان عامل انحراف شناخته شوند.

1. Expected value

جدول ۵: میانگین برآورد نقطه تغییر و توزیع تجربی در میانگین مشخصه کیفی اول و دوم به طور هم‌زمان

شیفت	$(0.25\sigma_1, 0.25\sigma_2)$	$(0.5\sigma_1, 0.5\sigma_2)$	$(0.75\sigma_1, 0.75\sigma_2)$	(σ_1, σ_2)	$(1.25\sigma_1, 1.25\sigma_2)$	$(1.5\sigma_1, 1.5\sigma_2)$	$(1.75\sigma_1, 1.75\sigma_2)$	$(2\sigma_1, 2\sigma_2)$	$(2.25\sigma_1, 2.25\sigma_2)$	$(2.5\sigma_1, 2.5\sigma_2)$
$E(\hat{\theta} - \tau)$	۵.۷۳۰۹	۱.۵۱۵۳	۰.۷۶۶۷	۰.۵۲۴۹	۰.۳۸۶۳	۰.۱۸۹۱	۰.۰۴۵۳	۰.۰۲۸۷	۰.۰۰۱۸	۰.۰۰۰۶
$Std(\hat{\theta} - \tau)$	۰.۰۸۷۶	۰.۰۴۴۶	۰.۰۴۰۹	۰.۰۳۹۸	۰.۰۳۷۴	۰.۰۲۷۰	۰.۰۱۱۵	۰.۰۱۲۳	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۰۲
$p(\hat{\theta} - \tau = 0)$	۰.۱۸۶۹	۰.۴۸۶۸	۰.۷۲۰۵	۰.۸۵۲۹	۰.۹۱۴۴	۰.۹۵۶۰	۰.۹۸۲۷	۰.۹۹۲۶	۰.۹۹۹۴	۰.۹۹۹۴
$p(\hat{\theta} - \tau \leq 1)$	۰.۲۶۶۲	۰.۷۲۶۱	۰.۹۰۱۱	۰.۹۵۱۲	۰.۹۶۸۶	۰.۹۸۵۶	۰.۹۹۵۲	۰.۹۹۸۶	۰.۹۹۹۸	۱
$p(\hat{\theta} - \tau \leq 2)$	۰.۴۸۵۶	۰.۸۳۹۸	۰.۹۴۹۳	۰.۹۷۱۸	۰.۹۷۹۳	۰.۹۹۰۴	۰.۹۹۷۶	۰.۹۹۹۴	۱	۱
$p(\hat{\theta} - \tau \leq 3)$	۰.۵۶۷۵	۰.۸۹۹۷	۰.۹۶۷۸	۰.۹۷۹۹	۰.۹۸۴۸	۰.۹۹۲۶	۰.۹۹۸۵	۰.۹۹۹۶	۱	۱
$p(\hat{\theta} - \tau \leq 4)$	۰.۶۲۹۰	۰.۹۳۳۰	۰.۹۷۶۶	۰.۹۸۳۸	۰.۹۸۷۴	۰.۹۹۴۰	۰.۹۹۸۷	۰.۹۹۹۷	۱	۱
$p(\hat{\theta} - \tau \leq 5)$	۰.۶۸۰۷	۰.۹۵۵۱	۰.۹۸۱۲	۰.۹۸۶۰	۰.۹۸۹۴	۰.۹۹۵۲	۰.۹۹۸۷	۰.۹۹۹۷	۱	۱

جدول ۳ مناسب بودن عملکرد بررسی روش MLE را در تخمین نقطه تغییر واقعی در مدل کسب و کار EPA، در ماتریس کوواریانس مدل برای حالتی را که هم تعداد حوادث و هم میانگین هزینه برای ادعاهای استاندارد عامل ایجاد انحراف هستند، ثابت می‌کند. جدول ۵ نشان می‌دهد که روش MLE برای تخمین نقطه تغییر، زمانی که واریانس هر دو متغیر تغییر می‌کند، نسبت به روش اول که فقط شیفت‌ها روی یکی از متغیرها اعمال شده بود، برآورد دقیق‌تری دارد. این شیفت نشان می‌دهد که در تمامی برآوردها با افزایش اختلاف، با احتمال بسیار زیادی نقطه تغییر تخمین زده شده صحیح است. و همچنین با مقایسه این سه جدول می‌توان به این نتیجه دست یافت که کارایی روش درست‌نمایی ماکزیمم تحت تغییرات در متغیر کیفی نرمال تقریباً بهتر از متغیر کیفی پواسون است.

