

تحلیل تغییرات ساختاری اقتصاد ایران
۲. مبانی نظری روش‌های مختلف
تغییرات ساختاری تجزیه شده (SDA)
در چارچوب الگوی داده - ستانده

به نام خدا

فهرست مطالب

| | |
|---------|--|
| ۱..... | چکیده |
| ۲..... | مقدمه |
| ۴..... | ۱. پیشینه روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) |
| ۶..... | ۲. رویکردهای مختلف روش تحلیل تجزیه ساختاری |
| ۷..... | ۲-۱. رویکرد تجزیه دقیق و تجزیه تقریبی با فرض وجود دو عامل X_1 و X_2 |
| ۷..... | ۲-۱-۱. تجزیه دقیق |
| ۸..... | ۲-۱-۲. تجزیه تقریبی |
| ۱۰..... | ۲-۲. رویکردهای مختلف تحلیل تجزیه ساختاری با فرض وجود n عامل X_1 تا X_n |
| ۱۰..... | ۲-۲-۱. تجزیه دقیق |
| ۱۱..... | ۲-۲-۲. تجزیه تقریبی |
| ۱۳..... | ۲-۲-۳. تجزیه کامل |
| ۱۴..... | ۳. معرفی مناسبترین روش تجزیه تحلیل ساختاری با توجه به تعدد روشهای مختلف تجزیه و مقدار ϵ |
| ۱۵..... | جمع بندی و نتیجه گیری |
| ۱۶..... | منابع و مآخذ |



تحلیل تغییرات ساختاری اقتصاد ایران

۲. مبانی نظری روش‌های مختلف تغییرات ساختاری تجزیه شده (SDA) در چارچوب الگوی داده - ستانده

چکیده

شاخص‌های اقتصاد کلان همچون رشد اقتصادی، اشتغال و ... تنها تصویری از وضعیت اقتصاد یک کشور ارائه می‌کنند، اما این شاخص‌ها توضیح‌دهنده تغییرات ساختاری رخ داده در یک اقتصاد نیستند. در گزارش نخست^۱ تغییرات تکنولوژی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تغییرات ساختاری معرفی و مفهوم و مبانی نظری آن در چارچوب الگوی تقاضامحور داده-ستانده بررسی شد. در این گزارش به‌منظور شناسایی سایر عوامل مؤثر بر تغییرات ساختاری از منظر تقاضا، روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)، معرفی شده است. بنابراین هدف اصلی گزارش حاضر صرفاً توجه به پایه‌های نظری روش‌های مختلف SDA است که بستر پایه‌های تحلیل گزارش‌های بعدی را فراهم می‌کند.^۲ روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) که مبتنی بر الگوی تقاضامحور داده-ستانده است، روشی کاربردی برای بررسی تغییرات متغیرهایی همچون تولید، اشتغال، مصرف انرژی، نیروی کار و انتشار آلاینده طی یک بازه زمانی است، به‌طوری که می‌توان تغییر هر یک از متغیرهای فوق را برحسب تغییرات تکنولوژی، تقاضای داخلی، صادرات، واردات و ... تجزیه نمود. این روش از زمان پیدایش تاکنون متناسب با تغییرات اقتصاد جهانی متحول شده است و پژوهشگران روش‌های متعددی را برای تجزیه تغییرات ساختاری معرفی نموده‌اند به‌طوری که یک روش منحصر بفرده تجزیه وجود ندارد و به‌کارگیری روش‌های مختلف تجزیه، نتایج متفاوتی از سهم عوامل در تغییرات ساختاری به‌دست می‌دهند. یک راه‌حل برای این مشکل محاسبه میانگین سهم هر یک از عوامل در همه حالات ممکن تجزیه است که به آن رویکرد «تجزیه کامل»^۳ گفته می‌شود. با این حال با افزایش تعداد عوامل به‌کارگیری این رویکرد با دشواری‌هایی همراه خواهد بود و فرایند محاسبه پیچیده و زمان‌بر می‌شود، به‌طوری که اگر n عامل وجود داشته باشد، آن‌گاه $n!$ روش تجزیه وجود خواهد داشت. از این رو پژوهشگران برای سهولت محاسبه، روش‌های دیگری را استفاده کرده‌اند که در قالب دو رویکرد «تجزیه دقیق»^۴ و «تجزیه تقریبی»^۵

۱. مفهوم و مبانی نظری تغییرات تکنولوژی در چارچوب الگوی داده - ستانده و کاربرد آن در ایران
۲. گزارش حاضر مبانی انتخاب روش تجزیه مناسب در گزارش آن‌بی با عنوان «تحلیل بخش‌های اقتصادی ایران از منظر تقاضا طی دهه ۱۳۸۰ با استفاده از الگوی تقاضامحور داده ستانده» قرار گرفته است.

3. Full Decomposition
4. Exact Decomposition
5. Approximate Decomposition

قابل طبقه‌بندی هستند. در رویکرد اول مجموع سهم عوامل بر تغییر متغیر مورد نظر^۱ برابر ۱۰۰ است^۲ حال آنکه این فرض در رویکرد دوم مورد تردید قرار می‌گیرد و تأثیر متقابل عوامل بر یکدیگر (ε) نیز لحاظ می‌شود. مقدار این جزء نقش مهمی در تعیین انتخاب روش تجزیه دارد. به این معنا که اگر مقدار آن ناچیز باشد، می‌توان از آن صرف‌نظر کرد و روش پیشنهادی پژوهشگران یعنی «تجزیه قطبی» را مبنای محاسبه تحلیل تجزیه ساختاری قرار داد. در غیر این صورت استفاده از روش تجزیه قطبی توصیه نمی‌شود و باید رویکرد تجزیه کامل را مبنای محاسبه قرار داد. برخی از پژوهشگران استفاده از روش تجزیه میانگین وزنی (WAD) را در این شرایط پیشنهاد می‌کنند که در واقع رویکرد تجزیه کامل را با استفاده از روابط ریاضی در قالب ساده‌تری بیان کرده است. در این روش با توجه به لحاظ همه حالت‌های مختلف تجزیه، مجموع سهم عوامل برابر ۱۰۰ است. در راستای توضیحات فوق، در صورتی که مقدار ε ناچیز باشد، استفاده از روش «تجزیه قطبی» مانعی ندارد؛ در غیر این صورت لازم است که روش «تجزیه میانگین وزنی» مبنای تحلیل تجزیه ساختاری قرار گیرد.

مقدمه

در متون اقتصادی، تحلیل‌های مربوط به تجزیه را می‌توان به روش‌های مختلفی تقسیم‌بندی کرد که عبارتند از: تحلیل تجزیه شاخص (IDA)^۳، تحلیل سهم انتقال (SSA)^۴، تحلیل حسابداری رشد (GAA)^۵ و تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)^۶. در بین این روش‌ها تنها روش IDA به دو شکل جمع‌پذیر و ضرب‌پذیر بیان می‌شود و روش‌های دیگر تنها به صورت تکنیک جمع‌پذیری امکان‌پذیرند. روش تحلیل سهم انتقال (SSA) در مباحث مربوط به اقتصاد کار و مباحث منطقه‌ای استفاده می‌شود؛ این روش علاوه بر آنکه برای بررسی نوسانات بیکاری و رشد منطقه در دوره‌های پیشین استفاده می‌شود؛ بلکه تکنیکی برای پیش‌بینی روندهای آتی نیز محسوب می‌شود. روش تحلیل حسابداری رشد (GAA) سهم عوامل تولید در رشد اقتصادی را با تکیه بر اثر بهره‌وری بیان می‌کند. بنابراین در این روش این پرسش مطرح می‌شود که انباشت عوامل و بهبود در کیفیت عوامل چگونه بر رشد اثر می‌گذارند. دو روش IDA و SDA در تجزیه تغییرات در سطح بخشی و به‌منظور تحلیل و درک تغییرات تاریخی در اقتصاد، محیط‌زیست، اشتغال و شاخص‌های دیگر اقتصادی-اجتماعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مهم‌ترین وجه

۱. برای مثال تغییر تولید، اشتغال، مصرف انرژی و ...

۲. در صورتی که تغییرات متغیر مورد نظر مثبت باشد، این مجموع برابر ۱۰۰ و در غیر این صورت برابر ۱۰۰- است.