برای مشاهده بهتر کارایی روش درست‌نمایی ماکزیمم، به بررسی داده‌های به دست آمده در قالب نمودار نیز پرداخته شده است. شکل ۴ امید ریاضی را بر اساس شیفت‌های مختلف و انحراف معیار را در شیفت‌های مختلف نشان می‌دهد.

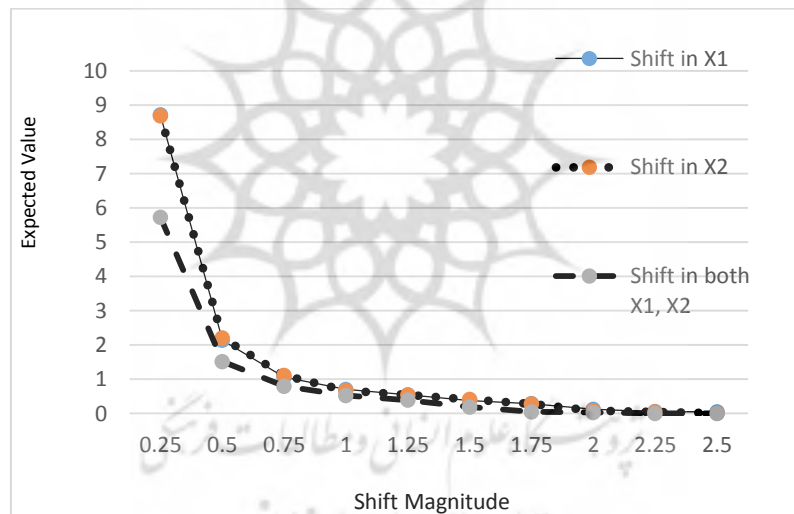
در جدول ۵ مشاهده می‌شود که زمانی که اعمال شیفت‌ها روی هر دو متغیر هزینه و تعداد حوادث اعمال می‌شود، روش درست‌نمایی ماکزیمم نتیجه بهتری دارد و نمودار پایین‌تر از دو نمودار دیگر قرار می‌گیرد.

با توجه به نمودار فوق می‌توان دریافت که در تمامی شیفت‌ها غیر از شیفت 0.5σ ، نموداری سوم که اعمال شیفت روی هر دو متغیر است، پایین‌تر از دو نمودار دیگر است. پس روش MLE خوب عمل می‌کند.

مثال عددی

برای نشان دادن بهتر عملکرد روش MLE به بررسی مثال عددی از این کسب و کار پرداخته شده است. در این مثال، ۱۰۰ داده تحت کنترل تولید شده است و روش درست‌نمایی ماکزیمم اعمال شده است. جدول ۶ نتیجه اعمال شیفت را نشان می‌دهد. همان طور که در جدول ملاحظه می‌کنید، نمودار کنترل در نقطه ۱۲۹ از حد بالای کنترل ($UCL=10/59$) خارج شده است و به ما هشدار می‌دهد که مدل کسب و کار فعلی خوب عمل نمی‌کند. در نتیجه، باید به دنبال تغییرات ایجادشده در مدل کسب و کار در هفته ۱۰۱ ام بود تا بتوان عوامل ایجاد انحراف را پیدا کرد و اقدامات اصلاحی را استفاده از یکی از ۴ روش تغییر در مدل کسب و کار ایجاد کرد. به عنوان مثال، می‌توان از راهبرد اصلاح استفاده کرد که با اصلاح مدل کسب و کار در هزینه‌های ادعای استاندارد صرفه‌جویی کرد.