3. Index Decomposition Analysis

4. Shift Share Analysis

5. Growth Accounting Analysis

6. Structural Decomposition Analysis



تفاوت این دو روش این است که در روش SDA از الگوی داده ستانده برای تجزیه تغییرات در شاخص‌ها استفاده می‌شود در حالی که در روش IDA تنها از اطلاعات مرتبط با سطح بخش استفاده می‌کند. الگوی اقتصادی داده - ستانده در روش SDA براساس ضرایب فنی داده ستانده و تقاضای نهایی در هر بخش است. در IDA ستانده هر بخش در تجزیه اقتصادی استفاده می‌شود. در روش IDA به اطلاعات کمتری نیاز است در حالی که در روش SDA بین طیفی از آثار تکنولوژیکی و تقاضای نهایی می‌توان تمایز قائل شد که این امر در چارچوب IDA امکانپذیر نیست و این در کارهای تجربی نقطه قوتی برای روش SDA است (جهانگرد، ۱۳۹۳، صص ۱۵۰ و ۱۵۱).^۱ به‌طور کلی در روش SDA از حجم اطلاعات بیشتر و الگوهای اقتصادی پیچیده‌تری مانند الگوی داده - ستانده استفاده می‌شود و از این‌رو بر روش‌های دیگر برتری دارد. تمرکز گزارش حاضر نیز بر این روش خواهد بود.

روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) در الگوی ایستای مقایسه‌ای داده-ستانده روشی کاربردی برای بررسی تغییرات ساختاری متغیرهای مختلفی همچون ستانده، انرژی، آب، انتشار آلاینده، نیروی کار و ... طی یک بازه زمانی است. این روش که مبتنی بر الگوی تقاضامحور داده-ستانده است^۲، از زمان پیدایش تاکنون دچار تحولات بسیاری شده و طی سال‌های اخیر توسط پژوهشگران مختلف اصلاح شده است. درواقع یکی از مشکلات مهم استفاده از روش SDA عدم وجود یک جواب منحصر بفرد است. به‌طوری که به‌کارگیری روش‌های مختلف تجزیه، برآوردهای متفاوتی از سهم عوامل در تغییرات متغیر مورد نظر به دست می‌دهد. علاوه بر این در برخی از روش‌های تجزیه، به‌علت ظهور جزء اخلاص (ε)، مجموع سهم عوامل مخالف ۱۰۰ است. این جزء درواقع بیانگر سایر آثار است و مقدار آن نقش مهمی در انتخاب روش تجزیه دارد. بر این اساس روش‌های مختلف تجزیه را می‌توان به دو رویکرد کلی تقسیم نمود. رویکرد تجزیه دقیق که مجموع سهم کلیه عوامل برابر با ۱۰۰ است و رویکرد تجزیه تقریبی که به‌علت لحاظ سایر آثار در قالب جزء ε ، مجموع سهم عوامل مخالف ۱۰۰ است. از منظر ریاضی پیدایش جزء (ε) به نحوه انتخاب سال‌های مبدأ و مقصد بستگی دارد. به این معنا که اگر عوامل براساس ترکیبی از سال‌های مبدأ و مقصد وزن‌دهی شوند، آن‌گاه اثر متقابل عوامل بر یکدیگر و یا به‌عبارتی سایر آثار نادیده گرفته می‌شود و لذا مقدار ε برابر صفر خواهد بود. همچنین اگر عوامل صرفاً براساس یکی از دو سال مبدأ و یا مقصد وزن‌دهی شوند، مقدار ε مخالف صفر است. بزرگی و کوچکی این جزء اهمیت زیادی در انتخاب روش تجزیه دارد. این موضوع تاکنون در مطالعات داخلی نادیده گرفته شده است. در گزارش حاضر تلاش شده تا روش‌های متعدد تجزیه بررسی و درنهایت مناسب‌ترین روش معرفی شود. همچنین اهمیت توجه به مقدار ε در انتخاب روش تجزیه بررسی خواهد شد. بنابراین در این گزارش

۱. برای آشنایی بیشتر با شباهت‌ها و تفاوت‌های این دو روش به جهانگرد (۱۳۹۳) و هکسترا و همکاران (۲۰۰۲) مراجعه نمایید.
۲. اخیراً بعضی از پژوهشگران به‌جای رویکرد تقاضا به تولید در SDA، رویکرد تقاضا به ارزش‌افزوده که در اقع دوگان رویکرد تقاضا به تولید است را مبنای تحلیل SDA قرار داده‌اند. بررسی زوایای فنی رویکرد مذکور خارج از حوصله گزارش حاضر است و نیاز به تلاش جداگانه‌ای دارد. برای اطلاع بیشتر به بکت (۲۰۱۲)، بکت و یاسمین (۲۰۱۷) مراجعه شود.

به دنبال پاسخگویی به سؤال زیر هستیم که بستر به کارگیری مناسب‌ترین روش تحلیل تجزیه ساختاری و تحلیل‌های مستخرج از آن را در گزارش‌های آتی فراهم می‌کند:

– با توجه به تعدد روش‌های مختلف تجزیه و مقدار ϵ ، مناسب‌ترین روش تجزیه کدام است؟ با توجه به مطالب فوق، گزارش حاضر بدین صورت سازماندهی می‌شود: در ابتدا مروری بر پیشینه روش تحلیل تجزیه ساختاری صورت خواهد گرفت. بررسی رویکردهای مختلف روش تحلیل تجزیه ساختاری موضوع بخش دوم این گزارش را تشکیل می‌دهد. در بخش سوم روش پیشنهادی با توجه به مطالب ارائه شده معرفی می‌شود. بخش چهارم نیز به جمع‌بندی مطالب اختصاص دارد.

۱. پیشینه روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)

واژه «تحلیل تجزیه ساختاری داده-ستانده»^۱ نخستین بار توسط رز و چن^۲ (۱۹۸۷) استفاده شد، اما رز و میرنیک^۳ (۱۹۸۹) برای نخستین بار اولین تعریف رسمی از آن را ارائه نمودند: «روشی برای تشخیص منابع اصلی تغییر در یک اقتصاد. این روش اساساً شامل محاسبات ایستای مقایسه‌ای است که در آن مجموعه ضرایب به نوبه خود عوض می‌شوند و سطح فعالیت‌ها با مقادیر آنها در سال مبدأ مقایسه می‌شود». رز و چن (۱۹۹۱) در مطالعه‌ای دیگر تعریف فوق را به صورت زیر خلاصه کرده‌اند: «تجزیه و تحلیل تغییرات اقتصادی با استفاده از مجموعه‌ای از تغییرات ایستای مقایسه‌ای در پارامترهای اصلی یک جدول داده-ستانده» (رز و کسلر، ۱۹۹۶).

پیشینه روش تحلیل تجزیه ساختاری به مطالعات لئونتیف^۴ (۱۹۵۳ و ۱۹۴۱) باز می‌گردد. وی برای نخستین بار به بررسی تغییرات ساختاری در اقتصاد با استفاده از الگوی داده-ستانده پرداخت و ساختار تولید آمریکا را با استفاده از جداول داده-ستانده بررسی کرد. پس از او چنری^۵ و همکاران (۱۹۶۲) به منظور سنجش تغییرات ساختاری با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری در قالب الگوی ایستای مقایسه‌ای، منابع رشد تولید طی یک دوره را به چهار عامل تغییر در تقاضای داخلی، صادرات، واردات و تغییرات تکنولوژی تجزیه نموده و مدل به دست آمده را برای مطالعه فرایند صنعتی شدن ژاپن طی دوره ۱۹۱۴ تا ۱۹۵۴ بررسی نمودند. توسعه و بسط این روش توسط محققانی همچون واکارا و سیمون^۶

-
1. Input-output Structural Decomposition Analysis
 2. Rose & Chen
 3. Miernyk
 4. Leontief
 5. Chenery
 6. Vaccara & Simon



(۱۹۶۸)، کارتر^۱ (۱۹۷۰ و ۱۹۶۰)، لئونتیف و فورد^۲ (۱۹۷۲)، استاگلین و واسلز^۳ (۱۹۷۲) صورت گرفته است. طی دهه ۱۹۸۰ این نوع تحلیل‌ها با توجه به کارهای ارزشمند ولف^۴ (۱۹۸۵)، فلدمن و همکاران^۵ (۱۹۸۷) و اسکلاکا^۶ (۱۹۸۹) به طور قابل توجهی احیا شد (دیازنباخر و لاس، ۱۹۹۸).