حال با توجه به شکل ۵ می‌یابیم که نقطه تغییر واقعی ۱۰۱ بوده است؛ یعنی در هفته ۱۰۱ ام تغییری در کسب و کار ایجاد شده و کارکرد ضعیف خود را در هفته ۱۲۹ ام نمایان کرده است. شکل ۵ در پیوست آمده است. این نتیجه نشان می‌دهد که روش MLE خوب عمل کرده و تنها با ۱ واحد اختلاف نتیجه را تخمین زده است.



شکل ۴: بررسی روند امید ریاضی بر اساس اعمال شیفت‌های مختلف

جدول ۶: آماره T^2 برآورد شده برای هر نمونه (از نمونه ۱۰۱ به بعد)

شماره گروه	T^2	M_t	شماره گروه	T^2	M_t	شماره گروه	T^2	M_t
۸۷	۰/۶۵۶۸	۴/۴۷۵۰	۴۴	۰/۱۰۱۸	۲/۱۰۰۴	۱	۴/۷۸۵۷	۱/۱۹۴۰
۸۸	۰/۶۳۸۴	۴/۴۷۹۲	۴۵	۱/۲۵۷۸	۲/۰۰۷۳	۲	۲/۱۰۶۴	۱/۲۰۵۷
۸۹	۳/۳۱۶۰	۴/۷۵۴۳	۴۶	۰/۷۸۷۸	۱/۹۸۷۷	۳	۷/۵۹۴۶	۱/۱۶۰۰
۹۰	۰/۵۸۰۱	۴/۶۸۹۲	۴۷	۰/۱۲۹۳	۲/۰۲۰۱	۴	۲/۵۲۵۱	۱/۲۶۱۱
۹۱	۱/۷۳۰۶	۴/۹۰۲۰	۴۸	۳/۷۳۳۹	۲/۰۸۸۱	۵	۱/۴۱۳۴	۱/۱۸۶۰
۹۲	۰/۶۵۶۲	۴/۸۷۶۸	۴۹	۳/۶۷۱۴	۲/۳۵۶۱	۶	۳/۳۹۳۲	۱/۰۶۲۳
۹۳	۲/۰۵۹۱	۵/۳۹۰۴	۵۰	۳/۴۶۹۱	۲/۵۹۴۶	۷	۱/۱۸۸۰	۱/۰۲۳۰
۹۴	۳/۸۲۰۴	۵/۸۲۹۹	۵۱	۵/۸۵۹۹	۲/۶۴۵۳	۸	۸/۶۹۶۴	۱/۲۴۶۴
۹۵	۲/۴۱۰۰	۶/۳۴۱۶	۵۲	۰/۷۲۴۶	۲/۶۹۳۹	۹	۰/۳۳۳۱	۱/۲۸۹۲
۹۶	۰/۷۹۷۷	۶/۶۹۰۶	۵۳	۱/۵۶۷۱	۲/۵۵۲۶	۱۰	۰/۵۰۹۸	۱/۲۶۷۵
۹۷	۴/۵۱۲۱	۷/۴۹۱۲	۵۴	۰/۶۲۰۶	۲/۵۷۶۸	۱۱	۶/۵۹۴۳	۱/۴۵۷۷
۹۸	۳/۱۹۸۶	۷/۸۸۶۸	۵۵	۰/۸۱۸۴	۲/۵۳۰۹	۱۲	۵/۳۳۲۵	۱/۲۸۱۰
۹۹	۰/۷۲۶۷	۸/۴۸۴۸	۵۶	۱/۹۲۵۶	۲/۷۶۵۷	۱۳	۱/۲۳۹۹	۱/۳۶۸۸