روش SDA کاربردهای متنوعی دارد و تاکنون برای بررسی تغییرات متغیرهای مختلفی همچون ستانده (فیوجی ماگری^۷، ۱۹۸۹)، ارزش افزوده (استرهاون^۸ و همکاران، ۱۹۹۵)، تغییرات ساختاری (بکه^۹، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵) مصرف انرژی (رز و چن، ۱۹۹۱)، لین و پولانسکی^{۱۰}، سو و آنگ^{۱۱} (۲۰۱۲)، (ویر^{۱۲}، ۲۰۰۹)، نیروی کار (فورسل^{۱۳}، ۱۹۹۰)، (هان^{۱۴}، ۱۹۹۵)، (اینسرا^{۱۵}، ۲۰۱۷)، (ماداریاگا^{۱۶}، ۲۰۱۸)، واردات (کانه میتسو و اونیشی^{۱۷}، ۱۹۸۹)، ستانده فعالیت‌های خدماتی (بارکر^{۱۸}، ۱۹۹۰) و ستانده کل مورد نیاز (افراسیابی و کسلر^{۱۹}، ۱۹۹۱)، منابع آب و آب مجازی (ژی و همیلتون^{۲۰}، ۲۰۱۵)، (کندو^{۲۱}، ۲۰۰۵)، انتشار CO_2 (گوان^{۲۲} و همکاران، ۲۰۰۸) استفاده شده است.

روش‌شناسی تحلیل تجزیه ساختاری مشابه الگوی حسابداری رشد است. در الگوی حسابداری رشد هدف تجزیه نرخ رشد ستانده به رشد نهاده و رشد تکنولوژی است. از جمله کارهایی که الگوی داده ستانده را با حسابداری رشد ترکیب کرده‌اند می‌توان به چنری (۱۹۶۲)، رایینسون (۱۹۸۴)، ولف^{۲۳} (۱۹۸۵ و ۱۹۹۴)، گالاتین^{۲۴} (۱۹۸۸)، فونتلا^{۲۵} (۱۹۸۹) و ولف و هاول^{۲۶} (۱۹۸۹) اشاره نمود.

روش SDA به چهار دلیل کلی مورد استقبال پژوهشگران قرار گرفته است:

1. Carter
2. Ford
3. Staglin & Wessels
4. Wolf
5. Feldman et al.
6. Skolka
7. Fujimagari
8. Oosterhaven
9. Bekhet
10. Lin & Polenske
11. Su & Ang
12. Weber
13. Forssell
14. Han
15. Incera
16. Madariaga
17. Kanemitsu & Ohnishi
18. Barker
19. Afrasiabi & Casler
20. Zhi & Hamilton
21. Kondo
22. Guan
23. Wolff
24. Galatin
25. Fontela
26. Howell

۱. این روش در قالب الگوی ایستای مقایسه‌ای امکان مطالعه تغییرات ساختاری در طول زمان را میسر نموده و اگرچه بر مبنای مشاهدات گذشته است، اما برخی از محققان از آن به‌عنوان ابزار پیش‌بینی نیز استفاده نموده‌اند. از جمله این مطالعات می‌توان به کارهای کسلر و همکاران (۱۹۹۱)، رز و چن (۱۹۹۱ب) اشاره کرد.

۲. این روش جایگزین عملی برای اقتصادسنجی است. زیرا تحلیل موضوعات مشابه بر مبنای اقتصادسنجی نیاز به سری زمانی ۱۵ سال و یا بیشتر دارد و این نه فقط برای ستانده و نهاده اولیه باید فراهم شود، بلکه همه نهاده‌های واسطه‌ای نیز مورد توجه قرار می‌گیرند. در مقابل در روش SDA به بیش از یک جدول نیاز است.

۳. روش تحلیل تجزیه ساختاری مبتنی بر الگوی داده-ستانده است. بنابراین مطالعه موضوعات زیست‌محیطی و منابع طبیعی که ارتباط بیشتری با فعالیت‌های واسطه‌ای دارند در چارچوب این روش قابل انجام است.

۴. از دیگر مزایای روش تحلیل تجزیه ساختاری کاربردهای بسیار آن در موضوعات مختلفی نظیر تجارت بین‌الملل (کانه میتسو و اونیشی، ۱۹۸۹، چن و وو، ۱۹۹۵)، تغییرات تکنولوژی (استرنر، ۱۹۸۵، استرهاون و وندرلیندن، ۱۹۹۴)^۱، مصرف انرژی (اوتا،^۲ ۱۹۹۰، لین و پولانسکی، ۱۹۹۵)، نیروی کار مورد نیاز (ولف، ۱۹۸۵، هان، ۱۹۹۵)، خدمات (بارکر، ۱۹۹۰)، برنامه‌های توسعه (سیگل^۳ و همکاران، ۱۹۹۶) و ... است (رز و کسلر، ۱۹۹۶).

۲. رویکردهای مختلف روش تحلیل تجزیه ساختاری

روش SDA از زمان پیدایش تاکنون دچار تحولات زیادی شده است و پژوهشگران رویکردهای متعددی را برای تجزیه معرفی نموده‌اند که هر یک شامل روش‌های مختلف تجزیه هستند و لذا یک روش منحصر بفرد تجزیه وجود ندارد و به‌کارگیری روش‌های مختلف تجزیه، برآوردهای متفاوتی از سهم عوامل به‌دست می‌دهد. یک راه‌حل برای این مشکل این است که ابتدا سهم هر یک از عوامل در همه حالت‌های مختلف تجزیه محاسبه شود و سپس میانگین سهم هر عامل در کلیه حالت‌های تجزیه به‌دست آید. این رویکرد، «تجزیه کامل»^۴ نام دارد. با این حال با افزایش تعداد عوامل، فرایند محاسبه پیچیده و زمانبر می‌شود. از این رو پژوهشگران روش‌های جایگزینی همچون «تجزیه قطبی» و «وزن میانه» را به‌کار

1. Oosterhaven & van der Linden

2. OTA

3. Siegel

4. Full Decomposition



گرفته‌اند که به ترتیب در قالب دو رویکرد «تجزیه دقیق» و «تجزیه تقریبی» قابل طبقه‌بندی هستند. تا زمانی که فقط دو عامل x_1 و x_2 وجود داشته باشد، انتخاب اینکه کدامیک از دو روش جایگزین فوق استفاده شود، اهمیتی ندارد و هر دو روش نتایج یکسانی به دست می‌دهند. منتهی با افزایش تعداد عوامل، انتخاب روشی که نتایج آن حداکثر مشابهت با رویکرد تجزیه کامل داشته باشد، از اهمیت بالایی برخوردار می‌شود. به علاوه مقدار ε که بیانگر سایر آثار است نقش مهمی در انتخاب روش تجزیه دارد. برای روشن تر شدن این موضوع، در این بخش ابتدا روش تحلیل تجزیه ساختاری با فرض وجود دو عامل x_1 و x_2 بررسی می‌شود و پس از آن روش مناسب در حالت n عامل معرفی خواهد شد. مطالب این بخش مبتنی بر مطالعات دیازنباخر و لاس (۱۹۹۸)، میلر و بلر (۲۰۰۹) و ژی و همیلتون (۲۰۱۵) است.

۲-۱. رویکرد تجزیه دقیق و تجزیه تقریبی با فرض وجود دو عامل x_1 و x_2

فرض می‌کنیم متغیر y تابعی از دو عامل x_1 و x_2 باشد.

$$y = x_1 x_2 \quad (۱)$$

تغییرات y در یک دوره زمانی به صورت زیر محاسبه می‌شود. سال مبدأ را با عدد صفر (۰) و سال مقصد را با عدد (۱) نشان می‌دهیم.

$$\Delta y = y(1) - y(0) = x_1(1)x_2(1) - x_1(0)x_2(0) \quad (۲)$$

بسته به انتخاب سال مبدأ و مقصد برای دو عامل x_1 و x_2 ، روش‌های مختلفی برای تجزیه تغییرات y وجود دارد. براین اساس تغییرات y طی یک بازه زمانی را به دو صورت می‌توان تجزیه نمود:

۱. وزن‌دهی Δx_1 براساس x_2 در سال مبدأ و وزن‌دهی Δx_2 براساس x_1 در سال مقصد و یا وزن‌دهی Δx_1 براساس x_2 در سال مقصد و وزن‌دهی Δx_2 براساس x_1 در سال مبدأ،
۲. وزن‌دهی Δx_1 و Δx_2 براساس x_1 و x_2 در سال مبدأ و یا وزن‌دهی آنها براساس x_1 و x_2 در سال مقصد.