۱۰۰	۱/۰۳۳۹	۸/۵۰۰۷	۵۷	۳/۷۴۳۰	۲/۵۸۹۵	۱۴	۴/۸۸۰۴	۱/۵۵۲۹
۱۰۱	۰/۴۱۸۵	۸/۵۴۲۷	۵۸	۳/۲۰۴۲	۲/۸۷۹۱	۱۵	۰/۴۷۲۰	۱/۵۰۸۱
۱۰۲	۴/۸۲۷۹	۷/۹۴۰۲	۵۹	۰/۹۴۸۹	۳/۰۷۲۵	۱۶	۰/۳۳۵۸	۱/۴۸۰۲
۱۰۳	۳/۱۴۰۷	۷/۵۳۶۰	۶۰	۰/۰۱۷۸	۳/۱۲۳۳	۱۷	۶/۹۶۴۱	۱/۳۷۲۳
۱۰۴	۳/۱۳۵۳	۷/۲۳۹۶	۶۱	۱/۶۶۰۴	۳/۱۲۲۲	۱۸	۷/۰۰۲۷	۱/۱۷۰۹
۱۰۵	۳/۸۷۵۵	۶/۸۳۱۱	۶۲	۰/۸۹۵۳	۳/۲۴۰۱	۱۹	۴/۵۴۰۶	۱/۱۵۷۰
۱۰۶	۹/۵۸۳۸	۵/۸۹۶۸	۶۳	۲/۵۶۳۷	۳/۲۳۷۳	۲۰	۲/۶۲۵۶	۱/۰۸۸۷
۱۰۷	۳/۲۵۷۵	۵/۶۹۹۷	۶۴	۰/۷۹۱۹	۳/۲۶۹۸	۲۱	۱/۱۳۸۸	۱/۱۷۹۶
۱۰۸	۰/۸۸۱۶	۵/۵۹۹۸	۶۵	۳/۱۱۹۹	۳/۰۹۶۸	۲۲	۵/۴۳۵۷	۱/۳۴۲۳
۱۰۹	۱۰/۱۷۱۰	۴/۷۰۵۳	۶۶	۰/۰۷۶۷	۳/۱۱۳۸	۲۳	۲/۰۹۶۷	۱/۲۷۴۰
۱۱۰	۳/۰۱۵۲	۴/۳۱۱۶	۶۷	۱/۴۴۱۲	۲/۹۶۳۴	۲۴	۶/۴۵۵۶	۱/۴۷۰۶
۱۱۱	۰/۶۷۹۲	۴/۵۸۳۷	۶۸	۴/۸۰۳۰	۳/۳۹۱۳	۲۵	۲/۵۲۹۰	۱/۶۲۹۶
۱۱۲	۲/۰۴۱۷	۴/۵۱۴۴	۶۹	۰/۲۳۳۶	۳/۴۰۴۹	۲۶	۰/۳۰۳۱	۱/۶۰۴۹
۱۱۳	۴/۵۱۵۵	۳/۹۶۶۷	۷۰	۲/۶۴۹۹	۳/۴۹۰۰	۲۷	۰/۹۴۸۷	۱/۵۸۹۸
۱۱۴	۰/۱۷۶۶	۴/۲۳۳۹	۷۱	۰/۲۲۲۵	۳/۵۶۶۵	۲۸	۳/۶۲۲۸	۱/۶۹۹۱
۱۱۵	۲/۰۱۶۶	۳/۹۴۷۷	۷۲	۰/۵۷۸۸	۳/۶۰۹۱	۲۹	۴/۶۷۰۳	۱/۸۹۶۴
۱۱۶	۲/۶۳۵۰	۳/۶۹۹۱	۷۳	۱/۵۲۴۷	۳/۸۵۸۳	۳۰	۲/۹۵۳۸	۲/۰۹۷۷
۱۱۷	۰/۳۸۹۶	۳/۷۴۹۲	۷۴	۳/۳۰۳۲	۴/۲۹۷۳	۳۱	۲/۰۴۴۶	۱/۹۸۲۱
۱۱۸	۱/۸۱۲۲	۳/۷۴۹۳	۷۵	۱/۸۴۳۵	۴/۶۷۱۷	۳۲	۰/۶۶۵۷	۲/۰۲۱۵
۱۱۹	۱/۷۵۰۱	۳/۸۴۴۴	۷۶	۱/۹۸۴۴	۵/۰۷۱۳	۳۳	۰/۲۱۸۸	۱/۹۹۷۷
۱۲۰	۰/۳۶۰۰	۳/۹۷۵۱	۷۷	۱/۷۱۴۷	۴/۸۷۷۸	۳۴	۵/۴۱۹۰	۲/۱۶۰۱
۱۲۱	۴/۵۱۸۳	۳/۶۱۷۴	۷۸	۰/۶۴۶۵	۵/۱۰۰۵	۳۵	۲/۱۳۱۷	۲/۰۱۸۴

شماره گروه	T^2	M_t	شماره گروه	T^2	M_t	شماره گروه	T^2	M_t
۱۲۲	۲/۱۲۸۶	۳/۳۳۲۵	۷۹	۰/۴۷۵۰	۵/۰۳۷۵	۳۶	۰/۸۱۵۴	۲/۱۰۱۳
۱۲۳	۸/۹۹۵۵	۲/۳۲۴۶	۸۰	۶/۵۹۶۹	۴/۶۱۰۳	۳۷	۱/۶۲۷۵	۲/۲۴۳۶
۱۲۴	۴/۳۳۷۵	۱/۷۶۶۱	۸۱	۲/۰۶۲۹	۴/۵۶۹۸	۳۸	۳/۲۰۹۴	۲/۰۹۰۳
۱۲۵	۱/۸۱۳۱	۱/۵۴۷۰	۸۲	۱/۴۹۰۷	۴/۳۸۰۷	۳۹	۳/۸۷۱۵	۲/۰۹۳۲
۱۲۶	۰/۸۷۱۵	۱/۵۲۰۷	۸۳	۰/۵۳۳۹	۴/۴۰۳۸	۴۰	۱/۴۴۴۵	۲/۱۶۸۲
۱۲۷	۲/۲۲۸۳	۲/۲۱۵۳	۸۴	۰/۸۶۳۱	۴/۶۰۱۱	۴۱	۰/۸۶۵۱	۲/۱۳۲۰
۱۲۸	۱/۱۲۵۷	۲/۲۱۵۳	۸۵	۰/۳۵۴۱	۴/۵۶۰۲	۴۲	۰/۶۵۱۹	۲/۱۴۶۹
۱۲۹	۲۰/۴۰۹۵		۸۶	۳/۹۹۳۲	۴/۴۲۴۹	۴۳	۲/۵۰۸۳	۲/۱۱۳۲

نتیجه‌گیری

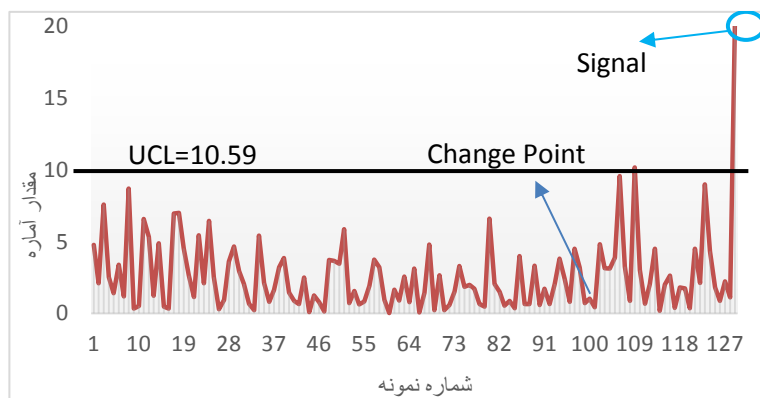
اگر در یک کسب و کار نقطه درست‌نمایی ماکزیمم شناسایی نشود، این کار باعث می‌شود تا نتوانیم علل ایجاد انحراف دقیق عملکرد را دریابیم و در برخی از مواقع، موجب عدم شناسایی دقیق عوامل انحراف می‌شود که بازده مدل کسب و کار به مرور زمان کم و ناکارآمد می‌شود و این امر موجب تحمیل هزینه‌های زیادی از جمله هزینه مالی، جلو زدن رقبا و بازده کم و غیره به کسب و کار می‌شود. بر اساس بررسی‌های انجام شده، در هیچ یک از مقالات مرتبط با نقطه تغییر، به بررسی و یافتن نقطه تغییر در مدل کسب و کار پرداخته نشده است. همچنین با تفحص در مقالات مدل کسب و کار، این نتیجه دریافت شد که تعداد کمی از مقالات مانند (کاوالکانتی، کستینگ و الهای، ۲۰۱۱) به بررسی عوامل مؤثر بر تغییر در مدل کسب و کار پرداخته‌اند ولی در هیچ یک به بررسی و یافتن نقطه ایجاد تغییر و جلوگیری از زیان وارده به کسب و کار پرداخته نشده است.