اولی به عنوان رویکرد تجزیه دقیق و دومی به عنوان رویکرد تجزیه تقریبی معرفی می‌شود. در ادامه توضیحات بیشتری در این ارتباط ارائه شده است.

۲-۱-۱. تجزیه دقیق

حالت اول: وزن‌دهی Δx_1 براساس x_2 در سال مبدأ و وزن‌دهی Δx_2 براساس x_1 در سال مقصد.

$$x_1(0) = x_1(1) - \Delta x_1 \quad (۳)$$

$$x_2(1) = x_2(0) + \Delta x_2 \quad (۴)$$

در این صورت با جایگذاری معادلات (۳) و (۴) در معادله (۲) خواهیم داشت:

$$\Delta y = x_1(1)(x_2(0) + \Delta x_2) - (x_1(1) - \Delta x_1)x_2(0) = \Delta x_1 x_2(0) + x_1(1)\Delta x_2 \quad (۵)$$

در این حالت تغییرات x_1 براساس x_2 در سال مبدأ و تغییرات x_2 براساس x_1 در سال مقصد وزن‌دهی می‌شود. در واقع عبارت $\Delta x_1 x_2(0)$ به نوعی شاخص لاسپیرز است، زیرا Δx_1 براساس سال مبدأ (x_2 برحسب سال مبدأ) وزن‌دهی شده است. همچنین $x_1(1)\Delta x_2$ به نوعی همان شاخص پاشه است، زیرا Δx_2 بر مبنای سال مقصد (x_1 برحسب سال مقصد) وزن‌دهی شده است.

حالت دوم: وزن‌دهی Δx_1 براساس x_2 در سال مقصد و وزن‌دهی Δx_2 براساس x_1 در سال مبدأ.

$$x_1(1) = x_1(0) + \Delta x_1 \quad (۶)$$

$$x_2(0) = x_2(1) - \Delta x_2 \quad (۷)$$

با جایگذاری معادلات (۶) و (۷) در معادله (۲) خواهیم داشت:

$$\Delta y = (x_1(0) + \Delta x_1)x_2(1) - x_1(0)(x_2(1) - \Delta x_2) = \Delta x_1 x_2(1) + x_1(0)\Delta x_2 \quad (۸)$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در این حالت تغییرات x_1 براساس x_2 در سال مقصد و تغییرات x_2 براساس x_1 در سال مبدأ وزن‌دهی شده است. معادلات (۵) و (۸) را اصطلاحاً تجزیه قطبی می‌گویند و مجموع سهم عوامل در هر یک از این دو معادله برابر با ۱۰۰ است.

۲-۱-۲. تجزیه تقریبی

استرهاون و وندرلیندن (۱۹۹۷) بیان می‌کنند که به‌کارگیری دو معادله (۵) و (۸) وقتی که زمان گسسته باشد، به این معنا که سال مبدأ و مقصد دو سال متوالی نباشند، به لحاظ نظری مناسب نیست، زیرا تأثیر متقابل عوامل روی یکدیگر را نادیده می‌گیرد. به عبارت دیگر به‌کارگیری معادلات (۵) و (۸) برای دوره‌های بیش از ۵ ساله صحیح نیست، چراکه امکان دارد مقدار (ε) بزرگ باشد و به خطای محاسباتی منجر شود.^۱ لذا پژوهشگرانی همچون ولف^۲ (۱۹۸۵) و افراسیابی و کسلر^۳ (۱۹۹۱) «تأثیر متقابل»^۴ عوامل تجزیه شده را به‌عنوان یک عامل اضافه مورد توجه قرار می‌دهند.

حالت اول: وزن‌دهی Δx_1 و Δx_2 براساس x_1 و x_2 در سال مبدأ

$$\Delta y = (x_1(0) + \Delta x_1)(x_2(0) + \Delta x_2) - x_1(0)x_2(0) = \Delta x_1 x_2(0) + x_1(0)\Delta x_2 + \Delta x_1 \Delta x_2 \quad (۹)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود در این حالت عبارت دیگری نیز به فرمول اضافه شده که به آن «تأثیر متقابل» گفته می‌شود و برخلاف دو عبارت دیگر سمت راست، تفسیر آن به سادگی امکانپذیر نیست.

۱. البته باید خاطر نشان نمود که استرهاون و وندرلیندن در مطالعه خود به‌علت ناچیز بودن مقدار (ε)، از روش تجزیه قطبی استفاده کرده‌اند.

2. Wolff

3. Afrasiabi & Casler

4. Interaction



این عامل به عنوان جزء ε معرفی می‌شود و تأثیر متقابل تغییرات دو عامل x_1 و x_2 ($\Delta x_1 \Delta x_2$) را به طور همزمان در نظر می‌گیرد. البته این عبارت فاقد تفسیر اقتصادی است و فقط به عنوان سایر عوامل مؤثر بر تغییر متغیر مورد نظر لحاظ شده است.

حالت دوم: وزن‌دهی Δx_1 و Δx_2 بر اساس x_1 و x_2 در سال مقصد

$$\Delta y = x_1(1)x_2(1) - (x_1(1) - \Delta x_1)(x_2(1) - \Delta x_2) = \Delta x_1 x_2(1) + x_1(1)\Delta x_2 - \Delta x_1 \Delta x_2 \quad (10)$$

در این حالت نیز مشابه حالت قبل، به جای دو عامل، سه عامل در تغییرات y دخیل هستند. عامل سوم به صورت اثر متقابل عوامل ظاهر می‌شود و تغییرات هر دو عامل x_1 و x_2 را به طور همزمان داراست و البته همان طور که اشاره شد، تفسیر آن به سادگی ممکن نیست. همان طور که ملاحظه می‌شود در این رویکرد به علت ظهور جزء ε که شامل اثر متقابل عوامل بر یکدیگر است، مجموع سهم عوامل مساوی ۱۰۰ نیست.

همان طور که ملاحظه می‌شود در هر یک از دو روش تجزیه دقیق و تجزیه تقریبی فوق (با فرض وجود دو عامل) دو حالت تجزیه وجود دارد و بنابراین نمی‌توان یک جواب منحصر بفرد داشت. اسکلاکا (۱۹۸۹) از نخستین پژوهشگرانی است که به این مسئله اشاره می‌کند و بیان می‌کند که نمی‌توان هیچ یک از معادلات فوق را بر دیگری ترجیح داد. این مسئله را بعدها دیازنباخر و لاس (۱۹۹۸) نیز مطرح کردند.

اسکلاکا برای حل این مشکل پیشنهاد می‌کند که میانگین معادلات (۵) و (۸) و یا (۹) و (۱۰) مورد استفاده قرار گیرد که در واقع به معنای انتخاب وزن میانه برای دو عامل x_1 و x_2 است.

$$\Delta y = \frac{1}{2}(\Delta x_1)(x_2(0) + x_2(1)) + \frac{1}{2}(\Delta x_2)(x_1(0) + x_1(1)) \quad (11)$$

نکته مهم این است تنها زمانی که دو عامل x_1 و x_2 وجود داشته باشد، محاسبه میانگین سهم عوامل در رویکرد اول و دوم، نتیجه یکسانی به دست می‌دهد و در واقع مشکل روش‌های تجزیه تحلیل ساختاری زمانی آشکار می‌شود که تغییرات متغیر y به بیش از دو عامل بستگی داشته باشد.

در این شرایط با فرض وجود n عامل، $n!$ حالت تجزیه در رویکرد تجزیه دقیق وجود خواهد داشت و محاسبه میانگین تمام حالت‌های مختلف تجزیه، فرایند محاسبه را با دشواری‌هایی همراه خواهد نمود. به بیانی دیگر Δx_i ها نه فقط وزن‌های متفاوتی می‌گیرند، بلکه پیچیدگی ساختار وزن‌دهی نیز بیشتر می‌شود. از سوی دیگر در رویکرد تجزیه تقریبی نیز محاسبه میانگین دو روش تجزیه دارای جزء ε خواهد بود. برای روشن تر شدن این مسئله در ادامه دو رویکرد فوق در حالت n عاملی بررسی شده‌اند.

۲-۲. رویکردهای مختلف تحلیل تجزیه ساختاری با فرض وجود n عامل X_1 تا X_n

۲-۲-۱. تجزیه دقیق

همان‌طور که اشاره شد در این رویکرد مجموع سهم عوامل برابر با ۱۰۰ است. فرض می‌کنیم که تغییرات y به n عامل بستگی داشته باشد. در این صورت تجزیه تغییرات y ، $n!$ حالت مختلف به دست می‌دهد که نمی‌توان هیچ‌یک از معادلات را بر دیگری برتری داد. رز و کسلر (۱۹۹۶) نیز عنوان می‌کنند که یک روش تجزیه منحصر بفرد وجود ندارد. یک راهکار برای حل این مشکل محاسبه میانگین دو معادله قطبی ۱۳ و ۱۴ است که ساده‌ترین حالت نوشتن جایگشت‌های مختلف وزن‌دهی x_i ‌ها هستند.

$$y = x_1 x_2 \dots x_n \quad (12)$$

اگر برای تجزیه از یک طرف وزن‌دهی x_i ‌ها بر اساس سال مبدأ و مقصد را شروع کنیم، در این صورت تجزیه Δy به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \Delta y &= (\Delta x_1) x_2(1) x_3(1) \dots x_{n-1}(1) x_n(1) + x_1(0) (\Delta x_2) x_3(1) \dots x_{n-1}(1) x_n(1) \\ &\vdots \\ &+ x_1(0) x_2(0) x_3(0) \dots (\Delta x_{n-1}) x_n(1) + x_1(0) x_2(0) x_3(0) \dots x_{n-1}(0) (\Delta x_n) \end{aligned} \quad (13)$$

رابطه فوق را می‌توان از سمت دیگر نیز وزن‌دهی کرد. در این صورت تجزیه Δy به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$\begin{aligned} \Delta y &= (\Delta x_1) x_2(0) x_3(0) \dots x_{n-1}(0) x_n(0) + x_1(1) (\Delta x_2) x_3(0) \dots x_{n-1}(0) x_n(0) \\ &\vdots \\ &+ x_1(1) x_2(1) x_3(1) \dots (\Delta x_{n-1}) x_n(0) + x_1(1) x_2(1) x_3(1) \dots x_{n-1}(1) (\Delta x_n) \end{aligned} \quad (14)$$

معادلات (۱۳) و (۱۴) را معادلات قطبی می‌گویند. دیازنباخر و لاس (۱۹۹۸) در مطالعه‌ای نشان داده‌اند که نتایج حاصل از محاسبه میانگین دو معادله قطبی فوق مشابه روش تجزیه کامل و به صورت ذیل است:

$$\begin{aligned} \Delta y &= \frac{1}{2} (\Delta x_1) (x_2(1) x_3(1) \dots x_{n-1}(1) x_n(1) + x_2(0) x_3(0) \dots x_{n-1}(0) x_n(0)) \\ &+ \frac{1}{2} (\Delta x_2) (x_1(0) x_3(1) \dots x_{n-1}(1) x_n(1) + x_1(1) x_3(0) \dots x_{n-1}(0) x_n(0)) + \\ &\vdots \\ &+ \frac{1}{2} (\Delta x_n) ((x_1(0) x_2(0) x_3(0) \dots x_{n-1}(0) + x_1(1) x_2(1) x_3(1) \dots x_{n-1}(1)) \end{aligned} \quad (15)$$

معادله فوق به «روش تجزیه قطبی» معروف است و همان‌طور که مشاهده می‌شود از دو جهت با معادله (۱۱) که فقط دو عامل x_1 و x_2 دارد متفاوت است: نخست آنکه ساختار وزن‌دهی Δx_i ‌ها



پیچیدگی‌های بیشتری دارد و دوم اینکه Δx_i ها وزن‌های متفاوتی دارند. با این حال این روش به لحاظ کاهش پیچیدگی فرایند محاسبه و صرفه‌جویی در زمان نسبت به روش تجزیه کامل (یعنی لحاظ همه حالت‌های مختلف تجزیه) ارجحیت دارد. دیازنباخر و لاس (۱۹۹۸) نشان می‌دهند که به‌طور متوسط میانگین سهم هریک از عوامل در روش تجزیه قطبی با میانگین متناظر آنها در روش تجزیه کامل نه تنها در سطح کل، بلکه حتی در سطح بخش‌ها نیز بسیار به هم نزدیک هستند. بنابراین برای محاسبه میانگین سهم عوامل کافی است که فقط میانگین دو معادله تجزیه قطبی محاسبه شود و روش تجزیه قطبی می‌تواند جانشین مناسبی برای روش تجزیه کامل باشد.

۲-۲-۲. تجزیه تقریبی

در رویکرد تجزیه تقریبی تنها دو روش تجزیه وجود دارد که در یکی عوامل صرفاً براساس سال مبدأ و در دیگری براساس سال مقصد وزن‌دهی می‌شوند. همچنین در این رویکرد به‌علت استفاده از فقط سال مبدأ و یا مقصد، مجموع سهم عوامل مخالف ۱۰۰ است. با توجه به معادله (۱۳) داریم:

(۱۶)

$$dy = (dx_1)x_2x_3\dots x_{n-1}x_n + x_1(dx_2)x_3\dots x_{n-1}x_n + \dots + x_1x_2x_3\dots(dx_{n-1})x_n + x_1x_2x_3\dots x_{n-1}(dx_n)$$

تقریب گسسته^۱ معادله بالا به‌صورت زیر است:

(۱۷)

$$\Delta y \approx (\Delta x_1)x_2x_3\dots x_{n-1}x_n + x_1(\Delta x_2)x_3\dots x_{n-1}x_n + \dots + x_1x_2x_3\dots(\Delta x_{n-1})x_n + x_1x_2x_3\dots x_{n-1}(\Delta x_n)$$

در معادله (۱۸) همه عوامل براساس سال مبدأ و در معادله (۱۹) همه عوامل براساس سال مقصد

وزن‌دهی شده‌اند:

$$\Delta y = (\Delta x_1)x_2(0)x_3(0)\dots x_{n-1}(0)x_n(0) + x_1(0)(\Delta x_2)x_3(0)\dots x_{n-1}(0)x_n(0) + \dots + x_1(0)x_2(0)x_3(0)\dots(\Delta x_{n-1})x_n(0) + x_1(0)x_2(0)x_3(0)\dots x_{n-1}(0)(\Delta x_n) + \varepsilon(0)$$

(۱۸)

$$\Delta y = (\Delta x_1)x_2(1)x_3(1)\dots x_{n-1}(1)x_n(1) + x_1(1)(\Delta x_2)x_3(1)\dots x_{n-1}(1)x_n(1) + \dots + x_1(1)x_2(1)x_3(1)\dots(\Delta x_{n-1})x_n(1) + x_1(1)x_2(1)x_3(1)\dots x_{n-1}(1)(\Delta x_n) + \varepsilon(1)$$

(۱۹)

عبارات $\varepsilon(0)$ و $\varepsilon(1)$ در معادلات (۱۸) و (۱۹) تأثیر متقابل عوامل روی یکدیگر را در نظر می‌گیرند.