با توجه به اینکه چه تغییری در تغییر مدل کسب و کار مهم است، می‌توان از روش آماری درست‌نمایی ماکزیمم و با استفاده از شبیه‌سازی نقطه تغییر در یک کسب و کار را یافت و به بررسی تغییرات ایجادشده حول آن نقطه در کسب و کار پرداخت.

عملکرد روش نقطه تغییر در بخش چهارم از شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار متلب در قالب مثال شبیه‌سازی صورت گرفت. نتایج نشان داد که روش ماکزیمم درست‌نمایی برای برآورد متغیرهای مورد بررسی خوب عمل می‌کند و در شیفتهای بزرگ‌تر عملکرد بهتری دارد که این نشان از کارایی بالای این روش است. سپس به بررسی مثال عددی از کسب و کار EPA پرداختیم. نتایج شبیه‌سازی صورت گرفته نشان از ارائه یک روش و ابزار مناسب برای تخمین نقطه تغییر مدل کسب و کار و اتخاذ به موقع راهبرد بهبود مدل کسب و کار دارد. نوآوری اصلی این پژوهش به

کارگیری ابزارهای کنترل کیفیت آماری در برآورد نقطه تغییر مدل کسب وکار به عنوان راهبرد اصلی درآمدزایی کسب وکارها است.

ضمائم



شکل ۵: نمایش نقطه تغییر واقعی و و برآورد شده در نمودار تی دو هتلینگ با استفاده از شیفت پله‌ای



منابع

- Afuah, A. (2004). *Business models: A strategic management approach*. McGraw-Hill/Irwin.
- Amiri, A., Maleki, M. R., & Sogandi, F. (2018). Estimating the time of a step change in the multivariate-attribute process mean using ANN and MLE. *IJDATS*, 10(1), 81-98
- Amit, R., & Zott, C. (2001). Value creation in e- business. *Strategic management journal*, 22(6- 7), 493-520.
- Cavalcante, S., Kesting, P., & Ulhøi, J. (2011). Business model dynamics and innovation:(re) establishing the missing linkages. *Management decision*, 49(8), 1327-1342.
- Chesbrough, H. (2006). *Open business models: How to thrive in the new innovation landscape*. Harvard Business Press.
- Chesbrough, H., & Rosenbloom, R. S. (2002). The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin- off companies. *Industrial and corporate change*, 11(3), 529-555.
- Fielt, E. (2014). Conceptualising business models: Definitions, frameworks and classifications. *Journal of Business Models*, 1(1), 85-105.
- Fielt, E. (2014). Conceptualising business models: Definitions, frameworks and classifications. *Journal of Business Models*, 1(1), 85-105.
- George, G., & Bock, A. J. (2011). The business model in practice and its implications for entrepreneurship research. *Entrepreneurship theory and practice*, 35(1), 83-111.
- Ghasemi, R., Samimi, Y., & Shahriari, H. (2016). Bayesian Estimation of Change Point in Phase One Risk Adjusted Control Charts. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 9(2), 20-37.
- Gordijn, J., Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2005). Comparing two business model ontologies for designing e-business models and value constellations. *BLED 2005 Proceedings*, 15.
- Hawkins, D. M., Qiu, P., & Kang, C. W. (2003). The changepoint model for statistical process control. *Journal of quality technology*, 35(4), 355-366.
- Hawkins, D. M., & Zamba, K. D. (2005). Statistical process control for shifts in mean or variance using a changepoint formulation. *Technometrics*, 47(2), 164-173.
- Jann, A. (2000). Multiple change-point detection with a genetic algorithm. *Soft computing*, 4(2), 68-75.
- Johnson, M. W., Christensen, C. M., & Kagermann, H. (2008). Reinventing your business model. *Harvard business review*, 86(12), 57-68.