با این حال این دو جزء فاقد تفسیر اقتصادی هستند و تفسیر آنها کار پیچیده‌ای است. با به‌کارگیری وزن میانه برای هریک از عوامل معادله زیر حاصل می‌شود که به آن «روش وزن میانه» گفته می‌شود. نتایج

این روش تقریباً مشابه روش تجزیه کامل است.

$$\begin{aligned} \Delta y &= (\Delta x_1)x_2(\frac{1}{2})x_3(\frac{1}{2})\dots x_{n-1}(\frac{1}{2})x_n(\frac{1}{2}) + x_1(\frac{1}{2})(\Delta x_2)x_3(\frac{1}{2})\dots x_{n-1}(\frac{1}{2})x_n(\frac{1}{2}) \\ &+ x_1(\frac{1}{2})x_2(\frac{1}{2})(\Delta x_3)\dots x_{n-1}(\frac{1}{2})x_n(\frac{1}{2}) + \dots + x_1(\frac{1}{2})x_2(\frac{1}{2})x_3(\frac{1}{2})\dots (\Delta x_{n-1})x_n(\frac{1}{2}) \\ &+ x_1(\frac{1}{2})x_2(\frac{1}{2})x_3(\frac{1}{2})\dots x_{n-1}(\frac{1}{2})(\Delta x_n) + \phi(\frac{1}{2}) \end{aligned} \quad (20)$$

که در آن

$$x(\frac{1}{2}) = \frac{1}{2}x_0 + \frac{1}{2}x_1 \quad (21)$$

لازم است دقت شود که:

$$\begin{aligned} (\Delta x_1)x_2(\frac{1}{2})x_3(\frac{1}{2})\dots x_{n-1}(\frac{1}{2})x_n(\frac{1}{2}) &\neq \frac{1}{2}(\Delta x_1)x_2(0)x_3(0)\dots x_{n-1}(0)x_n(0) + \\ &\frac{1}{2}(\Delta x_1)x_2(1)x_3(1)\dots x_{n-1}(1)x_n(1) \end{aligned} \quad (22)$$

$$\phi(\frac{1}{2}) \neq \frac{1}{2}\varepsilon(0) + \frac{1}{2}\varepsilon(1) \quad \text{و لذا}$$

همچنین با محاسبه میانگین معادلات (۱۸) و (۱۹) می‌توان فرمول دیگری به دست آورد که همچون روش وزن میانه نتایج تقریباً مشابهی با روش تجزیه کامل دارد.

$$\begin{aligned} \Delta y &= \frac{1}{2}(\Delta x_1)x_2(0)x_3(0)\dots x_{n-1}(0)x_n(0) + \frac{1}{2}(\Delta x_1)x_2(1)x_3(1)\dots x_{n-1}(1)x_n(1) \\ &+ \frac{1}{2}x_1(0)(\Delta x_2)x_3(0)\dots x_{n-1}(0)x_n(0) + \frac{1}{2}x_1(1)(\Delta x_2)x_3(1)\dots x_{n-1}(1)x_n(1) \\ &+ \\ &\vdots \\ &+ \frac{1}{2}x_1(0)x_2(0)x_3(0)\dots (\Delta x_{n-1})x_n(0) + \frac{1}{2}x_1(1)x_2(1)x_3(1)\dots (\Delta x_{n-1})x_n(1) \\ &+ \frac{1}{2}x_1(0)x_2(0)x_3(0)\dots x_{n-1}(0)(\Delta x_n) + \frac{1}{2}x_1(1)x_2(1)x_3(1)\dots x_{n-1}(1)(\Delta x_n) \\ &+ \varepsilon(\frac{1}{2}) \end{aligned} \quad (23)$$

بررسی‌ها نشان می‌دهند زمانی که دو معادله (۱۸) و (۱۹) مبنای تجزیه قرار می‌گیرند، نتایج به هیچ عنوان رضایت‌بخش نیست و اختلاف‌های اساسی بین نتایج دو روش مشاهده می‌شود. اما استفاده از فرمول (۲۰) و (۲۳) نتایج تقریباً مشابهی نسبت به روش تجزیه کامل به دست می‌دهد. البته دیان‌باخر و لاس (۱۹۹۸) بیان می‌کنند که روش وزن میانه اگرچه نتایج تقریباً مشابهی با روش تجزیه کامل به دست می‌دهد و در نگاه اول دو مشکل اساسی روش «تجزیه دقیق» یعنی ساختار پیچیده وزن‌دهی و متفاوت Δx_i ‌ها را حل می‌کند، اما در بهترین حالت، یک حالت دیگر به n حالت قبل اضافه می‌کند.



۳-۲-۲. تجزیه کامل

همان طور که در بخش های پیشین اشاره شد، روش تجزیه قطبی می تواند جایگزین مناسبی برای رویکرد تجزیه کامل باشد و دیانباخر و لاس (۱۹۹۸) نشان می دهند که به طور متوسط میانگین سهم هریک از عوامل در روش تجزیه قطبی با میانگین متناظر آنها در رویکرد تجزیه کامل نه تنها در سطح کل بلکه حتی در سطح بخش ها نیز بسیار به هم نزدیک است. لذا برای محاسبه میانگین سهم عوامل کافی است که فقط میانگین دو معادله تجزیه قطبی محاسبه شود و روش تجزیه قطبی می تواند جانشین مناسبی برای رویکرد تجزیه کامل باشد.

در این میان برخی از پژوهشگران همچون ژی و همیلتون (۲۰۱۵) عنوان می کنند که اگر مقدار ε قابل توجه باشد، آنگاه روش تجزیه قطبی دیگر نمی تواند راه حل مناسبی باشد.^۱ دی هان (۲۰۰۱) نیز اگرچه روش تجزیه قطبی را روشی قابل اعتماد برای تجزیه معرفی و حتی نشان داده که میانگین هر دو تجزیه آینه ای یک برآورد خوب به دست می دهد، اما در عین حال اذعان داشته که در هر صورت روش تجزیه کامل نتایج رضایت بخش تری به دست می دهد و لذا در مطالعه تجربی خود از روش تجزیه کامل استفاده کرده است. با این حال همان طور که گفته شد در صورت تعدد عوامل به کارگیری رویکرد تجزیه کامل با دشواری هایی همراه است. ژی و همیلتون (۲۰۱۵) برای ساده سازی این رویکرد، فرمولی معرفی کرده اند که می توان از آن در شرایطی که مقدار ε قابل ملاحظه است استفاده کرد. این روش **تجزیه میانگین وزنی (WAD)**^۲ نام دارد و همه حالت های مختلف تجزیه را لحاظ می کند و با توجه به روش تجزیه، شاهد ظهور جزء (ε) نخواهیم بود.

$$y = \prod_{i=1}^n x_i \quad (24)$$

$$\Delta y = \prod_{i=1}^n x_{i1} - \prod_{j=1}^n x_{j0} \quad (25)$$

x_i و x_j به معنای n متغیر مستقل هستند. Δy تغییرات ایجاد شده به وسیله متغیر x_i را نشان می دهد. اندیس دوم (۱ و ۰) برای نشان دادن سال مبدأ و مقصد به کار رفته است. بنابراین اگر مدلی شامل n متغیر باشد، $n!$ حالت مختلف وجود خواهد داشت.

$$\Delta y = (\Delta x_1) \prod_{i=2}^n x_{i0} + x_{11} (\Delta x_2) \prod_{j=3}^n x_{j0} + \dots + \prod_{k=1}^{n-2} x_{k1} (\Delta x_{n-1}) x_{n0} + \prod_{l=1}^{n-1} x_{l1} (\Delta x_n) \quad (26)$$

$$\Delta y = (\Delta x_1) \prod_{i=2}^n x_{i1} + x_{10} (\Delta x_2) \prod_{j=3}^n x_{j1} + \dots + \prod_{k=1}^{n-2} x_{k0} (\Delta x_{n-1}) x_{n1} + \prod_{l=1}^{n-1} x_{l0} (\Delta x_n) \quad (27)$$

بنابراین $n!$ حالت برای هریک از معادلات فوق وجود دارد. با محاسبه میانگین حسابی این $n!$ حالت داریم:

۱. مقدار ε با استفاده از رویکرد تجزیه تقریبی قابل محاسبه است. به این صورت که براساس روش وزن میانه، حاصل جمع تغییرات هریک از عوامل تقسیم بر تغییرات واقعی متغیر مورد بررسی، به دست آمده و تفاضل آنها از ۱۰۰، مقدار ε را به دست می دهد.

$$\Delta y = \sum_{i=1}^n E(\Delta x_i) \quad (28)$$

که در آن $\sum_{i=1}^n E(\Delta x_i)$ میانگین حسابی همه $n!$ حالت تجزیه است که شامل Δx_i است. با ادغام آیتم‌های معادله (۲۸) داریم:

$$E(\Delta x_i) = \sum_s f(s) \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n X_{ju}(\Delta x_i) \quad (29)$$

$$f(s) = \frac{s!(n-s-1)}{n!} \quad (30)$$

که u برابر ۰ یا ۱ است.

همچنین \sum_s به معنای جمع همه ترکیب‌های $\{X_{1u}, X_{2u}, \dots, X_{j-1,u}, X_{i+1,u}, \dots, X_{nu}\}$ است و s تعداد حالت‌هایی است که $u=1$ است.

مروری بر چند مطالعه داخلی انجام شده در ایران حاکی از آن است که تاکنون مقدار ε مورد توجه قرار نگرفته و پژوهشگران بدون اشاره به مقدار آن، دو رویکرد تجزیه دقیق و تجزیه تقریبی را مورد توجه قرار داده‌اند. در رویکرد اول می‌توان به مطالعه رشیدی‌زاده و جهانگرد (۱۳۹۰)، انصاری و سلامی (۱۳۹۴) و بزازان (۱۳۹۰) و در رویکرد دوم به مطالعه جهانگرد (۱۳۸۰) اشاره کرد.

۳. معرفی مناسب‌ترین روش تجزیه تحلیل ساختاری با توجه به تعدد روش‌های مختلف تجزیه و مقدار ε

با توجه به آنچه گفته شد دو راهکار زیر برای استفاده از روش تجزیه تحلیل ساختاری (SDA) مناسب است:

- **تجزیه کامل:** در این صورت همه حالات مختلف تجزیه در نظر گرفته می‌شود و سهم هر عامل از محاسبه میانگین آن در همه حالات مختلف تجزیه به دست می‌آید. با توجه به آنکه افزایش تعداد عوامل می‌تواند فرایند محاسبه را با پیچیدگی‌هایی مواجه سازد، لذا می‌توان جهت سهولت از روش‌هایی همچون تجزیه میانگین وزنی (WAD) استفاده نمود. به کارگیری این روش به خصوص در شرایطی که مقدار (ε) بزرگ باشد ضروری است.

- **تجزیه قطبی:** در صورتی که مقدار ε ناچیز باشد، می‌توان از روش «تجزیه قطبی» به عنوان جایگزینی برای تجزیه کامل استفاده کرد.



جدول. روش‌های پیشنهادی برای تجزیه تحلیل ساختاری

| رویکرد | روش پیشنهادی | شرط استفاده از روش |
|------------|--------------------------|--|
| تجزیه کامل | تجزیه میانگین وزنی (WAD) | کلیه حالات و به‌خصوص زمانی که مقدار ε قابل توجه باشد |
| تجزیه دقیق | تجزیه قطبی | صرفاً در حالتی که مقدار ε ناچیز باشد |

جمع بندی و نتیجه گیری

در این گزارش مبانی نظری روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) با هدف شناسایی مناسب‌ترین روش تجزیه حول سؤال محوری این گزارش برجسته شد و با توجه به روش‌های مختلف تجزیه و مقادیر ε بهترین روش معرفی شد. بنابراین این گزارش می‌تواند بستر خوبی برای گزارش‌های آتی مرکز فراهم کند. برای این منظور در ابتدا مروری بر پیشینه روش تحلیل تجزیه ساختاری صورت گرفت و در ادامه رویکردهای مختلف روش تحلیل تجزیه ساختاری بررسی شد. همان‌طور که اشاره شد وجود روش‌های متعدد تجزیه، انتخاب مناسب‌ترین روش را با مشکلاتی همراه می‌کند، به‌طوری‌که یک روش منحصر به فرد تجزیه وجود ندارد و به کارگیری روش‌های مختلف تجزیه، برآوردهای متفاوتی از سهم عوامل به دست می‌دهد. یک راه‌حل برای این مسئله استفاده از میانگین کلیه حالات ممکن تجزیه در محاسبه سهم عوامل است که به آن رویکرد «تجزیه کامل» گفته می‌شود. با این حال با افزایش تعداد عوامل فرایند محاسبه زمانبر و پیچیده خواهد شد. از این رو پژوهشگران روش‌های جایگزینی را به کار گرفته‌اند که در قالب دو رویکرد «تجزیه دقیق» و «تجزیه تقریبی» قابل طبقه‌بندی هستند. از منظر روش‌شناسی وجه تمایز دو رویکرد مذکور عبارتند از:

۱. در رویکرد تجزیه دقیق مجموع سهم همه عوامل تجزیه شده بر تغییر متغیر مورد نظر برابر با ۱۰۰ است حال آنکه این فرض در رویکرد تجزیه تقریبی مورد تردید قرار می‌گیرد و تأثیر متقابل عوامل تجزیه شده بر یکدیگر یعنی جزء ε نیز لحاظ می‌شود. این جزء در واقع بیانگر سایر آثار است که از آن به‌عنوان جزء اخلاص نام‌برده می‌شود. جزء مذکور فاقد تفسیر اقتصادی است و تفسیر آن به‌سادگی امکانپذیر نیست. از منظر ریاضی پیدایش جزء ε به نحوه انتخاب سال‌های مبدأ و مقصد بستگی دارد. به این معنا که اگر عوامل براساس ترکیبی از سال‌های مبدأ و مقصد وزن‌دهی شوند، آن‌گاه اثر متقابل عوامل بر یکدیگر و یا به عبارتی سایر آثار نادیده گرفته می‌شود. همچنین اگر عوامل صرفاً براساس یکی از دو سال مبدأ و یا مقصد وزن‌دهی شوند، مقدار ε مخالف صفر است. بزرگی و کوچکی این جزء اهمیت زیادی در انتخاب روش تجزیه دارد و در صورتی که مقدار آن قابل توجه باشد، نتایج حاصله را با خطای محاسباتی مواجه خواهد ساخت. توجه به این موضوع تاکنون در مطالعات داخلی نادیده گرفته شده است و لازم است پیش از انتخاب روش تجزیه، مقدار آن بررسی شود.

۲. در رویکرد تجزیه دقیق، اگر n عامل مختلف داشته باشیم، در نهایت $n!$ روش برای تجزیه تغییرات

متغیر مورد بررسی وجود خواهد داشت. در رویکرد تجزیه تقریبی اگرچه در نگاه اول مشکل تعدد روش‌های تجزیه در رویکرد تجزیه دقیق مرتفع می‌شود و تنها دو روش تجزیه وجود دارد که در یکی عوامل صرفاً براساس سال مبدأ و در دیگری براساس سال مقصد وزن‌دهی می‌شوند، اما مقایسه نتایج این دو حالت با رویکرد «تجزیه کامل» که میانگین همه حالات مختلف تجزیه است، حاکی از عدم برآورد صحیح سهم عوامل است.

۳. پژوهشگران برای حل مشکل تعدد روش‌های تجزیه و عدم برآورد صحیح سهم عوامل در دو رویکرد فوق، دو روش تجزیه قطبی و روش وزن میانه را پیشنهاد نموده‌اند. بررسی پژوهشگرانی همچون دیازنباخر و لاس (۱۹۹۸) نشان می‌دهد که روش تجزیه قطبی نتایج مشابهی با روش تجزیه کامل به دست می‌دهد و بنابراین جایگزین مناسبی برای روش تجزیه کامل است. با این حال همان‌طور که اشاره شد پژوهشگرانی همچون ژی و همیلتون (۲۰۱۵) شرط استفاده از این روش را مقدار ناچیز ε دانسته‌اند و زمانی که مقدار ε قابل توجه باشد، روش تجزیه میانگین وزنی (WAD) را پیشنهاد می‌کنند که در واقع رویکرد تجزیه کامل را در قالب ساده‌تری بیان نموده و با توجه به لحاظ همه حالت‌های مختلف تجزیه، مجموع سهم عوامل برابر با مجموع تغییرات متغیر مد نظر است.

با توجه به توضیحات فوق و در راستای پاسخ به سؤال گزارش، «روش تجزیه میانگین وزنی» که همه حالت‌های مختلف تجزیه را شامل می‌شود مناسب‌ترین روش تجزیه است، با وجود این همان‌طور که اشاره شد اگر مقدار ε ناچیز باشد، «روش تجزیه قطبی» می‌تواند جایگزین مناسبی برای آن باشد. مجموعه این نکات در گزارش آتی مرکز که به بررسی تغییرات ساختاری اقتصاد ایران اختصاص دارد مورد توجه قرار گرفته است.