- Kazemzadeh, R. B., Noorossana, R., & Ayoubi, M. (2015). Change point estimation of multivariate linear profiles under linear drift. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 44(6), 1570-1599.
- Maleki, M. R., Amiri, A., & Mousavi, S. M. (2015). Step change point estimation in the multivariate-attribute process variability using artificial neural networks and maximum likelihood estimation. *Journal of Industrial Engineering International*, 11(4), 505-515.
- Morris, M., Schindehutte, M., & Allen, J. (2005). The entrepreneur's business model: toward a unified perspective. *Journal of business research*, 58(6), 726-735.
- Osterwalder, A. (2004). *The business model ontology a proposition in a design science approach* (Doctoral dissertation, Université de Lausanne, Faculté des hautes études commerciales)..
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. John Wiley & Sons.
- Pateli, A. G., & Giaglis, G. M. (2004). A research framework for analysing eBusiness models. *European journal of information systems*, 13(4), 302-314.
- Perry, M. B., Mercado, G. R., & Pignatiello Jr, J. J. (2011). Phase II monitoring of covariance stationary autocorrelated processes. *Quality and Reliability Engineering International*, 27(1), 35-45.
- Perry, M. B., Pignatiello Jr, J. J., & Simpson, J. R. (2007). Change point estimation for monotonically changing Poisson rates in SPC. *International journal of production research*, 45(8), 1791-1813.
- Pignatiello Jr, J. J., & Samuel, T. R. (2001). Estimation of the change point of a normal process mean in SPC applications. *Journal of Quality technology*, 33(1), 82-95.
- Samuel, T. R., Pignatiello Jr, J. J., & Calvin, J. A. (1998). Identifying the time of a step change in a normal process variance. *Quality Engineering*, 10(3), 529-538.
- Shafer, S. M., Smith, H. J., & Linder, J. C. (2005). The power of business models. *Business horizons*, 48(3), 199-207.
- Sharafi, A., Aminnayeri, M., & Amiri, A. (2014). Estimating the change point of binary profiles in phase II. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 14(3), 336-351.
- Sheikhrabori, R., Aminnayeri, M., & Ayoubi, M. (2018). Maximum likelihood estimation of change point from stationary to nonstationary in autoregressive models using dynamic linear model. *Quality and Reliability Engineering International*, 34(1), 27-36.
- Sullivan, J. H. (2002). Detection of multiple change points from clustering individual observations. *Journal of quality technology*, 34(4), 371-383.
- Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long range planning*, 43(2-3), 172-194.

Weill, P., & Vitale, M. (2001). *Place to space: Migrating to eBusiness Models*. Harvard Business Press.

Zott, C., Amit, R., & Massa, L. (2011). The business model: recent developments and future research. *Journal of management*, 37(4), 1019-1042.

مراجع سایت ها

“CATEGORY.” *Datasets | Victorian Government Data Directory*,
www.data.vic.gov.au/.

“EPA Victoria.” *Environment Protection Authority Victoria*,
www.epa.vic.gov.au/.

“Fortune Homepage.” *Fortune*, Fortune, www.fortune.com/.

“Reducing Costs. Improving Quality. Reinventing Healthcare.” *Premier*,
www.premierinc.com/