منابع و مأخذ

۱. بزازان، فاطمه. مقیاس بهره‌وری کل عوامل تولید- رویکرد داده ستانده، مجله علمی-پژوهشی سیاستگذاری اقتصادی، سال سوم، ش ۵، بهار و تابستان، ۱۳۹۰.
۲. جهانگرد، اسفندیار. تحلیل‌های داده-ستانده، فناوری، برنامه‌ریزی و توسعه، نشر آماره، ۱۳۹۳.
۳. جهانگرد، اسفندیار. تجزیه و تحلیل تحولات ساختار اقتصاد ایران، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ش ۴ و ۵، بهار و تابستان، ۱۳۷۹.
۴. جهانگرد، اسفندیار. تحلیل بهره‌وری تولید، ناشی از تغییر فناوری واسطه‌ای و عوامل اولیه فعالیت‌های اقتصاد ایران، مجله برنامه‌بودجه، ش ۶۴، ۱۳۸۰.
۵. رشیدی‌زاده، مریم و اسفندیار، جهانگرد. تجزیه و تحلیل تغییر شدت انرژی در فعالیت‌های اقتصاد با رویکرد SDA، فصلنامه اقتصاد کاربردی، ش ۶، ۱۳۹۰.
۶. جهانفر، نیلوفر و نرگس، صادقی. مفهوم و مبانی نظری تغییرات تکنولوژی در چارچوب الگوی داده - ستانده و کاربرد آن در ایران، مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۹.



۷. انصاری، وحیده و حبیب‌ا... سلامی. تجزیه اثر تغییر تکنولوژی بر رشد تولید بخش کشاورزی ایران؛ روش تحلیل تجزیه ساختاری، مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۲-۴۶، ش ۴، ۱۳۹۴.
8. Afrasiabi, Ahmad, and Stephen D. Casler. "Product-Mix and Technological Change within the Leontief Inverse." *Journal of Regional Science* 31.2 (1991):.
 9. Albala-Bertrand, J. M. (1999). Structural change in Chile: 1960–90. *Economic Systems Research*, 11(3).
 10. Barker, T. (1990). Sources of structural change for the UK service industries 1979–84. *Economic Systems Research*, 2(2).
 11. Bekhet, H. A., & Yasmin, T. (2017). Investigating source change of economic development in Malaysia: total input cost approach. *International Journal of Economics and Business Research*, 14(2).
 12. Bekhet, H. A. (2012). Assessing development efficiency in Malaysian economy: input-output approach. *International Journal of Economics and Business Research*, 4(3).
 13. Chenery, H. B., Shishido, S., & Watanabe, T. (1962). The pattern of Japanese growth, 1914-1954. *Econometrica: journal of the Econometric Society*.
 14. Chenery, H. B., Robinson, S., Syrquin, M., & Feder, S. (1986). *Industrialization and growth* (p. 175). New York: Oxford University Press.
 15. Dietzenbacher, E., & Hoekstra, R. (2002). The RAS structural decomposition approach. In *Trade, Networks and Hierarchies*. Springer, Berlin, Heidelberg.
 16. De Haan, M. (2001). A structural decomposition analysis of pollution in the Netherlands. *Economic Systems Research*, 13(2).
 17. Hoekstra, R., & Van den Bergh, J. C. (2003). Comparing structural analysis and index decomposition. *Energy economics*, 25(1).
 18. Kondo, K. (2005). Economic analysis of water resources in Japan: Using factor decomposition analysis based on input-output tables. *Environmental economics and policy studies*, 7(2).
 19. Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge University Press.
 20. Dietzenbacher, E., & Los, B. (1998). Structural decomposition techniques: sense and sensitivity. *Economic Systems Research*, 10(4).
 21. Dietzenbacher, E., & Hoekstra, R. (2002). The RAS structural decomposition approach. In *Trade, Networks and Hierarchies*. Springer, Berlin, Heidelberg.
 22. Guan, D., Hubacek, K., Weber, C. L., Peters, G. P., & Reiner, D. M. (2008). The drivers of Chinese CO₂ emissions from 1980 to 2030. *Global Environmental Change*, 18(4).
 23. Han, X. (1995). Structural change and labor requirement of the Japanese economy. *Economic Systems Research*, 7(1).
 24. Bekhet, H. A. (2013). Assessing structural changes in the Malaysian economy: I–O approach. *Economic Modelling*, 30.
 25. Bekhet, H. A., & Yasmin, T. (2015). Modelling the structural changes sources of the Malaysian economy: IO model. *International Journal of Economics and Business Research*, 10(2).
 26. Carrascal Incera, A. (2017). Drivers of change in the European youth employment: a comparative structural decomposition analysis. *Economic Systems Research*, 29(4).

27. Forssell, O. (1990). The Input–Output Framework for Analysing Changes in the Use of Labour by Education Levels. *Economic Systems Research*, 2(4).
28. Kanemitsu, H. (1989). An input output analysis of technological changes in the Japanese economy 1970-1980. *Frontiers of input-output analysis*.
29. Kubo, Y., & Robinson, S. (1984). Sources of industrial growth and structural change: a comparative analysis of eight economies. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Input-Output Techniques United Nations*.
30. Madariaga, R. (2018). Factors driving sectoral and occupational employment changes during the Spanish boom (1995–2005). *Economic Systems Research*, 30(3).
31. Oosterhaven, J., & Van Der Linden, J. A. (1997). European technology, trade and income changes for 1975–85: an intercountry input–output decomposition. *Economic Systems Research*, 9(4).
32. Pei, J., Dietzenbacher, E., Oosterhaven, J., & Yang, C. (2011). Accounting for China's import growth: A structural decomposition for 1997–2005. *Environment and Planning A*, 43(12).
33. Rose, A., & Chen, C. Y. (1991). Sources of change in energy use in the US economy, 1972–1982: a structural decomposition analysis. *Resources and Energy*, 13(1).
34. Rose, A., & Casler, S. (1996). Input–output structural decomposition analysis: a critical appraisal. *Economic Systems Research*, 8(1).
35. Skolka, J. V. (1977). Input-output anatomy of import elasticities. *Empirical Economics*, 2(3).
36. Skolka, J. (1989). Input-output structural decomposition analysis for Austria. *Journal of Policy Modeling*, 11(1).
37. Su, B., & Ang, B. W. (2012). Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: some methodological developments. *Energy Economics*, 34(1).
38. Weber, C. L. (2009). Measuring structural change and energy use: Decomposition of the US economy from 1997 to 2002. *Energy Policy*, 37(4).
39. Wolff, E. N. (1985). Industrial composition, interindustry effects, and the US productivity slowdown. *The Review of Economics and Statistics*, 268-277.
40. Wolff, E. N. (1994). Productivity measurement within an input-output framework. *Regional Science and Urban Economics*, 24(1).
41. Wolff, E., & Howell, D. R. (1989). Labor quality and productivity growth in the US: An input-output growth accounting framework. In *Frontiers of input-output analysis* (pp. 148-162). Oxford University Press.
42. Yang, L., & Lahr, M. L. (2010). Sources of Chinese labor productivity growth: A structural decomposition analysis, 1987–2005. *China Economic Review*, 21(4).
43. Zhi, Y., Hamilton, P. B., & Zhi, C. (2015). Analysis of virtual water consumption in China: using factor decomposition analysis based on a weighted average decomposition model. *Water and Environment Journal*, 29(1).
44. Yan, C. S., & Ames, E. (1965). Economic interrelatedness. *The Review of Economic Studies*, 32(4).



مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شماره مسلسل: ۱۷۸۰۴

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: تحلیل تغییرات ساختاری اقتصاد ایران ۲. مبانی نظری روش‌های مختلف تغییرات ساختاری تجزیه شده (SDA) در چارچوب الگوی داده - ستانده

نام معاونت: مطالعات اقتصادی (گروه اقتصاد کلان و مدلسازی)

تهیه و تدوین: نرگس صادقی

ناظر علمی: محمدرضا عبداللهی، موسی شهبازی غیاثی

اظهار نظر کنندگان خارج از مرکز: علی اصغر بانویی، اسفندیار جهانگرد

واژه‌های کلیدی:

۱. تغییرات ساختاری

۲. داده - ستانده

۳. تغییرات تکنولوژی

۴. الگوی ایستای مقایسه‌ای



تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۷/۲۱